



Universitat de Girona

# DESENVOLUPAMENT D'UN SISTEMA DE PREVISIÓ DE RISC D'INFECCIÓ PER *Stemphyllum vesicarium*. AVALUACIÓ, VALIDACIÓ I IMPLEMENTACIÓ EN PARCEL·LES EXPERIMENTALS EN CAMPS COMERCIALS DE PERERA

**Isidre LLORENTE i CABRATOSA**

**ISBN: 978-84-691-5955-2**

**Dipòsit legal: GI-I 153-2008**

<http://hdl.handle.net/10803/7800>

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

**Tesi Doctoral**

**DESENVOLUPAMENT D'UN SISTEMA DE PREVISIÓ DE  
RISC D'INFECCIÓ PER *Stemphylium vesicarium*.  
AVALUACIÓ, VALIDACIÓ I IMPLEMENTACIÓ EN  
PARCEL·LES EXPERIMENTALS EN CAMPS  
COMERCIALS DE PERERA**

**Isidre Llorente i Cabratosa**

**1997**



## **Universitat de Girona**

Departament d'Enginyeria Química Agrària i Tecnologia Agroalimentària  
Institut de Tecnologia Agroalimentària

### **DESENVOLUPAMENT D'UN SISTEMA DE PREVISIÓ DE RISC D'INFECCIÓ PER *Stemphylium vesicarium*. AVALUACIÓ, VALIDACIÓ I IMPLEMENTACIÓ EN PARCEL·LES EXPERIMENTALS EN CAMPS COMERCIALS DE PERERA**

Memòria redactada per optar al Grau de Doctor en Biologia,  
per la Universitat de Girona, per

**Isidre Llorente i Cabratosa**

Vist-i-plau  
El Director de la Tesi

**Dr. Emili Montesinos Seguí**  
Catedràtic de Producció Vegetal

Girona, setembre de 1997

-Perquè tu, que has llegit els Vedes i has après, si més no, alguna cosa sobre la comprensió de l'essència - li etzibà en Nanda- caus en la ceguesa amb més facilitat i amb més ganes que els qui no ho han fet. És això el que em produeix unes pessigolles commovedores, el que m'inspira una alegre comprensió. Trobar-te en un indret mínimament tranquil com aquest i ja en tens prou per deixar-te encegar, sense més ni més, per una pau tan sols aparent, per creure't per damunt dels sis tràngols de la gana i la set, fora de tota conxorxa, en una tranquil·litat absoluta. Però si aquí tot és tan escoltívol, és precisament un senyal que aquí bull una enorme activitat i que totes les teves sensacions de pau són pura imaginació. Aquests ocells només parrupegen així per necessitat de fer l'amor, aquestes abelles, aquestes libèl·lules i aquestes escarabats només bateguen així per què tenen gana; dins l'herba vibra la remor secreta de mil formes de lluita per la vida. I aquestes lianes, que adornen els arbres amb tanta gràcia, els voldrien escanyar, si poguessin, per treure'n l'alè i la saba i posar-se grasses i fortes elles soles. Aquesta és la veritable comprensió de l'essència.

*Thomas Mann. Els caps bescanviats*

## Agraïments

Aquesta tesi ha estat dirigida pel Dr. Emili Montesinos a qui vull agrair la dedicació en la correcció de la mateixa i suggeriments que ha realitzat. Sense ell el model STREP no hauria existit. D'ell també he après que qualsevol aparell és desmuntable i que es pot tornar muntar sense que et sobrin peces.

A Pere Vilardell de l'Associació de Defensa Vegetal de Productors de Pera per l'ajut i consells en diferents aspectes del treball de camp, i en especial per la seva visió agronòmica de la problemàtica de l'estemfiliosi.

A Concepció Moragrega per la col·laboració en diferents aspectes del treball realitzat en el laboratori, en les avaluacions de la malaltia realitzades en els camps d'assaig així com en la redacció d'aquest treball, tant a nivell estadístic com conceptual.

A Josep Pereda per la preparació i manteniment del material vegetal utilitzat en els diferents experiments, per l'ajut en la realització de tractaments amb fungicides en els assajos de camp i la col·laboració en la instal·lació de les estacions meteorològiques.

A la Dra. M<sup>a</sup> José Basallote i Ana Maria Prados del *Centro de Investigación y Formación Agrária* de Còrdoba per l'experiència i les idees que van aportar per fer el seguiment de les diferents fases de *Pleospora allii*.

A Jordi Cervantes i Xavier Solà per haver realitzar una part important dels tractaments amb fungicides en els assajos en les finques comercials, per l'ajut en les avaluacions de la malaltia en el camp i per la col·laboració en alguns dels experiments realitzats en el laboratori. Així mateix a Xavier Solà per les hores dedicades al seguiment de les diferents fases de *Pleospora allii*, sense ell possiblement no s'haguessin pogut presentar les imatges al microscopi òptic de la maduració dels pseudotecis.

A Manel Espada i Concepció Bacardit per la col·laboració en les avaluacions de la malaltia realitzades durant l'any 1995. A Esther Badosa per l'ajut en les avaluacions de la malaltia realitzades durant l'any 1996.

A Francesc Gómez i Manel Márquez per tots els consells en la part electrònica del treball i la seva disponibilitat en ajudar.

Al Dr. Ivan Ponti, Patricia Cavanni i Ricardo Bugiani de l'*Osservatorio per le Malattie delle Piante* i al Dr. Agostino Brunelli de la secció de *Fitofarmacia de la*

*Univesitat degli Studi di Bologna* per les discussions sobre diferents aspectes de treballs realitzats conjuntament.

A Carme Carulla i Jordi Blavia del Servei de Microscòpia de la Universitat de Girona per l'ajut en les micrografies obtingudes amb el microscopi electrònic de rastreig.

Al Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona i a l'Institut de Tecnologia Agroalimentària (INTEA) de la mateixa Universitat per facilitar part de la infraestructura necessària per realitzar els experiments. En especial a la secretaria de l'INTEA, Carmen Dilmé, per l'ajut en la part burocràtica d'aquest treball.

A la Estació Experimental Agrícola Fundació Mas Badia i a l'Associació de Defensa Vegetal de Productors de Pera per facilitar els camps experimentals. A les empreses Blau Fruits, Frigorífics Garrofa i Fruitex SA, per deixar part de les seves finques comercials per realitzar diferents assajos.

A les companyes i companys del Departament d'E.Q.A.T.A., en especial als que esporàdicament han col·laborat en alguna fase del treball com l'Anna Bonaterra i en Jesus Francés.

Aquest treball s'ha realitzat dins els projectes del *Plan Nacional I+D (CICYT AGF92-0833 i AGF95-0313)* i de la *Subdirección General de Cooperación Internacional M.E.C. Acciones Integradas Hispano-Italianas (AGR-95A i 120 B)*. També s'ha rebut un ajut PIAR de la Universitat de Girona

## Resum

L'estemfiliosi de la perera és una malaltia fúngica ocasionada pel fong *Deuteromicet Stemphylium vesicarium*. Els símptomes característics d'aquesta malaltia són lesions necròtiques en fulles i fruits, provocant el depreciament econòmic d'aquests últims. Si les condicions climàtiques són favorables aquesta malaltia pot arribar a provocar la pèrdua total de la producció. La malaltia es localitza bàsicament en la conca mediterrània, sent les zones frutícoles de Girona a Catalunya i Emilia-Romagna a Itàlia els llocs on les pèrdues de producció són més grans. Actualment l'únic mètode de control és la cobertura permanent dels òrgans de la planta amb fungicides. Per obtenir aquesta protecció és necessari realitzar aplicacions preventives amb una cadència fixa, setmanal o quinzenal, de diferents fungicides en els arbres. Aquesta cadència d'aplicació comporta que al llarg del període vegetatiu de la perera es realitzin entre 20 i 25 aplicacions de fungicida, per cadències setmanals, o entre 10 i 13 aplicacions si la cadència és quinzenal. Aquest elevat nombre de tractaments comporta uns efectes toxicològics a nivell mediambiental i per a la salut humana, un augment del cost econòmic de la producció i en alguns casos afavorir l'aparició de resistències del patogen a determinats fungicides. Molts d'aquests tractaments es realitzen sense que les condicions ambientals siguin favorables a l'inici d'infeccions del fong, i són per tant innecessàries. Amb l'objectiu d'obtenir una eina per determinar el risc d'infeccions en funció de les condicions climàtiques i realitzar d'aquesta manera els tractaments amb fungicides només quan són necessaris, es va elaborar el Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP). El model consisteix en relacionar quantitativament amb la severitat de la malaltia els paràmetres climàtics de durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquests períodes.

En aquest treball s'ha determinat l'eficàcia en el control de la malaltia per diferents fungicides aplicats de manera preventiva amb una cadència fixa en diferents finques comercials i durant varis anys. S'ha constatat que no hi ha cap producte totalment eficaç en el control de la malaltia, sent l'eficàcia obtinguda mitjana. Aquesta eficàcia de control està en funció del nivell de pressió de la malaltia, obtenint eficàcies inferiors quan el nivell en els testimonis no tractats és elevat. En assajos en condicions controlades s'ha determinat que els fungicides analitzats aplicats de manera curativa o

postinfecciosa, quan ja s'han iniciat les infeccions, presenten una eficàcia més baixa que quan s'apliquen preventivament. El tiram és el producte amb una eficàcia més elevada en la major part de les condicions experimentals.

S'ha analitzat durant 5 anys, 1992-1996, en diferents plantacions de perera de Girona, la dinàmica dels paràmetres ambientals de durada dels períodes amb humectació, la temperatura mitjana de l'aire, la temperatura mitjana durant els períodes d'humectació, la durada dels períodes amb humitat relativa superior al 90% i la pluviometria. S'ha constatat que la humectació deguda a la rosada és la principal causa d'humectació i que és un procés lent i continu. Les durades més freqüents d'humectació han estat períodes inferiors a 12 hores i les temperatures més freqüents durant aquests períodes han estat entre 11 i 21 °C. S'ha determinat també que existeixen períodes amb humitat relativa elevada però sense formació de pel·lícula d'aigua i s'ha observat que ocasionalment existeixen períodes breus d'interrupció de la humectació en que poden existir humitats relatives elevades o baixes.

La capacitat predictiva del model STREP ha estat avaluada mitjançant 42 assajos en condicions naturals i controlades, determinant que en més del 95 % dels casos avaluats les prediccions de malaltia s'han correspost amb les observades, i que només en dos casos el model ha infraestimat el nivell de risc d'infecció. Demostrant així que el model STREP és fiable en les seves prediccions. S'ha estudiat l'efecte de la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació i les durades d'aquests períodes, així com l'efecte de períodes amb humitat relativa elevada sense formació d'humectació en les infeccions produïdes pel fong. S'ha constatat que el model STREP hauria d'incorporar com a períodes separats els períodes d'humectació interromputs amb humitat relativa baixa, mentre que períodes d'humectació interromputs amb humitats relatives elevades ( $\geq 98\%$ ) s'haurien de considerar com a períodes continus. Per una altra banda s'ha comprovat que els períodes amb humitats relatives elevades sense formació d'humectació en condicions naturals no són suficients per provocar l'inici d'infeccions de *S. vesicarium*.

S'ha utilitzat el model STREP com a eina per guiar els tractaments fungicides en diferents parcel·les de finques comercials durant dos anys. D'aquests assajos es pot concloure que utilitzant valors de risc acumulat SA:0.4 com a llindar per a realitzar els tractaments amb tiram es controla la malaltia amb una eficàcia semblant als tractaments setmanals, però amb una reducció del nombre d'aplicacions necessàries entre un 25 i un



50%. Utilitzar un llindar SA:0.6 en finques amb varietats sensibles i una pressió d'inòcul del patogen elevada presenta bons resultats però inferiors als obtinguts amb tractaments setmanals, no obstant l'estalvi de tractaments ha estat molt important (50-70%).

De tots aquests resultats es conclou que el model STREP és adequat per ésser utilitzat en programes pilot a escala comercial en el control racional de l'estemfiliosi de la perera. En funció d'aquests resultats es considerarà la seva implementació en Estacions d'Avisos Fitosanitaris

## Resumen

La estemfiliosis del peral es una enfermedad fúngica ocasionada por el hongo Deuteromicete *Stemphylium vesicarium*. Los síntomas característicos de esta enfermedad son lesiones necróticas en hojas y frutos, ocasionando la pérdida del valor comercial de estos últimos. Si las condiciones climáticas son favorables, la enfermedad puede provocar la pérdida total de la producción. La enfermedad se localiza básicamente en la cuenca mediterránea, afectando principalmente a las zonas frutícolas de Girona en Cataluña y Emilia-Romagna en Italia, no obstante se han observado focos en otras zonas del Estado Español. Actualmente el único método de control de la enfermedad es la cobertura permanente de los órganos de la planta con fungicidas. Para ello es necesario realizar aplicaciones preventivas con un cadencia fija, semanal o quincenal, de diferentes fungicidas. Esta cadencia supone realizar entre 20 y 25 aplicaciones de fungicida, en el caso de cadencia semanales, o entre 10 y 13 aplicaciones si la cadencia es quincenal. Esta elevada cantidad de tratamientos conlleva unos efectos toxicológicos a nivel medioambiental y para la salud humana, un aumento del coste económico de la producción y en algunos casos, favorecer la aparición de resistencias del patógeno a determinados fungicidas. Algunos de los tratamientos se realizan sin que las condiciones ambientales sean favorables para el inicio de infecciones del hongo, siendo por tanto innecesarias. Con el objetivo de obtener una herramienta para determinar el riesgo de infecciones en función de las condiciones climáticas y realizar las aplicaciones con fungicidas sólo cuando sea necesario, se elaboró el Sistema para el Tratamiento Racionalizado de la Estemfiliosis del Peral (STREP). El modelo se basa en relacionar cuantitativamente con la severidad de la enfermedad los parámetros climáticos de duración del período de humectación y temperatura media durante este período.

En el presente trabajo se ha determinado la eficacia en el control de la enfermedad de diferentes fungicidas aplicados de manera preventiva con una cadencia fija en diferentes fincas comerciales y durante varios años. Se ha constatado que no existe ningún producto totalmente eficaz en el control de la enfermedad, siendo la eficacia obtenida moderada. Esta eficacia de control está en función del nivel de presión de la enfermedad, obteniéndose eficacias inferiores cuando el nivel de enfermedad en los testigos no tratados es elevada. En ensayos en condiciones controladas se ha determinado que los fungicidas aplicados de manera curativa o postinfecciosa, cuando

ya se han iniciado las infecciones, presentan una eficacia inferior que aplicados de modo preventivo. El tiram es el producto que ha presentado una eficacia mas elevada en la mayor parte de condiciones experimentales.

Se ha analizado durante cinco años, 1992-1996, en diferentes plantaciones de peral de Girona, la dinámica de los parámetros ambientales de duración de los períodos de humectación, la temperatura media del aire, la temperatura media durante los períodos con humectación, la duración de los períodos con humedad relativa superior al 90% y la pluviometría. Se ha constatado que la humectación debida al rocío es la principal causa de humectación y que es un proceso lento y continuo. Los períodos de humectación más frecuentes han sido inferiores a 12 horas, y las temperaturas más frecuentes durante estos períodos han oscilado entre 11 y 21 °C. También se ha determinado la existencia de períodos con humedad relativa elevada ( $\geq 90\%$ ) pero sin formación de película de agua, y se ha observado que, ocasionalmente, existen períodos breves de interrupción de la humectación en que pueden existir humedades relativas elevadas o bajas.

La capacidad predictiva del modelo STREP se ha evaluado mediante 42 ensayos en condiciones naturales y controladas, determinando que en más del 95% de los casos evaluados las predicciones de enfermedad se han correspondido con las observadas, y que sólo en dos casos el modelo ha infraestimado el nivel de riesgo de infección. Demostrando de esta manera que el modelo STREP es fiable en sus predicciones. Se ha estudiado el efecto de la humedad relativa durante los períodos interrumpidos de humectación y la duración de estos períodos, así como el efecto de períodos con humedad relativa elevada sin formación de humectación en las infecciones ocasionadas por *S. vesicarium*. Se ha concluido que el modelo STREP tendría que considerar como períodos separados los períodos de humectación interrumpidos con humedad relativa baja, mientras que los períodos de humectación interrumpidos con humedades relativas elevadas ( $\geq 98\%$ ) se tendrían que considerar como períodos continuos. Por otra parte se ha comprobado que los períodos con humedades relativas elevadas sin formación de humectación en condiciones naturales no son suficientes para provocar el inicio de infecciones de *S. vesicarium*.

Se ha utilizado el modelo STREP como herramienta para guiar los tratamientos fungicidas en diferentes parcelas de fincas comerciales durante dos años. De estos ensayos se puede concluir que la utilización de valores de riesgo acumulado SA:0.4

como umbral para realizar los tratamientos con tiram presenta unos niveles de control de la enfermedad parecidos a los obtenidos con los tratamientos semanales, pero con un ahorro de tratamientos fungicidas entre un 25 y 50%. Utilizar un umbral SA:0.6 en fincas con variedades sensibles y una presión de inóculo del patógeno elevada presenta buenos resultados pero inferiores a los obtenidos con los tratamientos semanales, no obstante el ahorro de aplicaciones ha sido muy importante (50-70%).

De todos estos resultados se puede concluir que el modelo STREP es adecuado para ser utilizado en programas piloto a escala comercial en el control racional de la estemfiliosis del peral. En función de los resultados obtenidos se considerará su implementación en Estaciones de Avisos Fitosanitarios.

## Summary

Brown spot of pear, caused by *Stemphylium vesicarium*, is an important disease in fruit-growing areas of Europe, mainly in Girona (Catalonia) and Emilia-Romagna (Italy). Infections and necrosis occur on leaves and fruits. If the environmental conditions are favourable for the disease the loss of production will be very high.

The control of brown spot of pear is based on protectant sprays of fungicide applied, at 7-to 15-day intervals depending on the type of fungicide. The high number of fungicide applications needed to maintain acceptable levels of disease can produce toxicological effects on ecosystems, humans and increased costs of pear production.

We have determined the efficacy of disease control by different fungicides, sprayed with a preventive strategy in 3 trials during 2 years. None of the fungicides showed high efficacy of disease control, and the efficacy was related to the disease level.

Experiments under controlled-conditions showed that treatments done with post-infection strategies have a low efficacy. Thiram was the fungicide with better efficacy for both preventive and after-infection strategies.

During five years, 1992-1996, we studied the dynamics of environmental conditions of wetness period, temperature, high relative humidity period ( $\geq 90\%$ ) and rainfall. The most frequent wetness periods were shorter than 12 h. The temperature during this periods was between 11-21 °C. There were periods with high relative humidity but without wetness formation, and there were also wetness periods interrupted by dry periods. The relative humidity during these dry periods was high or low.

The research has been focused to eliminate unnecessary sprays, and an infection model for *S. vesicarium* (STREP) was previously developed, which quantifies the effect of wetness duration and temperature on the severity of infection by *S. vesicarium*. Was evaluated in 42 field trials and was validated in relation to its capacity to predict the intensity of disease. Most part of disease level predictions (95%) were coincident with disease levels observed, showing that STREP model was a reasonable good predictor.

We studied the effect of relative humidity during interrupted wetness periods, and the effect on disease progression of periods with high relative humidity but without wetness on disease levels. Interrupted periods with low relative humidity can be considered as two separated periods, but if the relative humidity is high ( $\geq 98\%$ ) it can be

considered as a continuous period. Periods shorter than 12-18 h with high relative humidity but without wetness were insufficient to start infections.

The STREP model was evaluated during two years and was used for scheduling treatments with fungicides, and showed that the efficacy with SA:0.4 threshold was similar to weekly sprays, but saving 25-50 % of fungicide sprays. The utilization of a threshold SA:0.6 showed a smaller efficacy than weekly sprays but it saved applications about 50-70 %.

From these results it can be accepted that the STREP model can be used in pilot trials as a forecaster for scheduling sprays in commercial orchards for rational control of brown spot of pear. If the results are acceptable, the model will be integrated on Grower's Warning Stations.

# Índex

<b>Introducció general -L'estemfiliosi de la perera</b>	<b>1</b>
1. Inicis i estat actual de la malaltia .....	2
2. Simptomatologia .....	4
3. Etiologia.....	5
4. Cicle biològic.....	6
4.1 <i>Teleomorf</i> .....	7
4.2 <i>Anamorf</i> .....	9
5. Origen de la malaltia.....	16
6. Mètodes de control de la malaltia .....	16
6.1 <i>Culturals</i> .....	17
6.2 <i>Resistència varietal</i> .....	17
6.3 <i>Productes químics antifúngics</i> .....	17
7. Objectius generals.....	27

## Capítol 1 - Eficàcia i estratègies d'aplicació de fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera

<b>Introducció</b>	<b>29</b>
1. Antifúngics utilitzats en el control de l'estemfiliosi.....	30
2. Mecanismes d'acció dels fungicides actius en el control de l'estemfiliosi.....	32
3. Altres productes assajats .....	35
4. Estat actual del control de l'estemfiliosi .....	35
5. Objectius.....	35

## Material i Mètodes

<b>1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials .....</b>	<b>36</b>
1.1. Assaig en la finca experimental de la Fundació Mas Badia .....	36
1.1.1 <i>Característiques del camp d'assaig</i> .....	36
1.1.2 <i>Productes antifúngics utilitzats</i> .....	37
1.1.3 <i>Disseny experimental</i> .....	37
1.1.4 <i>Inoculacions del patogen en la parcel·la experimental</i> .....	38
1.1.5 <i>Avaluació dels nivells de malaltia</i> .....	40
1.1.6 <i>Tractament estadístic de les dades</i> .....	40
1.2. Assajos en una parcel·la experimental en la finca comercial Can Vidal .....	41
1.2.1 <i>Característiques de la finca</i> .....	41
1.2.2 <i>Productes antifúngics assajats i calendari d'aplicació</i> .....	41
1.2.3 <i>Disseny experimental</i> .....	45
1.2.4 <i>Avaluació dels nivells de la malaltia</i> .....	46
1.2.5 <i>Tractament estadístic de les dades</i> .....	48
1.3. Assajos en una parcel·la experimental en la finca comercial Can Garrofa.....	49
1.3.1 <i>Característiques de la finca</i> .....	49
1.3.2 <i>Productes antifúngics assajats i calendari d'aplicacions</i> .....	50
1.3.3 <i>Disseny experimental</i> .....	51
1.3.4 <i>Avaluació dels nivells de la malaltia</i> .....	52
1.3.5 <i>Tractament estadístic de les dades</i> .....	52

<b>2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat.....</b>	<b>53</b>
2.1. Material vegetal .....	53
2.2. Obtenció de l'inòcul de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	53
2.3. Inoculació del patogen .....	53
2.4. Productes antifúngics assajats .....	53
2.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat per l'inici d'infeccions.....	54
2.6. Disseny experimental .....	55
2.7. Condicions d'incubació per l'expressió dels símptomes.....	57
2.8. Avaluació dels nivells de la malaltia.....	57
2.9. Tractament estadístic de les dades .....	57

## **Resultats 59**

<b>1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials .....</b>	<b>59</b>
1.1. Assajos en l'Estació Experimental de la Fundació Mas Badia .....	59
1.1.1 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fruits .....	59
1.1.1.1. Efecte dels antifúngics per cada data d'avaluació de la malaltia en fruits.....	60
1.1.1.2 Efecte dels antifúngics en la progressió de la malaltia en fruits al llarg del temps .....	64
1.1.2 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fulles.....	67
1.1.2.1. Efecte dels antifúngics per cada data d'avaluació de la malaltia en fulles.....	68
1.1.2.2 Efecte dels antifúngics en la progressió de la malaltia en fulles al llarg del temps .....	69
1.2. Assajos en la finca comercial Can Vidal.....	71
1.2.1 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fruits .....	71
1.2.2 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fulles.....	78
1.3. Assajos en la finca comercial Can Garrofa .....	82
1.3.1 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fruits .....	82
1.3.2 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fulles.....	86
<b>2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat.....</b>	<b>88</b>
2.1. Efecte de l'estratègia d'aplicació segons el tipus d'antifúngic.....	88
2.1.1 Efecte de l'estratègia d'aplicació en la incidència de la malaltia .....	88
2.1.2 Efecte de l'estratègia d'aplicació en la severitat de la malaltia .....	93
2.2. Efecte dels antifúngics segons l'estratègia d'aplicació .....	98
2.2.1 Efecte de diferents productes antifúngics aplicat amb estratègia preventiva .....	98
2.2.2 Efecte de diferents productes antifúngics aplicats amb estratègia curativa.....	101

## **Discussió 105**

1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials.....	105
2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat .....	111
2.1. Estratègia d'aplicació preventiva .....	111
2.2. Estratègia d'aplicació curativa .....	112

## **Capítol 2 - Avaluació del model STREP per a la predicció del risc d'infecció per *S. vesicarium* en funció de paràmetres ambientals**

### **Introducció 117**

1. Antecedents històrics de la problemàtica en l'ús de pesticides .....	117
2. Efectes negatius dels pesticides en els ecosistemes i en la salut humana .....	118
2.1 Toxicitat i ecotoxicitat dels antifúngics utilitzats en el control de l'estemfiliosi .....	119
3. Estat actual en l'ús dels pesticides en la protecció de conreus.....	122



4. Els models de predicció de malalties .....	124
4.1 Paràmetres climàtics .....	124
4.1.1 La humectació .....	125
5. Elaboració del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP) .....	128
5.1 Antecedents. El model FAST.....	128
5.2 El model STREP .....	129
6. Objectius.....	131

## Material i Mètodes

132

<b>1. Dinàmica de la humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria en finques comercials .....</b>	<b>132</b>
1.1. Característiques de les finques d'assaig .....	132
1.1.1 Can Garrofa.....	132
1.1.2 Mas Oller.....	132
1.1.3 Can Vidal.....	133
1.2. Sistemes d'adquisició de dades ambientals.....	133
1.2.1 Sensors utilitzats .....	133
1.2.2 Dataloggers .....	134
1.2.3 Software utilitzat.....	135
1.3. Estacions meteorològiques.....	136
1.3.1 Estació de Mas Oller .....	136
1.3.2 Estació de Can Vidal .....	138
1.3.3 Estació de Can Garrofa.....	139
<b>2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP .....</b>	<b>140</b>
2.1. Localització de les finques d'assaig .....	140
2.2. Material vegetal .....	140
2.3. Obtenció de l'inòcul de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	140
2.4. Exposició en condicions de camp i adquisició de paràmetres ambientals.....	141
2.5. Exposicions en condicions d'ambient controlat al laboratori.....	141
2.5.1 Condicions d'incubació durant l'any 1993 .....	141
2.5.2 Condicions d'incubació durant l'any 1994 .....	142
2.6. Avaluació dels símptomes i obtenció dels índexs relatius de la malaltia .....	145
2.6.1 Índexs relatius de malaltia observats .....	145
2.6.2 Índexs relatius de malaltia predits.....	146
2.7. Tractament estadístic de les dades .....	147
<b>3. Efecte de la humitat relativa durant períodes interromputs d'humectació en els nivells de malaltia .....</b>	<b>148</b>
3.1. Material vegetal .....	148
3.2. Obtenció de l'inòcul de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	148
3.3. Inoculacions.....	148
3.4. Disseny experimental .....	149
3.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat.....	149
3.6. Condicions d'expressió de la malaltia.....	152
3.7. Avaluació dels nivells de la malaltia.....	152
3.8. Tractament estadístic de les dades .....	152
<b>4. Efecte d'humitats relatives elevades en l'inici d'infeccions de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....</b>	<b>153</b>
4.1. Disseny experimental .....	153
4.2. Material vegetal .....	154
4.3. Obtenció de l'inòcul de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	154
4.4. Inoculacions.....	154
4.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat.....	154
4.6. Condicions d'expressió de la malaltia.....	155
4.7. Avaluació dels nivells de la malaltia.....	157
4.8. Tractament estadístic de les dades .....	157

## Resultats

158

<b>1. Dinàmica de la humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria en finques comercials</b> .....	<b>158</b>
1.1. Durada dels períodes diaris d'humectació .....	158
1.2. Temperatura mitjana diària de l'aire i durant els períodes amb humectació .....	166
1.3. Durada dels períodes diaris amb humitat relativa superior al 90% .....	166
1.4. Precipitacions .....	166
1.5. Dinàmica diària de la humectació, humitat relativa i temperatura .....	166
1.5.1 Absència d'humectació .....	167
1.5.2 Humectació ocasionada per rosada .....	167
1.5.3 Humectació ocasionada per la pluja .....	167
1.5.4 Humectació ocasionada per pluja i rosada .....	169
1.6. Sèries diàries d'humectació, humitat relativa i temperatura .....	169
1.6.1 Sèries amb humectacions provocades per la rosada .....	169
1.6.2 Sèries amb formació i absència d'humectacions .....	169
1.6.3 Sèries amb humectacions ocasionades per pluges i per rosada .....	169
<b>2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP</b> .....	<b>171</b>
2.1. Condicions ambientals durant els assajos realitzats a camp .....	171
2.2. Severitat observada i predita .....	174
2.3. Capacitat predictiva. Comparació dels índexs predits i observats .....	175
<b>3. Efecte de la humitat relativa durant períodes interromputs d'humectació en els nivells de malaltia</b> .....	<b>178</b>
3.1. Incidència de la malaltia en funció de la durada i la humitat relativa dels períodes interromputs d'humectació .....	178
3.2. Severitat de la malaltia en funció de la durada i la humitat relativa dels períodes interromputs d'humectació .....	181
<b>4. Efecte d'humitats relatives elevades en l'inici d'infeccions de <i>Stemphylium vesicarium</i></b> .....	<b>184</b>
4.1. Nivells de malaltia en funció de la durada del període d'humitat relativa elevada .....	184
4.2. Efecte de la durada del període d'humitat relativa elevada .....	187
4.2.1 Incidència de la malaltia .....	187
4.2.2 Severitat de la malaltia .....	189

## Discussió

193

1. Evolució dels paràmetres ambientals al llarg del temps en finques comercials de perera .....	193
2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP .....	198
3. Refinament del model STREP. Incorporació de l'efecte dels períodes interromputs d'humectació i dels períodes amb humitat relativa elevada .....	202
4. Paràmetres per incorporar en el model STREP .....	209

## Capítol 3 - Control racional de l'estemfiliosi de la perera mitjançant el guiatge de l'aplicació d'antifúngics amb el model STREP

### Introducció

211

1. El model STREP .....	211
2. Anàlisis epidemiològiques .....	213
3. Objectius .....	218

<b>Material i Mètodes</b>	<b>219</b>
1. Determinació dels nivells de risc d'infecció amb el model STREP .....	219
2. L·lindars de tractament.....	221
3. Aplicació guiada dels tractaments antifúngics .....	222
4. Localització dels assajos .....	223
4.1 Assajos realitzats en la finca Can Vidal .....	223
4.1.1 Disseny experimental i tractaments .....	224
4.1.2 Avaluació dels nivells de la malaltia .....	226
4.1.2.1 Avaluació de la malaltia en fulles.....	226
4.1.2.2 Avaluació de la malaltia en fruits.....	227
4.2 Assajos realitzats en la finca Can Garrofa .....	228
4.2.1 Disseny experimental i tractaments .....	228
4.2.2 Avaluació dels nivells de la malaltia .....	230
4.2.2.1 Avaluació de la malaltia en fulles.....	230
4.2.2.2 Avaluació de la malaltia en fruits.....	230
5. Tractament estadístic de les dades .....	231
<b>Resultats</b>	<b>233</b>
1. Calendari de tractaments segons els moments de superació dels l·lindars dels índexs de risc acumulat (SA) .....	233
2. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la incidència i severitat de la malaltia en fruits en el moment de collita .....	236
2.1 Incidència i severitat de la malaltia en els fruits a collita .....	237
2.2 Producció total de fruits (Kg) i pèrdues en pes .....	241
2.3 Eficàcia de les aplicacions guiades pel model STREP i estalvi de tractaments respecte a les aplicacions preventives .....	244
3. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en el control de la malaltia en fulles en el moment de collita .....	248
4. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la progressió de la malaltia .....	252
4.1 Dinàmica de la incidència i severitat de la malaltia en fruits i fulles .....	252
4.2 Àrea sota la corba de progressió de la malaltia en fruits.....	260
4.3 Àrea sota la corba de progressió de la malaltia en fulles .....	264
4.4 Anàlisi epidemiològica amb models de progressió de la malaltia.....	268
<b>Discussió</b>	<b>278</b>
1. El model STREP.....	278
2. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en el control de la malaltia en el moment de collita .....	279
3. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la progressió de la malaltia .....	283
4. Utilització del model STREP en programes de control racional de l'estemfiliosi de la perera.....	288
<b>Conclusions</b> .....	<b>295</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>299</b>
<b>Annexos</b> .....	<b>319</b>

# Llistat de Figures

<b>Figura 1.</b> Distribució de l'estemfiliosi de la perera en el continent europeu.....	4
<b>Figura 2.</b> Cicle biològic de <i>Stemphylium vesicarium</i> (anamorf) i <i>Pleospora allii</i> (teleomorf).....	6
<b>Figura 3.</b> Lesions característiques provocades per <i>Stemphylium vesicarium</i> en fruits i fulles de la varietat Passe Crassane .....	20
<b>Figura 4.</b> Lesions en fruits i fulles ocasionades per <i>Stemphylium vesicarium</i> en perera de la varietat Passe Crassane .....	21
<b>Figura 5.</b> Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de colònies del fong crescudes en placa Petri.....	22
<b>Figura 6.</b> Micrografia obtinguda amb microscopi òptic. Conidi de <i>Stemphylium vesicarium</i> germinant .....	22
<b>Figura 7.</b> Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles provocades per <i>Stemphylium vesicarium</i> en finques comercials o a partir de colònies del fong crescudes en placa Petri.....	23
<b>Figura 8.</b> Micrografia obtinguda amb microscopi òptic. Conidis de <i>Stemphylium vesicarium</i> germinant en la superfície d'una fulla de perera. ....	23
<b>Figura 9.</b> Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles provocades per <i>Stemphylium vesicarium</i> en finques comercials.....	24
<b>Figura 10.</b> Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles ocasionades per <i>Stemphylium vesicarium</i> en finques comercials.....	25
<b>Figura 11.</b> Maduració dels pseudotecis de <i>Pleospora allii</i> , (teleomorf de <i>Stemphylium vesicarium</i> ). ....	26
<b>Figura 1.1.</b> Eficàcies de diferents fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera .....	30
<b>Figura 1.2.</b> Distribució dels diferents tractaments en la parcel·la experimental de l'assaig realitzat en la finca de la Fundació Mas Badia .....	38
<b>Figura 1.3.</b> Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal.....	46
<b>Figura 1.4.</b> Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Garrofa .....	51
<b>Figura 1.5.</b> Metodologia utilitzada en els assajos realitzats d'avaluació de l'eficàcia de diferents fungicides seguint una estratègia preventiva o curativa .....	56
<b>Figura 1.6.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fruits al llarg del temps en funció de l'antifúngic en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia .....	60
<b>Figura 1.7.</b> Evolució de la incidència i la severitat de la malaltia en fulles al llarg del temps en funció de l'antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia .....	68
<b>Figura 1.8.</b> Incidència i severitat de la malaltia en fruits en els moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en l'assaig a Can Vidal durant els anys 1995 i 1996 .....	74

<b>Figura 1.9.</b> Proporció de pèrdues de la producció, producció mitjana de fruits per bloc i producció total d'aquests en els quatre blocs per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca Can Vidal durant els anys 1995 i 1996.....	76
<b>Figura 1.10.</b> Evolució de la incidència i la severitat de la malaltia en fruits al llarg del temps en funció de l'antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Vidal l'any 1995 .....	77
<b>Figura 1.11.</b> Incidència i severitat de la malaltia en fulles en el moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en la finca Can Vidal durant els anys 1995 i 1996.....	80
<b>Figura 1.12.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles al llarg del temps per cada producte assajat durant l'any 1995 en la finca comercial de Can Vidal.....	81
<b>Figura 1.13.</b> Incidència i severitat de la malaltia en els fruits en el moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en la finca Can Garrofa durant l'any 1996.....	84
<b>Figura 1.14.</b> Pèrdues de la producció de fruits, producció mitjana en fruits per cada bloc i producció total de fruits pels quatre blocs obtinguts en el moment de collita per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Garrofa .....	85
<b>Figura 1.15.</b> Incidència i severitat de la malaltia en fulles en el moment de collita per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Garrofa l'any 1996 .....	87
<b>Figura 1.16.</b> Incidència de la malaltia en plantes tractades de manera preventiva (abans de la inoculació) o curativa (després de la inoculació i incubació) per cada antifúngic i per dues condicions d'incubació: temperatura de 22.5°C i durada d'humectació de 24h i temperatura de 22.5°C i 12 h d'humectació.....	92
<b>Figura 1.17.</b> Severitat de la malaltia en plantes tractades de manera preventiva (abans de la inoculació) o curativa (després de la inoculació i incubació) per cada antifúngic i per les dues condicions d'incubació assajades: temperatura de 22.5°C i durada d'humectació de 24h i temperatura de 22.5°C i 12 h d'humectació .....	97
<b>Figura 2.1.</b> Superfície de resposta obtinguda a partir de la funció polinòmica, que prediu la severitat de la malaltia en funció de la durada del període d'humectació i de la temperatura mitjana durant aquest període .....	130
<b>Figura 2.2.</b> Sensor d'humectació tipus fulla artificial. ....	133
<b>Figura 2.3.</b> Esquema de l'estació automàtica instal·lada a la finca Mas Oller durant els anys 1992, 1993 i 1994 .....	137
<b>Figura 2.4.</b> Metodologia utilitzada per avaluar la capacitat predictiva del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (model STREP).....	144
<b>Figura 2.5.</b> Obtenció dels índexs observats i predits pel model STREP .....	147
<b>Figura 2.6.</b> Esquema de les diferents condicions d'incubació utilitzades .....	149
<b>Figura 2.7.</b> Metodologia emprada en l'experiment per determinar l'efecte de la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació.....	150
<b>Figura 2.8.</b> Metodologia seguida en els experiments realitzats per determinar l'efecte de diferents durades de períodes amb humitats relatives elevades sense presència d'humectació en l'inici d'infeccions produïdes per <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	156
<b>Figura 2.9.</b> Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1992.....	159

<b>Figura 2.10.</b> Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1993.....	160
<b>Figura 2.11.</b> Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1994.....	161
<b>Figura 2.12.</b> Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Vidal durant l'any 1995 .....	162
<b>Figura 2.13.</b> Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Vidal durant l'any 1996 .....	163
<b>Figura 2.14.</b> Evolució de la durada del període amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Garrofa durant l'any 1996.....	164
<b>Figura 2.15.</b> Freqüències relatives (%) de les durades del període diari amb humectació (h), temperatura mitjana durant aquests períodes (°C), durades del període amb humitat relativa superior al 90% (h), temperatura mitjana diària (°C) i precipitacions (mm) observades en els 893 dies estudiats durant els anys 1992, 1993, 1994, 1995 i 1996 en diferents finques comercials .....	165
<b>Figura 2.16.</b> Dinàmica de la humectació , temperatura i humitat relativa en períodes de 24 hores. ....	168
<b>Figura 2.17.</b> Sèries diàries d'humectació, humitat relativa i temperatura .....	170
<b>Figura 2.18.</b> Combinació dels paràmetres ambientals (durada dels períodes d'humectació i temperatura mitjana durant aquests períodes) observats en els assajos realitzats en condicions naturals, o simulades en hivernacle o cambra climàtica.....	171
<b>Figura 2.19.</b> Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP mitjançant la regressió de l'índex de severitat predit sobre l'índex de severitat observat .....	177
<b>Figura 2.20.</b> Efecte de diferents períodes d'interrupció de la humectació en la incidència de la malaltia .....	180
<b>Figura 2.21.</b> Efecte de diferents períodes d'interrupció de la humectació en la severitat de la malaltia .....	182
<b>Figura 2.22.</b> Incidència de la malaltia en funció de la durada del període d'incubació sota condicions d'humitat relativa elevada (0, 6, 12, 18, 21 i 24 h) i pels quatre experiments realitzats (1, 2, 3 i 4) .....	185
<b>Figura 2.23.</b> Severitat de la malaltia en funció de la durada del període d'incubació sota condicions d'humitat relativa elevada (0, 6, 12, 18, 21 i 24 h) i pels quatre experiments realitzats (1, 2, 3 i 4) .....	186
<b>Figura 2.24.</b> Formació de la humectació deguda a la rosada. Durades del període d'humectació utilitzant el llinard d'humectació amb un valor de 50 (dh50) o de 25 (dh25).....	198
<b>Figura 2.25.</b> Dinàmica de la temperatura, humitat relativa i humectació durant el període d'incubació de plantes en condicions de camp en els experiments d'avaluació del model STREP.....	200
<b>Figura 3.1.</b> Corbes de progressió de la malaltia segons els models monomolecular, Gompertz, exponencial, i logístic .....	216

<b>Figura 3.2.</b> Índexs de risc diari d'estemfiliosi obtinguts a partir de la relació entre la severitat predita per cada durada d'humectació i temperatura respecte a la severitat màxima predita.....	220
<b>Figura 3.3.</b> Nivells i llindars de risc d'infecció segons el model STREP utilitzats en els assajos de l'any 1995.....	221
<b>Figura 3.4.</b> Nivells i llindars de risc d'infecció segons el model STREP utilitzats en els assajos durant l'any 1996.....	222
<b>Figura 3.5.</b> Distribució en la parcel·la d'assaig dels tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995.....	224
<b>Figura 3.6.</b> Distribució en la parcel·la d'assaig dels tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996.....	225
<b>Figura 3.7.</b> Distribució dels arbres on es va realitzar l'avaluació dels nivells de la malaltia.....	226
<b>Figura 3.8.</b> Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Garrofa.....	229
<b>Figura 3.9.</b> Distribució dels arbres on es va realitzar l'avaluació del nivell de la malaltia.....	230
<b>Figura 3.10.</b> Incidència i severitat de la malaltia en fruits per estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats en les finques comercials de Can Vidal (1995 i 1996) i Can Garrofa (1996).....	239
<b>Figura 3.11.</b> Producció mitjana de fruits i proporció de pèrdues en fruits per estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats a les finques comercials de Can Vidal (anys 1995 i 1996) i Can Garrofa (any 1996).....	244
<b>Figura 3.12.</b> Incidència i severitat de la malaltia en fulles en funció de les estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats a les finques comercials de Can Vidal (1995 i 1996) i Can Garrofa (1996).....	250
<b>Figura 3.13.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995.....	254
<b>Figura 3.14.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996.....	255
<b>Figura 3.15.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996.....	256
<b>Figura 3.16.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995.....	257
<b>Figura 3.17.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996.....	258
<b>Figura 3.18.</b> Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat(SA) obtingut a partir del model STREP en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996.....	259

# Llistat de Taules

<b>Taula 1.</b> Condicions de temperatura i humectació òptimes per l'inici d'infeccions en diferents aïllats de <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	13
<b>Taula 2.</b> Sensibilitat de varietats de perera a <i>Stemphylium vesicarium</i> .....	15
<b>Taula 1.1.</b> Eficàcia mitjana de diferents fungicides assajats durant el període 1980-1993 en el control de l'estemfiliosi de la perera en fruits.....	31
<b>Taula 1.2.</b> Mecanismes d'acció dels principals fungicides assajats en el control de l'estemfiliosi de la perera .....	34
<b>Taula 1.3.</b> Característiques de la finca experimental de la Fundació Mas Badia on es varen realitzar els assajos durant l'any 1994 .....	36
<b>Taula 1.4.</b> Característiques dels productes antifúngics utilitzats en l'assaig de control de l'estemfiliosi de la perera en la finca experimental de la Fundació Mas Badia .....	37
<b>Taula 1.5.</b> Característiques de la finca comercial de Can Vidal on es varen realitzar els assajos durant l'any 1995 i 1996.....	41
<b>Taula 1.6.</b> Característiques dels productes antifúngics utilitzats de manera preventiva per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera.....	42
<b>Taula 1.7.</b> Dates d'aplicació dels diferents fungicides assajats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995 .....	44
<b>Taula 1.8.</b> Dates d'aplicació dels diferents fungicides assajats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996.....	45
<b>Taula 1.9.</b> Transformació de la severitat absoluta en índex de severitat relativa en les avaluacions dels nivells de la malaltia en fulles.....	47
<b>Taula 1.10.</b> Característiques de la finca comercial Can Garrofa on es varen realitzar els assajos de control de l'estemfiliosi amb diferents fungicides aplicats de manera preventiva durant l'any 1996 .....	49
<b>Taula 1.11.</b> Característiques dels productes utilitzats preventivament pel control de l'estemfiliosi de la perera en la finca Can Garrofa .....	50
<b>Taula 1.12.</b> Dates d'aplicació dels fungicides assajats en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 .....	51
<b>Taula 1.13.</b> Característiques dels productes antifúngics utilitzats en els assajos d'estratègies de control de l'estemfiliosi .....	54
<b>Taula 1.14.</b> Efecte dels productes antifúngics, per cada data d'avaluació, de la incidència de la malaltia en fruits en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	61
<b>Taula 1.15.</b> Incidència de la malaltia en fruits en funció del tipus d'antifúngic i la data d'avaluació de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia .....	62
<b>Taula 1.16.</b> Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació de la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	63



<b>Taula 1.17.</b> Severitat de la malaltia en fruits en funció del tipus d'antifúngic i de la data d'avaluació de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	64
<b>Taula 1.18.</b> Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la incidència de la malaltia en fruits en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	65
<b>Taula 1.19.</b> Incidència de la malaltia en fruits en funció del fungicida al llarg del temps transcorregut des de l'inici de l'epidèmia. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	65
<b>Taula 1.20.</b> Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la severitat de la malaltia en fruit, en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	66
<b>Taula 1.21.</b> Severitat de la malaltia en fruits (lesions/fruit) en funció de l'antifúngic al llarg del temps transcorregut des de l'inici de l'epidèmia. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	67
<b>Taula 1.22.</b> Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació en la incidència de la malaltia en fulles. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	69
<b>Taula 1.23.</b> Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació en la severitat de la malaltia en fulles. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	69
<b>Taula 1.24.</b> Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la incidència de la malaltia en fulles en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia.....	70
<b>Taula 1.25.</b> Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la severitat de la malaltia i en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia .....	71
<b>Taula 1.26.</b> Efecte dels diferents productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg) i pèrdues de producció degudes a la malaltia. Dades corresponents a fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995 .....	72
<b>Taula 1.27.</b> Efecte dels diferents productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg) i pèrdues d'aquesta producció degudes a la malaltia. Dades corresponent a fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996 .....	73
<b>Taula 1.28.</b> Efecte dels productes antifúngics en la incidència i la severitat de la malaltia en fulles de perera en l'assaig de Can Vidal durant els anys 1995 i 1996 .....	78
<b>Taula 1.29.</b> Efecte dels productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg(bloc) i pèrdues d'aquesta producció degudes a la malaltia. Dades de l'assaig de Can Garrofa 1996 .....	83
<b>Taula 1.30.</b> Efecte dels productes antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en fulles de perera. Dades de l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996.....	86
<b>Taula 1.31.</b> Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la incidència de la malaltia per cadascun dels productes assajats. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Primera repetició de l'experiment.....	89
<b>Taula 1.32.</b> Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la incidència de la malaltia per cadascun dels productes assajats. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Segona repetició de l'experiment.....	90

<b>Taula 1.33.</b> Efecte de l'estratègia de l'aplicació dels productes antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) per cadascun dels productes assajats en la incidència de la malaltia. Les condicions d'incubació varen ser de 12 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura.....	91
<b>Taula 1.34.</b> Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Primera repetició de l'experiment .....	94
<b>Taula 1.35.</b> Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Segona repetició de l'experiment .....	95
<b>Taula 1.36.</b> Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 12 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. ....	96
<b>Taula 1.37.</b> Efecte de l'antifúngic en la incidència i severitat de la malaltia aplicats amb estratègia preventiva. Les condicions d'incubació varen ser 12 i 24 hores d'humectació amb 22.5 °C de temperatura .....	99
<b>Taula 1.38.</b> Incidència de la malaltia en els tractaments amb diferents productes antifúngics aplicats de manera preventiva en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació .....	100
<b>Taula 1.39.</b> Severitat de la malaltia en els tractaments amb diferents productes antifúngics aplicats de manera preventiva en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació.....	101
<b>Taula 1.40.</b> Efecte de l'antifúngic en la incidència i severitat de la malaltia aplicats amb estratègia curativa. Les diferents condicions d'incubació varen ser 12 i 24 hores d'humectació amb 22.5 °C de temperatura .....	102
<b>Taula 1.41.</b> Incidència de la malaltia en funció del tractament amb diferents productes antifúngics aplicats de manera curativa en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació .....	103
<b>Taula 1.42.</b> Severitat de la malaltia en funció dels tractament amb diferents productes antifúngics aplicats de manera curativa en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació .....	104
<b>Taula 2.1.</b> Toxicitat normativa, plaç de seguretat, toxicitat aguda en mamífers (via oral o dèrmica) i toxicitat aguda en peixos de les diferents matèries utilitzades amb més freqüència en el control de l'estemfiliosi de la perera.....	120
<b>Taula 2.2.</b> Efectes secundaris en la fauna auxiliar de fruiters dels principals fungicides utilitzats pel control de l'estemfiliosi de la perera.....	121
<b>Taula 2.3.</b> Característiques de la parcel·la en la finca comercial de Mas Oller on es va instal·lar l'estació meteorològica .....	132
<b>Taula 2.4.</b> Principals característiques dels sistemes d'adquisició de dades (dataloggers) CR10 i CR10X .....	135
<b>Taula 2.5.</b> Resultats obtinguts en els assajos realitzats l'any 1993 per avaluar la capacitat predictiva del model STREP .....	172
<b>Taula 2.6.</b> Resultats obtinguts en els assajos realitzats l'any 1994 per avaluar la capacitat predictiva del model STREP .....	173
<b>Taula 2.7.</b> Llindars establerts a partir dels quals es varen determinar els diferents nivells de severitat.....	175
<b>Taula 2.8.</b> Comparació de les freqüències absolutes i dels percentatges dels nivells de severitat observats i predits pel model STREP .....	176

<b>Taula 2.9.</b> Efecte de la durada del període interromput d'humectació en la incidència de la malaltia per cada una de les condicions d'humitat relativa (60% i 98%) .....	179
<b>Taula 2.10.</b> Comparació de les mitjanes de la incidència en incubacions amb diferents períodes interromputs d'humectació respecte al control de 24 h amb humectació continua .....	180
<b>Taula 2.11.</b> Efecte de la durada del període interromput d'humectació en la severitat de la malaltia per cada una de les condicions d'humitat relativa (60% i 98%) .....	182
<b>Taula 2.12.</b> Comparació de les mitjanes de la severitat en incubacions amb diferents períodes interromputs d'humectació respecte al control de 24 h amb humectació continua .....	183
<b>Taula 2.13.</b> Efecte de la durada i condicions d'humectació durant la incubació en la incidència de la malaltia en els quatre experiments realitzats .....	188
<b>Taula 2.14.</b> Comparació de mitjanes de la incidència de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada amb o sense humectació.....	188
<b>Taula 2.15.</b> Comparació de mitjanes de la incidència de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada i amb o sense humectació, respecte plantes control (0 h) .....	189
<b>Taula 2.16.</b> Efecte de la durada i condicions d'humectació en la severitat de la malaltia en els quatre experiments .....	190
<b>Taula 2.17.</b> Comparació de mitjanes de la severitat de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada amb o sense humectació.....	191
<b>Taula 2.18.</b> Comparació de mitjanes de la severitat de la malaltia en incubacions durant diferents períodes amb humitat relativa elevada i amb presència o absència d'humectació, respecte a la severitat de la malaltia en plantes control (0 h).....	192
<b>Taula 3.1.</b> Models de predicció de malalties validats en camps comercials. La major part estan implementats a estacions d'avisos als fruticultors en programes de control integrat .....	213
<b>Taula 3.2.</b> Models utilitzats en epidemiologia per l'anàlisi de corbes de progressió de la malaltia. S'indiquen les equacions diferencials, integrades i les formes linearitzades.....	215
<b>Taula 3.3.</b> Característiques dels productes antifúngics utilitzats per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera del model STREP .....	223
<b>Taula 3.4.</b> Nivells de risc d'infecció segons el model STREP i llindars a partir dels quals es varen realitzar els tractaments amb els fungicides tiram o captan. Assajos realitzats en la finca comercial Can Vidal .....	226
<b>Taula 3.5.</b> Transformació de la severitat absoluta de la malaltia (lesions/fulla) en índex de severitat relativa en les avaluacions realitzades per fer el seguiment de la malaltia a camp.....	227
<b>Taula 3.6.</b> Nivells de risc d'infecció del model STREP i llindars a partir dels quals es varen realitzar els tractaments amb els fungicides tiram o captan. Assajos realitzats en la finca comercial Can Garrofa .....	229
<b>Taula 3.7.</b> Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Vidal l'any 1995 .....	234
<b>Taula 3.8.</b> Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Vidal l'any 1996.....	235
<b>Taula 3.9.</b> Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Garrofa l'any 1996 .....	236

<b>Taula 3.10.</b> Efecte de les diferents estratègies d'aplicació dels antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995.....	237
<b>Taula 3.11.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació d'antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia observades en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996.....	238
<b>Taula 3.12.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la incidència i severitat de la malaltia observades en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996.....	239
<b>Taula 3.13.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995 .....	242
<b>Taula 3.14.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996 .....	242
<b>Taula 3.15.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996.....	243
<b>Taula 3.16.</b> Estalvi i eficàcia en el control de la incidència de la malaltia en funció de les aplicacions realitzades amb el fungicida tiram seguint una pauta setmanal o guiats pel model STREP (a partir dels índexs de risc acumulat SA: 0.4 i SA: 0.6) en comparació amb el testimoni no tractat .....	246
<b>Taula 3.17.</b> Estalvi i eficàcia en el control de la severitat de la malaltia en funció de les aplicacions realitzades amb el fungicida tiram seguint una pauta setmanal o guiats pel model STREP (a partir dels índexs de risc acumulat SA: 0.4 i SA: 0.6) en comparació amb el testimoni no tractat.....	247
<b>Taula 3.18.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en la incidència i severitat de la malaltia observades en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995	
<b>Taula 3.19.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació d'antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996 .....	249
<b>Taula 3.20.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la incidència i severitat de la malaltia en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996.....	250
<b>Taula 3.21.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) tant per la incidència com per la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995 .....	260
<b>Taula 3.22.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996 .....	261
<b>Taula 3.23.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996.....	261
<b>Taula 3.24.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fruits en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal durant l'any 1995 .....	262
<b>Taula 3.25.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia de la incidència i severitat en fruits en funció de cada estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996 .....	263

<b>Taula 3.26.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia de la incidència i severitat en fruits en funció de cada estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 .....	264
<b>Taula 3.27.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995.....	265
<b>Taula 3.28.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996.....	265
<b>Taula 3.29.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996 .....	266
<b>Taula 3.30.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal durant l'any 1995 .....	267
<b>Taula 3.31.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996 .....	267
<b>Taula 3.32.</b> Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 .....	268
<b>Taula 3.33.</b> Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995 .....	269
<b>Taula 3.34.</b> Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996 .....	270
<b>Taula 3.35.</b> Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996.....	271
<b>Taula 3.36.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i $t_{50}$ obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1995 .....	272
<b>Taula 3.37.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa d'infecció aparent ( $r$ ) i $t_{50}$ obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1996 .....	273
<b>Taula 3.38.</b> Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i $t_{50}$ obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz durant l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa l'any 1996 .....	274
<b>Taula 3.39.</b> Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i $t_{50}$ del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1995 .....	275
<b>Taula 3.40.</b> Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i $t_{50}$ del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1996 .....	276

**Taula 3.41.** Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$ , del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació de fungicides, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa l'any 1996 .....277

**Taula A.1.** Evolució de la producció mundial de pera ..... 319

**Taula A.2.** Evolució i distribució de la superfície cultivada ..... 319

# Introducció general

## L'estemfiliosi de la perera

El cultiu de la pera a Catalunya és d'una gran importància dins el context europeu, tant a nivell quantitatiu com qualitatiu (Annex I). El control de les malalties i plagues de la perera representa una elevada part del cost de producció de la fruita. Malgrat que el 90 % de les plantacions estan ben conreades i protegides amb tractaments fitosanitaris (Tuset, 1991), les pèrdues de producció degut a malalties i plagues són molt elevades. Per tant el cost de la protecció i control de malalties i plagues així com les pèrdues ocasionades per aquestes tenen un gran pes econòmic. Per una altra part existeix una preocupació generalitzada per l'efecte en l'home i en el medi ambient dels residus dels pesticides utilitzats en aquesta protecció i control (Sutton, 1996).

Les principals malalties infeccioses que afecten aquest cultiu són bacteriosis o micosis. Les bacteriosis més importants estan produïdes per *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* que està relacionada amb la necrosi dels borrons de flor i dels corimbos florals, per *Erwinia amylovora* que ocasiona l'anomenat foc bacterià provocant la necrosi de diferents òrgans, i per *Agrobacterium tumefaciens* que provoca xancre en el coll i la rel (Montesinos i col., 1989; López i col., 1996).

Les micosis provoquen danys superiors al 12 % de la producció total de pera a Catalunya (Tuset, 1991). Les malalties fúngiques poden afectar la rel o la part aèria. Els principals agents causants de les malalties en la rel són *Armillaria mellea*, *Phytophthora cactorum* i *Rosellinia necatrix* i de la part aèria són *Venturia pirina*, *Stemphylium vesicarium*, *Monilia fructigena*, *Phomopsis mali*, *Gymnosporangium fuscum*, *Sphaeropsis malorum*, *Septoria piricola* i *Nectria galligena* (Avilla i col., 1996).

Entre les malalties d'origen fúngic dues destaquen per l'elevada incidència que poden presentar: el motejat produït per *Fusicladium pyrorum* (*Venturia pirina*) i l'estemfiliosi ocasionada per *Stemphylium vesicarium* (*Pleospora allii*).

L'estemfiliosi de la perera és una malaltia també coneguda com la taca bruna de la pera a Catalunya, la "maculatura bruna" a Itàlia o la "macula bruna" a França. Aquests noms fan referència a la simptomatologia de la malaltia en fruits i fulles.

### 1. Inicis i estat actual de la malaltia

Les primeres referències que descriuen els símptomes d'aquesta malaltia en conreus de perera són de l'any 1937 a Itàlia (Mezzetti, 1937). Però no és fins a l'any 1975 que la incidència d'aquesta malaltia va ser molt important a la regió de la Padana a Itàlia (Brunelli i col., 1983). Originàriament no es coneixia l'agent causant però durant aquests anys ja es va descartar que els símptomes fossin deguts a fitotoxicitat de determinats fungicides, infeccions d'origen bacterià o ferides d'insectes i es va determinar que l'agent causant era un fong. En un principi la malaltia es va definir com una alternariosi produïda per alguna espècie del gènere *Alternaria*. Els primers aïllaments realitzats varen donar dos possibles fongs com agents causals: *Stemphylium vesicarium* i *Alternaria alternata* (Ponti i col., 1982). Posteriorment es va determinar que l'agent causant de la malaltia era *Stemphylium vesicarium* (Ponti i col., 1982), no obstant sempre es va observar una associació molt estreta d'aquest fong amb *Alternaria alternata*. Aquesta freqüent associació de les dues espècies de fongs va ser la causa que a l'inici es considerés la malaltia com una alternariosi.

A partir de finals dels 70 la malaltia va prendre caràcter epidèmic, bàsicament a la regió d'Emilia-Romagna a Itàlia, i es va passar d'incidències en fruits del 1-2% fins al 30-40% que en alguns casos molt greus varen arribar al 80% (Brunelli i col., 1983). A finals dels anys 80 el nivell de la malaltia va disminuir considerablement però en els darrers anys i especialment a partir de l'any 1993 la situació ha tornat a empitjorar (Cavanni i Ponti, 1994). Durant l'any 1995 es van assolir incidències d'entre el 5 i 50% de fruits afectats en algunes finques, fins a nivells del 80% de pèrdues en altres finques (Ponti, 1996). Durant l'any 1996 la intensitat de la malaltia ha estat lleugerament inferior a l'observada durant l'any 1995 (Boselli, 1997). En aquesta regió Italiana el control de l'estemfiliosi representa un dels problemes més greus en el conreu de la perera, ja sigui per l'elevat cost econòmic que comporta ja sigui per l'efecte de l'elevat nombre de tractaments a realitzar.

A les comarques gironines a començaments dels anys 80 es va detectar una malaltia amb els símptomes semblants a l'estemfiliosi ja descrita a Itàlia (Batllori,



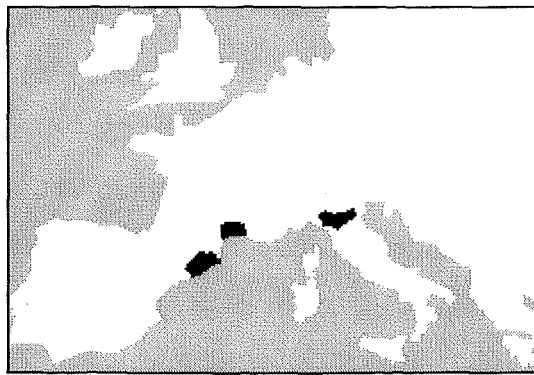
1984). Posteriorment el *Servicio de Investigaciones Agrarias de Zaragoza* (I. Palazón) va confirmar que *Stemphylium vesicarium* era l'agent causant de la malaltia. Fins a l'any 1984 la incidència d'aquesta malaltia va ser molt baixa a les comarques gironines. A partir de l'any 1985 la incidència va anar augmentant, arribant a finals dels 80 a afectar un 30 % de la superfície del cultiu de pera produint en molts casos pèrdues de l'ordre del 90 % de la producció (Vilardell, 1988). A la dècada dels 90 la incidència de la malaltia va ser baixa (Vives, 1991; 1993; 1995 i 1997). Això pot ser degut als tractaments fitosanitaris que s'apliquen de manera sistemàtica i a les condicions climatològiques. No obstant en els darrers anys s'ha apreciat un augment de la incidència de la malaltia sobretot en finques descuidades o abandonades. Durant l'any 1997 hi ha hagut un augment molt important d'estemfiliosi, segurament degut a unes condicions meteorològiques molt favorables.

A Lleida van aparèixer els primers problemes al 1988 (Montesinos i col., 1989), i a l'any 91 es va detectar un lleuger augment de la malaltia (Vives, 1991). No obstant en l'actualitat no és un problema massa seriós en aquesta zona.

A l'estat espanyol s'han detectat també focus de la malaltia en diverses zones a Euskadi, Aragó, La Rioja i Extremadura durant l'any 1996 (De La Cruz i col., 1997).

A la zona del Sud-Est de França les primeres cites de la malaltia són dels començaments de la dècada dels 80 (Blancard i col., 1989). En aquest cas també es va determinar *Stemphylium vesicarium* com agent causant de la malaltia, associat sovint a diferents espècies del gènere *Alternaria*, sobretot amb *Alternaria alternata*. La malaltia va ser especialment greu durant els anys 1987-88 ocasionant la pèrdua total de la collita en la zona de Bouches-du-Rhône. En els anys posteriors es va apreciar un descens considerable de la incidència de la malaltia (Cugier i Humbert, 1991). Només en zones molt concretes (Provence, Midi-Pyrénées ) van aparèixer petits focus (Decoin, 1993; Decoin, 1994; Breniaux, 1995; Breniaux, 1997).

L'estemfiliosi és actualment una de les principals malalties en els conreus de perera de la conca mediterrània, apreciand-se un augment en l'extensió de les àrees afectades (Figura 1).



**Figura 1.** Distribució de l'estemfiliosi de la perera en el continent europeu.

## 2. Simptomatologia

Els símptomes d'aquesta malaltia s'observen en els fruits, fulles, pecíols i brots herbacis de la perera.

Normalment fins a l'inici de juny no s'aprecia la malaltia en fulles, no obstant els primers símptomes en fulles poden començar a aparèixer a finals d'abril en forma de petites taques necròtiques de forma circular. Aquestes necrosis poden anar creixent fins a ocupar tot el limbe foliar (Brunelli i col., 1983) que en els casos molt greus poden arribar fins al pecíol provocant el defoliament anticipat de la planta (Vilardell, 1988). No obstant el més normal és que aquestes necrosis quedin restringides a una petita àrea de la superfície. Malgrat això el nombre molt elevat de taques necròtiques també pot provocar la defoliació. En general les fulles joves són més sensibles a la malaltia (Menniti i Maccaferri, 1994; Moragrega, 1994; Montesinos i col., 1995b).

En els fruits els primers símptomes apareixen a finals de maig o començaments de juny i van augmentant fins a la collita (Brunelli i col., 1983; Vilardell, 1988). Els símptomes difereixen en funció de l'edat i la varietat del fruit. En els fruits joves apareix una taca necròtica de pocs mil·límetres de diàmetre que pot estar envoltada d'un halo vermellós. En els fruits més madurs la taca necròtica augmenta de tamany i també pot estar envoltada d'un halo vermellós. A l'inici aquestes necrosis són seques i ben delimitades en la part superficial, però posteriorment intervenen fongs sapròfits del gènere *Alternaria*, o d'altres gèneres, provocant l'extensió de la necrosi cap a l'interior del fruit. La lesió va creixent de tamany, es torna lesió tova i penetra en la polpa del fruit. Els fruits més severament atacats poden caure a terra. En aquells casos més lleus no cauen a terra, però com a conseqüència de la presència de les taques necròtiques perden el seu valor comercial.

En atacs molt greus de la malaltia es poden observar també taques necròtiques en brots herbacis que en alguns casos poden arribar a comprimir els pecíols de les fulles provocant el defoliament (Blancard i col., 1989).

### 3. Etiologia

L'agent causant de l'estemfiliosi de la perera és el fong Deuteromicet *Stemphylium vesicarium* (Wallr.). Aquest fong s'ha aïllat tant de lesions de fulla com de fruit. A aquest resultat van arribar diferents grups de recerca d'Itàlia, Catalunya i França (Ponti i col., 1982; Batllori, 1984; Blancard i col., 1989). El teleomorf de *Stemphylium vesicarium* és l'ascomicet *Pleospora allii* (Rabenh) Ces. & De Not, que forma pseudotecis.

Els conidis de *Stemphylium vesicarium* són oblongs, pluricel·lulars, de color bru amb septes transversals (1-3) i longitudinals (1-4) i amb la paret exterior rugosa. Les mides d'aquests conidis varien en funció de la procedència dels aïllats. Aquestes mides oscil·len entre 21.74-35.2 x 9.8-16.0 µm (Ponti i col., 1982), 25-40 x 12.5-20 µm (Blancard i Piquemal, 1987) o entre 25-48 x 12-22 µm per altres (Basallote i col., 1996). El tamany depèn en part del medi de cultiu (Ponti i col., 1982). La relació llargada/amplada oscil·la entre valors de 1.5 i 3, fet que el diferencia de *Stemphylium botryosum* que presenta valors inferiors a 1.5 (Simmons, 1969). Els conidiòfors són erectes, amb 1-7 septes, de color bru amb esporangis apicals amb l'apex arrodonit i un porus de 5-8 µm.

*Stemphylium vesicarium* ha estat també identificat com agent causant de malalties en all i ceba (Raghavendra i Pagvi, 1975; Miller i col., 1978), espàrrec (Blancard i col., 1984; Falloon i col., 1984), userda (Mehiar i col., 1976; Chairisook i col., 1995). A l'Estat Espanyol són importants els efectes d'aquest fong en els conreus d'all a la zona Sud de la Península Ibèrica (Basallote i col., 1993) i en els conreus d'espàrrec en la zona Nord, si bé en aquest darrer cas actualment les pèrdues no són gaire importants.

Altres espècies de *Stemphylium* causen danys en els conreus de pastanaga (*S. radicinum*), userda (*S. botryosum*) i tomatera (*S. solani* i *S. floridanum*) en diferents zones del món (Shishkoff i Loorbeer, 1989).

#### 4. Cicle biològic

El cicle biològic (Figura 2) depèn de les condicions ambientals i de l'estat vegetatiu de l'hoste (en aquest treball *Pyrus communis*). No és del tot conegut (Cavanni i Ponti, 1994), però està molt lligat al cicle de la malaltia. En el cicle es pot diferenciar clarament la forma sexual (*Pleospora allii*) que predomina quan les condicions ambientals són adverses, de la forma asexual (*Stemphylium vesicarium*) que es produeix quan les condicions ambientals són favorables.

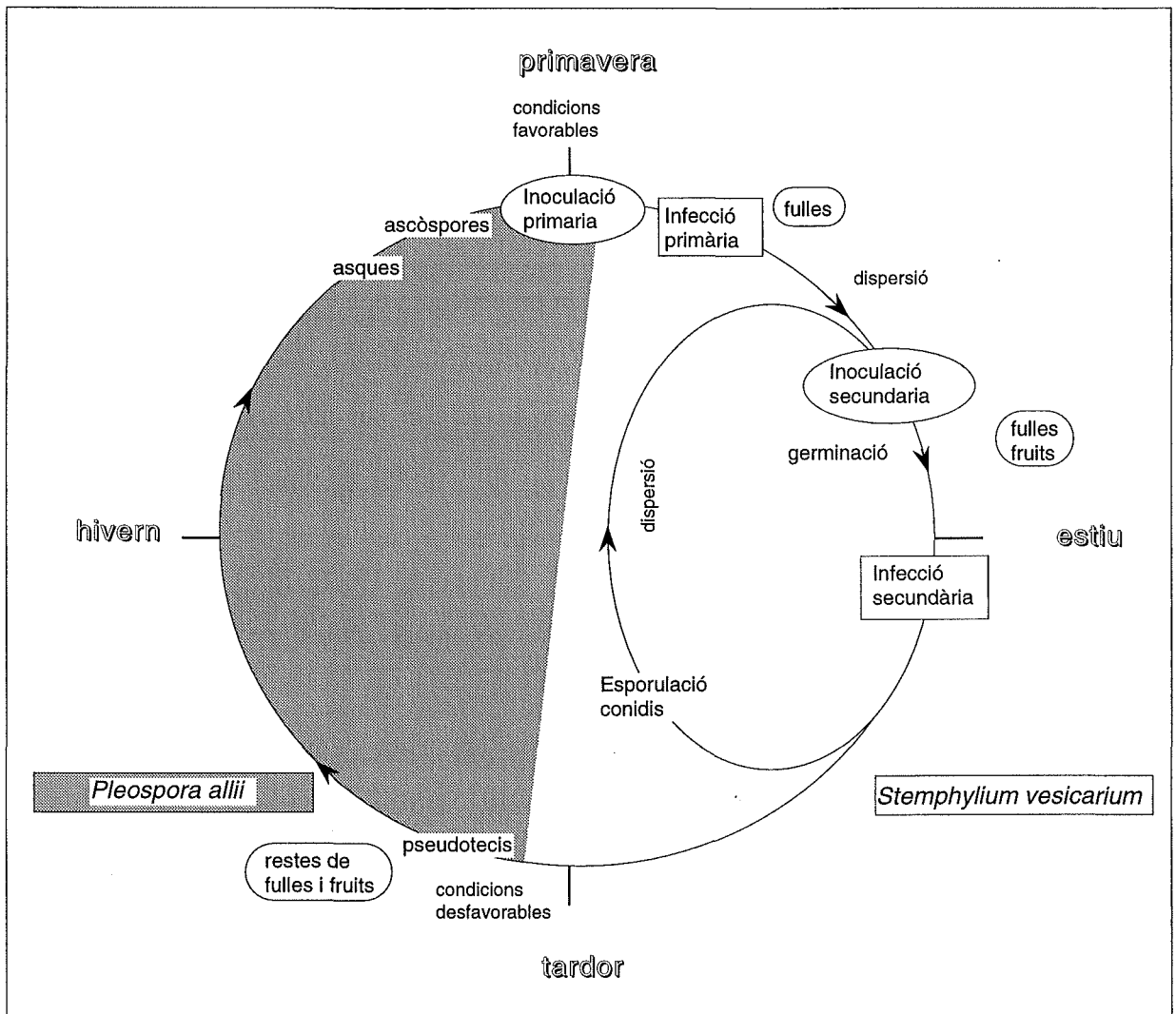


Figura 2. Cicle biològic de *Stemphylium vesicarium* (anamorf) i *Pleospora allii* (teleomorf).

#### 4.1 Teleomorf

A la tardor les condicions ambientals són desfavorables per a l'anamorf del fong. Aquest fet coincideix amb l'aturada vegetativa de l'hoste. A partir de les infeccions existents de *Stemphylium vesicarium* en les restes vegetals de l'hoste (fulles i fruits) caigudes a terra es desenvolupa l'ascomicet *Pleospora allii*. Aquest fong és sapròfit i forma cossos fructífers (pseudotecis) en aquestes restes vegetals. Els pseudotecis són de color negrós, de forma globular amb un diàmetre entre 0.1-0.5 mm i estan immersos parcialment dins el teixit de l'hoste. La competència amb altres fongs sapròfits com *Alternaria* sp. pot afectar el tamany i nombre de pseudotecis formats (Prados i col., 1994). Aquestes restes vegetals amb els pseudotecis queden en el sòl de la plantació. Durant l'hivern l'interior del pseudotecí està ple de pseudoparàfisis. S'ha observat que passat un període de temps, que està en funció de la temperatura, es produeix la maduració dels ascos a l'interior del pseudotecí. No obstant la humitat relativa sembla ser el factor limitant en aquest procés, ja que a humitats relatives baixes no es produeix la maduració (dades no publicades). La importància d'aquests factors també s'ha vist en la maduració dels pseudotecis de *Venturia inaequalis* (James i Sutton, 1982). El procés de maduració comença quan en l'interior dels pseudotecis es formen els ascos. Els ascos són bitunicats, cilíndrics, amb forma de porra i presenten unes dimensions entre 90-250 x 20-50 µm. Un cop formats els ascos el seu contingut serà encara indiferenciat. Finalment es comencen a diferenciar les 8 ascòspores dins dels ascos. Aquestes ascòspores són de forma el·lipsoïdal-ovalades, de color bru-groguenc, septades i amb unes mides de 26-50 x 10-20 µm. Les ascòspores posteriorment estaran completament tabicades i colorejades.

Aquesta part del cicle biològic és important perquè es produirà la reproducció sexual. Les ascòspores juguen un paper molt important tant des d'un punt de vista epidemiològic com genètic (Halama, 1996; Trapero 1996). La variabilitat genètica obtinguda amb la reproducció sexual pot tenir diferents conseqüències, una d'elles és la variabilitat en la virulència o en la sensibilitat als fungicides. Des d'un punt de vista epidemiològic aquestes ascòspores seran l'inòcul primari de la malaltia.

En l'actualitat el grup de recerca de Patologia Vegetal de la Universitat de Girona està elaborant un model basat en els paràmetres de temperatura i humitat relativa per poder predir el nivell de maduració dels pseudotecis i el moment d'alliberació de les ascòspores. Altres autors han trobat que a 15 °C els pseudotecis de *P.allii* procedents

d'aïllats d'usurda tarden aproximadament en madurar 27 dies (Chaisrisook i col., 1995) o 6 setmanes (Lamprecht i col., 1984). Ponti i col. (1982) van determinar que en dos mesos els pseudotecis de *P.alli* sotmesos a 25 °C no maduraven, això fa suposar que són necessaris períodes amb temperatures baixes per iniciar la maduració.

A finals d'hivern començaments de primavera (en funció de la temperatura ocorreguda durant l'hivern) s'observa la maduració de gran part dels pseudotecis amb les ascòspores ja formades i preparades per ser alliberades. Es suposa que l'aigua lliure (pluja o rosada) i la humitat relativa elevada intervenen de manera activa en l'alliberació de les espores de *P. alli*, de la mateixa manera que passa amb altres fongs (Caesar i Pearson, 1983; Gadoury i MacHardy, 1986). L'impacte de les gotes de pluja damunt els pseudotecis madurs pot augmentar l'alliberament de les espores de manera semblant com passa amb *V. inaequalis* (Aylor i Sutton 1992). La humectació o les humitats relatives elevades també poden ajudar en l'alliberació donat que hi ha una expansió dels teixits degut a la hidratació d'aquests.

Un cop alliberades les ascòspores, segurament a partir de finals de febrer fins a finals de maig, es produeix la disseminació. El fet que els pseudotecis no presentin mucíl·lag sembla indicar que la dispersió de les ascòspores no és deguda a l'aigua sinó que de manera més important és deguda al vent (Fitt i col., 1989; McCartney, 1994). Però en les espores que es dispersen per l'aire no s'ha de descartar completament la disseminació per l'aigua, ja que l'esquitx produït per l'impacte de les gotes d'aigua damunt els pseudotecis pot ajudar a la dispersió en distàncies molt curtes (Yang i col., 1990; Aylor i Sutton, 1992).

Aquestes ascòspores alliberades i dispersades són l'inòcul primari de la malaltia i seran transportades bàsicament per l'aire, per ser depositades damunt dels teixits de l'hoste on poden quedar adherides degut a fenòmens d'humectació i assecament com passa en altres ascòspores (Aylor i Sutton, 1992). A partir d'aquest moment, si les condicions ambientals són òptimes es podran iniciar les infeccions primàries. No es coneixen encara quines són aquestes condicions òptimes per l'inici de les infeccions en les ascòspores. A partir d'aquest moment es trobarà el fong en la seva forma anamorfa. Tot sembla indicar que el moment de la màxima alliberació d'inòcul primari varia d'un any a altre, segurament en funció de la pluja. En *V. inaequalis* s'ha observat que la màxima emissió d'ascòspores està correlacionada amb els períodes de pluges, però la

quantitat de precipitació caiguda no està correlacionada amb el nombre d'espores capturades (Ponti i Cavanni, 1992).

No es coneix la viabilitat dels conidis de *S. vesicarium* que han passat l'hivern en les restes del material vegetal infectat o en el sòl, ni si el teleomorf del fong pot trobar-se en altres hostes secundaris.

#### 4.2 Anamorf

L'anamorf del fong *S. vesicarium* s'origina amb les infeccions primàries. A partir d'aquestes infeccions primàries ja es formaran espores asexuals o conidis en els conidiòfors. Aquests conidiòfors són erectes, cilíndrics i disposats de manera aïllada o agrupats en nombre variable en els teixits necròtics (Basallote i col., 1996). Els conidis estan disposats en la part apical dels conidiòfors, hi ha un conidi per conidiòfor. La formació de conidis i conidiòfors d'alguns fongs propers a *S. vesicarium* (*Stemphylium botryosum* o *Alternaria porri*) és molt més abundant en medis pobres en sucres que en medis rics (Rotem i col., 1978). Per tant la formació de conidis en els teixits necròtics podria estar associada, aparentment, amb el baix contingut en sucres en aquests teixits. En *S. botryosum* f. sp. *lycopersici* s'ha observat que els factors externs que augmenten la velocitat de necrotització dels teixits tenen també un efecte semblant en l'esperulació (Bashi i Rotem, 1975). Hi ha altres factors que afecten l'esperulació com són la temperatura, aigua lliure, humitat relativa o les radiacions solars. L'esperulació de *S. botryosum* sembla estar induïda per la presència d'aigua lliure i en *S. vesicarium* també s'observa una relació entre els períodes amb humectació o pluges i la captura de conidis en l'aire. En general es pot dir que la durada dels períodes d'humectació necessaris per esporular és més curta que la necessària per iniciar les infeccions (Rotem i col., 1978). S'ha observat que *S. botryosum* f. sp. *lycopersici* esporula bé amb períodes interromputs d'humectació (Bashi i Rotem, 1975), de la mateixa manera que ho fa *Alternaria porri* f. sp. *solani* entre altres fongs semblants a *S. vesicarium*. No obstant *S. botryosum* f. sp. *lycopersici* produeix gairebé la mateixa quantitat de conidis amb un període d'humectació interromput que amb un període continu (Bashi i Rotem, 1975). Aquest fet sembla ser una adaptació a les zones on la humectació està limitada (Rotem i col., 1978). En altres fongs com *Botrytis cinerea* s'ha determinat que la producció de conidis és inferior amb períodes interromputs d'humectació que amb humectacions continuades (Sosa-Alvarez i col., 1995). La relació entre esporulació i humitat relativa ambiental no

és fàcil de determinar degut a les condicions microclimàtiques de la superfície dels òrgans (fulles, fruits, etc.) que poden provocar la condensació d'aigua. Les radiacions solars són un altre factor important en l' esporulació. A partir d'estudis realitzats *in vitro* s'ha determinat que en *S. botryosum* la formació de conidis presenta dues fases: la fase inductiva amb la formació dels conidiòfors amb presència de llum ultraviolada d'ona curta i la fase terminal amb la producció de conidis que era inhibida per aquesta llum (Leach, 1967). Només es formen els conidis si la fase amb llum ultraviolada d'ona curta és seguida per una fase amb foscor. En *S. vesicarium* no s'han realitzat assajos similars, però observacions realitzades en els cultius del fong en placa Petri apunten a la necessitat de l'existència d'un fotoperíode (llum-foscor) per a la producció de conidis. En tot cas les relacions entre les condicions ambientals (T, humectació, HR, radiació solar, etc.) i l' esporulació són molt complicades. S'ha de considerar que sovint els estudis realitzats *in vitro* per explicar els models d' esporulació del mateix fong en viu són només aproximacions (Rotem i col., 1978).

Un cop els conidis han estat formats seran alliberats i es desprendran del teixit que els ha generat. Malgrat no haver-se realitzat estudis específics per *S. vesicarium* és de suposar que en l'alliberament dels conidis l'aigua té un paper molt important (ja sigui en forma de rosada o de pluja). L'efecte més important de la pluja en l'alliberament dels conidis és degut a l'impacte de les gotes damunt els conidiòfors, que poden fer desprendre els conidis. Un altre factor que ha de ser molt important en l'alliberació dels conidis és el vent. Les turbulències del vent dins les plantacions poden fer desprendre els conidis. La combinació d'aquests dos factors, pluja i vent, és molt important per què ocasiona la formació d'aerosols.

El medi de dispersió dels conidis de *S. vesicarium* és l'aire. No obstant les espores que es dispersen bàsicament per l'aire també poden ser dispersades per l'aigua. L'aigua de pluja pot dispersar els conidis amb el rentat d'aquests de les superfícies dels òrgans (fulles, fruits, etc.) o transportats pels esquitxos dels impactes de les gotes (McCartney, 1994). El potencial de dispersió pel vent dependrà de la velocitat d'aquest així com de les intensitats de les turbulències. Les distàncies de dispersió pel vent podran anar des de pocs centímetres fins a centenars de metres en funció del vent, tamany del conidi, i posició i tamany de la planta hoste (McCartney, 1994). La concentració de conidis en l'aire varia al llarg del dia per les diferents espècies de fongs (Bugiani i Govoni, 1991). *L'Osservatorio Regionale per la Malattie delle Piante*



(Itàlia) ha realitzat durant varis anys un seguiment del nombre de conidis de *S. vesicarium* en l'aire mitjançant captospores. De les dades obtingudes (no publicades) s'observa que la concentració màxima de conidis capturats es realitza durant el dia, quan no hi ha humectació. Això recolzaria la idea que la formació de conidis es produiria durant la nit amb la humectació però que l'alliberament i dispersió es produiria durant el dia.

Els conidis alliberats i transportats pel vent poden entrar en contacte amb les fulles o fruits de l'hoste. La deposició dels conidis és un fenomen molt complex i està influenciada per molts factors com el tamany del conidi, la velocitat del vent i les condicions d'humitat i humectació tant de l'espora com dels òrgans vegetals (Ingold, 1971). La forma dels òrgans de l'hoste així com la presència o no de pilositats, ceres en les fulles així com les càrregues electrostàtiques dels conidis poden estar implicades en el procés de deposició de les espores (Allen i col., 1991). En general la deposició dels conidis en les superfícies pot ser mitjançant la colonització gravitacional o la impactació (McCartney, 1994). No es coneixen els mecanismes de retenció dels conidis de *S. vesicarium* després de la deposició damunt els òrgans.

Un cop damunt els òrgans de l'hoste, si les condicions ambientals són favorables s'iniciarà la germinació dels conidis. Segurament la germinació és la fase que necessita satisfer més requeriments i només s'aconsegueix amb un seguit de condicions ambientals en un període de temps apropiat. La disponibilitat d'aigua del protoplast del conidi és essencial per la germinació, per tant l'obtenció d'aquesta aigua és un requeriment mentre que la resta de factors ambientals poden ser entesos com a factors reguladors (Cooke i Whipps, 1993a; Jiménez-Díaz, 1996). Entre els altres factors ambientals que afecten a la germinació hi ha la temperatura i la llum. La temperatura pot actuar de manera sinèrgica amb l'aigua en el procés de germinació. Fins i tot en molts fongs la germinació és fotosensible. En la germinació de *S. vesicarium* s'ha observat que la llum inhibeix en un cert grau la germinabilitat dels conidis (dades no publicades). El procés bàsic de la germinació és la formació del tub germinatiu, que és una estructura delicada i altament vulnerable a pertorbacions o estrès. La seva destrucció o inactivació provoca la inactivació de l'espora mare o el compartiment de l'espora corresponent donat que les seves reserves han estat utilitzades en la síntesis del tub (Cooke i Whipps, 1993a). Hi altres factors menys importants que poden afectar la germinació com és la presència de pol·len. Es sap que en alguns fongs (*V. inaequalis*) el pol·len de

determinades espècies vegetals pot estimular la germinació dels conidis. Es coneix que *S. vesicarium* no presenta una estimulació amb pol·len de diferents espècies vegetals (Picco i col., 1991).

En assajos realitzats *in vitro* s'ha determinat que per a l'inici de les germinacions de *S. vesicarium* són imprescindibles humitats relatives molt elevades ( $HR \geq 98 \%$ ) acompanyades d'aigua lliure. S'ha determinat el rang de temperatures òptimes entre 20 i 30 °C (Montesinos i Vilardell, 1992) o 15-32 °C (Cugier i Humbert, 1991) amb un òptim a 28 °C. Sota condicions òptimes en només 60 minuts el 50 % dels conidis ja han germinat. Aquesta velocitat de germinació és molt elevada en comparació a altres fongs fitopatògens (Cugier i Humbert, 1991). Els conidis de *S. vesicarium* són pluricel·lulars per tant en la germinació produiran més d'un tub germinatiu. Aquest dos fets (elevada velocitat de germinació i nombre de tubs germinatius) explica la rapidesa en les infeccions, que és una de les característiques més peculiars de l'estemfiliosi de la perera. La velocitat o rapidesa és essencial en el procés infecció, ja que s'ha d'aconseguir un estalvi de les reserves d'energia endògenes amb un màxim de potencial d'inòcul (Cooke i Whipps, 1993b). No és coneixen els mecanismes utilitzats en l'orientació dels tubs germinatius produïts per *S. vesicarium*, però sembla que aquesta orientació, en les fulles, pot anar dirigida cap als estomes, i en els fruits cap a les lenticel·les. Aquest fet segurament serà important quan no hi hagi humectació i els tubs germinatius es dirigeixen cap als estomes degut als gradients de vapor d'aigua (més elevada en l'interior de l'estoma) (Cooke i Whipps, 1993b). Les principals vies per on sembla que penetrarà el fong són els estomes i les ferides en les fulles i per les lenticel·les i ferides en els fruits (Vilardell, 1988). En aïllats de *S. vesicarium* d'espàrrec es va observar que en aquest hoste la penetració es produïa principalment pels estomes i ocasionalment per les ferides (Del Zan i col., 1989). Shishkoff i Lorbeer (1989) van demostrar que *S. vesicarium* provocava més lesions en fulles de ceba amb ferides que en les que no hi havia. Les ferides produïdes per artròpodes són també una via d'entrada del fong. Aquesta via d'entrada pot adquirir importància en funció del nivell d'atac de certs artròpodes. L'homòpter *Aphanostigma pyri* (Chol.) conegut com la filoxera de la perera provoca ferides en els fruits per on podrà penetrar *S. vesicarium* (Tora i col., 1997). Actualment la filoxera de la perera és una de les principals plagues en la zona frutícola de Lleida superant en algunes varietats el 30% de producció afectada. A les comarques

de Girona aquesta plaga encara no és un problema seriós, però podria arribar a ser-ho, afectant de manera indirecta al nivell d'estemfiliosi.

S'han realitzat assajos per determinar les condicions òptimes ambientals que provoquen l'inici de les infeccions de *S. vesicarium* en diferents plantes hoste (Taula 1). Independentment de l'hoste i de l'aïllat, *S. vesicarium* sempre necessita la presència d'aigua lliure o humitats relatives elevades per iniciar les infeccions. En els assajos realitzats amb l'hoste *Pyrus communis* el rang de temperatures òptimes per a l'inici d'infeccions trobat pels grups de recerca italians (Ponti i col., 1982) i catalans (Montesinos i col., 1995a) oscil·la entre 20 i 26 °C, mentre que el grup francès va trobar un rang de temperatures òptimes lleugerament superior 25-30 °C (Cugier i Humbert, 1991). Aquest darrer resultat sorprèn ja que no són temperatures freqüents en el clima mediterrani durant el període amb humectació.

**Taula 1.** Condicions de temperatura i humectació òptimes per l'inici d'infeccions en diferents aïllats de *Stemphylium vesicarium*

Hoste	T (°C)	Durada de la Humectació	Observacions <sup>u</sup>	Referència
Perera ( <i>Pyrus communis</i> )	22-26	presència	laboratori	Ponti i col., 1982
Perera ( <i>Pyrus communis</i> )	21-23	>24 h <sup>v</sup>	laboratori	Montesinos i col., 1995a
Perera ( <i>Pyrus communis</i> )	25-30	>24 h <sup>v</sup>	laboratori	Cugier i Humbert, 1991
All ( <i>Allium sativum</i> )	18-26	presència	camp	Basallote i col., 1996
Espàrrec ( <i>Asparagus officinalis</i> )	26-28	48 h	laboratori	Menzies i col., 1991
Espàrrec ( <i>Asparagus officinalis</i> )	20-24	>12 h >3 h <sup>w</sup>	camp	Del Zan i col., 1989
Espàrrec ( <i>Asparagus officinalis</i> )	20	presència	camp	Fallon i col., 1984
Espàrrec ( <i>Asparagus officinalis</i> )	20-22	pluges	camp	Blancard i col., 1984
Espàrrec ( <i>Asparagus officinalis</i> )	18-25	pluges o boira	camp	Nourrisseau i col., 1967
Ceba ( <i>Allium cepa</i> )	20	18-24 h	laboratori	Shishkoff i Lorbeer, 1989

<sup>u</sup>: Les observacions es varen realitzar a camp o al laboratori.

<sup>v</sup>: Les condicions òptimes per a l'inici d'infeccions corresponen a 24 h, però períodes de 10-12 h són suficients per a l'inici d'infeccions.

<sup>w</sup>: Període suficient si el teixit vegetal presentava ferides.

Durant el procés de germinació i penetració s'allibera una toxina que ocasiona la necrosi del teixit de l'hoste ajudant a la penetració i colonització de les hifes del fong (Cavanni i Ponti, 1994). Per aquest motiu es pot definir l'estemfiliosi de la perera com una micopatia de tipus necrotòxic. Molts organismes fitopatògens produeixen toxines que són generalment productes del metabolisme secundari (Carlile i Watkinson, 1995).

A vegades l'especificitat rau en la producció de toxines hoste-específiques. Per exemple, existeix un patotip de *A. alternata* que afecta al nashi (*Pyrus serotina*) i en aquest fong s'ha identificat la toxina AK com a determinant primària de la malaltia. Una espora de *A. alternata* en una hora produeix suficient toxina per alterar el metabolisme d'almenys 100 cèl·lules del teixit susceptible de l'hoste (Cavanni i col., 1992). Es suposa que la toxina produïda per *S. vesicarium* també presenta aquesta poder d'alteració de les cèl·lules de l'hoste i això explicaria en part la rapidesa de les infeccions de *S. vesicarium*. En altres patotips de *A. alternata* que afecten a conreus de cítrics, maduixera, tabac o tomatera també s'han identificat toxines diferents (AM, AC, ACT, ACR, AF, AT, AL) implicades directament en la infecció (Cavanni i col., 1992). Les toxines ACT, AF i AK afecten principalment a nivell de la membrana plasmàtica en els teixits de l'hoste alterant la funcionalitat (pèrdua d'electròlits). La toxina ACR actua a nivell mitocondrial provocant alteracions en la fosforilació oxidativa junt amb un canvi en el potencial de membrana. Altres toxines provoquen alteracions en les lamel·les dels grana reduint la fixació fotosintètica de CO<sub>2</sub> (Cavanni i col., 1992). En el cas de *S. vesicarium* actualment s'ha aconseguit aïllar una toxina i actualment grups de recerca italians conjuntament amb japonesos estan determinant les característiques bioquímiques i el mecanisme d'acció. Es coneix que és una toxina hoste-específica i que hi ha un grau de sensibilitat diferent per cada varietat de perera. És probable que el mecanisme principal de la toxina sigui prevenir i suprimir els mecanismes de resistència en la planta susceptible, de la mateixa manera que es suposa que passa amb la toxina AK en *A. alternata* (Cavanni i col., 1992). El que està demostrat (Ponti i Cavanni, 1983) és que la toxina produïda per *S. vesicarium* és responsable de les necrosis observades en el material vegetal, doncs aquests autors utilitzant filtrats de cultius del fong estèrils van reproduir una alteració en l'hoste qualitativament i quantitativa semblants a les produïdes per l'inòcul viable (Ponti i Cavanni, 1983). Andersen i col. (1995) van caracteritzar toxines produïdes per aïllats de *Stemphylium* com ajut per a diferenciar les espècies (*S. botryosum*, *S. herbarum*, *S. majusculum*, *S. alfalfae*, *S. sarciniforme* i *S. vesicarium*). Mitjançant tècniques de HPLC i cromatografia en capa prima (TLC) van determinar que *S. vesicarium* produïa els metabolits següents: estemfilina, estemfiloxina II, estemfiperilenol i estemfol i van descriure els seus perfils bioquímics. El fet que una toxina produïda per *S. vesicarium* durant la germinació sigui hoste-específica significa

que la sensibilitat a la malaltia dependrà de cada varietat de perera. Diferents autors han estudiat la sensibilitat varietal a les infeccions produïdes per *S. vesicarium* (veure Taula 2). Malgrat observar-se algunes diferències entre les sensibilitats d'algunes varietats (Passe Crassane i Conference bàsicament) depenent dels autors, en general els resultats concorden. Abate Fétel és la varietat més conreada a la zona d'Emilia-Romagna a Itàlia, Alexandrine a la zona de Bouches-du-Rhône a França i Passe Crassane a la zona de Girona a Catalunya. Aquestes tres varietats són varietats molt sensibles a l'estemfiliosi.

**Taula 2.** Sensibilitat de varietats de perera a *Stemphylium vesicarium*

Sensibilitat	Autors		
	Cavanni i Ponti, 1994	Blancard i col., 1989	Montesinos i col., 1995b
<i>Elevada</i>	Abate Fétel	Alexandrine	Passe Crassane
	Conference	Packam's Triumph	Alexandrine
		Conference	Conference
		Beurre Hardy	Doyeme du Comice
		Abate Fétel	Duc de Bordeaux
			Abate Fétel
<i>Mitjana</i>	Packam's Triumph	Guyot	Kaiser
	General Leclerc	General Leclerc	Rocha
	Passe Crassane	Doyenne du Comice	Winter Nellis
	Kaiser		General Leclerc
<i>Baixa</i>	Beurre Hardy	Giffaud	Williams
	Williams	Passe Crassane	Blanquilla
	Max Red Bartlett	Louis Bonne	Beurre Hardy
	Santa Maria	Williams	Louis Bonne
	Spadona		Grand Champion
		Higland	

S'ha observat també que existeix una sensibilitat diferent en funció de l'estat fenològic (Montesinos i col., 1995b). Els fruits i les fulles joves són més sensibles a la malaltia.

El fong un cop ha penetrat en l'hoste comença a envair els teixits destruint les cèl·lules per obtenir els nutrients necessaris. Això provoca la necrosi dels teixits a mesura que van sent colonitzats pel fong. La temperatura té un efecte determinant en la velocitat de progressió de la malaltia. Els primers símptomes de la malaltia es poden observar a les 48 h si les condicions ambientals d'incubació són òptimes. En condicions d'incubació menys favorables l'aparició dels primers símptomes es pot observar als 4-10 dies de l'inici de les infeccions (Ponti i Cavanni, 1983; Cugier i Humbert, 1991; Moragrega, 1994). El teixit colonitzat per les hifes de *S. vesicarium* presenta un aspecte

negrós, símptoma característic de la malaltia. Aquestes lesions normalment queden localitzades en petites àrees. No obstant en alguns casos, sobretot en fulles, les lesions poden avançar ocupant gairebé tota la superfície de l'òrgan. En aquestes lesions es produiran els conidiòfors amb els conidis que podran ser dispersats per la pluja o el vent. Aquests conidis constituïran l'inòcul secundari i seran els causants de les lesions secundàries. D'aquesta manera es reiniciarà aquesta part del cicle de la malaltia.

Poc després de produir-se la necrosi dels teixits apareixen ja diferents microorganismes sapròfits. Entre aquests s'han de destacar diferents espècies del gènere *Alternaria*, sobretot *A. alternata*. Aquests microorganismes sapròfits provocaran la podridura dels fruits.

## 5. Origen de la malaltia

L'aparició de l'estemfiliosi en el conreu de la perera va ser relativament sobtat. *S. vesicarium* havia estat fins aleshores descrit com un fong sapròfit. S'ha especulat que l'adquisició de la virulència d'aquest fong podria ser deguda a una mutació casual que hauria originat, en la població sapròfita del fong, mutants capaços d'elaborar una toxina hoste-específica (Ponti i col., 1982). L'estemfiliosi seria el resultat d'una selecció natural de soques mutants de *S. vesicarium* productores d'una toxina hoste-específica per algunes varietats de perera (Cavanni i Ponti, 1994). En *A. alternata*, que també va presentar una capacitat virulenta de forma sobtada, s'ha determinat que la freqüència de mutació espontània és de l'ordre de  $10^{-3}$  o  $10^{-4}$  (Nishimura i col., 1982; Ponti i Cavanni, 1983). Hi ha una sèrie de factors que poden haver afavorit l'aparició i propagació de les soques mutants com l'augment dels monocultius, la freqüent irrigació, la falta de treballs en el sòl i possiblement la utilització indiscriminada de determinats fungicides i plaguicides que poden haver alterat la microbiota existent (Ponti i col., 1982; Cavanni i Ponti, 1994). La capacitat d'elaborar una toxina fitotòxica permet a *S. vesicarium* augmentar considerablement el seu nínxol ecològic. En aquest sentit aquestes soques patogèniques es trobarien positivament seleccionades respecte a les que no presenten aquestes característiques i només són sapròfites.

## 6. Mètodes de control de la malaltia

La interacció del patogen (*S. vesicarium*), l'hoste (*P. communis*) i l'ambient (humectació, temperatura, humitat relativa, etc.) és coneguda com el triangle de la

malaltia (Zadoks i Schein, 1979; Rappilly, 1991). L'home pot modificar aquestes interaccions mitjançant diferents mètodes de control. En el cas de l'estemfiliosi els mètodes de control disponibles actualment es poden dividir en culturals, resistència varietal i tractaments químics amb fungicides.

### 6.1 Culturals

El control de l'estemfiliosi mitjançant pràctiques culturals actualment està dirigit a reduir l'inòcul primari, a evitar les accions agrícoles que puguin afavorir la progressió de la malaltia i a millorar l'estat fisiològic de les plantes.

La reducció del potencial d'inòcul primari es realitza retirant de la finca, en el moment de collita de la fruita, les restes de fulles i fruits afectats amb la malaltia. Aquestes restes posteriorment s'haurien d'enterrar i aplicar-hi una solució amb urea per accelerar el procés de descomposició (Blancard i col., 1989; Ponti i Laffi, 1993).

Les plantes que pateixen algun tipus d'estrès (deficiències nutricionals, poc vigor, deficiències hídriques, etc) són més sensibles a l'estemfiliosi. És important un adobat correcte i assegurar-se que estiguin ben regades. S'han de limitar al màxim els sistemes de reg per aspersió (Ponti i Laffi, 1993) ja que això afavoreix molt la presència d'humectació i per tant la infecció del fong. La realització de treballs en el sòl és un altre factor que ajuda a prevenir la malaltia. Les finques descuidades o abandonades són molt susceptibles de ser afectades per la malaltia.

### 6.2 Resistència varietal

Hi ha varietats que són molt menys sensibles a l'estemfiliosi que d'altres. S'hauria de tendir a substituir aquells conreus amb varietats més sensibles per altres varietats de característiques productives i comercials semblants però menys sensibles a aquesta i altres malalties. El que encara seria més interessant és determinar quines característiques són les que determinen la baixa sensibilitat o la resistència a la malaltia i estudiar els mecanismes que impedeixen l'acció de la toxina hoste-específica alliberada en el procés infecció per *S. vesicarium*. El coneixement d'aquest mecanisme es podria utilitzar per millorar la resta de varietats.

### 6.3 Productes químics antifúngics

Actualment l'únic mètode que permet reduir el nivell de danys produïts per *S. vesicarium* és l'aplicació de certs fungicides amb una estratègia preventiva. El sistema es basa en assegurar la presència continuada d'aquests fungicides sobre els òrgans vegetals (fulles i fruits) (Brunelli i col., 1986). Els tractaments normalment s'inicien amb la caiguda de pètals i continuen fins a collita. Les aplicacions es realitzen de manera sistemàtica en funció de la persistència del producte damunt els òrgans de la planta; cada 7-10 dies en el cas dels fungicides poc persistents o cada 15 dies en el cas dels més persistents. Aquest fet suposa realitzar entre 20 i 30 tractaments en el cas dels fungicides menys persistents i 10-12 tractaments en el cas dels fungicides més persistents durant el període vegetatiu de la perera. En el capítol següent d'aquest treball s'exposen amb detall els diferents productes que actualment s'estan utilitzant en el control de l'estemfiliosi.

L'elevat nombre de tractaments necessaris seguint aquesta estratègia preventiva comporta una sèrie de problemes:

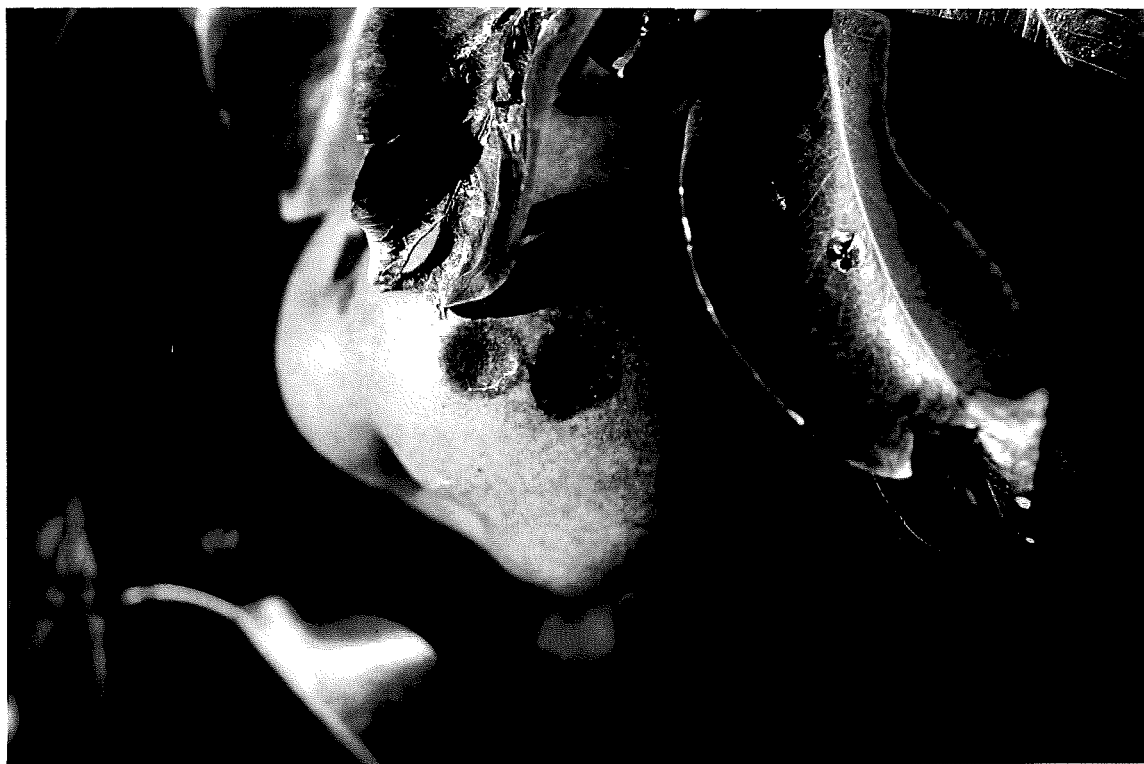
- Un augment de la quantitat de fungicides alliberats en el medi, que poden provocar alteracions en els ecosistemes terrestres i aquàtics (Gillespie i Sutton, 1979; Wilcox i col., 1992; Anton, 1994a; Anton, 1994b).
- Augment del cost econòmic. Els costos de producció es veuen incrementats tant per la despesa dels productes químics utilitzats com pel cost de la seva aplicació (costos laborals, maquinària utilitzada, etc.) (Gillespie i Sutton, 1979; Ellis i col., 1984; Funt i col.; 1990; López i col., 1992).
- Augment del nivell de residus en el producte final que pot afectar al consumidor tant per la seva toxicitat com per modificacions en les característiques organolèptiques (Gillespie i Sutton, 1979; López i col., 1992; Wilcox i col., 1992; Govoni i Bugiani, 1993). Les directives comunitàries sobre el límit de residus cada cop són més restrictives. A més l'ús abusiu de fungicides pot dificultar la incorporació de la fruita en línies de producció integrada i en determinats mercats.
- Aparició de resistències quan s'utilitzen fungicides d'acció molt específica (Badrinas, 1994).

No obstant el control químic és necessari ja que sense aquest tipus de control la producció de pera seria insuficient. Degut als diferents aspectes negatius dels programes comercials de control químic preventiu, és necessari optimitzar i minimitzar el nombre



de tractaments amb fungicides mantenint els mateixos nivells de control de la malaltia (Wilcox i col., 1992). Una via per aconseguir això és l'estudi de l'eficàcia de diferents productes antifúngics així com de l'estratègia d'aplicació. Actualment els tractaments realitzats amb una cadència fixa són preventius i es realitzen sense considerar les condicions climàtiques ni les condicions de cultiu (Gillespie i Sutton, 1979) i sovint sense que hi hagi risc d'infecció per part del patogen, sent alguns tractaments innecessaris (Carisse i Kushalappa, 1992). Conèixer el risc d'infecció de *S. vesicarium* en funció de paràmetres ambientals, sensibilitat varietal i nivell d'inòcul ha estat l'objectiu del grup de Patologia Vegetal de la Universitat de Girona que ha elaborat el model STREP (Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera). Aquest sistema està pensat com una eina per ajudar en la presa de decisions alhora de realitzar els tractaments amb fungicides.

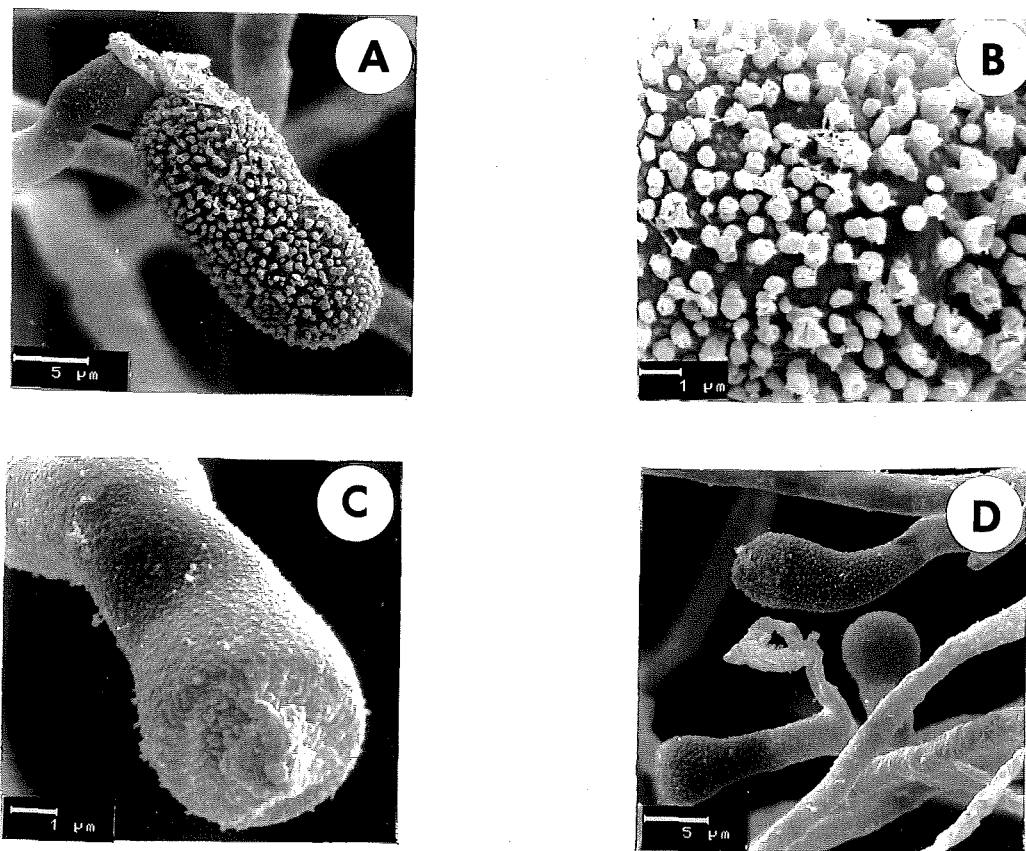
Les actuals xarxes d'estacions meteorològiques automàtiques així com les noves tecnologies en el camp de les comunicacions obren noves vies en la protecció dels conreus (Gruenholz, 1997). El conèixer els paràmetres ambientals en temps real permet acurar al màxim la predicció del risc d'infecció i la utilització de les autopistes d'informació (Internet) obre un gran potencial en la transmissió de les dades. En pocs minuts es podran consultar les recomanacions de les estacions d'avisos del Serveis de Protecció dels Vegetals, aquesta consulta es podrà realitzar en qualsevol moment del dia amb la informació constantment actualitzada.



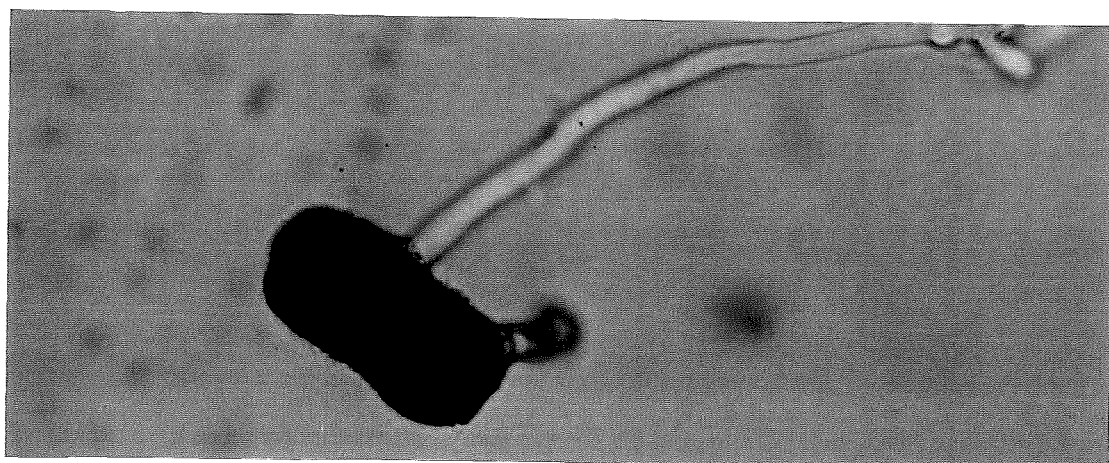
**Figura 3.** Lesions característiques provocades per *Stemphylium vesicarium* en fruits i fulles de la varietat Passe Crassane (imatge **superior**). Posteriorment a les zones necròtiques provocades per *S. vesicarium* creixeran fongs sapròfits augmentant el tamany de la lesió i provocant la podridura del fruit i/o la seva caiguda a terra (imatge **inferior**).



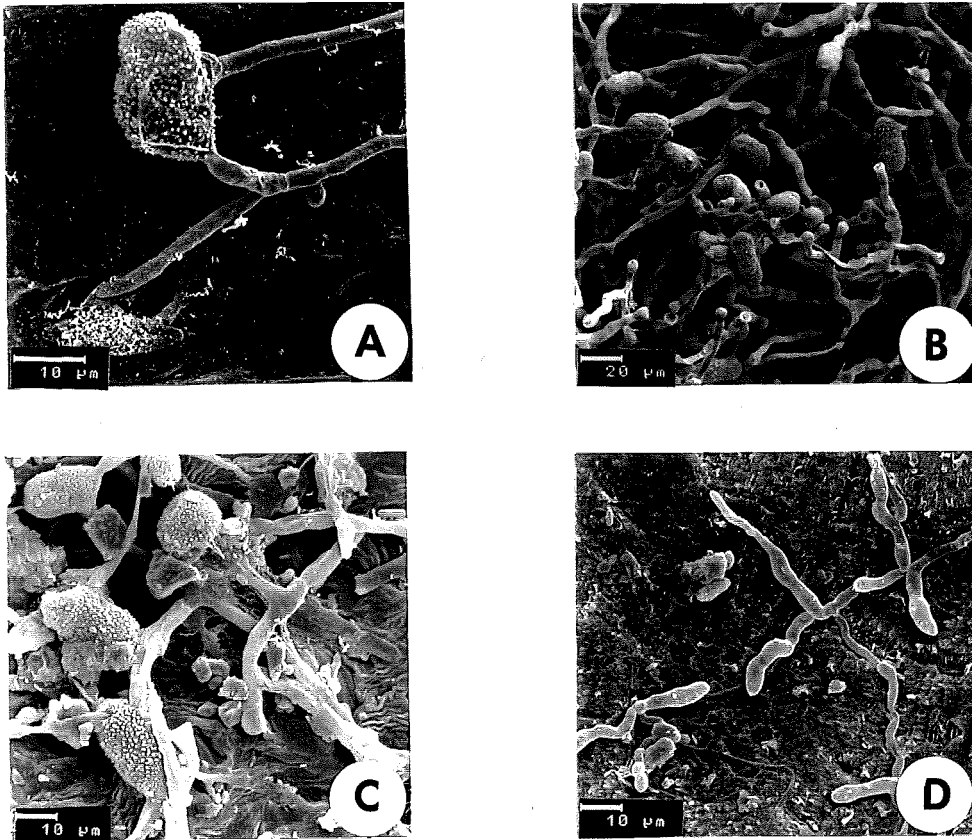
**Figura 4.** Lesions en fruits i fulles ocasionades per *Stemphylium vesicarium* en perera de la varietat Passe Crassane. Es pot apreciar una elevada incidència i severitat de la malaltia, així com una elevada defoliació de l'arbre (imatge superior). Lesions produïdes per *Stemphylium vesicarium* en fulles de perera de la varietat Conference inoculades artificialment amb conidis del fong.



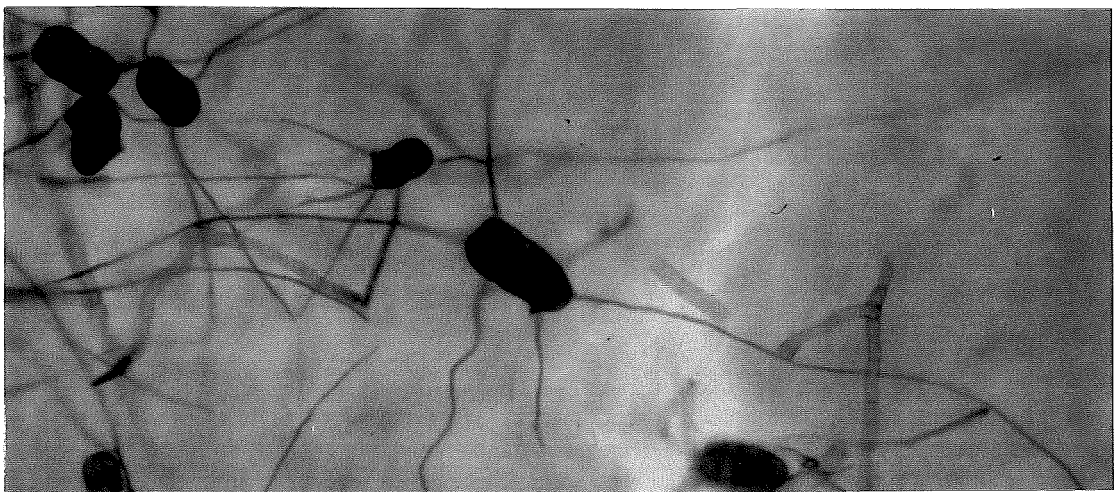
**Figura 5.** Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de colònies del fong crescudes en placa Petri. **A:** conidi de *Stemphylium vesicarium* unit al conidiòfor; **B:** detall de les rugositats característiques de la paret dels conidis; **C:** detall del conidiòfor; **D:** conidiòfors, es pot apreciar la formació de conidis.



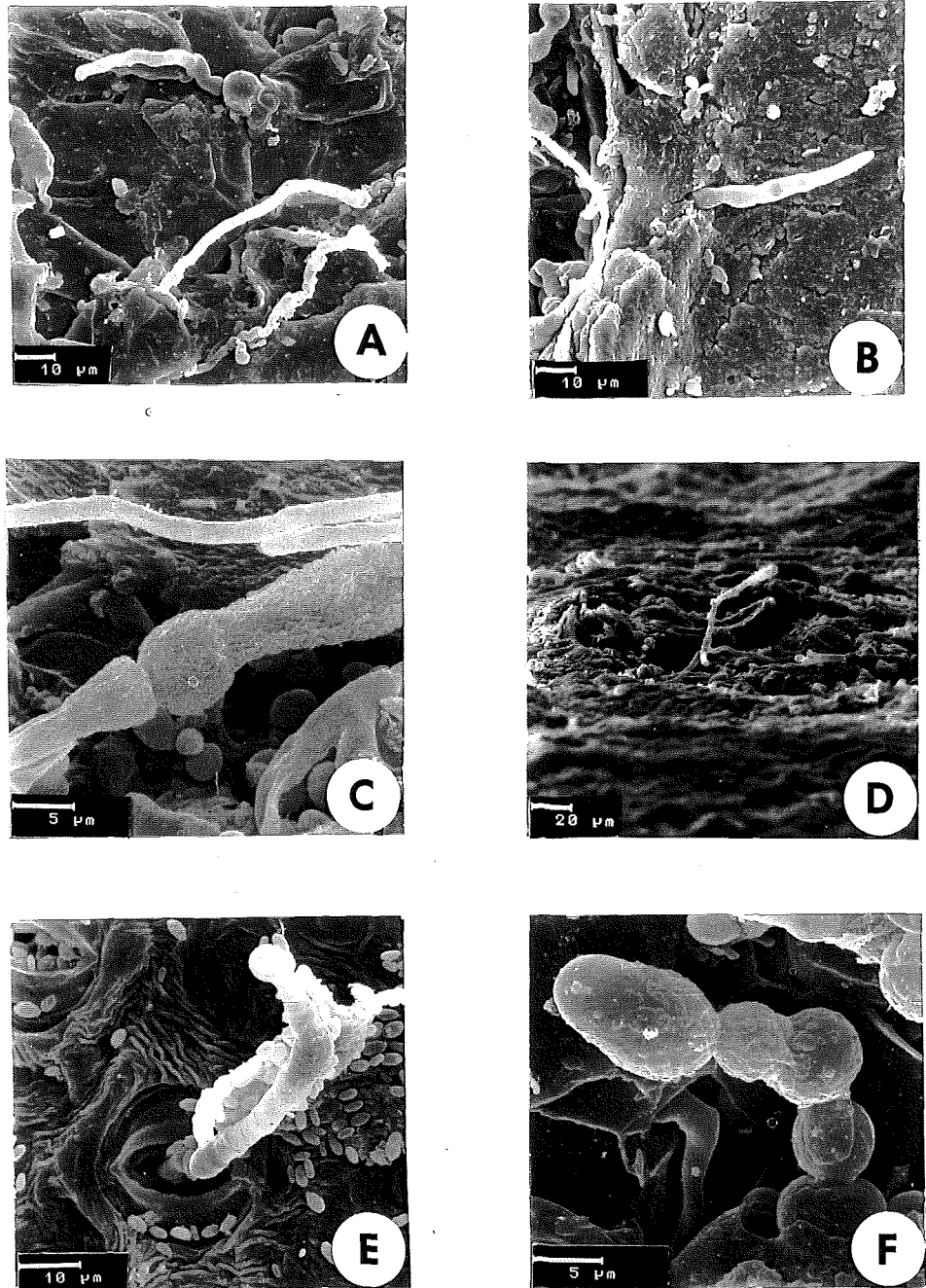
**Figura 6.** Micrografia obtinguda amb microscopi òptic. Conidi de *Stemphylium vesicarium* germinant. Es pot apreciar el tub germinatiu (1071 X).



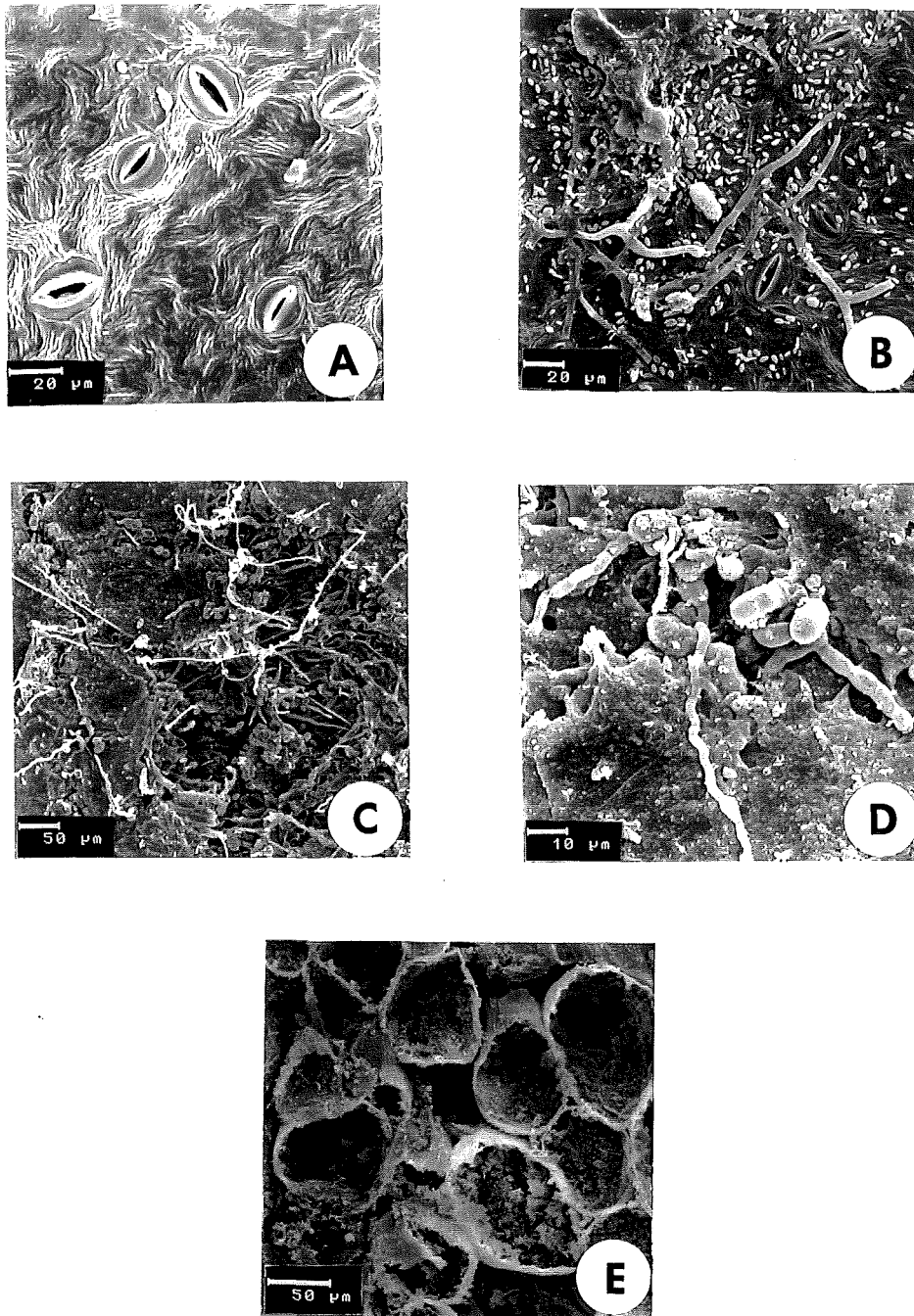
**Figura 7.** Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles provocades per *Stemphylium vesicarium* en finques comercials o a partir de colònies del fong crescudes en placa Petri. **A:** conidis i hifes en fruits; **B:** hifes, conidis i conidiòfors obtinguts a partir de colònies del fong crescudes en placa Petri; **C:** conidis i hifes en l'anvers de la fulla; **D:** hifes en una lesió en fruits.



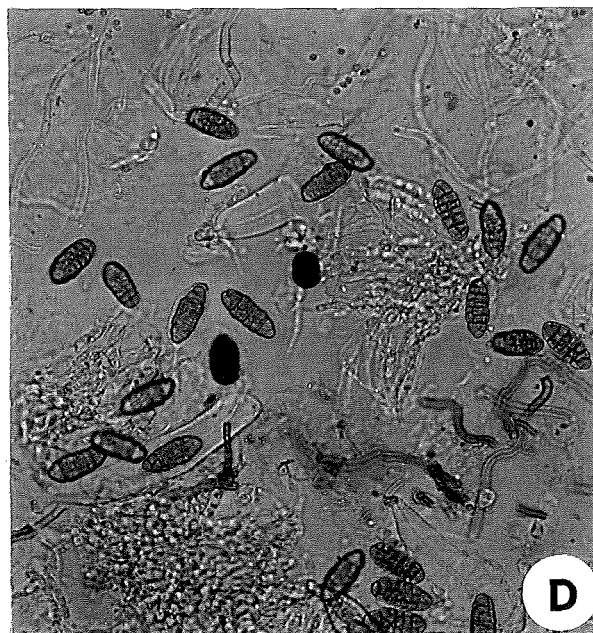
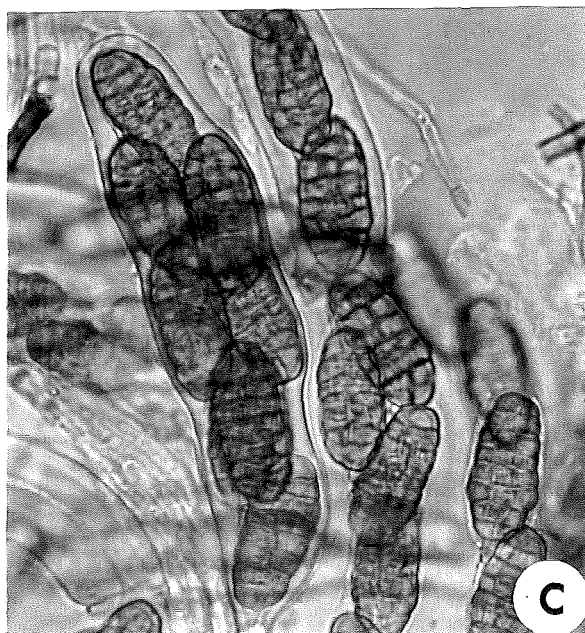
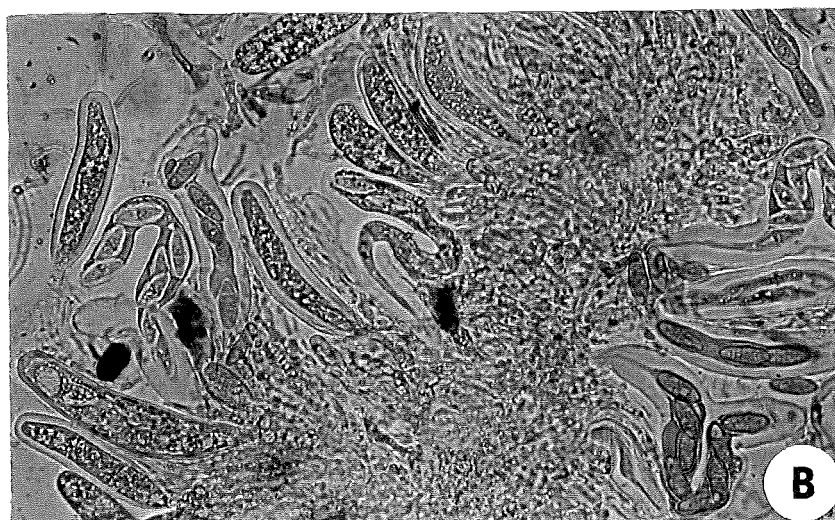
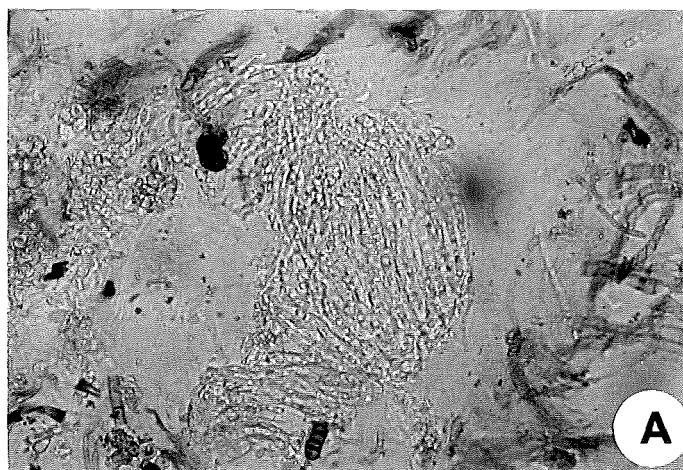
**Figura 8.** Micrografia obtinguda amb microscopi òptic. Conidis de *Stemphylium vesicarium* germinant en la superfície d'una fulla de perera. Es poden apreciar diferents tubs germinatius (tenyits amb blau de lactofenol) per cada conidi (X 428).



**Figura 9.** Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles provocades per *Stemphylium vesicarium* en finques comercials. **A i B:** hifes sortint de lesions en fruits; **C i D:** hifes i conidiòfors en una lesió en fruit; **E:** conidiòfor sortint per un estoma en una lesió en fulla; **F:** Conidis del fong *Alternaria* sp. que es troba sovint associat a les lesions produïdes per *S. vesicarium*.



**Figura 10.** Micrografies obtingudes amb microscopi electrònic de rastreig a partir de mostres de lesions en fruits i fulles ocasionades per *Stemphylium vesicarium* en finques comercials. **A:** detall d'una zona sense necrosi en fulla; **B:** detall d'una zona necròtica en fulla, es pot apreciar un augment considerable de microorganismes respecte a les zones sanes de la mateixa fulla; **C i D:** lesió en fruit, s'aprecia el trencament del teixit vegetal i la colonització d'aquest per hifes del fong; **E:** detall de lesió en fruit, s'aprecia la desestructuració de les cèl·lules parenquimàtiques.



**Figura 11.** Maduració dels pseudotecis de *Pleospora allii*, (teleomorf de *Stemphylium vesicarium*). **A:** interior del pseudoteci ple de pseudoparàfisis (X 107) ; **B:** diferenciació ascàl, es poden apreciar ascis ja formats però amb el contingut indiferenciat i ascis amb algunes ascòspores ja formades (X 214); **C:** ascis amb vuit ascòspores ben diferenciades, colorejades i tabicades (X 536); **D:** pseudoteci amb alguns ascis buits i altres ascis amb ascòspores, també es poden observar ascòspores lliures (X 214).



## Objectius generals

D'acord amb el que s'ha comentat anteriorment els objectius que es varen establir pel desenvolupament del treball experimental d'aquesta tesi varen ser els següents:

- Determinar l'eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera.
- Avaluar la capacitat predictiva del model STREP (Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera) en condicions naturals.
- Determinar la importància de la humitat relativa i dels períodes interromputs d'humectació en la producció d'infeccions de *Stemphylium vesicarium*.
- Validar un sistema de control racional de l'estemfiliosi de la perera mitjançant el guiatge de l'aplicació d'antifúngics amb el model STREP.

# Capítol 1

## Eficàcia i estratègies d'aplicació de fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera

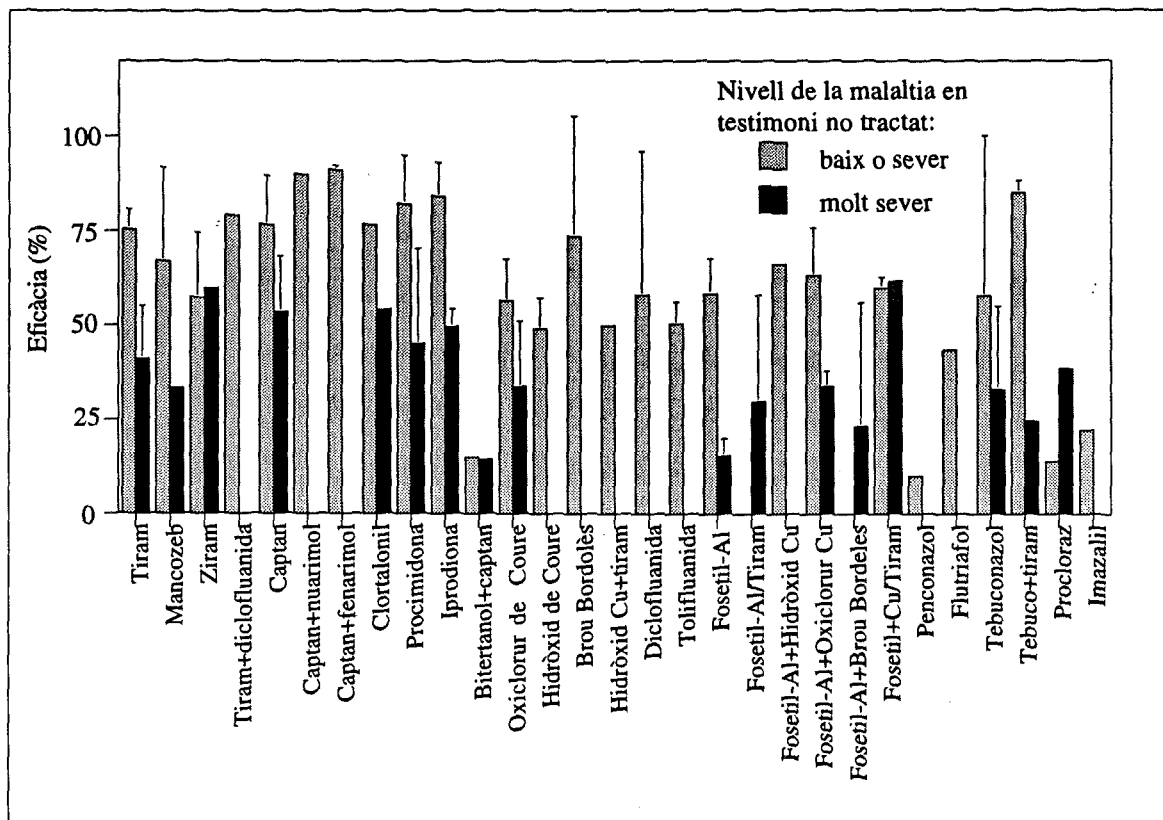
### Introducció

Actualment l'únic mètode pràctic de control de l'estemfiliosi de la perera és el control químic preventiu (Ponti i col., 1996). Només es pot assegurar un control de la malaltia amb una constant cobertura dels òrgans de la planta amb antifúngics. Per aconseguir això és necessari realitzar aplicacions amb fungicides des de caiguda de pètals fins al moment de la collita. Aquesta estratègia preventiva es realitza amb una cadència fixa d'aplicació, que està condicionada a la persistència dels productes fungicides i al nivell de la malaltia en les plantacions (Ponti i col., 1993). La persistència dels productes depèn en gran mesura de les condicions climàtiques (sobretot pluja i humitat relativa) i del producte utilitzat. La cadència òptima és de 6-8 dies per a productes amb poca persistència i 10-14 dies per a productes més persistents (Brunelli i col., 1984; Cavanni i Ponti, 1994). No obstant la freqüència d'aplicacions pot ser més alta si la pressió de la malaltia és molt elevada. Una interrupció en els tractaments pot provocar l'aparició de la malaltia (Brunelli i col., 1983), i aquest risc és més important quan més a prop s'està de la collita (Cavanni i Ponti, 1994). S'ha observat que començar a realitzar els tractaments precoçment és determinant en aquelles finques que presentin un nivell d'inòcul del patogen molt elevat (Ponti i col., 1993).

Malgrat això el control químic preventiu no assegura un control total de la malaltia. Aquesta baixa eficàcia en el control de la malaltia és especialment notable en aquelles finques amb una pressió de la malaltia molt elevada i amb els fruits madurs i propers a collita (Ponti i col., 1996). En aquestes condicions extremes no s'ha trobat cap producte antifúngic que asseguiri una protecció vàlida dels fruits (Ponti col., 1993).

### 1. Antifúngics utilitzats en el control de l'estemfiliosi

Des de començaments dels anys 80 fins a l'actualitat s'han realitzat diferents assajos per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi tant de diferents tipus de productes antifúngics com de diverses cadències d'aplicació. A la Figura 1.1 es representen les eficàcies mitjanes obtingudes en assajos realitzats els últims quinze anys per varis autors. Aquest assajos han estat realitzats en condicions naturals en finques comercials bàsicament d'Itàlia. Hi ha productes assajats, com el captafol, que no s'han representat donat que han estat retirats del mercat degut als problemes de toxicitat en la seva fabricació i irritació dèrmica que presentaven (Barberá, 1994). Com es pot observar a la Figura 1.1 l'eficàcia en el control està en funció de la pressió de la malaltia. L'eficàcia és molt més baixa a nivells molt elevats (amb una incidència en el testimoni no tractat del 80 % de fruits amb lesions al finalitzar l'assaig).



**Figura 1.1.** Eficàcies de diferents fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera. Les dades corresponen a 15 assajos realitzats en finques comercials o experimentals a la zona d'Emilia-Romagna (Itàlia) o de Girona. Està representat l'interval de confiança damunt de les barres (en els casos amb repeticions). Nivell de la malaltia baix o sever indica menys d'un 80% de fruits afectats en el testimoni no tractat, nivell de la malaltia molt sever indica més del 80% de fruits afectats en el testimoni no tractat. Dades obtingudes a partir de: Ponti i col., 1982; Brunelli i col., 1984; Vilardell, 1988; Ponti i col., 1993; Montesinos i col., 1996b; Ponti i col., 1996.

A la Taula 1.1 s'indica el grau d'eficàcia mitjana d'alguns dels fungicides assajats així com les dosis utilitzades i les cadències d'aplicacions dels productes. En aquesta Taula 1.1 no s'ha diferenciat l'eficàcia en el control de la malaltia en funció del nivell de la malaltia.

**Taula 1.1.** Eficàcia mitjana de diferents fungicides assajats durant el període 1980-1993 en el control de l'estemfiliosi de la perera en fruits. Els assajos han estat realitzats conjuntament pel *Centro di Fitofarmacia de la Universitat de Bologna* i l'*Osservatorio per la Malattie della Regione Emilia-Romagna*. (Cavanni i Ponti, 1994)

Matèria activa	Dosi d'aplicació (g/hl) <sup>a</sup>	Cadència d'aplicació (dies)	Nombre d'assajos	Eficàcia mitjana <sup>b</sup> (%)
Tiram	100-150	6-8	14	70
Ziram	120-160	6-8	5	65
Mancozeb	140-160	6-8	5	58
Captan	100-120	6-8	4	73
Diclofluanida	100-120	6-8	2	70
Procimidona	50-70	10-14	11	79
Iprodiona	50-70	10-14	10	75
Oxiclorur de coure	25-50	6-8	5	45
Hidròxid de coure	20-30	6-8	9	50
Fosetil-Al	150-200	10-14	6	48
Fosetil-Al + Oxiclorur de coure	25+25	10-14	4	58

<sup>a</sup>: La dosi correspon a la matèria activa del producte.

<sup>b</sup>: Les eficàcies són mitjanes de diferents proves. Per tant s'han de comparar amb precaució entre elles.

De tots aquests assajos realitzats es pot concloure que els fungicides que han presentat un millor control de la malaltia són el tiram, ziram i mancozeb (ditiocarbamats), captan (tiomides), procimidona i iprodiona (dicarboximides), diclofluanida (benzimidazol), clortalonil (quinona) i tebuconazol (triazol). Tots aquests productes han presentat nivells d'eficàcia superiors al 70 % per nivells de la malaltia que no siguin molt severes (veure Figura 1.1 i Taula 1.1). Aquest nivell d'eficàcia és mitjà quan es compara amb l'eficàcia del control en altres malalties fúngiques (Cavanni i Ponti, 1994). Altres productes assajats com el fosetil-Al (organofosforat) i els fungicides inorgànics com els òxids i hidròxids de coure (derivats de coure) o la barreja d'oxiclorur de coure i fosetil-Al a dosis molt baixes són productes amb perspectives interessants donat que la seva eficàcia s'explica mitjançant la modificació d'alguna característica fisiològica de l'hoste fent disminuir la susceptibilitat de l'hoste probablement a la toxina del patògen (Cavanni i Ponti, 1994).

## 2. Mecanismes d'acció dels fungicides actius en el control de l'estemfiliosi

Els mecanismes d'acció de la major part dels fungicides assajats en el control de l'estemfiliosi de la perera estan descrits a la Taula 1.2. Els fungicides poden actuar directament per contacte amb el patogen damunt del teixit de l'hoste o poden entrar en els teixits de l'hoste traslocant-se (fungicides sistèmics). Entre aquestes dues maneres d'actuar extremes hi ha una sèrie de gradacions com la dels fungicides que presenten una certa penetració que no es pot considerar una veritable sistèmia (Barberá, 1989). Els fungicides assajats en el control de la malaltia es poden agrupar en funció de la manera d'actuar:

- a) Contacte: ditiocarbamats (tiram, ziram, mancozeb i maneb), tiomides (captan i folpet), quinones (clortalonil), sulfamides (diclofluanida) i derivats inorgànics del coure (oxiclorur de coure, hidròxid de coure, brou bordelès).
- b) Acció penetrant: dicarboximides (procimidona i iprodiona), alguns derivats de l'imazalol (procloraz).
- c) Via sistèmica: pirimidines (nuarimol, fenarimol), triazols (bitertanol i tebuconazol), alguns derivats de l'imazalol (imazalil), benzimidazols (benomil), organofosforats (fosetil-Al) i les estrobilurines (kresoxim-metil).

Alguns autors afirmen que els ditiocarbamats també presenten una certa acció penetrant en els estrats superficials dels teixits vegetals (Muccinelli, 1997). En el cas de les tiomides també s'ha descrit una certa acció penetrant del captan sense arribar a ser sistèmic (Badrinas, 1994).

Els fungicides que actuen bàsicament per contacte (derivats inorgànics del coure, ditiocarbamats, tiomides, quinones i les sulfamides) presenten un mecanisme d'acció que és sobretot inespecífic interferint en varis punts del procés respiratori (veure Taula 1.2) i altres mecanismes diversos. Són anomenats fungicides multipuntuals (molts punts d'acció) o inespecífics. Els productes que presenten una acció penetrant important (dicorboximides i algun derivat de l'imazalol) presenten un mecanisme d'acció més específic, bàsicament inhibint la mitosi o la síntesis de l'ergosterol. Són fungicides d'acció específica o unipuntuals. Les pirimidines, els triazols i els derivats de l'imazalol són fungicides sistèmics que corresponen a un grup més ampli de fungicides anomenats IBS (inhibidors de la biosíntesi d'esterols) i es caracteritzen per inhibir algun enzim concret en la biosíntesi de l'ergosterol. En aquests darrers casos l'enzim inhibit depèn del fungicida (Muccinelli, 1997). Aquests productes també són anomenats unipuntuals

(un punt d'acció). Els benzimidazols són també productes que actuen sistèmicament i unipuntuals ja que interfereixen amb la síntesi de tubulines inhibint la formació dels microtúbuls durant la mitosis. Finalment els organosfosforats com el fosetil-Al són productes que presenten un mecanisme d'acció diferent ja que activen els mecanismes de defensa de les plantes com la producció de fitoalexines, encara que és també probable una acció directa en el desenvolupament del fong.

Els fungicides sistèmics han de ser específics ja que en cas contrari apareixeria fitotoxicitat (Serres, 1994). Però per una altra part quan més específic sigui el mecanisme d'acció d'un producte (acció unipuntual) més fàcil és que apareguin resistències del patogen a aquest fungicida. La utilització d'aquests fungicides s'ha de fer amb precaució per evitar l'aparició de resistències en *S. vesicarium*. En l'actualitat ja s'han detectat les primeres resistències al fungicida procimidona en la zona d'Emilia-Romagna a Itàlia (Brunelli, comunicació personal). Els fungicides de contacte o dèbilment penetrants actuen en els fongs en diferents llocs (multipuntual), per aquest motiu els patògens no presenten fenòmens de resistència (Badrinas, 1994) doncs la probabilitat de mutacions múltiples és més baixa que la puntual.

Per una altra part els productes que siguin sistèmics o clarament penetrants presenten una major persistència a la planta ja que no es veuen tant afectats per les condicions climàtiques. Els fungicides que actuen per contacte en la superfície dels òrgans són més fàcilment rentats per les pluges o degradats per efectes dels raigs ultraviolats del sol (Jousseume, 1994).

En els darrers anys ha aparegut una nova família de fungicides anomenats estrobilurines i que està representat pel kresoxim-metil (veure Taula 1.1). Aquest fungicida és gairebé sistèmic i actua inhibint la producció d'ATP en el transport d'electrons mitocondrials (actua impedit el pas d'electrons entre el citocrom a nivell del complexe citocrom b-c<sub>1</sub>). Per les seves característiques és un producte amb bones perspectives per a ser utilitzat en el control de l'estemfiliosi (Brunelli, 1996).

Actualment, a les comarques gironines, el control preventiu de la malaltia es realitza bàsicament amb tiram amb una cadència setmanal (7 dies). Les aplicacions s'inicien a mitjans d'abril i es continuen fins a collita dels fruits.

Taula 1.2. Mecanismes d'acció dels principals fungicides assajats en el control de l'estemfiliosi de la perera. Aquesta taula s'ha realitzat a partir de dades de Foschi i col., 1985; Barberá, 1989; Badrinas, 1994; Barberá, 1994; Jousseau, 1994; Thomson, 1997; Agrios, 1997; Muccinelli, 1997

Grup químic	Mecanisme d'acció	Acció	Matèria activa
INORGANICS			
DERIVATS DE COURE	Acció directa del coure en el procés respiratori a nivell de la formació de CoA i del cicle de Krebs. Substitució d'alguns cations ( $H^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ) de la paret de quitina i desnaturalització dels aminoàcids i enzims de la membrana cel·lular.	Per contacte	Oxclorur de Coure Hidroxid de Coure Brou Bordeleès
DITIOCARBAMATS			
Dimetilditiocarbamats	Interferència específica de la respiració (inhibició de l'absorció d'oxigen) i inespecífica (per inactivació dels grups sulfhidril d'aminoàcids i enzims).	Per contacte amb una lleugera penetració en els estrats superficials	Tiram Ziram
Etilenbisditiocarbamats	Interferència inespecífica de la respiració per inhibició de l'activitat dels grups sulfhidril d'aminoàcids i enzims	Per contacte amb una lleugera penetració en els estrats superficials	Mancozeb Maneb
TIOMIDES (Ftalimides)	Inhibició de la respiració per interferència a nivell del cicle de Krebs i per inhibició dels grups sulfhidril d'aminoàcids i enzims	Per contacte	Captan Folpet
QUINONES	Alteració de la respiració. Inactivació dels grups sulfhidril d'aminoàcids i enzims	Per contacte	Clortalonil
DICARBOXIMIDES	Alteració del desenvolupament i de la reproducció segurament per inhibició en la mitosi	Per contacte i amb acció penetrant	Procimidona Iprodiona
PRIMIDINES	Inhibició de la biosíntesis de l'ergosterol	Sistèmic	Nuarimol Fenarimol
TRIAZOLS	Inhibició de la biosíntesis de l'ergosterol	Sistèmic	Bitertanol Tebuconazol
DERIVATS DE L'IMAZALOL	Inhibició de la biosíntesis de l'ergosterol	Sistèmic Per contacte i penetració translaminar (no sistèmica)	Imazalil Procloraz
BENZIMIDAZOLS	Inhibició de la mitosi	Sistèmic	Benomil
SULFAMIDES	Interferència en la respiració per inactivació de l'activitat dels grups sulfhidril d'aminoàcids i enzims	Per contacte	Diclofluamida
ORGANOFOSFORATS	Activació dels mecanismes de defensa amb la producció de fitoalexines i probable acció directa inhibint el desenvolupament del fong	Sistèmic. De penetració molt ràpida en el teixit vegetal	Fosetil-AI
ESTROBILURINES	Inhibició de la producció d'ATP en el mitocondri del fong	Sistèmic	Kresoxim-metil

### 3. Altres productes assajats

Apart dels productes químics convencionals s'han realitzat assajos de diferents productes d'origen natural, mineral i biològic per avaluar l'eficàcia en el control de la malaltia (Ponti i col. 1993). S'han realitzat assajos amb probios (elaborat a partir de pròpolis, que presenta característiques antisèptiques, i de bor), sals minerals (nitrat de potassi, clorur de calci, fosfat monopotàssic, sulfat de magnesi i polisulfur de calci) i també s'han assajat dos fongs antagonistes d'altres patògens (*Trichoderma koningii* i *Trichoderma viride*). En tots els casos no es va observar cap control de la malaltia. La soca EPS288 de *Pseudomonas fluorescens* ha mostrat capacitat antagonista amb *S. vesicarium* controlant la malaltia en condicions ambientals controlades (Montesinos i col., 1996a). No obstant aquesta soca només sobreviu amb un nivell poblacional suficient per biocontrolar amb condicions d'humitat relativa gairebé contínues.

### 4. Estat actual del control de l'estemfiliosi

Actualment es coneixen una sèrie de productes químics que presenten un control de l'estemfiliosi de la perera aplicats de manera preventiva. Com ja s'ha vist l'eficàcia d'aquest control no és massa elevada i disminueix en augmentar la pressió de la malaltia. Però fins ara aquesta estratègia d'aplicacions preventives dels fungicides amb una cadència fixa ha estat l'únic mètode vàlid per controlar l'estemfiliosi. Només coneixent aspectes concrets sobre l'epidemiologia de la malaltia i en particular les relacions entre els factors climàtics i el desenvolupament d'aquesta permetran modificar l'estratègia (Ponti i col., 1982; Brunelli i col., 1983). Conèixer l'activitat protectiva dels fungicides constitueix un element fonamental per a la definició de l'estratègia més correcta (Ponti i col., 1996).

### 5. Objectius

L'objectiu d'aquest capítol ha estat augmentar el coneixement sobre l'eficàcia de diferents fungicides en funció de la pressió de la malaltia en diferents camps experimentals i comercials i de l'estratègia d'aplicació (protectiva o curativa).



## Material i Mètodes

### 1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials

Durant els anys 1994, 1995 i 1996 es varen realitzar assajos en diferents finques comercials i experimentals de les comarques gironines per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera de varis fungicides aplicats de manera preventiva segons els mètodes de control estàndard (cadència fixa setmanal o quinzenal).

Els assajos es varen realitzar en la finca experimental de la Fundació Mas Badia (1994) i en les finques comercials de Can Vidal (1995 i 1996) i Can Garrofa (1996).

#### 1.1. Assaig en la finca experimental de la Fundació Mas Badia

Els assajos en aquesta finca es van realitzar durant els mesos de maig a juliol de l'any 1994.

##### 1.1.1 Característiques del camp d'assaig

La finca experimental de la Fundació Mas Badia està situada a 42° 03' N i 3° 04' E, dins el terme municipal de la Tallada d'Empordà (Baix Empordà) a Girona. Les característiques de la finca s'indiquen a la Taula 1.3.

**Taula 1.3.** Característiques de la finca experimental de la Fundació Mas Badia on es varen realitzar els assajos durant l'any 1994

Varietat	Passe Crassane
Marc de plantació	4 x 2 m
Sistema de formació	Palmeta
Orientació de les fileres	N-S.
Sistema de reg	Per inundació
Superfície de la plantació	0.5 Ha

El cultiu de perera en el que es van fer els assajos va ser de la varietat Passe Crassane. A partir de l'inici de l'assaig es van suspendre les aplicacions estàndard amb productes fungicides aliens a l'experiment aplicant-se només insecticides i herbicides.

### 1.1.2 Productes antifúngics utilitzats

Es va avaluar l'eficàcia de 4 productes: tiram, captan, tebuconazol i una barreja de fosetil-Al amb oxiclорur de coure. Les característiques d'aquests productes es poden veure a la Taula 1.4.

**Taula 1.4.** Característiques dels productes antifúngics utilitzats en l'assaig de control de l'estemfiliosi de la perera en la finca experimental de la Fundació Mas Badia. Les característiques específiques i el mecanisme d'acció de cada producte estan descrits a la Taula 1.2 pàgina 34

Producte <sup>a</sup>	Nom comercial	Fabricant	% m.a <sup>b</sup>	Dosi d'aplicació (g/100L)	Formulació
Tiram	Pomarsol Forte	Bayer	80	250	PM <sup>d</sup>
Captan	Belpron C-50	Probelte	50	250	PM
Tebuconazol	Folicur 25	Bayer	25	75	PM
Fosetil-Al <sup>c</sup>	Alerte	Rhône-Poulenc	80	32	PM
Oxiclorur de coure <sup>c</sup>	Cobreluq-50	UQSA	50	50	PM

<sup>a</sup>: Nom de la matèria activa.

<sup>b</sup>: Proporció de matèria activa o riquesa.

<sup>c</sup>: Productes que es varen aplicar de manera conjunta amb les quantitats indicades.

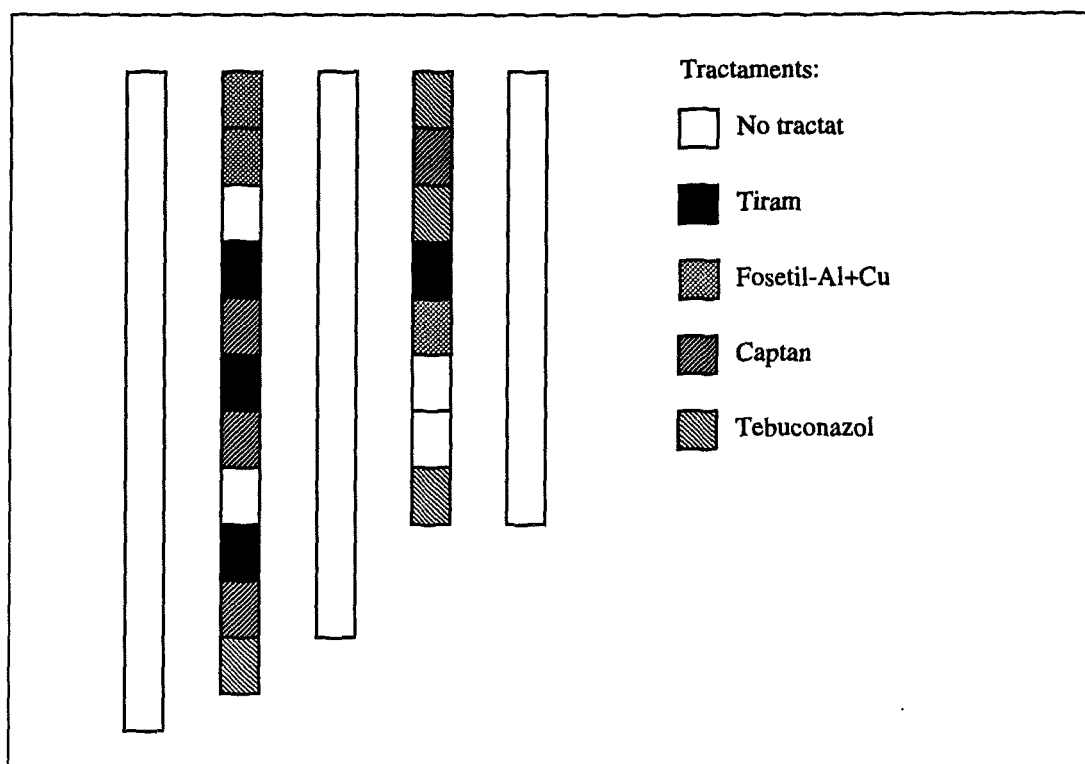
<sup>d</sup>: Pols mullable.

Els productes es varen aplicar mitjançant motoatomitzadors de motxilla de la marca Hardy, seguint una pauta setmanal i realitzant-se un total de 5 aplicacions al llarg de l'assaig en les dates següents: 19 i 27 de maig i 3, 13 i 21 de juny.

Es va seguir una estratègia d'aplicacions preventiva, de manera que durant tot el període que va durar l'assaig tant les fulles com els fruits van estar sempre coberts amb els productes, a excepció del testimoni que no es va tractar amb cap fungicida. Es va considerar que, seguint el criteri general, la persistència dels productes en els òrgans vegetals era de 7 dies i només es produïa rentat si les precipitacions eren superiors a 10 mm o a 20 mm acumulats al llarg d'una setmana.

### 1.1.3 Disseny experimental

El disseny experimental va ser totalment aleatoritzat. Es van realitzar 5 tractaments que corresponien als productes antifúngics: tiram, fosetil-Al+oxiclорur de coure, captan i tebuconazol, més un testimoni no tractat. Per cada tractament es van realitzar 4 repeticions amb 4 arbres per cada repetició. La disposició de l'assaig es pot veure a la Figura 1.2. Entre les fileres d'arbres de l'assaig es van deixar fileres sense tractar per mantenir un nivell d'inòcul del fong continu en la parcel·la experimental.



**Figura 1.2.** Distribució dels diferents tractaments en la parcel·la de l'assaig realitzat en la finca experimental de la Fundació Mas Badia. Cada bloc corresponia a un grup de quatre arbres. Es poden observar les 4 repeticions per cada tractament. Entre les fileres utilitzades en l'assaig es poden observar fileres que no es varen tractar.

#### 1.1.4 Inoculacions del patògen en la parcel·la experimental

La parcel·la de l'assaig no havia presentat en els darrers anys problemes d'estemfiliosi, per la qual cosa el nivell d'indòcul natural del patògen era molt baix o inexistent. Per tal d'assegurar una elevada concentració d'indòcul d'aquest patògen es van realitzar inoculacions controlades.

Es va utilitzar la soca EPS26 de *Stemphylium vesicarium* degut a que és molt virulenta. El fong es va obtenir a partir de tubs d'agar inclinat, mantinguts a 4 °C, i es va fer créixer en safates de 20 x 40 cm amb medi V8 modificat. El medi V8 es prepara de la següent manera (Dhingra i Sinclair, 1987):

- 1 L d'aigua destil·lada
- 20 g de suc de verdures V8 (Campbell Ltd), o similar
- 20 g d'agar
- CaCO<sub>3</sub> fins ajustar el pH ≈ 7

Per tal d'assegurar un creixement òptim dels cultius i producció de conidis es varen posar les plaques inoculades a 20 °C amb un fotoperíode llum/fosc de 12 hores.

Les colònies tardaven uns 8-10 dies en créixer i produir conidis. Passat aquest temps es realitzava un rentat de la superfície de la colònia mitjançant un cotó fluix estèril impregnat amb un solució d'aigua també estèril i Tween-20 en una concentració del 0.05%. La suspensió obtinguda posteriorment era filtrada eliminant d'aquesta manera les restes de miceli que es podien haver arrossegat i obtenint una suspensió amb gairebé només conidis. Tot aquest procés es realitzava a 4 °C a fi d'evitar la germinació dels conidis. La suspensió obtinguda ja es podia emprar o bé es podia congelar per a un ús posterior.

La suspensió final obtinguda s'ajustava amb l'ajut d'una cambra hemocitomètrica i dilucions a una concentració  $0.5-2 \times 10^5$  conidis  $\text{mL}^{-1}$  si es volia fer servir tot seguit o  $5-6 \times 10^5$  conidis  $\text{mL}^{-1}$  si es volia congelar.

En el cas que es volgués congelar s'afegia glicerol a la suspensió (20% del volum final), com agent crioprotector dels conidis. Posteriorment es mantenia la suspensió en un ultracongelador a -70 °C.

Per descongelar l'inòcul les suspensions es deixaven 24 h a 4 °C i posteriorment es centrifugaven a 4000 rpm durant 30 minuts també a 4 °C. El sobrenadant, corresponent al glicerol, es llençava. El sediment es resuspensia en aigua estèril fins obtenir una concentració de  $0.5-2 \times 10^5$  conidis  $\text{mL}^{-1}$ , posteriorment es deixava aquesta suspensió a 4 °C durant 24 hores per condicionar els conidis.

Per determinar la viabilitat dels conidis es deixava una mostra de l'inòcul a 20 °C durant 2 h i es mirava posteriorment el percentatge de conidis germinats en tres repeticions de 100 conidis cadascuna. Si aquest percentatge era inferior al 90% l'inòcul es desestimava.

Es varen preparar en el laboratori 5 L d'inòcul amb una concentració de  $5 \times 10^5$  conidis  $\text{mL}^{-1}$ . L'inòcul es va preparar congelat i en el moment de realitzar les inoculacions es va descongelar i es va realitzar la prova de germinació, posteriorment es va transportar a la parcel·la experimental

Es van marcar entre quatre i sis branques de tres arbres per tractament i repetició seguint el criteri que en total hi hagués entre 15 i 25 fruits per arbre. Posteriorment es varen inocular amb el fong les branques marcades amb fulles i fruits mitjançant un atomitzador manual marca Floretta amb una pressió de 2 Bars i fins a caiguda de gota.

Prèviament a la inoculació dels arbres aquests havien estat tractats amb els productes fungicides assajats. D'aquesta manera estava assegurada la cobertura dels

òrgans vegetals (fulles i fruits), amb els productes antifúngics, i abans de la deposició dels conidis en els mateixos. Aquesta inoculació del fong es va realitzar el 19 de maig durant la tarda, que va ser el primer dia d'inici dels tractaments amb els antifúngics.

#### *1.1.5 Avaluació dels nivells de malaltia*

Per valorar la malaltia es va avaluar tant la incidència (percentatge d'òrgans afectats amb lesions) com la severitat de la malaltia (lesions/òrgan). Aquesta valoració es va realitzar tant en les fulles com en els fruits de les branques marcades, de tal manera que es varen analitzar entre 15 i 25 fruits i més de 100 fulles per cada arbre. Es van avaluar tres dels quatre arbres per cada tractament i repetició, l'altre arbre es va deixar com a vorera entre tractaments.

Per fer un seguiment de l'evolució de la malaltia en els fruits es varen realitzar 4 avaluacions al llarg de l'assaig, els dies 3 i 11 de juny i 1 i 8 de juliol. Aquestes dates corresponien a 15, 23, 43 i 50 dies des de l'inici de l'assaig. En fulles només es varen realitzar dues avaluacions els dies 3 i 11 de juny.

#### *1.1.6 Tractament estadístic de les dades*

Les dades es varen analitzar amb el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v.6.11). Es varen utilitzar la incidència i la severitat de la malaltia tant en fruits com en fulles així com la transformació de la severitat en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  per homogeneïtzar les variàncies. Aquestes dades es varen analitzar per producte (al llarg del temps a partir del moment d'inici de l'epidèmia) i per data d'avaluació.

L'homogeneïtat de les variàncies es va comprovar amb la prova de Bartlett. La prova de Shapiro-Wilk es va utilitzar per determinar si els residus seguien una distribució normal. Per determinar els efectes dels factors (productes i temps a partir de l'inici de l'epidèmia) es varen realitzar anàlisis de la variància mitjançant el procediment GLM (General Linear Models). Quan els efectes d'aquests factors eren significatius es procedia a realitzar proves de comparacions de mitjanes. Es varen utilitzar la proves de múltiples rangs de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch quan les cel·les d'anàlisi va ser iguals i la prova de Tukey segons els mètodes de Tukey-Kramer quan el tamany de les cel·les d'anàlisi va ser diferent (SAS Institute Inc., 1993).

## 1.2. Assajos en una parcel·la experimental en la finca comercial Can Vidal

Durant els anys 1995 i 1996 es varen realitzar assajos per avaluar l'eficàcia de diferents productes químics i biològics en el control de l'estemfiliosi, aplicats de manera preventiva.

### 1.2.1 Característiques de la finca

L'assaig es va realitzar durant els mesos de maig a octubre de 1995 i 1996 en la finca comercial de Can Vidal de la cooperativa Fruitex SA (Taula 1.5).

**Taula 1.5.** Característiques de la finca comercial de Can Vidal on es varen realitzar els assajos durant els anys 1995 i 1996

Varietat	Passe Crassane
Marc de plantació	4 x 2 m
Sistema de formació	Eix central
Orientació de les fileres	E-W
Sistema de reg	Goteig amb fertiirrigació
Superfície de la plantació	2.5 Ha

La finca comercial de Can Vidal es trobava dins el terme municipal de Riudellots de la Selva (El Gironès) a Girona , 41° 51' N i 2° 48' E. Era una finca destinada bàsicament al conreu de perera de la varietat Passe Crassane.

Es va utilitzar aquesta finca perquè durant l'any 1994 havia presentat una elevada incidència de la malaltia (80-90% de fruits afectats). Aquesta pressió de la malaltia va suposar l'existència d'uns nivells d'inòcul elevats de *S. vesicarium* en els assajos.

L'assaig es va realitzar en 7 fileres d'un dels extrems del camp. En aquesta zona de l'assaig només es varen realitzar els tractaments amb insecticides, acaricides i herbicides. El personal laboral i tècnic de la finca no hi va realitzar cap tractament amb fungicides amb la finalitat de no interferir en l'assaig.

### 1.2.2 Productes antifúngics assajats i calendari d'aplicació

Es van assajar diferents productes químics antifúngics i un producte biològic en fase d'experimentació aplicat també de manera sistemàtica.

Els productes antifúngics es varen aplicar de manera preventiva amb una cadència setmanal o quinzenal, en funció de la seva persistència en la vegetació. A la Taula 1.6 es descriuen els diferents fungicides assajats i les especificacions per a la seva aplicació.

Tots els productes es varen aplicar amb una cadència setmanal a excepció del tebuconazol que va ser aplicat amb una cadència quinzenal. En tots els casos es va considerar un rentat del producte si ploviu més de 20 mm al llarg del període de cobertura del producte o bé si hi havia pluges puntuals superiors a 10 mm. Si els productes s'havien rentat per la pluja es procedia a realitzar una altra aplicació d'aquests.

**Taula 1.6.** Característiques dels productes antifúngics utilitzats de manera preventiva per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera. Les característiques més específiques i el mecanisme d'actuació de cada producte estan descrites a la Taula 1.2 pàgina 34

Producte <sup>a</sup>	Nom comercial	Fabricant	% m.a <sup>b</sup>	Dosi d'aplicació <sup>c</sup> (g/100L)	Formulació
Tiram	Pomarsol Forte	Bayer	80	250	PM <sup>e</sup>
Captan	Belpron C-50	Probelte	50	250	PM
Tebuconazol	Folicur 25	Bayer	25	75	PM
Fosetil-Al <sup>d</sup>	Alerte	Rhône-Poulenc	80	32	PM
Oxiclorur de coure <sup>d</sup>	Cobreluq-50	UQSA	50	50	PM

<sup>a</sup>: Nom de la matèria activa.

<sup>b</sup>: Proporció de matèria activa o riquesa.

<sup>c</sup>: Pes producte comercial.

<sup>d</sup>: Productes que es varen aplicar de manera conjunta amb les quantitats indicades.

<sup>e</sup>: Pols Mullable.

L'aplicació dels productes es va realitzar mitjançant dues polvoritzadores de motxilla (Hardy). Es varen utilitzar 20 L de cada producte per realitzar les aplicacions en els 12 arbres que corresponien a cada tractament. L'aplicació del producte es va realitzar mullant homogèniament totes les parts de l'arbre i sense que es produís deriva del producte cap a altres arbres.

El producte biològic assajat pel control de l'estemfiliosi va ser la soca EPS288 del bacteri *Pseudomonas fluorescens*. Aquesta provenia del socari del Laboratori de

Fitopatologia del Departament d'Enginyeria Química Agrària i Tecnologia Agroalimentària de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. Aquesta soca havia mostrat capacitat antagonista amb *Stemphylium vesicarium* inhibint el seu desenvolupament i controlant l'estemfiliosi en plantes de perera en condicions controlades (Montesinos i col., 1996a). Aquest control biològic només es va assajar l'any 1995 degut a la ineficàcia del control obtingut.

Els tractaments amb aquest bacteri es realitzaven amb 2 L d'una suspensió de la *Pseudomonas fluorescens* EPS288 a una concentració de  $10^9$  ufc mL<sup>-1</sup>. Aquesta suspensió es va mantenir en fred (4 °C) fins al moment de realitzar les aplicacions. Es varen diluir els 2 L en 20 L d'aigua obtenint una concentració final de  $10^8$  ufc mL<sup>-1</sup>. L'aplicació en els arbres es va realitzar com si fos un producte convencional, mitjançant atomitzadors de motxilla (Hardy), procurant mullar els arbres de manera homogènia i sense deriva del producte cap a d'altres arbres. La cadència d'aplicació va ser setmanal. Es va considerar rentat del producte amb pluges de 10-20 mm si bé aquest producte va presentar la dificultat que en ser necessaris períodes superiors a 24 hores per la preparació de la suspensió en algunes ocasions no es van realitzar repeticions de les aplicacions després de pluges.

L'any 1995 els assajos es varen iniciar el 15 de maig i les darreres aplicacions van ser el 11 d'octubre, l'any 1996 es varen iniciar el 16 de maig i varen finalitzar el 9 d'octubre. A la Taula 1.7 s'indiquen les dates d'aplicació durant l'any 1995 i a la Taula 1.8 les dates d'aplicació durant l'any 1996.



**Taula 1.7.** Dates d'aplicació dels diferents fungicides assajats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. Els productes es varen aplicar amb una cadència setmanal o quinzenal

Data	Fosetil-Al + Cu	Tebuconazol	Captan	Tiram	EPS-288 <sup>a</sup>
15/05	+ <sup>b</sup>	+	+	+	+
24/05	+	+	+	+	+
31/05	+	-	+	+	+
08/06	++	++	++	++	++
21/06	+	-	+	+	+
28/06	+	+	+	+	+
05/07	+	-	+	+	+
12/07	+	+	+	+	+
19/07	+	+	+	+	+
26/07	+	-	+	+	+
02/08	+	+	+	+	+
09/08	+	+	+	+	+
16/08	+	-	+	+	+
23/08	+	+	+	+	+
30/08	+	-	+	+	+
06/09	+	+	+	+	+
14/09	++	+	++	++	+
27/09	+	-	+	+	+
05/10	+	+	+	+	+
11/10	++	-	++	++	+
<b>Total <sup>c</sup>:</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>21</b>

<sup>a</sup>: *Pseudomonas fluorescens* EPS288.

<sup>b</sup>: Aplicació del fungicida (+) o aplicació repetida (++) després de pluges puntals superiors a 10 mm o a 20 mm acumulats durant el període de protecció a partir de l'aplicació inicial del producte. (-) Aplicació no realitzada.

<sup>c</sup>: Nombre d'aplicacions total realitzat durant tot el període que va durar l'assaig.

**Taula 1.8.** Dates d'aplicació dels diferents fungicides assajats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. Els productes es varen aplicar amb una cadència setmanal o quinzenal

Data	Fosetil-Al +Cu	Tebuconazol	Captan	Tiram
16/05	+ <sup>a</sup>	+	+	+
22/05	+	-	+	+
28/05	+	+	+	+
04/06	+	+	+	+
10/06	+	-	+	+
17/06	+	+	+	+
25/06	+	+	+	+
02/07	+	-	+	+
08/07	+	+	+	+
15/07	+	-	+	+
22/07	+	+	+	+
29/07	+	+	+	+
05/08	+	-	+	+
13/08	+	+	+	+
19/08	+	-	+	+
26/08	+	-	+	+
02/09	+	+	+	+
09/09	+	-	+	+
16/09	++	++	++	++
25/09	+	+	+	+
02/10	++	-	++	++
09/10	+	+	+	+
<b>Total<sup>b</sup>:</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>24</b>

<sup>a</sup>: Aplicació del fungicida (+) o aplicació repetida (++) després de pluges puntals superiors a 10 mm o a 20 mm acumulats durant el període de protecció a partir de l'aplicació inicial del producte. (-) Aplicació no realitzada.

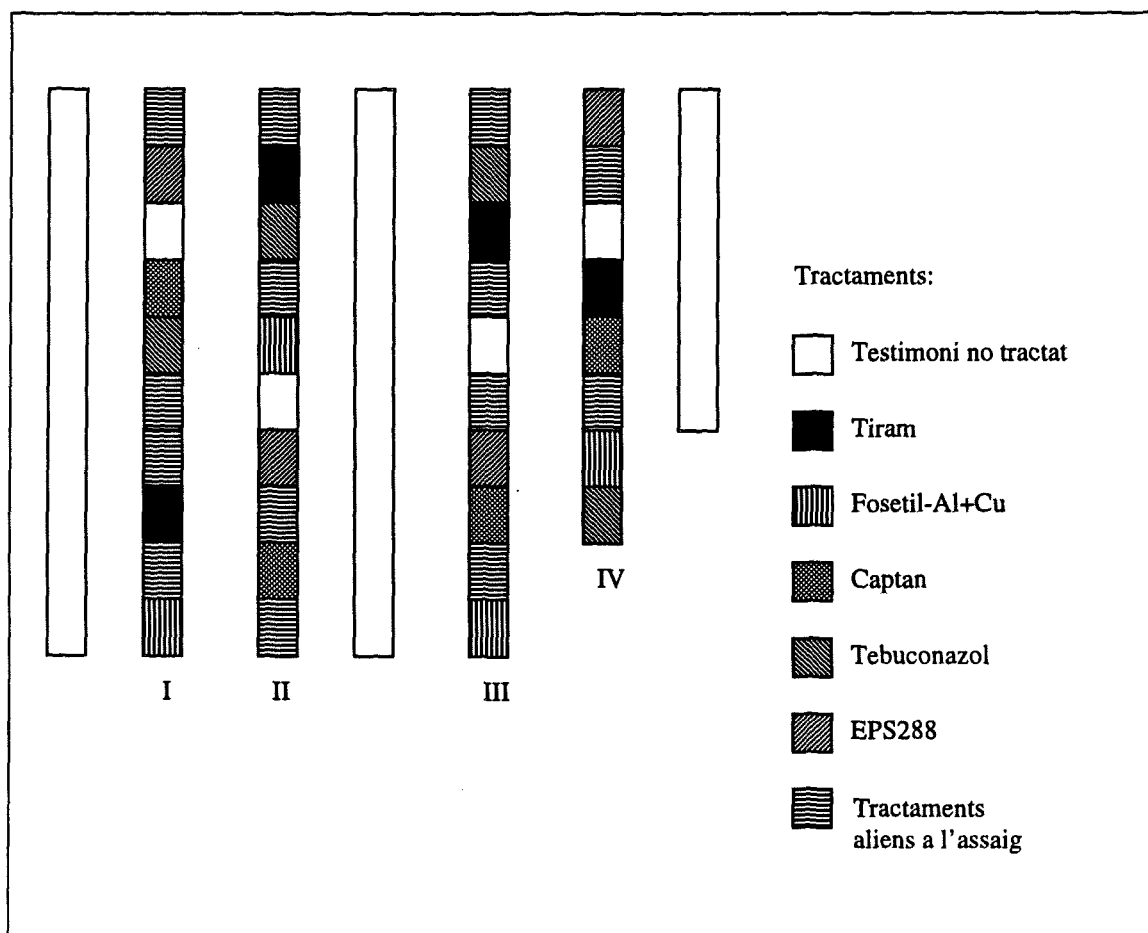
<sup>b</sup>: Nombre d'aplicacions total realitzat durant tot el període que va durar l'assaig.

### 1.2.3 Disseny experimental

Aquest assaig es va realitzar conjuntament amb l'assaig per avaluar l'eficàcia del control racional descrita en el capítol 3. S'ha desglossat aquí només la part de l'assaig relativa als productes antifúngics aplicats de manera preventiva.

El disseny experimental va ser de blocs aleatoritzats. Es van utilitzar 4 blocs amb 6 tractaments cadascun i 3 arbres per tractament i bloc. Els tractaments varen ser: a) testimoni no tractat, b) preventius amb captan, tebuconazol, tiram o fosetil-Al +coure i c) suspensió de *Pseudomonas fluorescens* EPS288.

Les fileres dels tractaments estaven enmig de fileres que no rebien cap tractament. Aquestes actuaven com a font d'inòcul permanent. La distribució dels diferents tractaments en la zona de l'assaig s'indica a la Figura 1.3.



**Figura 1.3.** Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal seguint un disseny experimental de blocs a l'atzar. Cada bloc correspon a una filera d'arbres i s'indica amb xifres romanes. Els tractaments en cada bloc es realitzaven sobre tres arbres. Les aplicacions amb el bacteri EPS288 només es varen realitzar l'any 1995.

#### 1.2.4 Avaluació dels nivells de la malaltia

Durant tot el període que va durar l'assaig (maig-novembre) es va fer un seguiment de la malaltia tant en fulles com en fruits. Dels tres arbres de cada repetició i tractament es varen marcar dos, actuant el tercer com a barrera per evitar interferència amb l'altre tractament. En l'assaig efectuat l'any 1995 es va realitzar una avaluació dels nivells de malaltia per tots els productes cada quinze dies i en el moment de collita dels

fruits. En l'assaig efectuat durant l'any 1996 només es va realitzar un seguiment quinzenal dels tractaments captan, tiram i testimoni no tractat.

Per l'avaluació de la malaltia en fulles, de cada arbre es varen marcar 4 branques (2 a cada banda) amb brots de 20-30 fulles. Es varen comptar les 10 primeres fulles començant des de la part superior del brot.

Es va avaluar tant la incidència (percentatge de fulles afectades) com la severitat (nombre de lesions per fulla). La severitat es va mesurar mitjançant un índex relatiu de severitat. A cada fulla se li assignava un valor que anava de 0 a 3 en funció del nombre de lesions (Taula 1.9).

**Taula 1.9.** Transformació de la severitat absoluta en índex de severitat relativa en les avaluacions dels nivells de la malaltia en fulles

Nombre de lesions per fulla	Índex de severitat relativa (I)
0	0
1-5	1
6-25	2
>25	3

A partir dels índexs de severitat de les 10 fulles es va obtenir un valor de severitat de la malaltia (S) que oscil·lava de 0 a 1 utilitzant la fórmula:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} I_i}{N \times 3}$$

d'on:

S: Severitat relativa

I: Índex de severitat relativa de cada fulla

N: Nombre de fulles avaluades

D'aquesta manera la severitat quedava expressada com a proporció del màxim valor possible.

Per l'avaluació de la malaltia en fruits es varen utilitzar dos arbres marcats per cada tractament i repetició i es varen analitzar 20 fruits (10 de cada banda) en els assajos realitzats l'any 1995 i 30 fruits (15 de cada banda) en els assajos realitzats l'any 1996. De cada arbre s'avaluava tant la incidència (percentatge de fruits amb alguna lesió) com la severitat (lesions/fruit). S'obtenia posteriorment la mitjana d'aquests paràmetres per cada repetició.

Durant l'assaig de l'any 1995 els fruits es varen avaluar al llarg de tot l'assaig aproximadament cada quinze dies i a collita. Durant l'assaig realitzat l'any 1996 només es va fer un seguiment quinzenal corresponent als tractaments de captan, tiram i testimoni no tractat. La resta de tractaments només es va avaluar a collita. La collita dels fruits el primer any es va realitzar el 24 d'octubre i el segon any el 17 d'octubre.

A collita dels fruits es va analitzar la incidència i severitat de la malaltia en la totalitat dels fruits dels arbres marcats, el pes total de fruita per cada arbre i el pes de la fruita afectada per la malaltia.

#### *1.2.5 Tractament estadístic de les dades*

Les dades es varen analitzar amb el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v.6.11). Es varen utilitzar: 1) la incidència i la severitat de la malaltia tant en fruits com en fulles així com la transformació de la severitat en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  per homogeneïtzar les variàncies, 2) la mitjana de la producció (fruits amb lesions i sense lesions) per cada bloc i 3) la proporció de pèrdues (quilos de fruits amb lesions/quilos totals de fruits).

Per determinar la distribució normal dels residus es va realitzar la prova de Shapiro-Wilk i per determinar l'homogeneïtat de les variàncies la prova de Bartlett. Els efectes dels diferents productes assajats tant en la incidència com en la severitat de la malaltia es varen analitzar amb una anàlisi de la variància mitjançant el procediment GLM (General Linear Models). Quan els efectes eren significatius es varen realitzar comparacions de mitjanes amb la prova de múltiples rangs de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch.

S'ha estandarditzat l'eficàcia de cada producte mitjançant el percentatge de control de cada tractament respecte al testimoni no tractat  $\left(\frac{MC-MT}{MC}\right) \times 100$ , sent MC: nivell de malaltia en testimoni no tractat, i MT: nivell de malaltia en el tractament;

de la mateixa manera que fan altres autors (Leach i MacDonald, 1986; Timmer i Ellis, 1986; Manzer i col., 1986; Szkolnik i Hickey, 1986).

### 1.3. Assajos en una parcel·la experimental en la finca comercial Can Garrofa

Durant l'any 1996 es varen efectuar assajos amb diferents fungicides aplicats de manera preventiva en la finca comercial de Can Garrofa de Frigorífics Garrofa.

#### 1.3.1 Característiques de la finca

L'assaig es va realitzar entre els mesos de maig i octubre de 1996. La finca està situada a 41° 54' N i 2° 47' E, dins el terme municipal del Perelló (Gironès) a Girona. Les característiques de la finca s'indiquen a la Taula 1.10.

**Taula 1.10.** Característiques de la finca comercial Can Garrofa on es varen realitzar els assajos de control de l'estemfiliosi amb diferents fungicides aplicats de manera preventiva durant l'any 1996

Varietat	Passe Crassane
Marc de plantació	4 x 1 m
Sistema de formació	Eix central
Orientació de les fileres	N-S
Sistema de reg	Goteig amb fertiirrigació <sup>a</sup>
Superfície de la plantació	2.5 Ha

<sup>a</sup>: El reg durant els anys anteriors a l'assaig va ser per aspersió.

Aquesta finca va presentar una incidència de la malaltia durant l'any 1995 propera al 90 % de fruits afectats. Aquest fet feia suposar que el nivell d'inòcul del fong seria elevat durant l'any de l'assaig.

Per a realitzar l'assaig es va utilitzar 1 filera d'arbres. El sistema de reg d'aquesta finca comercial era per aspersió, però en la zona d'assaig, per evitar interferències, aquest sistema de reg va ser canviat per degoteig. Així mateix en aquesta zona no es varen realitzar tractaments amb productes antifúngics aliens als de l'assaig i només es varen realitzar els tractaments corresponents a insecticides, acaricides i herbicides.

*1.3.2 Productes antifúngics assajats i calendari d'aplicacions*

Es varen assajar dos antifúngics aplicats amb una cadència quinzenal. Els productes utilitzats varen ser diclofluanida i kresoxim-metil. Les característiques d'aplicació d'aquests productes s'indiquen a la Taula 1.11.

L'aplicació es va realitzar mitjançant dues màquines polvoritzadores de motxilla (Hardy i Stihl). En les aplicacions es varen utilitzar entre 15 i 18 L de cada producte i es va procurar mullar homogèniament totes les parts dels arbres incloent-hi fulles i fruits. En aquells casos en que hi havia precipitacions puntuals de més de 10 mm o bé si hi havien més de 20 mm acumulats al llarg dels quinze dies entre aplicacions es considerava que el producte s'havia rentat de la superfície dels òrgans vegetals i es repetia l'aplicació.

**Taula 1.11.** Característiques dels productes utilitzats preventivament pel control de l'estemfiliosi de la perera en la finca Can Garrofa. Les característiques específiques i el mecanisme d'actuació de cada producte es descriuen a la Taula 1.2 pàgina 34

Producte <sup>a</sup>	Nom comercial	Fabricant	% m.a. <sup>b</sup>	Dosi d'aplicació <sup>c</sup> (g/100L)	Formulació <sup>d</sup>
Diclofluanida	Euparen	Bayer	50	150	PM
Kresoxim-metil	Stroby	BASF	50	2.5	MG

<sup>a</sup>: Nom de la matèria activa.

<sup>b</sup>: Proporció de matèria activa o riquesa.

<sup>c</sup>: Pes producte comercial.

<sup>d</sup>: PM:Pols Mullable, MG:Microgrànuls.

L'aplicació de productes va començar a principis de juliol i va terminar a finals de setembre. A la Taula 1.12 s'indiquen les dates en que es varen efectuar les aplicacions.

**Taula 1.12.** Dates d'aplicació dels fungicides assajats en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. Els productes es varen aplicar amb una cadència de 15 dies

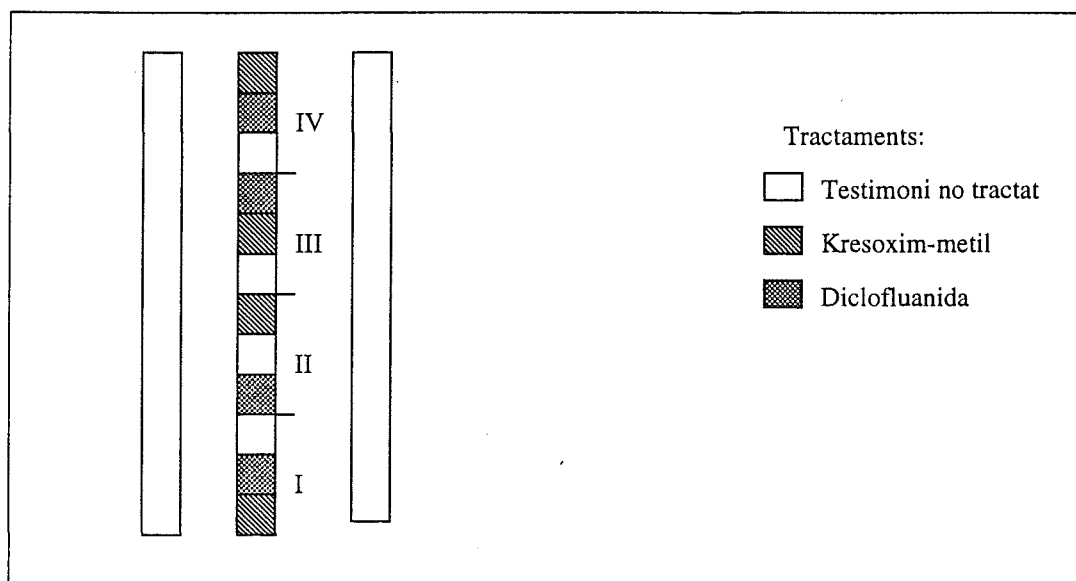
Data	Diclofluanida	Kresoxim-metil
02/07/96	+ <sup>a</sup>	+
15/07/96	+	+
29/07/96	+	+
15/08/96	+	+
28/08/96	+	+
09/09/96	+	+
18/09/96	+	+
23/09/96	++	++
<b>Total<sup>b</sup>:</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

<sup>a</sup>: Aplicació del fungicida (+) o aplicació repetida (++) després de pluges puntals superiors a 10 mm o a 20 mm acumulats durant el període de protecció de 7 dies a partir de l'aplicació inicial del producte.

<sup>b</sup>: Nombre total d'aplicacions realitzades durant l'assaig.

### 1.3.3 Disseny experimental

El disseny experimental va ser de blocs aleatoritzats. Es varen utilitzar 4 blocs contenint els 3 tractaments. Cada tractament es feia sobre els 5 arbres de cada bloc. Els tractaments assajats varen ser un testimoni sense tractar, kresoxim-metil i diclofluanida. A la Figura 1.4 s'indica la distribució dels tractaments en els blocs. La filera corresponent a l'assaig estava entre dues fileres a les quals no s'hi aplicava cap fungicida i actuaven com a font permanent d'inòcul.



**Figura 1.4.** Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 seguint un disseny experimental de blocs a l'atzar. En una filera d'arbres estaven els quatre blocs (indicats amb xifres romanes). Els tractaments en cada bloc es realitzaven sobre cinc arbres.



### 1.3.4 Avaluació dels nivells de la malaltia

Es varen realitzar dues avaluacions, una a l'inici de l'assaig (1 de juliol) i l'altra a collita (el 10 d'octubre). Es varen utilitzar els tres arbres centrals de cada tractament, els altres dos es varen deixar com a vorera entre tractaments.

En la primera avaluació es varen analitzar 20 fruits de cada arbre (10 per banda) i es va determinar tant la incidència (percentatge de fruits amb alguna lesió) com la severitat de la malaltia (nombre de lesions/total de fruits). La segona avaluació es va fer sobre la totalitat dels fruits de cada arbre, avaluant la incidència i la severitat de la malaltia i el pes de les peres (sense lesions o amb lesions produïdes per *S. vesicarium*). El pes es va obtenir a partir d'una estimació realitzada en una mostra de 300 fruits triats a l'atzar per obtenir un pes mitjà per fruit.

Per determinar els nivells de la malaltia en les fulles es varen marcar quatre branques per cada arbre (dos per cada banda) dels tres arbres, mesurant la incidència (percentatge fulles amb lesions) i la severitat. La severitat es va determinar a partir d'un índex relatiu de severitat tal com s'explica en el punt 1.2.4 de la pàgina 46.

### 1.3.5 Tractament estadístic de les dades

Les dades es varen analitzar amb el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v.6.11). Es varen utilitzar les variables incidència i severitat de la malaltia tant en fruits com en fulles així com la transformació de la severitat en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . La mitjana de la producció (fruits amb lesions i sense lesions) per cada bloc i la proporció de pèrdues (quilos de fruits amb lesions/quilos totals de fruits). La severitat en les fulles es va analitzar mitjançant l'índex de severitat

La distribució normal dels residus es va analitzar amb la prova de Shapiro-Wilk i l'homogeneïtat de les variàncies mitjançant la prova de Bartlett. Els efectes dels diferents productes assajats tant en la incidència com en la severitat de la malaltia es varen analitzar amb una anàlisi de la variància mitjançant el procediment GLM (General Linear Models). Quan els efectes eren significatius es varen realitzar comparacions de mitjanes amb la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. S'ha estandarditzat l'eficàcia de cada producte mitjançant el percentatge de control de cada tractament respecte al testimoni no tractat ( $((\text{MC}-\text{MT})/\text{MC}) \times 100$ ), sent MC: nivell de malaltia en testimoni no tractat, i MT: nivell de malaltia en el tractament.

## **2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat**

Es varen realitzar tres assajos diferents per avaluar l'eficàcia de varis productes antifúngics aplicats de manera preventiva, abans de la inoculació del fong, o bé aplicats una vegada iniciades les infeccions.

### **2.1. Material vegetal**

Es varen utilitzar plantes de perera (*Pyrus communis*) de 20-30 cm d'alçada autoarrelades i pertanyents al clon CAV de la varietat Conference. Aquest material vegetal presentava brots tendres d'un any i es va mantenir en contenidors d'1 L. Per fertiirrigació es va aportar cada 5 dies una solució nutritiva de 200 mg/L de 20-10-20 N-P-K.

### **2.2. Obtenció de l'inòcul de *Stemphylium vesicarium***

Es van obtenir suspensions de conidis del fong amb concentracions entre  $0.5 \times 10^5$  i  $2 \times 10^5$  conidis  $\text{mL}^{-1}$  segons la metodologia descrita en el punt 1.1.4 de la pàgina 38. La viabilitat dels conidis es va assegurar realitzant una prova de germinació com està descrita en el punt 1.1.4 de la pàgina 38.

### **2.3. Inoculació del patogen**

La suspensió de conidis, mantinguda a 4 °C fins el moment de la inoculació, es va inocular mitjançant un atomitzador manual marca Floretta amb una pressió de 2 bar mullant fins a caiguda de gota tant la part abaxial com adaxial de les fulles.

### **2.4. Productes antifúngics assajats**

En els diferents assajos realitzats es va avaluar l'eficàcia dels productes antifúngics: kresoxim-metil, benomil, captan, clortalonil, diclofluanida, procimidona, tebuconazol i tiram. Les característiques d'aplicació d'aquests productes estan descrites a la Taula 1.13.

**Taula 1.13.** Característiques dels productes antifúngics utilitzats en els assajos d'estratègies de control de l'estemfiliosi. Les característiques específiques i el mecanisme d'acció de cada producte estan descrites a la Taula 1.2 de la pàgina 34

Producte <sup>a</sup>	Nom comercial	Fabricant	% m.a. <sup>b</sup>	Dosi d'aplicació <sup>c</sup> (g/100L)	Formulació <sup>d</sup>
Kresoxim-metil	Stroby	BASF	50	2.5	MG
Benomil	Benlate	Du Pont	50	100	PM
Captan	Belpro C-50	Probelte	50	250	PM
Clortalonil	Bravo	ASCE	75	250	PM
Diclofluanida	Euparen	Bayer	50	150	PM
Procimidona	Sumisclex 50	Masso	50	150	PM
Tebuconazol	Folicur 25	Bayer	25	75	PM
Tiram	Pomarsol Forte	Bayer	80	250	PM

<sup>a</sup>: Nom de la matèria activa.

<sup>b</sup>: Proporció de la matèria activa o riquesa.

<sup>c</sup>: Pes producte comercial.

<sup>d</sup>: PM:pols mullable. MG:microgrànuls

Aquests productes antifúngics es varen aplicar mitjançant un polvoritzador manual marca Matabi amb una pressió de 2 bar. Es varen mullar les plantes fins al punt de degoteig i es varen seguir dues estratègies d'aplicació d'aquests productes:

- a) Estratègia preventiva.- Els productes antifúngics es varen aplicar abans de la inoculació amb el fong i per tant abans de l'inici de la germinació dels conidis. D'aquesta manera es va avaluar l'eficàcia preventiva de cada antifúngic.
- b) Estratègia curativa.- Els productes antifúngics es varen aplicar una vegada ja s'havia inoculat el fong i incubat a condicions òptimes per a permetre la germinació i iniciar les infeccions. Es va avaluar l'eficàcia curativa de cada producte.

### 2.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat per l'inici d'infeccions

Aquest assaig es va realitzar tres vegades, dues (els anys 1995 i 1996) amb les condicions d'incubació òptimes per la infecció (temperatura de 22.5 °C i període d'humectació de 24 h), i una (durant l'any 1996) amb les condicions d'incubació més favorables que es poden donar en les finques comercials (temperatura de 22.5 °C i una durada del període d'humectació de 12 h).

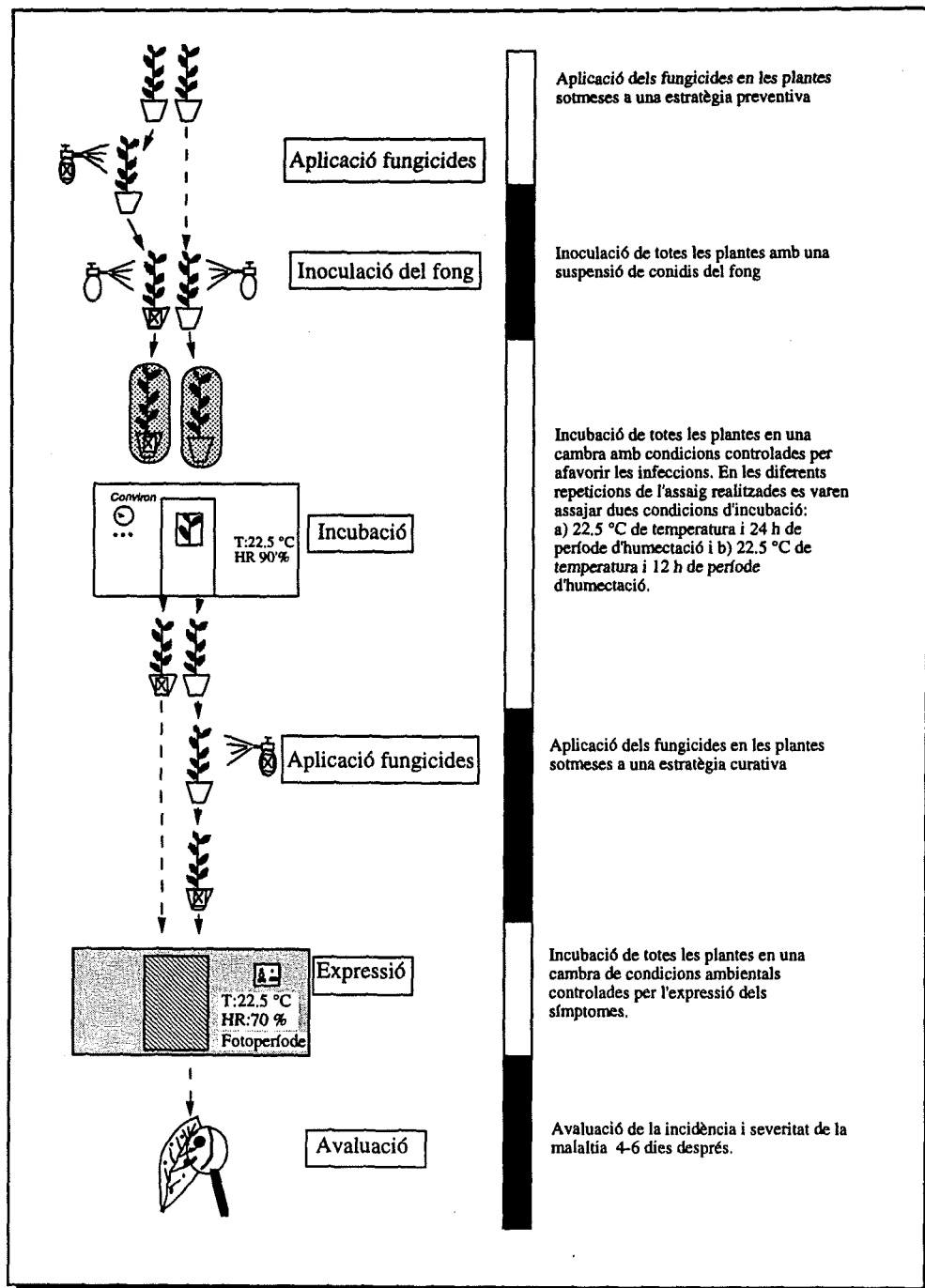
## 2.6. Disseny experimental

En els dos assajos realitzats amb les condicions òptimes per la infecció del fong (temperatura de 22.5 °C i període d'humectació de 24 h) es va seguir un disseny experimental totalment aleatoritzat amb 8 antifúngics: kresoxim-metil, benomil, captan, clortalonil, procimidona, tebuconazol i tiram més un testimoni tractat amb aigua. Es varen assajar dues estratègies d'aplicacions: preventiva i curativa. Per cada producte i estratègia d'aplicació es varen realitzar 3 repeticions amb 3 plantes per cada repetició. Es varen utilitzar en total 144 plantes en cada assaig.

En el tercer assaig realitzat sota les condicions d'incubació semblants a les condicions òptimes que es poden donar en les finques comercials (temperatura de 22.5 °C i període d'humectació de 12 h) es va seguir un disseny experimental totalment aleatoritzat amb 9 productes corresponents als antifúngics: kresoxim-metil, benomil, captan, clortalonil, diclofluanida (producte incorporat a l'assaig), procimidona, tebuconazol i tiram, més un testimoni tractat amb aigua. En aquest cas també es varen assajar dues estratègies d'aplicació: preventiva i curativa. Per cada producte i estratègia d'aplicació es varen realitzar 3 repeticions amb 3 plantes per cada repetició. Es varen utilitzar en total 162 plantes.

En els assajos primer s'agafaven les plantes corresponents a l'estratègia preventiva (la meitat de les plantes) i aquestes es polvoritzaven amb les suspensions dels productes antifúngics (veure Figura 1.5). Passades 4-6 h i un cop les plantes estaven completament eixutes es va procedir a la inoculació de totes les plantes de l'experiment amb els conidis del fong, tant les que havien estat tractades amb els productes (estratègia preventiva) com les que no (estratègia curativa). Un cop inoculades amb el fong es posaven dins bosses de plàstic i per assegurar que hi havia humectació es polvoritzaven les parets interiors d'aquestes bosses amb aigua estèril. Posteriorment es tancaven hermèticament. Aquest material vegetal es va introduir en una cambra d'ambient controlat (marca Conviron, model PGR15, Manitoba, Canadà) amb una temperatura de 22.5 °C i una humitat relativa del 90%.

Passades 12 o 24 hores en funció de l'assaig, es van treure les plantes de la cambra d'ambient controlat i de les bosses de plàstic i es varen deixar sota un flux d'aire sec per eixugar-les.



**Figura 1.5.** Metodologia utilitzada en els assajos realitzats d'avaluació de l'eficàcia de diferents fungicides seguint una estratègia preventiva o curativa.

Un cop eixutes les plantes, aquelles a les quals s'hi havia aplicat el fungicida amb una estratègia preventiva eren portades a una cambra d'ambient controlat perquè expressessin els símptomes de la malaltia. La resta de les plantes eren tractades amb els fungicides corresponents (estratègia curativa) i posades sota un flux d'aire sec per tal que s'eixuguessin ràpidament. Un cop eixutes es portaven també a una cambra d'ambient controlat per l'expressió dels símptomes.

## 2.7. Condicions d'incubació per l'expressió dels símptomes

Es va utilitzar una cambra d'ambient controlat amb una temperatura de 22 °C, una humitat relativa entre 70-80% i un fotoperíode de 16 hores de llum i 8 de fosc. Aquesta humitat es va escollir per evitar l'aparició de noves infeccions després del període d'incubació. El control de la temperatura es va realitzar mitjançant un aparell d'aire condicionat marca Hiefac i la humidificació mitjançant un aparell d'elaboració pròpia basat en polvoritzadors d'aigua instal·lats en un sistema de ventilació forçada. Per fer un seguiment de la temperatura i humitat relativa es va utilitzar un sensor model HMP35D (Vaisala Sensor System) i per mesurar la humectació i assegurar-se que no hi havia humectació en les fulles es va utilitzar un sensor tipus fulla artificial model 237 (Campbell Scientific Ltd.). Tots els sensors estaven connectats a un sistema d'adquisició de dades ambientals model CR10X (Campbell Scientific Ltd.). Les característiques d'aquest sistema d'adquisició de dades ambientals estan descrites en detall en el punt 1.2 de la pàgina 132.

## 2.8. Avaluació dels nivells de la malaltia

Després de 4-6 dies de concloure la incubació per l'inici d'infeccions i iniciar l'expressió de la malaltia es va avaluar tant la incidència (percentatge fulles amb lesions) com la severitat de la malaltia (lesions/fulla) en les 10 primeres fulles del brot. Es varen desestimar les tres primeres fulles donat que eren fulles molt petites i que en el moment de la inoculació amb el fong encara no estaven desenvolupades.

## 2.9. Tractament estadístic de les dades

L'anàlisi estadístic de les dades es va realitzar mitjançant el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v 6.11).

Per fer les anàlisis estadístiques es varen utilitzar les mitjanes de les tres plantes de cada repetició. Es varen utilitzar les variables incidència i severitat de la malaltia així com la transformació de la severitat en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

Primer es va analitzar si per a cada producte assajat hi havia diferències en el control de la malaltia en funció del tipus d'estratègia preventiva o curativa. En segon lloc es va determinar quin era el control dels diferents productes per una estratègia concreta. Aquestes anàlisis es varen realitzar per les dues condicions realitzades.

L'homogeneïtat de les variàncies de les dades es va comprovar amb la prova de Bartlett. La prova de Shapiro-Wilk es va utilitzar per determinar si els residus seguien una distribució normal.

L'efecte dels factors (tractaments o estratègies) es va determinar amb una anàlisi de la variància mitjançant el procediment GLM (General Linear Models).

Quan els efectes eren significatius es procedia a realitzar proves de separació de mitjanes utilitzant la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch.

S'ha estandarditzat l'eficàcia de cada producte mitjançant el control de cada tractament respecte al testimoni no tractat ( $((MC-MT)/MC) \times 100$ ), sent MC: nivell de malaltia en testimoni no tractat, i MT: nivell de malaltia en el tractament.

## Resultats

### **1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials**

L'eficàcia de diferents antifúngics es va avaluar en camps experimentals i comercials de pereres seguint una estratègia preventiva amb una cadència fixa d'aplicació. Els assajos es varen realitzar durant els anys 1994, 1995 i 1996 en la finca experimental de la fundació Mas Badia i en les finques comercials de Can Vidal i Can Garrofa.

#### **1.1. Assajos en l'Estació Experimental de la Fundació Mas Badia**

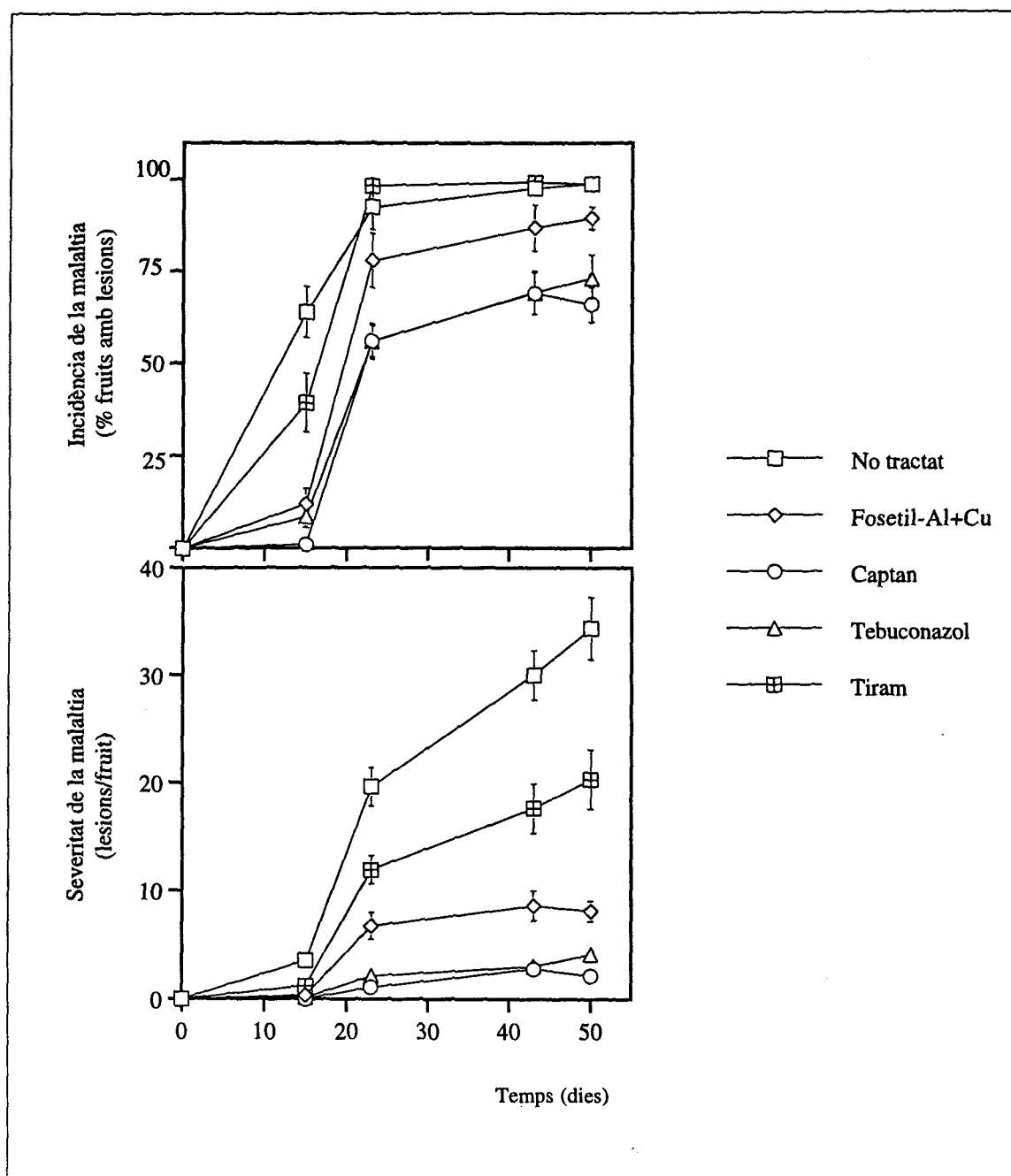
Durant l'any 1994 es varen assajar els productes fosepil-Al+oxiclorur de coure, captan, tebuconazol i tiram per avaluar l'eficàcia en el control de la malaltia.

L'eficàcia es va comparar entre els diferents antifúngics assajats per cada data i al llarg del temps. Els resultats es presenten separats per fruits i fulles.

##### *1.1.1 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fruits*

A la Figura 1.6 s'indica l'evolució de la incidència (percentatge de fruits amb lesions) i de la severitat (lesions/fruit) al llarg del temps. L'evolució de la malaltia va ser molt ràpida, gairebé en vint dies es va assolir el 100 % dels fruits afectats en el testimoni no tractat amb fungicida. Va existir un control diferent de la malaltia per cada fungicida assajat, però en cap cas es va observar un control absolut.





**Figura 1.6.** Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fruits al llarg del temps en funció de l'antifúngic en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. El temps correspon als dies transcorreguts a partir de l'inici de l'assaig (19 de maig). L'interval a cada punt representa l'error estàndard de la mitjana.

*1.1.1.1 Efecte dels diferents antifúngics per cada data d'avaluació de la malaltia en fruits*

Les variàncies de les variables incidència i  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  varen ser homogènies i els residus varen seguir una distribució normal. Per la variable severitat de la malaltia les variàncies no varen ser homogènies i la major part dels residus van diferir d'una distribució normal. Per aquest motiu en les posteriors anàlisis realitzades es va

utilitzar la severitat transformada en el seu  $\log_{10}$ . Una repetició de les quatre realitzades amb el fungicida tiram es va despreciar per problemes en els arbres.

A la Taula 1.14 es pot observar l'efecte en la incidència de la malaltia dels diferents fungicides emprats, per cada data de valoració.

**Taula 1.14.** Efecte dels productes antifúngics, per cada data d'avaluació, de la incidència de la malaltia en fruits en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Temps <sup>a</sup> (dies)	Font de variació	G.Ll. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
15	Antifúngic <sup>c</sup>	4	1.072	15.22	0.0001
	Error	14	0.247		
	Total	18	1.319		
23	Antifúngic	4	0.577	11.33	0.0003
	Error	14	0.178		
	Total	18	0.755		
43	Antifúngic	4	0.315	9.55	0.0006
	Error	14	0.115		
	Total	18	0.430		
50	Antifúngic	4	0.346	15.70	0.0001
	Error	14	0.077		
	Total	18	0.423		

<sup>a</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig, es correspon amb les valoracions realitzades de la malaltia.  
<sup>b</sup>:Graus de llibertat.  
<sup>c</sup>:Efecte dels antifúngics utilitzats: captan, fosetil-Al+Cu, tebuconazol, tiram i un testimoni no tractat amb fungicida.

Per les quatre dates de valoració varen existir diferències significatives ( $P<0.05$ ). Per tant les diferents incidències de la malaltia que es varen observar en fruits varen ser degudes a l'aplicació dels antifúngics. La separació de mitjanes realitzada per determinar els grups de fungicides s'indica a la Taula 1.15.

**Taula 1.15.** Incidència de la malaltia en fruits en funció del tipus d'antifúngic i la data d'avaluació de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. S'indiquen els grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de mitjanes per cada producte i data de valoració de la malaltia. La separació de mitjanes es va realitzar mitjançant la prova de Tukey. Per cada temps mitjanes amb la mateixa lletra no varen diferir significativament ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Temps <sup>a</sup> (dies)			
	15	23	43	50
No Tractat	64.0 a	92.7 a	97.2 a	98.6 a
Fosetil-Al+Cu	12.0 bc	79.3 ab	87.0 ab	89.4 ab
Captan	1.0 c	56.0 b	69.1 b	65.2 c
Tebuconazol	8.6 c	56.3 b	69.5 b	73.7 bc
Tiram	39.5 ab	98.4 a	99.3 a	98.9 a

<sup>a</sup>: Temps des de l'inici de l'assaig.

En totes les dates de valoració varen existir productes amb una eficàcia de control de la malaltia més gran que d'altres. En les primeres dates ja es va observar que el tiram va presentar un control baix (39.5 % fruits amb lesions), el fosetil-Al+Cu va presentar un control intermedi (12.0 % de fruits amb lesions) i captan i tebuconazol varen ser els productes que inicialment varen presentar el control més elevat (1% i 8.6% de fruits amb lesions). A mesura que va progressar l'epidèmia es va observar com la capacitat de control dels fungicides disminuïa. El tiram no va presentar cap control de la malaltia. El fosetil-Al+Cu va presentar un lleuger control de la malaltia (89.4 % fruits afectats) tot i que no va diferir estadísticament del tiram i del testimoni no tractat. El tebuconazol va presentar un control més important (73.7 % fruits afectats). El captan va ser el producte que millor va controlar la malaltia tot i que el nivell de control no va ser massa elevat (65.2 % fruita afectada). La reducció de la malaltia va ser del 9 % per fosetil-Al més oxiclòrid de coure, 33 % per captan i 25 % per tebuconazol.

A la Taula 1.16 es pot observar l'efecte en la severitat de la malaltia en fruits (lesions/fruit) dels diferents fungicides emprats, per cada data de valoració. Es pot observar que per totes les dates d'avaluació les eficàcies dels productes en el control de la malaltia varen ser significativament diferents ( $P < 0.05$ ).

**Taula 1.16.** Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació de la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. Es va utilitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . ( $\alpha:0.05$ )

Temps <sup>a</sup> (dies)	Font de variació	G.LI. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
15	Antifúngic <sup>c</sup>	4	4.539	11.94	0.0002
	Error	14	1.330		
	Total	18	5.869		
23	Antifúngic	4	3.786	19.88	0.0001
	Error	14	0.667		
	Total	18	4.453		
43	Antifúngic	4	3.494	30.83	0.0001
	Error	14	0.397		
	Total	18	3.891		
50	Antifúngic	4	3.935	47.49	0.0001
	Error	14	0.290		
	Total	18	4.225		

<sup>b</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig. Es corresponen amb les quatre valoracions realitzades de la malaltia.

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>c</sup>:Efecte dels antifúngics assajats: captan, fosetil-Al+Cu, tebuconazol i tiram més un testimoni no tractat amb cap fungicida.

A la Taula 1.17 s'indica el resultat de la separació de mitjanes. En la primera data d'avaluació ja es varen observar diferents controls de la malaltia. Aquestes diferències es varen accentuar al progressar l'epidèmia en el temps. A partir de l'última data d'avaluació es va observar que el tiram no va presentar control de la malaltia. El fosetil-Al+Cu va presentar un control mitjà. El captan i el tebuconazol varen presentar el millor control de la malaltia de tots els productes assajats.

**Taula 1.17.** Severitat de la malaltia en fruits (lesions/fruit) en funció del tipus d'antifúngic i de la data d'avaluació de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. Grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de mitjanes per cada producte i data de valoració de la malaltia. La separació de mitjanes es va realitzar mitjançant la prova de Tukey. Per cada temps mitjanes amb la mateixa lletra no varen diferir significativament. ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Temps <sup>a</sup> (dies)			
	15	23	43	50
No Tractat	3.56 a	19.71 a	29.57 a	33.80 a
Fosetil-Al+Cu	0.35 bc	6.75 bc	8.66 b	8.23 b
Captan	0.01 c	1.10 d	2.14 c	2.80 c
Tebuconazol	0.14 bc	2.15 cd	3.04 bc	4.15 c
Tiram	1.23 ab	11.97 ab	17.71 a	20.41 a

<sup>a</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig.

### 1.1.1.2 Efecte dels antifúngics en la progressió de la malaltia en fruits al llarg del temps

Les variàncies de les variables incidència i  $\log_{10}$  (severitat+0.1) varen ser homogènies. Les variàncies de la variable severitat en alguns casos no varen ser homogènies. La major part dels residus de les tres variables no varen diferir d'una distribució normal. Es va utilitzar la severitat transformada en el seu logaritme per homogeneïtzar les variàncies.

A la Taula 1.18 s'indiquen els resultats de l'anàlisi de la variància realitzat per determinar l'efecte de cada producte en l'evolució de la malaltia en fruits al llarg del temps. Per tots els fungicides assajats l'eficàcia en el control de la incidència de la malaltia va variar al llarg del temps de manera significativa ( $P<0.05$ ).

**Taula 1.18.** Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la incidència de la malaltia en fruits en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
No tractat	Temps <sup>b</sup>	3	0.317	6.08	0.0093
	Error	12	0.209		
	Total	15	0.526		
Fosetil-Al+Cu	Temps	3	1.623	35.67	0.0001
	Error	12	0.182		
	Total	15	1.805		
Captan	Temps	3	1.205	58.09	0.0001
	Error	12	0.083		
	Total	15	1.288		
Tebuconazol	Temps	3	1.073	45.62	0.0001
	Error	12	0.094		
	Total	15	1.167		
Tiram	Temps	3	0.793	42.84	0.0001
	Error	8	0.049		
	Total	11	0.842		

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>b</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig i correspon a les quatre valoracions de la malaltia realitzades al llarg de l'assaig (15, 23, 43 i 50 dies després d'haver-se iniciat l'assaig).

A la Taula 1.19 s'indica la incidència de la malaltia per cada antifúngic en funció del temps, i els grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de les mitjanes.

**Taula 1.19.** Incidència de la malaltia en fruits en funció del fungicida al llarg del temps transcorregut des de l'inici de l'epidèmia. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. Grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de mitjanes realitzada entre les diferents dates de valoració de la malaltia i per cada producte. La separació de mitjanes es va realitzar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Per cada antifúngic mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament.( $\alpha:0.05$ )

Temps <sup>a</sup> (dies)	Antifúngic				
	No tractat	Fosetil-Al+Cu	Captan	Tebuconazol	Tiram
15	64.0 b	12.0 b	1.0 b	8.6 c	39.5 b
23	92.7 a	79.3 a	56.0 a	56.3 b	98.4 a
43	97.2 a	87.0 a	69.1 a	69.5 ab	99.3 a
50	98.6 a	89.4 a	65.2 a	73.7 a	98.9 a

<sup>a</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig.

Com es pot observar a la Taula 1.19 i a la Figura 1.6 l'epidèmia en la primera avaluació de símptomes, als 15 dies d'iniciar-se, va assolir valors molt importants d'incidència (64 % de fruits amb lesions en el testimoni no tractat). Els fruits tractats

amb fosetil-Al+Cu, captan i tebuconazol varen presentar uns nivells d'incidència molt baixos (1-12%), a més es va observar que el tiram ja presentava un control (40% de danys) més baix respecte a la resta de productes.

En la següent data d'avaluació de la malaltia, als 23 dies, el testimoni no tractat ja havia assolit el màxim de malaltia (98%). Queda també reflectit que el tiram va presentar una eficàcia de control de la malaltia nul·la ja que els valors de danys assolits en els fruits tractats amb aquest producte a partir de la segona data d'avaluació van arribar també al màxim (98%). Pel que fa al fosetil-Al més oxiclorur de coure i al captan s'observa que, també a partir d'aquesta data, els productes antifúngics varen assolir el màxim control de la malaltia possible per cadascun d'ells. A partir d'aquesta segona data les incidències de la malaltia no varen ser significativament diferents en les dues avaluacions posteriors realitzades. En els arbres tractats amb tebuconazol això no es va observar fins a la tercera data de valoració (43 dies).

A la Taula 1.20 s'indiquen els resultats de l'anàlisi de la variància realitzada per determinar l'efecte del temps en l'evolució de la severitat de la malaltia per cada fungicida. Tant pel testimoni no tractat com per tots els fungicides assajats l'eficàcia en el control de la severitat de la malaltia va variar al llarg del temps de manera significativa ( $P < 0.05$ ).

**Taula 1.20.** Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la severitat de la malaltia en fruit (lesions/fruit), en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. Per a realitzar l'anàlisi es va utilitzar la transformació de la severitat en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Font de variació	G.L. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
No tractat	Temps <sup>b</sup>	3	3.377	12.87	0.0005
	Error	12	1.049		
	Total	15	4.426		
Fosetil-Al+Cu	Temps	3	5.932	26.75	0.0001
	Error	12	0.887		
	Total	15	6.819		
Captan	Temps	3	4.597	129.49	0.0001
	Error	12	0.142		
	Total	15	4.739		
Tebuconazol	Temps	3	4.059	39.20	0.0001
	Error	12	0.414		
	Total	15	4.473		
Tiram	Temps	3	3.833	53.43	0.0001
	Error	8	0.191		
	Total	11	4.024		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig (15, 23, 43 i 50 dies).

A la Taula 1.21 s'indica la severitat de la malaltia en fruits per cada antifúngic en funció del temps transcorregut així com els grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de les mitjanes. Com s'observa a la Taula 1.21 i a la Figura 1.5 a partir dels 23 dies d'iniciar-se l'epidèmia la severitat de la malaltia no va augmentar en els fruits tractats amb fosetil-Al+Cu, tebuconazol, tiram o no tractats amb fungicida. Mentre que pels fruits tractats amb captan això no s'observa fins a la tercera data de valoració.

**Taula 1.21.** Severitat de la malaltia en fruits (lesions/fruit) en funció de l'antifúngic al llarg del temps transcorregut des de l'inici de l'epidèmia. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. Grups obtinguts a partir de l'anàlisi de separació de mitjanes realitzat entre les diferents dates de valoració de la malaltia i per cada producte. La separació de mitjanes es va realitzar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Per cada antifúngic mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament. ( $\alpha:0.05$ )

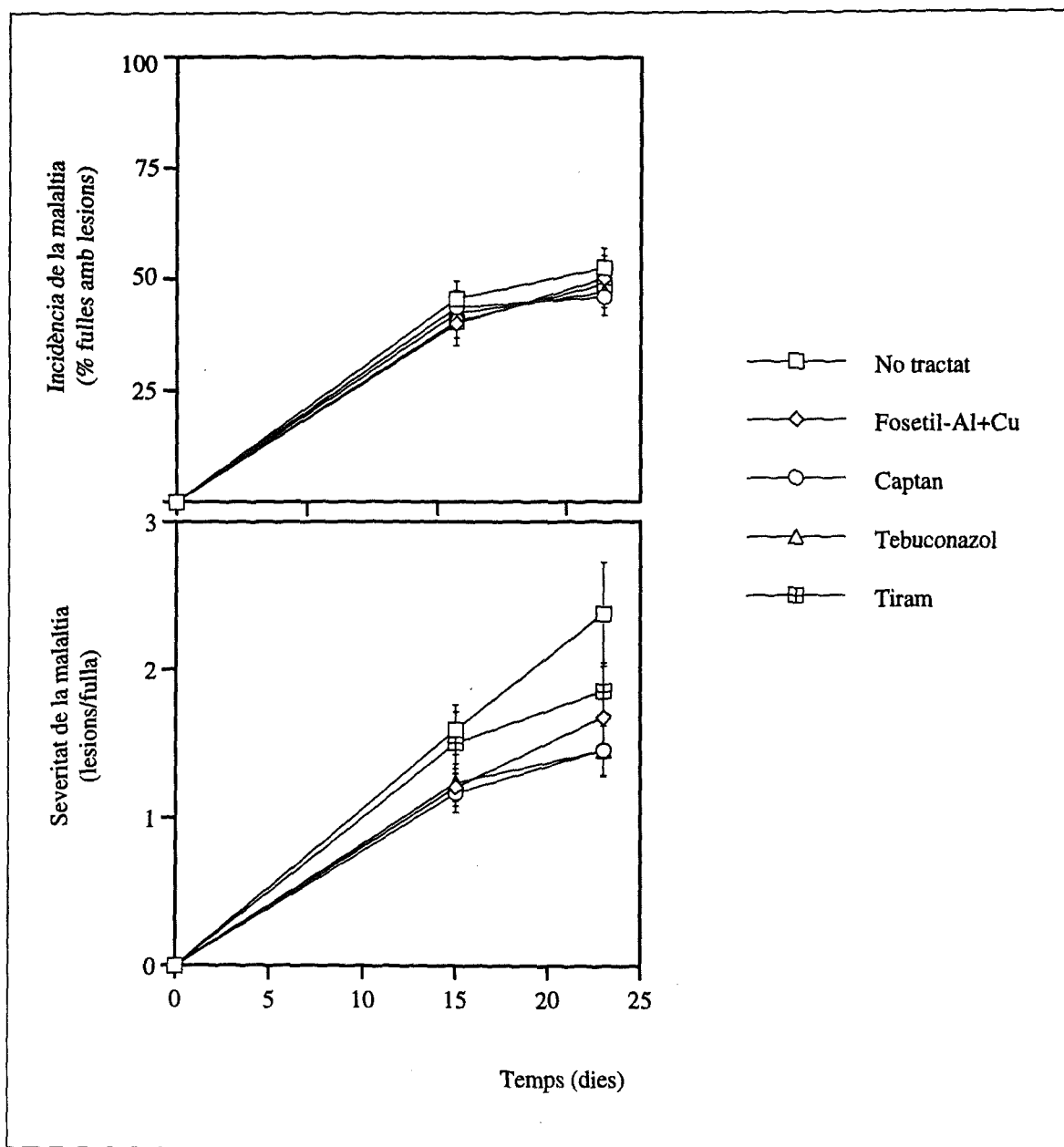
Temps <sup>a</sup> (dies)	Antifúngic				
	No tractat	Fosetil-Al+Cu	Captan	Tebuconazol	Tiram
15	3.56 b	0.35 b	0.01 c	0.14 b	1.23 b
23	19.71 a	6.75 a	1.10 b	2.15 a	11.97 a
43	29.57 a	8.66 a	2.14 a	3.04 a	17.71 a
50	33.80 a	8.23 a	2.80 a	4.15 a	20.41 a

<sup>a</sup>:Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig.

### 1.1.2 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fulles

A la Figura 1.7 s'indica l'evolució de la incidència (percentatge de fulles amb lesions) i de la severitat (lesions/fulla) al llarg del temps. La malaltia va evolucionar de manera molt ràpida i amb una dinàmica semblant per a tots els antifúngics. El seguiment de la malaltia es va deixar de realitzar als 23 dies d'haver-se iniciat l'assaig degut al gran nombre de lesions que varen presentar algunes fulles.





**Figura 1.7.** Evolució de la incidència i la severitat de la malaltia en fulles al llarg del temps en funció de l'antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. El temps correspon als dies transcorreguts a partir de l'inici de l'assaig (19 de maig). L'interval a cada punt representa l'error estàndard de la mitjana.

*1.1.2.1 Efecte de diferents antifúngics per cada data d'avaluació de la malaltia en fulles*

Les variàncies de les variables incidència i severitat varen ser homogènies i els residus no varen diferir d'una distribució normal.

L'efecte dels diferents fungicides assajats en el control de la incidència de la malaltia en fulles no va ser significatiu ( $P > 0.05$ ) en cap de les dues dates en que es varen

realitzar valoracions (Taula 1.22). Aquest efecte tampoc va ser significatiu ( $P>0.05$ ) en el control de la severitat en cap de les dues dates (Taula 1.23).

**Taula 1.22.** Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació en la incidència de la malaltia en fulles. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Temps <sup>a</sup> (dies)	Font de variació	G.Ll. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
15	Antifúngic <sup>c</sup>	4	0.009	0.46	0.7612
	Error	14	0.065		
	Total	18	0.074		
23	Antifúngic	4	0.011	0.24	0.9105
	Error	14	0.156		
	Total	18	0.167		

<sup>a</sup>: Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig.

<sup>b</sup>: Graus de llibertat.

<sup>c</sup>: Els antifúngics assajats varen ser: captan, fosetil-Al+Cu, tebuconazol i tiram més un testimoni sense tractar.

**Taula 1.23.** Efecte dels productes antifúngics assajats per cada data d'avaluació en la severitat de la malaltia en fulles. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Temps <sup>a</sup> (dies)	Font de variació	G.Ll. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
15	Antifúngic <sup>c</sup>	4	0.587	1.53	0.2465
	Error	14	1.340		
	Total	18	1.927		
23	Antifúngic	4	2.318	1.28	0.3228
	Error	14	6.316		
	Total	18	8.634		

<sup>a</sup>: Temps transcorregut des de l'inici de l'assaig.

<sup>b</sup>: Graus de llibertat.

<sup>c</sup>: Els antifúngics assajats varen ser: captan, fosetil-Al+Cu, tebuconazol i tiram més un testimoni sense tractar.

### 1.1.2.2 Efecte dels antifúngics en la progressió de la malaltia en fulles al llarg del temps

Les variàncies dels valors de severitat de la malaltia obtinguts per a cada producte varen ser homogènies i els seus residus no van diferir d'una distribució normal. Les variàncies dels valors d'incidència de la malaltia varen presentar diferències lleugerament significatives. Aquestes diferències estaven en el límit de significació ( $0.0027 < P < 0.0138$ ). No obstant els seus residus varen seguir una distribució normal.

A la Taula 1.24 s'indiquen els resultats de l'anàlisi de variàncies realitzat per determinar l'efecte del temps transcorregut des de l'inici de l'assaig en la incidència de la malaltia (percentatge de fulles amb lesions).

**Taula 1.24.** Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la incidència de la malaltia en fulles en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Font de variació	G.L. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
No tractat	Temps <sup>b</sup>	1	0.009	1.41	0.2803
	Error	6	0.040		
	Total	7	0.049		
Fosetil-Al+Cu	Temps	1	0.021	1.25	0.3064
	Error	6	0.102		
	Total	7	0.123		
Captan	Temps	1	0.001	0.10	0.7676
	Error	6	0.063		
	Total	7	0.064		
Tebuconazol	Temps	1	0.004	3.16	0.1260
	Error	6	0.008		
	Total	7	0.012		
Tiram	Temps	1	0.010	6.08	0.0693
	Error	4	0.007		
	Total	5	0.017		

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>b</sup>:Els temps corresponen a les valoracions realitzades als 15 dies d'haver-se iniciat l'assaig i als 23 dies.

Els valors d'incidència i severitat de la malaltia en fulles ja havien assolit el nivell màxim, com es pot veure a la Figura 1.7, quan es va fer la primera valoració. No va existir un efecte del temps transcorregut ( $P>0.05$ ) en el control de la incidència (Taula 1.24) ni de la severitat (Taula 1.25) per cap fungicida.

**Taula 1.25.** Efecte del temps transcorregut des de la inoculació del fong en la severitat de la malaltia en fulles i en funció del producte antifúngic. Assaig realitzat en la finca experimental Mas Badia. ( $\alpha:0.05$ )

Antifúngic	Font de variació	G.L. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
No tractat	Temps <sup>b</sup>	1	1.232	1.88	0.2194
	Error	6	3.934		
	Total	7	5.166		
Fosetil-Al+Cu	Temps	1	0.478	1.630	0.2487
	Error	6	1.760		
	Total	7	2.238		
Captan	Temps	1	0.170	1.66	0.2445
	Error	6	0.611		
	Total	7	0.781		
Tebuconazol	Temps	1	0.095	1.05	0.3446
	Error	6	0.542		
	Total	7	0.637		
Tiram	Temps	1	0.185	0.91	0.3931
	Error	4	0.808		
	Total	5	0.993		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Els temps corresponen a les valoracions realitzades als 15 dies d'haver-se iniciat l'assaig i als 23 dies.

## 1.2. Assajos en la finca comercial Can Vidal

Durant els anys 1995 i 1996 es varen realitzar assajos per determinar l'eficàcia de diferents productes antifúngics aplicats de manera preventiva. Els dos anys es varen assajar els mateixos productes: captan, fosetil-Al més oxiclòrid de coure, tebuconazol així com tiram i es varen comparar amb un testimoni no tractat amb cap fungicida.

L'any 1995 a més es va assajar un producte antifúngic biològic corresponent a suspensions del bacteri *Pseudomonas fluorescens* EPS288.

### 1.2.1 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fruits

Les variàncies de les variables incidència,  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ , producció mitjana i pèrdues varen ser homogènies. Els seus residus es varen distribuir segons una distribució normal.

Es va utilitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  per les posteriors anàlisis de la variància ja en alguns casos varen presentar una major homogeneïtat de les variàncies que sense transformar.

A les Taules 1.26 i 1.27 s'indica l'efecte dels diferents productes en la incidència (percentatge de fruits amb lesions) i severitat (lesions/fruit) de la malaltia així com en la

producció mitjana de fruita (per bloc d'assaig) i les pèrdues en pes ocasionades per la malaltia (per bloc d'assaig).

**Taula 1.26.** Efecte dels diferents productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg) i pèrdues de producció degudes a la malaltia. Dades corresponents a fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Incidència	Antifúngic <sup>b</sup>	5	0.325	52.52	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.006	1.59	0.2332
	Error	15	0.019		
	Total	23	0.350		
Severitat <sup>d</sup>	Antifúngic	5	3.719	24.16	0.0001
	Bloc	3	0.065	0.71	0.5622
	Error	15	0.462		
	Total	23	4.246		
Producció <sup>e</sup>	Antifúngic	5	3982.3	1.46	0.2598
	Bloc	3	3123.8	1.91	0.1712
	Error	15	8172.5		
	Total	23	15278.6		
Pèrdues <sup>f</sup>	Antifúngic	5	0.307	51.46	0.0001
	Bloc	3	0.010	2.92	0.0685
	Error	15	0.019		
	Total	23	0.336		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Productes antifúngics assajats, varen ser: EPS288, fosetil-Al+Cu, captan, tebuconazol i tiram més un testimoni no tractat amb cap fungicida

<sup>c</sup>: Efecte dels blocs de l'assaig.

<sup>d</sup>: Es va analitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

<sup>e</sup>: La producció correspon a la mitjana del pes dels fruits amb lesions i sense lesions obtingut per cada bloc d'assaig.

<sup>f</sup>: Proporció de la producció mitjana que no es pot aprofitar comercialment.

En els dos anys assajats es varen observar diferències significatives ( $P<0.05$ ) per les variables d'incidència, severitat i pèrdues en pes de la producció mitjana degudes a les aplicacions dels antifúngics. Així mateix s'observa que no varen existir diferències significatives ( $P>0.05$ ) entre els blocs. S'observa també que els tractaments realitzats no varen afectar a la producció mitjana de fruita ( $P<0.05$ ) i que entre els diferents blocs realitzats en l'assaig tampoc es varen observar diferències significatives ( $P>0.05$ ) per aquesta variable.

**Taula 1.27.** Efecte dels diferents productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg) i pèrdues d'aquesta producció degudes a la malaltia. Dades corresponent a fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Incidència	Antifúngic <sup>b</sup>	4	0.635	20.3	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.016	0.70	0.5717
	Error	12	0.095		
	Total	19	0.746		
Severitat <sup>d</sup>	Antifúngic	4	1.094	11.22	0.0005
	Bloc	3	0.046	0.64	0.6047
	Error	12	0.292		
	Total	19	1.432		
Producció <sup>e</sup>	Antifúngic	4	939.6	0.85	0.5200
	Bloc	3	1099.3	1.33	0.3114
	Error	12	3313.5		
	Total	19	5352.4		
Pèrdues <sup>f</sup>	Antifúngic	4	0.644	21.38	0.0001
	Bloc	3	0.018	0.78	0.5252
	Error	12	0.090		
	Total	19	0.752		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Productes antifúngics assajats, varen ser: fosetil-Al+Cu, captan, tebuconazol i tiram més un testimoni no tractat amb cap fungicida

<sup>c</sup>: Efecte dels blocs de l'assaig.

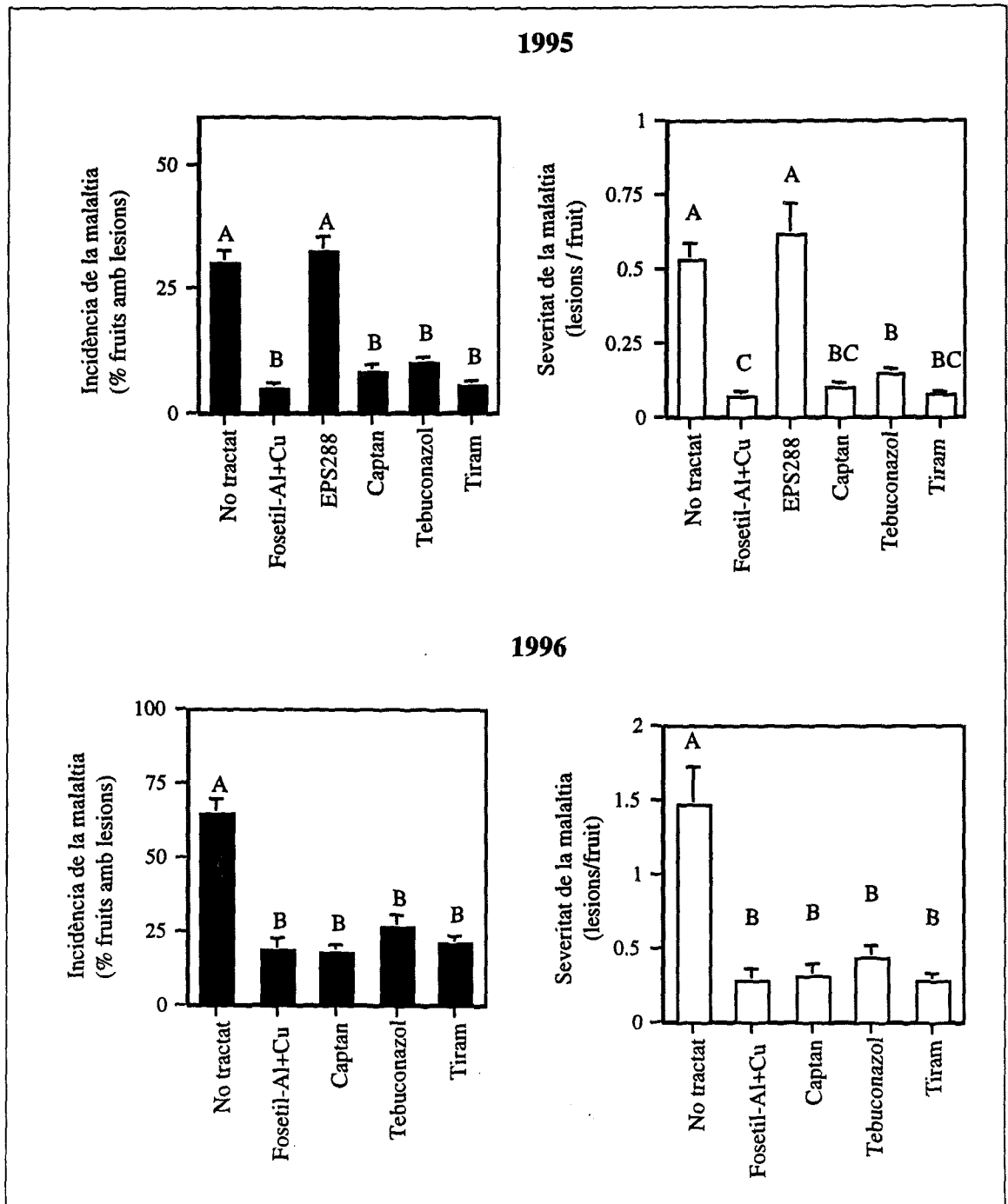
<sup>d</sup>: Es va analitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

<sup>e</sup>: La producció correspon a la mitjana del pes dels fruits amb lesions i sense lesions obtingut per cada bloc d'assaig.

<sup>f</sup>: Proporció de la producció mitjana que no es pot aprofitar comercialment.

Com es pot apreciar a les Figures 1.8 i 1.9, el control biològic mitjançant la soca EPS288 de *Pseudomonas fluorescens*, aplicat durant l'any 1995 seguint una pauta setmanal i amb les condicions de camp, no va ser eficaç. Tant la incidència, com la severitat de la malaltia no van diferir de les observades en el testimoni no tractat ni tampoc varen diferir en les pèrdues en pes dels fruits.

En els dos anys assajats es pot observar que tant el captan, fosetil-Al+Cu, tebuconazol, com el tiram varen presentar un cert control de la malaltia diferint significativament de l'observat en el testimoni no tractat ( $P<0.05$ ) però sense observar-se diferències significatives entre ells. El control de la malaltia en cap cas va ser absolut. Tots els productes van reduir els nivells de malaltia a valors relativament baixos de incidència. Aquesta reducció durant l'any 1995 va ser d'un 84% quan es va utilitzar el fosetil-Al més oxiclòrid de coure, un 82% amb el tiram, un 73% amb el captan i d'un 67% en el cas del tebuconazol.



**Figura 1.8.** Incidència i severitat de la malaltia en fruits en els moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en l'assaig a Can Vidal durant els anys 1995 i 1996. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. La severitat es va analitzar mitjançant la seva transformació en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt de cada barra representa l'error estàndard de la mitjana.

En els assajos de l'any 1996 aquesta reducció dels nivells de malaltia va ser d'un 70% en els arbres tractats amb fosetil-Al + oxiclорur de coure i amb captan, un 67% amb tiram i d'un 59 % amb tebuconazol.

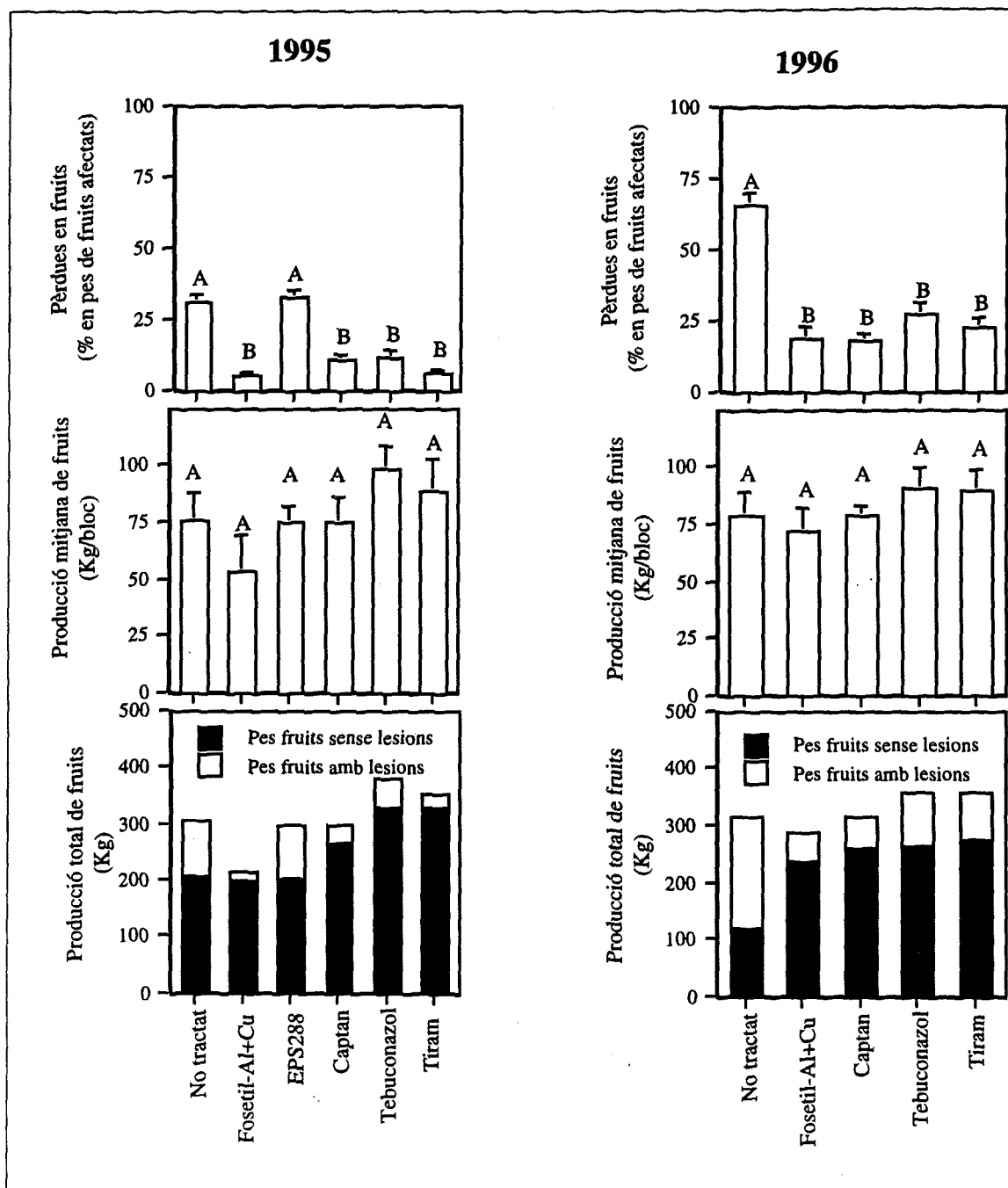
Es va observar que aquests antifúngics, durant l'any 1995, varen presentar també un control de la malaltia quan aquesta es va mesurar com severitat. Van existir diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre la severitat observada en els fruits tractats amb fosetil-Al més oxiclорur de coure, captan, tebuconazol i tiram. Els fruits tractats amb fosetil-Al més coure varen ser els que varen presentar una severitat de la malaltia més baixa però que no va diferir de l'observada en els fruits tractats amb tiram i captan. Els fruits tractats amb tebuconazol varen presentar un nivell de severitat significativament més baix que l'observat en el testimoni però més elevat que l'observat amb fosetil-Al més coure. Els fruits tracta

En els assajos realitzats durant l'any 1996 (veure Figura 1.8) es pot apreciar que els productes varen disminuir la severitat de la malaltia. No es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) entre fruits tractats amb fosetil-Al més oxiclорur de coure, captan, tebuconazol o tiram. Sí que es varen observar diferències significatives entre els productes i el testimoni no tractat ( $P < 0.05$ ).

Pel que fa a la producció mitjana de fruita (incloent-hi tant la fruita que a collita no va presentar símptomes de la malaltia com la que sí en va presentar), no es varen observar diferències significatives entre els tractaments realitzats en cap dels dos anys (veure Figura 1.9). Per una altra part els arbres que durant els assajos dels dos anys van ser tractats amb el fosetil-Al més oxiclорur de coure, presentaven fitotoxicitat en fulles (clorosi i pèrdua de vigor) i fruits ( tamany reduït).

En tots els tractaments antifúngics realitzats, a excepció del producte biològic (*P.fluorescens* EPS288), es va observar una reducció de les pèrdues de fruita afectada per la malaltia. Les pèrdues en fruits obtingudes en els arbres tractats amb fosetil-Al més oxiclорur de coure, captan, tebuconazol i tiram no va ser significativament diferents entre elles ( $P > 0.05$ ), però sí que van diferir ( $P < 0.05$ ) de les pèrdues observades en el testimoni.

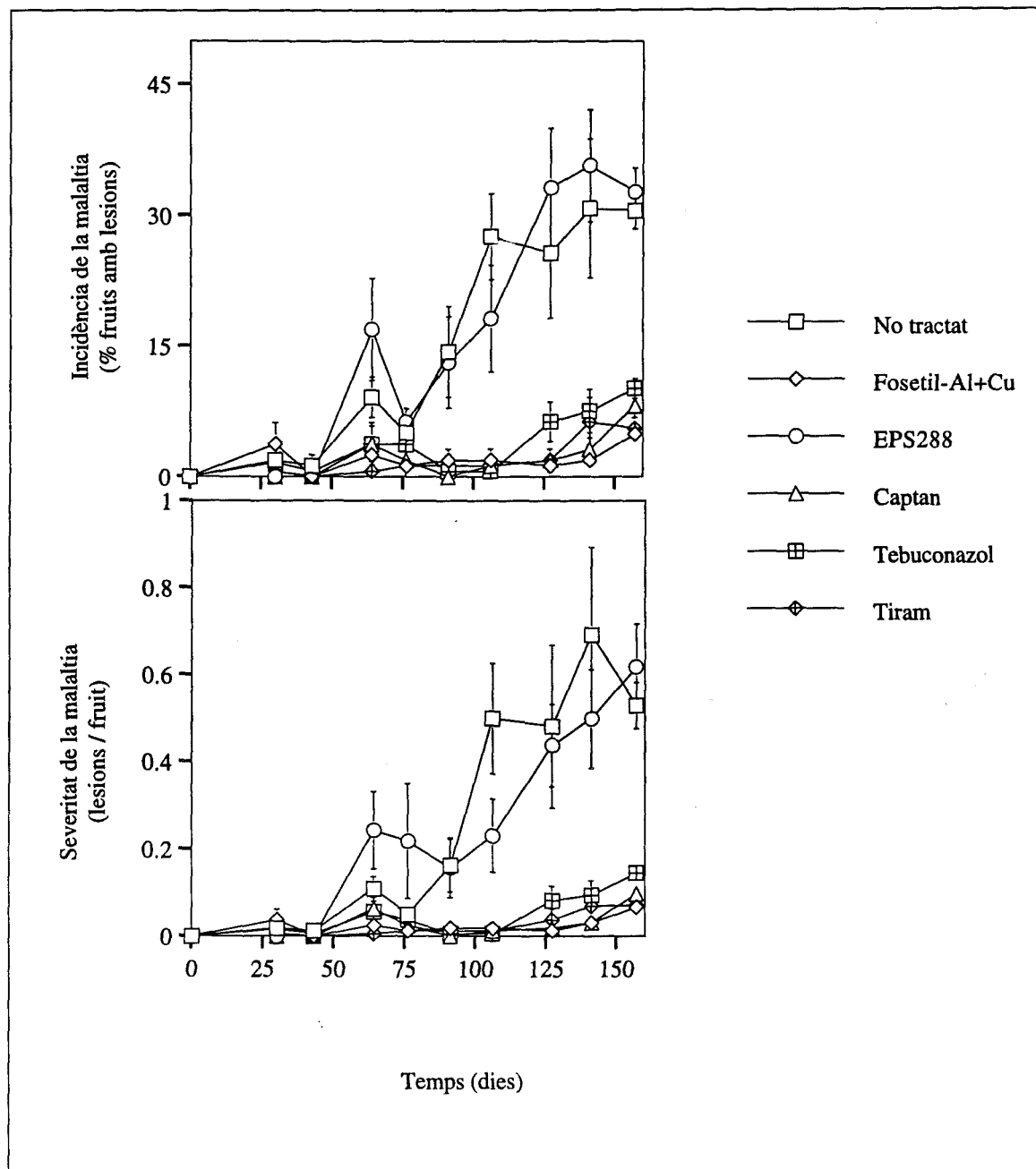




**Figura 1.9.** Proporció de pèrdues de la producció, producció mitjana de fruits per bloc i producció total d'aquests en els quatre blocs per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca Can Vidal durant els anys 1995 i 1996. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt les barres representa l'error estàndard de la mitjana.

A la Figura 1.10 es presenta l'evolució al llarg del temps de la malaltia en funció dels tractaments realitzats en la l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. L'última data d'avaluació, realitzada 157 dies després d'haver iniciat l'assaig, va correspondre a la

collita dels fruits. L' any 1996 no es va realitzar un seguiment acurat al llarg del temps per tots els productes assajats.



**Figura 1.10.** Evolució de la incidència i la severitat de la malaltia en fruits al llarg del temps en funció de l'antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Vidal l'any 1995. El temps correspon als dies transcorreguts a partir de l'inici de l'assaig (15 de maig). L'interval a cada punt representa l'error estàndard de la mitjana ( $\alpha:0.05$ ).

Es pot apreciar que la malaltia en els fruits del testimoni no tractat i dels arbres tractats amb EPS288 varen seguir una evolució molt semblant. La resta de productes assajats sí que varen presentar un control, reduint els nivells de la malaltia.

### 1.2.2.3 Efecte dels antifúngics en el control de la malaltia en fulles

Els residus de la incidència i la severitat de la malaltia no varen diferir d'una distribució normal. Les variàncies dels valors de severitat de la malaltia varen ser homogènies mentre els valors d'incidència no ho varen ser. No obstant aquest darrer resultat es va realitzar una anàlisi de la variància per determinar l'efecte dels tractaments antifúngics en la severitat i incidència de la malaltia.

A la Taula 1.28 es presenten els resultats de l'anàlisi de la variància per determinar l'efecte dels productes antifúngics emprats en la incidència i la severitat de la malaltia. A la Figura 1.11 es mostren les mitjanes de la incidència i severitat per cada antifúngic així com els grups obtinguts a partir de la prova de separació de mitjanes. A la Figura 1.12 es representa l'evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles per cada producte assajat durant l'any 1995. L'any 1996 no es va fer un seguiment al llarg del temps per tots els productes.

**Taula 1.28.** Efecte dels productes antifúngics en la incidència i la severitat de la malaltia en fulles de perera en l'assaig de Can Vidal durant els anys 1995 i 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Any	Variable	Font de variació	G.LI <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
1995	Incidència	Producte <sup>b</sup>	5	0.147	18.73	0.0001
		Bloc	3	0.057	12.18	0.0003
		Error	15	0.024		
		Total	23	0.228		
	Severitat <sup>c</sup>	Producte	5	0.635	65.64	0.0001
		Bloc	3	0.072	12.41	0.0002
		Error	15	0.029		
		Total	23	0.736		
1996	Incidència	Producte	4	0.094	2.93	0.0666
		Bloc	3	0.075	3.10	0.0674
		Error	12	0.097		
		Total	19	0.266		
	Severitat <sup>c</sup>	Producte	4	0.101	4.89	0.0143
		Bloc	3	0.024	1.54	0.2556
		Error	12	0.062		
		Total	19	0.187		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

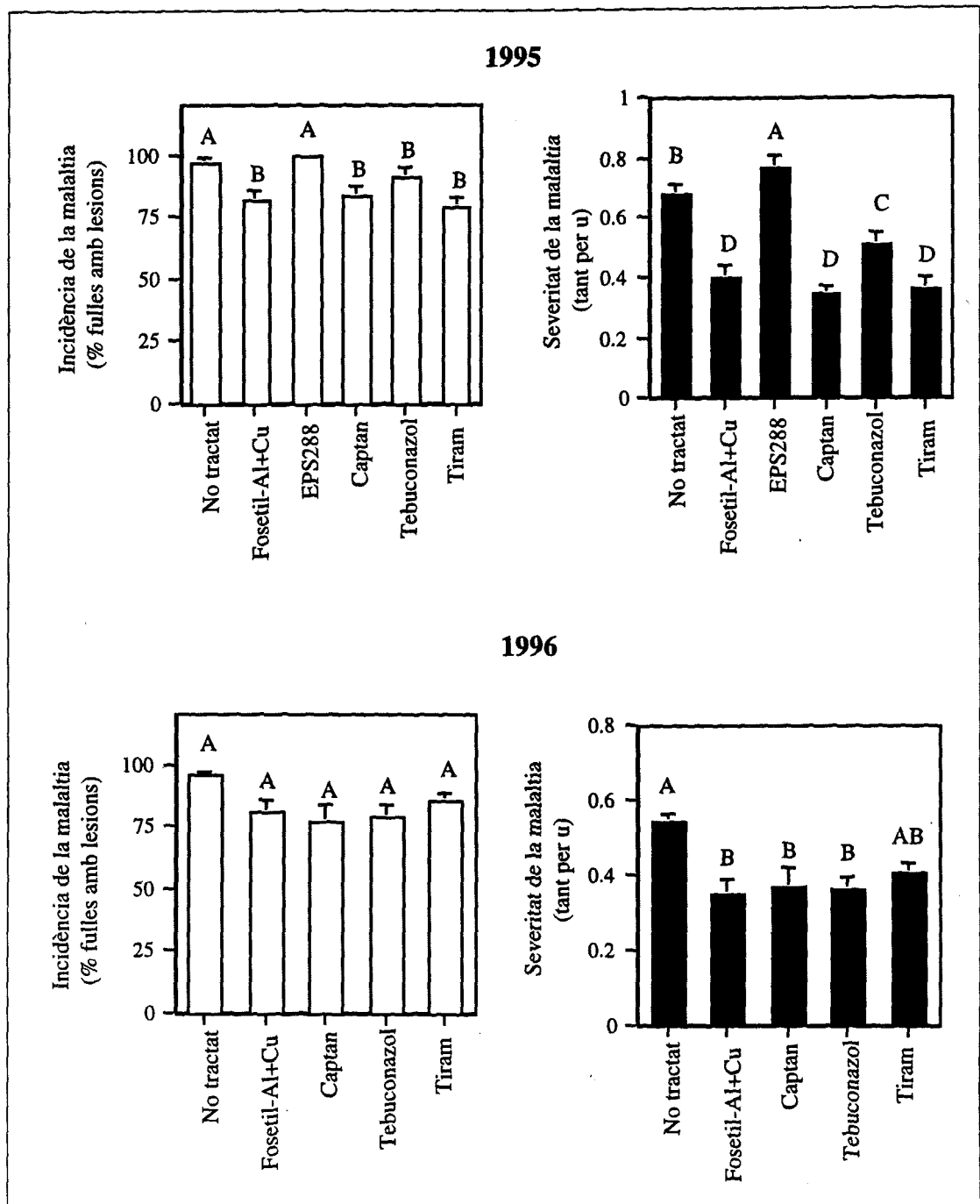
<sup>b</sup>: Producte antifúngic.

<sup>c</sup>: La severitat s'ha analitzat a partir de les dades obtingudes amb l'índex relatiu de severitat.

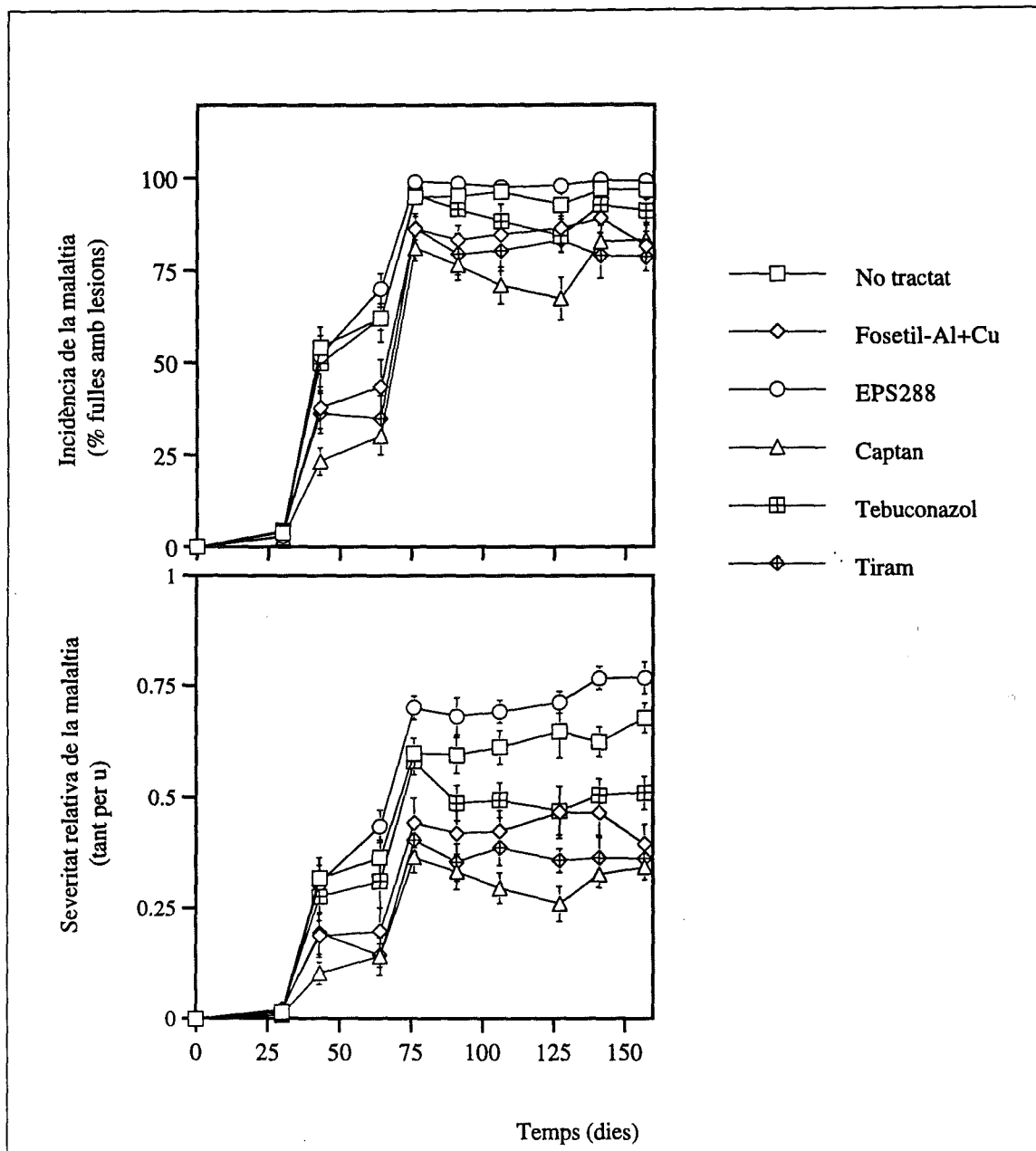
Durant l'any 1995 (veure Taula 1.28) els antifúngics utilitzats varen tenir efecte reduint tant la incidència com la severitat de la malaltia ( $P<0.05$ ), no obstant també es varen observar diferències significatives entre blocs ( $P<0.05$ ). Els antifúngics fosetil-Al més oxiclòrid de coure, captan, tebuconazol i tiram varen presentar un cert control de la

malaltia (Figura 1.11). La incidència de la malaltia va ser semblant ( $P > 0.05$ ) entre tots els antifúngics diferint significativament del tractament amb EPS288 i del testimoni no tractat. La severitat de la malaltia va diferir per cadascun dels antifúngics utilitzats (Figura 1.11). Es poden fer tres grups segons el grau de control de la malaltia : a) un primer grup que no va presentar cap control de la malaltia va correspondre a EPS288 que va diferir del testimoni no tractat amb fungicida presentant un nivell de severitat de la malaltia significativament ( $P < 0.05$ ) més elevat, b) el tebuconazol va presentar un control de la malaltia significativament diferent del testimoni però més baix que la resta de productes, i c) fosetil-Al més oxiclорur de coure, captan i tiram varen ser els més eficaços en el control de la malaltia sense presentar diferències significatives entre ells però sí amb el testimoni no tractat.

L'any 1996 (veure Taula 1.28) no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) per la incidència de la malaltia entre els tractaments realitzats ni tampoc varen existir entre blocs. La severitat de la malaltia va diferir significativament segons el tipus d'antifúngic utilitzat ( $P < 0.05$ ). No es varen observar diferències significatives entre blocs ( $P > 0.05$ ). Es poden fer dos grups en funció del grau de control de la malaltia: a) el tiram que va presentar els nivells de control més baixos sense diferències amb el testimoni no tractat i b) fosetil-Al + oxiclорur de coure, captan i tebuconazol que varen presentar un nivell de control semblant entre ells diferint del testimoni no tractat (Figura 1.11).



**Figura 1.11.** Incidència i severitat de la malaltia en fulles en el moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en la finca Can Vidal durant els anys 1995 i 1996. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt les barres representa l'error estàndard de la mitjana.



**Figura 1.12.** Evolució de la incidència i severitat de la malaltia en fulles al llarg del temps per cada producte assajat durant l'any 1995 en la finca comercial de Can Vidal. El temps correspon als dies transcorreguts a partir de l'inici de l'assaig (15 de maig). L'interval a cada punt representa l'error estàndard de la mitjana ( $\alpha:0.05$ ).

### 1.3. Assajos en la finca comercial Can Garrofa

Durant l'any 1996 es varen assajar els antifúngics diclofluanida i kresoxim-metil aplicats de manera preventiva i amb una cadència quinzenal per avaluar l'eficàcia en el control de la malaltia. Es van mesurar els nivells de la malaltia tant en fruits com en fulles.

#### *1.3.1 Efecte de diferents antifúngics en el control de la malaltia en fruits*

Els residus de les variables incidència i severitat de la malaltia,  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ , producció mitjana de fruits (en pes) i pèrdues d'aquesta producció degudes a la malaltia varen seguir una distribució normal. Les variàncies d'aquestes variables varen ser homogènies, menys en el cas de les pèrdues de producció que estaven en el límit de significació.

A partir de l'anàlisi de la variància realitzat, Taula 1.29, es pot apreciar que per la incidència i severitat de la malaltia varen existir diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre els fungicides aplicats. Entre blocs no es varen observar diferències significatives per la severitat ( $P > 0.05$ ) o en els cas de la incidència estaven en el límit de significació ( $0.01 < P < 0.05$ ). Per les variables producció mitjana de fruita i pèrdues de producció no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) degudes als tractaments realitzats. Tampoc es varen observar diferències significatives entre els blocs d'assaig per la variable producció mitjana, però les diferències entre blocs estaven al límit de significació per les pèrdues de la producció.

**Taula 1.29.** Efecte dels productes antifúngics en la incidència, severitat, producció mitjana de fruita (kg/bloc) i pèrdues d'aquesta producció degudes a la malaltia. Dades de l'assaig de Can Garrofa 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.LI <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Incidència	Antifúngic <sup>b</sup>	2	0.203	44.05	0.0003
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.054	7.78	0.0172
	Error	6	0.014		
	Total	11	0.271		
Severitat <sup>d</sup>	Antifúngic	2	0.380	12.09	0.0079
	Bloc	3	0.088	1.87	0.2356
	Error	6	0.094		
	Total	11	0.562		
Producció <sup>e</sup>	Antifúngic	2	2934.1	3.53	0.0970
	Bloc	3	2271.4	1.82	0.2436
	Error	6	2494.3		
	Total	11	7699.8		
Pèrdues <sup>f</sup>	Antifúngic	2	0.203	44.05	0.0003
	Bloc	3	0.054	7.78	0.0172
	Error	6	0.014		
	Total	11	0.271		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Efecte dels diferents antifúngics assajats, que varen ser: diclofluanida, kresoxim-metil i un testimoni no tractat amb cap fungicida.

<sup>c</sup>: Efecte dels blocs de l'assaig.

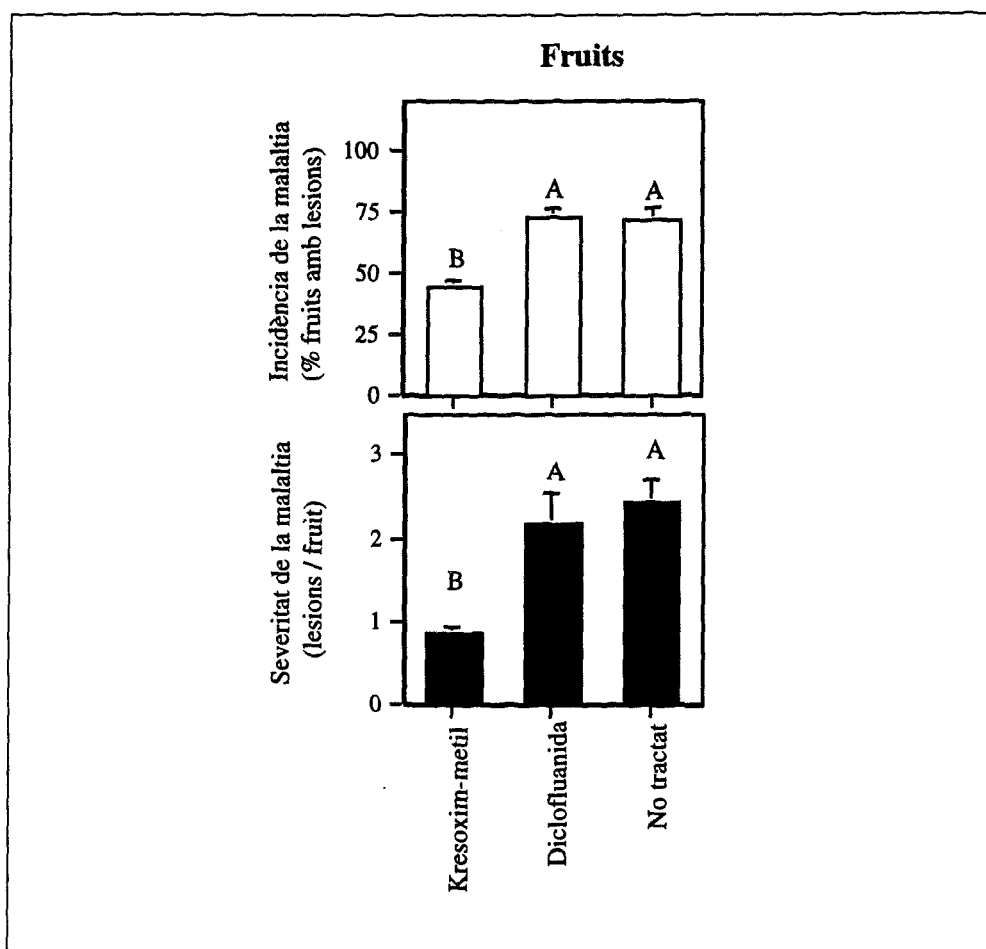
<sup>d</sup>: Es va analitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

<sup>e</sup>: La producció correspon a la mitjana del pes dels fruits amb lesions i sense lesions obtingut per cada bloc d'assaig.

<sup>f</sup>: Proporció en pes de la producció mitjana que no es pot aprofitar comercialment.

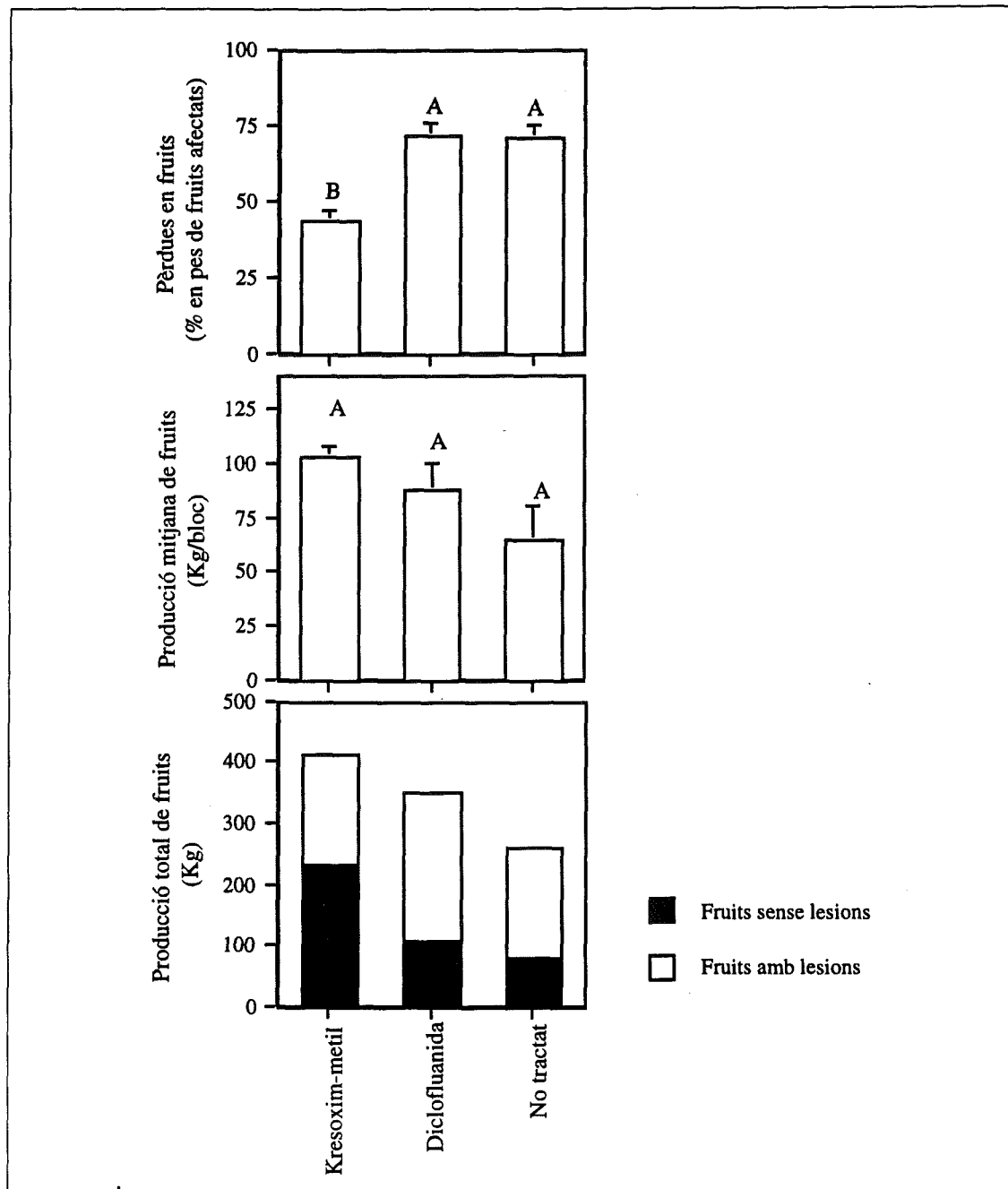
A la Figura 1.13 es mostren les mitjanes d'incidència i severitat de la malaltia observades tant en fruits com en fulles en el moment de collita. Només el kresoxim-metil va presentar un cert control de la malaltia diferint significativament ( $P<0.05$ ) de l'obtingut amb diclofluanida i del testimoni no tractat. Aquest control no va ser massa elevat. La diclofluanida no va presentar cap control de la malaltia i els valors obtinguts no varen diferir significativament del testimoni no tractat.





**Figura 1.13.** Incidència i severitat de la malaltia en els fruits en el moment de collita per cada tractament antifúngic realitzat en la finca Can Garrofa durant l'any 1996. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt de cada barra representa l'error estàndard de la mitjana.

A la Figura 1.14 s'indiquen les pèrdues de la producció de fruits degudes a la malaltia així com la producció mitjana per cada bloc. Els resultats són semblants als obtinguts al valorar la malaltia a partir de la incidència i severitat. L'únic antifúngic que va mostrar control va ser el kresoxim-metil que va presentar menys pèrdues (44.2%) respecte als tractaments realitzats amb diclofluamida (72.2 %) i al testimoni no tractat (71.6 %). Quant s'observa la producció mitjana en pes dels fruits (incloent-hi tant els fruits amb lesions com els fruits que no varen presentar lesions), no es varen observar diferències significatives entre tractaments.



**Figura 1.14.** Pèrdues de la producció de fruits, producció mitjana en fruits per cada bloc i producció total de fruits pels quatre blocs obtinguts en el moment de collita per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Garrofa. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt cada barra representa l'error estàndard de la mitjana.

A la Figura 1.14 es pot apreciar que la producció mitjana de fruits va ser inferior en el testimoni no tractat que en aplicar kresoxim-metil. Aquestes diferències no varen ser estadísticament significatives. Si s'observa el pes total dels fruits per cada tractament es pot apreciar com aquestes diferències es mantenen.

*1.3.2 Efecte de diferents antifúngics en el control de la malaltia en fulles*

Les variàncies de la severitat varen ser homogènies i els seus residus es varen distribuir normalment. Els residus obtinguts per la incidència de la malaltia no varen diferir d'una distribució normal però les seves variàncies no varen ser homogènies. Malgrat no complir-se tots els requisits necessaris es va realitzar una anàlisi de la variància .

L'efecte dels tractaments va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) en la incidència i severitat de la malaltia (Taula 1.30). L'efecte del bloc no va ser significatiu ( $P > 0.05$ ) en la incidència però estava en el límit de significació en la severitat de la malaltia. ( $0.01 < P < 0.05$ ).

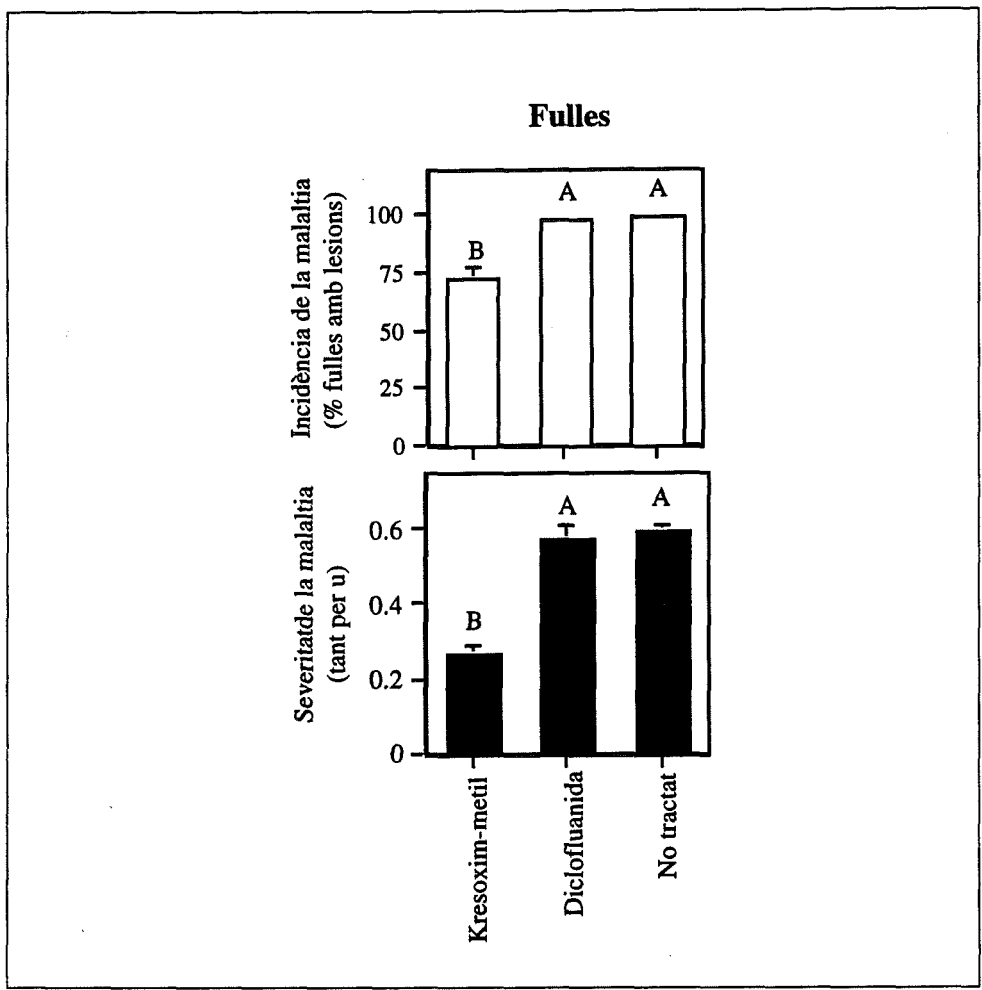
**Taula 1.30.** Efecte dels productes antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en fulles de perera. Dades de l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Incidència	Producte	2	0.180	16.55	0.0036
	Bloc	3	0.013	0.81	0.5323
	Error	6	0.032		
	Total	11	0.225		
Severitat <sup>b</sup>	Producte	2	0.261	126.64	0.0001
	Bloc	3	0.016	5.07	0.0434
	Error	6	0.006		
	Total	11	0.283		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: La severitat s'ha analitzat a partir de les dades obtingudes amb l'índex relatiu de severitat.

Tant la incidència com la severitat de la malaltia observada en fulles va ser significativament diferent ( $P < 0.05$ ) en aquelles fulles tractades amb kresoxim-metil de les tractades amb diclofluanida o de les no tractades (Figura 1.15). La diclofluanida no va presentar control de la malaltia en fulles.



**Figura 1.15.** Incidència i severitat de la malaltia en fulles en el moment de collita per cada tractament antifúngic. Assaig realitzat en la finca comercial Can Garrofa l'any 1996. La separació de mitjanes es va efectuar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Les mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ). L'interval damunt les barres representa l'error estàndard de la mitjana.

## 2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat

Es va avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera de diferents productes antifúngics aplicats abans de la inoculació amb *Stemphylium vesicarium* i aplicats després de la inoculació i incubació. Es varen realitzar tres experiments. Les condicions d'incubació de la malaltia en dos dels experiments varen ser una temperatura de 22.5°C i durada del període d'humectació de 24 h. En un tercer experiment varen ser una temperatura de 22.5 °C i durada del període d'humectació de 12 h, amb la finalitat que les condicions per provocar la malaltia fossin menys dràstiques que en els casos anteriors.

### 2.1. Efecte de l'estratègia d'aplicació segons el tipus d'antifúngic

Les variàncies de les variables incidència (percentatge de fulles amb lesions) i severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  varen ser homogènies segons la prova de Bartlett. Les variàncies de la variable severitat (lesions/fulla) en alguns casos no varen ser homogènies. La distribució dels residus de les variables incidència i  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  no va diferir d'una distribució normal segons la prova de Shapiro-Wilk. Els residus de la variable severitat varen diferir en alguns casos d'una distribució normal. Per aquest motiu les anàlisis es varen realitzar amb  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

#### 2.1.1 Efecte de l'estratègia d'aplicació en la incidència de la malaltia

Les incidències i severitats observades en el testimoni quan les condicions d'incubació varen ser de 22.5 °C i 24 hores d'humectació van ser diferents per cadascuna de les repeticions de l'experiment. Per aquestes condicions d'incubació en la primera repetició de l'experiment (Taula 1.31) hi havia dos grups de productes: a) benomil, captan i tebuconazol no varen presentar diferències significatives ( $P>0.05$ ) en el control de la malaltia segons l'estratègia d'aplicació, b) kresoxim-metil, clortalonil, procimidona i tiram tot i presentar diferències en el control de la malaltia segons l'estratègia, aquestes diferències es varen trobar en el llindar de significació ( $0.01<P<0.05$ ). En la segona repetició de l'experiment (Taula 1.32) es varen obtenir tres grups: a) benomil que no va presentar diferències significatives en funció de l'estratègia, b) kresoxim-metil i procimidona que varen presentar diferències en el

control de la malaltia en el llindar de significació ( $0.01 < P < 0.05$ ), i c) captan, clortalonil, tebuconazol i tiram que varen presentar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) de control segons l'estratègia d'aplicació.

A la Figura 1.16 es pot apreciar que en aquest experiment en les plantes testimoni, tractades amb aigua després de la inoculació del fong, el nivell de malaltia va ser lleugerament inferior a l'obtingut en les plantes tractades preventivament. En canvi en la segona repetició, per les mateixes condicions d'incubació, el nivell de la malaltia va ser lleugerament superior en les plantes tractades amb aigua després de la inoculació del fong.

**Taula 1.31.** Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la incidència de la malaltia per cadascun dels productes assajats. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Primera repetició de l'experiment. ( $\alpha:0.05$ )

Producte	Font de variació	G.l. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.008	0.49	0.5225
	Error	4	0.066		
	Total	5	0.074		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	0.089	21.06	0.0101
	Error	4	0.017		
	Total	5	0.106		
Benomil	Estratègia	1	0.027	2.51	0.1885
	Error	4	0.042		
	Total	5	0.069		
Captan	Estratègia	1	0.000	0	1.0000
	Error	4	0.103		
	Total	5	0.103		
Clortalonil	Estratègia	1	0.224	10.22	0.0330
	Error	4	0.088		
	Total	5	0.312		
Procimidona	Estratègia	1	0.470	13.92	0.0200
	Error	4	0.135		
	Total	5	0.605		
Tebuconazol	Estratègia	1	0.091	4.35	0.1053
	Error	4	0.084		
	Total	5	0.175		
Tiram	Estratègia	1	0.269	10.88	0.0300
	Error	4	0.099		
	Total	5	0.368		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègia d'aplicació del fungicida: preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).

**Taula 1.32.** Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la incidència de la malaltia per cadascun dels productes assajats. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. Segona repetició de l'experiment. ( $\alpha:0.05$ )

Producte	Font de variació	G.II. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.001	0.28	0.6272
	Error	4	0.004		
	Total	5	0.005		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	0.265	15.13	0.0177
	Error	4	0.070		
	Total	5	0.335		
Benomil	Estratègia	1	0.001	0.24	0.6513
	Error	4	0.014		
	Total	5	0.015		
Captan	Estratègia	1	0.589	70.83	0.0011
	Error	4	0.033		
	Total	5	0.622		
Clortalonil	Estratègia	1	0.627	115.8	0.0004
	Error	4	0.022		
	Total	5	0.649		
Procimidona	Estratègia	1	0.154	10.41	0.0321
	Error	4	0.059		
	Total	5	0.213		
Tebuconazol	Estratègia	1	0.217	21.81	0.0095
	Error	4	0.040		
	Total	5	0.257		
Tiram	Estratègia	1	0.252	23.06	0.0086
	Error	4	0.044		
	Total	5	0.296		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègia d'aplicació del fungicida : preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).

Per les condicions d'incubació de 12 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura es varen observar (Taula 1.33) tres grups de productes: a) benomil que no va presentar diferències significatives ( $P>0.05$ ) en el control de la malaltia segons l'estratègia, b) el clortalonil i el tiram tot i presentar diferències significatives, aquestes estaven en el llindar de significació ( $0.01<P<0.05$ ) i c) productes amb diferències significatives ( $P<0.05$ ) corresponent als productes kresoxim-metil, captan, diclofluanida, procimidona i tebuconazol, en els quals l'estratègia d'aplicació va determinar clarament la seva eficàcia.

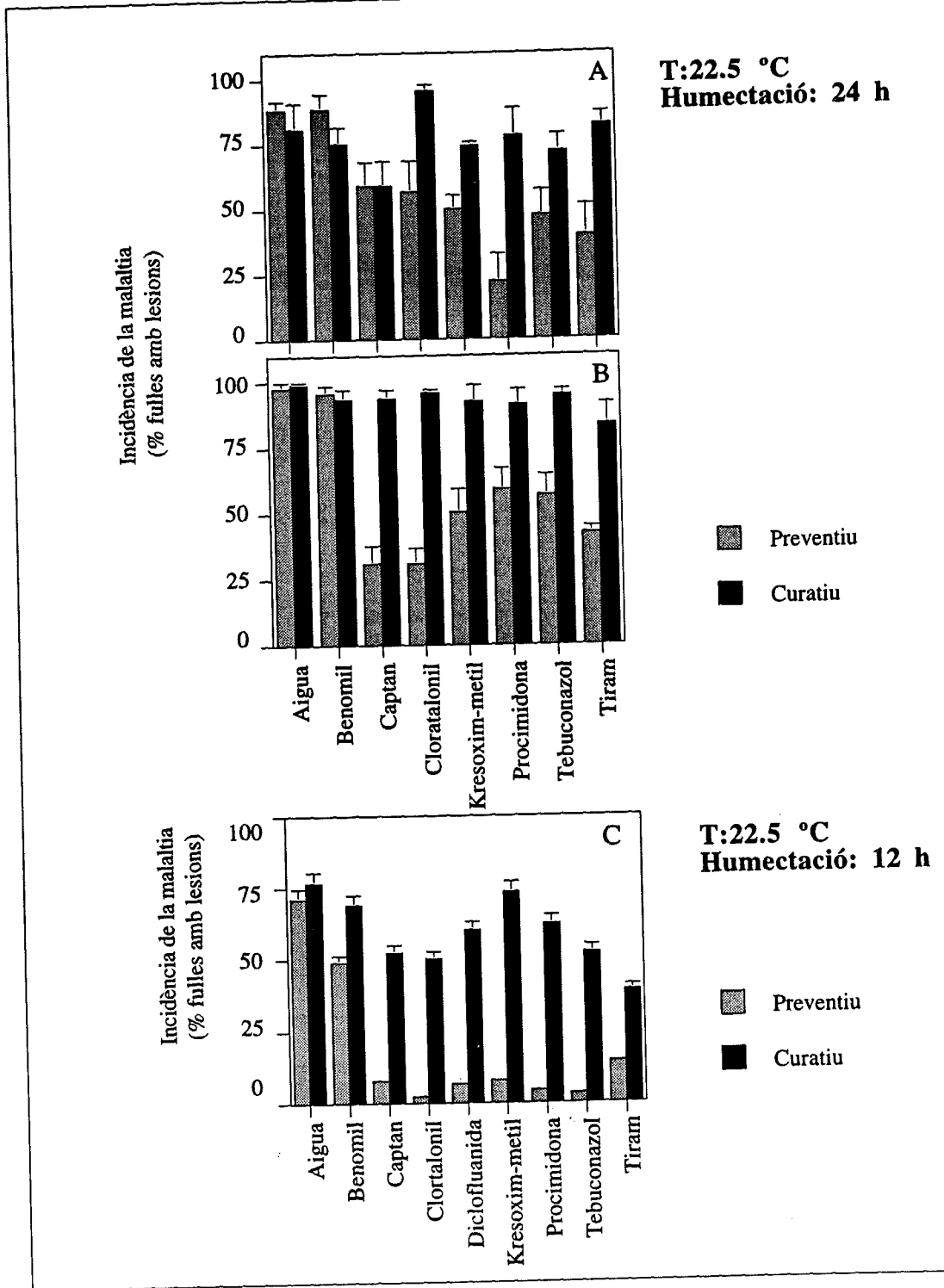
**Taula 1.33.** Efecte de l'estratègia de l'aplicació dels productes antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) per cadascun dels productes assajats en la incidència de la malaltia. Les condicions d'incubació varen ser de 12 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. ( $\alpha$ :0.05)

Producte	Font de variació	G.ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.005	1.77	0.2538
	Error	4	0.011		
	Total	5	0.016		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	0.653	222.75	0.0001
	Error	4	0.012		
	Total	5	0.665		
Benomil	Estratègia	1	0.058	2.91	0.1631
	Error	4	0.079		
	Total	5	0.137		
Captan	Estratègia	1	0.299	143.65	0.0003
	Error	4	0.008		
	Total	5	0.307		
Clortalonil	Estratègia	1	0.346	12.30	0.0247
	Error	4	0.112		
	Total	5	0.458		
Diclofluanida	Estratègia	1	0.421	47.97	0.0023
	Error	4	0.035		
	Total	5	0.456		
Procimidona	Estratègia	1	0.499	239.43	0.0001
	Error	4	0.008		
	Total	5	0.507		
Tebuconazol	Estratègia	1	0.360	40.54	0.0031
	Error	4	0.035		
	Total	5	0.395		
Tiram	Estratègia	1	0.086	16.83	0.0148
	Error	4	0.020		
	Total	5	0.106		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègia d'aplicació del fungicida: preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).





**Figura 1.16.** Incidència de la malaltia en plantes tractades de manera preventiva (abans de la inoculació) o curativa (després de la inoculació i incubació) per cada antifúngic i per dues condicions d'incubació: temperatura de 22.5°C i durada d'humectació de 24h (amb dues repeticions A i B) i temperatura de 22.5°C i 12 h d'humectació (C). Els intervals damunt les columnes representen l'error estàndard de la mitjana ( $\alpha:0.05$ ).

A la Figura 1.16 es pot apreciar que el control de la malaltia per tots els productes assajats, menys pel benomil que no va ser efectiu, va ser molt més baixa quan es va aplicar en aquelles plantes amb infeccions ja iniciades que quan es va aplicar de manera preventiva.

### *2.1.2 Efecte de l'estratègia d'aplicació en la severitat de la malaltia*

Analitzant per cada producte l'efecte de l'estratègia d'aplicació en el control de la severitat de la malaltia (lesions/fulla), es va observar que amb condicions d'incubació de 22.5 °C i 24 hores d'humectació en la primera repetició de l'experiment (Taula 1.34) hi havia tres grups de productes segons el grau de control de la malaltia: a) benomil i captan no varen presentar diferències significatives ( $P>0.05$ ) segons l'estratègia d'aplicació, b) tiram tot i presentar diferències en el control de la malaltia segons l'estratègia aplicació, aquestes es varen trobar en el llindar de significació ( $0.01<P<0.05$ ) i c) kresoxim-metil, clortalonil, procimidona i tebuconazol que varen presentar diferències significatives ( $P<0.05$ ). En la segona repetició de l'experiment (Taula 1.35) els grups de productes obtinguts varen ser els següents: a) benomil no va presentar diferències significatives ( $P>0.05$ ), b) procimidona, tebuconazol i tiram amb diferències en el llindar de significació ( $0.01<P<0.05$ ), c) kresoxim-metil, captan i clortalonil que varen presentar diferències significatives ( $P<0.05$ ) de control segons l'estratègia d'aplicació.

**Taula 1.34.** Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. La severitat es va analitzar amb la transformació en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  Primera repetició de l'experiment. ( $\alpha:0.05$ )

Producte	Font de variació	G.ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.089	2.89	0.1644
	Error	4	0.123		
	Total	5	0.212		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	0.802	28.70	0.0059
	Error	4	0.112		
	Total	5	0.914		
Benomil	Estratègia	1	0.034	1.22	0.3318
	Error	4	0.111		
	Total	5	0.145		
Captan	Estratègia	1	0.300	4.46	0.1022
	Error	4	0.269		
	Total	5	0.569		
Clortalonil	Estratègia	1	1.067	21.88	0.0095
	Error	4	0.195		
	Total	5	1.262		
Procimidona	Estratègia	1	1.966	53.77	0.0018
	Error	4	0.146		
	Total	5	2.112		
Tebuconazol	Estratègia	1	0.363	30.76	0.0052
	Error	4	0.047		
	Total	5	0.410		
Tiram	Estratègia	1	1.401	10.61	0.0312
	Error	4	0.528		
	Total	5	1.929		

a: Graus de llibertat.

b: Estratègia d'aplicació del fungicida: preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).

**Taula 1.35.** Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 24 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. La severitat es va analitzar en la seva transformació en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Segona repetició de l'experiment. ( $\alpha:0.05$ )

Producte	Font de variació	G.l. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.045	2.83	0.1676
	Error	4	0.063		
	Total	5	0.108		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	1.898	278.51	0.0001
	Error	4	0.027		
	Total	5	1.925		
Benomil	Estratègia	1	0.001	0.04	0.8603
	Error	4	0.159		
	Total	5	0.160		
Captan	Estratègia	1	2.254	134.77	0.0003
	Error	4	0.067		
	Total	5	2.321		
Clortalonil	Estratègia	1	1.854	41.90	0.0029
	Error	4	0.177		
	Total	5	2.031		
Procimidona	Estratègia	1	0.543	11.24	0.0285
	Error	4	0.193		
	Total	5	0.736		
Tebuconazol	Estratègia	1	0.881	19.89	0.0112
	Error	4	0.177		
	Total	5	1.058		
Tiram	Estratègia	1	0.630	10.27	0.0328
	Error	4	0.245		
	Total	5	0.875		

a: Graus de llibertat.

b: Estratègia d'aplicació del fungicida: preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).

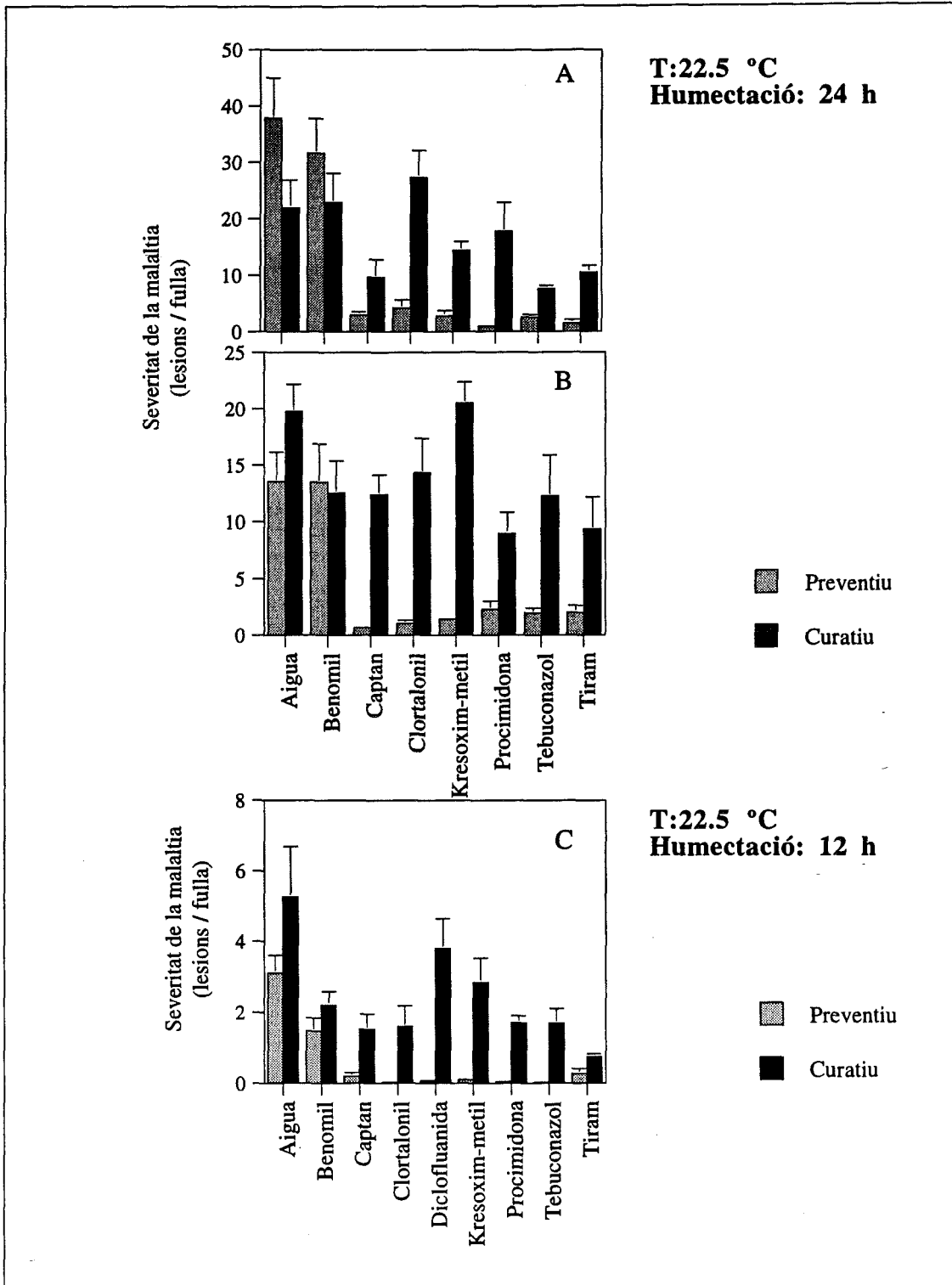
Quan les condicions d'incubació van ser menys favorables amb 22.5 °C i 12 h d'humectació (Taula 1.36) es poden observar també tres grups de productes: a) benomil no va presentar diferències significatives ( $P>0.05$ ), b) els productes captan, clortalonil i tiram que tot i que varen presentar diferències significatives en el control de la malaltia segons l'estratègia d'aplicació, aquestes diferències estaven en el llindar de significació ( $0.01<P<0.05$ ) i c) els productes que varen presentar diferències significatives ( $P<0.05$ ) en el control de la malaltia varen ser kresoxim-metil, procimidona, tebuconazol i diclofluanida.

**Taula 1.36.** Efecte de l'estratègia d'aplicació dels antifúngics (abans o després de la inoculació amb el fong) en la severitat de la malaltia per cadascun dels productes. Les condicions d'incubació varen ser de 12 hores d'humectació i 22.5 °C de temperatura. La severitat es va analitzar amb la transformació en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . ( $\alpha:0.05$ )

Producte	Font de variació	G.ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Aigua	Estratègia <sup>b</sup>	1	0.065	1.98	0.2320
	Error	4	0.132		
	Total	5	0.197		
Kresoxim-metil	Estratègia	1	2.045	66.12	0.0012
	Error	4	0.124		
	Total	5	2.169		
Benomil	Estratègia	1	0.112	1.21	0.3335
	Error	4	0.371		
	Total	5	0.483		
Captan	Estratègia	1	0.979	16.27	0.0157
	Error	4	0.241		
	Total	5	1.220		
Clortalonil	Estratègia	1	1.612	16.12	0.0159
	Error	4	0.400		
	Total	5	2.012		
Diclofluanida	Estratègia	1	2.736	73.63	0.0010
	Error	4	0.149		
	Total	5	2.885		
Procimidona	Estratègia	1	1.798	133.61	0.0003
	Error	4	0.054		
	Total	5	1.852		
Tebuconazol	Estratègia	1	1.830	63.51	0.0013
	Error	4	0.115		
	Total	5	1.945		
Tiram	Estratègia	1	0.217	14.75	0.0184
	Error	4	0.059		
	Total	5	0.276		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègia d'aplicació del fungicida: preventiva (abans de la inoculació del fong) o curativa (després de la inoculació del fong i incubació).



**Figura 1.17.** Severitat de la malaltia en plantes tractades de manera preventiva (abans de la inoculació) o curativa (després de la inoculació i incubació) per cada antifúngic i per les dues condicions d'incubació assajades: temperatura de 22.5°C i durada d'humectació de 24h (A i B representen les dues repeticions realitzades amb aquestes condicions) i temperatura de 22.5°C i 12 h d'humectació (C). Els intervals damunt les columnes representen l'error estàndard de la mitjana ( $\alpha:0.05$ ).

Es va observar (Figura 1.17) que l'eficàcia en el control de la severitat de la malaltia, en general, va ser més elevada quan es varen aplicar els antifúngics de manera preventiva (abans d'inocular el fong) que quan es varen aplicar després d'inocular el fong i incubar les plantes. També es va observar que el grau de control de la severitat de la malaltia va ser més baixa, per la major part dels antifúngics assajats, quan les condicions d'incubació varen ser de període d'humectació de 24 hores que quan aquest període va durar 12 hores.

## **2.2. Efecte dels antifúngics segons l'estratègia d'aplicació**

Es va determinar per cada estratègia d'aplicació (preventiva o curativa) l'efecte dels diferents productes antifúngics assajats en el control de la malaltia.

Les variàncies de la incidència de la malaltia varen ser homogènies segons la prova de Bartlett i els seus residus es varen distribuir normalment segons la prova de Shapiro-Wilk. Les variàncies de la severitat no varen ser homogènies en alguns casos i els residus tampoc es varen distribuir normalment. Per homogeneïtzar les variàncies i normalitzar els residus es va transformar en  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

### *2.2.1 Efecte de diferents productes antifúngics aplicat amb estratègia preventiva*

El control de la incidència i severitat de la malaltia va ser diferent ( $P < 0.05$ ) entre els productes aplicats amb estratègia preventiva (Taula 1.37). Aquestes diferències es varen observar per les dues condicions de temperatura i humectació assajades.

**Taula 1.37.** Efecte de l'antifúngic en la incidència i severitat de la malaltia aplicats amb estratègia preventiva. Les condicions d'incubació varen ser 12 i 24 hores d'humectació amb 22.5 °C de temperatura. ( $\alpha:0.05$ )

Condicions <sup>a</sup>	Variable <sup>c</sup>	Font de variació	G.l. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Temperatura:22.5 °C Humectació: 24 h 1 <sup>era</sup> repetició	Incidència	Antifúngic	7	1.096	6.5	0.0010
		Error	16	0.386		
		Total	23	1.482		
	Severitat	Antifúngic	7	7.144	17.11	0.0001
		Error	16	0.954		
		Total	23	8.098		
Temperatura:22.5 °C Humectació: 24 h 2 <sup>ona</sup> repetició	Incidència	Antifúngic	7	1.427	18.07	0.0001
		Error	16	0.180		
		Total	23	1.607		
	Severitat	Antifúngic	7	4.575	17.32	0.0001
		Error	16	0.603		
		Total	23	5.178		
Temperatura:22.5 °C Humectació: 12 h	Incidència	Antifúngic	8	1.431	29.00	0.0001
		Error	18	0.111		
		Total	26	1.542		
	Severitat	Antifúngic	8	5.707	13.89	0.0001
		Error	18	0.924		
		Total	26	6.631		

<sup>a</sup>: Condicions de temperatura i humectació de la incubació.

<sup>b</sup>: Graus de llibertat.

<sup>c</sup>: L'anàlisi de la severitat s'ha efectuat amb la transformació  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

<sup>d</sup>: Efecte dels productes antifúngics utilitzats.

El control de la malaltia obtingut per cada antifúngic va ser lleugerament diferent en les dues repeticions realitzades amb les mateixes condicions d'incubació (22.5 °C i 24 hores amb humectació). Per aquestes condicions el benomil (Taula 1.38) no va presentar cap mena de control de la incidència de la malaltia ja que no va diferir significativament ( $P>0.05$ ) del control tractat amb aigua en les dues repeticions. En la primera repetició només el tiram i procimidona van presentar incidències més baixes ( $P<0.05$ ) que el testimoni no tractat. La resta de productes (captan, clortalonil, kresoxim-metil i tebuconazol) no van presentar incidències significativament inferiors a les del testimoni ni superiors a les obtingudes amb tiram o procimidona. En la segona repetició tots els antifúngics, menys benomil, van presentar incidències més baixes que les del testimoni no tractat. Les eficàcies de control, en els dos experiments van oscil·lar entre 40-75 %. Quan les condicions d'incubació no varen ser tant dràstiques per l'inici de les infeccions, amb 12 hores d'humectació, es va observar que el benomil va presentar una incidència més baixa ( $P<0.05$ ) que en el testimoni no tractat. La incidència obtinguda amb benomil també va ser més elevada ( $P<0.05$ ) que l'observada en la resta d'antifúngics. Els antifúngics captan, clortalonil, diclofluanida, kresoxim-



metil procimidona, tebuconazol i tiram van presentar incidències semblants i significativament més baixes que les observades en el testimoni no tractat i amb benomil. Per aquests productes les eficàcies varen ser superiors al 79 %, mentre que l'eficàcia del benomil va ser del 31 %.

**Taula 1.38.** Incidència de la malaltia en els tractaments amb diferents productes antifúngics aplicats de manera preventiva en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació. Les mitjanes de les incidències amb la mateixa lletra dins cada columna no difereixen significativament segons la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ( $\alpha:0.05$ ). Les eficàcies mitjanes s'indiquen entre parèntesis

Producte	Condicions <sup>a</sup>		
	Temperatura 22.5 °C Humectació:24 h		Temperatura 22.5 °C Humectació:12 h
	(1 <sup>era</sup> repetició)	(2 <sup>ona</sup> repetició)	
Aigua	88.3 a	97.7 a	71.0 a
Kresoxim-metil	50.0 ab (43) <sup>v</sup>	50.3 b (48)	7.7 c (89)
Benomil	88.7 a (0)	95.7 a (2)	49.0 b. (31)
Captan	59.0 ab (33)	31.0 b (68)	7.7 c (89)
Clortalonil	56.7 ab (36)	31.0 b (68)	2.0 c (97)
Diclofluanida	-- <sup>x</sup>	--	6.7 c (90)
Procimidona	22.0 b (75)	59.0 b (40)	4.7 c (93)
Tebuconazol	47.3 ab (46)	56.7 b (42)	3.3 c (95)
Tiram	39.7 b (55)	42.3 b (57)	14.7 c (79)

<sup>a</sup>:Condicions de temperatura i humectació durant el període d'incubació.

<sup>v</sup>:Eficàcies mitjanes (%). Control de la malaltia per cada producte respecte al testimoni no tractat.

<sup>x</sup>:Producte no assajat.

Per condicions d'incubació de 22.5 °C i 24 hores amb humectació els resultats obtinguts per la severitat de la malaltia en les dues repeticions varen ser semblants (Taula 1.39). La severitat en les plantes tractades amb benomil no va diferir de l'observada en les plantes testimoni ( $P>0.05$ ). La resta de productes (captan, clortalonil, kresoxim-metil, procimidona, tebuconazol i tiram) van presentar severitats més baixes ( $P<0.05$ ) que el testimoni no tractat. Entre aquests productes no s'observaren diferències i les eficàcies de control van ser superiors al 83%. L'eficàcia del benomil va ser només del 17% en un dels experiments.

Els mateixos resultats es varen obtenir quan les condicions d'incubació van ser de 22.5°C i 12 hores d'humectació. La severitat observada en les plantes tractades amb

benomil no va diferir de les tractades amb aigua. Amb la resta de productes es van observar severitats més baixes ( $P < 0.05$ ) que en el testimoni. Per aquests productes les eficàcies de control van ser superiors al 90%. L'eficàcia del benomil va ser d'un 52 %.

**Taula 1.39.** Severitat de la malaltia en els tractaments amb diferents productes antifúngics aplicats de manera preventiva en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació. Les mitjanes de les severitats amb la mateixa lletra dins cada columna no difereixen significativament segons la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ( $\alpha:0.05$ ). Les anàlisis es varen realitzar amb  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Les eficàcies mitjanes s'indiquen entre parèntesis

Producte	Condicions <sup>u</sup>		
	Temperatura 22.5 °C Humectació:24 h		Temperatura 22.5 °C Humectació:12 h
	(1 <sup>era</sup> repetició)	(2 <sup>ona</sup> repetició)	
Aigua	37.9 a	13.6 a	3.1 a
Kresoxim-metil	2.8 b (93) <sup>v</sup>	1.5 b (89)	0.1 b (97)
Benomil	31.6 a (17)	13.5 a (0)	1.5 a (52)
Captan	2.9 b (92)	0.7 b (95)	0.2 b (94)
Clortalonil	4.2 b (89)	1.1 b (92)	0.1 b (97)
Diclofluanida	-- <sup>x</sup>	--	0.1 b (97)
Procimidona	1.1 b (97)	2.3 b (83)	0.1 b (97)
Tebuconazol	2.5 b (93)	1.9 b (86)	0.1 b (97)
Tiram	1.5 b (96)	2.0 b (85)	0.3 b (90)

<sup>u</sup>:Condicions de temperatura i humectació durant el període d'incubació.

<sup>v</sup>:Eficàcies mitjanes (%). Control de la malaltia respecte al testimoni no tractat.

<sup>x</sup>:Producte no assajat.

### 2.2.2 Efecte de diferents productes antifúngics aplicats amb estratègia curativa

Per les condicions d'incubació de 22.5 °C i 24 hores amb humectació l'aplicació dels antifúngics amb una estratègia curativa no va permetre un control de la incidència de la malaltia (Taula 1.40). No varen existir diferències ( $P > 0.05$ ) entre la incidència observada en el testimoni no tractat i l'observada per els antifúngics. L'efecte dels fungicides va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) en el control de la severitat per aquestes condicions i en la primera repetició. Malgrat això l'efecte està en el límit de significació ( $0.01 < P < 0.05$ ). En la segona repetició l'efecte dels fungicides no va ser significatiu en el control de la severitat de la malaltia. Per condicions d'incubació menys dràstiques (12

hores amb humectació i 22.5 °C) l'efecte dels fungicides va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) en el control de la incidència i severitat de la malaltia.

**Taula 1.40.** Efecte de l'antifúngic en la incidència i severitat de la malaltia aplicats amb estratègia curativa. Les diferents condicions d'incubació varen ser 12 i 24 hores d'humectació amb 22.5 °C de temperatura. ( $\alpha:0.05$ )

Condicions <sup>a</sup>	Variable	Font de variació	G.l. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
Temperatura:22.5 °C Humectació: 24 h 1 <sup>era</sup> repetició	Incidència	Producte <sup>d</sup>	7	0.221	2.03	0.1135
		Error	16	0.248		
		Total	23	0.469		
	Severitat <sup>c</sup>	Producte <sup>d</sup>	7	0.840	3.32	0.0222
		Error	16	0.578		
		Total	23	1.418		
Temperatura:22.5 °C Humectació: 24 h 2 <sup>ona</sup> repetició	Incidència	Producte <sup>d</sup>	7	0.043	0.95	0.4991
		Error	16	0.104		
		Total	23	0.147		
	Severitat <sup>c</sup>	Producte <sup>d</sup>	7	0.422	1.91	0.1343
		Error	16	0.505		
		Total	23	0.927		
Temperatura:22.5 °C Humectació: 12 h	Incidència	Producte <sup>d</sup>	8	0.364	3.87	0.0081
		Error	18	0.211		
		Total	26	0.575		
	Severitat <sup>c</sup>	Producte <sup>d</sup>	8	1.360	4.25	0.0052
		Error	18	0.720		
		Total	26	2.080		

<sup>a</sup>:Condicions de temperatura i període d'humectació de la incubació.

<sup>b</sup>:Graus de llibertat.

<sup>c</sup>:L'anàlisi de la severitat s'ha efectuat amb la transformació  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ .

<sup>d</sup>:Efecte dels productes antifúngics utilitzats.

Per condicions d'incubació de 24 hores amb humectació i 22.5 °C només el captan (Taula 1.41) va presentar una incidència de la malaltia menor ( $P < 0.05$ ) que en el testimoni i en la resta de productes, presentant una eficàcia del 27%. Aquesta reducció de la malaltia en les plantes tractades amb captan respecte a la resta de productes i del testimoni només es va observar en la primera repetició. En la segona repetició no hi va haver cap producte que reduís significativament la incidència de la malaltia.

Per les condicions d'incubació de 12 hores d'humectació i 22.5 °C el tiram va presentar una incidència menor ( $P < 0.05$ ) que l'observada en les plantes del testimoni i del benomil i semblant a la resta d'antifúngics. Els antifúngics benomil, captan, clortalonil, diclofluanida, procimidona i tebuconazol van presentar una incidència que no va diferir significativament ni de l'observada en les plantes testimoni ni de les plantes tractades amb tiram. L'eficàcia pel tiram va ser del 49% mentre que per la resta

de productes va estar entre el 19 i el 35% a excepció del kresoxim-metil que va presentar una eficàcia del 4%.

**Taula 1.41.** Incidència de la malaltia en funció del tractament amb diferents productes antifúngics aplicats de manera curativa en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació. Les mitjanes de les incidències amb la mateixa lletra dins cada columna no difereixen significativament segons la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ( $\alpha:0.05$ ). Les eficàcies mitjanes s'indiquen entre parèntesis

Producte	Condicions <sup>u</sup>		
	Temperatura 22.5 °C Humectació:24 h		Temperatura 22.5 °C Humectació:12 h
	(1 <sup>era</sup> repetició)	(2 <sup>ona</sup> repetició)	
Aigua	81.0 ab	99.0 a	76.7 a
Kresoxim-metil	74.3 ab (8) <sup>v</sup>	92.3 a (7)	73.7 a (4)
Benomil	75.3 ab (7)	93.3 a (6)	68.7 ab (10)
Captan	59.0 b (27)	93.7 a (5)	52.3 ab (32)
Clortalonil	95.3 a (0)	95.7 a (3)	50.0 ab (35)
Diclofluanida	-- <sup>x</sup>	--	59.7 ab (22)
Procimidona	78.0 ab (4)	91.0 a (8)	62.3 ab (19)
Tebuconazol	72.0 ab (11)	94.7 a (4)	52.3 ab (32)
Tiram	82.0 ab (0)	83.3 a (16)	39.0 b (49)

<sup>u</sup>:Condicions de temperatura i humectació durant el període d'incubació.

<sup>v</sup>:Eficàcies mitjanes (%). Control de la malaltia per cada producte respecte al testimoni no tractat.

<sup>x</sup>:Producte no assajat.

L'aplicació d'antifúngics després de la inoculació i d'un període d'incubació de 24 hores amb humectació i 22.5°C no va reduir significativament la severitat de la malaltia (Taula 1.42). En les dues repeticions realitzades cap producte va presentar una severitat significativament inferior a l'observada en el testimoni no tractat. Malgrat això s'ha de destacar que el tiram, en les dues repeticions, va presentar una eficàcia superior al 50%.

Per les condicions d'incubació de 12 hores d'humectació i 22.5 °C el tiram va ser l'antifúngic que va presentar una severitat menor ( $P<0.05$ ) que l'observada en el testimoni no tractat. L'eficàcia del tiram va ser del 85%, la diclofluanida va presentar

l'eficàcia més baixa (28 %) mentre que la resta de productes varen presentar eficàcies properes al 60-70%.

**Taula 1.42.** Severitat de la malaltia en funció dels tractament amb diferents productes antifúngics aplicats de manera curativa en funció de les condicions de temperatura i humectació d'incubació. Les mitjanes de les severitats amb la mateixa lletra dins cada columna no difereixen significativament segons la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ( $\alpha:0.05$ ). Les anàlisis es varen realitzar amb  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Les eficàcies mitjanes s'indiquen entre parèntesis

Producte	Condicions <sup>u</sup>		
	Temperatura 22.5 °C		Temperatura 22.5 °C
	Humectació:24 h		Humectació:12 h
	(1 <sup>era</sup> repetició)	(2 <sup>ona</sup> repetició)	
Aigua	21.9 ab	19.8 a	5.3 a
Kresoxim-metil	14.5 ab (34) <sup>v</sup>	20.5 a (0)	2.8 abc (47)
Benomil	22.9 ab (0)	19.8 a (0)	2.2 ab (58)
Captan	9.6 ab (56)	12.6 a (36)	1.5 abc (72)
Clortalonil	27.3 a (25)	14.3 a (28)	1.6 bc (70)
Diclofluanida	-- <sup>x</sup>	--	3.8 ab (28)
Procimidona	17.8 ab (19)	8.9 a (55)	1.7 abc (68)
Tebuconazol	7.6 b (65)	12.3 a (38)	1.7 abc (68)
Tiram	10.5 ab (52)	9.3 a (53)	0.8 c (85)

<sup>u</sup>:Condicions de temperatura i humectació durant el període d'incubació.

<sup>v</sup>:Eficàcies mitjanes (%). Control de la malaltia per cada producte respecte al testimoni no tractat.

<sup>x</sup>:Producte no assajat.

## Discussió

### 1. Control de l'estemfiliosi de la perera mitjançant aplicacions preventives de diferents fungicides amb una cadència fixa. Assajos en finques comercials

Els assajos realitzats durant tres anys en diferents finques comercials permeten confirmar i augmentar el coneixement sobre l'eficàcia de varis fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera. S'ha confirmat que cap fungicida permet controlar amb total eficàcia la malaltia. S'ha observat, per tots els antifúngics, que quan més elevat és el nivell de la malaltia més baixa és l'eficàcia del control d'aquesta. Tots els assajos s'han realitzat en finques que presentaven un nivell d'inòcul del patogen molt elevat (de forma natural o artificial). És de suposar que per pressions de malaltia més baixes les eficàcies dels diferents fungicides serien més elevades.

El control de la malaltia en fulles ha estat molt baix per tots els fungicides en els diferents assajos. No hi ha hagut cap fungicida que hagi presentat una eficàcia superior al 20% en el control de la incidència de la malaltia en fulles. El control de la severitat també ha estat baix, només s'han assolit eficàcies properes al 50% en l'assaig amb una pressió de malaltia més baixa (Can Vidal l'any 1995). Aquest baix control de la malaltia en fulles és important des d'un punt de vista epidemiològic. Amb nivells de la malaltia elevats augmenta la defoliació i en les fulles caigudes a terra és possible que es produeixi inòcul secundari a partir del qual es produiran noves infeccions. Per una altra part en arribar les condicions ambientals desfavorables en aquestes fulles es formaran els pseudotecis. A partir d'aquestes formes de resistència del fong, ara en la seva forma sexual, es produirà l'inòcul primari l'any següent. Per tant un increment de les infeccions en fulles augmentarà la quantitat d'inòcul disponible per a produir noves infeccions.

En els assajos realitzats, els nivells de la malaltia (tant incidència com severitat) han estat diferents en fulles que en fruits. En alguns assajos ha estat més elevada la incidència de la malaltia en fulles que en fruits (Can Vidal 1995 i 1996 i Can Garrofa) i en altres no (Mas Badia). La severitat ha mostrat una tendència similar. Això podria estar determinat per el moment en que s'iniciï l'epidèmia i per la sensibilitat diferencial en aquest moment tant dels fruits com de les fulles. Un altre factor que pot afectar és

que les fulles presenten una variabilitat fenològica important entre elles, ja que coexisteixen fulles velles (menys sensibles) amb fulles joves (més sensibles). Els fruits, pel contrari, presenten un estadi fenològic que evoluciona en el temps, però molt més sincronitzat.

L'evolució de la incidència en fulles, al llarg del temps, en l'assaig realitzat en la finca de Mas Badia és molt semblant per tots els productes. En aquest assaig, malgrat l'elevada pressió de l'inòcul, no es va arribar a una incidència del 100%. L'evolució de la severitat per tots els productes va ser molt semblant però ja es pot apreciar un lleuger control dels antifúngics. En l'assaig realitzat l'any 1995 a Can Vidal l'evolució de la incidència i la severitat va presentar un límit superior als 60-70 dies d'haver-se iniciat l'epidèmia i després, malgrat haver-hi condicions favorables d'infecció, no va augmentar. Possiblement això és degut a la disminució de la sensibilitat de les fulles amb l'edat.

L'evolució de la malaltia en fruits al llarg del temps en l'assaig fet a Mas Badia es clarament diferent pels antifúngics respecte als del testimoni. La velocitat de progressió de la malaltia sembla ser molt més baixa en els arbres tractats amb els antifúngics. Aquest fet encara és més remarcable en l'evolució de la malaltia observada en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. La cinètica de progressió de la malaltia, en els dos assajos, diferencia clarament l'eficàcia dels productes.

Les incidències en fruits observades en els testimonis no tractats dels tres assajos han estat molt elevades (des del 30% fins al 100%). Malgrat això els antifúngics han presentat un control mitjà de la malaltia en fruits.

El tiram és un antifúngic que ha presentat un bon control de la malaltia en fruits. La seva eficàcia en la reducció de la incidència ha oscil·lat entre valors del 67 % (per incidències en el testimoni del 70 %) i el 82% (per incidències en el testimoni del 30%). Aquesta eficàcia s'ajusta a l'observada per altres autors (Ponti i col., 1982; Brunelli i col., 1984; Vilardell, 1988; Brunelli i col., 1986; Ponti i col., 1993; Ponti i col., 1996). Els resultats que difereixen d'aquestes eficàcies són els obtinguts en l'assaig realitzat a Mas Badia. Aquest assaig presenta unes característiques específiques que el diferencien de la resta d'assajos realitzats. En aquesta finca el patogen es va inocular artificialment i amb una concentració d'inòcul molt gran. Això va crear una pressió d'inòcul molt elevada que va ocasionar un nivell de la malaltia també molt elevat (98% de fruits afectats en el testimoni). Es va assolir el màxim de la incidència en tan sols 25 dies.

Aquestes són condicions molt dràstiques, però és precisament aquest fet el que aporta el major interès en els resultats obtinguts. Altres autors, en assajos amb un nivell de malaltia semblant van obtenir eficàcies al voltant del 30-40 %, però aquest nivell de malaltia es va assolir després de 3 mesos d'haver-se iniciat els assajos (Ponti i col., 1996). Aquesta baixa eficàcia obtinguda en l'assaig a Mas Badia només es pot explicar per la rapidesa de progressió de la malaltia i per l'elevada concentració d'inòcul. No obstant el tiram va presentar una eficàcia del 40 % pel control de la severitat de la malaltia. Es pot suposar que el tiram va inhibir la germinació de només part de la població de conidis existent damunt els fruits, produint-se menys lesions que en el testimoni no tractat. Però aquesta inhibició no va ser total, permetent que alguns conidis, probablement no exposats a l'acció directa del fungicida, poguessin germinar i produir algunes infeccions, fet que explicaria el baix control de la incidència. Les lesions necròtiques són produïdes per l'alliberament d'una toxina durant el procés de germinació dels conidis (Cavanni i Ponti, 1994), per tant si una petita part de la població de conidis iniciés la germinació seria suficient per provocar algun lesió ocasionant l'elevada incidència de la malaltia. Des d'un punt de vista agronòmic la incidència de la malaltia és molt important, ja que una sola lesió en un fruit pot provocar el seu depreciament econòmic. Però des d'un punt de vista epidemiològic la severitat de la malaltia és més important pels efectes que pot tenir en l'evolució de la malaltia (augment de l'inòcul secundari a curt termini i augment molt considerable de l'inòcul primari a llarg termini). Per aquest motiu només es podria parlar d'ineficàcia absoluta del tiram en el control de la malaltia, en aquestes condicions, des d'un punt de vista agronòmic però no des d'un punt de vista epidemiològic. A partir d'aquests resultats s'hauria de valorar amb precaució l'eficàcia del tiram a dosis d'inòcul molt elevades i condicions molt favorables a les infeccions que provoquessin una velocitat de progressió de la malaltia molt elevada. No obstant és difícil que en condicions naturals es puguin donar ni les concentracions d'inòcul ni els valors de progressió de la malaltia assolits durant l'assaig.

El captan ha presentat un control de la incidència de la malaltia amb eficàcies properes al 70 % en els assajos realitzats amb inòcul natural. Aquests resultats concorden amb els obtinguts per altres autors (Brunelli i col., 1984; Ponti i col., 1993; Ponti i col., 1996). En l'assaig realitzat amb inoculacions artificials l'eficàcia del captan va ser més baixa (un 33 %) però va ser l'antifúngic que va presentar un control més



elevat de la malaltia. Aquest resultat coincideix amb l'obtingut per altres autors (Ponti i col., 1996) en assajos amb nivells de malaltia semblants. L'eficàcia en el control de la severitat també ha estat elevada (80-90 %). S'ha de destacar l'elevada eficàcia (90%) en l'assaig realitzat a Mas Badia en comparació a l'obtinguda amb el tiram. Sembla que el captan no es veuria tan afectat com el tiram per una elevada concentració d'inòcul i una progressió de la malaltia molt ràpida. El captan podria ser una alternativa vàlida al tiram en el control de l'estemfiliosi. No obstant aquest fungicida en altres assajos ha presentat un control de la malaltia més baix (Ponti i col., 1993) i un comportament irregular en certs casos. Es podria dir que la seva eficàcia no és constant.

El tebuconazol també ha confirmat ser un bon antifúngic en la prevenció de l'estemfiliosi. Les eficàcies obtingudes en el control de la incidència en fruits són semblants a les obtingudes per altres autors (Ponti i col., 1996) amb valors que han oscil·lat entre el 25 % per nivells de malaltia molt elevats (100% dels fruits en testimoni no tractat), un 60 % per nivells de malaltia elevats ( 70 % dels fruits en testimoni no tractat) i un 67 % per nivell de malaltia mitjans (30 % de fruits afectats en testimoni). En el control de la severitat de la malaltia les eficàcies han oscil·lat entre valors del 70% i 88%. S'ha de destacar l'elevada eficàcia, en el control de la severitat, obtinguda en l'assaig realitzat en la finca Mas Badia amb inoculacions artificials, molt semblant a l'obtinguda amb el captan. Aquestes eficàcies encara poden millorar-se si el tebuconazol s'aplica conjuntament amb el tiram (Ponti i col., 1996).

El fosetil-Al aplicat conjuntament amb oxiclòrid de coure ha presentat un control de la malaltia bastant elevat. L'eficàcia (70-85%) en el control de la incidència obtinguda en els assajos realitzats en finques comercials amb inòcul natural ha estat semblant a l'obtinguda per altres autors (Ponti i col., 1993; Ponti i col., 1996). En l'assaig realitzat en la finca Mas Badia amb inoculacions artificials l'eficàcia ha estat molt baixa (9%). Les consideracions fetes pel tiram es podrien aplicar pel fosetil-Al més oxiclòrid de coure. Malgrat això en aquest assaig l'eficàcia en el control de la severitat de la malaltia ha estat més elevat que l'obtingut amb el tiram (un 75% respecte a un 40%). Per aquestes condicions la barreja fosetil-Al més oxiclòrid de coure presentaria una eficàcia més elevada en el control de la severitat de la malaltia que el tiram. S'ha de remarcar el fet que la dosi de fosetil-Al utilitzada va ser de 32g/100L que és una dosi molt més baixa a la utilitzada normalment (250 g /100L) pel control d'altres malalties. Aquesta baixa dosi també ha estat utilitzada pels autors citats anteriorment. El fosetil-Al

és un producte interessant pel seu mecanisme d'acció, ja que no només podria ser que actués directament sobre el fong sinó que principalment estimula defenses naturals de la planta modificant algun paràmetre fisiològic d'aquesta disminuint la susceptibilitat de l'hoste a l'acció tòxica del patogen (Ponti i col., 1993).

El fosetil-Al aplicat sense oxiclòrur de coure presenta una eficàcia molt més baixa que en aplicar-se conjuntament amb coure (Ponti i col., 1996). Durant els assajos realitzats en la finca de Can Vidal es va observar com els arbres tractats amb fosetil-Al més oxiclòrur de coure presentaven fitotoxicitat. Aquesta fitotoxicitat s'ha observat en aplicar fosetil-Al en arbres que presenten compostos de coure (Chase, 1993; Ponti i col., 1993). Aquest problema es pot solucionar reduint a la meitat (de 50 a 25 g per 100 L) la concentració de coure emprada en l'assaig, com han observat altres autors (Ponti i col., 1993; Ponti i col., 1996).

El fungicida diclofluanida no va ser eficaç en la reducció ni de la incidència ni de la severitat de la malaltia. Aquesta nul·la eficàcia no concorda amb els resultats obtinguts per altres autors (Brunelli i col., 1984; Ponti i col., 1993). La causa d'aquest resultat podria ser deguda a la cadència d'aplicació del producte. En l'assaig es va aplicar amb una cadència quinzenal mentre que en els assajos realitzats per altres autors la cadència d'aplicació va ser de 6-10 dies obtenint un bon control de la malaltia. Per una altra part aquest assaig es va iniciar a principis del mes de juliol, quan ja existia un cert nivell de malaltia, encara que aquest nivell era baix. Això concorda amb el fet que en assajos realitzats per Ponti i col. (1993) amb diclofluanida, amb una cadència d'aplicació de 6-8 dies, que es varen iniciar també al juliol, no es va observar cap control de la malaltia.

El fungicida de recent aparició en el mercat kresoxim-metil va presentar una eficàcia de control baixa tant per la incidència (40 %) com per la severitat (64 %). Aquesta baixa eficàcia s'explica en part per la data d'inici de l'assaig, al mes de juliol, quan ja hi havia un cert nivell de la malaltia. Però el motiu més important és la baixa dosi en que es va aplicar (2.5 g/100L) quan la dosi que sembla més adient i que es recomana actualment pel fabricant és 10 vegades superior (25 g/100L). Això és un fet important ja que amb una dosi 10 vegades inferior va presentar control de la malaltia, encara que baix. Aquest producte presenta unes bones perspectives en el control de l'estemfiliosi (Brunelli, 1996) i actualment s'està assajant amb una estratègia d'aplicació quinzenal alternant tres aplicacions amb kresoxim-metil amb una de tiram.

La utilització de la soca EPS288 del bacteri *Pseudomonas fluorescens* no va ser eficaç en el control de la malaltia ni en fruits ni en fulles en condicions naturals. Per què aquesta soca presenti un nivells de biocontrol de la malaltia la seva població ha de ser de l'ordre de  $10^8$  ufc mL<sup>-1</sup>. S'ha comprovat que aquesta soca manté una població estable en condicions d'humitat relativa elevades i constants, però no quan les condicions ambientals tenen cicles amb humitats relatives elevades i baixes (Montesinos i col., 1996a). En les condicions climàtiques de les finques comercials els canvis d'humitat produïts durant el dia i la nit segurament no van permetre una supervivència de la població del bacteri o almenys de mantenir una població suficient per biocontrolar. Els tractaments es començaven a realitzar a primeres hores del matí però finalitzaven al migdia, quan la temperatura era molt elevada i la humitat relativa molt baixa. Aquest canvi tant brusc de les condicions devia probablement fer disminuir considerablement la població del bacteri. Per una altra part s'ha de considerar que l'agent biocontrolador es va aplicar sense formulació.

L'aplicació de la soca EPS288 en fulles va augmentar la severitat de la malaltia respecte al testimoni no tractat. L'aigua o algun altre component que es trobés amb la suspensió del bacteri podrien haver afavorit les infeccions del patogen. L'augment de severitat en les fulles tractades amb la soca EPS288, tot i ser més gran que l'observat en el testimoni no tractat, representa tan sols un augment del 13 % de severitat. No és un objectiu d'aquest treball l'estudi de les causes de la ineficàcia del biocontrol de la soca EPS288 de *Pseudomonas fluorescens* en condicions naturals. Aquest bacteri es va incorporar en l'assaig per provar productes alternatius als químics. Altres autors han realitzat assajos utilitzant com agents biocontroladors de l'estemfiliosi els fongs *Trichoderma viride* i *Trichoderma koningii* sense obtenir cap resultat positiu (Ponti i col., 1993).

El pes de les pèrdues de producció degudes a l'estemfiliosi, com és obvi, ha estat relacionat amb la incidència de la malaltia per cada fungicida. En cap dels assajos no s'han observat diferències en la producció total (pes dels fruits amb lesions o sense). Això implica que cap fungicida provoca una menor producció de fruita. Tot i no haver-hi diferències, els arbres tractats amb fosetil-Al+Cu presentaven uns fruits de menor tamany i d'aspecte poc comercial, com a conseqüència de la fitotoxicitat de la barreja de fosetil-Al amb el coure. Aquest resultat és també important perquè ratifica la validesa de la metodologia en la valoració de la malaltia. Per avaluar la malaltia només es varen

analitzar els fruits presents en l'arbre, els fruits caiguts a terra no es varen avaluar. Realitzant les avaluacions amb aquest mètode existeix el risc que en el testimoni no tractat o tractat amb fungicides ineficaços el nombre de fruits que caiguin a terra sigui molt elevat. En l'arbre quedarien els fruits menys afectats o sans i l'avaluació només d'aquests fruits podria donar una lectura esbiaixada de la població real de fruits amb lesions. Altres autors avaluen la malaltia amb els fruits presents a l'arbre i valorant també els fruits caiguts a terra a prop de l'arbre.

Es pot afirmar que l'eficàcia dels antifúngics està en funció de la pressió del patogen i que en cap cas es pot parlar d'un producte totalment eficaç en el control de la malaltia. L'estratègia pel control preventiu de l'estemfiliosi hauria de passar per la utilització alternativa de varis fungicides o l'aplicació conjunta d'alguns d'ells per aprofitar els efectes i els mecanismes d'acció de cadascun (Ponti i col., 1996). A l'hora de decidir els fungicides a utilitzar en el control de l'estemfiliosi no s'ha de tenir en compte només l'eficàcia dels productes. Altres valoracions com el nivell de residus en la fruita, la probabilitat d'aparició de resistències en el patogen o la compatibilitat amb programes de control integrat, condicionaran l'elecció dels fungicides a utilitzar.

En els assajos realitzats en el present treball s'han efectuat entre 23 i 24 aplicacions amb els fungicides de baixa persistència i entre 9 i 13 aplicacions amb els fungicides de persistència elevada. Aquest elevat nombre de tractaments presenta una sèrie de problemes que es discutiran amb més detall en els capítols següents.

## **2. Eficàcia de diferents antifúngics i estratègies d'aplicació en el control de l'estemfiliosi de la perera. Assajos en ambient controlat**

La utilització de productes que siguin eficaços en fases postinfeccioses és important quan s'apliquen guiats per models que prediuen les infeccions. En aquests casos és de suposar que les infeccions ja s'han iniciat i per tant els productes han d'ésser eficaços en la inhibició d'aquestes infeccions i abans que apareguin els símptomes (Lalancette i Hickey, 1986). Per aquest motiu es varen realitzar assajos en condicions controlades per determinar l'efecte de l'estratègia d'aplicació, preventiva o curativa, de diferents antifúngics.

### **2.1. Estratègia d'aplicació preventiva**

S'ha observat que quan més òptimes han estat les condicions d'incubació pel desenvolupament de les infeccions menys eficaços han estat els productes en el control de la malaltia. Tots els fungicides, a excepció del benomil, han presentat una bona eficàcia de control de la malaltia. No s'han observat diferències entre els productes kresoxim-metil, captan, clortalonil, diclofluanida, procimidona, tebuconazol i tiram en el control de la malaltia. Les eficàcies en el control de la incidència han oscil·lat entre valors del 80% (tiram) i del 97 % (procimidona i clortalonil). Només el benomil ha presentat una eficàcia més baixa (31%). Les eficàcies de control de la severitat han estat també molt elevades, entre valors del 90 % (tiram) i el 97 % (kresoxim-metil, captan, clortalonil, diclofluanida i tebuconazol). El benomil tampoc ha presentat control de la severitat de la malaltia.

En aquests assajos la cobertura de les fulles amb el fungicida ha estat total. Donat el poc temps (hores) transcorregut entre l'aplicació del fungicida, la inoculació del fong i la incubació, es pot pensar que no hi ha hagut degradació dels productes. Aquests factors han determinat la bona eficàcia de control de la malaltia de tots els productes respecte a les eficàcies observades en altres assajos realitzats en finques comercials amb els mateixos productes.

### **2.2. Estratègia d'aplicació curativa**

Cap producte ha presentat una eficàcia elevada en el control de l'estemfiliosi quan s'ha aplicat amb una estratègia curativa.

Per condicions d'incubació molt favorables a la infecció (24 hores d'humectació amb temperatura de 22.5 °C) només el captan va presentar una reducció significativa de la malaltia en una de les repeticions realitzades. La resta de productes, per aquestes condicions d'incubació, van ser ineficaços. El captan va presentar una incidència de la malaltia inferior a l'observada en el testimoni, però aquesta reducció només va ser del 27 %. Aquest producte en la segona repetició de l'assaig, amb les mateixes condicions d'incubació, va presentar una eficàcia de només el 5 %, no diferint el nivell de malaltia assolit del testimoni. En aquesta segona repetició la incidència en el testimoni va ser més gran (99%) que en la primera (81%), això podria ser una causa de la disminució d'eficàcia del captan. Aquesta eficàcia observada pel captan en la primera repetició no s'ajusta a les observacions efectuades per Cugier i Humbert (1991), que en assajos

similars van determinar que el captan no presentava cap efecte curatiu. Com ja s'ha comentat anteriorment el captan sembla ser un producte inconstant en la seva eficàcia, tant a camp com en condicions controlades.

Les condicions d'incubació de 24 hores amb humectació i 22.5 °C de temperatura són condicions molt favorables pel desenvolupament de la malaltia. Per tant són condicions massa dràstiques per què cap producte pugui ser eficaç. L'estemfiliosi és una malaltia caracteritzada per la seva gran rapidesa en el procés d'infecció (Cugier i Humbert, 1991; Montesinos i Vilardell, 1992). Amb 24 hores hi ha temps suficient perquè molts conidis hagin germinat, el miceli ja estigui colonitzant el teixit de l'hoste i s'hagi alliberat la toxina responsable de les necrosis. Els productes que poden penetrar dins el teixit de l'hoste (benomil, kresoxim-metil, procimidona i tebuconazol,) encara que puguin inhibir el creixement del miceli no poden actuar sobre la toxina que ja s'ha alliberat. Com a conseqüència d'això apareixeran els símptomes als pocs dies. Per aquest motiu sorprèn la capacitat de control que ha presentat el captan en una de les repeticions. Malgrat que alguns autors han proposat que el captan pot presentar una petita capacitat de penetració (Badrinas, 1994), la seva capacitat d'accedir dins els teixits de l'hoste és més baixa que per la procimidona (producte penetrant) o pel tebuconazol (producte sistèmic). Però aquests productes no han presentat cap mena de control de la malaltia. Les dades obtingudes en la segona repetició confirmen la hipòtesi que cap producte, inclòs el captan, presenta una eficàcia significativa en el control de l'estemfiliosi aplicat amb una estratègia curativa per aquestes condicions d'incubació.

En l'assaig realitzat amb condicions d'incubació no tan dràstiques (12 hores d'humectació i 22.5 °C) s'observa que els productes assajats ja presenten una certa capacitat de control. És possible, per tant, obtenir un control de la malaltia amb alguns antifúngics aplicats amb una estratègia curativa per aquestes condicions d'incubació. Aquest control, no obstant, és baix. Només el tiram ha presentat una eficàcia significativa en el control de la severitat i incidència de la malaltia, encara que ha estat baixa (49% per la incidència i 85% per la severitat). *S. vesicarium* és un patògen que només en 6 hores, amb condicions òptimes (humectació i temperatura a 20-25 °C), ja pot desenvolupar infeccions. Per tant un període d'incubació de 12 hores significa que una part dels conidis ja han començat a germinar i a penetrar en el teixit de l'hoste. El tiram és un fungicida bàsicament de contacte encara que alguns autors han determinat que els ditiocarbamats poden presentar una petita capacitat de penetració (Muccinelli,

1997). Per aquests dos motius sorprèn que el tiram sigui l'únic antifúngic que presenti una incidència i severitat de la malaltia significativament menor que el testimoni. Aquesta eficàcia, sense presentar diferències estadístiques, és lleugerament més elevada que l'obtinguda amb els productes sistèmics com tebuconazol o penetrants com la procimidona. El tiram actua inhibint la germinació i no presenta cap efecte en el creixement del miceli, però tot i ser preventiu s'ha observat que presenta una acció inhibidòria d'un dia (Jousseau, 1994). En conseqüència el tiram només podrà inhibir els conidis que no hagin germinat o bé els conidis que estiguin en les primeres fases de la germinació, abans que el tub germinatiu hagi penetrat massa en els teixits de l'hoste. Aquest fenomen és aprofitat en programes de control amb models de predicció de risc d'infecció, com en el cas del motejat de la perera (*Fusycladium pyrorum*) (Boue, 1978).

El control postinfecció de la incidència de la malaltia tot i ser més elevat pel tiram (49 % d'eficàcia) no va diferir estadísticament de l'observat amb benomil (10 %), captan (32 %), clortalonil 35 %), diclofluanida (22 %), procimidona (19 %) i tebuconazol (32 %). Només el kresoxim-metil va ser totalment ineficaç (4 %). En el control de la severitat de la malaltia els resultats obtinguts són molt semblants als de la incidència. El tiram ha presentat l'eficàcia més gran (85 %) però sense diferir significativament de l'obtinguda amb kresoxim-metil (47 %), captan (72 %), clortalonil (70 %), procimidona (68 %) i tebuconazol (68 %). Malgrat els resultats amb kresoxim-metil, s'ha de recordar que la dosi d'aplicació va ser 10 vegades inferior a l'aconsellada actualment pel fabricant. Això podria ser una causa de la baixa eficàcia observada per aquest fungicida aplicat amb una estratègia curativa.

Un període d'incubació de 24 hores amb humectació i 22.5 °C és un període que no s'ha observat en condicions naturals, mentre que un període d'incubació de 12 hores amb humectació i 22.5 °C és un període que en condicions naturals es troba excepcionalment (com es veurà en el capítol 2). Períodes d'humectació de 12 hores no són rars en condicions naturals, el que sí és rar és que durant aquest període la temperatura sigui tan elevada. Amb aquest assaig s'ha volgut provar l'eficàcia dels diferents fungicides amb condicions òptimes pel desenvolupament de les infeccions i més desfavorables pels fungicides. A partir d'aquests resultats es pot dir que el tiram ha presentat una relativa eficàcia en el control de la malaltia quan les condicions d'incubació no han estat massa dràstiques. Ha estat l'únic producte en que el nivell de malaltia assolit (tant incidència com severitat) ha diferit significativament del testimoni

no tractat. La resta de productes assajats, excepte benomil i kresoxim-metil, han mostrat un nivell de malaltia que no ha diferit significativament de l'obtinguda amb el tiram però tampoc del testimoni no tractat. A més les eficàcies observades per aquests productes han estat més baixes que les observades amb tiram. No obstant no s'ha de descartar la seva utilització en programes basats en estratègies curatives de la malaltia ja que aquesta eficàcia podria millorar si les condicions no fossin tan favorables a la infecció. En assajos semblants realitzats per Cugier i Humbert (1991) la procimidona va ser l'únic fungicida que aplicat després de períodes d'incubació de 6h es va mostrar eficaç. Però la procimidona és un fungicida que no està registrat a l'Estat Espanyol per ser utilitzat en conreus de perera mentre que a Itàlia sí que està registrat.

Tots els productes assajats, excepte el benomil, han estat menys eficaços quan s'han aplicat amb una estratègia curativa que amb una estratègia preventiva. El benomil no ha presentat diferències en funció de l'estratègia d'aplicació, ja que ha estat ineficaç aplicat tant preventivament com curativa.

L'existència de la toxina com a responsable de les necrosis produïdes per *S. vesicarium* pot explicar la dificultat en el control de la malaltia mitjançant estratègies curatives, donat que aquesta toxina s'allibera durant la germinació dels conidis. Per tant, encara que s'inhibeixi la germinació o el creixement dels tubs germinatius, ja es poden haver alliberat concentracions de la toxina suficients, produint consegüentment necrosis. D'aquesta manera es redueix la potencialitat dels fungicides. Donades aquestes característiques de *S. vesicarium* les aplicacions de tractaments postinfecciosos són limitades (Brunelli, 1995).



# Capítol 2

## **Avaluació del model STREP per a la predicció del risc d'infecció per *S. vesicarium* en funció de paràmetres ambientals**

### **Introducció**

En els darrers anys hi ha hagut una sèrie de factors que han afectat la manera de gestionar el control de les plagues i malalties dels conreus. Aquests factors són una conseqüència de la problemàtica en l'ús dels pesticides.

#### **1. Antecedents històrics de la problemàtica en l'ús de pesticides**

Durant les dècades dels anys 40 i 50 la utilització de tots tipus de pesticides es va generalitzar en l'agricultura. Sobretot els pesticides anomenats de segona generació com els ditiocarbamats o els organoclorats. Durant aquest anys les pèrdues en les collites es van reduir dràsticament. No obstant va haver-hi un abús en la utilització d'aquests productes (Lewis i Hickey, 1972) sense considerar les conseqüències mediambientals (Ragsdale i Sisler, 1994).

L'any 1962 l'escriptora americana Rachel Carson publicava el llibre *Silent spring* (la primavera silenciosa) on es parlava sobre l'impacte en el medi ambient dels contaminants i en particular dels pesticides. L'autora desencadenà amb la seva denuncia una reacció civil molt important. Per molts autors (De Waard i col., 1993; Marcer, 1993; Gullino i Kuijpers, 1994; Ragsdale i Sisler, 1994; Sutton, 1996) la publicació d'aquest llibre i la reacció a nivell social que va provocar va significar un punt d'inflexió en els sistemes de control de les plagues i malalties que fins aleshores s'havien utilitzat. Degut a les pressions dels moviments socials el Govern Federal dels Estats Units inicià una

sèrie de programes per controlar els efectes dels pesticides en l'home i en el medi ambient, així com per prohibir les substàncies més tòxiques (derivats de mercuri, DDT, etc.). Als anys setanta també es van limitar els nivells màxims de residus de pesticides en els aliments. En la resta de països industrialitzats s'adoptaren mesures semblants.

Degut a la sensibilització social creada, els governs de diferents països van començar una política més restrictiva en l'ús dels pesticides i van desenvolupar programes per intentar reduir-ne l'ús.

## **2. Efectes negatius dels pesticides en els ecosistemes i en la salut humana**

Els pesticides es defineixen com a contaminants ambientals quan la matèria activa, o productes de la seva degradació, abans o després de realitzar l'acció per la qual van ser aplicats (control dels agents causals de plagues o malalties) queden en el medi ambient arribant directa o indirectament a altres parcel·les d'aquest medi ambient. Encara que el primer objectiu dels productes fitosanitaris sigui el control o la disminució dels danys produïts per plagues d'insectes o malalties, els pesticides en general a més de tenir efectes directes de toxicitat pels agents causals poden tenir també altres efectes directes o indirectes sobre organismes no diana (Anton, 1994a). Aquests efectes són derivats de la presència en el medi ambient dels pesticides, o de productes de la seva degradació, ja que poden entrar a formar part de la biocenosi i del biòtop dels ecosistemes on són aplicats. La presència d'aquestes substàncies en el medi ambient condiciona l'existència de les mateixes xarxes tròfiques. Això és especialment seriós si es pensa que algunes d'aquestes substàncies són molt tòxiques i que, a més, existeix en alguns casos el risc de bioacumulació en aquesta xarxa arribant a concentracions molt preocupants (Caballero, 1988; Hernández i col., 1990). Per tant dues característiques bàsiques per entendre el risc de contaminació mediambiental són la persistència i l'acumulació (De La Fuente, 1991). La persistència d'aquestes substàncies en el medi ambient esta molt lligada les seves característiques físico-químiques i a que algunes d'aquestes substàncies poden presentar una gran difusió (Hernández i col., 1990). És important no oblidar la via indirecta de transport d'aquest productes que mitjançant el rentat per les pluges poden arribar a altres ecosistemes, com els aquàtics, on el seu efecte pot ser molt important. Els efectes hipotètics d'aquests productes d'alteració en l'estructuració dels ecosistemes es poden resumir bàsicament en una alteració de la biomassa i del cicle de la matèria, canvis en la composició i riquesa de les espècies

(pèrdua de biodiversitat), decreixement del tamany de les comunitats, un escurçament de les xarxes tròfiques i una reducció del nombre de xarxes tròfiques paral·leles (Anton, 1994b).

Els efectes indirectes dels pesticides són difícils de deduir, ja que varien amb el tipus de sòl, vegetació i regió climàtica (Colinas i col., 1994).

Des d'un punt de vista agronòmic són molt importants els efectes secundaris dels pesticides sobre els organismes útils en general i la fauna auxiliar en particular (Jacas i Viñuela, 1993; Gendrier i Reboulet, 1997).

En termes toxicològics s'ha de diferenciar la toxicitat aguda, subaguda i crònica. La toxicitat aguda correspon a aquella concentració de producte que desencadena una acció immediata en l'organisme en menys de 24 hores, un cop ingerida una sola dosi. La toxicitat subaguda i la crònica són intoxicacions a llarg plaç i degudes a més d'una dosi. En la subaguda els símptomes apareixen en un plaç entre 4 i 16 setmanes. En la crònica apareixen molt temps després (Hernández i col., 1990). La toxicitat crònica és més freqüent i es molt difícil d'avaluar per l'espai de temps transcorregut.

Pel que fa als riscos per la salut humana els més importants es deriven del consum d'aliments amb residus de pesticides. La legislació regula el nivell màxim de residus de cada fungicida i plaguicida que pot haver-hi en els diferents tipus de menjar inclosos els productes vegetals (BOE de 21 de març de 1987). Altres factors de risc són la manipulació i aplicació dels productes.

En general es pot dir que la toxicitat dels fungicides és més baixa que la d'altres pesticides com alguns insecticides (De Waard i col., 1993).

### *2.1 Toxicitat i ecotoxicitat dels antifúngics utilitzats en el control de l'estemfiliosi*

La toxicitat per l'home, la fauna terrestre, aquícola i pels insectes polinitzadors dels fungicides que s'han assajat en el control de l'estemfiliosi de la perera s'indica a la taula 2.1. En aquesta taula s'indica la toxicitat normativa. S'indica també el plaç de seguretat dels productes. Aquest plaç de seguretat depèn de les corbes de degradació de les matèries actives i correspon al període de temps necessari per què la matèria activa del fungicida (aplicat a la dosi recomanada) s'hagi degradat fins a nivells per sota del límit màxim de residus permès en els fruits (Barberá, 1989). Finalment s'indiquen la toxicitat aguda a partir de les dosis letals mitjana  $DL_{50}$  (via oral o dèrmica). Aquestes

dades són relatives ja que la toxicitat varia amb les espècies, però permeten deduir la perillositat relativa de l'antifúngic.

**Taula 2.1.** Toxicitat normativa, plaç de seguretat, toxicitat aguda en mamífers (via oral o dèrmica) i toxicitat aguda en peixos de les diferents matèries utilitzades amb més freqüència en el control de l'estemfiliosi de la perera. (Barberá, 1989; De Liñan, 1995; Muccineli, 1997)

Matèria <sup>1</sup>	Toxicitat <sup>2</sup>	Plaç de seguretat <sup>3</sup> (dies)	Mamífers DL <sub>50</sub> oral <sup>4</sup> (mg/Kg)	Mamífers DL <sub>50</sub> dermal <sup>5</sup> (mg/Kg)	Peixos LC <sub>50</sub> <sup>6</sup> (mg/L)
Oxiclorur de Coure	Nociu Xn-A-B-A	15	1440	- <sup>7</sup>	-
Hidròxid de Coure	Nociu Xn-A-B-A	15	1000	3160 ra	-
Brou Bordelès	Nociu Xn-A-B-B	20	960-1000	-	-
Tiram	Nociu Xn-B-B-A	15	375-865	>1000 ra	0.007 (96)
Ziram	Nociu Xn-A-C-B	7	1400	-	-
Mancozeb	Baixa, irritant Xi-A-A-B	15	>8000	-	4.0 (48)
Maneb	Baixa, irritant Xi-A-B-B	15	6750	-	0.53 (96)
Captan	Nociu Xn-A-C-A	10	9000	4500 ra	0.3 (96)
Folpet	Nociu Xn-A-C-B	10	10000	22600 co	-
Clortalonil	Nociu Xn-A-C-A	21	10000	>10000 ra	0.25-0.43
Procimidona	Baixa, irritant Xi-A-A-A	15	6800-7700	>2500 ra	>10 (48)
Iprodiona	Baixa-A-A-A	21	3500	4000 ta	-
Nuarimol	Baixa-A-B --	15	1250-2000	>2000 co	-
Fenarimol	A-A-C-A*	14	>2500	>2000 co	-
Bitertanol	Baixa, irritant Xi-A-B--	15	>5000	>5000 ra	2.2-2.7 (96)
Tebuconazol	Nociu Xn-A-B-A--	15	2700-5000	5000 ra	-
Imazalil	Nociu Xn-A-A-B	15	227-343	4200-4880 ra	2.5-3.2
Procloraz	Nociu Xn-A-B--	60	1600	3000 co	1.0 (96)
Benomil	Nociu Xn-A-B-A	14	>6400	10000 co	0.4-3.4 (48)
Diclofluanida	B-B-B-C*	20	500-2500	>1000 co	-
Fosetil-Al	Baixa irritant Xi-A-A-B	15	1800	>3200 co	-

<sup>1</sup>: Matèria activa

<sup>2</sup>: S'expressa en 1<sup>er</sup> lloc la toxicitat per l'home i es classifica en Baixa perillositat, Nociu, Tòxic o Molt tòxic i també s'indiquen els efectes que poden ocasionar (irritant, corrosiu, etc). En 2<sup>on</sup> lloc s'expressa la perillositat per a la fauna terrestre, en 3<sup>er</sup> per a la fauna aquífcola i en 4<sup>at</sup> per la fauna apícola i es classifica en A (toxicitat baixa), B (moderadament tòxics) i C (molt perillosos). Els productes marcats amb (\*) estan pendents de ser requalificats amb l'actual normativa i la seva toxicitat s'expressa d'acord amb la normativa anterior.

<sup>3</sup>: El plaç de seguretat representa els dies que han de passar entre la darrera aplicació i la recol·lecció dels fruits.

<sup>4</sup>: Toxicitat aguda en rates. És la dosi amb la qual moren el 50 % dels animals en ingerir la matèria activa via oral. S'expressa en mg de matèria activa per Kg de pes de l'animal.

<sup>5</sup>: Toxicitat aguda en rates (ra), talps (ta) o conills (co). És la dosi amb la qual moren el 50 % dels animals en absorbir la matèria activa per la pell. S'expressa en mg de matèria activa per Kg de pes de l'animal.

<sup>6</sup>: Toxicitat aguda en peixos. És la concentració letal amb la qual moren el 50% dels peixos de l'estudi. Aquesta concentració pot variar en funció de la temperatura de l'aigua i del moviment de la mateixa. Entre parèntesis s'indiquen les hores que va durar l'estudi. S'expressa en mg de matèria activa per litre d'aigua

<sup>7</sup>: (-) Indica dades no disponibles.

**Taula 2.2.** Efectes secundaris en la fauna auxiliar de fruiters dels principals fungicides utilitzats pel control de l'estemfiliosi de la perera. Els fungicides es classifiquen en quatre categories segons la reducció del potencial beneficiós dels organismes: 1 (inofensiu), 2 (lleugerament perjudicial), 3 (moderadament perjudicial) i 4 (perjudicial). (Jacas i Viñuela, 1993; Viñuela i col., 1993)

Matèria	<i>Typhlodromus pyri</i> <sup>2</sup>	<i>Amblyseius potentillae</i> <sup>2</sup>	<i>Chrysoperla carnea</i> <sup>3</sup>	<i>Syrphus vitripennis</i> <sup>4</sup>	Família <i>Coccenillidae</i> <sup>5</sup>	<i>Trichogramma cacaoeciae</i> <sup>6</sup>	<i>Coccygomimus turionellae</i> <sup>7</sup>	<i>Anthracoris nemoralis</i> <sup>8</sup>
Oxlorur de Couré	1	1-2	3	1	1	1	1	1
Tiram	2-4	3	1	1	2-3	2	1	1
Mancozeb	4	4	1	1	1	2	1	- <sup>9</sup>
Maneb	3-4	4	1	1	1-2	4	2	3
Captan	-	1	1	3	-	1	1	1
Folpet	1	1-2	1-3	-	1	1	1	1
Iprodiona	1	1	1	-	1	1	1	1
Nuarimol	1	1	1	-	1	1-2	1	1
Fenarimol	1	2	3	2	1-3	1	1	1
Bitertanol	1	1-3	1	2	3-4	3-4	2-4	1
Benomil	-	4	1	1	-	1	1	1
Diclofluanida	2-3	2-3	2	2	1	3-4	1	1

1: Matèria activa.

2: Àcar depredador d'altres àcars que constitueixen plagues.

3: Neuropter depredador de diferents insectes fitòfags.

4: Dípter depredador de diferents espècies d'àfids.

5: Correpon a les espècies *Coccinella septempunctata*, *Semiadalia undecimnotata* i *Harmonia axyridis*, depredadors de diferents espècies d'àfids.

6: Himenòpter parasitoide d'ous de diferents plagues.

7: Himenòpter parasitoide de nimfes de lepidòpters.

8: Heteròpter depredador de l'homòpter *Cacopsylla pyri* i diferents espècies d'àcars i àfids.

9: (-) Indica dades no disponibles.

A la taula 2.2 s'indiquen els efectes secundaris en la fauna auxiliar d'alguns dels fungicides utilitzats en el control de l'estemfiliosi. Els estudis ecotoxicològics són rars i no s'han trobat dades per tots els fungicides. Les dades presentades són relatives i depenen de molts factors (efecte dels coadjuvants, condicions dels assajos, etc.), però permeten deduir l'efecte relatiu en la fauna auxiliar (Viñuela i col., 1993).

### **3. Estat actual en l'ús dels pesticides en la protecció de conreus**

Les parts implicades en l'actual problemàtica sobre l'ús dels pesticides són bàsicament el sector productiu, comercial i els consumidors. Tots ells estan acostumats als beneficis derivats de l'ús dels pesticides. Els consumidors esperen un producte barat i d'elevada qualitat destinat al seu consum (Gullino i Kuijpers, 1994). Però això, com ja s'ha vist, comporta unes implicacions ja que molt dels productes són contaminants ambientals o poden ser tòxics per a l'home. Hi ha grups d'investigadors i polítics que asseguren que existeix poc rigor científic en moltes de les publicacions sobre aquests temes, que alguns estudis són inaccurats i fets amb metodologia dubtosa (basats en concentracions exagerades) i que les projeccions fetes per part dels mitjans de comunicació sovint són irrealistes i han creat una alarma innecessària (De Waard i col., 1993).

No obstant la pressió de l'opinió pública sobre la presència de residus de pesticides en els aliments o en el medi ambient ha forçat a canvis en l'estratègia de les normatives de molts països. La Comunitat Europea en el seu escrit Agricultura i Medi Ambient declara que un dels seus objectius és la reducció del 50% en l'ús dels pesticides abans de l'any 2000 (De Waard i col., 1993; Gullino i Kuijpers, 1994). Diferents països ja han proposat restriccions en l'ús dels pesticides (Holanda (50 %), Suècia (37 %), Itàlia (30-50 %), Alemanya (una reducció dràstica, sense especificar). França sembla ser un dels països menys sensibilitzats sobre aquest tema, degut segurament a que comercialitza més de la quarta part de les matèries actives en tot el territori de la Unió Europea. En el tractat de Maastricht un dels objectius és assegurar en el futur les explotacions agropecuàries, tan en el pla econòmic com en el pla mediambiental. En el cinquè pla d'acció pel mediambient i el desenvolupament adoptat per la Unió Europea al 1993 una de les directrius aprovades es basa en la reducció dels productes químics utilitzats en agricultura fins al punt que cap del processos naturals de base sigui afectat (Larguier, 1996). Aquesta directriu és un objectiu i no s'ha d'entendre

com una norma. Tot indica que la restricció en l'ús del pesticides i la requalificació d'alguns d'aquests serà cada com més important.

L'interès en la restricció de l'ús dels fungicides no està només motivada per raons de toxicitat o ecotoxicitat, també són importants les raons econòmiques i l'aparició de resistències dels patògens a algunes matèries actives.

Les raons econòmiques poden derivar directament de problemes de toxicitat. Els nivells de residus en els fruits poden limitar les exportacions a països amb legislacions més restrictives en aquest aspecte (Fraile i col., 1995). Per una altra part la realització d'un elevat nombre de tractaments implica un augment dels costos de producció, no tant pel cost del fungicida sinó que bàsicament per la utilització d'equipament i mà d'obra (Gillespie i Sutton, 1979; Ellis i col., 1984; Funt i col., 1990, López i col., 1992).

L'aparició de resistències d'alguns patògens a diferents fungicides, sobretot dels més específics com el grup dels inhibidors de la biosíntesi d'esterols (IBS), ha provocat també canvis en l'estratègia del seu ús, limitant el nombre de tractaments introduint programes antiresistència (Gouot, 1996; Sutton, 1996).

Malgrat tot això el control químic és necessari doncs cada cop són més importants les demandes d'aliments quantitativament i amb elevada qualitat higiènica i sanitària (Szkolnik, 1978). Les pèrdues dels conreus degudes a malalties fúngiques, tot i utilitzar sistemes de control, són aproximadament del 30 % de la producció potencial. Per una altra part un problema que acompanya a les infeccions fúngiques és la presència de micotoxines i fitoalexines que poden ser tòxiques per a l'home i per altres animals (De Waard i col., 1993; Ragsdale i Sisler, 1994). En conclusió, els fungicides contribueixen a prevenir i reduir la producció d'aquests components tòxics.

Per tant els fitopatòlegs s'enfronten amb el problema de la necessitat continua de fungicides enfront de la restricció en el seu ús. Això ha motivat la recerca de nous sistemes de control de malalties per reduir l'ús de fungicides utilitzats amb massa freqüència en les pràctiques culturals i millorar la seva eficàcia reduint les dosis i cadències d'aplicacions (Cabras, 1995; Jiménez-Díaz, 1995a; Sutton, 1996). El repte és optimitzar i minimitzar el nombre de tractaments amb fungicides tot i mantenint els mateixos nivells de control de la malaltia (Wilcox i col., 1992). Una de les vies per solucionar aquesta problemàtica és el desenvolupament de sistemes de predicció de risc d'infecció de diferents malalties que permetin l'eliminació d'aplicacions innecessàries (Jiménez-Díaz, 1995b; Sutton, 1996). La majoria de tractaments preventius es realitzen

sense considerar les condicions climàtiques ni les condicions de cultiu (Gillespie i Sutton, 1979) i sovint sense que hi hagi risc d'infecció, sent alguns tractaments innecessaris (Carisse i Kushalappa, 1992).

#### 4. Els models de predicció de malalties

Els models de predicció de malalties descriuen les relacions entre alguns components del patosistema i el seu objectiu és la simulació de l'aconteixement biològic (Savary, 1993a), és a dir la malaltia, mitjançant una descripció quantitativa de les relacions entre hoste, patogen i el clima (Funt i col., 1990). Simulen els desenvolupaments dels cicles biològics o de la malaltia en funció de diferents paràmetres, sobretot els climàtics (Rouzet i Dominique, 1995). No obstant, els sistemes agrícoles són tan complexes que no es pot considerar emprar tots els elements d'aquest sistema sota el risc de fer inaccessible l'objectiu de l'estudi (Savary, 1993b). El procediment per a la realització d'un model és identificar les variables més importants en el desenvolupament de la infecció i correlacionar-les amb les dades empíriques d'aparició, progressió i intensitat de la malaltia (Govoni i Bugiani, 1993). Combinant adequadament el risc d'infecció amb el nivell d'inòcul i en funció de la sensibilitat de l'hoste es podrà determinar amb més exactitud el moment en el qual caldrà aplicar el tractament amb productes químics pel control de la malaltia, reduint el nombre de tractaments. En tots els casos s'ha de veure que no existeixin diferències del nivell de control de la malaltia entre els tractaments preventius a cadència fixa i els realitzats mitjançant el guiatge amb models predictius un cop iniciada la infecció (Ellis i col., 1986).

Els models de predicció de risc d'infecció en diferents malalties ja fa més de 50 anys que s'utilitzen (Sutton, 1996). El primer model publicat (l'any 1944) va ser el de Mills utilitzat per predir l'aparició del motejat (*Venturia inaequalis*) en la pomera i ha estat sotmès a successives revisions. En els darrers anys la utilització dels models en programes de control conduents a la producció integrada ha esdevingut una eina imprescindible i molts models ja estan en l'actualitat implementats en estacions d'avisos fitosanitaris.

Els models de predicció de risc d'infecció utilitzen bàsicament paràmetres climàtics com la temperatura, humectació i humitat relativa.



#### 4.1 Paràmetres climàtics

Els factors físics del clima ocasionen diferents efectes sobre els patògens (germinació i viabilitat de l'inòcul), la malaltia (contaminació, inoculació, penetració i expressió) i l'epidèmia (esporulació, disseminació, latència) (Rapilly, 1991).

Són els factors abiòtics més importants en el desenvolupament de les malalties (López i col., 1992) i bàsicament són la temperatura, la humitat relativa i la humectació.

En Epidemiologia Vegetal s'utilitzen tres temperatures: la temperatura de l'aire, la temperatura que correspon al punt de rosada i la temperatura de la superfície de l'òrgan sensible de la planta (Rapilly, 1991). De tots els paràmetres ambientals la humectació és el més crític.

##### 4.1.1 La humectació

La humectació és l'aigua lliure que es troba damunt de la vegetació i es el paràmetre més important, juntament amb la temperatura, en el desenvolupament d'algunes malalties provocades per fongs (Rapilly, 1991). La humectació pot estar provocada per la rosada, pluja, boira i irrigació (Huber i Wehrlen, 1988). Les causes més importants són la rosada i la pluja (Sutton i col., 1984).

El fenomen de la humectació de la cobertura vegetal es pot descomposar en dues fases. La primera consisteix en la formació de la humectació per intercepció o condensació de l'aigua i la segona fase és l'evaporació d'aquesta aigua (Huber i Gillespie, 1992). El període d'humectació és el temps entre la formació de la humectació o aigua lliure i la seva total evaporació.

La intercepció de l'aigua pot ser deguda a causes com la caiguda lliure, lixiviació per la tija i drenatge de les fulles o d'altres òrgans de la planta. La causa més important és la caiguda lliure de l'aigua a partir de la pluja o de la irrigació. Les gotes d'aigua cauen en la vegetació amb intensitat diferent i constitueixen un esdeveniment meteorològic gairebé independent del sistema sol-planta-microclima (Huber, 1992). Els fenòmens de flux d'aigua per la tija i drenatge pels òrgans de la planta són menys importants en plantacions de fruiters que en conreus herbacis.

Per la formació de la rosada es necessari que la temperatura de la superfície de la planta (fulla o qualsevol altre òrgan) estigui per sota de la temperatura del punt de rosada de l'aire. Actualment es considera que la formació de rosada és resultat d'un dèficit radiatiu compensat per un flux de calor latent (Zadoks i Schein, 1979; Huber, 1992; Huber i

Gillespie, 1992). Segons d'on provingui el vapor d'aigua que posteriorment condensarà es pot parlar de rosada de caiguda o rosada de destil·lació. La rosada de caiguda és aquella en que el flux de vapor d'aigua prové de l'atmosfera mentre que en la rosada de destil·lació el flux de vapor d'aigua prové del sòl (Zadoks i Schein, 1979, Huber i Gillespie, 1992). Es poden donar les dues alhora però la importància relativa de cadascuna depèn de la zona geogràfica. La rosada de caiguda afecta més les parts altes dels arbres de les plantacions mentre que la rosada de destil·lació afecta a les parts baixes o mitges d'aquests.

El procés de rosada passa durant la nit i la mitjana de la pel·lícula d'aigua sobre les fulles és d'un espessor inferior als 0.6 mm (Allen i col., 1983).

El procés d'evaporació depèn del tipus d'humectació. S'ha de diferenciar la evaporació de la humectació formada per gotes i provocada per pluja o irrigació, de la humectació en forma de pel·lícula formada per rosada. La evaporació de les gotes depèn del seu tamany, doncs les gotes tarden més en evaporar-se que la pel·lícula ja que es van assecant de manera que la base és sempre la mateixa (Gillespie i Duan, 1987). La evaporació de la pel·lícula d'aigua depèn del tamany de la fulla o fruit, però és més ràpida que les gotes i normalment coincideix amb l'augment de temperatura per la sortida del sol o bé, en alguns casos, per la presència de vent.

Degut a la complexitat de la humectació el gran repte dels epidemiòlegs vegetals està en poder-la mesurar (Sutton i col., 1984). Alguns sensors mesuren la durada de la humectació, mentre que d'altres estimen la quantitat de la humectació (Davis i Jerrell, 1970). Els sensors existents es poden reagrupar en tres grans tipus: mecànics, conductimètrics i radiomètrics (Huber, 1992).

Els sensors mecànics estan basats en la penetració d'aigua en un element sensible, són els anomenats humectògrafs. El termohumectògraf de Bazier, que també mesura la temperatura, té per principi l'allargament d'una banda de paper quan es mulla. Els aparells de De Witt, de Wolfle o de Belfortes es basen en l'escurçament d'un cordó de cotó quan hi ha humectació. Aquests sensors tenen importància històrica tot i que encara es fan servir. El principal problema es que responen a la presència de l'aigua lliure, però també a humitats relatives elevades (Sutton i col., 1984; Huber, 1992). Per altre part no responen a petits dipòsits de rosada i en cas de pluges fortes es fan malbé sovint (Huber, 1992). Cal calibrar aquests sensors de manera subjectiva i són més difícils de posar al mig de la vegetació degut al seu tamany.

Els sensors conductimètrics detecten la humectació a partir de la variació de la resistència elèctrica entre dos o més elèctrodes generalment muntats sobre una superfície de característiques peculiars que intenta simular una fulla. S'han proposat diversos tipus per diferents autors (Davies i Jerrell, 1970; Gillespie i Kidd, 1978; Sutton i col., 1984; Lalancette i col., 1988; Gillespie i Duan, 1987; Weiss, 1988; Huber, 1992; Orlandini i col., 1996), però es pot resumir en tres tipus bàsics de sensors electrònics: plans, cilíndrics o muntats directament damunt de les fulles.

Els sensors plans són els més utilitzats. S'anomenen sensors de tipus fulla artificial. Damunt un suport fet amb material que tingui un comportament semblant al de la fulla hi ha disposades tires de coure o altres metalls conductors formant una mena de xarxa en forma de dues pintes complementàries. En funció de la quantitat d'aigua dipositada entre les tires dona més o menys resistència al pas de corrent elèctrica (Gillespie i Kidd, 1978; Gillespie i Duan, 1987). Aquest tipus de sensors presenten el problema que el material i el color del suport, degut al diferent comportament en l'absorció de la radiació, pot provocar durades d'humectació anòmales (Gillespie i Kidd, 1978). L'existència de petites gotes allunyades de tal manera que no hi hagi continuïtat no són detectades i són una font d'error (Davies i Jerrell, 1970; Gillespie i Kidd, 1978; Sutton i col., 1984). Per evitar aquest efecte és convenient pintar les superfícies del sensor amb una pintura de làtex que absorbeixi l'aigua però que sigui insensible a la humitat relativa elevada. Una altra font d'error és deguda a que les fulles de les plantes normalment presenten ceres i la coalescència de les gotes pot produir gotes més grans mentre que en els sensors aquest fenomen no passa (Barthakur, 1985).

Els sensors cilíndrics presenten dos fils de metall conductor intercalats i enrotllats en forma d'espiral al llarg d'una estructura cilíndrica. El principal problema que presenten és que detecten amb retard la formació de condensació degut a la seva forma cilíndrica ja que mentre la part superior del sensor està freda la part inferior és més tèbia degut a les radiacions que rep dels objectes terrestres (Gillespie i Duan, 1987).

Els sensors muntats directament en la fulla consten de dos elèctrodes col·locats directament damunt de la fulla sense provocar danys en l'epidermis foliar (Weiss, 1988). Aquests sensors necessiten un seguiment diari per verificar la seva correcta posició. Això fa que siguin molt difícils d'utilitzar en un seguiment continu dels paràmetres ambientals en finques (Sutton i col., 1984). És per altra banda un sensor que no està comercialitzat.

Els sensors radiomètrics es basen en l'absorció dels raigs beta per una capa d'aigua, provenint d'una font de material isotòpic radioactiu. Aquesta radiació és mesurada per un comptador Geiger-Muller (Barthakur, 1985). És un mètode molt fiable però molt poc pràctic per fer un seguiment de la humectació en el camp degut al seu elevat cost econòmic.

Donades les dificultats en la mesura de la humectació alguns autors proposen realitzar models per calcular indirectament la humectació inferint-la a partir d'altres paràmetres ambientals. Però els resultats obtinguts no són massa satisfactoris (Crowe i col., 1978; Galliani i Screpanti, 1992).

Tot i la dificultat en la mesura de la humectació, és més fiable la mesura directa amb sensors que inferir la humectació a partir de models matemàtics, almenys de moment. A aquest argument a més s'hi pot afegir que molts sensors es poden trobar comercialitzats i amb un cost raonable.

## **5. Elaboració del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP)**

### *5.1 Antecedents. El model FAST*

Durant els anys 1989, 90 i 91 es va avaluar la utilització del model FAST (Forecast System for *Alternaria solani* on Tomato) per guiar les aplicacions amb fungicides pel control de l'estemfiliosi en perera (Montesinos i Vilardell, 1992). El programa FAST havia estat elaborat pels seus autors per predir l'alternariosi de la tomatera provocada per *Alternaria solani* (Madden i col., 1978). Aquest fong és taxonòmicament proper a *Stemphylium vesicarium*, i les condicions de temperatura i humitat relativa per la germinació dels conidis és molt semblant (Montesinos i Vilardell, 1992) i per aquest motiu es va utilitzar el model FAST sense modificar. Els resultats obtinguts varen ser satisfactoris i varen permetre reduir el nombre d'aplicacions necessàries per mantenir un control de l'estemfiliosi similar a l'obtingut amb programes d'aplicacions preventives a cadència fixa. Però tot i aquests bons resultats és van observar diferències entre els nivells de malaltia predits pel model FAST i els observats. Aquestes diferències podien ser degudes a que malgrat les semblances biològiques entre els dos fongs encara existien diferències prou significatives (Montesinos i Vilardell,

1992). Això va fer suposar que un model de predicció de risc d'infecció elaborat segons la biologia de *Stemphylium vesicarium* podria millorar els resultats.

### 5.2 El model STREP

El model STREP (Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera) va estar elaborat durant els anys 1992 i 1993 a l'Escola Politècnica Superior de La Universitat de Girona (Montesinos i col., 1995a). Va estar dissenyat com un predictor de les infeccions de *S. vesicarium* en funció dels paràmetres ambientals de durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquest període.

Aquest model es va elaborar empíricament en condicions ambientals controlades i es varen efectuar una sèrie d'assajos inoculant plantes de perera de la varietat Conference amb *S. vesicarium* i incubant-les en combinacions de diferents períodes d'humectació i temperatures. A partir dels nivells de la malaltia observats i de les condicions d'incubació es va obtenir mitjançant anàlisis de regressió múltiple una funció polinòmica que relacionava la severitat de la malaltia (lesions/òrgan) amb les durades d'humectació i les temperatures mitjanes del període d'humectació. Es va obtenir un model per fulles i un per fruits (Montesinos i col., 1995a). Dels dos models obtinguts l'ajust de les dades empíriques va ser més satisfactori en el model per fulles que en el model per fruits. Per una altra part l'elaboració del model amb fruits va presentar dificultats en el maneig i manteniment de fruits en condicions controlades. Per aquests motius es va utilitzar finalment la funció polinòmica obtinguda per fulles. Aquesta funció va ser la següent:

$$\text{Log}_{10}(S) = -1.70961637 + 0.02886124 * T + 0.04943329 * H + 0.00868240 * T * H - 0.00236213 * H^2 - 0.00023788 * T^2 * H$$

S: Severitat (lesions/fulla)

T: Temperatura mitjana durant el període d'humectació

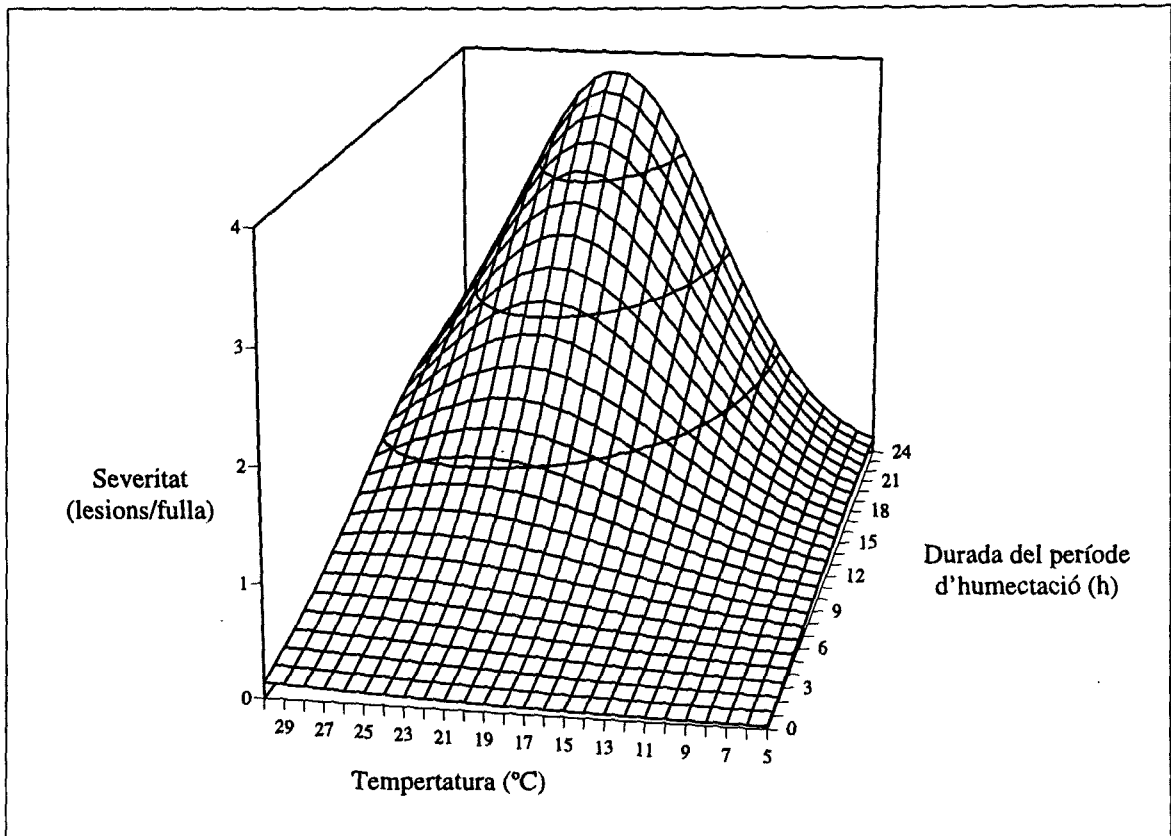
H: Durada del període d'humectació

**Equació 2.1.** Model STREP per a la predicció de la severitat de la malaltia a partir dels paràmetres climàtics d'humectació diària i temperatura mitjana del període d'humectació.

Tots els paràmetres estimats d'aquesta funció eren significatius ( $P < 0.05$ ). Els coeficients de determinació ( $R^2$  i  $R_a^2$ ) van ser de 0.92 i 0.90, respectivament. Els residus

presentaven una distribució normal d'acord amb la prova de Shapiro-Wilk ( $W > 0.97$ ,  $P = 0.51$ ).

Integrant valors de durada d'humectació i temperatures del període d'humectació es va obtenir una superfície de resposta a partir de les dades generades per aquesta funció matemàtica (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Superfície de resposta obtinguda a partir de la funció polinòmica (Equació 2.1), que prediu la severitat de la malaltia en funció de la durada del període d'humectació i de la temperatura mitjana durant aquest període (Montesinos i col., 1995a).

Observant la superfície de resposta obtinguda (Figura 2.1) es pot veure que la severitat augmenta en augmentar la durada d'humectació i que les temperatures òptimes per a la infecció estan entre els 17 i 25 °C. La temperatura òptima va ser de 21.1 °C.

## 6. Objectius

L'objectiu d'aquest capítol ha estat avaluar la fiabilitat en les prediccions realitzades pel model STREP. Per fer-ho s'ha determinat:

- 1) La dinàmica de la humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria en finques comercials.
- 2) La capacitat predictiva del model STREP.
- 3) L'efecte de la humitat relativa durant períodes interromputs d'humectació en els nivells de la malaltia.
- 4) L'efecte d'humitats relatives elevades sense humectació en l'inici d'infeccions de *Stemphylium vesicarium*.

## Material i Mètodes

### 1. Dinàmica de la humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria en finques comercials

Durant els anys 1992, 1993, 1994, 1995 i 1996 es varen instal·lar estacions meteorològiques automàtiques en finques comercials de les comarques gironines i es va realitzar un seguiment dels paràmetres ambientals de temperatura, humitat relativa, humectació i precipitacions.

#### 1.1. Característiques de les finques d'assaig

El seguiment de l'evolució dels paràmetres ambientals estudiats es va realitzar en les finques comercials de Can Garrofa, Mas Oller i Can Vidal.

##### 1.1.1 Can Garrofa

Aquesta finca està situada a 46° 43' N i 4° 82' E, dins el terme municipal El Perelló (Gironès). Les característiques de la finca s'indiquen a la Taula 1.10 (pàgina 49).

##### 1.1.2 Mas Oller

La finca comercial Mas Oller (Taula 2.3) de l'empresa Blau Fruits està situada a 41° 50' N i 2° 55' E al terme de Cassà de La Selva (Gironès). Aquesta finca, de 100 Ha, està limitada per les rieres Verneda i Cagarella i destinada bàsicament al cultiu de diferents varietats de perera (78 Ha):

**Taula 2.3.** Característiques de la parcel·la en la finca comercial de Mas Oller on es va instal·lar l'estació meteorològica

Varietat	Passe Crassane <sup>a</sup>
Marc de plantació	4 x 1.3 m
Sistema de formació	Eix central
Orientació de les fileres	N-S
Sistema de reg	Goteig amb fertiirrigació <sup>a</sup>
Superfície	5 Ha

<sup>a</sup>:Els assajos es varen realitzar a la zona on hi havia la varietat Passe Crassane, no obstant a la finca es conreen altres varietats.



### 1.1.3 Can Vidal

La finca comercial de Can Vidal de l'empresa Fruitex S.A. es troba dins el terme municipal de Riudellots de la Selva i està situada a 41° 52' de latitud N i 2° 45 ' longitud E. Les característiques s'indiquen a la Taula 1.5 de la pàgina 41. Es una finca destinada bàsicament al conreu de perera, sent la varietat Passe Crassane la més abundant.

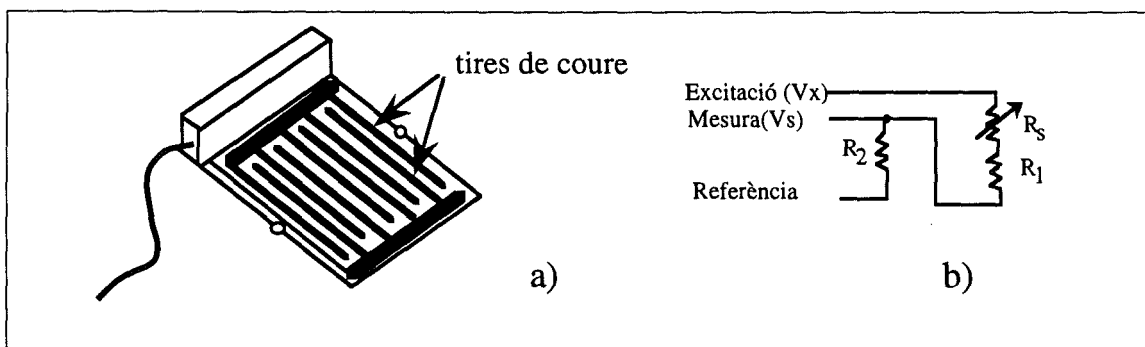
## 1.2. Sistemes d'adquisició de dades ambientals

En els assajos realitzats es varen utilitzar diferents sistemes d'adquisició de dades ambientals per mesurar la temperatura, humitat relativa humectació i pluviometria.

Es varen utilitzar diferents sensors connectats a aparells d'emmagatzamament de dades informatitzats, anomenats dataloggers.

### 1.2.1 Sensors utilitzats

La humectació es va mesurar amb sensors 237 (Campbell Scientific Ltd.). Aquests sensors d'humectació son del tipus anomenat "fulla artificial". Presenten un circuit amb tires de coure galvanitzades amb or intercalades entre elles (veure Figura 2.2). La condensació d'aigua en el sensor ocasiona que la resistència elèctrica entre les tires disminueixi. Aquesta variació de la resistència provoca una diferència de potencial (mV) que és mesurada pel datalogger i posteriorment és transformada en un valor que va de 0 a 100, sent 0 completament sec i 100 completament moll. Es va considerar que valors superiors a 50 significaven humectació i inferiors no.



**Figura 2.2.** a) Sensor d'humectació tipus fulla artificial. S'hi indiquen les tires conductores de coure galvanitzat. En funció de la pel·lícula d'aigua formada damunt d'aquest circuit la resistència varia. El datalogger envia al sensor un voltatge d'excitació de 2500 mV, a partir de la senyal que retorna es genera un valor que oscil·la entre 0 i 100 sent 0 totalment sec i 100 humectat. b) Esquema del circuit. La relació del voltatge mesurat respecte al voltatge d'excitació és igual a la relació de les resistències (RS:Resistència variable en funció de la humectació):

$$\frac{V_s}{V_x} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 + R_s}$$

La temperatura i la humitat relativa es van mesurar amb sensors Rotronic MP100 (Campbell Scientific Ltd.), HMP35A i HMP35D (Vaisala Sensor Systems). Aquests sensors estan basats en les variacions de les propietats dielèctriques d'un polímer sòlid situat entre dos elèctrodes en funció del canvi de la humitat ambiental i la temperatura. La precisió per la humitat relativa és inferior al  $\pm 0.5\%$  (per tots els rangs d'humitat relativa) i per la temperatura de  $\pm 0.1$  °C (per rangs de -40 °C a +60°C).

La pluviometria es va mesurar amb pluviòmetres ARG100 (Campbell Scientific Ltd.). Aquests pluviòmetres estan dissenyats per no oferir resistència al vent fins i tot en períodes de tempesta. El sensor funciona per oscil·lacions de dos contenidors que es van emplenant i buidant alternativament amb l'aigua de pluja i el moviment genera unes pulsacions de corrent elèctric que són captades pel datalogger i transformades en mm de pluja. La precisió d'aquests sensors es inferior a 0.2 mm.

### 1.2.2 Dataloggers

Tots els sensors electrònics es connectaven a dataloggers. Els dataloggers utilitzats varen ser els CR10 i CR10X (Campbell Scientific Ltd.). A la Taula 2.4 s'indiquen les principals característiques d'aquests dataloggers.

Els canals d'entrada analògics són l'entrada de les senyals elèctriques provenint dels sensors. Els canals d'excitació bàsicament s'utilitzen per enviar senyals elèctriques que excitin els sensors (-2500 mV a + 2500 mV). Pels canals d'entrada d'impulsos provenint d'alguns sensors, com el pluviòmetre, es compten el nombre d'aquests que arriben. Els ports digitals són tant d'entrada com de sortida i generen voltatges baixos (entre -0.5 V i 0.8 V) o alts (entre 3.3 V i 5.5 V). Aquests ports s'han utilitzat en el present treball per activar diferents aparells elèctrics. Els canals de terra analògics serveixen com a senyal elèctric de referència en les diferents mesures realitzades. Les sortides de 5 i 12 V serveixen com alimentació suplementària d'alguns sensors o per alimentar perifèrics. Els canals de terra estan connectats a l'apantallament dels cables que van als sensors i també amb un cable que va al terra i evita lectures errònies. El port de comunicacions en sèrie serveix per accedir a les dades emmagatzemades en el datalogger o per realitzar canvis en la programació d'aquest. Es pot accedir directament amb el teclat específic CR10KD (Campbell Scientific Ltd.) o també mitjançant una interfície òptica SC32A i un cable RS232 a qualsevol ordinador personal. Aquests dataloggers estan alimentats per bateries de 12 V.

**Taula 2.4.** Principals característiques dels sistemes d'adquisició de dades (dataloggers) CR10 i CR10X

Canals	Característiques
Canals d'entrades analògiques	12 <sup>a</sup> i 6 <sup>b</sup>
Canals d'excitació	3
Canals d'entrada d'impulsos	2
Ports digitals (entrada/sortida)	8
Canals de terra analògics	9
Sortides de 5 V	2
Sortides de 12 V	3
Canals de terra	9
Ports de comunicacions	Port en sèrie de 9 pins.

<sup>a</sup>:Mesures senzilles.  
<sup>b</sup>:Mesures amb diferència de voltatge.

Els models CR10 utilitzats en els assajos tenien una memòria RAM de 64 K i una capacitat per emmagatzemar 29908 punts de dades, els models CR10X tenien una memòria RAM de 120 Kb i una capacitat d'emmagatzemar dades de 62280 punts. Els dataloggers poden ser programats per fer les lectures dels paràmetres ambientals en qualsevol espai de temps desitjat (inclòs en intervals de segons).

La connexió amb els dataloggers es va realitzar directament amb el teclat especial CR10KD, mitjançant un ordinador portàtil Olivetti S20 o bé a través de la línia telefònica mitjançant dos mòdems Multimodem-212E (Multitech). L'adquisició de les dades directament amb un ordinador personal va permetre l'anàlisi d'aquests paràmetres d'una manera molt ràpida i eficaç.

### 1.2.3 Software utilitzat

El software emprat tant en la programació per l'adquisició de dades dels dataloggers com per a la transferència d'aquests a sistemes informàtics del tipus PC va ser el *Graphterm PC210 Terminal Emulator Software v1.0* i *Datalogger Program Prompting Editor* (Campbell Scientific Ltd.). Els programes d'aplicacions del fabricant varen ésser adaptats específicament als requeriments particulars de cada estudi.

### 1.3. Estacions meteorològiques

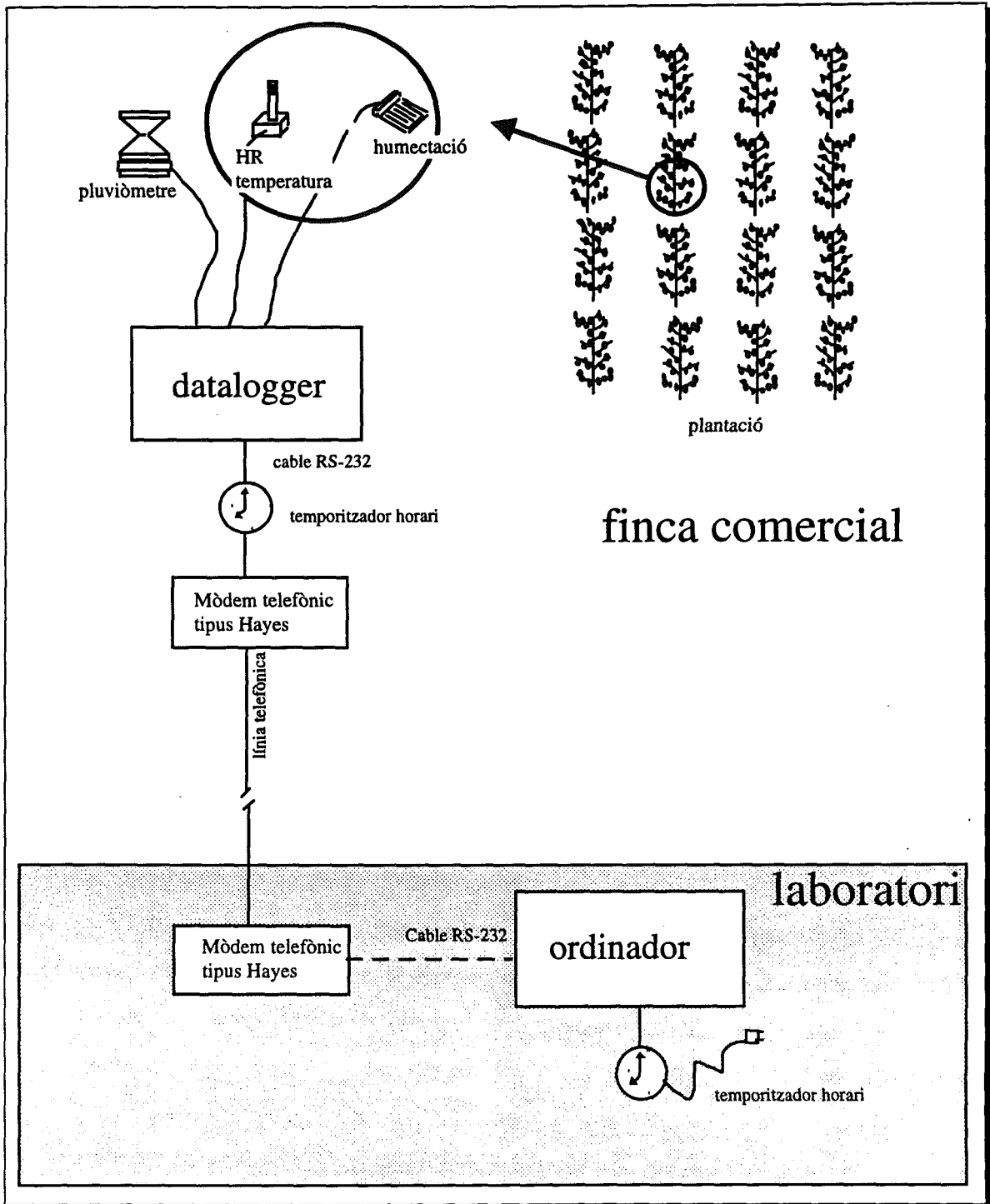
L'estudi de l'evolució de diferents paràmetres ambientals es va realitzar durant els anys 1992, 1993 i 1994 amb l'estació meteorològica instal·lada en la finca Mas Oller, l'any 1995 en la finca Can Vidal i l'any 1996 es va realitzar en les finques Can Vidal i Can Garrofa. Les característiques de les estacions meteorològiques instal·lades en els diferents camps varen ser les següents:

#### *1.3.1 Estació de Mas Oller*

Aquesta estació es va instal·lar els anys 1992, 1993 i 1994 durant el període vegetatiu de la perera (maig-novembre). El sistema d'adquisició de dades automàtiques va constar d'un datalogger model CR-10 (Campbell Scientific Ltd.) i diferents sensors per obtenir les dades d'humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria.

La humectació es va mesurar mitjançant un sensor d'humectació tipus fulla artificial model 237. La temperatura i la humitat relativa es van mesurar amb el sensor Rotronic MP100. La pluviometria es va mesurar amb un pluviòmetre ARG100.

Durant aquests anys l'estació va estar programada de manera que es feia una lectura dels sensors d'humectació foliar i del pluviòmetre cada 20 segons mentre que dels sensors de temperatura i humitat relativa es feia cada 10 minuts. Els enregistraments es varen fer horaris i diaris. Cada hora quedava enregistrat a la memòria del datalogger el dia, l'hora, la durada del període en que la humectació era superior a un valor de 50, la durada del període en que la humitat relativa havia estat superior al 90%, la mitjana de la temperatura, la mitjana de la humitat relativa, la mitjana del valor d'humectació i la pluviometria. Cada dia quedaven enregistrades la durada del període en que hi havia hagut humectació, la durada en que la humitat relativa havia estat superior al 90%, la mitjana diària de la temperatura, la temperatura màxima i mínima, així com a les hores en que s'havien produït aquestes temperatures i la pluviometria global. Es va considerar com a dia el període de 24 hores que anava de les 8.00 del matí a les 8.00 del dia següent (hora solar) donat que normalment la rosada passa per la nit.



**Figura 2.3.** Esquema de l'estació automàtica instal·lada a la finca Mas Oller durant els anys 1992, 1993 i 1994. La part superior correspon a l'estació que es va instal·lar en la finca comercial, la part inferior correspon a la part que hi havia al laboratori. A l'estació s'hi observen els diferents sensors emprats: el pluviòmetre situat fora dels arbres, els de temperatura, humitat relativa i humectació col·locats al mig de la vegetació. Totes aquestes sondes varen estar connectades al datalogger. Al laboratori hi havia instal·lat un ordinador que mitjançant un mòdem comunicava a través de la línia telefònica a un altre mòdem receptor i amb l'estació meteorològica. Aquest sistema estava automatitzat de manera que a una hora predeterminada els temporitzadors horaris activaven els dos mòdems i l'ordinador, aquest establia contacte amb l'estació i capturava les darreres dades ambientals i posteriorment les processava.

La lectura de les dades enregistrades es va fer de manera totalment automatitzada mitjançant la connexió del datalogger amb un ordinador utilitzant els programes esmentats en l'apartat 2.1. La connexió es va fer directament a camp o bé mitjançant mòdem i línia telefònica.

La lectura a camp es va efectuar mitjançant un ordinador portàtil Olivetti S20. La connexió directa amb l'estació meteorològica es va realitzar a través de la línia telefònica mitjançant dos mòdems Multimodem-212E (Multitech) i un ordinador personal situat al laboratori de l'Escola Politècnica Superior. Aquesta connexió es va realitzar automàticament (Figura 2.3), de manera que a una hora predeterminada els temporitzadors activaven els dos mòdems i l'ordinador. L'ordinador establia la connexió amb l'estació, capturava les dades ambientals i les processava.

Els programaris utilitzats per realitzar les trucades de manera automàtica així com per treballar amb aquestes dades van ser originals i escrits en llenguatge dBaseIII plus v1.0 (Ashton-Tate) veure Annexos II i III.

### *1.3.2 Estació de Can Vidal*

Aquesta estació es va instal·lar els anys 1995 i 1996 durant el període vegetatiu de la perera (maig-novembre). El sistema d'adquisició de dades automàtiques va constar d'un datalogger model CR-10 i diferents sensors per obtenir les dades d'humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria. Els sensors d'humectació, temperatura i humitat relativa estaven situats enmig de les plantes de perera, el pluviòmetre estava situat en un extrem del camp, fora de les fileres d'arbres per evitar interferències d'aquests en la mesura de pluja.

La humectació es va mesurar mitjançant dos sensors d'humectació tipus fulla artificial 237. Aquests sensors estaven col·locats a una alçada mitjana de l'arbre però a diferent distància del tronc de l'arbre i amb orientacions diferents (Est i Oest respectivament). La temperatura i la humitat relativa es van mesurar amb el sensor Rotronic MP100. La pluviometria es va mesurar amb un pluviòmetre ARG100.

L'adquisició i enregistrament dels paràmetres ambientals es va realitzar amb un programari semblant al descrit en el punt 1.3.1 anterior. La connexió amb l'estació per transferir les dades emmagatzemades es va fer directament a camp mitjançant un ordinador portàtil Olivetti S20, ja que en aquesta finca no es disposava de línia telefònica.

### 1.3.3 Estació de Can Garrofa

Aquesta estació es va instal·lar durant el període vegetatiu de la perera (maig-novembre) l'any 1996. El sistema d'adquisició de dades automàtiques va constar d'un datalogger CR-10X i diferents sensors per obtenir les dades d'humectació foliar, humitat relativa, temperatura i pluviometria. Els sensors d'humectació, temperatura i humitat relativa estaven situats enmig de les plantes de perera, el pluviòmetre estava situat en un extrem del camp, fora de les fileres d'arbres per evitar interferències d'aquests en la mesura de pluja.

La humectació es va mesurar mitjançant dos sensors d'humectació tipus fulla artificial 237. Aquests sensors estaven col·locats a una alçada mitjana de l'arbre però a diferent distància del tronc de l'arbre i amb orientacions diferents (N i S respectivament). La temperatura i la humitat relativa es van mesurar amb el sensor HMP35D. La pluviometria es va mesurar amb un pluviòmetre ARG100.

L'adquisició i enregistrament dels paràmetres ambientals es va realitzar amb un programari igual al descrit en el punt 1.3.2. anterior.

La connexió amb l'estació per transferir les dades emmagatzemades es va fer directament a camp ja que en aquesta finca tampoc disposava de línia telefònica. La connexió es va efectuar mitjançant un ordinador portàtil Olivetti S20. Aquesta connexió es realitzava de manera periòdica.

## 2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP

Durant els anys 1993 i 1994 es varen realitzar diferents assajos tant en condicions naturals en finques comercials de Girona com en condicions controlades en laboratori amb la finalitat d'avaluar la capacitat predictiva del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (model STREP).

### 2.1. Localització de les finques d'assaig

Els assajos es varen realitzar durant els anys 1993 i 1994 en la finca comercial de Mas Oller descrita a l'apartat 1.1.2 de la pàgina 132 i en la l'Estació experimental de la Fundació Mas Badia descrites a l'apartat 1.1.1 de la pàgina 36.

### 2.2. Material vegetal

Es varen utilitzar plantes de perera (*Pyrus communis*) de la varietat Conference, amb un brot de l'any. Aquest material era autoarrelat i pertanyent al clon CAV. Les característiques es descriuen a l'apartat 2.1 de la pàgina 53.

### 2.3. Obtenció de l'inòcul de *Stemphylium vesicarium*

Per inocular les plantes es van utilitzar conidis de la soca de *S. vesicarium* EPS26. L'inòcul es va obtenir segons la tècnica descrita en l'apartat 1.1.4 de la pàgina 38.

Les concentracions de les suspensions de conidis que es varen utilitzar al llarg de l'assaig variaven entre 0.5 i  $2 \times 10^5$  conidis mL<sup>-1</sup>. La viabilitat de més del 90% dels conidis es va assegurar amb la prova de germinació descrita a l'apartat 1.1.4 de la pàgina 38. Aquesta suspensió es va mantenir sempre a 4 °C fins el moment de la inoculació per evitar la germinació dels conidis.

Es varen realitzar inoculacions del material vegetal tant a camp com al laboratori i es varen realitzar mitjançant un atomitzador manual treballant amb una pressió de 2 bar. Cada planta es va inocular amb 40 mL d'inòcul efectuant dues passades amb l'atomitzador, una en el sentit de baix a dalt i una altra en el sentit invers, fins arribar a l'estat de caiguda de gota. D'aquesta manera la inoculació era completa, tant en l'anvers com en el revers de les fulles.



Es varen realitzar diferents inoculacions tant a camp com al laboratori durant els anys 1993 i 1994. Cada assaig va correspondre a una inoculació en el camp i a una altra en el laboratori. En general es va efectuar un assaig per setmana durant el període vegetatiu de la perera. L'inòcul emprat en les inoculacions a camp i al laboratori era el mateix, la meitat de la suspensió de conidis s'utilitzaven en les inoculacions a camp i l'altra meitat al laboratori. D'aquesta manera s'evitava l'error d'utilitzar suspensions diferents.

#### **2.4. Exposició a condicions de camp i adquisició de paràmetres ambientals**

Durant l'any 1993 les inoculacions es varen realitzar en la finca Mas Oller, i l'any 1994 es varen realitzar en la finca experimental de la Fundació Mas Badia.

Per cada condició d'assaig es varen portar 15 plantes a camp. Es varen inocular 10 amb la suspensió de conidis i 5 amb aigua destil·lada (control). Un cop inoculades es varen deixar les 15 plantes al mig d'una de les fileres de la plantació. Les plantes es varen retirar després de 24 hores d'exposició en les quals el material vegetal havia estat sota les condicions climàtiques de la plantació. Posteriorment aquestes plantes es van portar al laboratori a l'Escola Politècnica Superior i es van posar sota condicions ambientals controlades sense humectació per que s'expressessin els símptomes de la malaltia.

Les dades climàtiques es varen obtenir a partir de les estacions meteorològiques instal·lades en les finques on es van realitzar el assajos. L'any 1993 es va utilitzar una estació meteorològica instal·lada a Mas Oller (veure apartat 1.1.2 a la pàgina 132) i l'any 1994 es va utilitzar l'estació meteorològica instal·lada en la finca Mas Badia de característiques semblants. Es van utilitzar com a paràmetres ambientals tant la durada del període d'humectació durant les 24 hores que les plantes havien estat sota condicions de camp com la temperatura mitjana d'aquest període. Es van utilitzar aquests paràmetres per la interpolació en el model STREP a fi de terminar el nivell de risc d'infecció per *S. vesicarium* en funció de les condicions ambientals.

#### **2.5. Exposicions en condicions d'ambient controlat al laboratori**

Les inoculacions al laboratori es varen realitzar el mateix dia en que es varen retirar les plantes de camp. L'any 1993 i 1994 les condicions d'incubació d'aquest material van ser diferents. A la Figura 2.4 s'indica la metodologia seguida en aquests assajos.

### *2.5.1 Condicions d'incubació durant l'any 1993*

L'any 1993 es varen inocular 5 plantes per cada experiment d'avaluació. Un cop inoculades es varen posar en bosses de plàstic tancades hermèticament i amb atmosfera saturada d'aigua per aconseguir una humitat relativa del 100 % i humectació de les fulles, assegurant la germinació dels conidis. Per aconseguir aquesta atmosfera saturada es va mullar l'interior de les bosses de plàstic amb aigua estèril. Posteriorment es varen introduir en una cambra climàtica amb temperatura igual a la temperatura mitjana del període d'humectació obtinguda a camp el dia anterior. Passades 24 hores es varen treure les plantes de la cambra climàtica i de les bosses, i es van posar sota un flux suau d'aire sec, de manera que en pocs minuts les fulles estaven completament eixutes. Finalment les plantes es varen posar en una cambra per l'expressió dels símptomes.

### *2.5.2 Condicions d'incubació durant l'any 1994*

L'any 1994 es varen inocular 10 plantes per cada experiment d'avaluació. La metodologia emprada per realitzar aquestes inoculacions va ser la mateixa que l'any 1993 però a diferent temperatura d'incubació.

De les 10 plantes inoculades i posades en bosses de plàstic, 5 es posaven en una cambra climàtica a la temperatura mitjana del període d'humectació observat a camp el dia anterior, i les altres 5 es posaven en una altra cambra climàtica a una temperatura de 22.5 °C (temperatura òptima per l'inici d'infeccions). Les plantes es van treure de les cambres i de les bosses al cap de 24 hores i eixugades sota un flux d'aire sec. Posteriorment també es varen portar a una cambra climàtica per que expressessin els símptomes.

Com a conseqüència de les característiques climatològiques de la zona geogràfica de Girona algunes temperatures i períodes amb humectació que eren necessaris per avaluar el model no es van obtenir de forma natural. En conseqüència es van simular en hivernacle i en cambra climàtica.

En hivernacle l'únic factor que es va controlar va ser la humectació. La temperatura va dependre de la temperatura ambiental. En la cambra climàtica a més de la humectació es va controlar la temperatura, la humitat relativa i la llum. Es va utilitzar una cambra climàtica PGR15 (Convion).

El control de la humectació es va aconseguir mitjançant un datalogger CR-10 (Campbell Scientific Ltd.), dues sondes d'humectació 237, dues sondes de temperatura 107 i una sonda d'humitat relativa Rotronic (Campbell Scientific Ltd.). Les dues sondes

d'humectació es varen col·locar repartides entre les plantes i a una alçada equivalent a la de les fulles superiors. Es va considerar que hi havia humectació si s'ultrapassava un valor de 50. Es va programar el datalogger CR10 de manera que es realitzava una lectura de les sondes d'humectació cada 2 segons i de les diferents de sondes de temperatura i humitat relativa cada 10 minuts. Si al fer la lectura de les dues sondes d'humectació, la mitjana d'aquestes era inferior a un valor de 80 i coincidia amb un període de temps en que la planta havia d'estar humectada el datalogger activava un polvoritzador d'aigua fins que les sondes d'humectació tornaven a assolir un valor igual o superior a 80. Es va emprar el valor de 80 per que era un valor molt superior al llindar de 50 ( a partir del qual es considera que hi ha presència de pel·lícula d'aigua) i assegurava la humectació.

L'aparell d'humectar constava de quatre broquets amb una cabal de 2.3 L h<sup>-1</sup>, impulsats per una bomba de diafragma 8090-902-248 (Shurflo) amb una pressió de 6.9 Bars. L'activació es realitzava a partir de l'actuació del datalogger sobre un relè. Tot el sistema d'humectació així com els circuits emprats es van realitzar a partir d'un generador de boira descrit per Adaskaveg i col. (1990) modificat i adaptat a les nostres condicions. Amb aquest sistema es va aconseguir tenir les fulles de les pereres amb una humectació constant però sense degoteig. El fet que la lectura dels sensors d'humectació es va realitzar cada 2 segons va permetre acotar el temps d'humectació. D'aquesta manera no es va produir un rentat de l'indòcul de les fulles com a conseqüència d'un excés d'aigua.

Per l'expressió dels símptomes de la malaltia es va utilitzar una cambra climàtica amb control automatitzat de temperatura, humitat relativa i llum.

La temperatura es va mantenir constant a 20 °C, ja que és la temperatura òptima pel desenvolupament de la malaltia. Per mantenir la temperatura constant es va utilitzar un aparell de refrigeració Hiefac. La humitat relativa es va mantenir constant amb humidificador CDH-303 (Carel, Itàlia). Els valors es varen mantenir al 75-80 %, ja que humitats relatives properes o superiors al 90 % podrien produir humectació, germinació dels conidis i noves infeccions que interferirien en l'experiment. El fotoperíode va ser de 16 hores de llum i 8 de fosc.

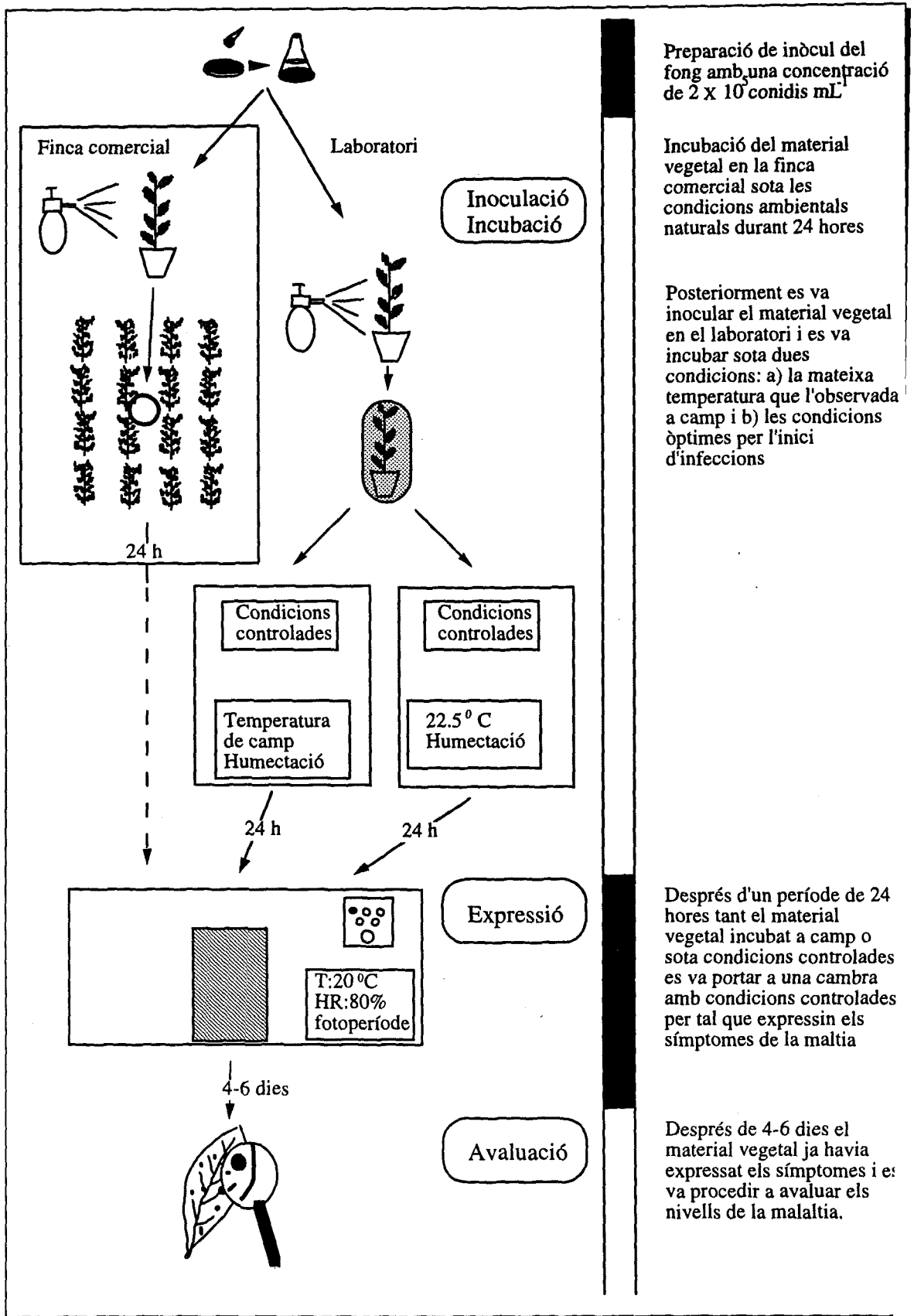


Figura 2.4. Metodologia utilitzada per avaluar la capacitat predictiva del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (model STREP).

## 2.6. Avaluació dels símptomes i obtenció dels índexs relatius de la malaltia

Al cap de 5 -7 dies es va procedir a avaluar els nivells de la malaltia mitjançant la severitat (lesions/fulla) utilitzant el brot tendre de cada planta (12-20 fulles).

Per homogeneïtzar totes les dades obtingudes durant els diferents assajos realitzats al llarg dels dos anys es van elaborar uns índexs relatius de severitat de la malaltia. D'una banda es van elaborar índexs a partir de les dades observades tant a camp com a laboratori, i d'altra de les prediccions del model STREP (Figura 2.5).

Aquests índexs es van utilitzar per eliminar la variabilitat deguda a possibles diferències en la concentració de l'inòcul d'un assaig amb un altre i a la diferent resposta a la malaltia deguda a l'estat vegetatiu de la planta (les plantes més joves són més sensibles que les plantes més velles). També a altres causes incontrolables que poguessin fer variar les condicions d'un assaig amb un altre.

### 2.6.1. Índexs relatius de malaltia observats

Per cada assaig es varen obtenir severitats de la malaltia que depenien de les condicions d'incubació de les plantes:

- a) Condicions de camp ( $O_c$ ): Severitat de la malaltia observada en les plantes que havien estat inoculades i deixades 24 h sota condicions d'incubació naturals en el camp.
- b) Condicions d'humectació òptimes per la infecció del fong a temperatura de camp ( $O_{oc}$ ): Severitat de la malaltia observada en les plantes inoculades al laboratori i posades en cambra climàtica a la mateixa temperatura observada sota condicions naturals en el camp, però amb un període d'humectació de 24 hores.
- c) Condicions de temperatura i humectació òptimes per la infecció del fong ( $O_{of}$ ): Severitat observada en les plantes inoculades al laboratori i incubades sota les condicions òptimes per l'inici d'infeccions segons el model STREP. Aquestes condicions varen ser de temperatura de 22.5 °C i un període de 24 hores amb humectació. Correspondria al valor òptim d'infeccions del fong. Els valors òptims pel procés infecció del fong només es varen realitzar l'any 1994.

Aquests valors es van relativitzar a fi d'obtenir un nou índex que oscil·lés entre 0-1 i permetés de fer comparacions relatives entre diferents dates d'assaig, plantes, inòcul, i respecte a les condicions experimentals específiques en que es va obtenir el model STREP. Per fer-ho es van calcular dos índexs.

-Un primer índex ( $I_{O1}$ ) corresponia a la relació entre el valor observat a camp ( $O_c$ ) i el màxim d'infecció per la mateixa temperatura observat al laboratori ( $O_{oc}$ ):

$$I_{O1} = O_c / O_{oc}$$

-Un segon índex ( $I_{O2}$ ) corresponia a la relació entre el valor observat a camp ( $O_c$ ) i el valor obtingut al laboratori amb les condicions òptimes per la infecció del fong, valor òptim observat ( $O_{of}$ ). Aquest índex només es va buscar l'any 1994.

$$I_{O2} = O_c / O_{of}$$

### 2.6.2 Índexs relatius de malaltia predits

Per cada assaig es varen calcular severitats mitjançant el model STREP:

- a) Condicions de camp ( $P_c$ ): Severitat de la malaltia predita pel model STREP en funció de la temperatura i el període d'humectació observada en les plantes incubades sota condicions naturals en el camp.
- b) Condicions d'humectació òptimes per la infecció del fong a temperatura de camp ( $P_{oc}$ ): Severitat de la malaltia predita pel model STREP en funció de la temperatura observada durant la incubació de les plantes sota condicions naturals en el camp però amb un període d'humectació de 24 hores.
- c) Condicions de temperatura i humectació òptimes per la infecció del fong ( $P_{of}$ ): Severitats predites pel model STREP per una temperatura de 22.5 °C i un període d'humectació de 24 hores. Correspondria al valor òptim d'infeccions del fong predit. Els valors òptims pel procés infeccions del fong només es varen realitzar l'any 1994.

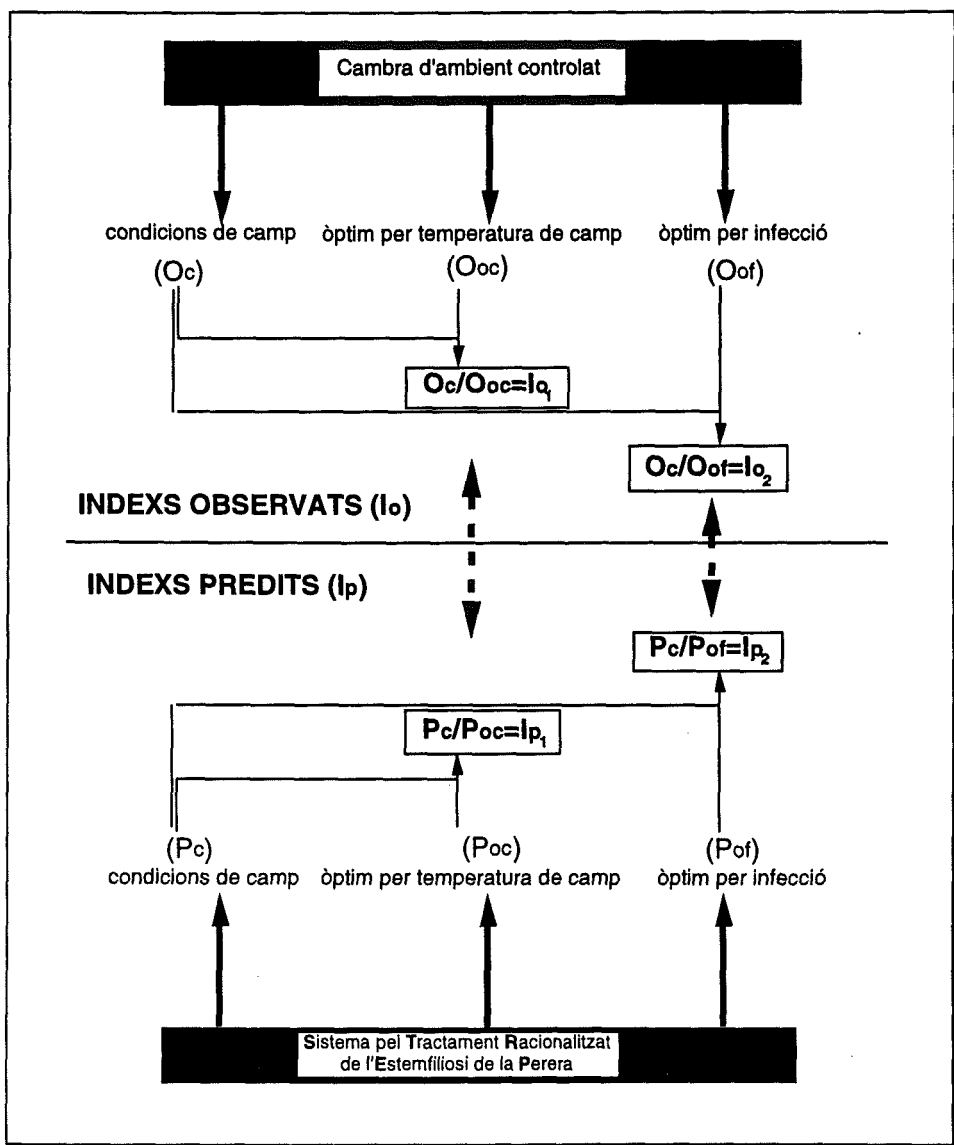
Aquests valors, com en el punt anterior, es van relativitzar utilitzant dos índexs:

-Un primer índex ( $I_{p1}$ ) corresponia a la relació entre el valor predit segons les condicions de camp ( $P_c$ ) i el màxim d'infecció predit per la mateixa temperatura en condicions d'humectació òptima ( $P_{oc}$ ).

$$I_{p1} = P_c / P_{oc}$$

-Un segon índex ( $I_{p2}$ ) corresponia a la relació entre el valor predit segons les condicions de camp ( $P_c$ ) i el valor òptim per la infecció del fong ( $P_{of}$ ). Aquest índex només es va buscar l'any 1994.

$$I_{p2} = P_c / P_{of}$$



**Figura 2.5.** Obtenció dels índexs observats i predits pel model STREP. A la part superior s'hi indiquen els càlculs per obtenir els índexs observats a partir de les tres condicions d'incubació: naturals de la finca comercial, òptimes a les condicions de temperatura de les finques comercials i òptimes per l'inici d'infeccions. A la part inferior hi ha els índexs predits pel model STREP per les mateixes condicions anteriors.

### **2.7. Tractament estadístic de les dades**

Es va realitzar l'anàlisi estadística de les dades amb el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v.6.11).

Els índexs de severitat observats i predits de la malaltia es varen englobar en diferents nivells de risc i es varen comparar mitjançant una anàlisi de les seves freqüències absolutes i relatives mitjançant el procediment FREQ. Un altre tipus d'avaluació va ser mitjançant una anàlisi de regressió lineal dels índexs de risc predits respecte als observats. La distribució dels residus obtinguts en la regressió es va analitzar mitjançant la prova de Shapiro-Wilk.

## **3. Efecte de la humitat relativa durant períodes interromputs d'humectació en els nivells de malaltia**

Es van realitzar experiments, en condicions controlades, per determinar l'efecte en els nivells de la malaltia d'humitat relativa baixa (60%) i elevada (98%) durant diferents durades de períodes interromputs d'humectació.

### **3.1. Material vegetal**

Es varen utilitzar plantes de perera (*Pyrus communis*), amb brots d'un any, de la varietat Conference autoarrelades i pertanyents al clon CAV, les característiques d'aquest material vegetal estan descrites a l'apartat 2.1 de la pàgina 53.

### **3.2. Obtenció de l'inòcul de *Stemphylium vesicarium***

Es va obtenir una suspensió de conidis de la soca EPS26 del fong amb la tècnica descrita en l'apartat 1.1.4 de la pàgina 38. La suspensió de conidis utilitzada presentava una concentració de  $0.1-2 \times 10^5$  conidis mL<sup>-1</sup> i la viabilitat d'aquest conidis es va assegurar realitzant una prova de germinació com està descrit a l'apartat 1.1.4. de la pàgina 38.

### **3.3. Inoculacions**

L'inòcul es va mantenir a 4 °C fins el moment de la inoculació, d'aquesta manera es va evitar l'inici de germinacions. Cada planta es va inocular amb 40 mL de la



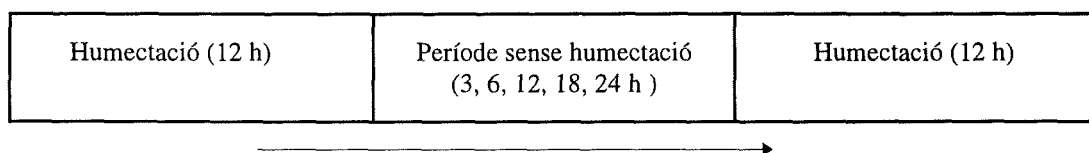
suspensió de conidis mitjançant un atomitzador manual de la marca Glorietta amb una pressió de 2 bar. Es varen mullar les dues cares de la fulla fins arribar a l'estat de caiguda de gota.

### 3.4. Disseny experimental

Es van assajar les següents durades de períodes interromputs d'humectació: 3, 6, 12, 18 i 24 h. Aquests períodes es van assajar sota condicions d'humitat relativa baixa (60%) i elevada (98%). Així mateix també es varen realitzar dos controls amb humectació contínua de 12 i 24 h respectivament. El nombre de tractaments totals va ser de 12. De cada tractament es varen realitzar 3 repeticions i cada repetició constava de tres plantes. Es varen utilitzar en total 108 plantes. El disseny va ser de 12 tractaments amb 3 repeticions i totalment aleatoritzat.

### 3.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat

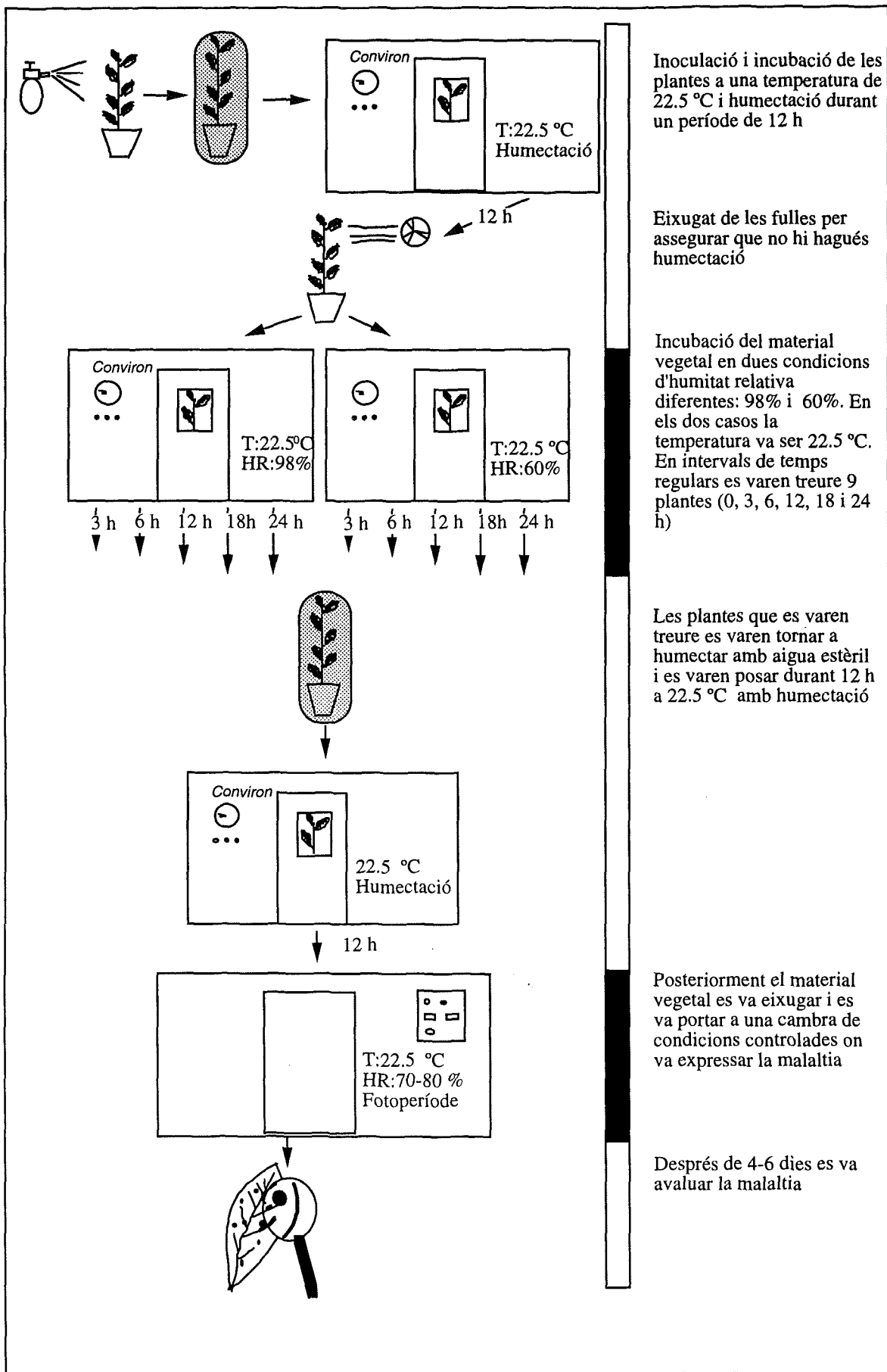
Cada condició d'incubació consistia en una primera fase d'humectació de 12 h, seguida d'un període sense humectació, per finalment tornar a un altre període d'humectació de 12 h (veure Figura 2.6). Es varen realitzar també dos períodes d'humectació contínua (12 i 24h) que varen ser els controls de l'experiment. A la Figura 2.7 s'indica la metodologia seguida en l'experiment.



**Figura 2.6.** Esquema de les diferents condicions d'incubació utilitzades.

Un cop inoculades les 108 plantes i encara molles es varen posar dins de bosses de plàstic hermètiques. Per tal d'assegurar que la humectació es mantingués es va saturar d'humitat l'interior de la bossa polvoritzant aigua estèril.

Transcorregudes les 12 h de la primera fase d'humectació totes les plantes es van treure de les bosses i es van deixar eixugar sota un flux suau d'aire, a excepció de les 9 plantes corresponents al tractament control de 24 h d'humectació contínua.



**Figura 2.7.** Metodologia emprada en l'experiment per determinar l'efecte de la humitat relativa durant els períodes interomputs d'humectació.

Un cop eixutes, les 9 plantes corresponents al tractament control de 12 h d'humectació es van portar a la cambra d'expressió de símptomes. De les 90 plantes restants 45 es varen portar a una cambra climàtica amb humitat relativa del 60% i la resta a una cambra climàtica amb humitat relativa del 98%. A partir d'aquest moment i al cap de 3, 6, 12, 18 i 24 h es treien 9 plantes, tant de la cambra climàtica a 60% d'humitat relativa com de la del 98%. Aquestes plantes es varen humectar, sense que es produís rentat de l'inòcul, i es varen posar de nou dins de bosses de plàstic hermètiques per provocar un altre període d'humectació. Passades 12 hores es varen treure de les bosses de plàstic i es varen deixar sota un flux suau d'aire. Finalment es varen portar a una cambra d'ambient controlat per tal que expressessin els símptomes. Les plantes corresponents al control de 24 hores d'humectació seguida, un cop passat aquest període també es varen treure de les bosses, es varen deixar eixugar i es varen portar a la cambra d'expressió de símptomes.

Les cambres climàtiques utilitzades durant l'assaig van ser : a) pels períodes interromputs d'humectació amb humitats relatives elevades es va utilitzar una cambra d'ambient controlat PGR15 (Convion) amb control de temperatura a 22.5 °C ( $\pm 0.5$  °C), humitat relativa de 98% ( $\pm 3$ %) i fosc; b) tant pels períodes interromputs d'humectació amb humitat relativa baixa com pels períodes amb humectació contínua es va utilitzar una cambra refrigerada Hiefac a 22.5 °C ( $\pm 1$  °C) i un controlador d'humitat d'elaboració pròpia treballant al 65% ( $\pm 5$ %) i fosc; c) el procés d'embossament, desbossament i eixugament de les plantes es va realitzar en un laboratori amb una temperatura de 22.5 °C i humitat relativa de 60-75% dotat d'un aparell de refrigeració tipus bomba de calor (Sanyo).

Durant tot l'experiment es va fer un seguiment de les condicions ambientals en totes les cambres climàtiques utilitzades: a) en la cambra amb les plantes amb humitat relativa elevada durant el període interromput d'humectació es varen posar dues sondes d'humectació 237 (Campbell Scientific Ltd.), amb la finalitat d'assegurar que no hi havia humectació. Per la temperatura i la humitat relativa es va utilitzar un sensor HMP35A (Vaisala Sensor Systems). Tots aquests sensors estaven connectats a un datalogger tipus CR10X (Campbell Scientific Ltd.); b) en la cambra amb plantes sota condicions d'humitat relativa baixa o amb humectació contínua (dintre de bosses de plàstic) s'hi van col·locar dos sensors d'humectació 237 (Campbell Scientific Ltd.) i un

sensor de temperatura i humitat relativa Rotronic MP100 (Campbell Scientific Ltd.). Tots aquests sensors estaven connectats a un datalogger tipus CR10 (Campbell Scientific Ltd.); c) en la cambra on es realitzava l'embossament, desbossament i eixugament del material vegetal es va utilitzar un termohigrògraf Jules-Richard Instruments 6500.

### **3.6. Condicions d'expressió de la malaltia**

Per l'expressió dels símptomes es va utilitzar una cambra d'ambient controlat amb una temperatura de 22 °C, humitat relativa entre 70 i 80% i fotoperíode de 16 hores de llum i 8 de fosc. La humitat relativa es va mantenir per sota del 80% amb la finalitat d'evitar noves infeccions de conidis no germinats durant el període d'incubació. El control de la temperatura es va realitzar mitjançant un aparell d'aire condicionat Hiefac i la humitat mitjançant un humidificador d'elaboració pròpia. Per fer un seguiment d'aquests paràmetres es va utilitzar, per la humectació un sensor 237 (Campbell Scientific Ltd.), per la temperatura i la humitat relativa un sensor HMP35D (Vaisala Sensor Systems). Aquests sensors estaven connectats a un datalogger tipus CR10 (Campbell Scientific Ltd.).

### **3.7. Avaluació dels nivells de la malaltia**

Els nivells de malaltia es van avaluar després de 4-6 dies d'haver entrat el material vegetal en la cambra d'expressió. Es va determinar tant la incidència com la severitat de la malaltia de les 10 primeres fulles, sense tenir en compte les primeres fulles del brot desenvolupades després del moment d'inoculació.

### **3.8. Tractament estadístic de les dades**

L'anàlisi estadístic de les dades es va realitzar mitjançant el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v 6.11.)

Per les anàlisis estadístiques es va utilitzar tant la incidència com la severitat de la malaltia així com la transformació  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Es va utilitzar la mitjana de les 3 plantes de cada repetició

Primerament es va analitzar la distribució dels residus d'aquestes variables per cada tractament mitjançant la prova de Shapiro-Wilk així com la homogeneïtat de les variàncies amb la prova de Bartlett.

Posteriorment es varen realitzar anàlisis de les variàncies amb el procediment GLM (General Linear Models) per determinar l'efecte en la incidència i severitat de la malaltia de les condicions d'humitat relativa (60% i 98%) durant els períodes interromputs d'humectació de diferent durada (0, 3, 6, 12, 18 i 24 h). Si l'efecte era significatiu es procedia a realitzar comparacions de mitjanes mitjançant la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. També es va comparar la incidència i severitat de la malaltia de les diferents durades del període interromput d'humectació (3, 6, 12, 18 i 24 h) respecte un control (0 h) utilitzant la prova de Dunnett.

#### **4. Efecte d'humitats relatives elevades en l'inici d'infeccions de *Stemphylium vesicarium***

Per determinar la importància de les durades de períodes amb humitats relatives elevades (95-98%) sense presència d'humectació en l'inici d'infeccions del fong en plantes es varen realitzar diferents assajos en condicions ambientals controlades.

##### **4.1. Disseny experimental**

L'experiment es va repetir quatre vegades. En el primer experiment es varen assajar 5 durades de períodes de 0, 6, 12, 18 i 24 h amb humitat relativa elevada sense humectació, i un control amb humectació durant 24 h. En el segon i tercer es varen assajar 6 durades de períodes de 0, 6, 12, 18, 21 i 24 h amb humitat relativa elevada sense humectació i dos controls amb 12 i 24 h amb humectació. En el quart es varen assajar 5 durades de períodes de 0, 6, 12, 18 i 24 h amb humitat relativa elevada sense humectació i dos controls de 12 i 24 h amb humectació. Per cadascuna de les condicions assajades es varen utilitzar 5 plantes. La metodologia que es va seguir en aquests experiments s'esquematitza a la Figura 2.8.

#### **4.2. Material vegetal**

Es varen utilitzar plantes de perera (*Pyrus communis*), amb brots d'un any, de la varietat Conference autoarrelades i pertanyents al clon CAV, les característiques d'aquest material vegetal estan descrites a l'apartat 2.1 de la pàgina 53.

#### **4.3. Obtenció de l'inòcul de *Stemphylium vesicarium***

Es va utilitzar la soca EPS26 de *Stemphylium vesicarium* donat la seva elevada virulència. En el primer experiment es va utilitzar inòcul de conidis mantinguts congelats en glicerol. En el segon, tercer i quart experiment es va utilitzar inòcul fresc obtingut directament de cultius. Els mètodes utilitzats per obtenir les suspensions de conidis estan descrit a l'apartat 1.1.4 de la pàgina 38.

La suspensió de conidis obtinguda en tots els experiments va presentar una concentració de  $0.5-3 \times 10^5$  conidis mL<sup>-1</sup>. La viabilitat es va assegurar realitzant una prova de germinació, descrita a l'apartat 1.1.4 a la pàgina 38.

#### **4.4. Inoculacions**

L'inòcul fins el moment d'aplicar-lo es va mantenir a 4 °C per evitar l'inici de germinacions en absència de la planta. La inoculació de la suspensió de conidis del fong en el material vegetal es va realitzar mitjançant un atomitzador manual a 2 bar de pressió. Cada planta va ser inoculada amb 40 mL de la suspensió, tant per la cara abaxial com per la cara adaxial de les fulles fins arribar a l'estat de caiguda de gota.

#### **4.5. Condicions d'incubació del material vegetal inoculat**

Un cop inoculades, les plantes, es varen separar en dos lots. Un lot es va posar dins bosses de plàstic hermèticament tancades i corresponia als controls amb humectació. Es va mullar la cara interna de les bosses per tal d'assegurar que la humectació de les fulles no desapareixia durant la incubació. El segon lot es va posar sota un flux d'aire suau amb la finalitat d'eixugar les fulles el mes ràpidament possible. Un cop completament eixutes les fulles es van posar les plantes d'aquest lot juntament amb l'altre lot en una cambra d'ambient controlat.

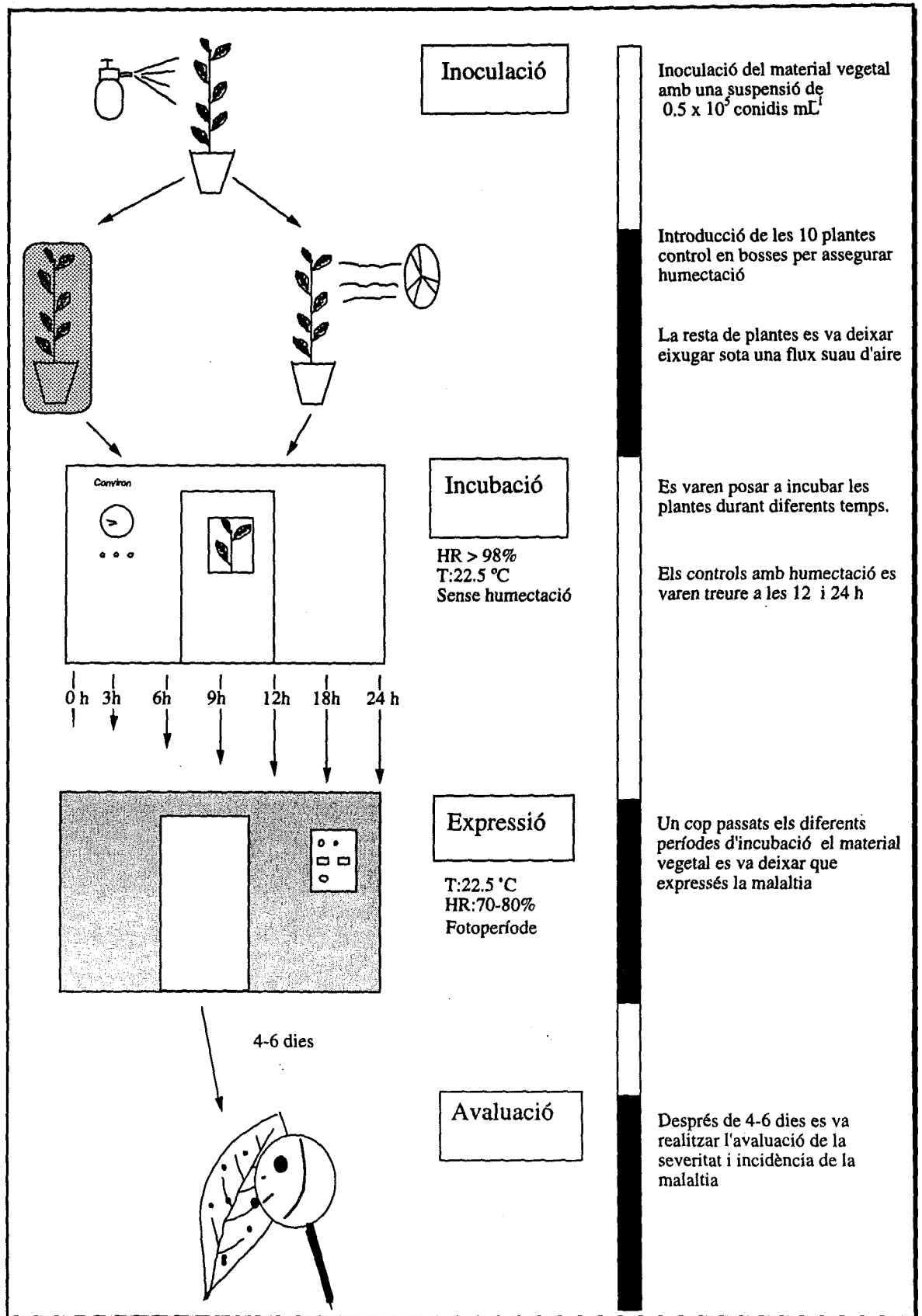
L'equipament utilitzat per a la incubació del material vegetal incubat va ser una cambra d'ambient controlat PGR15 (Conviron). Aquesta cambra treballa amb flux laminar d'aire, permet el control de la humitat relativa ( $\pm 3\%$ ), temperatura ( $\pm 0.5$  °C),

intensitat de llum i fotoperíode. Durant tot l'experiment les condicions d'incubació varen ser temperatura de 22.5 °C, humitat relativa del 98% i sense humectació. Amb la finalitat d'assegurar que durant l'experiment les condicions no canviaven i que no havia presència d'humectació es varen col·locar entre les plantes dos sensors d'humectació 237 i un sensor de temperatura ( $\pm 0.1$  °C) i humitat relativa HMP35AC (la precisió per humitats relatives entre 90% i 100% és de  $\pm 3\%$ ), connectats a un datalogger CR10 (Campbell Scientific Ltd.) descrits a l'apartat 1.2.1 de la pàgina 133. Es va realitzar un seguiment dels paràmetres ambientals en temps real durant l'experiment mitjançant un ordinador portàtil Olivetti S20 connectat al datalogger.

A diferents períodes de temps (0, 6, 12, 18, 21 i 24 h) s'anaven retirant de l'interior de la cambra grups de 5 plantes i es col·locaven en una altra cambra d'ambient controlat per que expressessin els símptomes. Les plantes que estaven dins les bosses de plàstic, un cop passat el període de temps corresponent (12 i 24h) es retiraven de les bosses, s'eixugaven sota un flux suau d'aire i posteriorment també es portaven a la cambra d'expressió de símptomes. La temperatura del laboratori on estava situada la cambra d'incubació i la de l'interior d'aquesta van ser molt semblants amb la finalitat d'evitar que tant al posar les plantes dins de la cambra com en obrir la porta per retirar plantes es produís humectació degut a la condensació produïda per la diferència tèrmica.

#### **4.6. Condicions d'expressió de la malaltia**

La cambra utilitzada per què el material vegetal desenvolupés els símptomes un cop inoculat i incubat a les condicions d'assaig, va ser també d'ambient controlat per evitar que es produïssin noves infeccions. Les condicions van ser temperatura a 20 °C, la humitat relativa en un interval de 70-80% i fotoperíode de 16 hores de llum i 8 de fosc. Tots aquests paràmetres van ser constants al llarg del temps i van ser enregistrats amb un termohigrògraf Jules-Richard Instruments 6500. La temperatura es va mantenir constant amb un aparell de refrigeració Hiefac i la humitat relativa amb un humidificador CDH-303 (Carel, Itàlia).



**Figura 2.8.** Metodologia seguida en els experiments realitzats per determinar l'efecte de diferents durades de períodes amb humitats relatives elevades sense presència d'humectació en l'inici d'infeccions produïdes per *Stemphylium vesicarium*.



#### **4.7. Avaluació dels nivells de la malaltia**

Després de 4-6 dies de mantenir el material vegetal en condicions d'expressió es van poder avaluar els nivells de la malaltia. Es va determinar tant la incidència (percentatge de fulles amb lesions) com la severitat (nombre total de lesions per fulla). Es varen analitzar les 10 primeres fulles desestimant aquelles fulles més joves que s'havien desenvolupat després de l'inici de l'experiment que en total va durar 5-7 dies.

#### **4.8. Tractament estadístic de les dades**

Per realitzar l'anàlisi estadística es va utilitzar el paquet estadístic SAS (SAS Institute Inc., v 6.11). Es varen utilitzar les variables incidència i severitat de la malaltia. La normalitat dels residus es va analitzar amb la prova de Shapiro-Wilk i l'homogeneïtat de les variàncies amb la prova de Bartlett. Per determinar els efectes dels períodes es varen analitzar amb una anàlisi de la variància utilitzant el procediment GLM (General Linear Models). Quan l'efecte era significatiu es varen realitzar comparacions de mitjanes mitjançant la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. També es varen contrastar les mitjanes respecte a un control (0 h) utilitzant la prova de Dunnett.

## Resultats

### 1. Dinàmica de la humectació, humitat relativa, temperatura i pluviometria en finques comercials

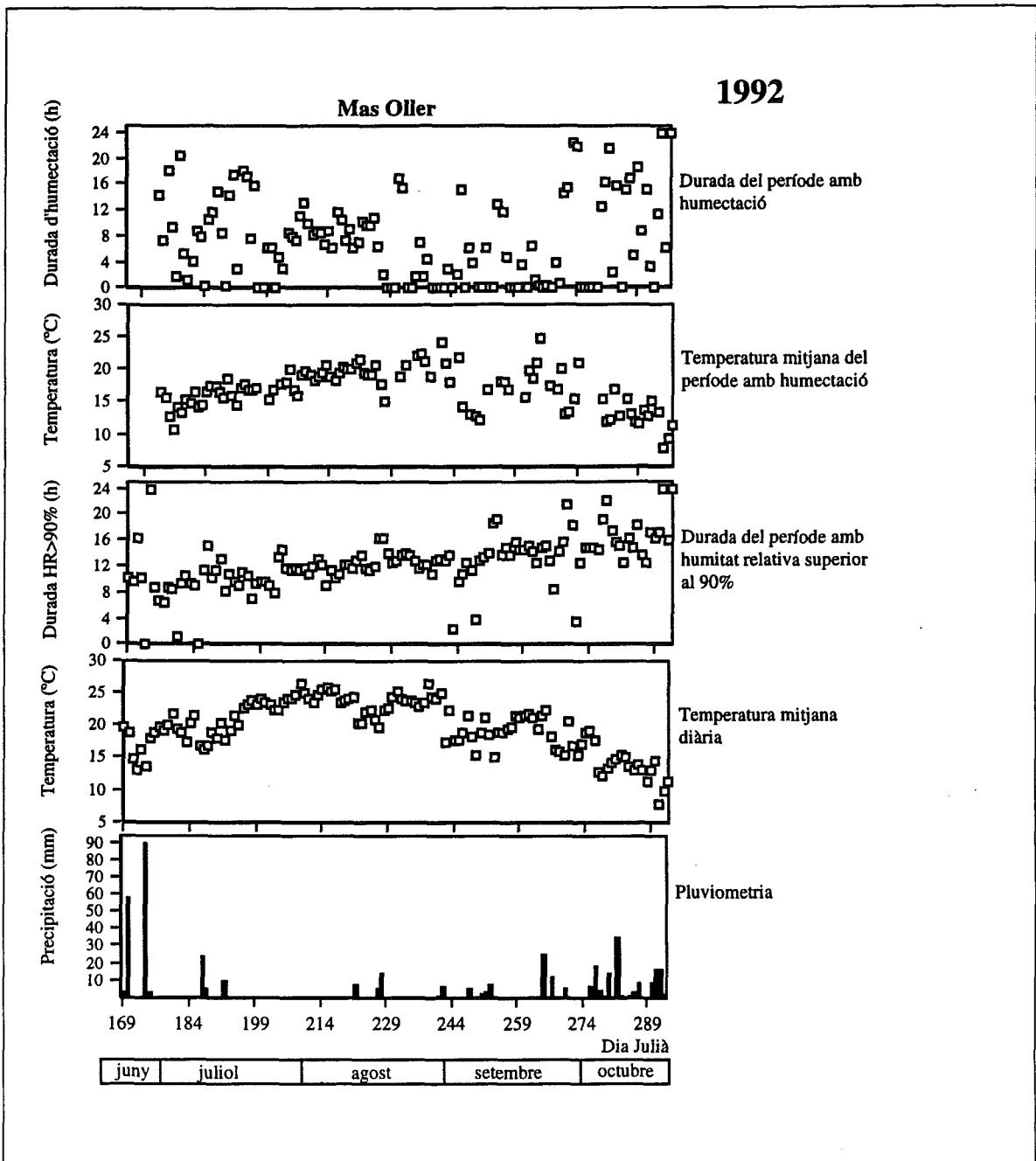
Els anys 1992, 1993, 1994, 1995 i 1996 es va fer un seguiment durant el període vegetatiu de la perera de les durades dels períodes amb humectació i de la temperatura mitjana de l'aire durant aquests períodes. També es va fer un seguiment dels períodes amb humitat relativa superior al 90%, de la temperatura mitjana de l'aire i de les precipitacions. Aquest seguiment es va fer en diferents finques comercials.

A les Figures 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 i 2.14, es mostren les evolucions dels diferents paràmetres climàtics al llarg del període vegetatiu de la perera durant els anys d'estudi i en diferents plantacions. A la Figura 2.15 es representen les freqüències relatives d'aquests paràmetres ambientals pel total de 893 dies estudiats.

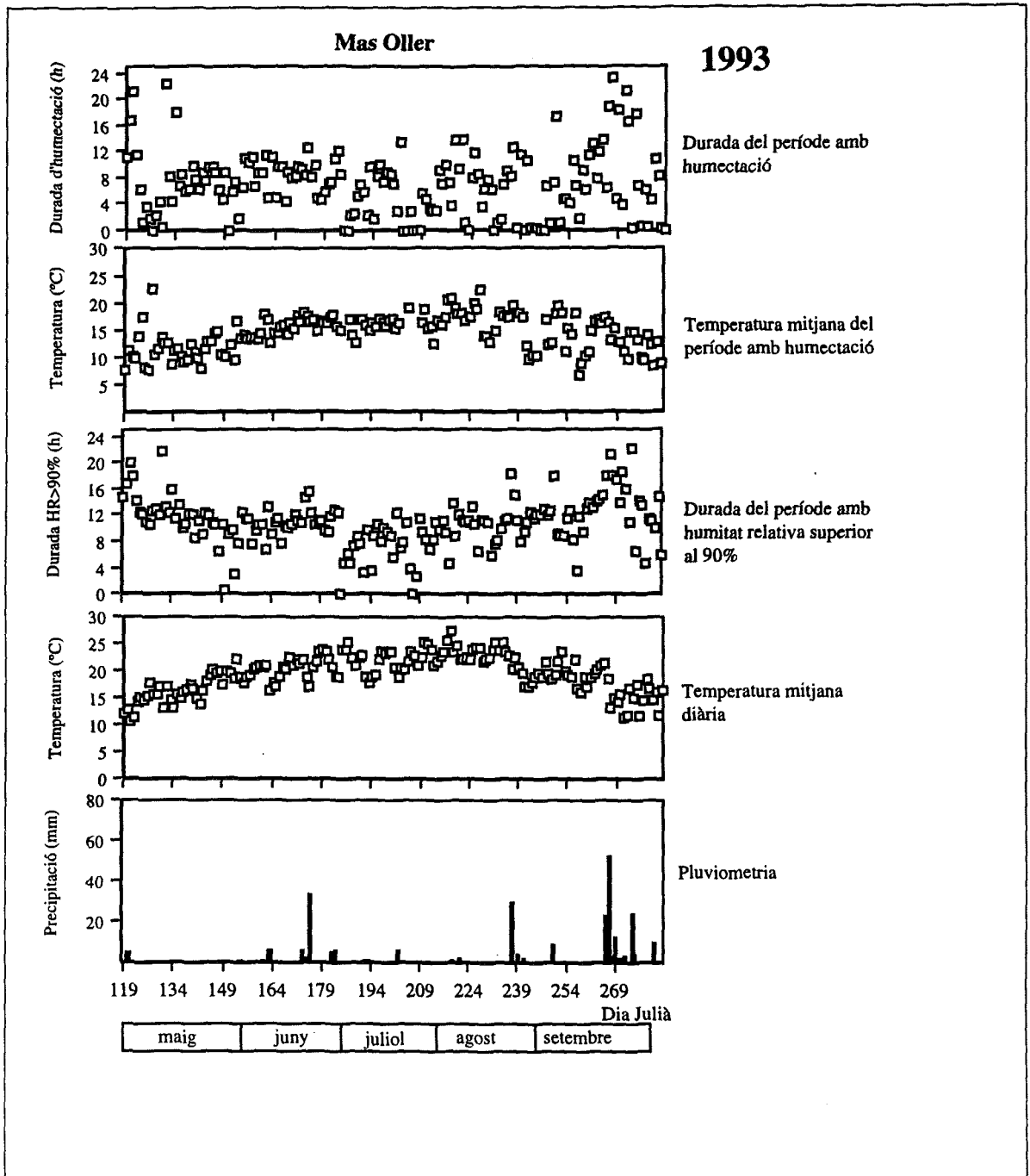
#### 1.1. Durada dels períodes diaris d'humectació

En la major part dels anys, es pot observar que en els mesos de maig, juny, setembre i octubre les durades dels períodes d'humectació varen ser més llargues que en la resta de mesos. Aquests mesos varen coincidir amb aquells en els quals les temperatures mitjanes diàries varen ser més baixes. Per una altra part es pot observar que també durant aquests mesos, amb durades de humectació més llargues, la freqüència de precipitacions va ser més elevada.

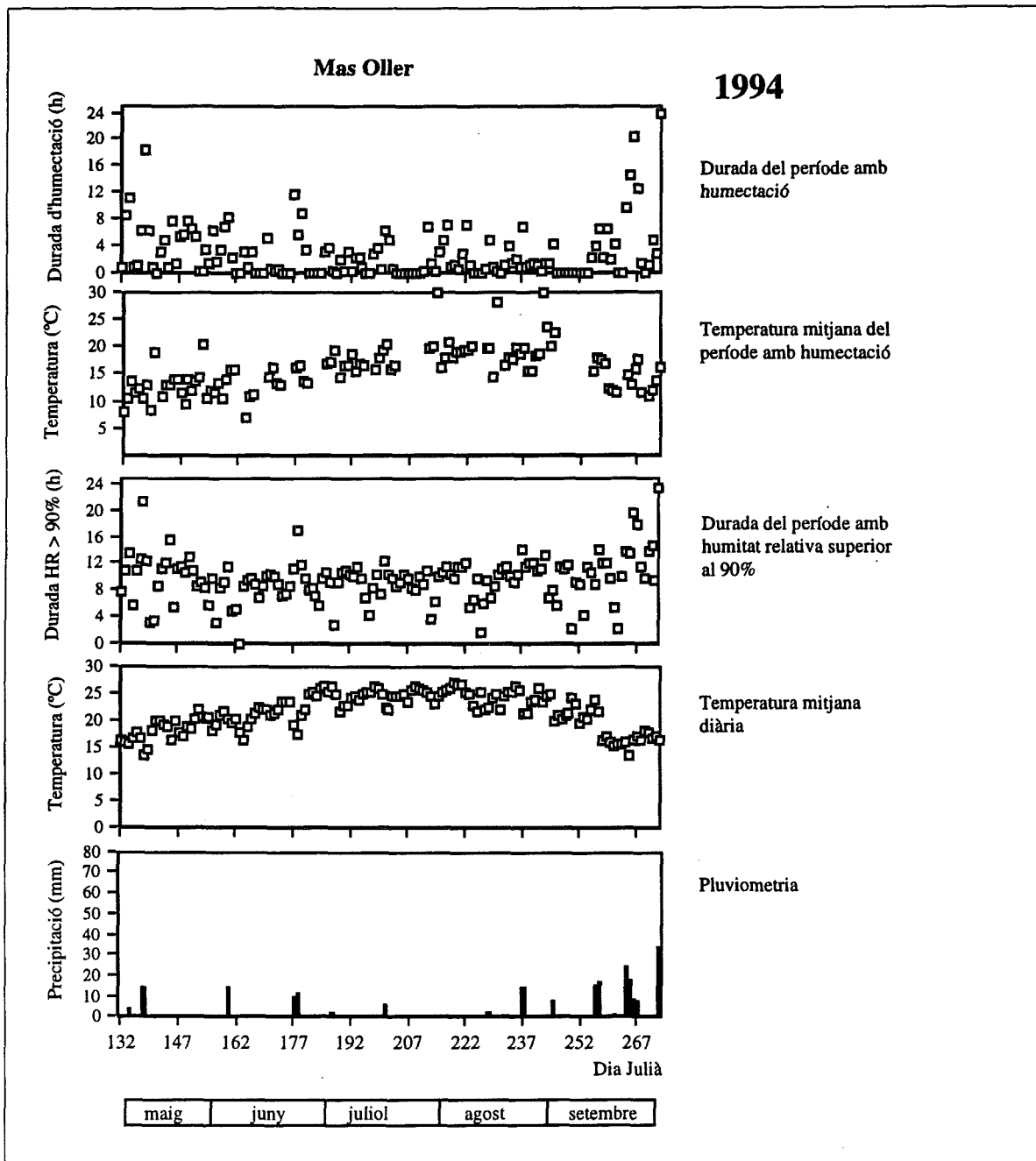
A la Figura 2.15 es representen les freqüències relatives de les durades dels períodes diaris amb humectació. Es pot observar que en més del 22 % dels períodes d'humectació analitzats la durada va ser inferior a 1 hora. Les durades dels períodes amb humectació més freqüents varen ser entre 0h i 12h (64% dels períodes observats). Amb menor freqüència es varen observar durades entre 13h i 18h (11 % dels períodes analitzats) i molt menys superiors a 18 hores (3% dels casos).



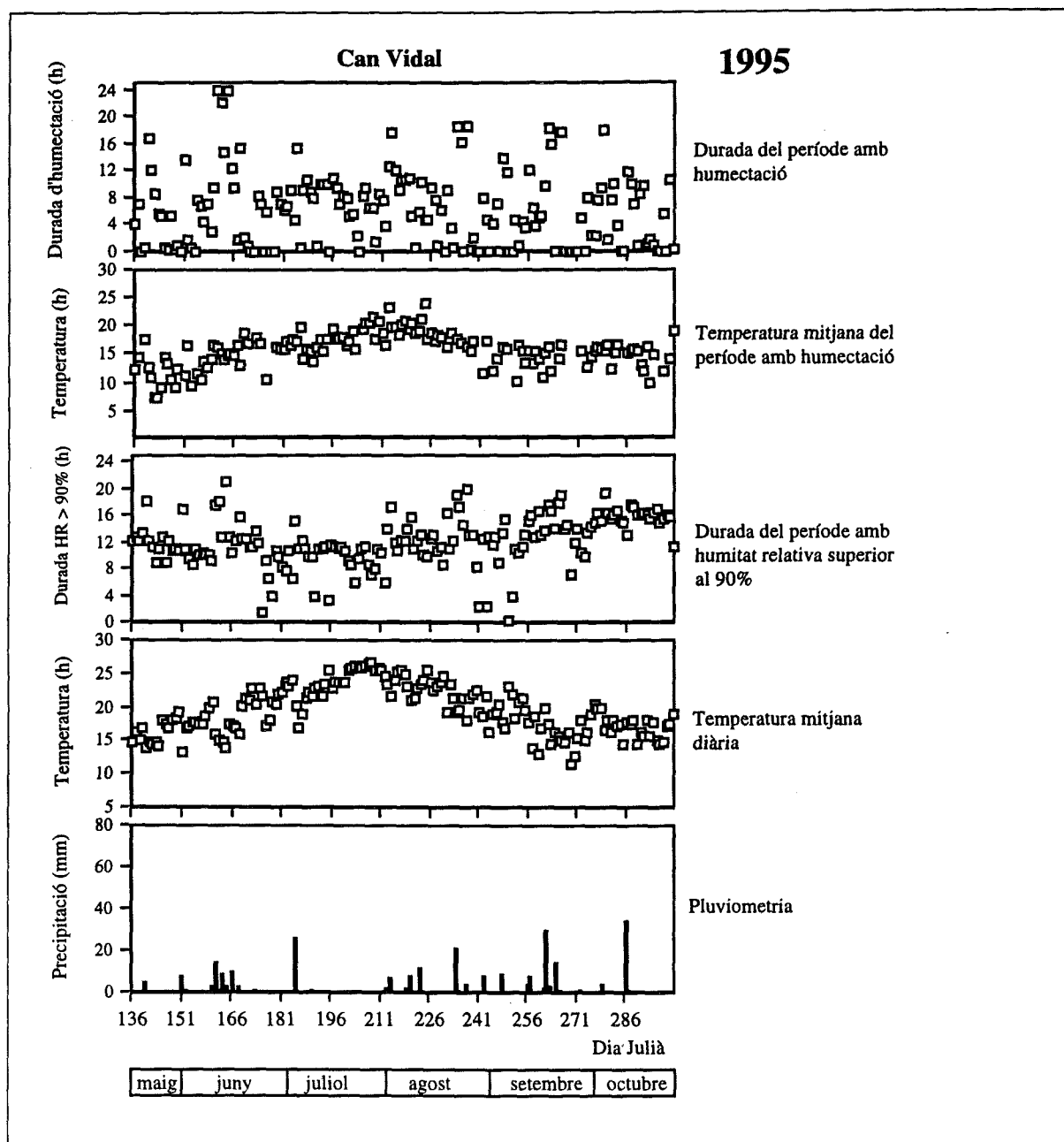
**Figura 2.9.** Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1992.



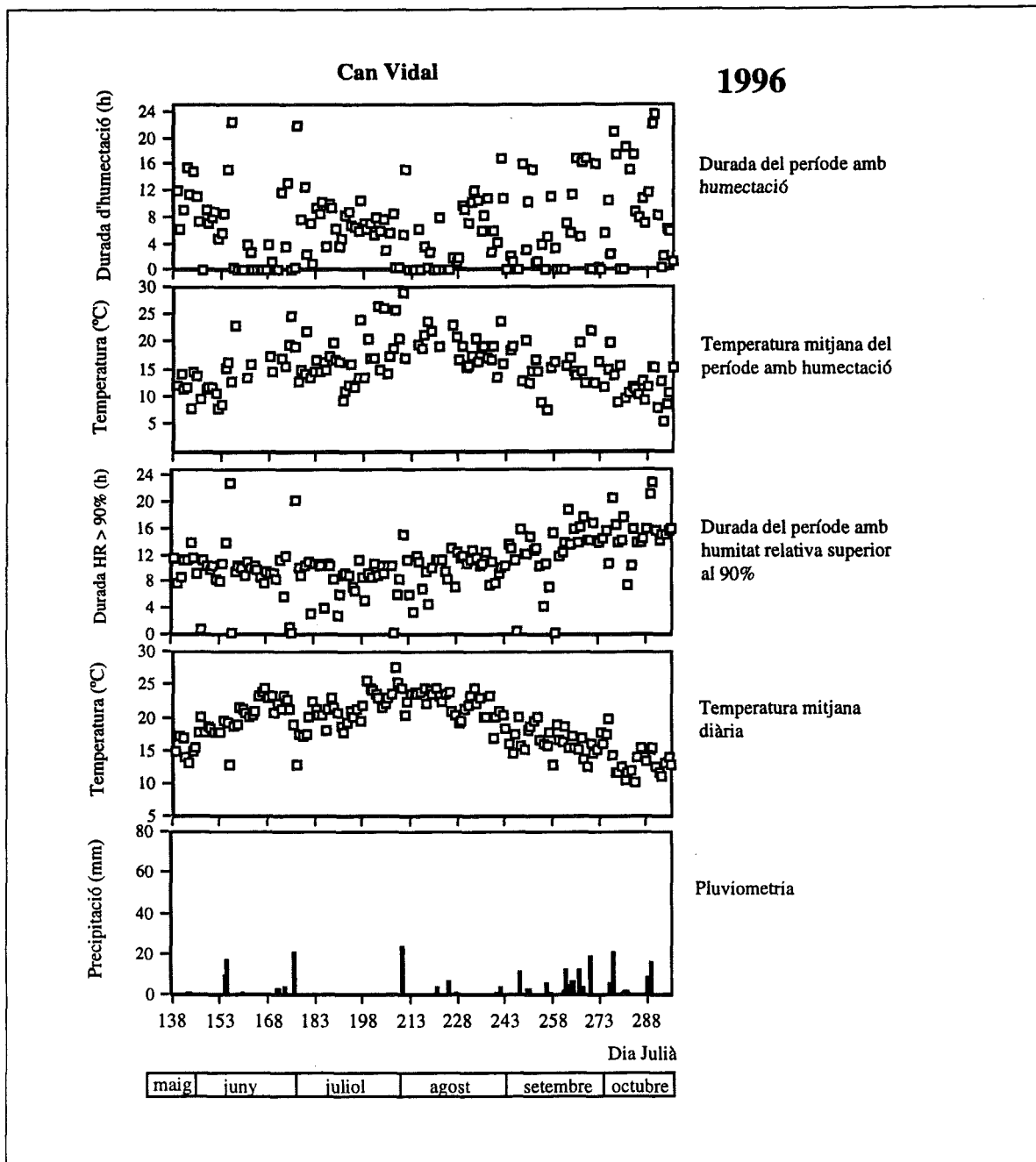
**Figura 2.10.** Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1993.



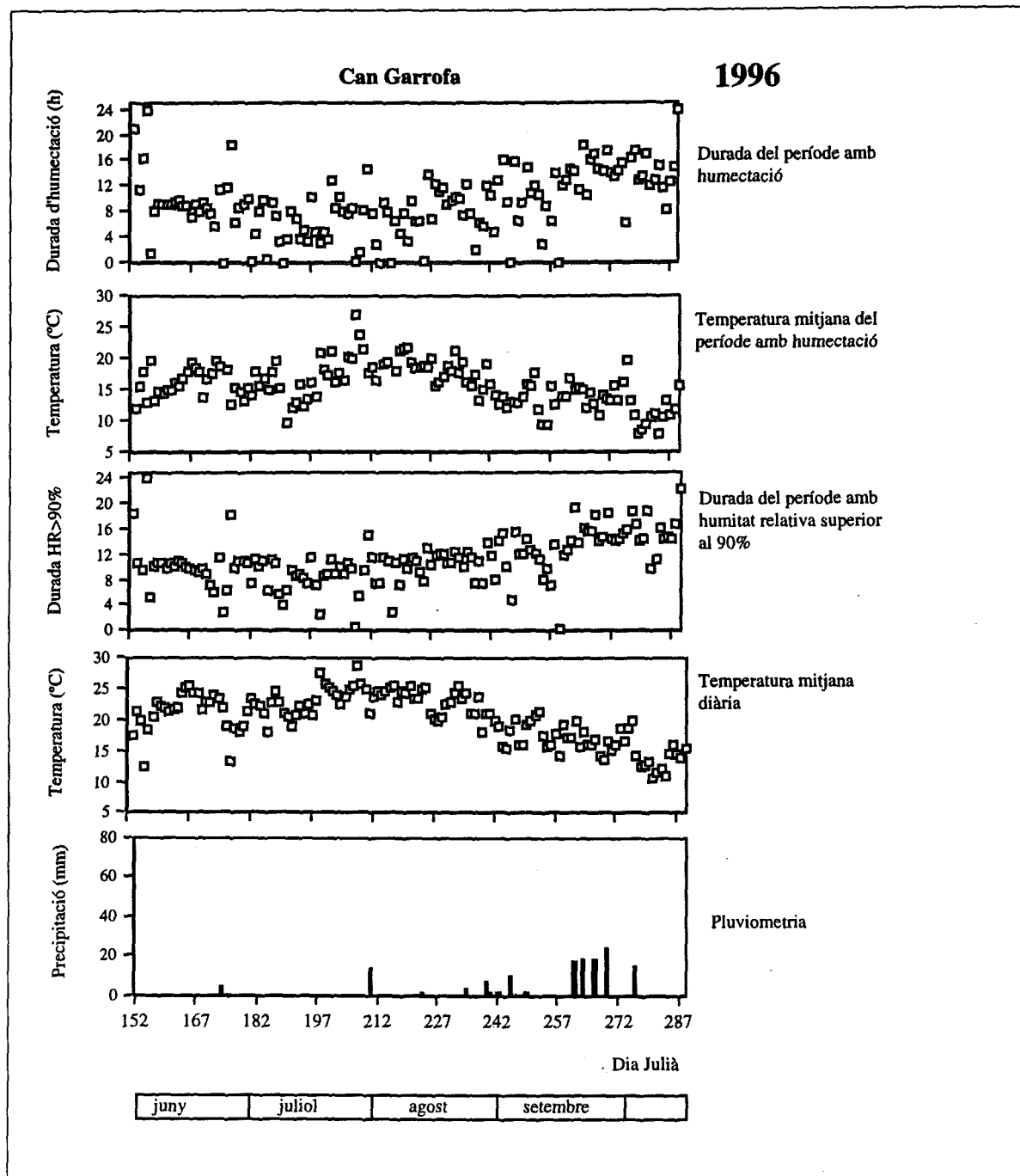
**Figura 2.11.** Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Mas Oller durant l'any 1994.



**Figura 2.12.** Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Vidal durant l'any 1995.

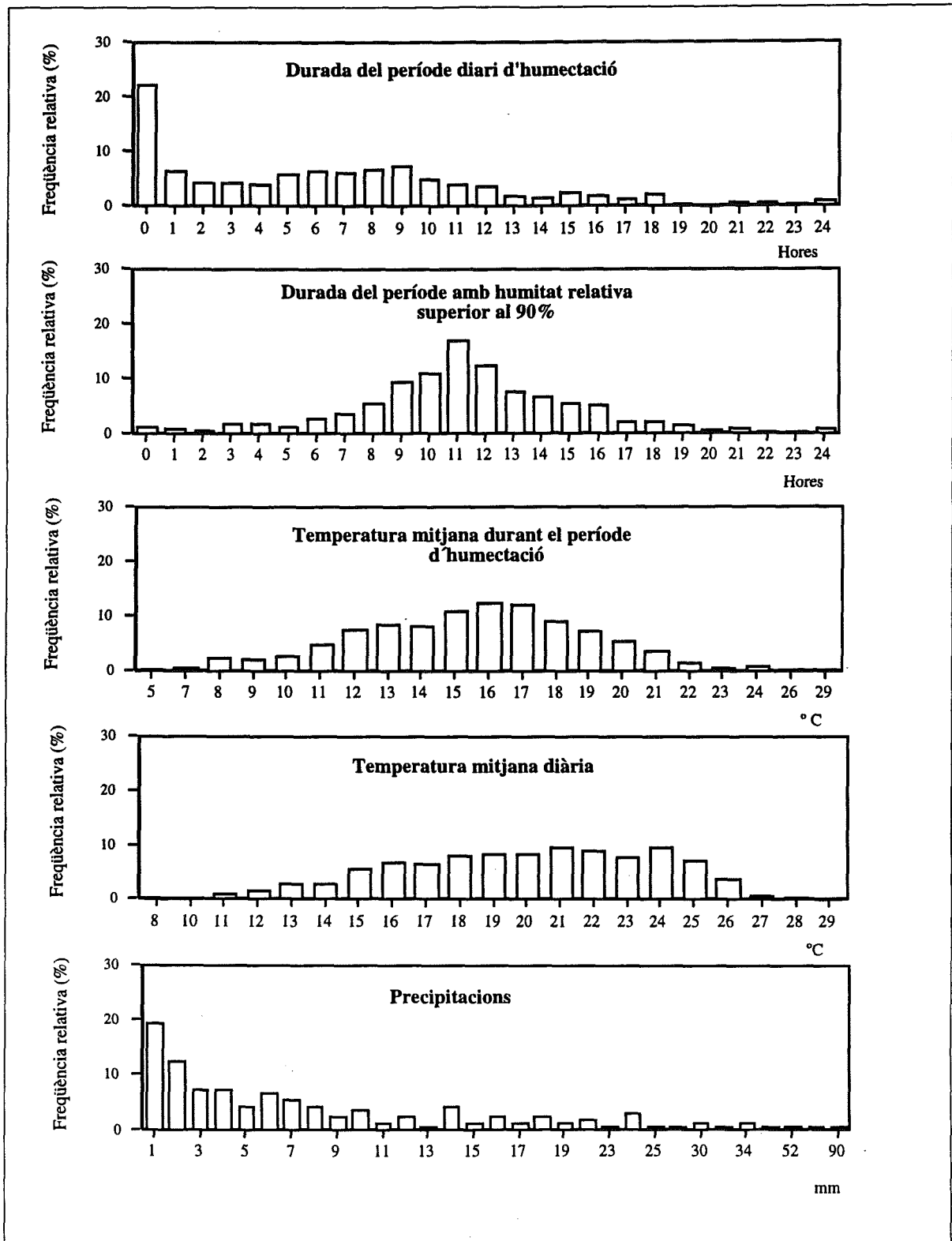


**Figura 2.13.** Evolució de la durada del període diari amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Vidal durant l'any 1996.



**Figura 2.14.** Evolució de la durada del període amb humectació, temperatura mitjana durant aquest període, durada del període amb humitat relativa superior al 90%, temperatura mitjana diària i precipitacions en la finca comercial Can Garrofa durant l'any 1996.





**Figura 2.15.** Freqüències relatives (%) de les durades del període diari amb humectació (h), temperatura mitjana durant aquests períodes (°C), durades del període amb humitat relativa superior al 90% (h), temperatura mitjana diària (°C) i precipitacions (mm) observades en els 893 dies estudiats durant els anys 1992, 1993, 1994, 1995 i 1996 en diferents finques comercials.

## **1.2. Temperatura mitjana diària de l'aire i durant els períodes amb humectació**

La temperatura mitjana de l'aire i la temperatura mitjana durant els períodes amb humectació va seguir una dinàmica semblant, essent les temperatures mitjanes durant els períodes amb humectació relativament més baixes que les temperatures diàries. S'observa un progressiu augment de les temperatures durant maig i juny arribant durant agost i juliol als valors més elevats per posteriorment començar un descens.

Les temperatures mitjanes diàries més freqüents que es varen observar (91 % dels dies) van estar entre 15 i 26°C i les temperatures mitjanes durant el període amb humectació (90 % dels dies) varen ser entre 11 i 21°C (Figura 2.15).

## **1.3. Durada dels períodes diaris amb humitat relativa superior al 90%**

A les Figures 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 i 2.14 es pot observar que les durades dels períodes amb humitat relativa superior al 90% van augmentar progressivament al llarg del període vegetatiu de la perera assolint els màxims valors els mesos de setembre i octubre. La major part de durades que es varen observar (80 % dels dies) varen durar entre 8 h i 16 h (Figura 2.15).

## **1.4. Precipitacions**

Les precipitacions durant els anys en que es va fer el seguiment varen estar principalment distribuïdes entre maig-juny per una banda i setembre-octubre per una altra. No obstant en els mesos de juliol i agost també es varen observar ocasionalment pluges, essent important en general, la freqüència de pluges caigudes la segona meitat del mes d'agost.

En el 81 % dels dies analitzats no es varen observar pluges. A la Figura 2.15 es pot veure que la major part de les pluges (72 % de les pluges analitzades) que es varen observar varen estar entre 1 mm i 10 mm, encara que puntualment es varen produir pluges amb molta més quantitat d'aigua (28 % dels casos).

## **1.5. Dinàmica diària de la humectació, humitat relativa i temperatura**

Durant tots els anys (1992, 1993, 1994, 1995 i 1996) que es va fer el seguiment horari de la humectació, la humitat relativa i la temperatura, es varen observar diferents situacions de formació d'aquesta humectació. Es va considerar el període de temps de 24 hores que anava des de les 8 h del matí (hora solar) fins a les 8 h (hora solar) del matí

del dia següent. Es va utilitzar aquest interval de temps donat que la formació de la rosada es produeix durant la nit i d'aquesta manera es cobria totalment aquest període. Es varen observar dies sense humectació, amb humectació deguda a la rosada i deguda a les precipitacions.

### *1.5.1 Absència d'humectació*

A la Figura 2.16(A) es pot observar el cas d'un dia en el que no es va formar humectació. La temperatura va seguir la dinàmica dia-nit, augmentant durant el dia i disminuint progressivament durant la nit, per tornar a augmentar amb la sortida del sol. El sensor d'humectació no va assolir el nivell de 50 unitats relatives i per tant no es va considerar que es formés pel·lícula d'aigua.

### *1.5.2 Humectació ocasionada per rosada*

A la Figura 2.16(B) es representa el cas més freqüent observat durant els anys que es va estudiar la dinàmica de formació d'humectació. Correspon a la formació d'humectació deguda a la rosada. La temperatura augmenta durant el dia i comença a disminuir al vespre amb la posta del sol. Aquesta disminució de la temperatura provoca un progressiu augment de la humitat relativa. Per diferències tèrmiques entre l'aire i els òrgans vegetals (fulles i fruits) que es mantenen més freds que l'aire, es comença a produir la condensació de l'aigua damunt d'aquests òrgans. El fenomen de la rosada es produeix de forma lenta però continua. Amb la sortida del sol al matí següent i l'augment de la temperatura així com la disminució de la humitat relativa ambiental es provoca una ràpida desaparició de la pel·lícula d'aigua damunt dels òrgans vegetals i per tant el fi de la humectació.

### *1.5.3 Humectació ocasionada per la pluja*

A la Figura 2.16(C) es pot observar la formació d'humectació ocasionada per precipitacions. Els òrgans vegetals (fulles i fruits) intercepten l'aigua provenint de la pluja, per aquest motiu la formació de pel·lícula d'aigua damunt els òrgans vegetals és molt ràpida a diferència del que s'observa quan la humectació és ocasionada per la rosada. Així mateix, la desaparició d'aquesta pel·lícula d'aigua és en general progressiva i lenta deguda a l' evaporació (Figura 2.16 D), però en alguns casos pot ser molt ràpida degut a la presència de vent que afavoreix l' evaporació (Figura 2.16 C).

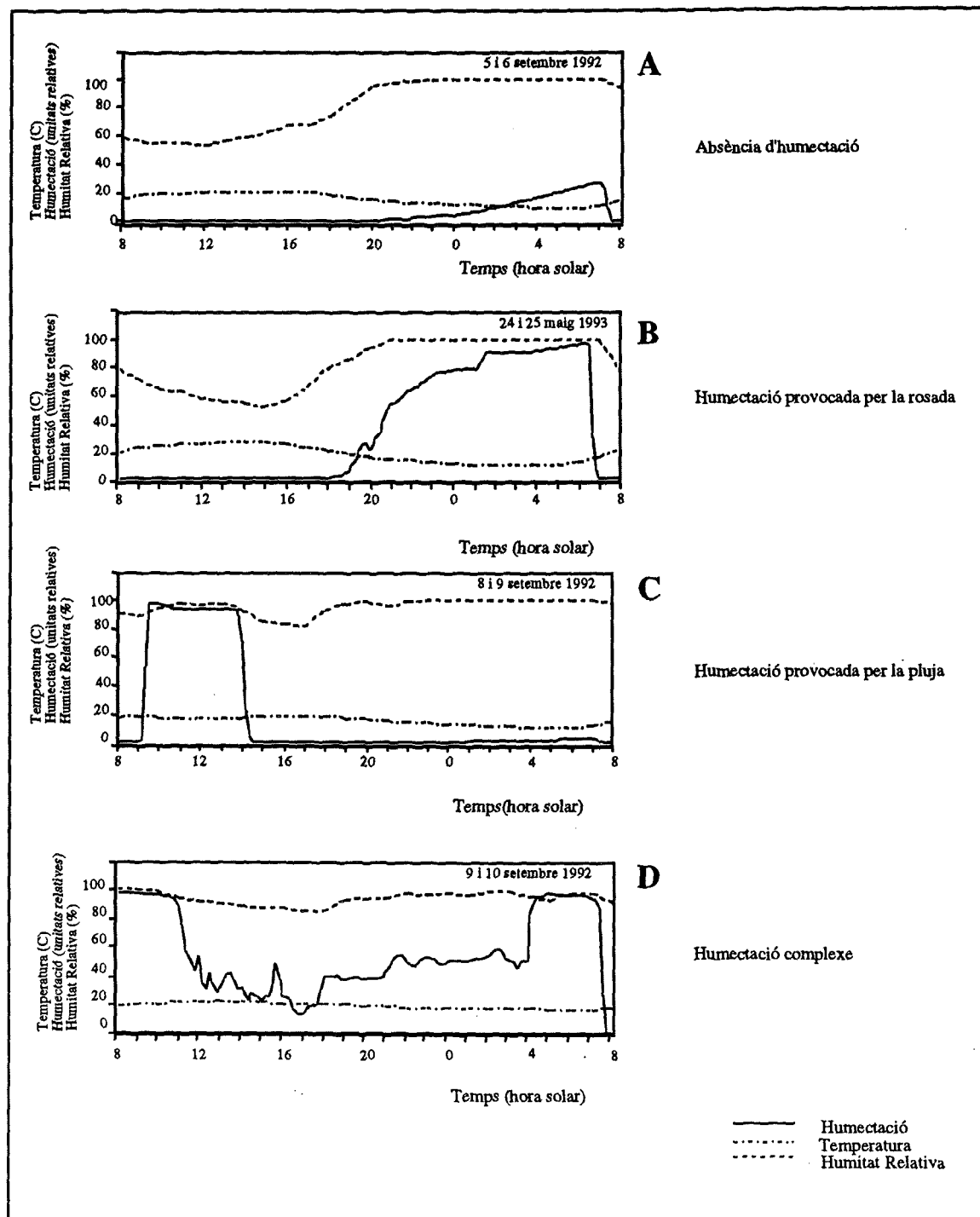


Figura 2.16. Dinàmica de la humectació , temperatura i humitat relativa en períodes de 24 hores. Es representen quatre situacions: sense formació d'humectació (A), amb humectació ocasionada per la rosada (B), humectació ocasionada per la pluja (C) i humectació deguda a la pluja i a la rosada (D).

### *1.5.4 Humectació ocasionada per pluja i rosada*

Excepcionalment en alguns dies es va observar (Figura 2.16 D) que es formava humectació degut als dos fenòmens descrits anteriorment. Durant el dia la presència de pluges provocava la formació de pel·lícula d'aigua que posteriorment anava desapareixent per tornar-se a formar durant la nit degut al fenomen de la rosada. Durant tot el dia la humitat relativa va assolir valors superiors al 90%.

## **1.6. Sèries diàries d'humectació, humitat relativa i temperatura**

Quan es va analitzar l'evolució de la humectació, la humitat relativa i la temperatura al llarg dels dies es varen observar diferents combinacions dels casos descrits en el punt anterior: sèries de dies amb humectacions degudes a la rosada, sèries de dies amb humectacions degudes a la rosada seguida de dies sense humectació, i sèries de dies amb humectacions degudes a les precipitacions i a les pluges.

### *1.6.1 Sèries amb humectacions provocades per la rosada*

La seqüència representada a la Figura 2.17(A) va ser la més freqüentment observada. Es representen dos dies en els quals la formació d'humectació es va produir durant la nit i va ser deguda a la rosada. Els períodes de durada variable d'humectació durant la nit varen ser seguits de períodes sense humectació durant el dia.

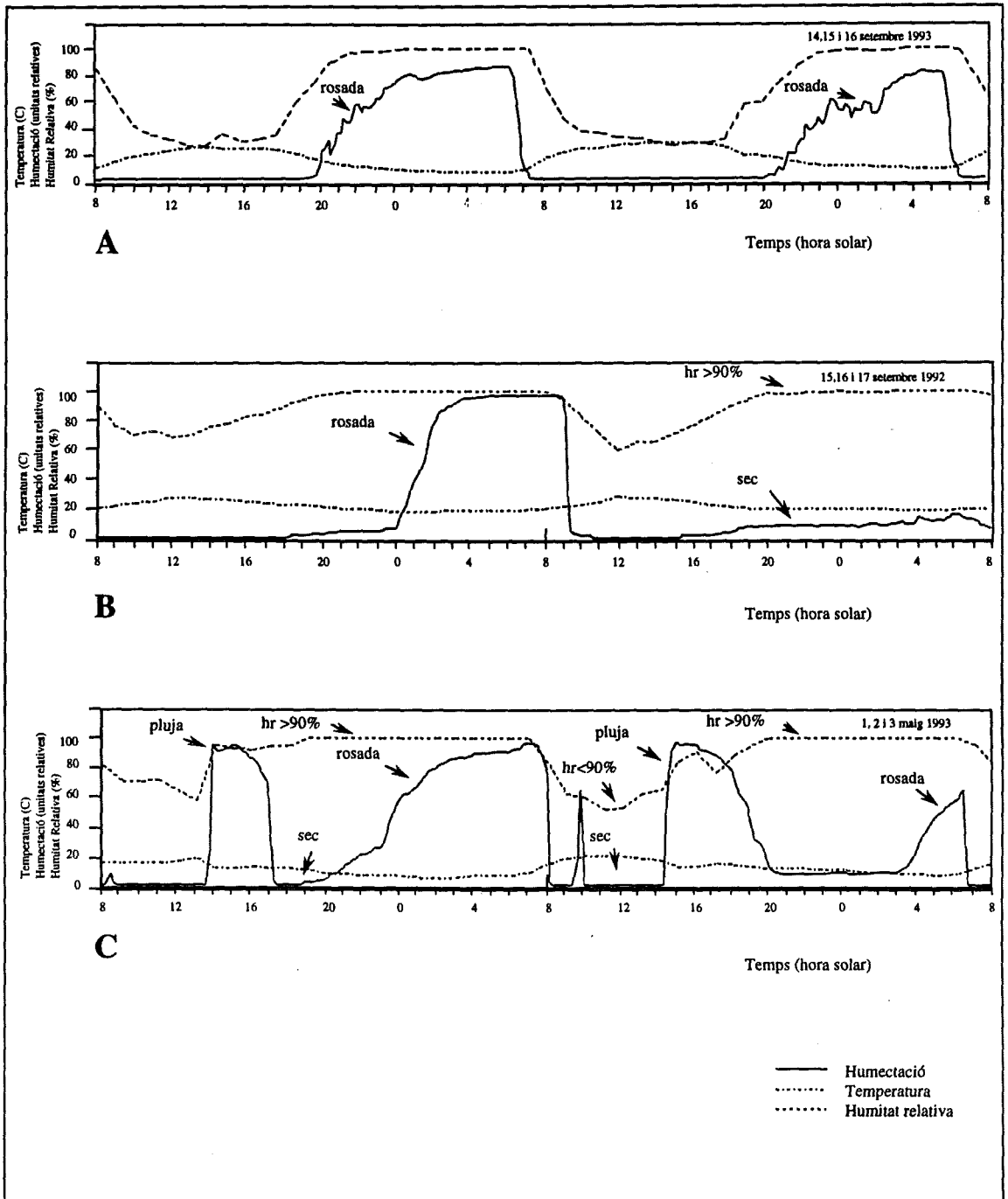
### *1.6.2 Sèries amb formació i absència d'humectacions*

En altres casos, més infreqüents, es va observar que després d'un dia en el qual es produïa humectació durant la nit en les 24 hores següents no es formava pel·lícula d'aigua (Figura 2.17 B). Per tant la durada entre els períodes d'humectació consecutius va ser més llarga que en el cas descrit en el punt anterior (1.6.1).

### *1.6.3 Sèries amb humectacions ocasionades per pluges i per rosada*

En alguns altres casos, molt pocs, es va observar que hi havia una sèrie de dies (Figura 2.17 C) en els qual la humectació es formava tant per les precipitacions com per la condensació. Es pot observar una primera humectació deguda a la pluja seguida d'un període sec per posteriorment tornar-se a formar humectació per la condensació de l'aigua. Al dia següent el procés va ser molt semblant. Els breus períodes de temps entre aquestes humectacions van ser anomenats com a períodes interromputs d'humectació.

És important destacar que les condicions d'humitat relativa en aquests períodes interromputs podien ser diferents. Es poden observar humitats relatives elevades (superiors al 90%) o bé humitats relatives baixes (inferiors al 90%) durant aquests períodes.



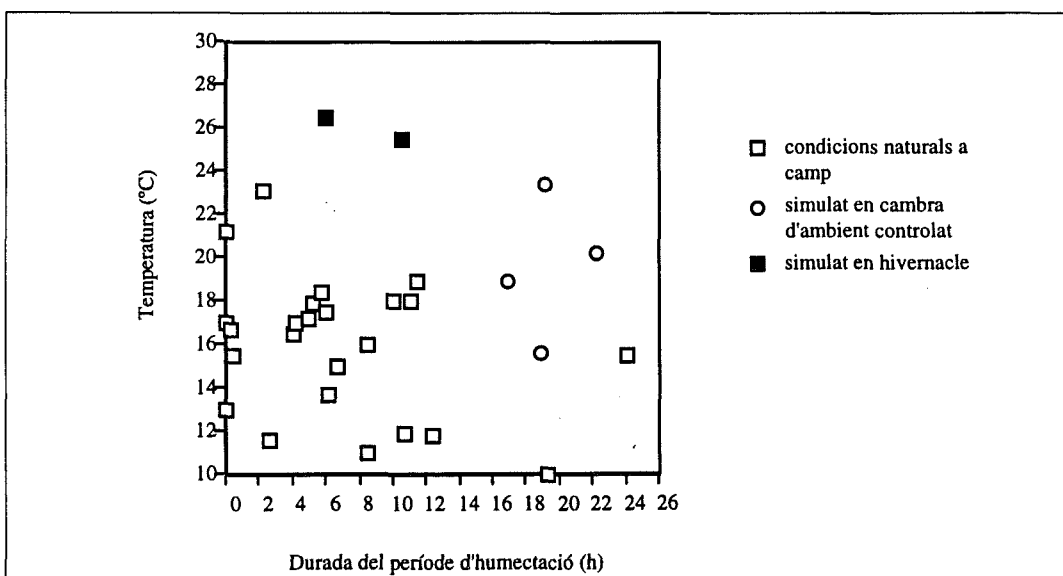
**Figura 2.17.** Sèries diàries d'humectació, humitat relativa i temperatura. Es poden observar tres situacions diferents: dos dies amb humectació provocada per la rosada (A), un dia amb humectació deguda a la rosada seguida d'un dia sense humectació (B), dies amb humectació ocasionada per la pluja i per la rosada així com períodes interromputs d'humectació amb condicions d'humitat relativa diferents (C).

## 2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP

Per avaluar la capacitat del Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera per prevenir el risc d'infecció, es van comparar els índexs relatius de malaltia observats en plantes exposades a condicions ambientals a camp amb els índexs relatius de malaltia predits per aquestes condicions.

### 2.1. Condicions ambientals durant els assajos realitzats a camp

Durant els anys 1993 i 1994 es van realitzar 31 assajos d'avaluació del model STREP en condicions naturals de camp. Degut a les característiques climàtiques de la zona geogràfica de Girona algunes condicions no es varen poder obtenir de forma natural i es varen realitzar en condicions en cambra climàtica i hivernacle. A la Figura 2.18 es representen les diferents condicions ambientals de durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquests períodes observades en les plantes incubades en condicions naturals o simulades. En aquesta mateixa figura es pot observar que les condicions que es varen simular varen correspondre a períodes amb humectació de durada llarga (superiors a 16 hores) i temperatures elevades (16-24 °C), o bé durades d'humectació mitjanes (4-10 hores) però amb temperatures molt elevades (24-26 °C) en comparació a les obtingudes a camp.



**Figura 2.18.** Combinació dels paràmetres ambientals (durada dels períodes d'humectació i temperatura mitjana durant aquests períodes) observats en els assajos realitzats en condicions naturals, o simulades en hivernacle o cambra climàtica.

Taula 2.5. Resultats obtinguts en els assajos realitzats l'any 1993 per avaluar la capacitat predictiva del model STREP. S'indiquen les dates en que es van realitzar els assajos, les condicions de durada d'humectació i temperatura observades a camp, les mitjanes i l'error estàndard de les severitats de la malaltia observades, les severitats predites pel model STREP i finalment s'indiquen els índexs observats i predits.

Data	dh (h) <sup>d</sup>	temp (°C)	Observada <sup>a</sup>			Predita <sup>b</sup>			Índex <sup>c</sup>			
			O <sub>c</sub>	O <sub>oc</sub>	O <sub>of</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>oc</sub>	P <sub>of</sub>	Io <sub>1</sub>	Ip <sub>1</sub>	Io <sub>2</sub>	Ip <sub>2</sub>
10/06/93	05.0	17.2	0.00±0.00	11.77±0.78	-	0.23	3.21	-	0.00	0.07	-	-
14/06/93	10.0	18.0	0.04±0.02	4.65±0.64	-	0.72	3.44	-	0.01	0.21	-	-
22/06/93	16.0	19.2	4.37±0.84	3.89±0.96	-	1.97	3.68	-	1.12	0.54	-	-
01/07/93	11.0	18.0	12.27±1.79	16.95±3.67	-	0.84	3.44	-	0.72	0.25	-	-
07/07/93	06.0	17.5	0.02±0.02	26.31±2.33	-	0.30	3.30	-	0.00	0.09	-	-
13/07/93	08.5	16.0	0.00±0.00	8.13±3.28	-	0.06	3.15	-	0.00	0.02	-	-
21/07/93	00.0	17.0 <sup>e</sup>	0.03±0.03	15.12±1.75	-	0.44	2.47	-	0.06	0.18	-	-
29/07/93	06.0	26.5	0.17±0.07	2.94±0.89	-	0.46	2.82	-	0.00	0.16	-	-
11/08/93	10.0	18.0	1.07±0.29	3.52±1.48	-	0.72	3.44	-	0.28	0.21	-	-
19/08/93	10.5	25.5	0.24±0.03	5.29±0.93	-	0.97	2.83	-	0.05	0.34	-	-
26/08/93	11.7	18.9	3.08±0.20	25.27±1.76	-	1.04	3.63	-	0.13	0.29	-	-
02/09/93	02.6	11.6	0.41±0.16	17.47±5.85	-	0.08	1.26	-	0.14	0.07	-	-
09/09/93	05.7	18.4	0.36±0.03	5.55±3.00	-	0.30	3.53	-	0.07	0.09	-	-
15/09/93	08.5	11.0	0.00±0.00	0.69±0.32	-	0.27	1.08	-	0.00	0.25	-	-
22/09/93	24.0	15.5	7.91±1.49	7.17±2.52	-	2.64	2.64	-	1.00	1.00	-	-
29/09/93	00.4	15.5	3.11±1.79	6.90±0.76	-	0.06	2.64	-	0.54	0.02	-	-
13/10/93	04.1	17.0	0.00±0.00	0.60±0.22	-	0.19	3.15	-	0.01	0.06	-	-

Veure peu de taula a la pàgina següent (Taula 2.6)



**Taula 2.6.** Resultats obtinguts en els assajos realitzats l'any 1994 per avaluar la capacitat predictiva del model STREP. S'indiquen les dates en que es van realitzar els assajos, les condicions de durada d'humectació i temperatura observades a camp, les mitjanes i l'error estàndard de les severitats de la malaltia observades, les severitats predites pel model STREP i finalment s'indiquen els índexs observats i predits.

Data	dh (h) <sup>d</sup>	temp (°C)	Observada <sup>a</sup>			Predita <sup>b</sup>			Índex <sup>c</sup>			
			O <sub>c</sub>	O <sub>oc</sub>	O <sub>of</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>oc</sub>	P <sub>of</sub>	Io <sub>1</sub>	Ip <sub>1</sub>	Io <sub>2</sub>	Ip <sub>2</sub>
13/04/94	00.0	13.0 <sup>e</sup>	0.00±0.00	7.27±1.02	-	0.05	1.72	-	0.00	0.03	-	-
20/04/94	19.9	09.9	0.17±0.07	0.23±0.09	-	0.74	0.83	-	0.74	0.90	-	-
28/04/94	12.3	11.8	0.25±0.06	1.73±0.40	-	0.54	1.32	-	0.14	0.41	-	-
05/05/94	03.9	16.5	0.07±0.03	0.57±0.06	2.01±0.25	0.17	2.99	3.65	0.03	0.06	0.03	0.05
11/05/94	06.1	13.7	0.04±0.02	2.74±0.32	0.61±0.08	0.23	1.97	3.65	0.01	0.11	0.01	0.06
18/05/94	10.7	12.0	0.07±0.03	0.84±0.12	4.55±0.82	0.43	1.35	3.65	0.01	0.32	0.01	0.12
25/05/94	00.2	16.7	0.02±0.01	2.42±0.54	3.02±1.06	0.06	3.06	3.65	0.01	0.02	0.01	0.02
01/06/94	06.6	15.0	0.12±0.04	5.43±0.55	7.46±0.63	0.28	2.45	3.65	0.02	0.12	0.02	0.08
08/06/94	05.2	17.9	0.16±0.05	4.59±0.50	5.42±1.11	0.26	3.41	3.65	0.02	0.08	0.02	0.07
15/06/94	00.0	21.2 <sup>a</sup>	0.07±0.02	10.50±2.13	8.39±2.12	0.08	3.79	3.65	0.01	0.02	0.01	0.02
13/07/94	19.0	24.0	1.87±0.88	3.62±0.96	4.94±0.76	2.67	3.34	3.65	0.47	0.80	0.47	0.73
14/07/94	19.5	15.5	0.55±0.20	2.21±0.31	3.32±0.58	2.03	2.60	3.65	0.16	0.78	0.16	0.56
15/07/94	22.2	19.9	3.37±1.63	7.91±1.29	6.04±0.60	3.48	3.76	3.65	0.56	0.92	0.56	0.95
16/07/94	02.2	23.0	0.10±0.04	2.90±0.86	4.24±0.74	0.17	3.54	3.65	0.02	0.05	0.02	0.05

<sup>a</sup>: Severitat observada en les diferents condicions d'incubació:

O<sub>c</sub>: Severitat observada en plantes incubades a condicions de camp.

O<sub>oc</sub>: Severitat observada en les plantes incubades a condicions d'humectació òptimes per a la infecció a temperatura de camp.

O<sub>of</sub>: Severitat observada en les plantes incubades a condicions òptimes per a la infecció.

<sup>b</sup>: Severitat predita per les diferents condicions d'incubació:

P<sub>c</sub>: Severitats predites per les condicions de camp.

P<sub>oc</sub>: Severitats predites per les condicions d'humectació òptimes per a la infecció a temperatura de camp.

P<sub>of</sub>: Severitats predites per les condicions òptimes per a la infecció.

<sup>c</sup>: Índexs relatius obtinguts:

Io<sub>1</sub>=O<sub>c</sub>/O<sub>oc</sub>; Ip<sub>1</sub>=P<sub>c</sub>/P<sub>oc</sub>; Io<sub>2</sub>=O<sub>c</sub>/O<sub>of</sub>; Ip<sub>2</sub>=P<sub>c</sub>/P<sub>of</sub>.

<sup>d</sup>: Durada del període d'humectació.

<sup>e</sup>: Els dies que no es va observar humectació es va utilitzar la temperatura mitjana de les 24 hores.

## 2.2. Severitat observada i predita

A l'apartat 2.6 del material i mètodes s'expliquen amb detall els càlculs realitzats per l'obtenció dels índexs observats i predits. A continuació es resumeixen aquests càlculs per facilitar el seguiment dels resultats.

La severitat observada en plantes per cada assaig d'avaluació s'obtenia a partir de tres condicions d'incubació diferents:

- Condicions de camp ( $O_c$ ).
- Condicions d'humectació òptimes per la infecció a temperatura de camp ( $O_{oc}$ ).
- Condicions d'humectació i temperatura òptimes per a la infecció ( $O_{of}$ ).

A partir d'aquestes tres severitats observades s'obtenien dos índexs relatius:

$$Io_1 = O_c / O_{oc}$$

$$Io_2 = O_c / O_{of}$$

La severitat predita s'obtenia mitjançant la interpolació en el model STREP dels paràmetres de temperatura i humectació obtinguts en les condicions d'incubació anteriors.

- Condicions de camp ( $P_c$ ).
- Condicions d'humectació òptimes per a la infecció a temperatura de camp ( $P_{oc}$ ).
- Condicions d'humectació i temperatura òptimes per a la infecció ( $P_{of}$ ).

A partir d'aquestes tres severitats predites s'obtenien dos índexs relatius:

$$Ip_1 = P_c / P_{oc}$$

$$Ip_2 = P_c / P_{of}$$

A les Taules 2.5 i 2.6 s'indiquen les dates en que es varen realitzar els assajos i les condicions ambientals de temperatura i durada d'humectació obtingudes en les plantes incubades sota condicions naturals. També està indicada la severitat observada en les plantes incubades a condicions de camp ( $O_c$ ), a condicions òptimes per la temperatura de camp ( $O_{oc}$ ) i a condicions òptimes per la infecció ( $O_{of}$ ). A continuació s'indica la severitat predita pel model STREP per les condicions d'incubació anteriors:  $P_c$ ,  $P_{oc}$  i  $P_{of}$  respectivament. Finalment s'indiquen els índexs relatius obtinguts ( $Io_1$ ,  $Ip_1$ ,  $Io_2$  i  $Ip_2$ ) a partir de les severitats anteriors.

A la Taula 2.5 s'indiquen els resultats obtinguts durant l'any 1993 i a la Taula 2.6 durant l'any 1994.

### 2.3. Capacitat predictiva. Comparació dels índexs predits i observats

Una de les comparacions dels índexs de severitat predits i observats es va fer mitjançant taules de contingència.

Es varen classificar tots els índexs de severitat observats ( $Io_1$ ,  $Io_2$ ) i predits ( $Ip_1$ ,  $Ip_2$ ), representats a les Taules 2.5 i 2.6, segons els nivells de severitat nul, baix, moderat i sever indicats a la Taula 2.7.

**Taula 2.7.** Llindars establerts a partir dels quals es varen determinar els diferents nivells de severitat

Nivell	Llindar
Nul	$I^a < 0.13$
Baix	$0.13 \leq I < 0.2$
Moderat	$0.2 \leq I < 0.4$
Sever	$I \geq 0.4$

<sup>a</sup>:  $I$  correspon a l'índex de severitat relativa observat o predit pel model STREP.

Es varen utilitzar aquests llindars per determinar els nivells de severitat ja que aquests varen ser els llindars utilitzats en assajos posteriors per avaluar l'eficàcia en el control de la malaltia mitjançant aplicacions de fungicides guiades pel model STREP (capítol 3).

A la Taula 2.8 s'indica la freqüència absoluta dels nivells de severitat observats i predits així com els percentatges de cada nivell. S'hi observen 42 punts assajats dels quals 31 corresponen als nivells obtinguts utilitzant com a valor per calcular l'índex els òptims d'humectació per les condicions de temperatura de camp ( $O_{oc}$ ) i 11 als òptims per la infecció del fong ( $O_{of}$ ) (veure Taules 2.5 i 2.6). En 30 d'aquests 42 punts assajats (71.4 % dels casos) el nivell observat es va ajustar plenament al nivell predit pel model STREP. En 10 casos (23.8 %) el model va sobreestimar el nivell de severitat. Només en 2 casos (4.8 %) el model STREP va infraestimar el nivell de severitat observat, essent especialment greu un cas (2.4 %) en que el model va predir un nivell baix i es va observar sever. D'altra banda es pot veure que la major part dels nivells de severitat observats (69.1 %) i predits (54.8 %) varen ser nivells nuls.

**Taula 2.8.** Comparació de les freqüències absolutes i dels percentatges (entre parèntesis) dels nivells de severitat observats i predits pel model STREP. Estan també representats els totals de les freqüències relatives per files i columnes i per cada nivell així com el total de tots ells

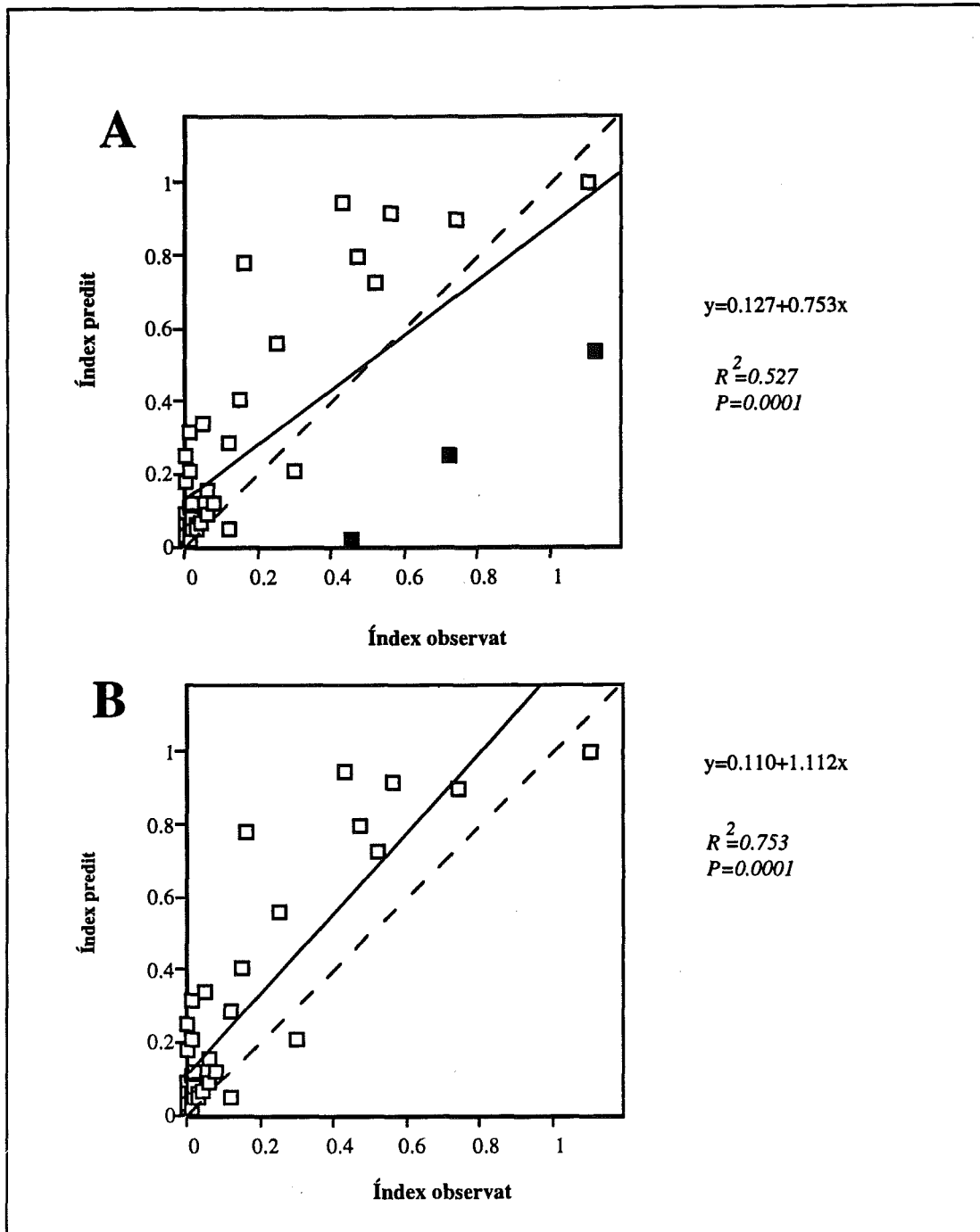
Nivell predit	Nivell observat				Total
	Nul	Baix	Moderat	Sever	
<b>Nul</b>	22 (52.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (2.4)	23 (54.8)
<b>Baix</b>	2 (4.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (4.8)
<b>Moderat</b>	5 (11.9)	0 (0.0)	1 (2.4)	1 (2.4)	7 (16.7)
<b>Sever</b>	0 (0.0)	2 (4.8)	1 (2.4)	7 (16.5)	10 (23.7)
<i>Total</i>	29 (69.1)	2 (4.8)	2 (4.8)	9 (21.3)	42 (100)

La capacitat predictiva del model STREP es va avaluar també mitjançant la regressió dels índexs de severitats predits respecte als índexs de severitat observats. Es va considerar com a variable dependent l'índex de severitat predit ja que es va voler determinar si realment aquest índex de severitat depenia o es corresponia amb l'índex de severitat observat. A la Figura 2.19 (A) es representen els 42 índexs predits sobre els observats, així com la recta de regressió obtinguda (traç continu) i la recta que s'obtindria si el model s'ajustés de manera perfecta (traç discontinu).

El punt d'intercepció va ser 0.127 ( $P=0.0021$ ) i el pendent 0.753 ( $P=0.0001$ ). Analitzant els residus segons el test de Shapiro-Wilk es va observar que aquests no s'ajustaven totalment a una distribució normal ( $W > 0.950$  i  $P=0.0057$ ).

Es va observar una tendència del model a sobreestimar el nivell d'infecció en la major part dels assajos realitzats. No obstant es va observar que dels 42 assajos realitzats 3 casos varen diferir considerablement de la recta de regressió (representats en trama negra). Aquests corresponen a punts en que el model va infraestimar el risc.

Avaluant el model STREP amb la regressió de l'índex de severitat predit respecte a l'índex observat sense considerar aquests tres punts que es van desviar (Figura 2.19-B) el punt d'intercepció va ser 0.110 ( $P=0.0005$ ) i el pendent 1.112 ( $P=0.0001$ ). Els residus tampoc s'ajustaven a una distribució normal segons el test de Shapiro-Wilk ( $W > 0.911$  i  $P=0.005$ .) Es pot observar la lleugera tendència que va presentar el model STREP de sobreestimar el nivell de severitat, el pendent de la recta va ser lleugerament superior 1.



**Figura 2.19.** Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP mitjançant la regressió de l'índex de severitat predit sobre l'índex de severitat observat. En traç continu es representa la línia de regressió i en traç discontinu la línia que s'obtindria si el model s'ajustés perfectament. A: considerant tots els punts obtinguts en els diferents assajos, ■ representa aquells punts en que el model va infraestimar el risc. B: eliminant els 3 punts que el model va infraestimar.

### **3. Efecte de la humitat relativa durant períodes interromputs d'humectació en els nivells de malaltia**

Es va determinar que alguns dels dies en que model STREP havia infraestimat el risc d'infecció havien ocorregut períodes interromputs d'humectació. Per aquest motiu es varen realitzar diferents experiments, en condicions controlades, per determinar l'efecte en la incidència i severitat de la malaltia de durades de períodes interromputs d'humectació així com les condicions d'humitat relativa durant aquests períodes. Es varen assajar períodes interromputs de 3, 6, 12, 18 i 24 hores i condicions d'humitat relativa baixa (60%) i elevada (98%) així com dos controls amb 12 i 24 hores de període ininterromput d'humectació respectivament.

Els residus tant de la incidència com de la severitat de la malaltia per les dues condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs no varen diferir d'una distribució normal segons la prova de Shapiro-Wilk. Només els residus dels valors de severitat obtinguts en els períodes interromputs amb humitat relativa baixa (60%) es troben en el límit de significació ( $0.01 < P < 0.05$ ). Les variàncies varen ser homogènies per tots els casos menys en les dades d'incidència obtingudes en els períodes interromputs d'humectació amb condicions d'humitat relativa del 98%. La severitat es va analitzar mitjançant la transformació en  $\log_{10}(\text{severitat})$  donat que tant la normalitat dels residus com la homogeneïtat de les variàncies varen ser millors que sense transformar.

#### **3.1. Incidència de la malaltia en funció de la durada i la humitat relativa dels períodes interromputs d'humectació**

A la Figura 2.20 es representa la incidència en funció de la durada dels períodes interromputs d'humectació i la humitat relativa. Es pot observar com la incidència de la malaltia amb un període d'humectació de 12 hores ja va assolir el 75% de fulles afectades.

A partir de l'anàlisi de la variància realitzat per determinar els efectes de les diferents durades dels períodes interromputs amb humitat relativa baixa (60%) en la incidència de la malaltia es pot veure que la incidència no va estar afectada ni per la interrupció de la humectació ni per la durada d'aquesta interrupció (Taula 2.9). Quan les condicions durant aquests períodes interromputs varen ser d'humitats relatives elevades

(98%) sí que es varen observar diferències significatives entre interrupcions. No obstant la probabilitat obtinguda es troba en el llindar de significació ( $0.01 < P < 0.05$ ).

**Taula 2.9.** Efecte de la durada del període interromput d'humectació en la incidència de la malaltia per cada una de les condicions d'humitat relativa (60% i 98%). ( $\alpha:0.05$ )

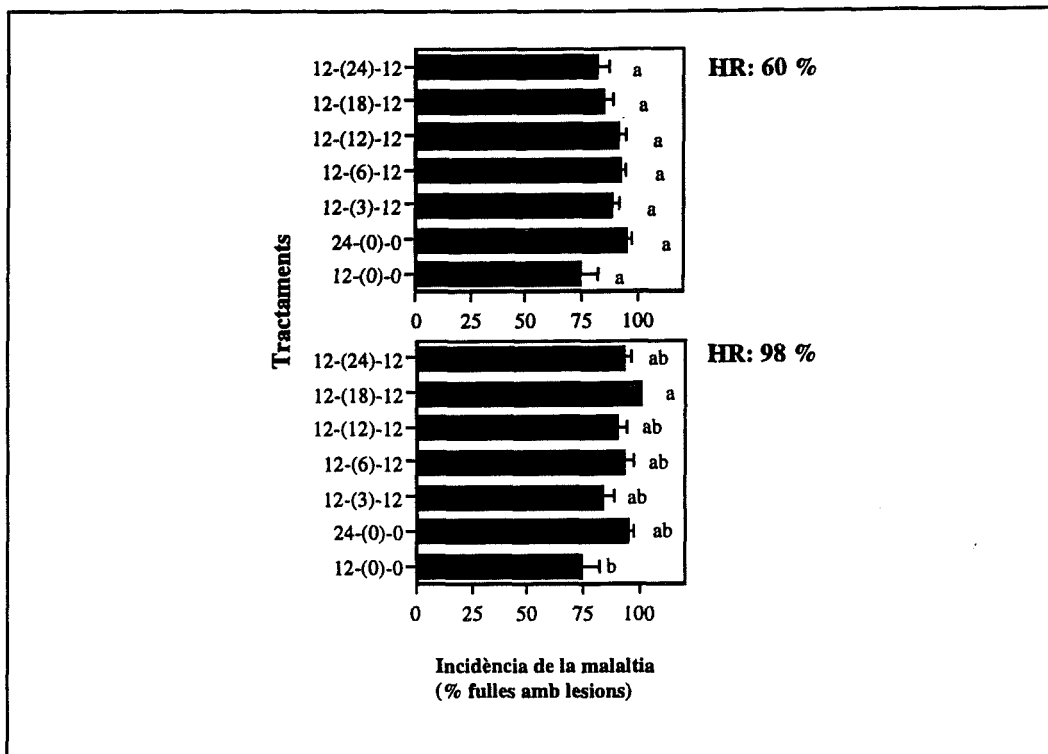
Condicions <sup>a</sup>	Font de variació	G.Ll. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
60%	Durada <sup>c</sup>	6	0.089	1.98	0.1373
	Error	14	0.105		
	Total	20	0.194		
98%	Durada	6	0.128	3.40	0.0277
	Error	14	0.088		
	Total	20	0.216		

<sup>a</sup>:Condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació.

<sup>b</sup>:Graus de llibertat.

<sup>c</sup>:Efecte de la durada dels períodes interromputs d'humectació.

En comparar les mitjanes de la incidència en plantes que varen estar sota humitat relativa elevada (98%) durant els períodes interromputs d'humectació mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, es varen observar dos grups de tractaments significativament diferents (Figura 2.20): a) la incidència observada en les plantes amb una interrupció de la humectació de 18 h va ser la més elevada i va diferir de l'observada amb les plantes sotmeses a 12 hores d'humectació continua; però no va mostrar diferències respecte a la resta de tractaments inclòs el de 24 h d'humectació continua, b) la incidència observada en les plantes sotmeses a 12 hores d'humectació continua va ser més baixa i va mostrar diferències respecte les plantes sotmeses a una interrupció de 18 hores; però no respecte a la resta de tractaments. Quan es varen comparar totes les mitjanes d'incidència observades respecte a la incidència observada en les plantes amb 24 hores d'humectació continuada mitjançant la prova de Dunnett (Taula 2.10), només es varen presentar diferències significatives en les incidències observades en plantes exposades només a 12 hores d'humectació continua. Amb la resta de tractaments no es varen observar diferències respecte a aquest control.



**Figura 2.20.** Efecte de diferents períodes d'interrupció de la humectació en la incidència de la malaltia. La seqüència de tractaments, en hores, és: període amb humectació-(període sec)-període amb humectació. Estan representades les mitjanes d'incidència observades per les dues condicions d'humitat relativa (60% i 98%) durant la interrupció de les humectacions així com l'error estàndard. La separació de mitjanes es va realitzar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ).

**Taula 2.10.** Comparació de les mitjanes de la incidència en incubacions amb diferents períodes interromputs d'humectació respecte al control de 24 h amb humectació continua. L'anàlisi es va realitzar per les dues condicions d'humitat relativa (60% i 98%) durant els períodes d'interrupció mitjançant la prova de Dunnett. El nivell de significació utilitzat va ser  $\alpha:0.05$

Condicions <sup>a</sup>	Seqüència <sup>b</sup>	Significació <sup>c</sup>
60 %	12(0)0	n.s.
	12(3)12	n.s.
	12(6)12	n.s.
	12(12)12	n.s.
	12(18)12	n.s.
	12(24)12	n.s.
98 %	12(0)0	***
	12(3)12	n.s.
	12(6)12	n.s.
	12(12)12	n.s.
	12(18)12	n.s.
	12(24)12	n.s.

<sup>a</sup>:Condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació.

<sup>b</sup>:Comparació dels diferents tractament realitzats respecte al tractament control amb condicions de 24 hores d'humectació ininterrompudes. La seqüència de condicions (en hores) és: període amb humectació-(període sec)-període amb humectació.

<sup>c</sup>:Diferències significatives:\*\*\*, diferències no significatives:n.s.



### **3.2. Severitat de la malaltia en funció de la durada i la humitat relativa dels períodes interromputs d'humectació**

A la Figura 2.21 es representa la severitat de la malaltia en funció de la durada del període interromput i la humitat relativa. Es pot observar un augment en la severitat en les plantes que varen estar sotmeses a 24 h continuades d'humectació respecte a les que varen estar només 12 h. Quan la humitat relativa va ser baixa (60%) durant el període interromput d'humectació, independentment de la seva durada, la severitat no va augmentar. Quan les condicions durant els períodes interromputs varen ser d'humitat relativa elevada es va observar un augment de la severitat. A més quan més llarg va ser el període interromput a humitat relativa elevada més va augmentar la severitat.

L'anàlisi de la variància per determinar l'efecte de la durada del període interromput d'humectació per condicions d'humitat relativa baixa (60 %) demostra que varen existir diferències significatives entre les durades del període interromput ( $P < 0.05$ ) (Taula 2.11). En comparar les mitjanes de la severitat en plantes que van estar sota humitat relativa baixa (60%) durant els períodes interromputs d'humectació, mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, es va observar que la severitat en plantes sotmeses a 24 hores d'humectació continua era significativament superior a la severitat observada en la resta de plantes (Figura 2.21). En aquesta mateixa figura es pot observar que no va existir un augment significatiu de la severitat en cap dels tractaments en els quals va existir una interrupció de la humectació respecte a la severitat observada en les plantes exposades a 12 hores d'humectació continua. Contrastant, mitjançant la prova de Dunnett, cada un dels valors de severitat obtinguts en els diferents tractaments realitzats respecte al control en el que la humectació va ser continua durant 24 hores, es va veure (Taula 2.12) que varen existir diferències significatives en tots els períodes respecte a aquest control d'humectació continuada.

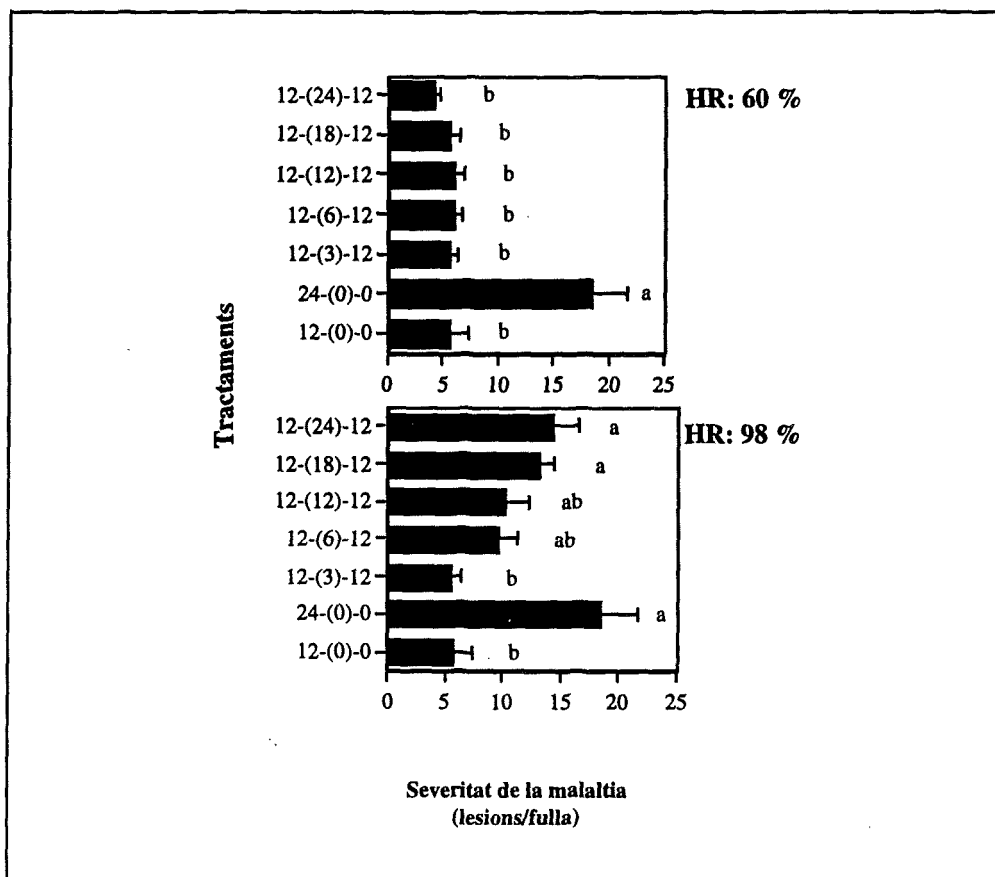
**Taula 2.11.** Efecte de la durada del període interromput d'humectació en la severitat de la malaltia per cada una de les condicions d'humitat relativa (60% i 98%). ( $\alpha:0.05$ )

Condicions <sup>a</sup>	Font de variació	G.Li. <sup>b</sup>	Suma de quadrats	F	P>F
60%	Durada <sup>c</sup>	5	0.774	8.14	0.0006
	Error	12	0.222		
	Total	17	0.996		
98%	Durada	5	0.920	6.54	0.0019
	Error	12	0.328		
	Total	17	1.248		

<sup>a</sup>:Condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació.

<sup>b</sup>:Graus de llibertat.

<sup>c</sup>:Efecte de la durada dels períodes interromputs d'humectació.



**Figura 2.21.** Efecte de diferents períodes d'interrupció de la humectació en la severitat de la malaltia. La seqüència de tractaments, en hores, és: període amb humectació-(període sec)-període amb humectació. Estan representades les mitjanes de severitat observades per les dues condicions d'humitat relativa (60% i 98%) durant la interrupció de les humectacions així com l'error estàndard. La separació de mitjanes es varen realitzar mitjançant la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ ).

De l'anàlisi de la variància efectuat per determinar l'efecte en la severitat de les durades dels períodes interromputs amb humitat relativa elevada (98%) es pot observar que varen existir diferències significatives per les diferents durades d'interrupció (Taula 2.11). La prova de separació de mitjanes realitzada, Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, va mostrar (Figura 2.21) que no varen existir diferències significatives entre la severitat obtinguda per la durada de 0 h d'interrupció de la humectació (humectació continua durant 24 h) i la severitat obtinguda amb interrupcions de 18 i 24 hores; però sí que van haver-hi diferències respecte una humectació continua de 12 hores i a una interrupció de 3 h sent la severitat inferior en aquests tractaments. Les severitats obtingudes amb interrupcions de 6h i 12 h estaven en un grup intermedi que no presentava diferències ni de les severitats obtingudes amb humectació continua o amb interrupcions de 18 i 24 hores ni tampoc de les observades amb humectació continua de 12 o una interrupció de 3 hores. Per una altra banda, contrastant la severitat pels diferents tractaments realitzats respecte a l'observada quan la humectació va ser contínua durant 24 h, només es varen observar diferències significatives (Taula 2.12) per una humectació contínua de 12 hores i per una interrupció de la humectació de 3 h, presentant una severitat inferior. En la resta de períodes d'interrupció no es varen observar diferències significatives respecte al control.

**Taula 2.12.** Comparació de les mitjanes de la severitat en incubacions amb diferents períodes interromputs d'humectació respecte al control de 24 h amb humectació continua. L'anàlisi es va realitzar per les dues condicions d'humitat relativa (60% i 98%) durant els períodes d'interrupció mitjançant la prova de Dunnett. Es va analitzar la severitat transformada en  $\log_{10}(\text{severitat})$ . El nivell de significació utilitzat va ser  $\alpha:0.05$

Condicions <sup>a</sup>	Seqüència <sup>b</sup>	Significació <sup>c</sup>
60%	12(0)0	***
	12(3)12	***
	12(6)12	***
	12(12)12	***
	12(18)12	***
	12(24)12	***
98%	12(0)0	***
	12(3)12	***
	12(6)12	n.s.
	12(12)12	n.s.
	12(18)12	n.s.
	12(24)12	n.s.

<sup>a</sup>:Condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació.

<sup>b</sup>:Comparació dels diferents tractament realitzats respecte al tractament control amb condicions de 24 d'humectació ininterrompudes. La seqüència de condicions (en hores) és: període amb humectació-(període sec)-període amb humectació.

<sup>c</sup>:Diferències significatives:\*\*\*, diferències no significatives:n.s.

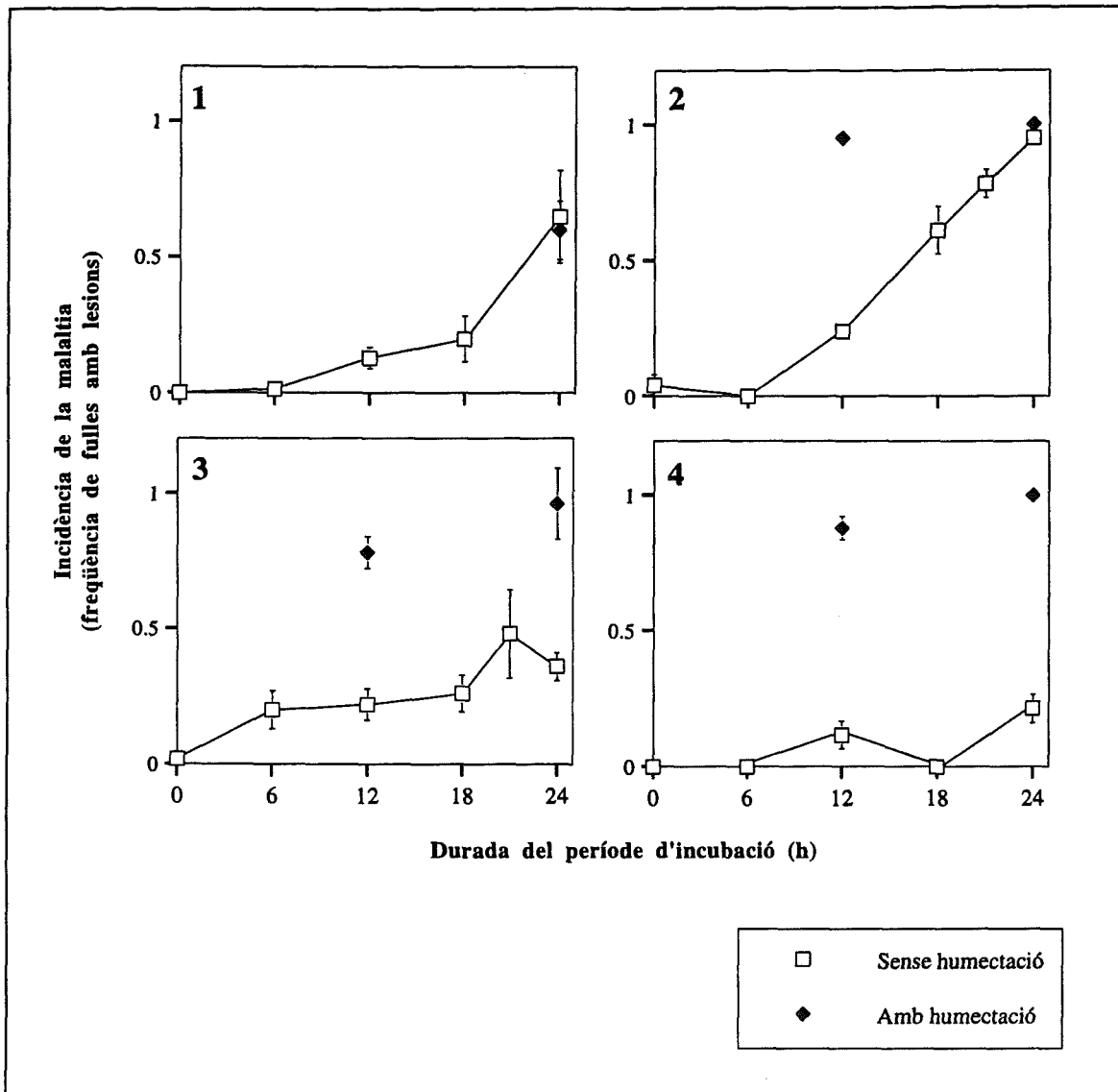
## **4. Efecte d'humitats relatives elevades en l'inici d'infeccions de *Stemphylium vesicarium***

En les observacions realitzades en finques comercials de la dinàmica dels paràmetres ambientals es va veure l'existència de períodes amb humitat relativa elevada però sense formació d'humectació. Aquest fet podria explicar alguns dels casos que el model STREP va infraestimar el nivell de risc. Per aquests motius es va avaluar l'efecte que ocasionen condicions d'humitat relativa elevada (95-98%) sense humectació en els nivells de la malaltia produïda per *Stemphylium vesicarium* i es van comparar respecte a les mateixes condicions d'incubació però amb humectació.

### **4.1. Nivells de malaltia en funció de la durada del període d'humitat relativa elevada**

La incidència de la malaltia en funció de la durada dels períodes d'incubació en cadascun dels quatre experiments realitzats es mostra a la Figura 2.22. En els experiments 1 i 2 es pot observar com a partir de períodes de 6 h a humitat relativa elevada, la incidència augmenta fins assolir nivells semblants als obtinguts amb plantes que havien estat incubades amb humectació. En els experiments 3 i 4 va ser diferent ja que el nivell d'incidència no va assolir l'obtingut amb plantes incubades amb humectació.

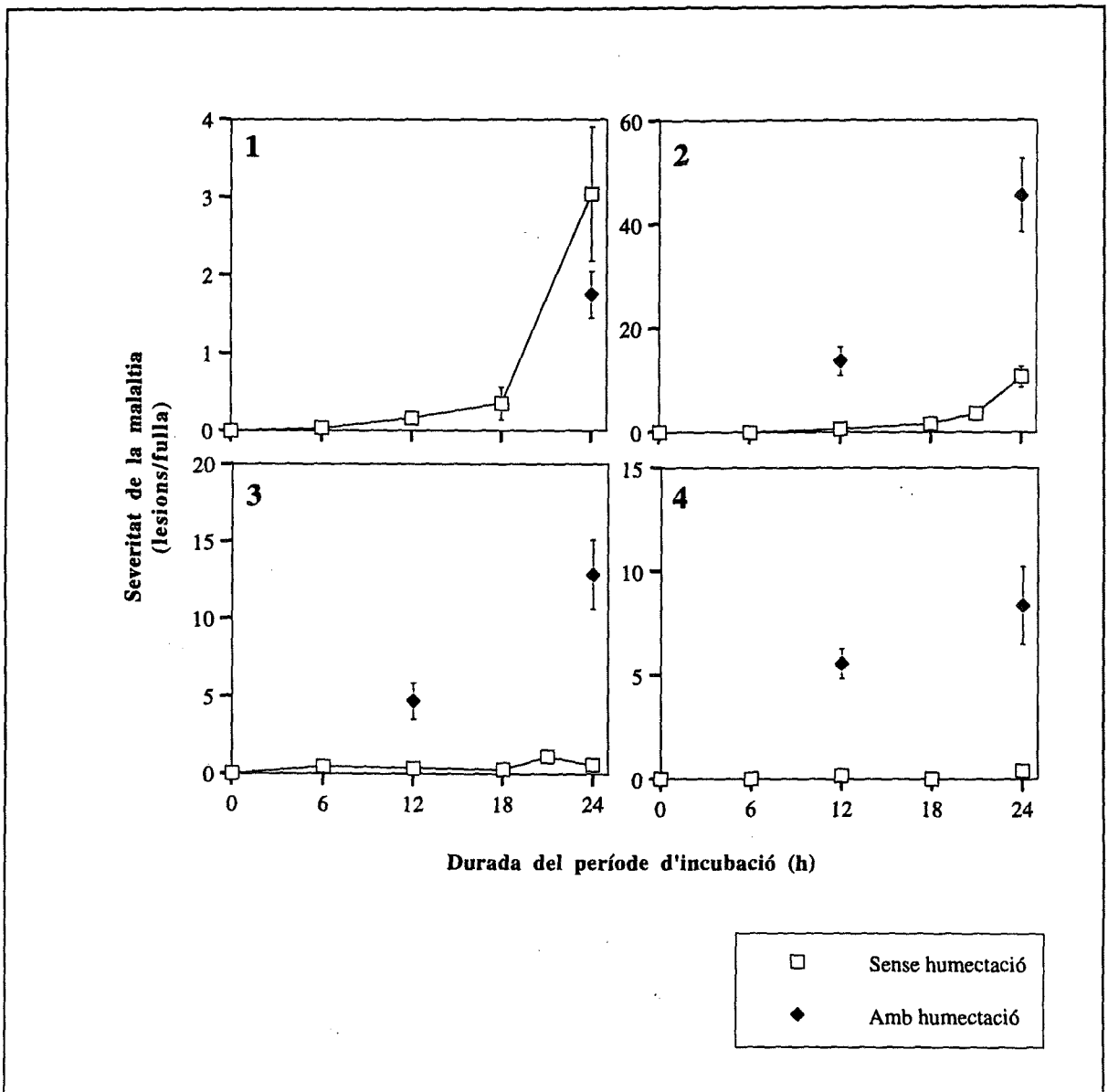
Les incidències observades en plantes que varen estar incubades amb períodes de 12 h i 24 h d'humectació (en els experiments 2, 3 i 4) varen ser molt semblants, independentment de la durada del període d'incubació.



**Figura 2.22.** Incidència de la malaltia en funció de la durada del període d'incubació sota condicions d'humitat relativa elevada (0, 6, 12, 18, 21 i 24 h) i pels quatre experiments realitzats (1, 2, 3 i 4). Les condicions experimentals varen ser: humitat relativa elevada ( $HR \geq 98\%$ ) i presència o absència d'humectació. Es representa la mitjana i l'error estàndard de la incidència observada en 5 plantes. Els punts negres corresponen a les plantes que es varen incubar en presència d'humectació i els blancs a les plantes incubades en absència d'humectació.

La severitat en les plantes que es varen incubar sense presència d'humectació va ser molt semblant en els experiments 2, 3 i 4 (Figura 2.23). En aquests tres experiments es va observar que la severitat en el material vegetal incubat sense presència d'humectació però amb humitat relativa elevada va ser molt més baixa que l'observada en el material vegetal incubat amb humectació. En l'experiment 1 la severitat en plantes sotmeses a períodes d'incubació de 24 hores sense humectació varen ser semblants als obtinguts en les plantes incubades amb humectació durant el mateix període de temps. És important ressaltar que en l'experiment 1, hi ha un canvi important de la severitat

entre un període d'incubació amb humectació de 18 h i un període d'incubació amb humectació de 24 h.



**Figura 2.23.** Severitat de la malaltia en funció de la durada del període d'incubació sota condicions d'humitat relativa elevada (0, 6, 12, 18, 21 i 24 h) i pels quatre experiments realitzats (1, 2, 3 i 4). Les condicions experimentals varen ser: humitat relativa elevada ( $HR \geq 98\%$ ) i presència o absència d'humectació. Es representa la mitjana i l'error estàndard de la severitat observada en 5 plantes. Els punts negres corresponen a les plantes que es varen incubar en presència d'humectació i els blancs a les plantes incubades en absència d'humectació. Les escales de severitat de la malaltia representades són diferents per cada experiment.

## 4.2. Efecte de la durada del període d'humitat relativa elevada

Els valors d'incidència i severitat de la malaltia per les diferents durades de períodes amb humitats relatives elevades, durant les quatre vegades que es va repetir l'experiment, van mostrar variàncies que no varen ser homogènies segons la prova de Bartlett; però sí ho varen ser en alguns casos (experiments 2 i 3) per la variable  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . Els residus per les variables incidència de la malaltia i  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$  en 3 dels 4 experiments realitzats no van diferir d'una distribució normal segons la prova de Shapiro-Wilk. Els residus de la severitat de la malaltia sí que van diferir d'una distribució normal.

Malgrat no complir-se tots els requisits necessaris es va realitzar una anàlisi de la variància amb un sol factor. Es varen considerar com a variables dependents la incidència i el  $\log_{10}(\text{severitat} +0.1)$ , i com a variable independent les durades dels períodes d'incubació i les condicions durant aquests períodes enteses com un sol factor. Es va utilitzar la transformació de la severitat en  $\log_{10}$  ja que els residus presentaven una distribució normal i les seves variàncies varen ser homogènies. L'anàlisi de la variància es va efectuar per separat pels quatre experiments realitzats.

### 4.2.1 Incidència de la malaltia

Es va observar en els quatre experiments realitzats, que l'efecte de les durades del període d'incubació i les condicions d'humectació en la incidència de la malaltia va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) (Taula 2.13).

La comparació de totes les mitjanes d'incidència de la malaltia obtingudes (Taula 2.14), va indicar que en tres dels quatre experiments (1, 3 i 4) no varen existir diferències significatives entre plantes exposades a períodes d'incubació inferiors o iguals a 18 hores ( amb absència d'humectació però amb humitat relativa elevada) i les plantes control (sense incubació) ( $P > 0.05$ ). En l'experiment 2 no varen existir diferències significatives entre la incidència en plantes control (0 h) i plantes que varen estar incubades durant 6 hores amb humitat relativa elevada i sense humectació.

**Taula 2.13.** Efecte de la durada i condicions d'humectació durant la incubació en la incidència de la malaltia en els quatre experiments realitzats. L'anàlisi de la variància es va realitzar a partir de les mitjanes per cadascuna de les 5 repeticions de cada tractament. ( $\alpha:0.05$ )

Experiment	Font de variació	Graus de llibertat	Suma de quadrats	F	P>F
1	Tractament <sup>a</sup>	5	2.059	9.95	0.0001
	Error	24	0.993		
	Total	29	3.052		
2	Tractament <sup>b</sup>	7	6.308	105.25	0.0001
	Error	32	0.274		
	Total	39	6.582		
3	Tractament <sup>b</sup>	7	3.319	12.9	0.0001
	Error	32	1.176		
	Total	39	4.495		
4	Tractament <sup>c</sup>	6	5.669	182.03	0.0001
	Error	28	0.145		
	Total	34	5.814		

<sup>a</sup>: 0, 6, 12, 18, i 24 h sense humectació, i 24 h amb humectació.

<sup>b</sup>: 0, 6, 12, 18, 21 i 24 h sense humectació, i 12 i 24 h amb humectació.

<sup>c</sup>: 0, 6, 12, 18, i 24 h sense humectació, i 12 i 24 h amb humectació.

En els experiments 1, 3 i 4 les plantes que van estar durant 12 o 24 hores amb humectació presentaven una incidència de la malaltia significativament més elevada que en la resta condicions (Taula 2.14). En l'experiment 2 la incidència en les plantes que van estar 12 o 24 amb humectació i 24 hores sense humectació va ser més elevada i va diferir de la resta de condicions.

**Taula 2.14.** Comparació de mitjanes de la incidència de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada amb o sense humectació. Per realitzar la separació de mitjanes es va utilitzar la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Per cada experiment mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament. ( $\alpha:0.05$ )

Humectació <sup>a</sup>	Durada del Període (h)	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
No	0	0.000 b	0.040 e	0.020 d	0.000 d
No	6	0.014 b	0.000 e	0.320 cd	0.000 d
No	12	0.128 b	0.240 d	0.220 cd	0.116 cd
No	18	0.198 b	0.610 c	0.260 cd	0.000 d
No	21	--	0.782 b	0.480 bc	--
No	24	0.636 a	0.984 a	0.360 cd	0.214 c
Sí	12	--	0.950 a	0.780 ab	0.878 b
Sí	24	0.608 a	1.000 a	0.960 a	1.000 a

El símbol (--) representa períodes d'incubació no assajats.



Mitjançant la prova de Dunnett es va contrastar cadascuna de les mitjanes d'incidència de la malaltia per les diferents condicions d'incubació assajades respecte a la incidència observada en les plantes control (0 h) (Taula 2.15). Els resultats obtinguts són semblants als comentats anteriorment. En els experiments 1, 3 i 4 es va observar que la incidència de la malaltia en plantes incubades amb períodes iguals o inferiors a 18 hores, sense presència d'humectació (però amb humitats relatives elevades), no va ser significativament ( $P>0.05$ ) diferent a la observada en plantes control (0 h). En l'experiment 2 no es van observar diferències significatives ( $P>0.05$ ) entre la incidència obtinguda en les plantes incubades durant 6 hores sense humectació (però amb humitat relativa elevada) respecte a la incidència observada en la plantes control (0 h); però sí respecte a la incidència observada en les plantes incubades en la resta de condicions.

**Taula 2.15.** Comparació de mitjanes de la incidència de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada i amb o sense humectació, respecte plantes control (0 h). Per analitzar el nivell de significació per parelles de mitjanes es va utilitzar la prova de Dunnett. ( $\alpha:0.05$ )

Condicions		Significació <sup>a</sup>			
Humectació	Durada del Període (h)	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
No	6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
No	12	n.s.	***	n.s.	n.s.
No	18	n.s.	***	n.s.	n.s.
No	21	--	***	***	--
No	24	***	***	***	***
Sí	12	--	***	***	***
Sí	24	***	***	***	***

<sup>a</sup>:Diferències significatives, per cada experiment, respecte a la incidència observada en les plantes control (sense període d'incubació). \*\*\* diferències significatives, n.s. diferències no significatives.

El símbol (--) representa períodes d'incubació no assajats.

#### 4.2.2 Severitat de la malaltia

Es va observar (Taula 2.16), en els quatre experiments realitzats, que l'efecte de les durades del període d'incubació i les condicions d'humectació varen ser significatives ( $P<0.05$ ) en la severitat de la malaltia.

**Taula 2.16.** Efecte de la durada i condicions d'humectació en la severitat de la malaltia en els quatre experiments. L'anàlisi de la variància es va realitzar a partir de les mitjanes obtingudes per cadascuna de les 5 repeticions de cada tractament. ( $\alpha:0.05$ )

Experiment	Font de variació	Graus de llibertat	Suma de quadrats	F	P>F
1	Tractament <sup>a</sup>	5	8.811	26.11	0.0001
	Error	24	1.620		
	Total	29	10.431		
2	Tractament <sup>b</sup>	7	30.748	118.13	0.0001
	Error	32	1.190		
	Total	39	31.938		
3	Tractament <sup>b</sup>	7	14.519	16.76	0.0001
	Error	32	3.960		
	Total	39	18.479		
4	Tractament <sup>c</sup>	6	20.140	99.92	0.0001
	Error	28	0.941		
	Total	34	21.081		

<sup>a</sup>: 0, 6, 12, 18, i 24 hores sense humectació i 24 hores amb humectació.

<sup>b</sup>: 0, 6, 12, 18, 21 i 24 hores sense humectació i 12 i 24 hores amb humectació.

<sup>c</sup>: 0, 6, 12, 18, i 24 hores sense humectació i 12 i 24 hores amb humectació.

La comparació entre totes les mitjanes de severitat obtingudes (Taula 2.17), va mostrar que en l'experiment 1 la severitat en plantes control (0 h) no va diferir significativament ( $P>0.05$ ) de la de les plantes incubades durant 6 i 12 hores, però sí de la resta de plantes incubades en altres condicions (18 i 24 h sense humectació, i 24 h amb humectació). En aquest experiment 1 la severitat en les plantes incubades durant 24 hores amb humectació no va diferir significativament ( $P>0.05$ ) de la observada en plantes incubades durant 24 hores sense humectació; però sí de la severitat en la resta de condicions. En l'experiment 2 la severitat en plantes control (0 h) no va diferir significativament de la severitat observada en plantes incubades durant 6 hores sense humectació; però sí va diferir de la resta de condicions (12, 18, 21 i 24 h sense humectació, i 12 i 24 h amb humectació). En el mateix experiment 2 la severitat en plantes incubades durant 24 hores amb humectació va diferir significativament ( $P>0.05$ ) de la severitat observada en la resta de condicions. En l'experiment 3 la severitat en plantes control (0 h) no va diferir significativament de la severitat en plantes incubades a 12 i 18 h; però sí de la de les altres condicions. En aquest experiment 3 la severitat en plantes incubades durant 24 hores amb humectació no va diferir significativament de la severitat en plantes incubades durant 12 hores amb humectació; però sí de la resta de condicions. En l'experiment 4 la severitat en plantes sense incubació no va diferir significativament ( $P>0.05$ ) de la severitat en plantes incubades durant 6 i 18 h sense humectació però sí de la resta de condicions. En aquest mateix experiment 4 es va

observar que no hi havien diferències significatives entre les plantes incubades durant 24 hores amb humectació i les plantes incubades durant 12 h amb humectació; però sí respecte a les severitats en plantes incubades en la resta de condicions (0, 6, 12, 18 i 24 h sense humectació).

**Taula 2.17.** Comparació de mitjanes de la severitat de la malaltia en incubacions a diferents períodes amb humitat relativa elevada amb o sense humectació. Per realitzar la separació de mitjanes es va utilitzar la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Per cada experiment mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament ( $\alpha:0.05$ )

Humectació	Durada del període (h)	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
No	0	0.000 c	0.040 e	0.020 c	0.000 d
No	6	0.030 bc	0.030 e	0.780 b	0.000 d
No	12	0.162 bc	0.660 d	0.380 bc	0.168 c
No	18	0.352 b	1.622 cd	0.300 bc	0.000 d
No	21	--	3.638 c	1.140 b	--
No	24	3.040 a	10.666 b	0.600 b	0.412 b
Sí	12	--	13.742 b	4.720 a	5.534 a
Sí	24	1.744 a	45.488 a	12.844 a	8.360 a

El símbol (--) representa períodes d'incubació no assajats.

Mitjançant la prova de Dunnett es va contrastar cada mitjana de severitat de la malaltia en les plantes incubades (absència o presència d'humectació a diferents durades) amb les plantes control (0 h). S'observa que la severitat en plantes incubades durant 6 hores sense humectació (però amb humitats relatives elevades) no va diferir significativament de la severitat obtinguda en les plantes control (0 h) en cap experiment (Taula 2.18). En l'experiment 1 la severitat en plantes incubades durant 6 i 12 hores sense humectació no va diferir de l'observada en plantes control (0 h). En l'experiment 3 la severitat en plantes incubades durant 6, 12 i 18 hores sense humectació tampoc va diferir de les plantes control (0 h). En l'experiment 4 la severitat de la malaltia en plantes incubades durant 6 i 18 hores sense humectació no va diferir de la obtinguda en les plantes control (0 h).

**Taula 2.18.** Comparació de mitjanes de la severitat de la malaltia en incubacions durant diferents períodes amb humitat relativa elevada i amb presència o absència d'humectació, respecte a la severitat de la malaltia en plantes control (0 h). Per analitzar el nivell de significació per parelles de mitjanes es va utilitzar la prova de Dunnett. La severitat es va analitzar amb la transformació  $\log_{10}(\text{severitat}+0.1)$ . ( $\alpha:0.05$ )

Condicions		Significació <sup>a</sup>			
Humectació	Durada del període (h)	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
No	6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
No	12	n.s.	***	n.s.	***
No	18	***	***	n.s.	n.s.
No	21	--	***	***	--
No	24	***	***	***	***
Sí	12	--	***	***	***
Sí	24	***	***	***	***

<sup>a</sup>:Diferències significatives, per cada experiment, respecte a la incidència observada en les plantes control (sense període d'incubació). \*\*\* representa diferències significatives, n.s. representa diferències no significatives.

El símbol (--) representa períodes d'incubació no assajats.

## Discussió

### 1. Evolució dels paràmetres ambientals al llarg del temps en finques comercials de perera

L'agrometeorologia s'ha convertit en una eina imprescindible en la protecció de cultius (Orlandini, 1996). Això és, en part, una conseqüència de l'augment del nombre de models de predicció de malalties basats en paràmetres ambientals i de l'evolució dels sistemes d'adquisició de dades que han permès, en aquests darrers 15 anys, l'obtenció de dades microclimàtiques de forma precisa i relativament a baix cost.

Durant el període vegetatiu de la perera hi ha dos moments en que la durada del període d'humectació és més elevada, són els mesos de maig-juny per una banda i a partir de finals d'agost per una altra. Aquest fet coincideix amb una elevada humitat relativa i temperatures més baixes durant aquestes dates que alhora correspon amb els mesos amb més freqüència de precipitacions. Aquests dos moments són períodes d'alt risc d'infecció de *S. vesicarium*.

El primer període coincideix amb estadis inicials en el desenvolupament dels fruits i fulles que són molt sensibles a la malaltia (Montesinos i col., 1995b). A més les pluges caigudes durant el mes de maig ajuden a l'alliberament i dispersió de l'inòcul primari en la forma de *Plesopora allii* (dades no publicades), i de l'inòcul secundari si ja està format. D'aquesta manera tres factors d'alt risc coincideixen: alliberació d'inòcul primari i secundari, hoste molt susceptible a la malaltia i condicions ambientals favorables a l'inici d'infeccions. En aquest període la temperatura pot ser el factor limitant més important en l'inici d'infeccions, ja que les durades dels períodes amb humectació són elevades. Els anys que durant aquests mesos la temperatura sigui molt elevada seran anys amb molt risc d'infeccions primerenques. Durant l'any 1997 han coincidit en aquests mesos períodes d'humectació molt llargs amb temperatures excepcionalment elevades i com a conseqüència la incidència de l'estemfiliosi ha estat molt important (dades no recollides en aquest treball).

El segon període amb durades d'humectació elevades (a partir de finals d'agost) succeeix quan una gran part de les varietats de perera ja han estat recol·lectades. No obstant per les varietats més tardanes, que es colliran durant el mes de setembre o començaments d'octubre, serà també un gran període de risc d'infecció. El nivell

d'inòcul, després de totes les infeccions produïdes durant la primavera i l'estiu, pot ser molt elevat. Els fruits ja no són tan sensibles a la malaltia com en el cas anterior. Però la restricció de fungicides per la limitació de residus en els fruits destinats a consum directe condicionarà el tipus de fungicida emprat i la seva aplicació, en funció del plaç de seguretat. Aquest fet pot provocar una menor protecció dels fruits davant les infeccions. Durant aquest període les pluges són molt freqüents i sovint amb força intensitat (és una característica del clima mediterrani). Això pot provocar un rentat dels fungicides en el moment de produir-se les condicions òptimes per la infecció. Durant aquest període coincideixen també tres factors de risc: elevada concentració d'inòcul, condicions favorables per l'inici d'infeccions i fruits menys protegits amb fungicida.

Durant els mesos secs (juliol i principis d'agost) les poques pluges que hi ha tenen una importància, des d'un punt de vista epidemiològic, molt gran. D'una banda coincideix un període d'humectació llarg amb temperatures elevades i de l'altra aquestes pluges d'estiu solen ser de curta durada però de molta intensitat. Aquest fet també pot provocar un rentat dels productes antifúngics dels òrgans vegetals i per tant augmentar la desprotecció de l'hoste davant del patogen quan les condicions ambientals d'infecció són òptimes.

S'ha observat que la freqüència de les durades dels períodes amb humitat relativa superior al 90% no es correspon amb les freqüències obtingudes per les durades dels períodes amb humectació. Mentre que la major part dels dies la durada del període amb humitat relativa elevada està entre 8 i 16 h, la de la humectació està entre 0 i 12 h. Es demostra així que tot i estar molt lligats aquests paràmetres, no es pot utilitzar la mesura de la humitat relativa com un succedani de la humectació sense caure en greus errors.

La major part de les temperatures obtingudes durant els períodes amb humectació (90 %) estan entre 11 i 21 °C. La major part de les durades d'humectació (64 %) estan entre 0 i 12 h i amb menor freqüència entre 13 i 18 h (11 %). Si es considera que les condicions per l'inici d'infeccions de *S. vesicarium* comencen a ser molt favorables a partir de 12 hores d'humectació i 15 °C (veure Figura 2.1, pàgina 130) es pot deduir que el nombre de dies que es superaran aquests valors no serà molt gran. Per tant el nombre de dies que les condicions de temperatura i humectació seran favorables a l'inici d'infeccions de *S. vesicarium* no serà massa elevat.

Alguns autors (Scherm i van Bruggen, 1995c) consideren que a nivell de mesoscala la temperatura de l'aire i la humitat relativa són paràmetres que no presenten

massa diferències entre localitats. No obstant del nostre estudi a la zona de Girona es desprèn que això només passa per la temperatura. La temperatura de l'aire observada en dues finques (Can Vidal i Can Garrofa) durant l'any 1996 és gairebé la mateixa. No obstant la durada dels períodes amb humitat relativa elevada observada en aquestes dues finques és diferent. Malgrat aquest resultat les condicions particulars de les finques comercials (ubicació, topografia, formació dels arbres, estat del sòl, etc.) determinen clarament els paràmetres climàtics inclòs el de temperatura.

La temperatura, humitat relativa i pluja són paràmetres relativament fàcils de mesurar mentre que la humectació no (Sutton i col., 1984; Caprara i Veronesi, 1992).

La dinàmica de la humectació al llarg del dia que s'ha observat en el present treball coincideix amb els resultats obtinguts per altres autors (Gillespie i Kidd, 1978; Jones i col., 1980; Barthakur, 1985; Seem i col., 1988; Caprara i Veronesi, 1992).

En la nostra zona d'estudi la rosada és el fenomen més important en la formació de la humectació. S'ha determinat que la formació de la rosada és un procés lent i continu, però l'evaporació de la rosada és un procés molt ràpid. La pel·lícula d'aigua provenint de la condensació es va formant lentament durant la nit damunt el sensor degut als balanços energètics provocats per la disminució de la temperatura en presència d'humitat relativa elevada. Amb la sortida del sol i coincidint amb l'augment de temperatura, l'evaporació és molt ràpida. La seqüència de períodes amb i sense humectació segueix una distribució multimodal i es correspon a la trobada en estudis similars (Seem i col., 1988).

La humectació deguda a la pluja pot passar durant la nit o durant el dia. Si la pluja cau durant el dia es combina la presència de pel·lícula d'aigua damunt els òrgans vegetals amb temperatures elevades. Aquest és un fet molt important ja que les condicions seran més òptimes per l'inici d'infeccions per *S. vesicarium*.

De la dinàmica diària de la humectació, temperatura i humitat relativa estudiada, dos casos són molt singulars des d'un punt de vista epidemiològic: períodes amb humitat relativa elevada però sense presència d'humectació i períodes interromputs d'humectació amb humitats relatives baixes o elevades. És ben coneguda la importància de la pel·lícula d'aigua en la germinació dels conidis de *S. vesicarium* (Montesinos i Vilardell, 1992). L'efecte que la humitat relativa pot tenir en el procés infecció de *S. vesicarium* és més desconegut. Fins fa pocs anys i degut al tipus de sensors utilitzats no es podia discriminar humitats relatives elevades de la humectació. La presència

d'humitat relativa elevada no sempre significa formació d'humectació. Actualment amb els nous sensors ja és possible separar aquests dos tipus de fenòmens.

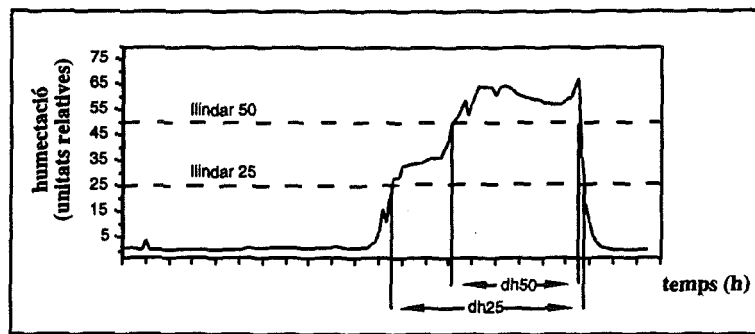
La presència d'aigua lliure damunt els òrgans vegetals és imprescindible per la germinació de *S. vesicarium* i d'altres fongs. Però la mesura de la humectació és molt complexa i depèn de molts factors (Sutton i col., 1984) com del tipus de sensor utilitzat (Huber i Wehrle, 1988; Egger i Marinelli, 1995; Llorente, 1995; Egger i col., 1996), la posició on es col·loca (Caprara i Veronesi, 1992; Huber i Gillespie, 1992; Llorente, 1995) i la orientació del sensor (Gozzini i col., 1996). Un altre factor que s'afegeix a la dificultat en la mesura de la humectació és que aquesta variable no és homogènia en tota la vegetació. Dependrà de la posició (interior o exterior) de la fulla o el fruit en l'arbre, de l'alçada on es trobi, de l'orientació, de l'angle, de la geometria i d'altres factors morfològics (Sutton i col., 1984). A més a aquesta complexitat s'hi afegeix el fet que la humectació no depèn exclusivament de fenòmens físics, sinó que també depèn de les característiques biològiques i fisiològiques de la planta (Gozzini i col., 1996), condicions difícils d'imitar amb sensors fets amb material inert. Existeix a més una heterogeneïtat d'estats d'humectació en la planta doncs pot haver-hi alhora fulles i fruits secs i molls (Huber i Gillespie, 1992) distribuint-se la humectació de manera poc uniforme en la vegetació (Huber, 1992). Aquest és un fet que hem comprovat empíricament moltes vegades en finques comercials de perera. S'ha d'entendre el concepte d'humectació en un sentit global (Caprara i Veronesi, 1992). La utilització de la durada d'humectació en programes predictors d'infeccions per agents fitopatògens condiciona que els sensors d'humectació es col·loquin en els llocs de la vegetació on la durada d'humectació sigui més llarga. D'aquesta manera no s'infraestima el nivell de risc d'infeccions. S'ha comprovat que hi ha diferències entre les durades dels períodes d'humectació a la part superior i a la part inferior d'un mateix arbre. A la part superior la durada dels períodes d'humectació és més llarga quan és deguda a la rosada, mentre que quan és deguda a la pluja és més curta (Huber, 1988; Llorente, 1995). Aquest fet és degut a l'atenuació radiativa que es produeix des de la part superior cap a baix i això provoca que la rosada afecti primer a la part superior de l'arbre ja que està més exposada a una pèrdua radiativa durant la nit. Els òrgans situats a la part baixa dels arbres presenten una evaporació de la humectació deguda a la pluja més lenta, ja que la densitat vegetal no afavoreix aquesta evaporació. Per tot això la ubicació de les sondes d'humectació ha de ser feta amb molta precaució. En els anys en que s'ha realitzat el



present estudi s'han col·locat dos sensors, per cada estació meteorològica, a la part mitjana dels arbres, a l'interior de la vegetació, totalment horitzontals i amb orientacions diferents (un sensor s'ha col·locat en la part de la vegetació amb més ombra al matí i a l'interior de l'arbre i l'altre més a l'exterior). La ubicació depèn en gran mesura de les condicions particulars de la finca, tant pel que fa al clima (vents, presència de rius, boires, etc.) com a la pròpia vegetació (tipus i alçada dels arbres, espessor de la vegetació, presència d'herbes al sòl, etc.). És imprescindible la col·locació d'almenys dos sensors en les posicions més favorables a la formació d'humectació i tenint la precaució d'utilitzar sempre els valors de la durada d'humectació més llargs.

Una conseqüència d'aquesta dificultat en la mesura de la humectació ha portat a l'elaboració de models per estimar la humectació en funció d'altres paràmetres climàtics (Campbell i col., 1973; Crowe i col., 1978; Pedro i Gillespie, 1982a; Pedro i Gillespie, 1982b; Huber, 1988; Caprara i Veronesi, 1992; Galliani i Screpanti, 1992 ). Els resultats obtinguts no han estat massa satisfactoris ja que en molts casos la complexitat d'aquests models és molt gran. Actualment els models per estimar la humectació serveixen més per entendre les causes de la formació d'humectació que per ser utilitzats com a predictors.

Un altre punt important en la mesura de la humectació és establir el valor a partir del qual es considerarà humectació. A partir del seguiment de la formació de la humectació al llarg del dia s'ha observat que escollir un llindar d'humectació baix suposarà obtenir un període d'humectació que moltes vegades pot ser superior a l'obtingut utilitzant un llindar més alt (Figura 2.24). En el present treball s'ha utilitzat un valor de 50 unitats relatives com a llindar a partir del qual es considerava que hi havia humectació donat que és el llindar utilitzat en altres models de previsió de malalties en perera i pels resultats obtinguts en assajos previs. No obstant és important establir, per cada fong, el llindar a partir del qual la humectació pot afectar alguna fase del cicle de la malaltia.



**Figura 2.24.** Formació de la humectació deguda a la rosada. Durades del període d'humectació utilitzant el llindar d'humectació amb un valor de 50 (dh50) o de 25 (dh25). La diferència de durades entre els dos períodes és deguda al temps que tarda el valor de la humectació de passar d'un valor de 25 a un valor de 50.

## 2. Avaluació de la capacitat predictiva del model STREP

En el curs del desenvolupament d'un model de càlcul de risc d'infecció s'han de seguir una sèrie de passes (Rouzet i Dominique, 1995). En primer lloc s'ha d'elaborar el model correlacionant la malaltia amb determinats factors climàtics. Posteriorment s'ha de validar, és a dir s'ha d'assegurar la fiabilitat de la previsió. La validació del model STREP s'ha dividit en dues subfases: a) avaluar la seva capacitat predictiva i així modificar o incorporar altres paràmetres per augmentar la fiabilitat i b) avaluar l'eficàcia de la utilització del model com a eina en la presa de decisions per a la realització dels tractaments antifúngics en el control de l'estemfiliosi.

Per l'elaboració del model STREP es va utilitzar la relació quantitativa entre la durada del període amb humectació, la temperatura mitjana durant aquest període i els nivells de la malaltia en condicions controlades. Però tal i com comenten Scherm i van Bruggen (1994b) l'avaluació de la capacitat predictiva d'un model, en condicions de camp, permet superar el buit que hi ha entre les relacions causa-efecte demostrades en experiments controlats i la seva aplicació sota condicions reals i pràctiques.

En el present treball el model s'ha avaluat mitjançant 42 assajos a camp, en hivernacle i sota condicions ambientals controlades. Comparant els nivells de severitat predits respecte als observats es va determinar que en el 95 % dels casos els nivells de severitat o bé s'ajustaven amb els observats (71.4 %) o bé hi havia una lleugera sobreestimació (23.8 %). També es varen observar dos casos (4.8 %) en que el model va infraestimar el nivell de severitat. Dels dos casos només un era especialment greu ja que

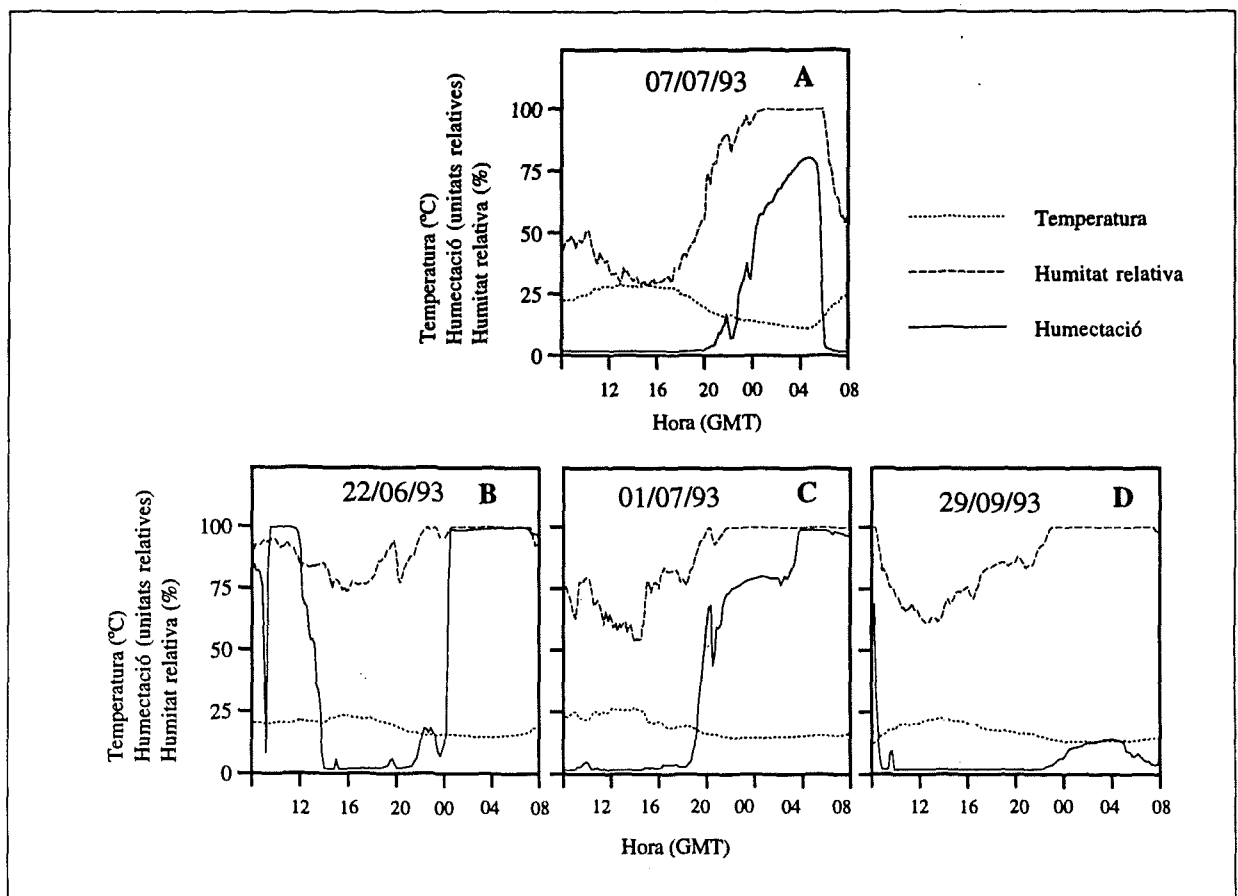
el model va predir un nivell de severitat nul i es va observar sever. En l'altra cas el model va predir infecció encara que amb un nivell lleugerament inferior a l'observat.

Avaluant el model mitjançant la regressió de l'índex de severitat predit respecte a l'observat es va determinar que aquest tenia una tendència a sobreestimar l'índex de severitat quan els índexs de severitat observats eren baixos, amb un pendent de la recta de regressió de 0.753 i el punt d'intersecció de 0.127 ( $R^2:0.53$ ). Només es varen observar tres casos en que el model havia infraestimat clarament l'índex de severitat. El resultat de l'avaluació de la capacitat predictiva del model utilitzant la regressió dels índexs de severitat predits respecte als observats o utilitzant la transformació d'aquests índexs en nivells de severitat va ser lleugerament diferent. La utilització directa dels índexs va mostrar tres casos en que hi havia infraestimació. Amb la transformació d'aquests índexs en nivells de severitat només dos casos eren infraestimats. El tercer cas quedava englobat pels llindars establerts. Aquest tercer cas presentava un índex observat ( $I_{O1}$ ) de 1.12 i un índex predit ( $I_{p1}$ ) de 0.54, però el llindar per un nivell de severitat sever es va establir a partir de valors de 0.4. Per tant el nivell de severitat era sever pels dos índexs. La utilització posterior del model STREP per guiar les aplicacions amb fungicida es va establir utilitzant aquests llindars. Llavors en condicions pràctiques d'aplicació del model aquest punt no s'hauria infraestimat. És necessari, però, avaluar la capacitat predictiva del model mitjançant la regressió dels índexs de severitat ja que això permet conèixer molt més acuradament el seu comportament.

Si en l'avaluació mitjançant la regressió dels índexs de severitat predits i observats no es consideraven aquest tres casos infraestimats la regressió s'ajustava millor ( $R^2:0.75$ ) i el pendent es feia superior a 1 (1.112) confirmant la lleugera tendència del model a sobreestimar el nivell de severitat. Posteriorment es va comprovar que treure aquest punts infraestimats en l'anàlisi de la regressió estava justificat degut a les condicions ambientals particulars ocorregudes durant aquests tres assajos d'avaluació del model.

A la Figura 2.25 es representen amb detall la dinàmica de la temperatura, humitat relativa i humectació corresponents als tres punts infraestimats (B, C, i D) i a un dia en que les prediccions del model es varen ajustar a l'observat (A). Aquest dia (A) ha estat triat a l'atzar. Es pot observar que en un dels dies (B) va existir un període interromput d'humectació amb humitat relativa elevada durant aquest període. En els altres dos dies (C i D) s'observa que la humitat relativa al començar l'assaig d'avaluació

també era força elevada (8:00 h GMT). Aquest fet és important ja que en aquest moment era quan es deixaven les plantes a incubar a camp, i les fulles encara estaven molles amb l'inòcul. És possible que el temps que varen tardar a eixugar-se va ser llarg degut a l'elevada humitat relativa. Aquest temps d'eixugament no es contemplava en el registre del sensor d'humectació i per tant no quedava reflectit en els paràmetres enregistrats. Com a conseqüència en interpolar en el model els paràmetres ambientals, la durada del període d'humectació podia ser més baixa de l'ocorreguda realment en la superfície de les plantes. Es pot observar que el dia (A) que el model va predir correctament la severitat la humitat relativa en el moment de posar les plantes a incubar era molt baixa, per tant l'eixugament de les fulles podia ser molt més ràpid.



**Figura 2.25.** Dinàmica de la temperatura, humitat relativa i humectació durant el període d'incubació de plantes en condicions de camp en els experiments d'avaluació del model STREP. Es representa un dia en que el model va predir correctament la severitat (A) i tres dies (B, C i D) en que el model va infraestimar la severitat. El temps està indicat en horari solar (GMT)

Avaluant el model mitjançant la regressió de l'índex predit respecte a l'observat es va determinar que els residus obtinguts en aquesta regressió no van seguir una distribució normal. Però aquest fet no és important ja que només és necessari que els residus segueixin una distribució normal quan s'utilitzin els paràmetres estimats en proves de significació, comparació de rectes o quan es realitzin prediccions (Fry, 1994).

El fet que el model en 10 casos (23.8 %) sobreestimi el nivell de risc no és massa greu des d'un punt de vista aplicat, ja que els falsos positius no són tan greus en termes agronòmics com els falsos negatius. A més el percentatge de casos en que hi havia una sobreestimació no va ser massa elevat. Altres models de predicció, per altres malalties, com el FAST (Forecasting System for *Alternaria solani* on tomato) que actualment ja estan implementats en estacions d'avisos també tendeixen a sobreestimar (Lalancette i col., 1988).

El control de les dades agrometeorològiques és una etapa necessària abans de la utilització dels models predictius en agricultura (Juhel i col., 1993). En el nostre cas s'ha realitzat un seguiment durant quatre anys al llarg del període vegetatiu de la perera i en diferents finques comercials (veure apartat 1 a la pàgina 158) dels paràmetres ambientals de temperatura, humitat relativa, humectació i precipitacions així com de les dinàmiques diàries d'aquests paràmetres. Aquest seguiment ha permès un coneixement acurat de la problemàtica que presenta la mesura d'aquestes dades, en especial la humectació. En el cas que es volgués utilitzar el model STREP amb altres tipus de sensors d'humectació diferents dels utilitzats en el seu desenvolupament seria necessari estudiar el llindar d'humectació a utilitzar per considerar molla o seca la superfície de les plantes. En altres models un canvi de sensors ha obligat a modificar el llindar d'humectació (Brown i Sutton, 1995).

Resulta imprescindible avaluar la capacitat predictiva d'un model i la fiabilitat de les seves prediccions en diferents finques comercials i diferents zones climàtiques, de la mateixa manera que s'ha fet amb el model de Mills que prediu el motejat (*Venturia inaequalis*) en la pomera (MacHardy i Gadoury, 1989). Del model STREP s'ha avaluat la seva capacitat predictiva en dos finques de les comarques gironines (Mas Oller i Mas Badia), que correspon a les dades presentades en aquest treball, i també a la zona italiana d'Emilia-Romagna. Aquest fet és important ja que les condicions ambientals i l'hoste utilitzat en aquests assajos ha estat diferent. En el nostre cas la varietat utilitzada va ser Conference i a Itàlia va ser Abate Fétel. Així mateix el patogen utilitzat en les

inoculacions, tot i ser *S. vesicarium*, no provenia del mateix cultiu en les avaluacions realitzades a Girona i a Emilia-Romagna sinó que provenia de soques autòctones. En l'avaluació realitzada a Itàlia, amb la mateixa metodologia que nosaltres, les prediccions tant del nivell de severitat com de l'índex de severitat es varen correspondre amb les observades (Montesinos i col., 1995a). D'aquesta manera es confirma la fiabilitat i robustesa, en la major part dels casos, del model STREP com a predictor de l'estemfiliosi. Dels resultats obtinguts en l'avaluació de la capacitat predictiva es pot dir que el model STREP és un bon predictor de l'estemfiliosi de la perera.

### **3. Refinament del model STREP. Incorporació de l'efecte dels períodes interromputs d'humectació i dels períodes amb humitat relativa elevada**

Els experiments per quantificar la influència dels factors ambientals en la infecció o en el desenvolupament de les malalties generalment s'han realitzat utilitzant períodes d'humectació continus. Tot i ser vàlids poden no reflectir adequadament les condicions ambientals observades en el camp i els seus efectes en el procés infecció (Schuh, 1993).

A partir dels resultats obtinguts en l'avaluació del model STREP es va determinar que en 3 casos el model infraestimava el nivell de severitat de la malaltia observat. Analitzant amb detall la dinàmica dels paràmetres ambientals ocorreguts en aquests casos es va observar que la humectació corresponia a situacions particulars. En un cas corresponia a períodes d'humectació, provocats per la pluja i la rosada respectivament, separats per un període interromput d'humectació amb humitat relativa elevada. En els altres casos existia un període d'humitat relativa elevada posterior al període d'humectació. Aquests fets, juntament amb l'observació en condicions naturals de períodes amb humitat relativa elevada sense formació d'humectació va motivar que es qüestionés la validesa d'utilitzar només les durades amb humectació en aquests casos especials. Es varen dissenyar diferents experiments per determinar la importància dels períodes interromputs i de la humitat relativa durant aquests períodes així com dels períodes amb humitats relatives elevades, sense presència d'humectació, en les infeccions produïdes per *S. vesicarium*. A partir dels resultats obtinguts per aquests assajos es podrà complementar el model STREP per evitar la infraestimació de la malaltia quan les condicions climàtiques siguin particulars.

Els resultats obtinguts són lleugerament diferents per la incidència i la severitat de la malaltia en funció de la durada del període interromput d'humectació. No es varen observar diferències entre la incidència obtinguda entre el control de 24 hores d'humectació continua i el control de 12 hores. El fet que s'utilitzés material vegetal molt sensible, tant per l'estat fenològic de les fulles com per la varietat de perera utilitzada, una pressió d'inòcul molt elevada i unes condicions de temperatura òptimes per a la infecció, va ocasionar que amb 12 hores d'humectació s'assolís el màxim possible d'incidència de la malaltia. Per aquest motiu es fa difícil determinar la importància de la durada del període interromput d'humectació i la humitat relativa durant aquest període a partir d'aquest experiment. Malgrat això es va observar que quan les condicions durant el període interromput van ser d'humitat relativa elevada (98%), totes les durades assajades, menys el període de 15 hores, estaven en un grup intermedi; sense diferir ni del control de 12 hores d'humectació ni del de 24 h. En el cas de la incubació durant 15 hores d'interrupció la incidència observada va arribar al 100 %, diferint de l'observada en les plantes sotmeses només a 12 hores. S'aprecia una lleugera tendència a augmentar el nivell de la malaltia per aquestes condicions d'humitat relativa respecte al control de 12 h. Aquest fet es corrobora al contrastar cadascuna de les mitjanes obtingudes en els diferents tractaments amb la mitjana obtinguda en les plantes control de 24 hores d'humectació ininterrompuda ja que només es varen determinar diferències significatives per les plantes sotmeses a 12 hores d'humectació.

Quan les condicions d'humitat relativa durant la interrupció de la humectació van ser baixes (60 %) no s'aprecia cap diferència entre la incidència dels tractaments assajats. Contrastant cadascuna de les mitjanes respecte al control (24 h d'humectació continua) no es varen observar tampoc diferències significatives. El contrast de les mitjanes obtingudes, mitjançant la prova de Dunnett, en el tractament amb 12 hores d'humectació respecte al control amb 24 hores és significatiu per humitats relatives elevades, però no per humitats relatives baixes. Això sembla una fet contradictori, ja que per les dues condicions d'humitat relativa, les plantes dels controls (12 i 24 h d'humectació continua) varen ser les mateixes. Aquest fet s'explica pel mecanisme de càlcul de la prova de Dunett. Al contrastar les diferents mitjanes respecte a un control aquesta prova té en compte la suma del quadrat mig de l'error, que depèn del model global (SAS Institute Inc., 1993).

Els nivells d'incidència obtinguts per les dues condicions d'humitat relativa i per les diferents durades del període interromput són molt semblants i massa elevats. Com a conseqüència no es pot determinar l'efecte ni de la humitat relativa ni de la durada del període d'humectació en la incidència de la malaltia. Per obtenir alguna conclusió vàlida seria necessari repetir l'experiment utilitzant plantes menys sensibles, una dosi d'inòcul més baixa o inclús disminuir la durada del primer període d'humectació.

La severitat d'una malaltia és una mesura de la intensitat amb que la malaltia afecta a l'hoste (Zadoks i Schein, 1979). Per la finalitat d'aquest estudi és un paràmetre de la malaltia molt més sensible ja que permet determinar l'efecte de la humitat relativa i de la durada del període interromput en les infeccions. Si la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació és baixa (60%) decreix la severitat de la malaltia respecte a un període equivalent d'humectació contínua. Amb independència de la durada del període interromput, la severitat observada en tots els tractaments amb interrupció va ser inferior que en el tractament de 24 hores amb humectació. Aquest resultat es pot explicar perquè les condicions de baixa humitat relativa durant els períodes interromputs bloquegen la germinació de les espores i impedeixen el desenvolupament dels tubs germinatius (De Vallavielle-Pope i col., 1995). Els efectes de les baixes humitats relatives durant els períodes interromputs en l'estructura i el metabolisme dels conidis i tubs germinatius no són ben coneguts i pot dependre de cada espècie de fong (Becker i Burr, 1994). Per *Monilia fruticola* els tubs germinatius més desenvolupats queden afectats irreversiblement amb un període sec i només els tubs menys desenvolupats tenen capacitat per reemprendre la seva activitat al tornar les condicions favorables (Good i Zathureczky, 1967). Per *Botryosphaera obtusa* el període interromput no només té efecte en la longitud del tub germinatiu, sinó també disminueix la viabilitat del conidi (Arauz i Sutton, 1989a). Aquests mateixos autors van determinar que per *Botrytis cinerea* i *Cercospora musae* els tubs germinatius no quedaven tant afectats per les condicions desfavorables i un percentatge important d'aquests tubs ja desenvolupats podien reemprendre el seu creixement amb la rehumectació.

En estudis realitzats amb condicions d'humitat relativa baixa durant el període d'humectació s'ha determinat que en *Septoria apiicola* (Lacy, 1994), *Coccomyces hiemalis* (Eisensmith i col., 1982) i *Cercospora caratoc* (Carisse i Kushalappa, 1992) el període interromput no ocasiona una disminució de la malaltia, i els conidis i tubs germinatius poden superar aquest període desfavorable sense lesions irreversibles.



Per una altra part s'ha vist també que els conidis d'alguns fongs com *Stemphylium botryosum* f. sp. *lycopersici* i *Alternari porri* en hàbitats semi-àrids presenten una capacitat germinativa i una viabilitat dels tubs germinatius que pot superar els períodes secs un cop ja han iniciat la germinació (Bashi i Rotem, 1974). El creixement dels tubs germinatius es reinicia un cop torna haver-hi pel·lícula d'aigua. Sembla ser que aquest fenomen seria una adaptació dels fongs a les extremes condicions ambientals.

En el cas de *S. vesicarium* semblaria que la major part dels tubs germinatius quedarien afectats per períodes interromputs amb humitats relatives baixes, com es demostra pel fet que no hi ha un augment de la severitat de la malaltia respecte al control de 12 hores per aquestes condicions. Si els tubs menys desenvolupats poguessin reemprendre la seva activitat quan es produís la rehumectació s'observaria un augment de la malaltia respecte aquest control. Per una altra part seria interessant determinar la capacitat dels conidis ja germinats i amb els tubs germinatius afectats irreversiblement de produir nous tubs germinatius. Si la interrupció de la humectació passa quan el tubs germinatius de *S. vesicarium* ja han penetrat en el teixit de l'hoste, el patogen podria actuar de forma independent de les condicions de la superfície de la fulla, tal i com s'ha observat en *Botrytis squamosa* (Alderman i col., 1985) i en *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* (De Vallavieille-Pope i col., 1995).

Si la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació és elevada (98%), la severitat de la malaltia augmenta quan s'incrementa la durada del període interromput. En el nostre experiment no s'ha observat, en cap tractament, un augment de la severitat de la malaltia respecte a l'observat en les plantes control de 24 hores d'humectació continua. No és coneix si hi ha un creixement actiu dels tubs germinatius durant el període interromput o només es tracta d'una aturada reversible. De fet, un període interromput de 3 hores va ocasionar un nivell de malaltia inferior a l'observat en el control de 24 hores d'humectació ininterrompuda. A mesura que el temps del període interromput era més llarg, la severitat de la malaltia era també més elevada. Interrupcions de 18 i 24 h varen presentar nivells de la malaltia semblants als obtinguts en les plantes control de 24 hores. No obstant no varen existir diferències entre la severitat observada per períodes interromputs superiors a 3 h respecte a l'observada en les plantes control amb 24 hores d'humectació. Seria necessari realitzar més experiments per determinar l'efecte de la durada del període interromput en aquestes

condicions d'humitat relativa així com fer combinacions de diferents períodes d'humectació i de rehumectació. També s'haurien de realitzar altres experiments per determinar l'efecte de la humitat relativa un cop ja s'ha iniciat el desenvolupament dels tubs germinatius de *S. vesicarium* amb un període inicial d'humectació, i sense haver-hi rehumectació. D'aquesta manera es podria determinar si amb humitats relatives elevades progressen les infeccions iniciades en un període amb humectació previ, es a dir, hi ha un creixement actiu dels tubs germinatius. Jones i col (1980) i Preece i Smith (1961) van observar que períodes d'humitat relativa superiors al 90% després de pluges podien ser considerats com a període d'humectació en la predicció del motejat en pomera (*Venturia inaequalis*), si bé aquest fet suposava una sobreestimació del nivell de risc per aquesta malaltia.

L'efecte de la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació obtingut en el nostre experiment concorda amb l'observat per *Cercospora kikuchii* (Schuh, 1993) i per *Mycosphaerella graminicola* (Shaw, 1991). En altres fongs s'han determinat efectes diferents als observats en el nostre experiment. Per *Venturia inaequalis* alguns estudis (Becker i Burr, 1994) han demostrat que la humitat relativa durant els períodes interromputs no té cap efecte i que la malaltia no disminueix quan augmenta la durada d'aquests períodes.

En condicions naturals de camp es va observar que hi havia dies en els quals no es formava pel·lícula d'aigua damunt del sensor, però la humitat relativa era molt elevada. La durada del període, en aquests casos, podia ser llarga (10-12 h). Amb els experiments realitzats es va avaluar l'efecte d'aquests períodes en les infeccions produïdes per *S. vesicarium*.

Les condicions ambientals de l'experiment van requerir un control gairebé absolut de la temperatura i la humitat relativa per evitar la condensació d'aigua damunt de les fulles inoculades. Molts estudis que s'han realitzat en condicions controlades per determinar el nivell d'humitat relativa òptim per l'inici de germinacions, en diferents patògens, sovint han assajat condicions d'humitat relativa superiors al 90-95 %. Per aquestes condicions d'humitat relativa la baixada de més d'un grau de temperatura pot produir condensació d'aigua damunt dels conidis (Schein, 1964). En la major part d'incubadors les operacions cícliques del motor suposen oscil·lacions de temperatura superiors a un grau. Si es produeix condensació serà impossible diferenciar l'efecte de la humitat relativa en la germinació dels conidis, de l'efecte de l'aigua lliure. Només si

s'utilitza un incubador amb una precisió de la temperatura inferior a  $\pm 1$  °C es podrà determinar l'efecte real de la humitat relativa en la germinació dels conidis (Lacy, 1994). Durant la realització dels quatre experiments del present treball no es va observar condensació d'aigua damunt les sondes d'humectació, però les lectures oscil·laven entre valors de 20 i 25 (es considera que hi ha pel·lícula d'aigua a partir d'un valor de 50). La temperatura i la humitat relativa sempre varen ser constants.

Malgrat que les variàncies de les variables incidència i  $\log_{10}$  (severitat+0.1) analitzades no varen ser homogènies en alguns casos, el nivell de significació obtingut en les anàlisis de les variàncies va ser molt elevat ( $P < 0.001$ ), per la qual cosa es poden acceptar les diferències obtingudes així com el resultat obtingut en la comparació de mitjanes (Fry, 1994). A més es varen realitzar proves mitjançant estadística no paramètrica amb la prova de Kruskal-Wallis, que no es van incorporar al treball, però que confirmaven les diferències observades.

Malgrat les diferències entre alguns dels experiments, a nivell global es pot concloure que són necessàries durades superiors a les 12-18 hores de períodes amb humitat relativa elevada per què s'iniciïn infeccions. S'ha de recordar que, en condicions de camp, durades de períodes d'humitat relativa superiors a 12 hores sense humectació són molt rares. A més, es considera que els períodes amb humitat relativa elevada s'inicien quan aquesta és superior al 90 %. La utilització de llindars del 97-98 % donarien, segurament, durades d'aquests períodes encara més curtes. Menniti i Maccaferri (1994) van observar que per *Tranzschelia pruni-spinosae*, períodes d'humitat relativa elevada de 6-12 hores no eren suficients per iniciar infeccions i es necessitaven almenys períodes de 16 hores. Resultat semblant a l'obtingut per nosaltres.

Al contrari del que s'ha observat per *S. vesicarium*, en altres fongs existeix una elevada capacitat de germinar inclòs a baixes humitats relatives, probablement per l'elevada pressió osmòtica dels conidis que els hi permet absorbir aigua de l'aire (Arauz i Sutton, 1989b).

Un altre punt que s'ha de considerar és el fet que les condicions experimentals utilitzades per l'estudi de l'efecte d'humitats relatives elevades, varen ser òptimes per l'inici d'infeccions. El material vegetal era molt susceptible, la dosi d'inòcul gran i les condicions de temperatura òptimes. En el camp no es troben aquestes condicions òptimes, ni el material vegetal és tan sensible ni la dosi d'inòcul tan alta. A més quan es produeix un període amb humitat relativa elevada, però sense humectació, aquest no sol

coincidir amb temperatures elevades. La temperatura té un efecte en la germinació de conidis. A igual humitat relativa alguns autors han observat una disminució en el percentatge de conidis germinats al disminuir la temperatura com es el cas de *Zygothiala jamaicensis* (Ocamb-Basu i Sutton, 1988), *Cercosporidium personatum* (Shew i col., 1988), *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* (Jacome i col., 1991) i *Cercospora kikuchii* (Schuh, 1991). Cal remarcar però que aquests estudis es varen realitzar en placa Petri i per determinar només la germinabilitat dels conidis, no la producció d'infeccions. Malgrat aquest fet, aquests estudis reafirmen la idea que *S. vesicarium*, per temperatures més baixes de les assajades, encara produiria menys infeccions de les observades en els experiments, ja que en condicions naturals les temperatures durant els períodes amb humitats relatives elevades són normalment més baixes de la utilitzada en els nostres experiments.

En els estudis de germinació de conidis o d'inici d'infeccions no s'ha d'oblidar que si aparentment s'inicien germinacions de les espores a humitats relatives superiors al 90 %, en funció de la temperatura es poden produir microcondensacions d'aigua (Jiménez-Díaz, 1996). En els estudis epidemiològics del cicle de la malaltia dels patògens no s'han d'oblidar les característiques microclimàtiques que succeeixen damunt dels òrgans vegetals.

Els nostres resultats concorden també amb els obtinguts per Montesinos i Vilardell (1992). Aquests autors van determinar que els conidis de *S. vesicarium* germinaven a partir d'humitats relatives superiors al 92 %, i només es varen observar germinacions significatives per humitats superiors al 98 % després de 12 hores. Però van observar que en aquestes humitats elevades es produïa condensació d'aigua, en canvi per humitats inferiors al 92 % no hi havia condensació. D'aquesta manera no es podia diferenciar l'efecte de la humitat relativa en la germinació de *S. vesicarium* de l'efecte provocat per la pel·lícula d'aigua. És de suposar que realment era la presència d'aigua lliure damunt els conidis la causa de les germinacions.

Resultats semblants als nostres també han estat obtinguts per Shoemaker i Lorbeer (1977) per *Botrytis squamosa*, ja que varen observar que només es desenvolupava la malaltia quan hi havia presència d'aigua. Sheridan (1968) també va observar que en cereals incubats amb humitat relativa elevada però sense presència d'humectació no es produïen infeccions per *Septoria apiicola*.

Segurament *S. vesicarium* compensa tant la pèrdua de viabilitat dels tubs germinatius durant períodes secs, com la poca capacitat de germinar amb humitat relativa elevada sense humectació, amb una elevada taxa de germinació i velocitat de penetració.

#### 4. Paràmetres per incorporar en el model STREP

Els experiments realitzats han aportat dades sobre la importància de la humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació i durant períodes sense humectació.

En el model STREP s'haurien d'incorporar aquests resultats:

- a) humectacions separades per períodes interromputs amb humitats relatives baixes es poden considerar com a períodes separats.
- b) períodes d'humectació separats per un període interromput amb humitat relativa elevada es podria considerar com un període continu, resultat de la suma dels dos períodes d'humectació.

Degut a la reversibilitat en la viabilitat dels tubs germinatius durant períodes sense humectació però amb humitats relatives elevades, s'hauria d'avaluar la possibilitat que períodes d'humectació separats per un període interromput amb humitat relativa elevada es consideressin com un període continu, resultat de la suma dels dos períodes d'humectació més el període interromput. Això no es pot determinar a partir dels nostres resultats, però incorporant en el model aquesta modificació és possible que s'evitessin infraestimacions en la predicció. Caldria no obstant completar aquesta informació per determinar si una infecció iniciada durant un període amb humectació, continua progressant un cop ha desaparegut la humectació però la humitat relativa és elevada. Aquest fet l'assumeixen diferents autors per altres models (Rupe i Ferris, 1987; Damicone i col., 1987). Amb la incorporació d'aquests paràmetres en el model STREP, els nivells de severitat predits probablement s'ajustarien més a la realitat, aconseguint d'aquesta manera eliminar la possibilitat d'infraestimar del nivell de risc d'infecció en els esmentats casos.

Per una altra part es pot concloure que els períodes amb humitat relativa elevada i sense formació d'humectació, que s'han observat ocasionalment en el camp, no són suficients per iniciar infeccions de *S. vesicarium*. Per tant aquest és un paràmetre que no s'hauria d'incorporar al model STREP.

# Capítol 3

## Control racional de l'estemfiliosi de la perera mitjançant el guiatge de l'aplicació d'antifúngics amb el model STREP

### Introducció

#### 1. El model STREP

El control de l'estemfiliosi de la perera actualment es realitza mitjançant tractaments preventius de fungicides amb cadència d'aplicació fixa (veure capítol 1). S'utilitzen diferents productes químics, sent el tiram el més recomanat a Catalunya per raons d'eficàcia i cost. Aquests productes s'apliquen setmanalment des de caiguda de pètals fins a recol·lecció. L'elevat nombre d'aplicacions de fungicides realitzats per controlar la malaltia comporta una sèrie de problemes a nivell mediambiental, per la salut pública i a nivell econòmic (veure capítol 2). Les tècniques culturals o de control biològic són encara insuficients en el control de l'estemfiliosi. Aquests mètodes alternatius a la utilització de productes químics no redueixen les pèrdues a nivells comercialment acceptables i encara és necessari la utilització de fungicides químics. Per aquestes raons s'han de desenvolupar mètodes que permetin la reducció del nombre d'aplicacions de fungicides amb un control semblant de la malaltia a l'obtingut amb l'estratègia preventiva (Vincelli i Lorbeer, 1989). Aquestes raons van portar a elaborar el Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP) per determinar el nivell de risc d'infecció per *S. vesicarium*.

El model STREP està basat en els paràmetres ambientals de durada de la humectació i temperatura mitjana durant aquest període. És consistent amb el concepte

que la durada de la humectació determina l'inici d'infeccions i la temperatura la rapidesa i extensió de la infecció (Lalancette i col., 1988; Evans i col., 1992). Aquest sistema de predicció de l'estemfiliosi, com la major part de sistemes de predicció similars per altres patògens, està basat només en base a les prediccions fetes sobre les condicions favorables a la infecció i no inclou prediccions sobre la producció de l'indòcul del patogen (Vincelli i Lorbeer, 1989). El model va estar pensat com una alternativa als programes preventius amb fungicides i s'ha d'entendre com un programa per actuar en el període postinfecció. En un programa d'aquest tipus el fungicida és aplicat després de l'inici de les infeccions però abans que es desenvolupin els símptomes (Ellis i col., 1986; Funt i col., 1990). Per aquest motiu es varen realitzar experiments per avaluar l'eficàcia postinfecciosa o curativa de diferents fungicides en el control de l'estemfiliosi de la perera (veure capítol 1) i es va concloure que el tiram era un dels productes que presentava una bona eficàcia postinfecciosa.

Per utilitzar una sistema de predicció de malalties en una estació d'avisos als fruticultors, les prediccions han de ser fidedignes (Campbell i Madden, 1990). Un model s'ha d'avaluar i validar durant varis anys en diferents llocs (Pennypacker i col., 1983) i pel ventall de condicions ambientals amb que es va elaborar (Coakley i col., 1988). En el nostre cas, s'ha avaluat la capacitat predictiva del model STREP durant dos anys en diferents finques comercials de Girona i d'Itàlia (Montesinos i col., 1995a) i per tot el ventall de condicions amb que es va elaborar, demostrant que les seves prediccions són fidedignes si bé es va observar una lleugera tendència a sobreestimar el risc d'infecció (veure capítol 2).

Actualment ja s'han desenvolupat models de predicció de diferents malalties que han estat validats a camp. A la Taula 3.1 s'indiquen alguns d'aquests models, la majoria dels quals ja estan implementats en estacions d'avisos als agricultors. La quantitat de models elaborats i utilitzats és molt important, per aquest motiu no s'ha volgut realitzar una taula exhaustiva de tots ells.

Al 1977 es va utilitzar el primer microprocessador per realitzar les mesures de paràmetres ambientals i utilitzar aquestes dades en la predicció de malalties en pomera (Sutton, 1996). A partir d'aquest moment i amb els canvis ràpids en la tecnologia dels microprocessadors la utilització de la informàtica en la protecció de cultius ha augmentat molt. Les noves possibilitats de l'agrometeorologia permeten mesures molt fiables dels paràmetres ambientals, i la seva lectura en qualsevol lloc en temps real ja és

possible (Gleason i col., 1995; Vercesi, 1995). Els avantatges de la utilització de la informàtica en la predicció de malalties són molt grans. La utilització de suport magnètic per emmagatzemar les dades, la rapidesa en els càlculs o la disponibilitat en temps real de les prediccions són alguns d'aquests avantatges (Caprara i col., 1990). Els inconvenients inicials com la falta de coneixements informàtics del personal tècnic o les limitacions del software i hardware actualment ja estan superats i les noves vies de comunicació com Internet obren un ventall molt gran de possibilitats.

**Taula 3.1.** Models de predicció de malalties validats en camps comercials. La major part estan implementats en estacions d'avisos als fructicultors en programes de control integrat

Nom del model	Patogen	Hoste	Referència <sup>a</sup>
- <sup>b</sup>	<i>Alternaria dauci</i>	<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	Gillespie i Sutton, 1979
FAST	<i>Alternaria solani</i>	<i>Lycopersicon sculentum</i>	Madden i col., 1978
-	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	Broome i col., 1995
BOTMAN	<i>Botrytis cinerea</i>	varis	Shtienberg i Elad, 1997
BOTCAST	<i>Botrytis squamosa</i>	<i>Allium cepa</i>	Vincelli i Lorbeer, 1988b
BLIGHT-ALERT	<i>Botrytis squamosa</i>	<i>Allium cepa</i>	Vincelli i Lorbeer, 1989
-	<i>Bremia lactucae</i>	<i>Lactuca sativa</i>	Scherm i col., 1995b
-	<i>Guignardia bidwelii</i>	<i>Vitis vinifera</i>	Ellis i col., 1986
BLITECAST	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Krause i col., 1975
IPI	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Lycopersicon sculentum</i>	Cavanni i col., 1990
PLASMO	<i>Plasmopara viticola</i>	<i>Vitis vinifera</i>	Orlandini i col., 1996
WINDOW	<i>Puccinia striiformis</i>	<i>Triticum aestivum</i>	Coakley i col., 1988
BUS	<i>Pyricularia oryzae</i>	<i>Oryza sativa</i>	Kim i col., 1988
-	<i>Venturia inaequalis</i>	<i>Malus domestica</i>	Wilcox i col., 1992
MILLS	<i>Venturia inaequalis</i>	<i>Malus domestica</i>	Mills, 1944 <sup>c</sup>

<sup>a</sup>: Les referències no citen sempre als autors del model, a vegades són citats els autors que han validat el model en finques o camps comercials.

<sup>b</sup>: Model sense cap nom proposat pels seus autors.

<sup>c</sup>: Les corbes de Mills han estat successivament modificades per altres autors (Jones i col., 1980; Schwabe, 1980; MacHardy i Gadoury, 1989), però es fa referència al seu autor original.

## 2. Anàlisis epidemiològiques

Una epidèmia es pot definir com el canvi d'intensitat d'una malaltia (incidència o severitat) en una població de plantes hoste al llarg del temps i l'espai (Madden i col., 1990). L'Epidemiologia és la Ciència que estudia el desenvolupament i expansió d'una malaltia així com els factors que afecten aquest procés (Zadoks i Schein, 1979; Agrios, 1997).

El desenvolupament de les malalties al llarg del temps és un procés dinàmic en que el nivell de la malaltia canvia al llarg del temps. Per comparar i predir el



desenvolupament de les malalties és necessari quantificar o modelitzar aquests canvis en el temps (Bowen, 1997). Els models matemàtics utilitzats poden ser classificats de diferents maneres (Kranz, 1990). Una classificació diferencia entre models estadístics i biològics en funció del significat biològic dels seus paràmetres (Madden i Campbell, 1990). Una altra classificació, més amplia, diferencia entre models analítics i simuladors (Hau, 1990). Els models analítics analitzen les epidèmies sense tenir en compte els efectes de variables externes. Els simuladors mimetitzen les epidèmies considerant els factors externs com la dispersió d'espores, o l'efecte de l'ambient. Els models analítics, com l'equació logística proposada per Vanderplank, tenen l'avantatge d'utilitzar pocs paràmetres, que poden ser estimats amb precisió. Però presenten l'inconvenient d'utilitzar assumpcions irrealistes perquè consideren que els paràmetres són constants i això només és possible en ambients estables. Per altra banda els models de simulació són dissenyats per mimetitzar epidèmies influenciades per variables externes com la temperatura, la humectació o la susceptibilitat de l'hoste. No obstant hi ha models analítics que han integrat els efectes ambientals. Aquest fet aporta més informació biològica (Hau, 1990).

La representació de la malaltia respecte al temps es coneix com la corba de progressió de la malaltia que resumeix la interacció entre patògen, hoste i ambient (Madden i Campbell, 1990b). Les corbes de progressió de la malaltia es poden ajustar a models matemàtics i expressar la dinàmica de l'epidèmia en termes de taxa absoluta del canvi d'intensitat de la malaltia ( $dy$ ) respecte al canvi de temps ( $dt$ ) (Nutter i Parker, 1997). Per fer-ho, els epidemiòlegs han adaptat i modificat els models de dinàmica de poblacions desenvolupats pels ecòlegs (Lalancette i Hickey, 1986), però també d'altres camps de la ciència com la Fisiologia o la Bioquímica. Hi ha varis mètodes per calcular les taxes epidèmiques, els dos més importants són la regressió lineal o no lineal dels valors d'intensitat de la malaltia generalment transformats (Berger, 1988). A la Taula 3.2 s'indiquen els principals models utilitzats en les anàlisis de les epidèmies al llarg del temps. A la Figura 3.1 es representen les corbes d'alguns d'aquests models.

Els models indicats a la Taula 3.2 estan ordenats en ordre creixent de complexitat. Aquests models presenten una sèrie de característiques que es descriuran a continuació (Madden i Campbell, 1990; Moreno, 1994; Neher i col., 1997):

El model monomolecular assumeix que la taxa instantània de progressió de la malaltia ( $dy/dt$ ) és més gran al començament de l'epidèmia i aquesta taxa va

disminuint en el temps a mesura que disminueix la quantitat de teixit no infectat disponible (1-y). No presenta un punt d'inflexió però és asimptòtic. Correspon a malalties monocíclics amb un aport d'inòcul constant, però que no prové de les noves infeccions.

**Taula 3.2.** Models utilitzats en epidemiologia per l'anàlisi de corbes de progressió de la malaltia. S'indiquen les equacions diferencials, integrades i les formes linearitzades. (Madden i Campbell, 1990)

Model	$dy/dt =$	$y =$	Forma linearitzada
Exponencial	$r_e y$	$y_0 \exp(r_e t)$	$\ln(y) = \ln(y_0) + r_e t$
Monomolecular	$r_m(K-y)$	$K [1 - B_m \exp(-r_m t)]$	$\ln(K/(K-y)) = -\ln(B_m) + r_m t$
Logistic	$r_l y(1-y/K)$	$K/[1 + \exp(-(B_l + r_l t))]$	$\ln[y/(K-y)] = \ln(y_0/(K-y_0)) + r_l t$
Gompertz	$r_g y[\ln(K) - \ln(y)]$	$K \exp[-B_g \exp(-r_g t)]$	$-\ln[-\ln(y/K)] = -\ln(B_g) + r_g t$
Log-logístic	$r_{ll} y(1-y/K)/t$	$K/[1 + (B_{ll} t^{-r_{ll}})]$	$\ln[y/(K-y)] = \ln(B_{ll}) + r_{ll} \ln(t)$
Richards (m<1)	$r_r y[K^{(m-1)} - y^{(m-1)}]/[(m-1)K^{(m-1)}]$	$K[1 - B_r \exp(-r_r t)]^{1/(1-m)}$	$\ln[1/((y/K)^{(1-m)})] = -\ln(B_r) + r_r t$
Richards (m>1)		$K[1 + B_r \exp(-r_r t)]^{1/(1-m)}$	$\ln[1/((y/K)^{(1-m)} - 1)] = -\ln(B_r) + r_r t$
Weibull (K=1)	$(c/b)[(t-a)/b]^{(c-1)} \exp[-(t-a)/b]^c$	$1 - \exp[-(t-a)/b]^c$	$\ln[\ln(1/(1-y))] = -c \ln(b) + c \ln(t-a)$
Weibull (K<1)		$K[1 - \exp(-(t-a)/b)^c]$	$\ln[\ln(K/(K-y))] = -c \ln(b) + c \ln(t-a)$

K: Representa el màxim nivell de la malaltia. És l'asíptota de la corba.

$r_i$ : Taxes relatives epidèmiques o taxes aparents d'infecció específiques per cada model.

y: Nivell de la malaltia (en tant per un).

$y_0$ : Nivell inicial de la malaltia. Assumint que la malaltia comença per  $t=0$ .

$y_1$ : Nivell de la malaltia en el temps = 1.

a: Temps des de l'inici del cultiu fins l'aparició dels primers símptomes de la malaltia.

b: És un paràmetre inversament relacionat amb la taxa relativa epidèmica.

c: És el paràmetre de forma de la corba de progrés de la malaltia i defineix el punt d'inflexió.

m: És el paràmetre que defineix la forma de corba.

$B_i$ : Constant d'integració. És específica per cada model:  $B_m = (K - y_0)/K$ ;  $B_l = (y_0/K - y_0)$ ;  $B_g = -\ln(y_0/K)$ ;

$B_{ll} = (y_1/K - y_1)$ ;  $B_r = 1 - ((y_0/K)^{(1-m)})$  per  $m < 1$ ;  $B_r = ((y_0/K)^{(1-m)} - 1)$  per  $m > 1$ .

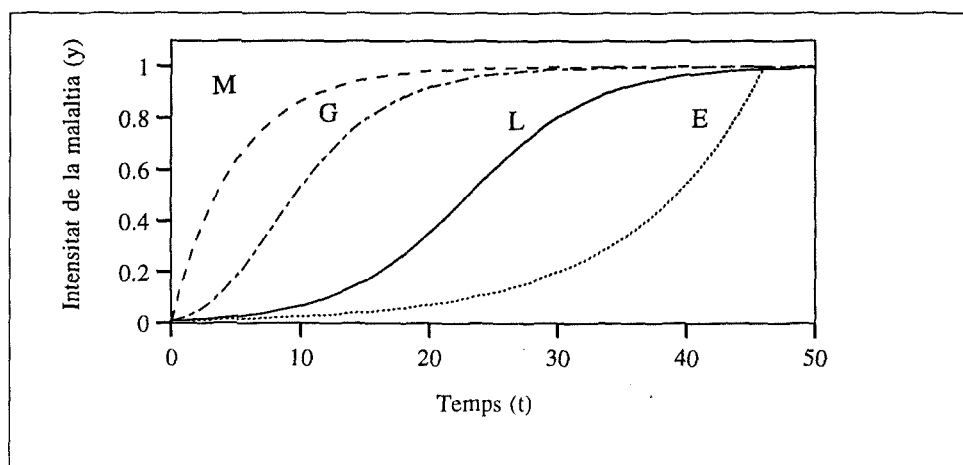
En el model exponencial, la taxa instantània de progressió de la malaltia ( $dy/dt$ ) creix a mesura que augmenta l'epidèmia. No hi ha un límit superior degut a la capacitat de càrrega (K).

El model logístic assumeix que la taxa instantània de progressió de la malaltia ( $dy/dt$ ) augmenta a mesura que el nivell de la malaltia s'apropa al 50 % del nivell màxim ( $y/K=0.5$ ). A partir d'aquest punt d'inflexió, la taxa comença a disminuir com a conseqüència de l'augment del teixit infectat. La corba és simètrica respecte a aquest punt d'inflexió. En aquest model, a diferència del monomolecular, es té en compte l'inòcul secundari produït a partir de les noves infeccions. És molt utilitzat en la descripció de malalties policíclics.

El model de Gompertz és molt semblant al logístic, però el punt d'inflexió es troba en el punt  $y=K/e$  ( $e$  representa la base dels logaritmes naturals). Si  $K=1$  el punt d'inflexió es troba a  $y=0.37$ . La taxa absoluta epidèmica augmenta més ràpidament que en el model logístic però un cop arribat al punt d'inflexió comença a disminuir molt lentament.

El model log-logístic és menys utilitzat. La taxa instantània de progressió de la malaltia ( $dy/dt$ ) decreix a mesura que progressa la malaltia. El punt d'inflexió depèn de la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i es troba en el punt  $y=(r-1)(K/2)r$ . Aquest model presenta una indeterminació per un temps inicial  $t=0$ .

Els models monomolecular, exponencial, logístic i Gompertz presenten una forma de la corba definida, i amb l'excepció de Gompertz tenen un significat biològic clar. En els models de Richards i de Weibull no es pot argumentar una explicació biològica a la progressió de la malaltia però per la seva flexibilitat és solen ajustar millor a les dades experimentals. No obstant degut a la gran quantitat de paràmetres que utilitzen, aquest ajust sol ser difícil de trobar (Bowen, 1997).



**Figura 3.1.** Corbes de progressió de la malaltia segons els models monomolecular (M), Gompertz (G), exponencial (E) i logístic (L). S'han considerat els paràmetres  $y_0:0.01$  i  $r:0.2$ .

Els models indicats a la Taula 3.2, a excepció dels model de Richards i del model de Weibull, són senzills, però es perden consideracions sobre l'efecte de paràmetres biològics (Berger i Jones, 1985). Per aquest motiu s'han realitzat modificacions, sobretot del model logístic, incorporant altres paràmetres ambientals com l'efecte de la temperatura o la humitat relativa (Jeger, 1982; Kushalappa i Ludwig,

1982; Jeger i van den Bosch, 1994; Wagonner, 1986; Hau, 1990; Moreno, 1994) o fins i tot considerar el creixement de l'hoste (Lalancette i Hickey, 1986; Wagonner, 1986).

Les descripcions matemàtiques de les epidèmies són eines utilitzades pels epidemiòlegs per quantificar i comparar els efectes de diferents pràctiques en el control de les malalties, per estimar futurs danys o per ajudar a prendre decisions en el maneig del cultius (Nutter i Parker, 1997). En la comparació d'epidèmies s'utilitzen normalment una sèrie de paràmetres (Berger, 1981; Berger, 1988, Nutter i Parker, 1997) com  $y_0$  (nivell de la malaltia al iniciar-se l'epidèmia, correspon al temps=0),  $y_{max}$  (nivell màxim de malaltia),  $t_{50}$  (temps necessari per assolir el 50 % del nivell màxim de malaltia) i  $r$  (taxa aparent d'infecció o taxa relativa).

La progressió de les malalties s'ha estudiat no només respecte al temps sinó també respecte a l'espai (Yang i Zeng, 1992; Chellemi i col., 1988; Reynolds i col., 1988).

Un altre sistema de comparar epidèmies es mitjançant l'anàlisi de l'àrea sota la corba de progressió de la malaltia (*Area Under Disease Progress Curve: AUDPC*). Amb l'obtenció d'aquesta àrea es pot resumir l'efecte global de la malaltia en un cultiu (Berger, 1988). L'obtenció d'aquesta àrea es realitza generalment per integració mitjançant el mètode trapezoïdal (Berger, 1981) també anomenat del punt mig (Reynolds i Neher, 1997):

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

$n$ : nombre d'observacions de la malaltia.

$y$ : intensitat de la malaltia

$t$ : temps

L'AUDPC pot ser normalitzada o estandarditzada dividint l'àrea obtinguda per la durada de l'epidèmia, d'aquesta manera es poden comparar epidèmies amb diferent durada.

### **3. Objectius**

L'objectiu del capítol ha estat:

- Avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera utilitzant el model STREP pel guiatge de l'aplicació de fungicides en diferents parcel·les experimentals en finques comercials.

# Material i Mètodes

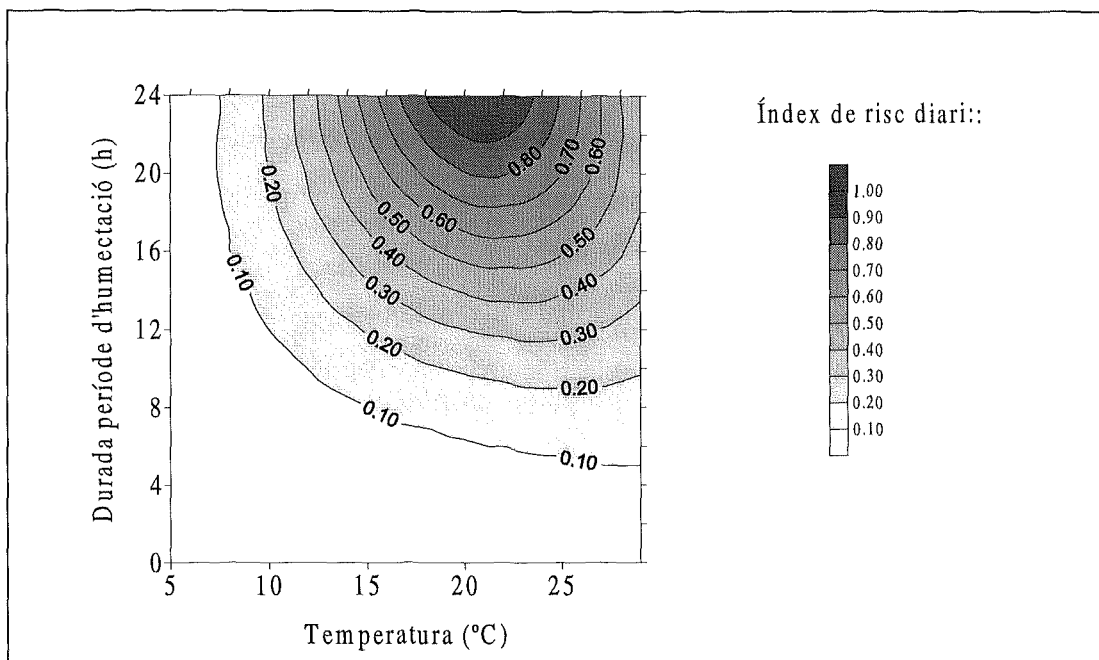
Durant els anys 1995 i 1996 es varen realitzar varis assajos de camp per avaluar l'eficàcia del model STREP com a sistema racional per a guiar el moment d'aplicació dels tractaments antifúngics en el control de l'estemfiliosi, en comparació amb l'estratègia de cadència fixa convencional. Els assajos es varen realitzar utilitzant diferents llindars de risc per iniciar els tractaments i en dues finques comercials de Girona (Can Vidal i Can Garrofa).

## 1. Determinació dels nivells de risc d'infecció amb el model STREP

A partir de les estacions meteorològiques instal·lades en les finques on es van realitzar els assajos es varen obtenir els paràmetres ambientals de temperatura, humitat relativa, humectació i precipitacions.

Aquestes dades ambientals van ser transferides a l'ordinador i es va determinar la durada del període d'humectació diari i de la temperatura durant aquest període en un interval de 24 h que anava des de les 8:00 h (hora solar) a les 8:00 h del dia següent. Es va utilitzar aquest interval de temps (de 8:00 a 8:00) ja que així el període d'humectació, que és un procés que normalment es produeix durant la nit, no quedava truncat. Un cop determinats aquests paràmetres es varen substituir els valors en l'equació del model STREP (Equació 2.1 pàgina 129).

Interpolant la durada del període amb humectació i la temperatura mitjana durant aquest període en l'Equació 2.1 s'obtenia diàriament una predicció de la severitat de la malaltia. Aquesta severitat diària predita es va dividir pel valor màxim de severitat possible (3.8), és a dir, la severitat obtinguda per les condicions òptimes per infecció, 21.1 °C i durada d'humectació de 24 hores, durant els experiments d'elaboració del model. D'aquesta manera es va obtenir un índex de risc diari de severitat de la malaltia (S) amb valors que oscil·laven entre 0 i 1. A la Figura 3.2 es poden observar aquests índexs de risc.



**Figura 3.2.** Índexs de risc diari d'estemfiliosi obtinguts a partir de la relació entre la severitat predita per cada durada d'humectació i temperatura respecte a la severitat màxima predita. Les severitats predites es varen obtenir a partir de la interpolació de les durades dels períodes amb humectació i temperatures mitjanes en l'equació del model STREP (Equació 2.1, pàgina 129).

A partir de l'índex de risc diari (S) es va calcular un valor de risc acumulat (SA), corresponent al sumatori del valor diari S de tres dies consecutius (Equació 3.1):

$$SA = \sum_{i=d-2}^{i=d} S_i$$

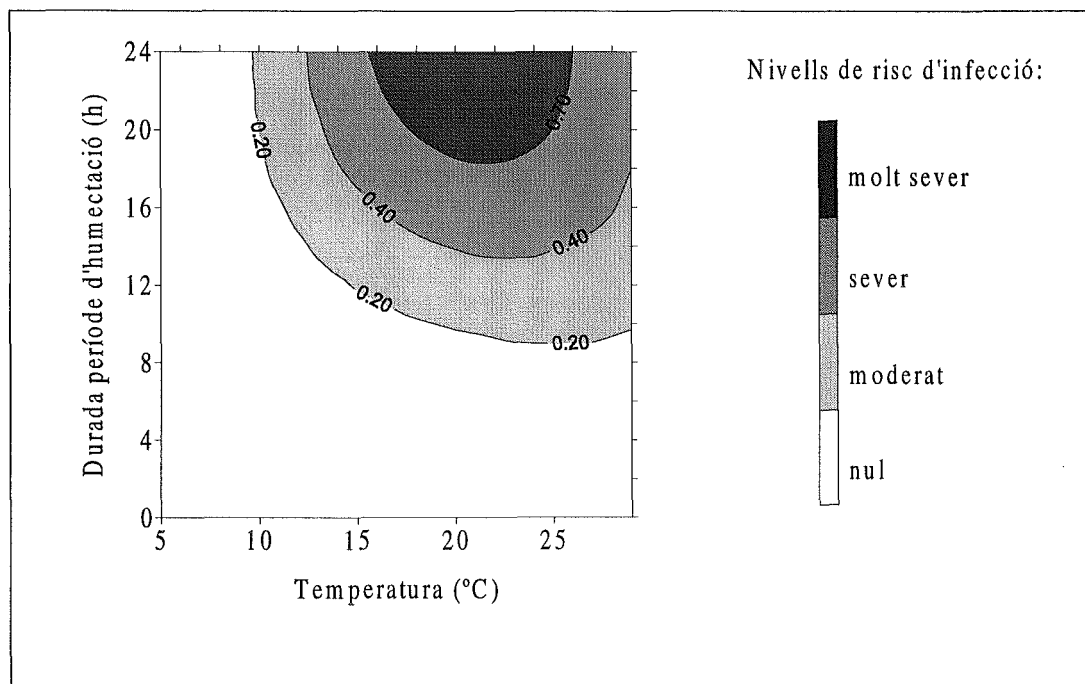
S: Índex de risc diari (S)  
d: Dia en que es determina el risc acumulat (SA)

**Equació 3.1.** Càlcul de l'índex de risc acumulat (SA) a partir del sumatori de tres dies de l'índex de risc diari.

L'obtenció dels paràmetres ambientals durant el període de 24 hores així com els càlculs de l'índex de risc diari (S) i de l'índex de risc acumulat (SA) a partir del model STREP es van realitzar de manera automatitzada mitjançant un programari informàtic d'elaboració pròpia escrit en llenguatge DBase III plus v.1.0 d'Ashton-Tate (Annex III).

## 2. L·lindars de tractament

A partir dels índexs de risc diari ( $S$ ) obtinguts pel model STREP es van establir arbitràriament diferents l·lindars de risc d'infecció. Els l·lindars de risc considerats inicialment van ser: nul ( $S < 0.2$ ), moderat ( $0.2 \leq S < 0.4$ ), sever ( $0.4 \leq S < 0.6$ ) i molt sever ( $S \geq 0.6$ ) (Figura 3.3).

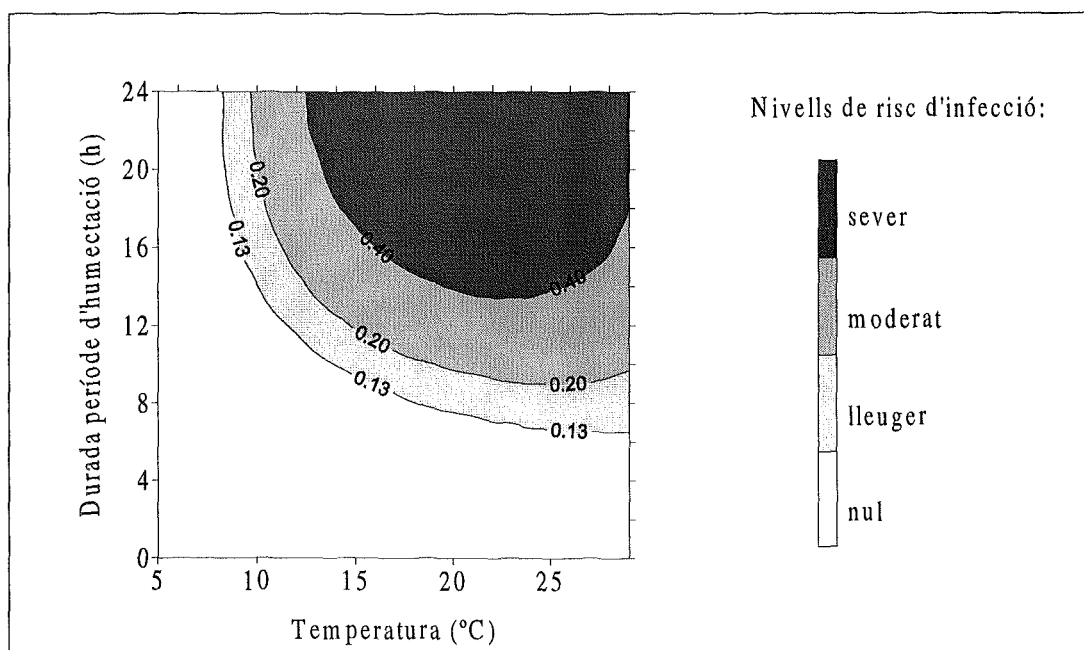


**Figura 3.3.** Nivells i l·lindars de risc d'infecció segons el model STREP utilitzats en els assajos de l'any 1995. Les isòlnies corresponen als tres l·lindars que separen els 4 nivells de risc. Aquests nivells corresponen als valors d'índex de risc diari ( $S$ ): nul ( $S < 0.2$ ), moderat ( $0.2 \leq S < 0.4$ ), sever ( $0.4 \leq S < 0.6$ ) i molt sever ( $S \geq 0.6$ ).

Per establir els l·lindars en que es realitzaven els tractaments es varen multiplicar per 3 cadascun dels l·lindars de risc d'infecció diaris ( $S:0.2$ ,  $S:0.4$  i  $S:0.7$ ), ja que l'índex de risc acumulat ( $SA$ ) es determina sumant durant 3 dies l'índex diari ( $S$ ) (Equació 3.1). Per tant  $(0.2 \times 3) = 0.6$ ,  $(0.4 \times 3) = 1.2$  i  $(0.7 \times 3) = 2.1$ . En conseqüència, els l·lindars de tractament que es varen utilitzar varen ser  $SA \geq 0.6$ ,  $SA \geq 1.2$  i  $SA \geq 2.1$ . Aquests l·lindars de tractament es varen utilitzar en els assajos realitzats durant l'any 1995. Un cop es superaven aquests l·lindars i depenent de l'assaig es realitzaven les aplicacions amb fungicides.



A partir dels resultats obtinguts l'any 1995 els llinars van ser modificats. Es va incorporar un nivell de risc d'infecció menys restrictiu (lleuger amb  $0.13 \leq S < 0.2$ ) i es va eliminar el nivell molt sever ( $S \geq 0.7$ ). A la Figura 3.4 es poden veure els nous nivells de risc d'infecció diaris utilitzats durant l'any 1996.



**Figura 3.4.** Nivells i llinars de risc d'infecció segons el model STREP utilitzats en els assajos durant l'any 1996. Les isolínies corresponen als tres línia que separen els 4 nivells de risc. Aquests nivells corresponen als valors d'índex de risc diari (S): nul ( $S < 0.13$ ), lleuger ( $0.13 \leq S < 0.2$ ), moderat ( $0.2 \leq S < 0.4$ ) i sever ( $S \geq 0.4$ ).

### 3. Aplicació guiada dels tractaments antifúngics

Per ubicar en el temps l'aplicació dels tractaments es va utilitzar el Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP) i els línia de risc d'infecció. Aquests tractaments es van realitzar amb el fungicida tiram en alguns casos i amb el fungicida captan en altres. Les característiques d'aquests productes així com les dosis d'aplicació s'indiquen a la Taula 3.3. Aquests productes van ser aplicats quan l'índex de risc acumulat (SA) superava els línia establerts.

També es varen realitzar aplicacions setmanals d'aquests productes que varen servir com a testimonis tractats amb fungicides de manera preventiva a cadència fixa setmanal, com en els tractaments estàndard recomanats pels Serveis de Protecció dels Vegetals.

L'aplicació es va realitzar mitjançant dues màquines polvoritzadores de motxilla marca Hardy i Stihl. Es va considerar, seguint el criteri general, que la persistència dels productes era de 7 dies. Per tant, un tractament realitzat seguint un llindar determinat no es tornava a repetir, com a mínim, fins després de 7 dies encara que l'índex de risc acumulat (SA) tornés a superar el valor llindar durant aquest període de temps. També es va considerar que si hi havia precipitacions puntuals de més de 10 mm o més de 20 mm acumulats durant 7 dies el producte s'havia rentat i es repetia l'aplicació.

**Taula 3.3.** Característiques dels productes antifúngics utilitzats per avaluar l'eficàcia en el control de l'estemfiliosi de la perera del model STREP. Les característiques específiques i el mecanisme d'acció de cada producte es descriuen a la Taula 1.2 de la pàgina 34

Producte <sup>a</sup>	Nom comercial	Fabricant	% m.a <sup>b</sup>	Dosi d'aplicació <sup>c</sup> (g/100L)	Formulació
Tiram	Pomarsol Forte	Bayer	80	250	PM <sup>d</sup>
Captan	Belpron C-50	Probelte	50	250	PM

<sup>a</sup>: Matèria activa.

<sup>b</sup>: Riquesa (proporció de matèria activa).

<sup>c</sup>: Pes producte comercial.

<sup>d</sup>: Pols mullable.

#### 4. Localització dels assajos

Els assajos es varen realitzar en parcel·les experimentals de les finques comercials de Can Vidal i Can Garrofa en la varietat Passe Crassane.

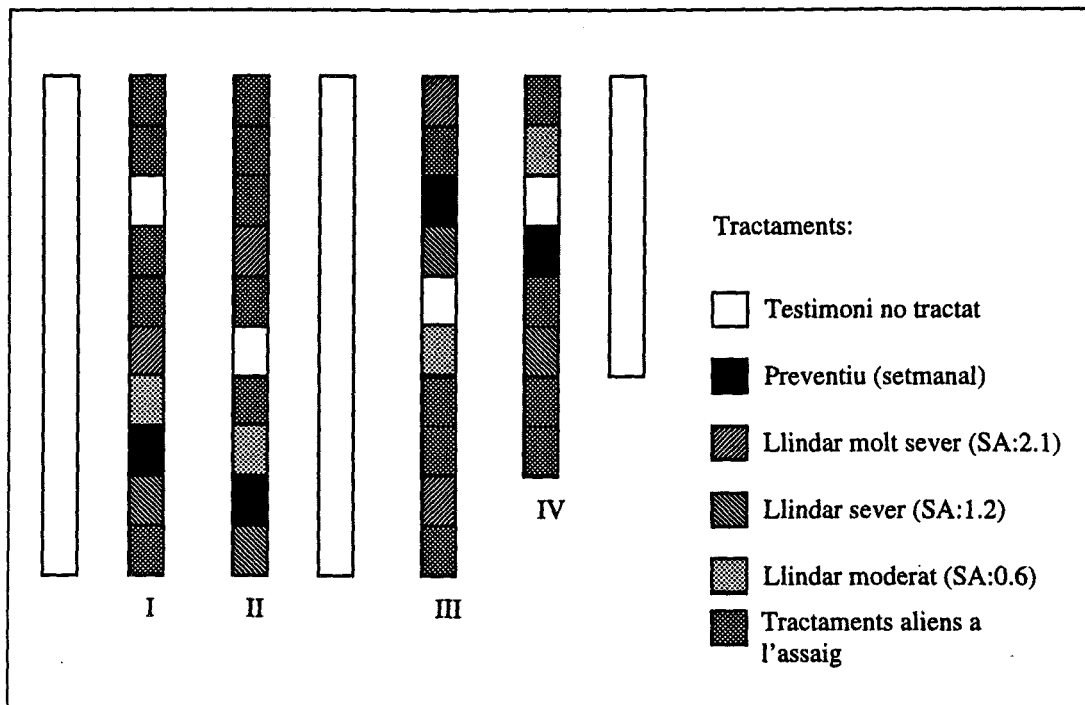
##### 4.1 Assajos realitzats en la finca Can Vidal

Els assajos en aquesta finca es varen realitzar els anys 1995 i 1996. Es va utilitzar aquesta finca perquè durant els anys 1994 i 1995 el nivells de danys deguts a l'estemfiliosi varen ser molt elevats (entre un 35 i un 90% de fruits afectats) la qual cosa feia suposar un nivell d'inòcul del fong molt elevat. L'any 1995 els assajos es varen iniciar el 15/5/95 i finalitzar el 24/10/95. L'any 1996 es varen iniciar el 16/05/96 i finalitzar el 17/10/96. Les característiques de la finca comercial es descriuen en el punt 1.2.1 de la pàgina 41.

Aquests assajos es varen realitzar conjuntament amb els plantejats per avaluar l'eficàcia de productes antifúngics aplicats de manera sistemàtica seguint la pauta de tractaments estàndard (capítol 1).

#### 4.1.1. Disseny experimental i tractaments

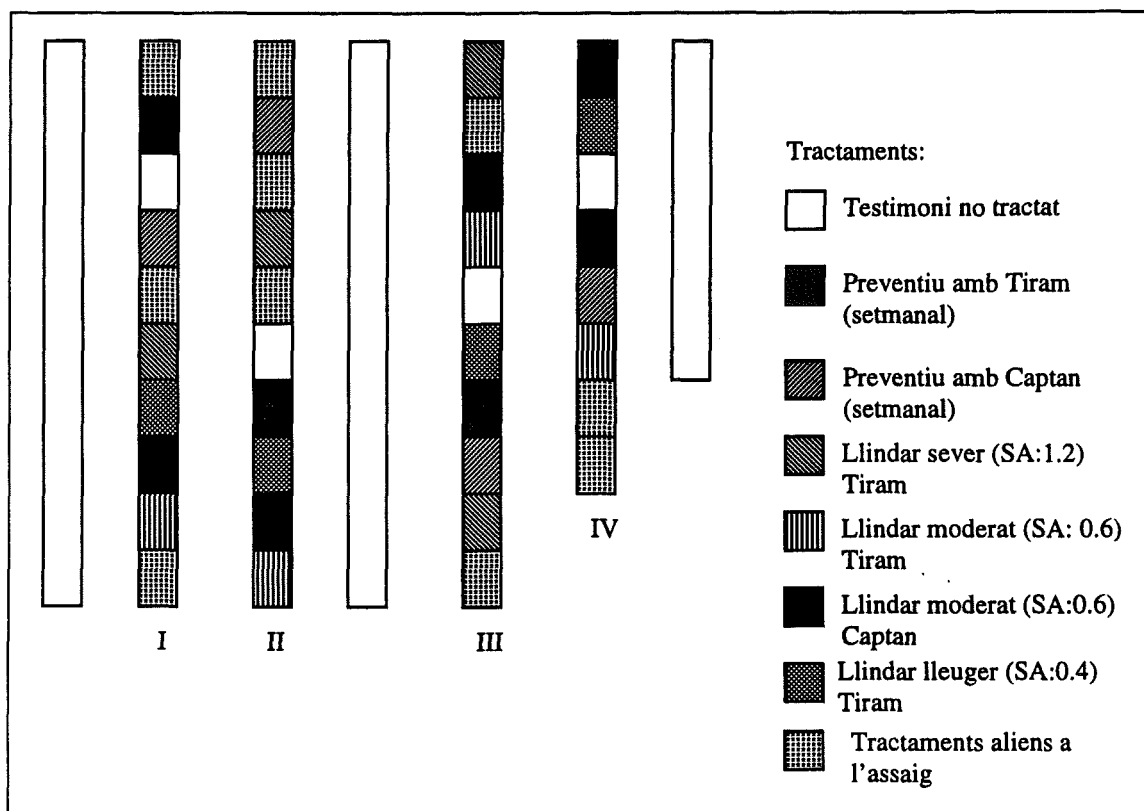
Es va utilitzar un disseny experimental de blocs aleatoritzats, que es descriu a les Figures 3.5 i 3.6



**Figura 3.5.** Distribució en la parcel·la d'assaig dels tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. Es va utilitzar un disseny experimental de blocs a l'atzar. Cada bloc corresponia a una filera d'arbres i s'indiquen amb xifres romanes. Els tractaments en cada bloc es varen realitzar sobre tres arbres. Entremig es varen deixar fileres d'arbres sense tractar com a font d'inòcul natural. El fungicida emprat va ser el tiram.

L'any 1995 es varen assajar 6 tractaments en un disseny de blocs aleatoritzats. Cada tractament constava de 4 blocs amb 3 arbres cadascun. Els tractaments varen ser: a) testimoni no tractat, b) tractament setmanal amb tiram i c) tractaments guiats pel model STREP considerant els llindars moderat (SA:0.6), sever (SA:1.2) i molt sever (SA:2.1) aplicant tiram. La disposició dels blocs es mostra a la Figura 3.5.

L'any 1996 es varen assajar 7 tractaments en un disseny de blocs aleatoritzats. Cada tractament constava de 4 blocs amb 3 arbres cadascun. Els tractaments assajats varen ser: a) testimoni no tractat, b) tractament setmanals amb tiram o captan, i c) tractaments guiats pel model STREP considerant els llindars lleuger (SA:0.4), moderat (SA:0.6) i sever (SA:1.2) utilitzant tiram i un llindar moderat (SA:0.6) utilitzant captan. La disposició dels blocs s'indica a la Figura 3.6. Els llindars de tractament utilitzats en els assajos en aquesta finca comercial durant els dos anys en que es varen realitzar s'indiquen a la Taula 3.4.



**Figura 3.6.** Distribució en la parcel·la d'assaig dels tractaments realitzats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. Es va utilitzar un disseny experimental de blocs a l'atzar. Cada bloc corresponia a una filera d'arbres i s'indica amb xifres romanes. Els tractaments en cada bloc es varen realitzar sobre tres arbres. Entremig es varen deixar fileres d'arbres sense tractar com a font d'inòcul natural. Està indicat el fungicida que es va utilitzar per cada llindar assajat.

Les fileres de l'assaig estaven enmig de fileres que no rebien cap tractament amb fungicida, a fi que actuessin com a font permanent d'inòcul del fong.

**Taula 3.4.** Nivells de risc d'infecció segons el model STREP i llindars a partir dels quals es varen realitzar els tractaments amb els fungicides tiram o captan. Assajos realitzats en la finca comercial Can Vidal

Nivell de risc d'infecció	Llindar SA <sup>a</sup>	1995 <sup>b</sup>	1996 <sup>b</sup>
lleuger	0.4	-- <sup>c</sup>	tiram
moderat	0.6	tiram	tiram /captan
sever	1.2	tiram	tiram
molt sever	2.1	tiram	-- <sup>c</sup>

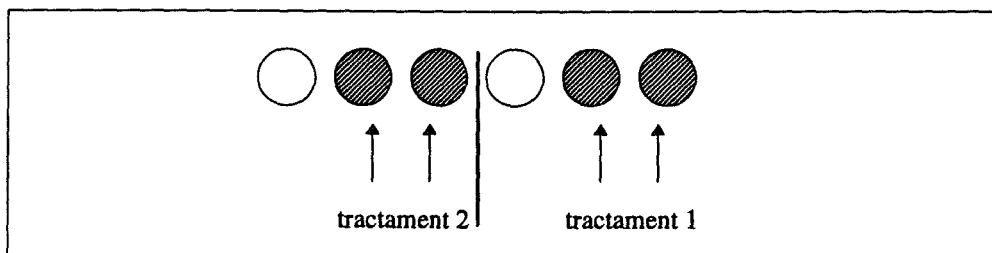
<sup>a</sup>:Índex de risc acumulat (SA).

<sup>b</sup>:Any de realització de l'assaig i fungicida/es assajat/s.

<sup>c</sup>:Llindar de tractament no assajat.

#### 4.1.2 Avaluació dels nivells de la malaltia

Durant tot el període que va durar l'assaig (maig-novembre) en els dos anys d'estudi es va fer un seguiment de la malaltia tant en fulles com en fruits. Dels tres arbres que hi havia per cada repetició i tractament es varen marcar dos, actuant el tercer com barrera amb l'altre tractament (Figura 3.7). Cada quinze dies es realitzava una avaluació dels nivells de la malaltia.



**Figura 3.7.** Distribució dels arbres on es va realitzar l'avaluació dels nivells de la malaltia. Dels tres arbres de cada bloc i tractament es valorava la malaltia en dos (amb trama). El tercer arbre (sense blanca) es deixava com a vorera, per eliminar l'efecte de la deriva del producte

##### 4.1.2.1 Avaluació de la malaltia en fulles

De cada arbre es varen marcar 4 branques (2 a cada banda) amb brots de 20-30 fulles i es varen avaluar les 10 primeres fulles començant des de la part superior del brot.

Es va determinar tant la incidència (percentatge de fulles amb lesions) com la severitat (lesions/fulla). La severitat es va mesurar mitjançant un índex relatiu de severitat. A cada fulla se li assignava un valor que anava de 0 a 3 en funció del nombre de lesions que s'observaven seguint el criteri descrit a la Taula 3.5.

**Taula 3.5.** Transformació de la severitat absoluta de la malaltia (lesions/fulla) en índex de severitat relativa en les avaluacions realitzades per fer el seguiment de la malaltia a camp

Nombre de lesions per fulla	Índex de severitat relativa (I)
0	0
1-5	1
6-25	2
>25	3

A partir dels índexs de severitat de les 10 fulles de cada branca es va obtenir un valor de la severitat de la malaltia (S) que anava de 0 a 1 d'acord amb l'Equació 3.2.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} I_i}{N \times 3}$$

d'on:

I: Índex de severitat relativa de cada fulla

S: Severitat relativa.

N: Nombre de fulles avaluades.

**Equació 3.2.** Obtenció de la severitat relativa (S) per cada brot avaluat a partir de mesurar l'índex de severitat relativa en 10 fulles de cada brot.

D'aquesta manera la severitat quedava expressada com a proporció del màxim possible. A partir de l'índex s'obtenia també la incidència de la malaltia (percentatge de fulles amb lesions). Les avaluacions de la malaltia en l'any 1995 es varen realitzar en les dates següents 15/06/95, 29/06/95, 20/07/95, 04/08/95, 18/08/95, 01/09/95, 22/09/95, 06/10/95 i 24/10/95, i durant l'assaig realitzat l'any 1996: 05/06/96, 03/07/96, 19/07/96, 02/08/96, 14/08/96, 06/09/96 i 21/10/96.

#### 4.1.2.2 Avaluació de la malaltia en fruits

Els fruits es varen avaluar aproximadament cada quinze dies. En els assajos de l'any 1995 es varen analitzar 20 fruits (10 de cada banda de l'arbre) per cada un dels arbres marcats i per cada bloc de repetició de cada tractament. En els assajos de l'any

1996 es varen analitzar 30 fruits (15 de cada banda de l'arbre) per cada un dels arbres marcats i per cada bloc de repetició de cada tractament. De cada arbre es va avaluar tant la incidència (percentatge de fruits amb alguna lesió) com la severitat (lesions/fruit). Es va obtenir posteriorment la mitjana d'aquests paràmetres per cada bloc. Les avaluacions de la malaltia en fruits durant l'any 1995 es varen realitzar en les següents dates: 15/06/95, 29/06/95, 20/07/95, 04/08/95, 18/08/95, 01/09/95, 22/09/95, 06/10/95. Durant l'assaig realitzat l'any 1996 les dates d'avaluació de la malaltia varen ser: 05/06/96, 03/07/96, 19/07/96, 02/08/96, 14/08/96 i 06/09/96.

La collita dels fruits es va efectuar el 24/10/95 en els assajos de l'any 1995 i el 17/10/96 en els assajos de l'any 1996. Es varen analitzar la totalitat dels fruits dels arbres marcats. Es va avaluar tant la incidència (percentatge de fruits amb lesions) com la severitat (lesions/fruit) de la malaltia, el pes total de fruita per cada arbre i el pes de la fruita afectada per la malaltia també per cada arbre.

#### *4.2 Assajos realitzats en la finca Can Garrofa*

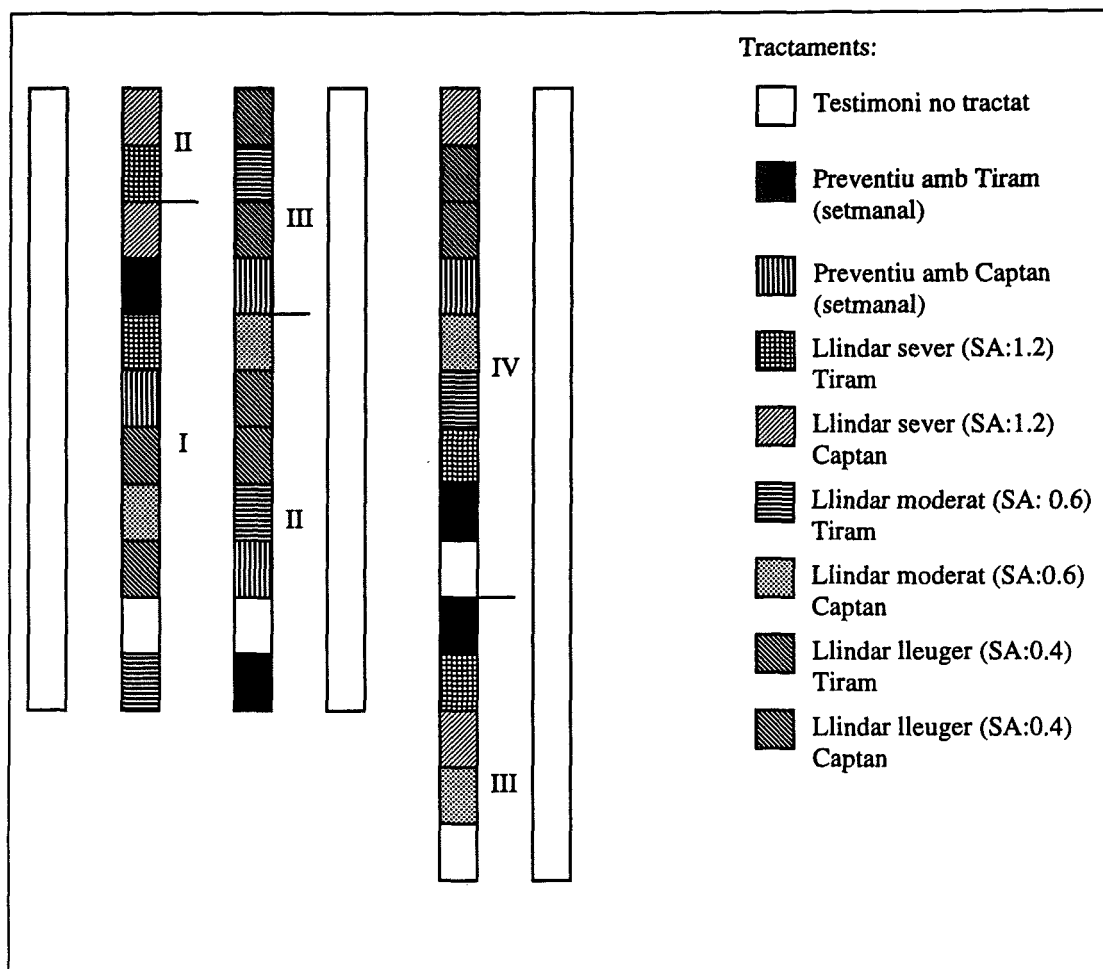
Els assajos en aquesta finca es varen realitzar l'any 1996, es varen iniciar el 28/5/96 i varen finalitzar el 10/10/96. Les característiques d'aquesta finca comercial estan descrites a l'apartat 1.3.1 de la pàgina 49.

##### *4.2.1 Disseny experimental i tractaments*

Es varen assajar 9 tractaments en un disseny de blocs aleatoritzats. Cada tractament constava de 4 blocs amb 5 arbres cadascun. Els tractaments varen ser : a) testimoni no tractat, b) tractaments setmanals amb tiram o captan, i c) tractaments guiats pel model STREP considerant els llandars lleuger (SA:0.4), moderat (SA:0.6) i sever (SA:1.2) i tractats amb tiram o amb captan.

Els blocs es varen situar entre fileres d'arbres que no es varen tractar amb cap fungicida i que servien de font d'inòcul natural del fong. L'esquema de la localització dels tractaments en els blocs s'indica a la Figura 3.8.

Els llandars de tractament assajats així com els fungicides utilitzats s'indiquen a la Taula 3.6.



**Figura 3.8.** Distribució en la parcel·la d'assaig dels diferents tractaments realitzats en la finca comercial de Can Garrofa seguint un disseny experimental de blocs a l'atzar. Els blocs van estar distribuïts en tres fileres d'arbres. Els tractaments en cada bloc es varen realitzar sobre cinc arbres, s'indiquen amb xifres romanes. Entremig es varen deixar fileres d'arbres sense tractar com a font d'inòcul natural. Està indicat el fungicida que es va utilitzar per cada llindar.

**Taula 3.6.** Nivells de risc d'infecció del model STREP i llindars a partir dels quals es varen realitzar els tractaments amb els fungicides tiram o captan. Assajos realitzats en la finca comercial Can Garrofa

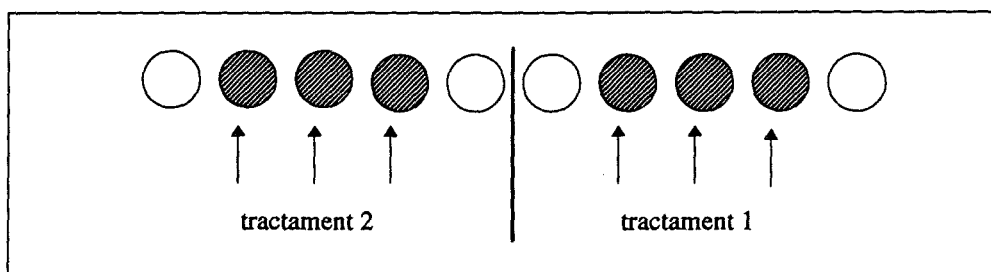
Nivell de risc d'infecció	Llindar SA <sup>a</sup>	Fungicides
moderat	0.6	tiram/captan
sever	1.2	tiram /captan
molt sever	2.1	tiram /captan

<sup>a</sup>:Índex de risc acumulat (SA).



#### 4.2.2 Avaluació dels nivells de la malaltia

Durant tot el període de l'assaig (maig-novembre) es va fer un seguiment de la malaltia tant en fruits com en fulles realitzant avaluacions cada 15-20 dies. Dels 5 arbres que hi havia per cada bloc i tractament només es va realitzar la valoració en els 3 centrals (Figura 3.9), els altres dos actuaven de vorera per eliminar l'efecte de la deriva del producte i no es varen considerar per valorar la malaltia. En aquest assaig es varen deixar dos arbres de vorera entre tractaments degut al tamany i a la distància entre els arbres.



**Figura 3.9.** Distribució dels arbres on es va realitzar l'avaluació del nivell de la malaltia. Dels cinc arbres de cada bloc i tractament es valorava la malaltia en tres (amb trama). El primer i cinquè arbre (sense trama) es deixaven com a vorera, per eliminar l'efecte de la deriva del producte

##### 4.2.2.1 Avaluació de la malaltia en fulles

En cada arbre es varen marcar 4 branques, dues per cada banda, amb 20-30 fulles cadascuna. L'avaluació va realitzar sobre les 10 primeres fulles i es va analitzar la severitat (lesions/fulla) utilitzant els índexs relatius de severitat (veure punt 4.1.2.1.) així com la incidència (percentatge de fulles amb lesions). Les dates d'avaluació de la malaltia varen ser: 05/06/96, 28/06/96, 17/07/96, 26/07/96, 09/08/96, 28/08/96 i 11/10/96.

##### 4.2.2.2 Avaluació de la malaltia en fruits

Durant tot el període de l'assaig es varen avaluar 20 fruits per cada arbre, 10 per cada costat d'arbre. Per cada arbre es va avaluar tant la incidència (percentatge de fruits amb lesions) com la severitat (lesions/fruit). Posteriorment es va obtenir la mitjana per cada bloc. Es va avaluar la malaltia en els fruits en les següents dates: 05/06/96, 28/06/96, 17/07/96, 26/07/96, 09/08/96, 28/08/96 i 13/09/96.

El 10/10/96 es va realitzar la recol·lecció dels fruits del camp d'assaig. Es varen recollir tots els fruits que hi havia en els arbres marcats per cada tractament i bloc i es va

avaluar tant la incidència (% fruits amb lesions) com la severitat (lesions/fruit) de la malaltia. Es va fer una estimació del pes a partir d'una mostra de 300 fruits triats a l'atzar.

## 5. Tractament estadístic de les dades

Les anàlisis estadístiques es varen realitzar amb el paquet informàtic SAS (SAS Institute Inc., v 6.11).

Les variables estudiades per cada estratègia assajada van ser la incidència (percentatge de fruits amb lesions) i severitat (lesions/fruit) de la malaltia, la producció total de fruits (pes dels fruits amb lesions o sense) i les pèrdues d'aquesta producció (percentatge de la producció perduda) en el moment de recol·lecció dels fruits. També es va avaluar la malaltia en les fulles, coincidint amb la data de recol·lecció dels fruits. La distribució dels residus es va analitzar mitjançant la prova de Shapiro-Wilk i l'homogeneïtat de les variàncies mitjançant la prova de Bartlett. Posteriorment es varen realitzar anàlisis de la variància mitjançant el procediment GLM (General Linear Models) i utilitzant contrastos entre tractaments. En els casos que en les anàlisis de la variància s'obtenien diferències significatives entre factors es va realitzar una anàlisi de mitjanes amb la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Weslch.

També es va analitzar l'efecte de les diferents estratègies assajades en l'evolució de la malaltia. Per això es varen calcular les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC: *Area Under Disease Progress Curve*) tant per la incidència com per la severitat en fruits i fulles al llarg del temps. L'obtenció de l'AUDPC es va fer pel mètode trapezoïdal (Berger, 1988). L'anàlisi per determinar l'homogeneïtat de les variàncies es va fer mitjançant la prova de Bartlett i per determinar la distribució dels residus amb la prova de Shapiro-Wilk. Es varen realitzar anàlisis de la variància mitjançant el procediment GLM, en aquells casos que les diferències van ser degudes a l'efecte dels factors es va realitzar l'anàlisi de separació de mitjanes mitjançant la prova de Waller-Duncan. Es va utilitzar aquesta prova ja que es controla millor l'error tipus II en aquests casos (Madden i col., 1982; Marin, 1996).

Finalment es varen ajustar les dades d'evolució de la incidència de la malaltia en els fruits al llarg del temps als models monomolecular, logístic i Gompertz per cada estratègia assajada i per cada bloc. Tots els models es van utilitzar en la seva forma linearitzada. Es va considerar com a temps inicial de l'epidèmia el moment en que en els

testimonis no tractats es va observar una incidència de la malaltia en fruits, superior al 5%. A partir del model que millor es va ajustar es van estimar els paràmetres de taxa aparent d'infecció ( $r$ ), nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ) i temps necessari per assolir la meitat de la malaltia màxima observada en el testimoni ( $t_{50}$ ). Posteriorment es varen realitzar les anàlisis corresponents per comprovar els requisits per realitzar l'anàlisi de la variància, mitjançant les proves de Bartlett (homogeneïtat) i Shapiro-Wilk (normalitat dels residus). Es va realitzar també la prova de Durbin-Watson per determinar l'autocorrelació entre les dades. Les anàlisis de la variància es varen realitzar amb el procediment GLM i en aquells casos que les diferències van ser degudes al model es va realitzar l'anàlisi de separació de mitjanes mitjançant la prova de Waller-Duncan.

## Resultats

Durant els anys 1995 i 1996 es varen realitzar assajos en les finques comercials de Can Vidal i Can Garrofa utilitzant el Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP) per ubicar en el temps els tractaments amb fungicides. Diàriament, a partir de la durada del període d'humectació i de la temperatura mitjana durant aquest període, s'efectuaven les prediccions dels índexs de risc diari de malaltia (S) amb el model STREP. Es va calcular un índex de risc acumulat (SA) consistent en el sumatori durant tres dies consecutius d'aquests índexs de risc diari. Es varen establir diferents llindars de risc d'infecció a partir dels índexs de risc diari (S) i dels acumulats (SA) durant tres dies consecutius. Quan l'índex de severitat acumulada (SA) superava algun dels llindars establerts, es realitzaven els tractaments amb els fungicides tiram o captan. Durant l'any 1995 es varen assajar els llindars de tractament SA 0.6, 1.2 i 2.1. Durant l'any 1996 es varen assajar els llindars SA 0.4, 0.6 i 1.2. Posteriorment es va analitzar l'eficàcia de la utilització del model STREP per racionalitzar l'aplicació de fungicides analitzant la incidència i severitat de la malaltia en fruits a collita, la incidència i severitat relativa de la malaltia en fulles al finalitzar l'assaig, i l'estalvi de tractaments antifúngics aconseguit.

### 1. Calendari de tractaments segons els moments de superació dels llindars dels índexs de risc acumulat (SA)

A la Taula 3.7 es presenten els resultats de l'any 1995 en l'assaig realitzat a Can Vidal. S'indiquen les dates en que es varen realitzar els tractaments amb tiram seguint una pauta fixa setmanal, i els tractaments que es varen haver de repetir degut al possible rentat del producte com a conseqüència de la pluja. S'indiquen també les dates en que es va superar el llindar SA predit pel model STREP i en que es va tractar amb fungicida.

Seguint la pauta d'aplicació setmanal es varen realitzar 23 tractaments al llarg del període vegetatiu de la perera fins el moment de collita. Quan les aplicacions es varen guiar pel model STREP a partir del llindar SA:0.6 es varen realitzar 7 tractaments i utilitzant el llindar SA:1.2 es varen realitzar 3 tractaments. En cap cas es va superar el llindar SA:2.1. El fet de no superar mai el llindar SA:2.1 va motivar que en els assajos de l'any següent es modifiquessin els llindars suprimint aquest.

**Taula 3.7.** Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. Els tractaments es varen realitzar cada 7 dies o en funció de l'índex de risc acumulat durant 3 dies (SA) donat pel model STREP en base a la durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquest període

Estàndard <sup>a</sup>		STREP (Llindar) <sup>b</sup>			
Data	Setmanal	Data	SA:0.6	SA:1.2	SA:2.1
15/05/95	+ <sup>c</sup>	15/05/95	+	-	-
24/05/95	+		-	-	-
31/05/95	+		-	-	-
08/06/95	++	13/06/95	+	+	-
21/06/95	+		-	-	-
28/06/95	+		-	-	-
05/07/95	+	05/07/95	+	-	-
12/07/95	+		-	-	-
19/07/95	+		-	-	-
26/07/95	+		-	-	-
02/08/95	+	02/08/95	+	+	-
09/08/95	+		-	-	-
16/08/95	+		-	-	-
23/08/95	+	23/08/95	+	+	-
30/08/95	+		-	-	-
06/09/95	+		-	-	-
14/09/95	++	19/09/95	+	-	-
27/09/95	+		-	-	-
05/10/95	+	06/10/95	+	-	-
11/10/95	++		-	-	-
<b>Total:</b>	<b>23</b>		<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

<sup>a</sup>: Tractament estàndard preventiu de cadència fixa setmanal.

<sup>b</sup>: Llindar del tractament guiat pel model STREP (SA: índex de risc acumulat durant 3 dies).

<sup>c</sup>: Aplicacions (+) o tractament repetit (++) degut al rentat del producte quan les precipitacions puntuals varen ser superiors a 10 mm o després de precipitacions acumulades superiors a 20 mm.  
(-) No aplicació del fungicida.

A la Taula 3.8 es representen els resultats obtinguts durant l'any 1996 en la finca de Can Vidal. S'indiquen les dates en que es varen realitzar els tractaments seguint una pauta d'aplicació fixa preventiva cada setmana. Durant aquest any es varen assajar els fungicides tiram i captan. S'indica també les dates en que es va superar el llindar SA predit pel model STREP i es va tractar amb fungicida. Aquest any es varen assajar els llindars SA:0.4, 0.6 i 1.2 amb aplicacions de tiram i el llindar SA:0.6 amb aplicacions de captan.

Seguint la pauta de tractaments amb cadència fixa setmanal, es varen realitzar un total de 24 aplicacions de tiram o captan. Les aplicacions amb tiram guiades pel model STREP varen ser 12 utilitzant un llindar SA:0.4, 7 utilitzant un llindar SA:0.6 i no es va

superar el llindar SA:1.2. Les aplicacions amb captan guiades pel model STREP utilitzant un llindar SA:0.6 varen ser 6.

**Taula 3.8.** Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. Els tractaments es varen realitzar cada 7 dies o en funció de l'índex de risc acumulat durant 3 dies (SA) donat pel model STREP en base a la durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquest període

Estàndard <sup>a</sup>			STREP (Llindar) <sup>b</sup>				
Data	Captan Setmanal	Tiram Setmanal	Data	Captan SA:0.6	Tiram SA:0.4	Tiram SA:0.6	Tiram SA:1.2
16/05/96	+ <sup>c</sup>	+		-	-	-	-
22/05/96	+	+		-	-	-	-
28/05/96	+	+		-	-	-	-
04/06/96	+	+	03/06/96	-	+	+	-
10/06/96	+	+		-	-	-	-
17/06/96	+	+	21/06/96	-	+	-	-
25/06/96	+	+	25/06/96	+	+	+	-
02/07/96	+	+	02/07/96	-	+	-	-
08/07/96	+	+		-	-	-	-
15/07/96	+	+		-	-	-	-
22/07/96	+	+		-	-	-	-
29/07/96	+	+	28/07/96	-	+	-	-
05/08/96	+	+		-	-	-	-
13/08/96	+	+		-	-	-	-
19/08/96	+	+	19/08/96	+	+	+	-
26/08/96	+	+	27/08/96	+	+	+	-
02/09/96	+	+		-	-	-	-
09/09/96	+	+	06/09/96	-	+	-	-
16/09/96	++	++	20/09/96	+	+	+	-
25/09/96	+	+	27/09/96	-	+	-	-
02/10/96	++	++	02/10/96	++	+	++	-
09/10/96	+	+	09/10/96	-	+	-	-
<b>Total:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

<sup>a</sup>: Tractament estàndard preventiu de cadència fixa setmanal.

<sup>b</sup>: Llindar del tractament guiat pel model STREP (SA: índex de risc acumulat durant 3 dies).

<sup>c</sup>: Aplicacions (+) o tractament repetit (++) degut a al rentat del producte quan les precipitacions puntuals varen ser superiors a 10 mm o després de precipitacions acumulades superiors a 20 mm. (-) No aplicació del fungicida.

A la Taula 3.9 es presenten els resultats obtinguts en l'assaig de la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. En aquest assaig es varen utilitzar els antifúngics captan i tiram aplicats de manera preventiva amb cadència fixa setmanal o guiats pel model STREP, utilitzant com a llindars de tractament els índexs de risc d'infecció acumulats de SA:0.4, 0.6 i 1.2. Seguint la pauta de tractaments fixa es varen realitzar una total de 23 aplicacions amb tiram i captan. Seguint la pauta de tractaments guiades es varen realitzar 17 aplicacions amb un llindar SA:0.4, 12 aplicacions utilitzant

un llindar SA:0.6 i malgrat no superar en cap cas el llindar SA:1.2 es varen realitzar un total de 3 aplicacions. Les aplicacions en aquest darrer cas es varen realitzar com conseqüència de les fortes pluges caigudes (67 mm).

**Taula 3.9.** Dates d'aplicació dels tractaments antifúngics en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. Els tractaments es varen realitzar cada 7 dies o en funció de l'índex de risc acumulat durant 3 dies (SA) donat pel model STREP en base a la durada del període d'humectació i temperatura mitjana durant aquest període

Estàndard <sup>a</sup>			STREP <sup>b</sup> (llindar)						
Data	Tiram	Captan	Data	Tiram			Captan		
	Setmanal	Setmanal		SA:0.4 <sup>c</sup>	SA:0.6	SA:1.2	SA:0.4	SA:0.6	SA:1.2
22/05/96	+ <sup>c</sup>	+		-	-	-	-	-	-
28/05/96	+	+	28/05/96 <sup>d</sup>	+	+	+	+	+	+
03/06/96	+	+	03/06/96	+	+	-	+	+	-
10/06/96	+	+	10/06/96	+	-	-	+	-	-
17/06/96	+	+	17/06/96	+	-	-	+	-	-
25/06/96	+	+	25/06/96	+	-	-	+	-	-
02/07/96	+	+	26/06/96	-	+	-	-	+	-
08/07/96	+	+		-	-	-	-	-	-
15/07/96	+	+	19/07/96	+	-	-	+	-	-
22/07/96	+	+	22/07/96	-	+	-	-	+	-
29/07/96	+	+	28/07/96	+	+	-	+	+	-
05/08/96	+	+	08/08/96	+	-	-	+	-	-
13/08/96	+	+	15/08/96	+	+	-	+	+	-
19/08/96	+	+	22/08/96	+	+	-	+	+	-
26/08/96	+	+	30/08/96	+	-	-	+	-	-
02/09/96	+	+	02/09/96	-	+	-	-	+	-
09/09/96	+	+	16/09/96	+	-	-	+	-	-
16/09/96	+++	+++	18/09/96	++	++	++ <sup>d</sup>	++	++	++ <sup>d</sup>
25/09/96	++	++	26/09/96	++	+	-	++	+	-
03/10/96	+	+	03/10/96	+	+	-	+	+	-
<b>Total:</b>	<b>23</b>	<b>23</b>		<b>17</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>3</b>

<sup>a</sup>: Tractament estàndard preventiu de cadència fixa setmanal.

<sup>b</sup>: Llindar del tractament guiat pel model STREP (SA: índex de risc acumulat durant 3 dies).

<sup>c</sup>: Aplicacions (+) o tractament repetit (++) degut a al rentat del producte quan les precipitacions puntals varen ser superiors a 10 mm o després de precipitacions acumulades superiors a 20 mm. (-) No aplicació del fungicida.

<sup>d</sup>: Es va realitzar un tractament general per totes les estratègies al no disposar de dades meteorològiques per problemes tècnics.

<sup>e</sup>: Tractaments realitzats malgrat no superar el valor llindar donades les fortes pluges caigudes.

## 2. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la incidència i severitat de la malaltia en fruits en el moment de collita

En la recol·lecció dels fruits es va analitzar tant la incidència com la severitat de la malaltia. També es va analitzar la producció total de fruits (pes dels fruits sense

lesions i amb lesions) i les pèrdues en percentatge de pes degudes a la incidència de la malaltia (pes de fruits amb lesions/producció total).

## 2.1 Incidència i severitat de la malaltia en els fruits a collita

L'anàlisi de normalitat dels residus segons la prova de Shapiro-Wilk i l'homogeneïtat de les variàncies segons la prova de Bartlett per la incidència i la severitat de la malaltia van mostrar que en tots els assajos realitzats les variables varen seguir una distribució normal i les variàncies varen ser homogènies.

A les taules 3.10, 3.11 i 3.12 es presenten els resultats obtinguts amb l'anàlisi de la variància per determinar l'efecte de les estratègies assajades (testimoni sense tractar amb fungicida, tractaments amb els fungicides seguint una aplicació setmanal i tractaments realitzats de manera guiada pel model STREP) tant en la incidència com en la severitat de la malaltia en fruits.

En els assajos de l'any 1995 en la finca comercial de Can Vidal es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre tractaments però no entre blocs de repetició de l'assaig ( $P > 0.05$ ), tant per la incidència com la severitat de la malaltia (Taula 3.10).

**Taula 3.10.** Efecte de les diferents estratègies d'aplicació dels antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	4	0.178	17.41	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.019	2.53	0.1064
	Error	12	0.031		
	Total	19	0.228		
Severitat	Estratègia	4	0.669	13.72	0.0002
	Bloc	3	0.054	1.47	0.2713
	Error	12	0.146		
	Total	19	0.869		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Totes les aplicacions es varen realitzar amb el fungicida tiram.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

En els assajos de l'any 1996 en la finca de Can Vidal es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre estratègies d'aplicació dels fungicides tant per



la incidència com per la severitat de la malaltia en fruits en el moment de collita (Taula 3.11). No es varen observar diferències significatives ( $P>0.05$ ) entre blocs de repetició de l'assaig.

**Taula 3.11.** Efecte de les estratègies d'aplicació d'antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia observades en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.L. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	6	0.869	16.33	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.023	0.89	0.4675
	Error	18	0.160		
	Total	27	1.052		
Severitat	Estratègia	6	5.065	8.46	0.0002
	Bloc	3	0.279	0.93	0.4463
	Error	18	1.797		
	Total	27	7.141		

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>b</sup>:Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i guiades pel model STREP amb els fungicides tiram i captan, segons els llinars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llinars SA:0.4,i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

En la finca de Can Garrofa durant l'any 1996 es varen observar diferències significatives ( $P<0.05$ ) entre estratègies d'aplicació dels antifúngics tant per la incidència com per la severitat de la malaltia (Taula 3.12). Es varen també observar diferències significatives ( $P<0.05$ ) entre els blocs de repetició utilitzats en l'assaig.

A la Figura 3.10 es presenta el resultat de l'anàlisi de mitjanes segons la prova de rangs múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch pels tres assajos realitzats (Can Vidal els anys 1995 i 1996 i Can Garrofa durant l'any 1996). Es representen en aquesta Figura les mitjanes, per totes les estratègies assajades, tant de la incidència com de la severitat observades en fruits en el moment de recol·lecció.

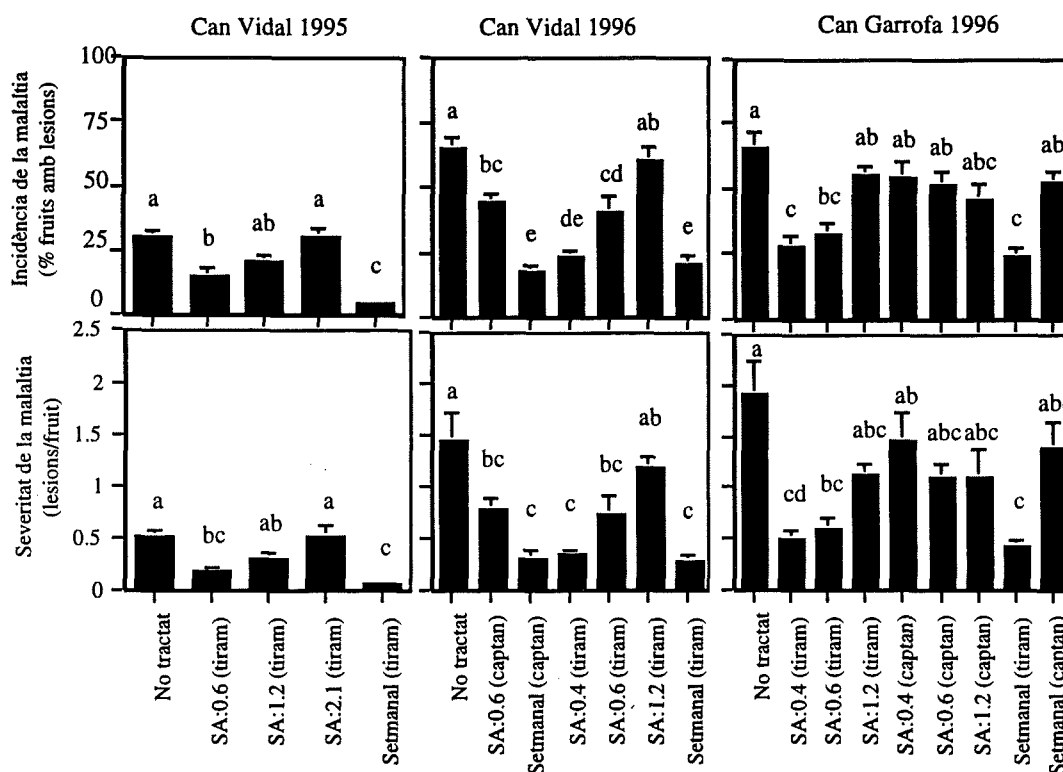
**Taula 3.12.** Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la incidència i severitat de la malaltia observades en el moment de collita en fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	8	0.634	7.62	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.290	9.30	0.0003
	Error	24	0.250		
	Total	35	1.174		
Severitat	Estratègia	8	7.891	5.94	0.0003
	Bloc	3	3.850	7.72	0.0009
	Error	24	3.988		
	Total	35	15.729		

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>b</sup>:Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i guiades pel model STREP, segons els llindars SA:0.4, SA:0.4 i SA:1.2 amb els fungicides tiram i captan).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.



**Figura 3.10.** Incidència i severitat de la malaltia en fruits per estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats en les finques comercials de Can Vidal (1995 i 1996) i Can Garrofa (1996). La separació de mitjanes es va realitzar amb la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Es representa l'error estàndard de la mitjana. ( $\alpha:0.05$ ).

Es va observar que la incidència de la malaltia en els fruits tractats amb tiram aplicat setmanalment o aplicat de manera racionalitzada utilitzant un llindar de SA:0.4 (guiat pel model STREP) va ser significativament ( $P < 0.05$ ) més baixa que la observada en el testimoni no tractat. Però la incidència de la malaltia no va ser significativament diferent ( $P > 0.05$ ) entre ells. En els assajos realitzats a Can Vidal durant 1995 i 1996, la incidència observada en fruits tractats amb tiram amb un llindar de SA:0.6 va diferir significativament de la observada aplicant el tiram setmanalment. Però també van ser significativament diferent ( $P < 0.05$ ) de la incidència observades en el testimoni no tractat. En l'assaig realitzat l'any 1996 a Can Vidal no varen existir diferències entre la incidència observada en els fruits tractats amb tiram amb un llindar SA:0.4 o 0.6. En els assajos realitzats a Can Garrofa tampoc es varen observar diferències entre la incidència utilitzant tiram amb un llindar de SA:0.6 i utilitzant un llindar SA:0.4 o aplicant tiram amb cadència setmanal (tractaments estàndard).

Es va observar també un lleuger control de la malaltia amb tiram utilitzant un llindar SA:1.2 en els tres assajos, si bé no van ser diferències significatives ( $P > 0.05$ ) respecte a les observades utilitzant llindars de tractament menys restrictius (SA:0.4 i SA:0.6).

El control de la malaltia amb captan va ser més aleatori que amb tiram i va dependre de l'assaig. Així en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996 es va observar un control de la incidència de la malaltia amb captan que no va diferir de l'observat utilitzant el fungicida tiram quan s'aplicaven de manera preventiva. La incidència en fruits tractats amb captan utilitzant un llindar de SA:0.6 no va diferir significativament ( $P < 0.05$ ) de l'observada aplicant tiram amb el mateix llindar (SA:0.6). En canvi en els assajos realitzats a Can Garrofa es va observar una lleugera disminució de la incidència en els fruits tractats amb captan si bé aquesta diferència no van ser significativa ( $P > 0.05$ ) amb el testimoni no tractat. Cal remarcar que en aquest assaig la baixa eficàcia en el control de la malaltia en fruits tractats amb captan es va mantenir independentment de l'estratègia d'aplicació (cadència fixa setmanal o llindars de SA:0.4, 0.6 o 1.2).

Els resultats per la severitat de la malaltia en funció de les diferents estratègies assajades varen ser similars als obtinguts en el control de la incidència. El control de la severitat de la malaltia utilitzant el tiram en cadència fixa setmanal o guiada amb llindars SA:0.4 i SA:0.6 va ser molt semblant; no observant-se diferències significatives

( $P > 0.05$ ) entre estratègies de tractament però sí respecte al testimoni no tractat. L'aplicació de tiram a partir d'un llindar SA:1.2 no va reduir la severitat de la malaltia de manera significativa en relació amb el testimoni no tractat.

El fungicida captan va presentar un control de la severitat diferent en els dos assajos en que es va utilitzar. Així en l'assaig realitzat a Can Vidal durant l'any 1996, la severitat de la malaltia en fruits tractats amb captan tant amb cadència fixa setmanal com a partir d'un llindar SA:0.6, no va diferir de l'observada en els fruits tractats amb tiram de la mateixa manera, però sí va diferir del testimoni no tractat. Pel contrari en els assajos realitzats a Can Garrofa la severitat en fruits tractats amb el fungicida captan no va diferir significativament ( $P > 0.05$ ) de l'observada en el testimoni no tractat, i tampoc va diferir significativament de l'observada en fruits tractats amb tiram en la major part dels casos.

En l'assaig de Can Garrofa varen existir diferències entre blocs.

## **2.2 Producció total de fruits (Kg) i pèrdues en pes**

Es va avaluar l'eficàcia de les estratègies i fungicides assajats (tiram o captan) en la producció mitjana de fruits (pes dels fruits amb lesions o sense) així com la proporció de pèrdues en la producció degudes a la malaltia (pes fruits amb lesions/producció total).

Les variàncies varen ser homogènies per aquestes dues variables i els residus no van diferir d'una distribució normal .

Es tots els assajos efectuats (Taules 3.13, 3.14 i 3.15) l'efecte de les diferents estratègies en la producció mitjana de fruits no va ser significatiu ( $P > 0.05$ ), ni tampoc varen existir diferències d'aquesta producció entre els blocs de repetició dels assajos.

**Taula 3.13.** Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Producció	Estratègia <sup>b</sup>	4	3340.8	0.68	0.6169
	Bloc <sup>c</sup>	3	3063.1	0.84	0.4999
	Error	12	14665.9		
	Total	19	21069.8		
Proporció de pèrdues	Estratègia	4	0.174	16.59	0.0001
	Bloc	3	0.016	2.01	0.1659
	Error	12	0.031		
	Total	19	0.221		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida tiram: testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6 i SA:1.2 i SA:2.1.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició l'assaig.

**Taula 3.14.** Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Producció	Estratègia <sup>b</sup>	6	3749.5	1.38	0.2750
	Bloc <sup>c</sup>	3	1247.6	0.92	0.4515
	Error	18	8143.4		
	Total	27	13140.5		
Proporció de pèrdues	Estratègia	6	0.889	15.44	0.0001
	Bloc	3	0.034	1.18	0.3439
	Error	18	0.173		
	Total	27	1.096		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb els fungicides tiram i captan, segons els llindars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llindars SA:0.4 i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

Es varen observar diferències significatives ( $P<0.05$ ) en la proporció de pèrdues de producció de fruits, en funció de les estratègies d'aplicació dels productes. Aquestes diferències es varen observar en els tres assajos realitzats. En l'assaig de Can Garrofa es varen observar també diferències significatives ( $P<0.05$ ) en la proporció de pèrdues de producció en els diferents blocs de repetició l'assaig. Per tant l'efecte del bloc va ser important.

**Taula 3.15.** Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la producció (pes dels fruits amb lesions i sense) i proporció de pèrdues en aquesta producció (pes fruits amb lesions/producció total) en el moment de collita dels fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Producció	Estratègia <sup>b</sup>	8	5284.5	1.16	0.3636
	Bloc <sup>c</sup>	3	3378.7	1.97	0.1449
	Error	24	13697.0		
	Total	35	22360.2		
Proporció de pèrdues	Estratègia	8	0.634	7.62	0.0001
	Bloc	3	0.290	9.30	0.0003
	Error	24	0.250		
	Total	35	1.174		

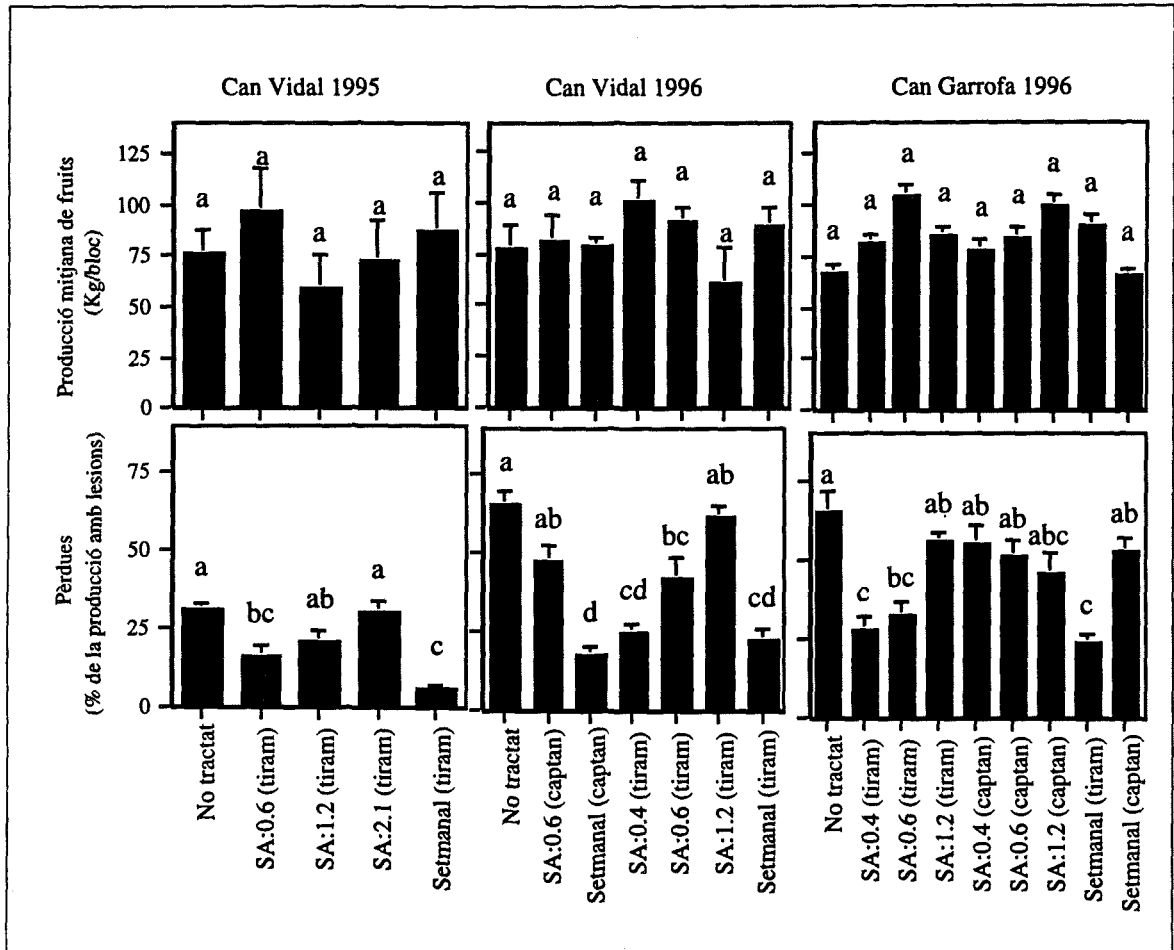
<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb els fungicides tiram i captan, segons els llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

Les mitjanes de la producció obtingudes per les estratègies d'aplicació de fungicides utilitzades es representen a la Figura 3.11 on es pot apreciar que no varen existir diferències significatives. Cal remarcar que en el testimoni no tractat la producció de fruits (Kg) va ser semblant a la obtinguda en els arbres tractats amb fungicides. Per una altra banda es va observar que les pèrdues (percentatge de la producció amb lesions) va ser significativament ( $P<0.05$ ) més baixa en els arbres tractats amb tiram seguint l'estratègia d'aplicació setmanal o utilitzant els llindars SA:0.4 o SA:0.6 i entre ells no es varen observar diferències significatives ( $P>0.05$ ). Aplicant tiram a partir d'un llindar de SA:1.2 o 2.1 no es va observar una reducció significativa ( $P>0.05$ ) de les pèrdues respecte el testimoni no tractat. En les estratègies efectuades amb el fungicida captan els resultats varen diferir segons l'assaig. Així en l'assaig de Can Vidal l'any 1996 els arbres tractats amb captan seguint la pauta estàndard van presentar pèrdues molt baixes i significativament ( $P<0.05$ ) diferents del testimoni no tractat, amb un control de la malaltia semblant a l'obtingut utilitzant el fungicida tiram. En el mateix assaig es va observar que aplicant captan amb un llindar de SA:0.6 la proporció de pèrdues no va ser significativament ( $P>0.05$ ) diferent de les observades en el testimoni no tractat. Pel contrari en l'assaig realitzat a Can Garrofa cap de les estratègies (aplicacions setmanals o a partir de llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2) va presentar una reducció significativa de

les pèrdues de producció. En aquest assaig l'eficàcia de la utilització del captan aplicat amb cadència setmanal va ser nul·la.



**Figura 3.11.** Producció mitjana de fruits i proporció de pèrdues en fruits per estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats a les finques comercials de Can Vidal (anys 1995 i 1996) i Can Garrofa (any 1996). La separació de mitjanes es va realitzar amb la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Es representa l'error estàndard de la mitjana. ( $\alpha$ :0.05).

### 2.3 Eficàcia de les aplicacions guiades pel model STREP i estalvi de tractaments respecte a les aplicacions preventives

Es va avaluar l'eficàcia de les aplicacions guiades pel model STREP en el control de la malaltia, utilitzant només els índexs de risc acumulat (SA) 0.4 i 0.6, respecte a les aplicacions realitzades seguint una pauta fixa setmanal, utilitzant tiram com a fungicida. També es va comparar aquesta eficàcia amb l'estalvi de tractaments aconseguit respecte a les aplicacions setmanals.

A la Taula 3.16 s'indiquen les eficàcies observades en el control de la incidència de la malaltia així com els estalvis en tractaments obtinguts. Es pot observar per Can Vidal 1996 i Can Garrofa que, utilitzant un llinar de SA:0.4 la incidència de la malaltia no difereix de l'observada en el tractament setmanal, presentant una eficàcia molt semblant (56-67%). Així mateix s'observa que utilitzar el model STREP amb un llinar SA:0.4 va suposar un estalvi del nombre de tractaments d'un 50 % (Can Vidal 1996) i un 26 % (Can Garrofa) respecte als realitzats setmanalment, obtenint el mateix control de la malaltia que amb l'estratègia fixa setmanal.

En els assajos realitzats a Can Vidal (1995 i 1996), utilitzant un llinar SA:0.6, l'eficàcia en el control de la malaltia va ser més baixa (37-50 %) que realitzant els tractaments setmanalment (67-82 %) . L'estalvi utilitzant aquest llinar de tractament és del 70 %, però la incidència de la malaltia va ser més elevada que l'obtinguda al realitzar els tractaments setmanalment. En l'assaig realitzat a Can Garrofa, per l'índex SA:0.6, l'eficàcia és lleugerament més baixa (50 %) que l'obtinguda amb els tractaments setmanals (63 %), però les diferències en el nivell de danys obtinguts no varen ser significatives. Tot i obtenir el mateix nivell de danys, hi ha una reducció del 48 % de les aplicacions realitzades respecte als tractaments aplicats setmanalment.

A la Taula 3.17 s'indiquen les eficàcies en el control de la severitat de la malaltia així com els estalvis obtinguts. Utilitzant un llinar de SA:0.4, les eficàcies són molt semblants (75 %) a les obtingudes amb els tractaments setmanals (78-80 %). Es va reduir en un 26 % (Can Garrofa) i un 50 % (Can Vidal 1996) el nombre d'aplicacions necessàries per obtenir el mateix control de la malaltia que realitzant tractaments setmanalment. Utilitzant un llinar de SA:0.6 les eficàcies són lleugerament més baixes (50-69 %) que les obtingudes amb els tractaments setmanals (78-87 %), però el nivell de severitat no va ser significativament diferent. El nombre d'aplicacions realitzades per obtenir un control de la malaltia semblant a l'obtingut amb els tractaments setmanals es va reduir considerablement, un 48 % a Can Garrofa i un 69-71 % a Can Vidal durant els dos anys.



**Taula 3.16.** Estalvi i eficàcia en el control de la incidència de la malaltia en funció de les aplicacions realitzades amb el fungicida tiram seguint una pauta setmanal o guiats pel model STREP (a partir dels índexs de risc acumulat SA: 0.4 i SA: 0.6) en comparació amb el testimoni no tractat. S'indica entre parèntesis la significació obtinguda contrastant, en l'anàlisi de la variància, els nivells de danys entre els tractaments setmanals i amb guiatge segons els llindars de risc acumulat. ( $\alpha$ :0.05)

Assaig *	No tractat			Setmanal						Guiat model STREP <sup>u</sup>						Estalvis <sup>v</sup>		
				SA:0.4			SA:0.6			SA:0.4			SA:0.6					
	Danys <sup>w</sup> (%)	Danys (%)	Tract <sup>x</sup> (%)	Eficàcia <sup>y</sup> (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	SA:0.4	SA:0.6
Vidal 1995	30.5	5.5	23	82	-	-	-	15.2 (**) <sup>z</sup>	7	50	-	-	50	69				
Vidal 1996	65.1	21.1	24	67	24.2 (ns)	12	63	40.9 (**)	7	37	50	71	71					
Garrofa 1996	65.7	24.6	23	63	28.6 (ns)	17	56	32.9 (ns)	12	50	26	48	48					

<sup>u</sup>: Tractaments realitzats a partir de la superació dels llindars de risc acumulat (SA).

<sup>v</sup>: Estalvis en el nombre de tractaments utilitzant el model STREP en comparació amb els realitzats seguint una pauta d'aplicació setmanal.

<sup>w</sup>: Incidència de la malaltia observada en fruits a collita.

<sup>x</sup>: Nombre de tractaments totals realitzats durant l'assaig.

<sup>y</sup>: Eficàcia en el control de la malaltia.

<sup>z</sup>: Nivell de significació contrastant, en l'anàlisi de la variància, els danys per cada llindar assajat respecte al tractament setmanal. (ns) no hi ha diferències significatives, (\*\*\*) hi ha diferències significatives.

**Taula 3.17.** Estalvi i eficàcia en el control de la malaltia en funció de les aplicacions realitzades amb el fungicida tiram seguint una pauta setmanal o guiats pel model STREP (a partir dels índexs de risc acumulat SA: 0.4 i SA: 0.6) en comparació amb el testimoni no tractat. S'indica entre parèntesis la significació obtinguda contrastant, en l'anàlisi de la variància, els nivells de danys entre els tractaments setmanals i amb guiatge segons els llindars de risc acumulat. ( $\alpha:0.05$ )

Assaig	No tractat			Setmanal			Guiat model STREP <sup>a</sup>								
							SA:0.4		SA:0.6		SA:0.4		SA:0.6		
	Danys <sup>w</sup> (%)	Danys (%)	Tract <sup>x</sup> (%)	Eficàcia <sup>y</sup> (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)	Eficàcia (%)	Danys (%)	Tract (%)
Vidal 1995	0.53	0.07	23	87	-	-	-	0.19 (ns) <sup>z</sup>	7	64	-	-	69	-	-
Vidal 1996	1.47	0.29	24	80	0.37 (ns)	12	75	0.74 (ns)	7	50	50	71	50	71	
Garrofa 1996	1.93	0.42	23	78	0.49 (ns)	17	75	0.60 (ns)	12	69	26	48	69	48	

<sup>a</sup>: Tractaments realitzats a partir de la superació dels llindars de risc acumulat (SA).

<sup>y</sup>: Estalvis en el nombre de tractaments utilitzant el model STREP en comparació amb els realitzats seguint una pauta setmanal.

<sup>w</sup>: Incidència de la malaltia observada en fruits a collita.

<sup>x</sup>: Nombre de tractaments totals realitzats durant l'assaig.

<sup>y</sup>: Eficàcia en el control de la malaltia.

<sup>z</sup>: Nivell de significació contrastant, en l'anàlisi de la variància, els danys per cada llindar assajat respecte al tractament setmanal. (ns) no hi ha diferències significatives, (\*\*) hi ha diferències significatives.

### 3. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en el control de la malaltia en fulles en el moment de collita

Es va analitzar tant la incidència com la severitat (obtinguda a partir de la transformació del nombre de lesions observades en diferents índexs), aquesta severitat podia assolir valors entre 0 i 1, sent 1 la màxima severitat de la malaltia possible. Aquestes valoracions de la malaltia en les fulles es van realitzar coincidint amb el moment de collita dels fruits.

Les variàncies de la variable incidència, en cap dels assajos realitzats, van ser homogènies segons la prova de Bartlett. No obstant la distribució dels residus d'aquesta variable no va diferir d'una distribució normal. Per la variable severitat de la malaltia les seves variàncies varen ser homogènies i els seus residus no van diferir d'una distribució normal.

En els assajos realitzats durant l'any 1995 en la finca comercial de Can Vidal es varen observar (Taula 3.18) diferències significatives ( $P < 0.05$ ) en la incidència i severitat de la malaltia en fulles per les estratègies d'aplicació (testimoni no tractat, tiram aplicat setmanalment o llindars de risc acumulat SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Entre els blocs de repetició de l'assaig no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ).

**Taula 3.18.** Efecte de les estratègies d'aplicació en la incidència i severitat de la malaltia observades en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	4	0.113	11.07	0.0005
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.006	0.82	0.5099
	Error	12	0.031		
	Total	19	0.150		
Severitat	Estratègia	4	0.276	28.60	0.0001
	Bloc	3	0.009	1.26	0.3321
	Error	12	0.029		
	Total	19	0.314		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Totes les aplicacions es varen realitzar amb el fungicida tiram.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

En els assajos efectuats a Can Vidal durant l'any 1996 no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) en les incidències entre les diferents estratègies assajades (testimoni no tractat, tiram aplicat setmanalment i a partir dels llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2, o captan aplicat setmanalment i partir d'un llindar SA:0.6) ni tampoc entre els blocs de repetició d'assaig (Taula 3.19). L'efecte de les estratègies en la severitat de la malaltia va ser significatiu ( $P < 0.05$ ), si bé aquestes diferències es varen trobar en el límit de significació ( $0.05 > P > 0.01$ ). Entre els blocs de repetició de l'assaig tampoc es varen observar diferències significatives.

**Taula 3.19.** Efecte de les estratègies d'aplicació d'antifúngics en la incidència i severitat de la malaltia en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	6	0.105	2.07	0.1090
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.050	1.97	0.1549
	Error	18	0.152		
	Total	27	0.307		
Severitat	Estratègia	6	0.136	2.72	0.0461
	Bloc	3	0.055	2.19	0.1248
	Error	18	0.150		
	Total	27	0.341		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb fungicida tiram i captan, segons els llindars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llindars SA:0.4,i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

En els assajos realitzats a Can Garrofa durant l'any 1996 es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre estratègies de tractament (testimoni no tractat, tiram o captan aplicat setmanalment o a partir dels llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2) (Taula 3.20). Per aquestes dues variables, per una altra part, es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre blocs de repetició d'assaig, si bé aquestes diferències varen estar en el límit de significació ( $0.05 > P > 0.01$ ).

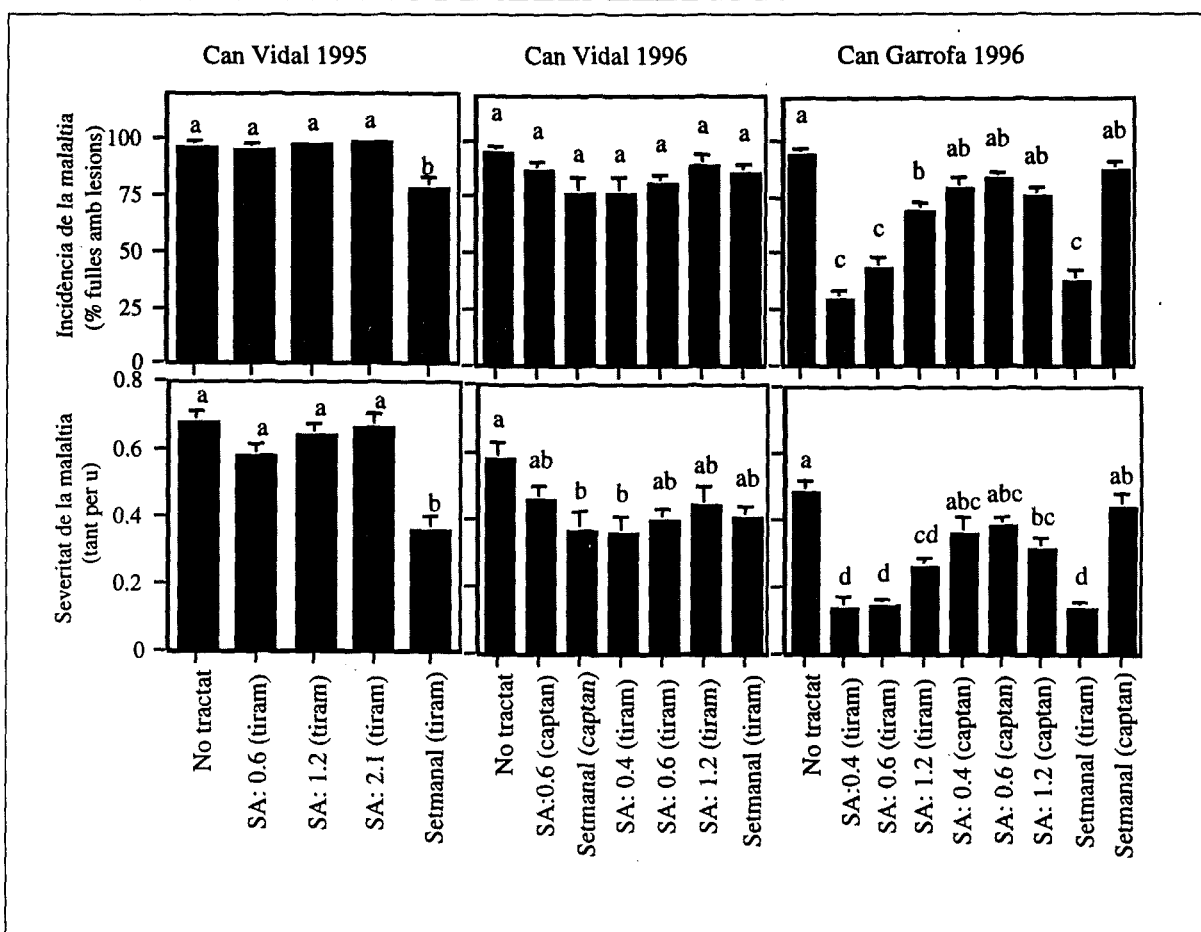
**Taula 3.20.** Efecte de les estratègies d'aplicació dels fungicides en la incidència i severitat de la malaltia en fulles, en el moment de collita, en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
Incidència	Estratègia <sup>b</sup>	8	1.539	23.75	0.0001
	Bloc <sup>c</sup>	3	0.102	4.18	0.0163
	Error	24	0.194		
	Total	35	1.835		
Severitat	Estratègia	8	0.581	16.52	0.0001
	Bloc	3	0.051	3.90	0.0212
	Error	24	0.105		
	Total	35	0.737		

<sup>a</sup>:Graus de llibertat.

<sup>b</sup>:Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP, segons els llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2 amb els fungicides tiram i captan).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig en la variació.



**Figura 3.12.** Incidència i severitat de la malaltia en fulles en funció de les estratègies (setmanals o guiades pel model STREP) en els assajos realitzats a les finques comercials de Can Vidal (1995 i 1996) i Can Garrofa (1996). La separació de mitjanes es va realitzar amb la prova de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Es representa l'error estàndard de la mitjana. ( $\alpha:0.05$ ).

Es va observar una incidència de gairebé el 100 % de les fulles afectades en els testimonis no tractats en els diferents assaigs. La separació de mitjanes va mostrar que el control de la malaltia va ser significativament diferent per cada assaig (Figura 3.12). En l'assaig de Can Vidal l'any 1995 només les aplicacions amb tiram amb una cadència setmanal varen presentar un cert control de la malaltia, diferint de l'observat en el testimoni no tractat i de la resta d'estratègies assajades. L'eficàcia en el control, no obstant, va ser molt baixa. En l'assaig realitzat en la mateixa finca comercial durant l'any 1996 no es va observar cap tractament que presentés un control de la incidència de la malaltia significativament diferent del testimoni no tractat. En canvi en l'assaig realitzat a Can Garrofa durant l'any 1996 sí que es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) en la incidència de la malaltia per les diferents estratègies de tractament assajades. En aquest assaig el tiram aplicat a cadència fixa setmanalment o aplicat a partir d'un llindar SA:0.4 o SA:0.6 va presentar un control similar de la malaltia i diferint de la incidència observada en el testimoni no tractat. La utilització del captan amb qualsevol estratègia d'aplicació (setmanalment o a partir dels llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2) no va significar una reducció de la incidència de la malaltia en fulles respecte al testimoni no tractat. El tiram aplicat a partir d'un llindar de tractament SA:1.2 va presentar una incidència de la malaltia en fulles que va diferir de l'observada en el testimoni no tractat i també de la resta d'estratègies assajades amb el mateix producte; però no va diferir significativament tractaments amb captan en qualsevol estratègia.

L'anàlisi de separació de mitjanes realitzat per determinar l'efecte de les estratègies d'aplicació en la severitat de la malaltia va permetre identificar grups de control de la malaltia en cada assaig. En l'assaig realitzat a Can Vidal durant l'any 1995 només les fulles tractades amb tiram setmanalment van presentar una severitat significativament ( $P < 0.05$ ) menor que l'observada en el testimoni no tractat. L'eficàcia de la resta d'estratègies va ser molt baixa i no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) al comparar-les amb el testimoni no tractat. En l'assaig realitzat a Can Vidal durant l'any 1996 varen existir diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre la severitat observada en fulles tractades amb captan i amb tiram a partir d'un llindar SA:0.4, respecte a la severitat observada en el testimoni no tractat, però no respecte a la resta d'estratègies assajades (tiram aplicat setmanalment o a partir dels llindars SA: 0.6, SA:1.2 o amb captan a partir del llindar SA:0.6). Cal recordar que el nivell de

significació obtingut en l'anàlisi de la variància estava en el límit de significació ( $0.05 > P > 0.01$ ) i que el coeficient de determinació del model va ser també molt baix ( $R^2: 0.56$ ). En els assajos realitzats a Can Garrofa l'any 1996 es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre les severitat en els tractaments amb tiram amb cadència setmanal o a partir d'un llindar SA:0.4 i SA:0.6, i el testimoni sense tractar. El tiram aplicat a partir d'un llindar de SA:1.2 va presentar un control de la malaltia menor que l'observat amb la resta d'estratègies amb tiram, però també significativament diferent de l'observat en el testimoni sense tractar. Les estratègies assajades en les que es va utilitzar captan van presentar una eficàcia en el control de la malaltia en fulles molt baixa i curiosament només la severitat observades en fulles tractades amb captan utilitzant una llindar de SA:1.2 (el llindar més restrictiu) va presentar diferències significatives amb el testimoni no tractat.

En l'assaig de Can Garrofa l'any 1996 varen existir diferències significatives entre blocs de repetició. La màxima diferència es van donar entre el bloc 2 (amb un nivell d'atac de la malaltia superior) respecte al bloc 4, els blocs 1 i 3 varen presentar un nivell de malaltia intermedi i similar.

#### **4. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la progressió de la malaltia**

Es va analitzar la progressió de la incidència i severitat de la malaltia en fruits i fulles, per les diferents estratègies assajades. L'estudi es va realitzar utilitzant l'àrea sota la corba de progressió. Es va analitzar també la progressió de la incidència de la malaltia en fruits mitjançant l'ajust a models matemàtics. Es varen obtenir a partir dels models matemàtics el nivells inicials de malaltia ( $y_0$ ), la taxa aparent d'infecció ( $r$ ), i el temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada en el testimoni no tractat al final de l'assaig ( $t_{50}$ ) per cada estratègia. Aquests paràmetres dels models es varen comparar en funció dels tractaments

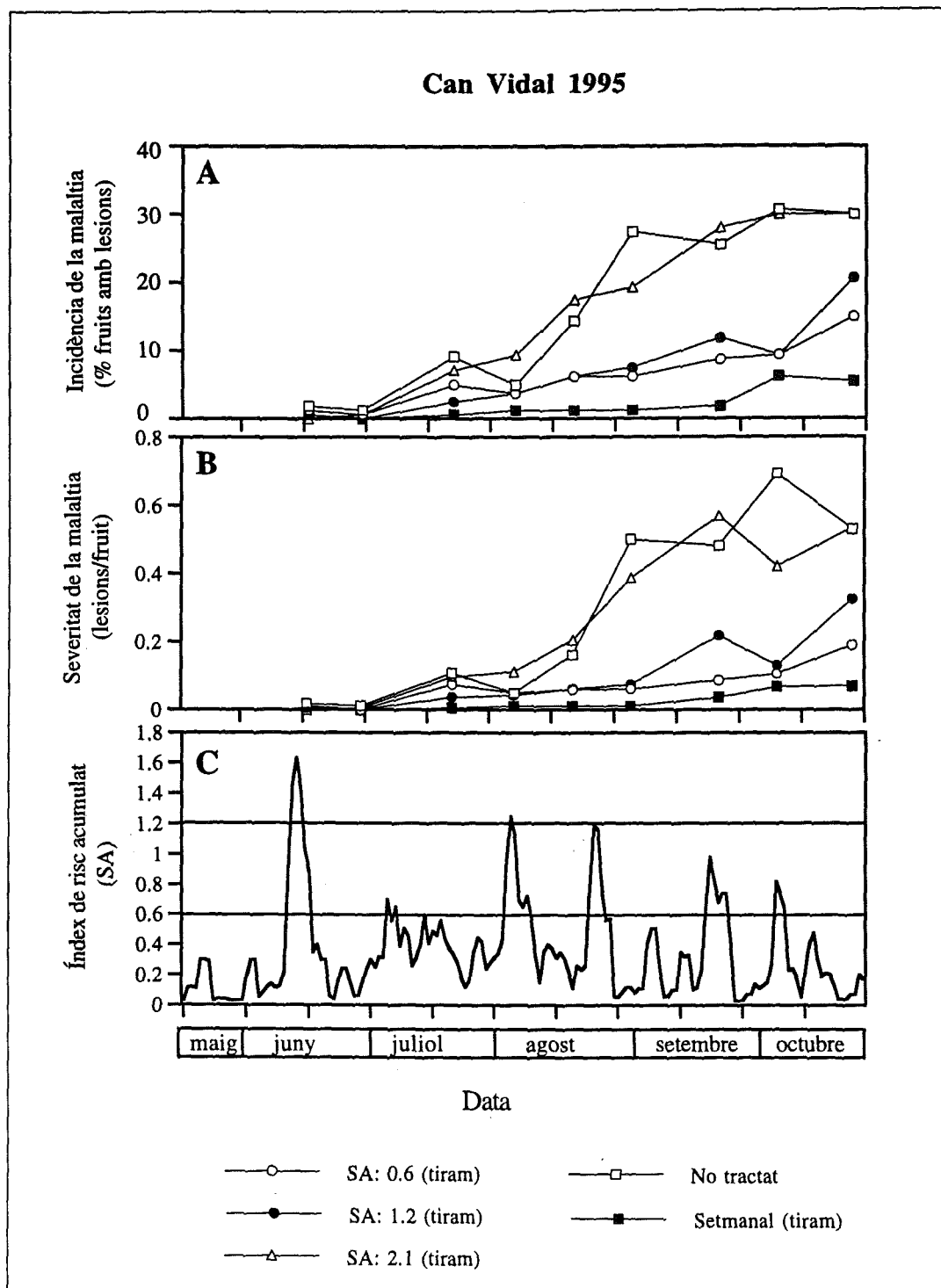
##### **4.1 Dinàmica de la incidència i severitat de la malaltia en fruits i fulles**

A les Figures 3.13, 3.14 i 3.15 es representa l'evolució de la malaltia en fruits. A les Figures 3.13 i 3.14 es pot observar l'evolució de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant els anys 1995 i 1996, respectivament. A la Figura 3.15 es representa l'evolució en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996.

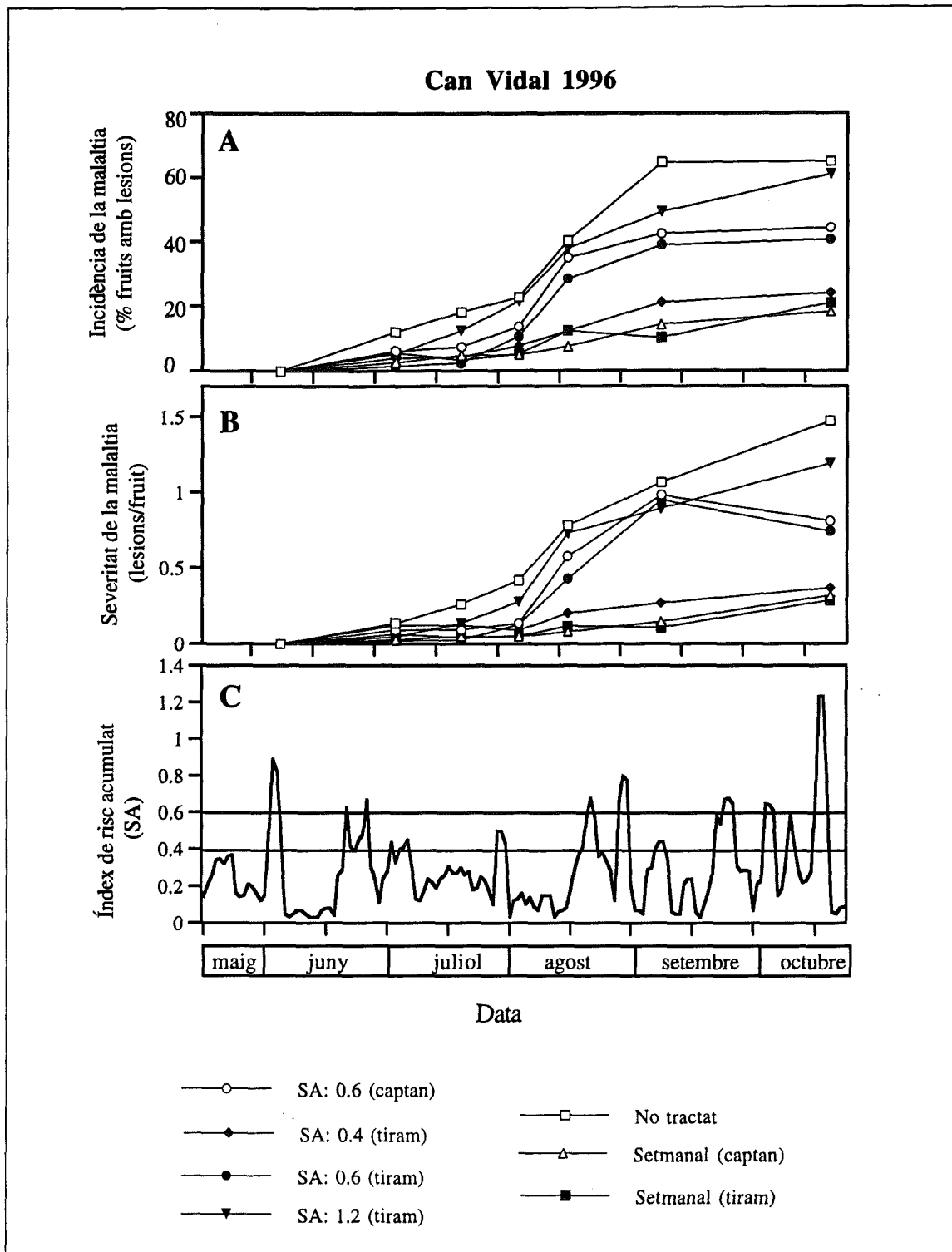
A les Figures 3.16, 3.17 i 3.18 es representa l'evolució de la malaltia en fulles. A les Figures 3.16 i 3.17 es presenten tant la incidència com la severitat en els assajos realitzats a Can Vidal els anys 1995 i 1996 respectivament. A la Figura 3.18 es presenta l'evolució de la malaltia en l'assaig realitzat a Garrofa durant l'any 1996.

A totes les Figures s'indica també la dinàmica de l'índex de risc acumulat (SA) predit pel model STREP en funció de la durada del període d'humectació diari i de la temperatura durant aquest període.

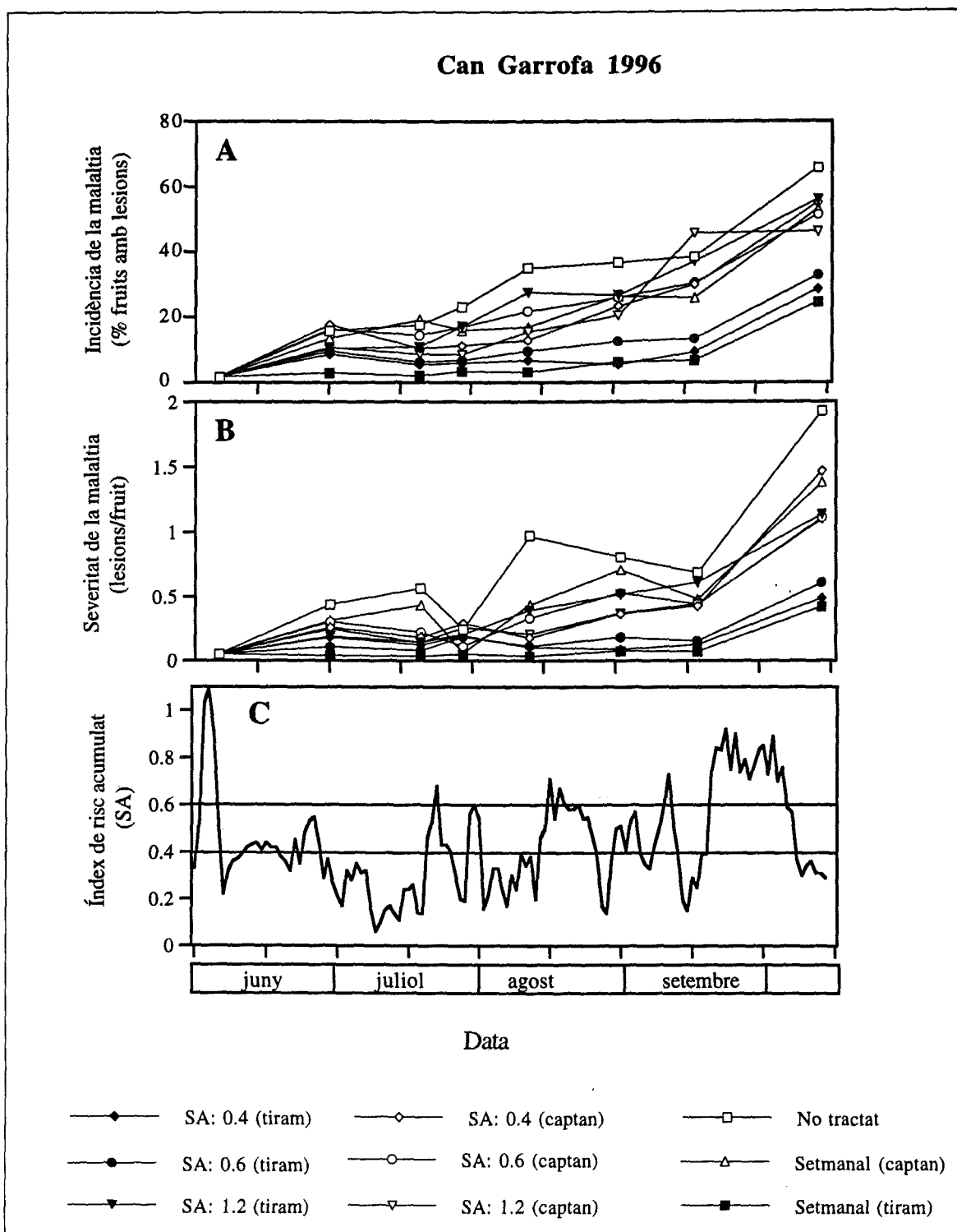




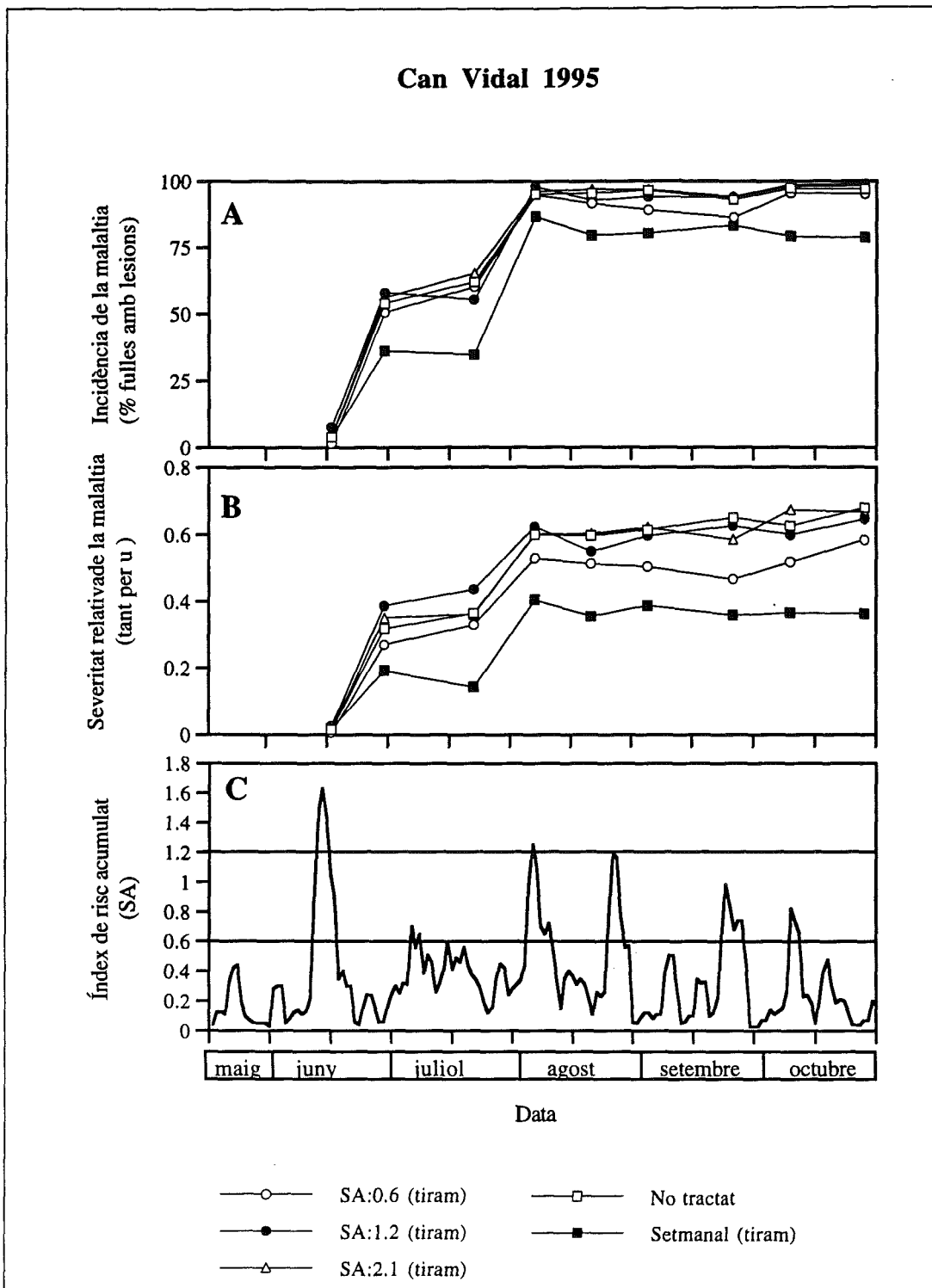
**Figura 3.13.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram amb cadència setmanal i guides pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). També es representen els llindars SA:0.6 i SA:1.2 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 35 % i dels valors de severitat del 36 %.



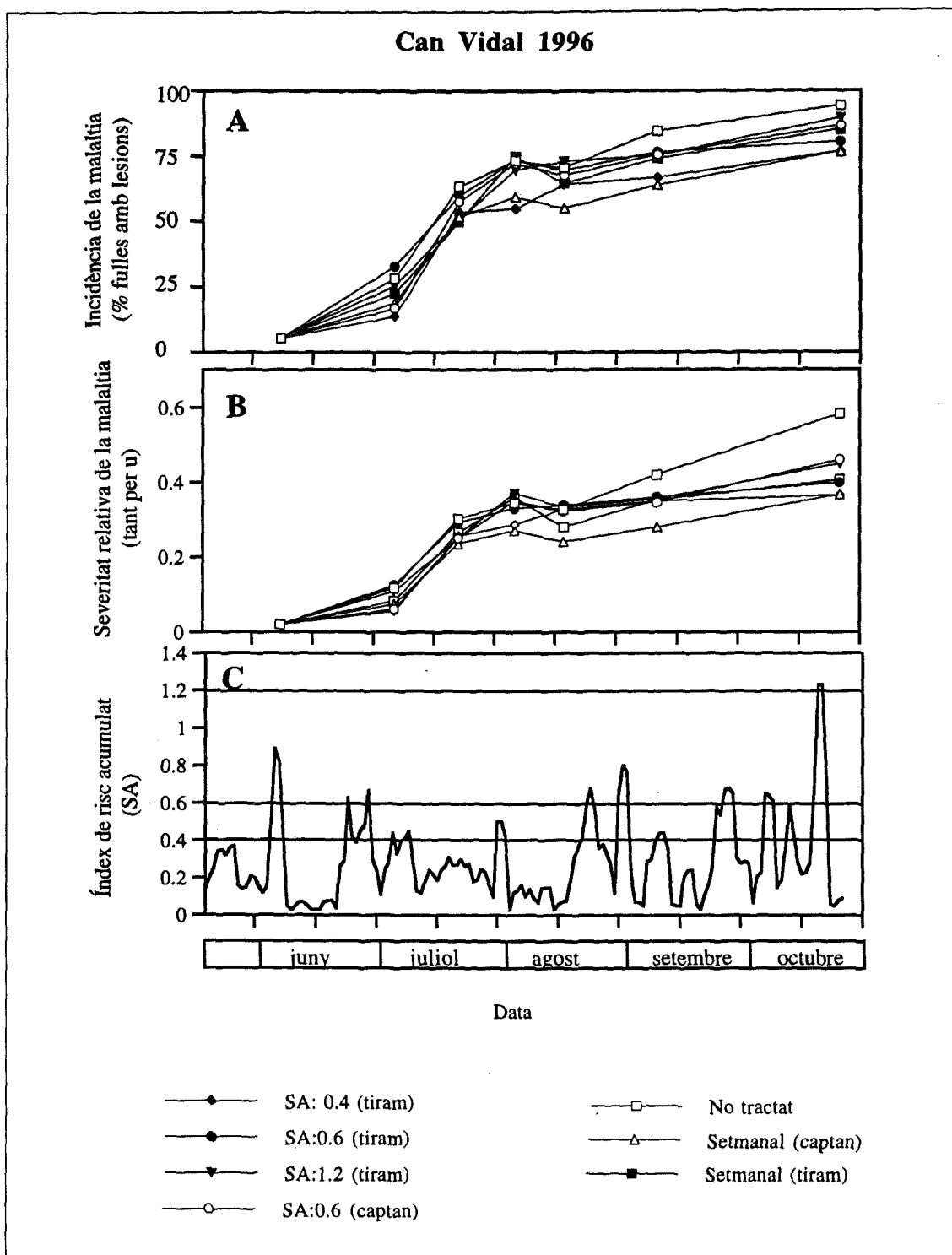
**Figura 3.14.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram amb cadència setmanal i guiades pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2 i aplicacions amb captan amb cadència setmanal o a partir del llindar de tractament SA:0.6). També es representen els llindars SA:0.4 i SA:0.6 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 25 % i dels valors de severitat del 31 %.



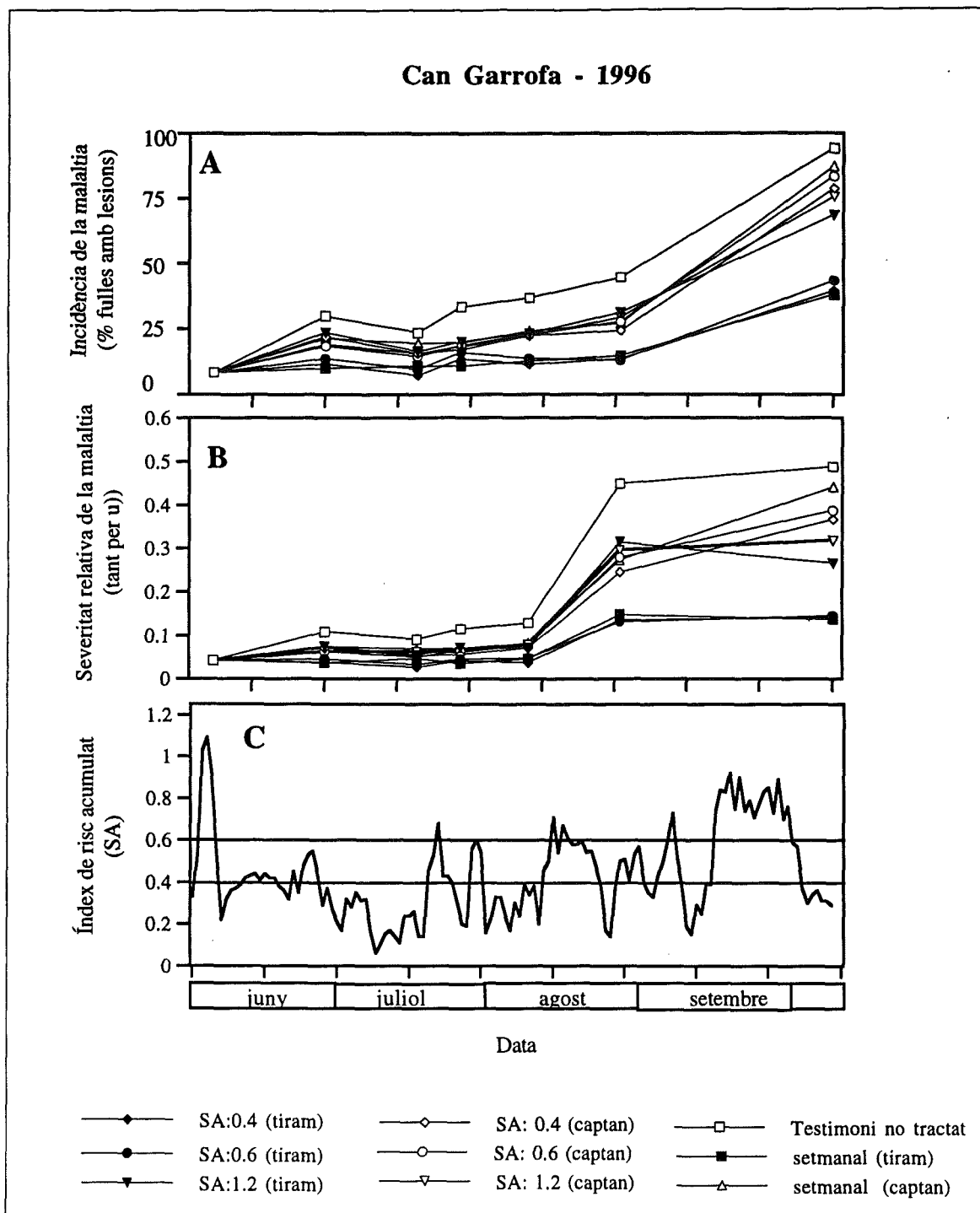
**Figura 3.15.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fruits en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram o captan amb cadència setmanal i guiades pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). També es representen els llindars SA:0.4 i SA:0.6 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 26 % i dels valors de severitat del 33 %.



**Figura 3.16.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram amb cadència setmanal i guides pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). També es representen els llindars SA:0.6 i SA:1.2 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 14 % i dels valors de severitat del 15 %.



**Figura 3.17.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat (SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram amb cadència setmanal i guides pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2 i aplicacions amb captan amb cadència setmanal o a partir del llindar de tractament SA:0.6). També es representen els llindars SA:0.4 i SA:0.6 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 12 % i dels valors de severitat del 15 %.



**Figura 3.18.** Evolució de la incidència (A) i severitat (B) de la malaltia en fulles en relació amb l'índex de risc acumulat(SA) obtingut a partir del model STREP (C) en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. Es representen les corbes per cada estratègia assajada (testimoni no tractat, aplicacions de tiram o captan amb una cadència setmanal i guiades pel model STREP a partir dels llindars de tractament SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). També es representen els llindars SA:0.4 i SA:0.6 (línies horitzontals) utilitzats per realitzar els tractaments guiats (C). La mitjana del percentatge d'error estàndard dels valors d'incidència ha estat del 14 % i dels valors de severitat del 15 %.

#### 4.2 Àrea sota la corba de progressió de la malaltia en fruits

Els residus de les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) tant per la incidència com per la severitat en fruits no varen diferir d'una distribució normal. Les variàncies de les AUDPC per la incidència de la malaltia varen ser homogènies, però no per la severitat. Per homogeneïtzar aquestes variàncies es varen transformar les àrees obtingudes en  $\log_{10}(\text{AUDPC-severitat})$ . Els residus d'aquesta nova variable es varen distribuir normalment.

En l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995 varen existir diferències significatives ( $P < 0.05$ ) en les AUDPC tant per la incidència com per la severitat de la malaltia (Taula 3.21). No varen existir diferències significatives entre blocs de repetició de l'assaig.

**Taula 3.21.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) tant per la incidència com per la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	4	1061.0	9.63	0.0010
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	268.6	3.25	0.0599
	Error	12	330.6		
	Total	19	1660.2		
AUDPC	Estratègia	4	3.090	11.58	0.0004
Severitat <sup>d</sup>	Bloc	3	0.576	2.88	0.0801
	Error	12	0.800		
	Total	19	4.466		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Totes les aplicacions es varen realitzar amb el fungicida tiram.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

<sup>d</sup>: Les àrees sota la corba per la severitat de la malaltia es varen analitzar transformant-les en el  $\log_{10}$ .

En els assajos realitzats en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996 es va observar que existien diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre les AUDPC tant per la incidència com per la severitat en les diferents estratègies assajades. No es varen observar diferències entre els blocs de repetició assajats (Taula 3.22).

En la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre les AUDPC tant per la incidència com per la severitat de la malaltia (Taula 3.23). També es varen observar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre blocs de repetició de l'assaig.

**Taula 3.22.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	6	5084.8	13.07	0.0001
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	323.2	1.66	0.2107
	Error	18	1167.1		
	Total	27	6575.1		
AUDPC	Estratègia	6	2.644	11.67	0.0001
Severitat <sup>d</sup>	Bloc	3	0.131	1.16	0.3528
	Error	18	0.679		
	Total	27	3.454		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb tiram i captan, segons els llindars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llindars SA:0.4 i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

<sup>d</sup>: Les àrees sota la corba per la severitat de la malaltia es varen analitzar transformant-les en el  $\log_{10}$ .

**Taula 3.23.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i la severitat de la malaltia en fruits en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Li. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	8	3132.8	7.47	0.0001
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	1135.1	7.21	0.0013
	Error	24	1258.9		
	Total	35	5526.8		
AUDPC	Estratègia	8	2.037	10.38	0.0001
Severitat <sup>d</sup>	Bloc	3	0.959	13.03	0.0001
	Error	24	0.589		
	Total	35	3.585		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals amb tiram i captan així com aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de l'assaig.

<sup>d</sup>: Les àrees sota la corba per la severitat de la malaltia es varen analitzar transformant-les en el  $\log_{10}$ .

L'anàlisi de les mitjanes de les AUDPC realitzat per la incidència i severitat, mitjançant la prova de Waller-Duncan, en els assajos de Can Vidal durant l'any 1995 es presenta a la Taula 3.24. Les AUDPC de la incidència en fruits tractats amb tiram amb



cadència setmanal o a partir d'un llindar SA:0.6 i SA:1.2 no varen diferir significativament, però si que varen diferir significativament ( $P < 0.05$ ) del testimoni sense tractar o tractat a partir d'un llindar SA:2.1. L'AUDPC per la severitat en fruits tractats amb tiram setmanalment va ser la més baixa i va diferir significativament ( $P < 0.05$ ) de la resta d'estratègies assajades, presentant un major control global de la malaltia. Les AUDPC en fruits tractats amb tiram a partir dels llindars SA:0.6 i SA:1.2 no van diferir significativament entre elles, però si que varen diferir significativament ( $P < 0.05$ ) del testimoni sense tractar, presentant un control global de la malaltia menor que els tractaments setmanals.

**Taula 3.24.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fruits en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal durant l'any 1995. L'anàlisi per la severitat de la malaltia es va realitzar a partir de la transformació  $\log_{10}$ . Dins cada columna mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan ( $K:100$ )

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	20.7 a	37.2 a
Setmanal (tiram)	2.4 b	2.9 c
SA:0.6 (tiram)	7.7 b	11.2 b
SA:1.2 (tiram)	8.4 b	11.9 b
SA: 2.1 (tiram)	20.1 a	32.2 a

A la Taula 3.25 es presenten els resultats de l'anàlisi de les mitjanes efectuat de les AUDPC per la incidència i severitat de la malaltia (transformada en  $\log_{10}$ ) per l'assaig de la finca Can Vidal durant l'any 1996. Les àrees per la incidència en els tractaments amb captan o amb tiram, excepte pel llindar SA:1.2, van diferir significativament ( $P < 0.05$ ) de l'observada en el testimoni sense tractar. Les estratègies d'aplicació amb captan i tiram amb una cadència setmanal o amb el llindar SA:0.4 van ser les més eficaces en el control de la malaltia, i sense presentar diferències significatives entre elles ( $P > 0.05$ ). Les aplicacions amb captan o amb tiram utilitzant el llindar SA:0.6 van presentar diferències significatives de la resta d'estratègies assajades, amb un control global de la malaltia menor. L'aplicació del tiram a partir del llindar SA:1.2 no va ocasionar una reducció significativa de l'AUDPC respecte a l'observada en el testimoni no tractat.

Les AUDPC-Severitat per les estratègies amb una cadència setmanal (tiram i captan) o a partir del llindar SA:0.4 (amb tiram) no van diferir significativament ( $P>0.05$ ) entre elles, però sí ho van fer de la resta de tractaments. Les AUDPC dels tractaments amb captan a partir d'un llindar de tractament SA:0.6 no van ser significativament diferents del testimoni, mentre que pel mateix llindar (SA:0.6) però utilitzant tiram com a fungicida, sí que l'àrea va diferir del testimoni no tractat.

**Taula 3.25.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia de la incidència i severitat en fruits en funció de cada estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. L'anàlisi per la severitat de la malaltia es va realitzar a partir de la transformació en  $\log_{10}$ . Dins cada columna mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	49.6 a	95.7 a
Setmanal (tiram)	13.2 e	15.1 c
Setmanal (captan)	12.0 e	15.1 c
SA: 0.4 (tiram)	17.0 de	25.8 c
SA: 0.6 (captan)	33.3 bc	62.7 ab
SA: 0.6 (tiram)	27.5 cd	53.7 b
SA: 1.2 (tiram)	51.5 ab	75.3 ab

L'anàlisi de mitjanes realitzat per les AUDPC de la incidència i severitat de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa durant l'any 1996 es presenten a la Taula 3.26. Les àrees pels fruits tractats amb tiram amb una cadència setmanal o a partir dels llindars SA:0.4 i SA:0.6 no van diferir significativament ( $P>0.05$ ) entre elles, però sí van diferir significativament ( $P<0.05$ ) de la resta d'estratègies assajades, presentant el major control global de la malaltia. Totes les AUDPC-Incidència observades per les estratègies en que es va utilitzar el captan no van diferir significativament entre elles ( $P<0.05$ ) i van diferir del testimoni no tractat (excepte en el cas d'utilitzar captan a partir d'un llindar SA:0.6 que tampoc va diferir d'aquest testimoni). L'AUDPC per la incidència de la malaltia en tractaments amb tiram a partir d'un llindar SA:1.2 va ser semblant a l'observat en utilitzar el captan, però sense diferir de l'àrea observada en el testimoni no tractat. Pel que fa a les AUDPC de la severitat de la malaltia, els resultats varen ser semblants als observats per la incidència excepte en el

cas del captan aplicat a partir d'un llindar SA:0.6, en que va diferir del testimoni sense tractar.

**Taula 3.26.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia de la incidència i severitat en fruits en funció de cada estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. L'anàlisi per la severitat de la malaltia es va realitzar a partir de la transformació en  $\log_{10}$ . Dins cada columna mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	37.8 a	91.7 a
Setmanal (tiram)	7.4 c	13.8 c
Setmanal (captan)	26.0 b	53.2 ab
SA: 0.4 (tiram)	10.1 c	18.1 c
SA: 0.6 (tiram)	13.6 c	20.8 c
SA: 1.2 (tiram)	29.2 ab	50.1 ab
SA: 0.4 (captan)	24.5 b	46.6 b
SA: 0.6 (captan)	27.1 ab	46.3 b
SA: 1.2 (captan)	25.4 b	41.5 b

### 4.3 Àrea sota la corba de progressió de la malaltia en fulles

Les variàncies obtingudes de les àrees sota la progressió de la incidència i la severitat de la malaltia en fulles varen ser homogènies en els tres assajos realitzats i el seus residus varen seguir una distribució normal.

En l'assaig realitzat durant l'any 1995 a Can Vidal existien diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre les diferents AUDPC tant per la incidència com per la severitat, però no entre els blocs de repetició de l'assaig (Taula 3.27). En aquesta mateixa finca durant l'any 1996 no es varen observar diferències significatives ( $P > 0.05$ ) entre les AUDPC de la incidència i severitat de la malaltia, però sí que es varen observar entre els blocs de repetició de l'assaig (Taula 3.28).

**Taula 3.27.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.LI. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	4	1018.3	15.01	0.0001
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	59.4	1.17	0.3626
	Error	12	203.6		
	Total	19	1281.3		
AUDPC	Estratègia	4	1599.1	13.50	0.0002
Severitat	Bloc	3	83.6	0.94	0.4512
	Error	12	355.4		
	Total	19	2038.1		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Totes les aplicacions es varen realitzar amb el fungicida tiram.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

**Taula 3.28.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.LI. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	6	825.8	2.05	0.1113
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	1440.0	7.15	0.0023
	Error	18	1208.8		
	Total	27	3474.6		
AUDPC	Estratègia	6	342.0	1.31	0.3035
Severitat	Bloc	3	869.8	6.65	0.0032
	Error	18	784.3		
	Total	27	1996.1		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb els fungicides tiram i captan, segons els llindars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llindars SA:0.4 i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

En la finca de Can Garrofa durant l'any 1996 existien diferències significatives ( $P<0.05$ ) entre les AUDPC per la incidència i severitat. També varen existir diferències entre els diferents blocs de repetició de l'assaig (Taula 3.29).

**Taula 3.29.** Efecte de les estratègies d'aplicació en les àrees sota la corba de progressió de la malaltia (AUDPC) per la incidència i severitat en fulles en l'assaig de Can Garrofa durant l'any 1996. ( $\alpha$ :0.05)

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
AUDPC	Estratègia <sup>b</sup>	8	6708.7	25.23	0.0001
Incidència	Bloc <sup>c</sup>	3	1176.3	11.80	0.0001
	Error	24	797.6		
	Total	35	8682.6		
AUDPC	Estratègia	8	1560.4	23.57	0.0001
Severitat	Bloc	3	294.7	11.87	0.0001
	Error	24	198.6		
	Total	35	2053.7		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions amb tiram i captan setmanals i guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2.

<sup>c</sup>: Efecte del blocs de repetició de l'assaig.

L'anàlisi de les mitjanes de les AUDPC de la incidència, en l'assaig de Can Vidal 1995, va mostrar que l'AUDPC obtinguda del tractament amb tiram amb cadència setmanal va diferir significativament ( $P < 0.05$ ) de la resta de tractaments, inclòs del testimoni no tractat (Taula 3.30). Les AUDPC obtingudes per la resta d'estratègies assajades (tiram aplicat a partir dels llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1) no van diferir significativament ( $P > 0.05$ ) de l'observada en el testimoni no tractat. Per les AUDPC de severitat de la malaltia, en el mateix assaig, es va observar que fulles tractades amb tiram amb una cadència setmanal presentaven l'AUDPC significativament més baixa ( $P < 0.05$ ) que la resta de tractaments (Taula 3.30). L'AUDPC observada en fulles tractades amb tiram a partir d'un llindar de SA:0.6 va diferir ( $P < 0.05$ ) del testimoni sense tractar però també de les tractades setmanalment amb tiram.

En l'assaig realitzat a Can Vidal l'any 1996 les AUDPC tant de la incidència com de la severitat de la malaltia no van diferir significativament per les estratègies assajades (veure Taula 3.31), per aquest motiu no es va realitzar l'anàlisi de separació de mitjanes. No obstant com es pot veure a la Taula 3.31 les AUDPC obtingudes per les estratègies d'aplicació preventives (amb tiram o captan) així com pel tiram aplicat a partir d'un llindar SA:0.4 varen ser les més petites.

**Taula 3.30.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal durant l'any 1995. Dins cada columna mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	97.8 a	64.1 a
Setmanal (tiram)	79.8 b	40.8 c
SA:0.6 (tiram)	93.9 a	52.8 b
SA:1.2 (tiram)	97.0 a	63.2 a
SA: 2.1 (tiram)	99.4 a	62.5 a

**Taula 3.31.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	82.3	42.2
Setmanal (tiram)	75.1	35.4
Setmanal (captan)	66.0	29.9
SA: 0.4 (tiram)	67.5	33.8
SA: 0.6 (captan)	76.5	36.9
SA: 0.6 (tiram)	77.5	36.6
SA: 1.2 (tiram)	77.6	37.6

L'anàlisi de les mitjanes de les AUDPC de la incidència i severitat de la malaltia en l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa durant l'any 1996 es presenta a la Taula 3.32. Les AUDPC d'incidència obtingudes per les estratègies assajades van diferir significativament ( $P < 0.05$ ) del testimoni no tractat. De totes les estratègies assajades, les AUDPC en fulles tractades amb tiram setmanalment o a partir dels llindars SA:0.4 i SA:0.6 varen ser significativament ( $P < 0.05$ ) més petites que en la resta d'estratègies, sent per tant les estratègies que millor van controlar la malaltia. Les AUDPC obtingudes per la resta d'estratègies (tiram aplicat a partir de SA:1.2 i captan aplicat setmanalment o a partir dels llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2) no varen ser significativament diferents entre elles, però si van diferir del testimoni no tractat. El tiram aplicat a partir d'un

llindar SA:1.2 va presentar un control global de la malaltia semblant a l'observat en les estratègies amb captan .

**Taula 3.32.** Àrea mitjana sota la corba de progressió de la malaltia per la incidència i severitat en fulles en funció de l'estratègia, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. Dins cada columna mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	AUDPC-Incidència	AUDPC-Severitat
No tractat	67.2 a	29.4 a
Setmanal (tiram)	25.4 c	10.0 d
Setmanal (captan)	52.7 b	22.7 b
SA: 0.4 (tiram)	24.9 c	8.7 d
SA: 0.6 (tiram)	27.2 c	9.1 d
SA: 1.2 (tiram)	47.6 b	17.3 c
SA: 0.4 (captan)	47.1 b	19.1 bc
SA: 0.6 (captan)	50.0 b	19.4 bc
SA: 1.2 (captan)	48.1 b	20.6 bc

Les AUDPC de la severitat de la malaltia per fulles tractades amb tiram setmanalment o a partir dels llindars SA:0.4 i SA:0.6 no van diferir significativament ( $P>0.05$ ) entre elles, però sí van diferir ( $P<0.05$ ) de la resta de tractaments. Les AUDPC obtingudes per fulles tractades amb captan aplicat amb qualsevol estratègia (setmanal o a partir dels llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2) no van diferir entre elles, però sí van diferir ( $P<0.05$ ) del testimoni sense tractar.

#### 4.4 Anàlisi epidemiològica amb models de progressió de la malaltia

L'evolució en el temps de la incidència de la malaltia en fruits es va ajustar als models monomolecular, logístic i Gompertz en la seva forma linearitzada (Madden i Campbell, 1990). L'ajust es va realitzar per cada bloc de repetició corresponent a cada estratègia d'aplicació dels fungicides. Els coeficients de determinació ( $R^2$ ) i la probabilitat de l'ajust ( $P$ ) es van utilitzar per determinar el model que millor es va ajustar a les dades experimentals. Dels diferents models analitzats el millor ajust global es va obtenir mitjançant el model de Gompertz, per aquest motiu es presenten els resultats obtinguts amb aquest model. A les Taules 3.33, 3.34 i 3.35 es presenta la incidència de la malaltia inicial ( $y_0$ ), la taxa aparent d'infecció ( $r$ ), el coeficient de

determinació ( $R^2$ ), la probabilitat ( $P>F$ ), el coeficient d'autocorrelació de Durbin-Watson (DW) i l'anàlisi de normalitat dels residus segons la prova de Shapiro-Wilk, per cada estratègia i bloc de repetició en els tres assajos realitzats (Can Vidal els anys 1995 i 1996 i Can Garrofa l'any 1996).

L'ajust de les dades experimentals al model de Gompertz per l'assaig de Can Vidal, durant l'any 1995, no va ser adequat i va dependre de l'estratègia assajada (Taula 3.33). En alguns blocs de repetició de l'assaig, l'ajust va ser significatiu ( $P<0.05$ ) i el coeficient de determinació ( $R^2$ ) elevat, però en altres casos de la mateixa estratègia no. Mitjançant l'anàlisi de Durbin-Watson es va determinar que gairebé en cap cas va existir autocorrelació significativa entre les dades, només en dos casos aquesta autocorrelació va ser incerta. Mitjançant la prova de Shapiro-Wilk es va determinar que tots els residus es varen distribuir normalment.

**Taula 3.33.** Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. S'indiquen els paràmetres d'incidència de la malaltia inicial ( $y_0$ ) i taxa aparent d'infecció ( $r$ )

Estratègia	Bloc	$y_0^a$	$r^b$	$R^2$	$P>F$	DW <sup>c</sup>	W <sup>d</sup>	$P<W^d$
No tractat	1	-0.876	0.00978	0.54	0.0604	2.67	0.863	0.1685
No tractat	2	-0.937	0.00997	0.56	0.0538	1.86	0.934	0.6066
No tractat	3	-0.914	0.00311	0.11	0.4753	2.53	0.788	0.0306
No tractat	4	-1.309	0.01676	0.76	0.0111	1.70	0.900	0.3482
SA:0.6 (tiram)	1	-1.021	0.00458	0.63	0.0328	2.53	0.942	0.6785
SA:0.6 (tiram)	2	-1.300	0.00839	0.88	0.0018	2.95	0.891	0.2936
SA:0.6 (tiram)	3	-1.341	0.00316	0.23	0.2710	2.23	0.855	0.1389
SA:0.6 (tiram)	4	-1.349	0.00378	0.28	0.2221	0.89*	0.944	0.6938
SA:1.2 (tiram)	1	-1.404	0.01219	0.87	0.0020	2.50	0.932	0.5913
SA:1.2 (tiram)	2	-1.562	0.00584	0.37	0.1446	1.52	0.957	0.8066
SA:1.2 (tiram)	3	-1.376	0.00405	0.19	0.3263	2.02	0.938	0.6439
SA:1.2 (tiram)	4	-1.036	0.00738	0.76	0.0104	2.48	0.943	0.6853
SA:2.1 (tiram)	1	-0.686	0.01178	0.57	0.0495	2.48	0.905	0.3748
SA:2.1 (tiram)	2	-0.910	0.00958	0.54	0.0591	3.08	0.817	0.0610
SA:2.1 (tiram)	3	-0.973	0.00763	0.84	0.0036	2.85	0.835	0.0904
SA:2.1 (tiram)	4	-1.446	0.00910	0.72	0.0161	2.64	0.974	0.9347
Setmanal (tiram)	1	-1.296	0.00230	0.28	0.2271	2.16	0.929	0.5639
Setmanal (tiram)	2	-1.622	0.00581	0.83	0.0043	1.07*	0.905	0.3762
Setmanal (tiram)	3	-1.523	0.00301	0.26	0.2388	1.91	0.963	0.8522
Setmanal (tiram)	4	-1.584	0.00434	0.57	0.0489	2.30	0.899	0.3404

<sup>a</sup>: Nivell inicial de malaltia en gompits.

<sup>b</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>c</sup>: Estadístic de Durbin-Watson obtingut en la prova d'autocorrelació. Estan marcats amb (\*) aquells casos en que l'autocorrelació és incerta.

<sup>d</sup>: Estadístics obtinguts en la prova de Shapiro-Wilk per determinar la normalitat dels residus.



L'ajust de les dades experimentals al model de Gompertz per l'assaig de Can Vidal, durant l'any 1996, en general va ser elevat (Taula 3.34). En alguns blocs de repetició de l'assaig l'ajust va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) i el coeficient de determinació ( $R^2$ ) elevat, però en altres casos de la mateixa estratègia no. Mitjançant l'anàlisi de Durbin-Watson es va determinar que gairebé cap cas va existir autocorrelació significativa entre les dades, només en dos casos aquesta autocorrelació va ser incerta. Mitjançant la prova de Shapiro-Wilk es va determinar que tots els residus es varen distribuir normalment.

**Taula 3.34.** Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1996. S'indiquen els paràmetres de incidència de la malaltia inicial ( $y_0$ ) i taxa aparent d'infecció ( $r$ )

Estratègia	Bloc	$y_0^a$	$r^b$	$R^2$	$P > F$	DW <sup>c</sup>	W <sup>d</sup>	$P < W^d$
No tractat	1	-0.580	0.0216	0.51	0.0748	1.79	0.857	0.1484
No tractat	2	-0.826	0.0157	0.80	0.0063	3.59	0.964	0.8575
No tractat	3	-0.774	0.0148	0.66	0.0258	1.64	0.957	0.8025
No tractat	4	-1.046	0.0270	0.91	0.0010	2.58	0.9181	0.4719
SA:0.6 (captan)	1	-0.906	0.0172	0.74	0.0125	1.86	0.932	0.5891
SA:0.6 (captan)	2	-1.086	0.0130	0.72	0.0161	1.51	0.813	0.0557
SA:0.6 (captan)	3	-1.784	0.0184	0.85	0.0032	1.58	0.8342	0.0891
SA:0.6 (captan)	4	-1.235	0.0211	0.62	0.0356	1.40	0.910	0.4135
Setmanal (captan)	1	-1.410	0.0109	0.69	0.0203	3.02	0.983	0.9694
Setmanal (captan)	2	-1.404	0.0104	0.77	0.0092	2.36	0.989	0.9896
Setmanal (captan)	3	-1.396	0.0073	0.74	0.0125	2.51	0.967	0.8808
Setmanal (captan)	4	-2.090	0.0146	0.93	0.0004	2.45	0.917	0.4621
SA:0.4 (tiram)	1	-1.005	0.0076	0.72	0.0165	2.09	0.908	0.4000
SA:0.4 (tiram)	2	-1.784	0.0142	0.63	0.0341	2.29	0.891	0.2962
SA:0.4 (tiram)	3	-1.564	0.0115	0.91	0.0008	2.41	0.843	0.1089
SA:0.4 (tiram)	4	-1.351	0.0141	0.72	0.0163	2.28	0.847	0.1187
SA: 0.6 (tiram)	1	-1.859	0.0206	0.91	0.0008	1.74	0.904	0.3732
SA: 0.6 (tiram)	2	-1.744	0.0154	0.85	0.0029	2.42	0.822	0.4999
SA: 0.6 (tiram)	3	-1.534	0.0256	0.63	0.0333	0.99*	0.8847	0.2579
SA: 0.6 (tiram)	4	-1.612	0.0226	0.67	0.0236	1.61	0.928	0.5528
SA: 1.2 (tiram)	1	-0.929	0.0148	0.94	0.0003	3.31	0.827	0.0754
SA: 1.2 (tiram)	2	-0.704	0.0202	0.80	0.0062	1.09*	0.887	0.2678
SA: 1.2 (tiram)	3	-1.495	0.0187	0.95	0.0002	2.90	0.875	0.2110
SA: 1.2 (tiram)	4	-0.935	0.0213	0.90	0.0015	1.48	0.963	0.8548
Setmanal (tiram)	1	-1.388	0.0108	0.81	0.0060	2.97	0.905	0.3769
Setmanal (tiram)	2	-1.168	0.0008	0.00	0.9020	2.16	0.939	0.6491
Setmanal (tiram)	3	-2.043	0.0175	0.94	0.0003	1.86	0.896	0.323
Setmanal (tiram)	4	-1.434	0.0069	0.40	0.1269	3.34	0.910	0.4123

<sup>a</sup>: Nivell inicial de malaltia en gompits.

<sup>b</sup>: Taxa d'infecció aparent.

<sup>c</sup>: Estadístic de Durbin-Watson obtingut en la prova d'autocorrelació. Estan marcats amb (\*) aquells casos en que l'autocorrelació és incerta.

<sup>d</sup>: Estadístics obtinguts en la prova de Shapiro-Wilk per determinar la normalitat dels residus.

**Taula 3.35.** Ajust de les dades d'incidència de la malaltia en fruits al model de Gompertz per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, en l'assaig realitzat en la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996. S'indiquen els paràmetres de incidència de la malaltia inicial ( $y_0$ ) i taxa aparent d'infecció ( $r$ )

Estratègia	Bloc	$y_0^a$	$r^b$	$R^2$	P>F	DW <sup>c</sup>	W <sup>d</sup>	P<W <sup>d</sup>
No tractat	1	-0.482	0.0218	0.90	0.0012	2.53	0.918	0.4721
No tractat	2	-0.727	0.0127	0.59	0.0447	2.49	0.964	0.8572
No tractat	3	-1.014	0.0092	0.73	0.0142	2.81	0.876	0.2172
No tractat	4	-1.356	0.0206	0.91	0.0009	2.51	0.884	0.2552
SA: 0.4 (tiram)	1	-1.009	0.0048	0.26	0.2384	1.60	0.909	0.4090
SA: 0.4 (tiram)	2	-1.073	0.0071	0.47	0.0903	1.56	0.938	0.6381
SA: 0.4 (tiram)	3	-1.333	0.0052	0.43	0.1070	2.29	0.976	0.937
SA: 0.4 (tiram)	4	-1.702	0.0097	0.62	0.0359	2.37	0.985	0.9780
SA: 0.6 (tiram)	1	-1.058	0.0086	0.74	0.0126	2.21	0.983	0.9717
SA: 0.6 (tiram)	2	-1.073	0.0080	0.45	0.0966	1.23*	0.874	0.2069
SA: 0.6 (tiram)	3	-1.318	0.0085	0.65	0.0283	2.21	0.935	0.6099
SA: 0.6 (tiram)	4	-1.448	0.0072	0.75	0.0113	1.72	0.929	0.5599
SA: 1.2 (tiram)	1	-0.690	0.0132	0.87	0.0022	1.95	0.895	0.3141
SA: 1.2 (tiram)	2	-0.804	0.0116	0.86	0.0027	2.41	0.907	0.3906
SA: 1.2 (tiram)	3	-1.168	0.0130	0.93	0.0005	2.34	0.979	0.9543
SA: 1.2 (tiram)	4	-1.414	0.0189	0.95	0.0002	2.48	0.924	0.5193
SA: 0.4 (captan)	1	-0.929	0.0141	0.65	0.0291	1.34	0.921	0.4971
SA: 0.4 (captan)	2	-1.108	0.0151	0.65	0.0286	1.38	0.790	0.0323
SA: 0.4 (captan)	3	-0.841	0.0127	0.79	0.0074	1.76	0.863	0.1671
SA: 0.4 (captan)	4	-1.421	0.0088	0.64	0.0317	2.51	0.868	0.1841
SA: 0.6 (captan)	1	-0.609	0.0107	0.44	0.1029	1.24*	0.968	0.8871
SA: 0.6 (captan)	2	-0.530	0.0097	0.75	0.0123	2.11	0.878	0.2282
SA: 0.6 (captan)	3	-1.385	0.0118	0.86	0.0024	2.35	0.851	0.1287
SA: 0.6 (captan)	4	-1.110	0.0121	0.82	0.0051	1.77	0.880	0.2367
SA: 1.2 (captan)	1	-0.846	0.0183	0.83	0.0044	0.90	0.843	0.1081
SA: 1.2 (captan)	2	-1.428	0.0153	0.86	0.0025	1.27	0.904	0.3737
SA: 1.2 (captan)	3	-1.020	0.0094	0.91	0.0008	1.52	0.893	0.3034
SA: 1.2 (captan)	4	-1.576	0.0102	0.71	0.0176	2.50	0.941	0.6653
Setmanal (tiram)	1	-1.574	0.0100	0.67	0.0251	1.11*	0.935	0.6134
Setmanal (tiram)	2	-1.380	0.0069	0.96	0.0001	1.95	0.974	0.9257
Setmanal (tiram)	3	-1.531	0.0087	0.56	0.0538	2.74	0.901	0.3482
Setmanal (tiram)	4	-1.613	0.0089	0.62	0.0364	1.37	0.773	0.0218
Setmanal (captan)	1	-0.998	0.0125	0.71	0.0173	1.08*	0.912	0.4269
Setmanal (captan)	2	-0.488	0.0100	0.76	0.0107	3.03	0.927	0.5410
Setmanal (captan)	3	-0.699	0.0084	0.81	0.0056	2.27	0.983	0.9683
Setmanal (captan)	4	-1.543	0.0126	0.67	0.0236	1.62	0.979	0.9510

<sup>a</sup>: Nivell inicial de malaltia en gompits.

<sup>b</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>c</sup>: Estadístic de Durbin-Watson obtingut en la prova d'autocorrelació. Estan marcats amb (\*) aquells casos en que l'autocorrelació és incerta.

<sup>d</sup>: Estadístics obtinguts en la prova de Shapiro-Wilk per determinar la normalitat dels residus.

L'ajust de les dades experimentals al model de Gompertz per l'assaig de Can Garrofa, durant l'any 1996, en general va ser elevat (Taula 3.35). En alguns blocs de repetició de l'assaig l'ajust va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) i el coeficient de determinació ( $R^2$ ) elevat, però en altres casos de la mateixa estratègia no. Mitjançant l'anàlisi de

Durbin-Watson es va determinar que gairebé en cap cas va existir autocorrelació significativa entre les dades, només en quatre casos aquesta autocorrelació va ser incerta. Mitjançant la prova de Shapiro-Wilk es va determinar que tots els residus es varen distribuir normalment.

Es van comparar els nivells de incidència de la malaltia inicial ( $y_0$ ), la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i el temps necessari per assolir la meitat de la malaltia màxima observada en el testimoni ( $t_{50}$ ) entre les estratègies d'aplicació de fungicides. Per realitzar aquestes comparacions només es varen utilitzar les dades d'aquells blocs en els quals l'ajust al model lineal de Gompertz havia estat significatiu ( $P < 0.05$ ), la resta es van desestimar.

La distribució dels residus dels paràmetres  $y_0$ ,  $r$  i  $t_{50}$  no va diferir d'una distribució normal i les seves variàncies varen ser homogènies.

Es va realitzar l'anàlisi de la variància a partir dels paràmetres del model de Gompertz per determinar l'efecte de les estratègies en l'assaig de la finca comercial de Can Vidal durant l'any 1995. Només es varen observar diferències significatives entre estratègies pel paràmetre  $t_{50}$  (Taula 3.36).

**Taula 3.36.** Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$  obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1995. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.LI. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
$y_0^b$	Estratègia <sup>c</sup>	4	0.542	2.09	0.1740
	Error	8	0.518		
	Total	12	1.060		
$r^d$	Estratègia	4	0.0000758	2.51	0.1246
	Error	8	0.0000604		
	Total	12	0.0001362		
$t_{50}^e$	Estratègia	4	39170.7	15.23	0.0008
	Error	8	5144.6		
	Total	12	44315.3		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits.

<sup>c</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.6, SA:1.2 i SA:2.1). Totes les aplicacions es varen realitzar amb el fungicida tiram.

<sup>d</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>e</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia màxima observada en el testimoni no tractat.

En la finca de Can Vidal durant l'any 1996 les diferències entre estratègies varen ser significatives ( $P < 0.05$ ) pels tres paràmetres ( $y_0$ ,  $r$  i  $t_{50}$ ) del model de Gompertz (Taula 3.37).

**Taula 3.37.** Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa d'infecció aparent ( $r$ ) i  $t_{50}$  obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.Ll. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
$y_0^b$	Estratègia <sup>c</sup>	6	2.089	3.54	0.0172
	Error	18	1.773		
	Total	24	3.862		
$r^d$	Estratègia	6	0.000348	3.73	0.0137
	Error	18	0.000280		
	Total	24	0.000628		
$t_{50}^e$	Estratègia	6	28380.9	12.53	0.0001
	Error	18	6792.5		
	Total	24	35173.4		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits

<sup>c</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals i aplicacions guiades pel model STREP amb els fungicides tiram i amb captan, segons els llindars SA:0.6 amb fungicida tiram i captan i els llindars SA:0.4 i SA:1.2 amb el fungicida tiram).

<sup>d</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>e</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia màxima observada en el testimoni no tractat.

En l'assaig realitzat a Can Garrofa durant l'any 1996, l'efecte de l'estratègia d'aplicació va ser significatiu ( $P < 0.05$ ) pel paràmetre  $t_{50}$  (Taula 3.38). L'efecte en la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) estava en el límit de significació ( $P:0.0555$ ). Pel nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ) l'efecte de l'estratègia no va ser significatiu ( $P > 0.05$ ).

**Taula 3.38.** Efecte de les estratègies d'aplicació de fungicides en el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$  obtinguts a partir de l'ajust de les dades d'evolució de la incidència en fruits al model Gompertz durant l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa l'any 1996. ( $\alpha:0.05$ )

Variable	Font de variació	G.L. <sup>a</sup>	Suma de quadrats	F	P<F
$y_0^b$	Estratègia <sup>c</sup>	8	1.531	1.74	0.1446
	Error	22	2.418		
	Total	30	3.949		
$r^d$	Estratègia	8	0.000203	2.33	0.0555
	Error	22	0.000240		
	Total	30	0.000443		
$t_{50}^e$	Estratègia	8	46795.8	5.50	0.0007
	Error	22	23399.4		
	Total	30	70195.2		

<sup>a</sup>: Graus de llibertat.

<sup>b</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits.

<sup>c</sup>: Estratègies d'aplicació del fungicida (testimoni no tractat, aplicacions setmanals amb tiram i captan així com aplicacions guiades pel model STREP segons els llindars SA:0.4, SA:0.6 i SA:1.2.

<sup>d</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>e</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada en el testimoni no tractat.

Malgrat que l'anàlisi de la variància realitzat per la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ) per l'assaig de la finca de Can Vidal durant l'any 1995 no van presentar diferències significatives ( $P < 0.05$ ) entre les estratègies assajades, l'anàlisi de les mitjanes mitjançant la prova de Waller-Duncan sí que va separar dos grups pel que fa a la taxa d'infecció aparent ( $r$ ), però no pels nivells inicials de la malaltia ( $y_0$ ). Per aquest motiu els resultats s'han d'interpretar amb precaució. Com es pot observar a la Taula 3.39, la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) va diferir entre l'aplicació amb tiram amb cadència setmanal i el testimoni no tractat. Aquesta taxa aparent d'infecció no va diferir respecte a l'observada per les estratègies d'aplicació de tiram a partir dels llindars SA:0.6 i SA:1.2, ni de tiram aplicat a partir d'un llindar SA:2.1 (encara que aquest llindar no es va superar durant l'assaig). També es pot observar que no va haver-hi diferències entre els nivells inicials de la malaltia ( $y_0$ ) per les estratègies.

Pel que fa al temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada en el testimoni al final de l'assaig ( $t_{50}$ ), els valors van ser significativament superiors en l'estratègia d'aplicació de tiram amb una cadència setmanal (195 dies) respecte a la resta d'estratègies o al testimoni no tractat (30 dies). El  $t_{50}$  estimat per l'estratègia d'aplicació del tiram a partir d'un llindar SA:0.6 va ser de 82 dies.

**Taula 3.39.** Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$  del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1995. Per cada paràmetre mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	$y_0^u$	$r^w$	$t_{50}^x$
No tractat	-1.0403 a	0.012170 a	31.99 b
Setmanal (tiram)	-1.6033 a	0.005079 b	194.87 a
SA:0.6 (tiram)	-1.0029 a	0.006489 ab	82.29 b
SA:1.2 (tiram)	-1.1605 a	0.009785 ab	59.11 b
SA: 2.1 (tiram)	-1.2201 a	0.009526 ab	41.88 b

<sup>u</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits.

<sup>w</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>x</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada en el testimoni no tractat.

Les anàlisis de les mitjanes dels paràmetres del model de Gompertz en fruits per l'assaig de Can Vidal durant l'any 1996 van mostrar que el nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ) pel tractament amb tiram o captan amb cadència setmanal o a partir d'un llindar SA:0.6 amb tiram, van ser més baixos que el nivell estimat en el testimoni no tractat (Taula 3.40). El nivell estimat pel tiram aplicat a partir d'un llindar SA:0.4 va ser intermedi sense diferir de l'estimat pel testimoni no tractat ni per l'estimat del tractat setmanalment. La taxa aparent d'infecció ( $r$ ) pel captan aplicat amb cadència setmanal i pel tiram aplicat a partir del llindar SA:0.4 van diferir del testimoni no tractat, però no del tiram aplicat setmanalment o del captan aplicat a partir del llindar SA:0.6. Aquestes darreres taxes (tiram aplicat setmanalment o captan a partir del llindar SA:0.6) no van diferir del testimoni no tractat. El  $t_{50}$  va ser significativament superior pel tiram aplicat setmanalment o a partir del llindar SA:0.4 i pel captan aplicat setmanalment (entre 110 dies i 140 dies) que pel testimoni no tractat. Aquest temps per l'estratègia del tiram a partir del llindar SA:0.6 també va diferir del testimoni no tractat.

**Taula 3.40.** Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$  del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació dels fungicides durant l'assaig realitzat en la finca de Can Vidal l'any 1996. Per cada paràmetre mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan (K:100)

Estratègia	$y_0^u$	$r^w$	$t_{50}^x$
No tractat	-0.8820 a	0.019199 a	41.34 c
Setmanal (tiram)	-1.7153 b	0.014159 abc	113.90 a
Setmanal (captan)	-1.5751 b	0.010824 c	138.14 a
SA: 0.4 (tiram)	-1.4261 ab	0.011849 bc	111.99 a
SA: 0.6 (tiram)	-1.6875 b	0.020925 a	78.24 b
SA: 1.2 (tiram)	-1.0156 a	0.018748 ab	49.11 bc
SA: 0.6 (captan)	-1.2528 ab	0.017455 abc	65.97 bc

<sup>u</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits.

<sup>w</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>x</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia màxima observada en el testimoni no tractat.

Les anàlisis de les mitjanes pels paràmetres del model de Gompertz en fruits per l'assaig de la finca comercial de Can Garrofa durant l'any 1996 s'han d'interpretar amb precaució (Taula 3.41). El nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ) tot i que amb l'anàlisi de les variàncies no es varen determinar diferències significatives degudes a les estratègies, al realitzar la prova de separació de mitjanes de Waller-Duncan es va obtenir que el tractament amb tiram aplicat a partir d'un llindar de tractament SA:0.4 va diferir del testimoni no tractat. El nivell inicial ( $y_0$ ) per la resta d'estratègies no va diferir del testimoni no tractat. S'ha de recordar, però, que més d'un 60% de la variabilitat ( $R^2:0.39$ ) no es va explicar per les estratègies d'aplicació del fungicida (veure Taula 3.38). La taxa aparent d'infecció ( $r$ ) pels tractaments amb tiram aplicats amb cadència setmanal o amb un llindar SA:0.6 van diferir de les estimades pel testimoni no tractat. Per la resta d'estratègies la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) no van diferir ni del testimoni no tractat ni dels tractaments setmanals. En aquest cas també s'ha de recordar que el coeficient de determinació va ser baix ( $R^2:0.46$ ). El temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada al final de l'assaig ( $t_{50}$ ) estimat per les diferents estratègies va ser el paràmetre que va presentar uns resultats més raonables. Aquest temps va ser molt superior (entre 150 i 166 dies) per les estratègies d'aplicació de tiram amb una cadència setmanal o a partir dels llindars SA:0.4 i SA:0.6 que en la resta d'estratègies assajades

incloent-hi el testimoni no tractat (56 dies). En aquest cas el coeficient de determinació va ser més elevat ( $R^2$ : 0.66).

**Taula 3.41.** Mitjanes dels paràmetres nivell inicial de la malaltia ( $y_0$ ), taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i  $t_{50}$ , del model de Gompertz en fruits, per les diferents estratègies d'aplicació de fungicides, durant l'assaig realitzat en la finca de Can Garrofa l'any 1996. Per cada paràmetre mitjanes amb la mateixa lletra no difereixen significativament segons la prova de Waller-Duncan. (K:100)

Estratègia	$y_0^u$	$r^w$	$t_{50}^x$
No tractat	-0.8947 a	0.016079 a	56.17 b
Setmanal (tiram)	-1.5245 ab	0.008646 b	165.58 a
Setmanal (captan)	-0.9319 a	0.010744 ab	74.40 b
SA: 0.4 (tiram)	-1.7023 b	0.009689 ab	164.63 a
SA: 0.6 (tiram)	-1.2795 ab	0.007896 b	149.62 a
SA: 1.2 (tiram)	-1.0191 ab	0.014196 ab	63.66 b
SA: 0.4 (captan)	-1.0745 ab	0.012672 ab	82.95 b
SA: 0.6 (captan)	-1.0087 ab	0.011214 ab	78.19 b
SA: 1.2 (captan)	-1.2175 ab	0.013320 ab	91.82 b

<sup>u</sup>: Nivell inicial de la malaltia en gompits.

<sup>w</sup>: Taxa aparent d'infecció.

<sup>x</sup>: Temps necessari per assolir la meitat de la malaltia observada en el testimoni no tractat.



## Discussió

### 1. El model STREP

El model STREP es va elaborar mitjançant l'ajust per regressió polinòmica a les dades d'intensitat de la malaltia obtingudes en plantes inoculades artificialment amb *S. vesicarium*, sotmeses sota condicions controlades a diferents períodes d'humectació i temperatures (Montesinos i col., 1995a). Es va obtenir una relació matemàtica entre la severitat de la malaltia i la durada del període d'humectació i la temperatura durant aquest període. De la mateixa manera s'han elaborat models d'infecció per altres malalties (Eyal i col., 1977; Eisensmith i Jones, 1981; Grove i col., 1985; Bulger i col., 1987; Carisse i Kushalappa, 1990; Lalancette i col., 1988; Schuh, 1991; Evans i col., 1992; Jacome i Schuh, 1992; Trapero-Casas i col., 1992). Dins els models anomenats empírics o analítics existeixen els models estadístics o polinòmics i els models mecanicístics (Marin, 1996). Els models polinòmics són models estadístics senzills, però presenten l'inconvenient que tenen poc significat biològic (Carisse i Kushalappa, 1990). Tot i això amb els models polinòmics es poden obtenir conclusions de rellevància biològica a partir de la forma de la superfície de resposta (Evans i col., 1992). Un altre mètode que s'utilitza és la funció de Richards (Waggoner, 1986), que conté paràmetres amb significat biològic, com l'asíptota ( $K$ ) i la taxa d'infecció relativa ( $r$ ). Però és més difícil d'ajustar i l'estimació dels paràmetres no sempre és possible (Carisse i Kushalappa, 1990) com ha estat en el nostre cas. Es va provar ajustar les dades experimentals al model de Richards, però el grau d'ajust va ser inferior a l'aconseguit amb l'ajust polinòmic.

L'equació del model STREP dona un valor de severitat en funció de la durada de la humectació i la temperatura. Però aquest valor no es pot extrapolar directament, s'ha de relativitzar per poder fer comparacions respecte a les condicions experimentals específiques en que es va elaborar el model. Per relativitzar-lo es va dividir la severitat estimada pel valor màxim de severitat possible obtenint un índex (oscil·la entre 0 i 1) que es pot utilitzar com índex de risc ( $S$ ). Aquest índex de risc és diari, s'obté a partir de les condicions ocorregudes durant un període de 24 h. L'evolució dels paràmetres climàtics al llarg del període vegetatiu de la perera en finques comercials i els experiments sobre el seu efecte en la biologia infecciosa de *S. vesicarium* (veure capítol

2) fan pensar que com a criteri d'activitat del patogen no es poden considerar períodes de temps massa discrets (24 h), sinó que s'ha de tenir en compte l'efecte acumulatiu d'aquestes condicions. Per tant no sembla segur prendre la decisió de realitzar un tractament amb fungicida només pel risc d'infecció d'un dia. Per aquest motiu els llandars de tractaments es varen utilitzar a partir dels índexs de risc diari (S) acumulats durant tres dies (SA). En assajos previs fets per Montesinos i Vilardell (1992) es realitzaven els tractaments en funció de les prediccions del model FAST (Madden i col., 1978), i s'utilitzaven índexs de risc acumulats durant set dies. El fet que el model STREP estigui elaborat específicament per *S. vesicarium*, que aquest patogen presenti una velocitat d'infecció molt ràpida i que en condicions controlades i òptimes els símptomes apareixien entre 3 i 5 dies, van fer pensar que set dies era un període de temps massa llarg per realitzar les aplicacions amb fungicida abans de l'aparició de símptomes. Per aquests motius es va utilitzar una acumulació de l'índex de risc diari (S) durant només tres dies.

## **2. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en el control de la malaltia en el moment de collita**

En els assajos realitzats durant l'any 1996 a les finques de Can Vidal i Can Garrofa el fungicida captan va presentar un control de la malaltia molt diferent. En l'assaig realitzat a Can Vidal el control de la malaltia va ser semblant a l'obtingut amb tiram, però en l'assaig realitzat a Can Garrofa els tractaments amb captan no van disminuir ni la incidència ni la severitat de la malaltia respecte al testimoni no tractat. El producte, la dosi, la maquinària utilitzada per realitzar els tractaments i la forma d'aplicació utilitzades en els dos assajos van ser els mateixos. Per tant aquestes diferències en el control de la malaltia, utilitzant captan, només es poden atribuir a les característiques climatològiques, o d'altre tipus, pròpies de cada finca. Aquestes condicions climatològiques podrien fer disminuir l'efectivitat del producte. El captan és un fungicida que en altres assajos ha presentat un comportament irregular (Ponti i col., 1993). Es va incloure aquest producte l'any 1996 donat el bon control de la malaltia que havia presentat en assajos previs realitzats, així com per la capacitat postinfecciosa que semblava presentar (veure capítol 1). Però abans de desestimar aquest producte en una estratègia de control racional de l'estemfiliosi seria necessari realitzar més assajos.

A partir dels resultats obtinguts amb el fungicida tiram es confirma que quan augmenta la pressió de la malaltia disminueix l'eficàcia en el seu control. Els tractaments realitzats setmanalment a Can Vidal durant l'any 1995 (30.5 % de fruits amb lesions en testimoni no tractat) van presentar una eficàcia del 82 %, però els realitzats l'any següent (65 % de fruits amb lesions en testimoni no tractat) presentaven una eficàcia del 63-67 %.

Els llindars de tractament amb un índex de risc acumulat SA:2.1 i SA:1.2 van ser massa elevats ja que el llindar SA:2.1 no es va superar mai i el llindar SA:1.2 només es va superar 3 vegades l'any 1995. Per tant es pot considerar que aquests llindars s'han de desestimar en programes de control racional de l'estemfiliosi mitjançant el model STREP.

Utilitzar un llindar de tractament amb un índex de risc acumulat de SA:0.6 va donar bons resultats en fruits. En tots els assajos es va reduir tant la incidència com la severitat de la malaltia respecte al testimoni no tractat. En dos dels assajos (Can Vidal 1995 o 1996) el control de la incidència va ser inferior a l'obtingut amb els tractaments setmanals, però en un tercer assaig (Can Garrofa, 1996) el control va ser el mateix que amb els tractaments setmanals. El control de la severitat, en tots els assajos, no va diferir de l'obtingut amb els tractaments setmanals. Les eficàcies dels tractaments guiats en el control de la incidència van oscil·lar entre 37-50% i en el de la severitat entre 50-69%, mentre que en els tractaments setmanals l'eficàcia va estar entre el 63-67% per la incidència i 78-80% per la severitat. No obstant la reducció del nombre de tractaments va ser del 70% en els assajos de Can Vidal i del 48% a Can Garrofa. En l'assaig realitzat a Can Vidal l'any 1996, els resultats van ser els mateixos utilitzant captan que utilitzant tiram. És pot considerar aquesta reducció com molt important, però pensem que utilitzar aquest llindar de tractament s'ha de reservar per a finques amb poca concentració d'inòcul o amb una varietat menys sensible que la utilitzada en els nostres assajos (Passe Crassane), doncs l'eficàcia és menor que el tractament setmanal. En finques amb poca pressió d'inòcul el llindar SA:0.6 pot presentar un control de la malaltia igual a l'obtingut amb els tractaments setmanals, però amb una reducció molt important del nombre de tractaments realitzats.

Els tractaments realitzats utilitzant com a criteri superar l'índex de risc acumulat SA:0.4, van controlar tant la incidència com la severitat de la malaltia (56-63% per la incidència, 75% per la severitat) amb la mateixa eficàcia que realitzant els tractaments

setmanalment (63-67% per la incidència i 78-80% per la severitat). El nombre de tractaments necessaris es va reduir en un 26 % a Can Garrofa i un 50 % a Can Vidal 1996. Aquest estalvi és molt significatiu si es té en compte que en tots els casos l'eficàcia no difereix significativament dels tractaments setmanals i el llindar sembla, per tant, segur en condicions de forta pressió de la malaltia. Utilitzant models de predicció de malaltia per altres patògens, s'han aconseguit estalvis en el nombre d'aplicacions als voltants d'un 30 % (Boue, 1978; Funt i col., 1990; Shtienberg i Fry, 1990; Gleason i col., 1995) i un 50 % (Dainello, 1984; Keinath i col., 1996).

Les finques on es van realitzar els assajos presentaven característiques òptimes per l'estemfiliosi: elevada concentració d'inòcul i varietat molt sensible a la malaltia (Passe Crassane). A més Passe Crassane és una varietat molt tardana, la recol·lecció es realitza a començaments d'octubre. Això vol dir que la planta hoste està exposada a infeccions durant el període que va de finals d'agost fins a octubre, quan les condicions d'humectació són òptimes pel desenvolupament del fong (veure capítol 2). Per tots aquests motius els resultats obtinguts demostren la fiabilitat de les prediccions del model STREP sota condicions de desenvolupament òptimes pel fong. Si per aquestes condicions, les aplicacions de fungicida guiades pel model STREP han estat suficients per controlar la malaltia amb una eficàcia semblant a l'obtinguda amb els tractaments setmanals, per condicions menys favorables pel desenvolupament de l'estemfiliosi cal pensar que el model STREP seguirà sent vàlid per guiar els tractaments. Aquests resultats coincideixen amb els obtinguts en assajos similars de control guiat de l'estemfiliosi amb el model STREP realitzats a la zona d'Emilia-Romagna, durant els anys 1995 i 1996, amb la varietat Abate Fétel (Brunelli i Ponti, comunicació personal). Aquesta corroboració dels nostres resultats dona més consistència a la capacitat predictiva del model STREP per varietats de perera i zones geogràfiques diferents de la nostra.

Els resultats obtinguts amb la proporció de pèrdues reafirmen el bon control de la malaltia en fruits pels tractaments guiats pel model STREP a partir de llindars SA:0.4 o SA:0.6.

Cal remarcar també alguns aspectes relacionats amb el fet que els assajos de camp presenten en general una problemàtica d'heterogeneïtat de distribució de la malaltia i això pot afectar en l'avaluació de l'efecte dels tractaments. En l'assaig realitzat a Can Garrofa es varen observar diferències significatives entre els blocs de

repetició. Aquesta diferència podria ser deguda a un gradient en la dispersió de l'inòcul que fa pensar que tot i que la dispersió dels conidis es realitza mitjançant el vent, les distàncies a on pot arribar aquest inòcul no són massa elevades, potser com a conseqüència de les característiques de tamany i pes dels conidis de *S. vesicarium*. En altres finques s'ha observat que coexisteixen en el temps zones amb un nivell de la malaltia important amb altres zones, situades a poca distància (200 m), amb un nivell molt més baix. Aquest és un aspecte poc conegut. No obstant les diferències observades entre els blocs de repetició de l'assaig també podrien ser degudes a les característiques dels arbres, doncs existia un cert gradient de tamany entre els arbres d'aquests blocs.

El control de la malaltia en fulles ha estat en funció de l'assaig. La incidència de la malaltia en els assajos realitzats en la finca de Can Vidal (anys 1995 i 1996) ha estat gairebé la mateixa per tots els tractaments realitzats, només en l'assaig de l'any 1995 es va observar una disminució de la incidència en fulles tractades amb tiram setmanalment. En l'assaig realitzat a la finca de Can Garrofa el control de la incidència en fulles ha sigut semblant que per fruits, observant-se una disminució significativa de la incidència en tots els tractaments realitzats amb tiram setmanalment o amb els llindars SA:0.4 i 0.6. En els assajos de Can Vidal i Can Garrofa l'any 1996 va haver-hi una reducció significativa de la severitat de la malaltia en fulles en els tractaments realitzats amb tiram. En general la incidència observada en fulles ha estat més elevada que l'observada en fruits. Això pot ser una conseqüència de que la fulla és un material vegetal més sensible a la infecció de *S. vesicarium* que el fruit, sobretot les fulles joves. Els fruits són els mateixos al llarg del període vegetatiu i la seva sensibilitat va disminuint a mesura que maduren. Per una altra part, l'elevada quantitat d'estomes en fulles suposa l'existència de moltes possibles vies de penetració del fong. Per tant no és d'estranyar que la incidència que es va obtenir en els tres assajos fos més elevada en fulles que en fruits. En fruits la incidència és un paràmetre molt important, ja que una sola lesió provoca la seva depreciació comercial, però en fulles no. Malgrat que a nivell comercial els danys en fulles no tenen importància econòmica directa, a nivell epidemiològic poden tenir més importància que els danys en fruits. En una plantació gestionada correctament, els fruits amb lesions són destruïts o allunyats de la plantació, però les fulles no. Des d'un punt de vista epidemiològic en fulles és més important la severitat de la malaltia que la incidència. Una severitat alta indicaria un elevat nombre de necrosis en les fulles. Per tant la producció d'inòcul secundari en aquestes necrosis

també podria ser més elevada, amb les conseqüències en el desenvolupament de l'epidèmia que això comportaria. A més és precisament en les fulles on a l'hivern es troba el reservori de *Pleospora alli* a partir del qual s'alliberarà l'inòcul primari l'any següent. Per una altra part, una elevada severitat en fulles provoca greus problemes fisiològics en la planta, ja que la presència de necrosis disminueix la capacitat fotosintètica de la fulla i inclòs pot provocar la defoliació dels arbres. No s'ha d'infravalorar la importància del control de la malaltia en fulles. L'efecte de les estratègies utilitzades en el control de la malaltia en fulles queda més ben reflectit en la severitat de la malaltia que en la incidència. El control de la severitat de la malaltia en fulles, en els tractaments guiats mitjançant el model STREP, ha estat semblant a l'obtingut en els fruits. Això reafirma la fiabilitat del model en les prediccions d'estemfiliosi.

### **3. Efecte dels tractaments guiats pel model STREP en la progressió de la malaltia**

La progressió de la malaltia en fruits al llarg del temps, durant els tres assajos realitzats, presenta unes característiques semblants doncs en tots els casos la progressió de la malaltia és molt lenta. Així mateix s'aprecien augments en els nivells de la malaltia després de dies amb un nivell de risc acumulat (SA) elevat, particularment de  $SA \geq 0.6$ . Es pot apreciar com la progressió de la malaltia en fruits tractats amb tiram a partir d'un llindar  $SA:0.4$  és semblant que aplicant el tiram setmanalment.

La progressió de la malaltia en fulles al llarg del temps és més ràpida que en fruits. En els assajos de Can Vidal (1995 i 1996) tant la incidència com la severitat arriba al màxim en uns 45 dies i després s'estabilitza. Aquests resultats coincideixen amb els obtinguts en els assajos exposats en el capítol 1. A Can Garrofa la progressió de la incidència en fulles és més lenta, però la progressió de la severitat no. La darrera avaluació de les fulles a Can Garrofa es va realitzar quan moltes fulles presentaven coloracions degudes a la presència d'antocians, característica prèvia a la defoliació de la tardor. Aquest fet podria haver interferit en la darrera avaluació de la incidència. Això podria justificar la pujada que s'observa a Can Garrofa en la darrera avaluació, que no coincideix amb un augment de la severitat. Aquesta estabilització en la severitat de la malaltia observada en les fulles des de mitjans de l'estiu, en els tres assajos, podria estar condicionada per l'estat fenològic d'aquestes i la parada vegetativa correspon al pic de l'estiu. Les fulles més joves, per tant les més sensibles, es troben a començaments de la

primavera, al avançar l'estiu aquestes fulles es van endurint més i per tant van perdre sensibilitat.

La comparació estadística de les progressions de la incidència i severitat de la malaltia en fruits i fulles es va realitzar mitjançant la comparació de les AUDPC i la progressió de la incidència en els fruits amb l'ajust de les corbes obtingudes al model de Gompertz.

Quan es comparen epidèmies de diferent durada és necessari estandarditzar les AUDPC dividint-les per la durada de l'epidèmia (Berger, 1981), en el nostre cas no va ser necessària aquesta estandardització donat que es comparaven epidèmies de la mateixa durada. L'anàlisi de les AUDPC mitjanes obtingudes per cada tractament, confirma els resultats obtinguts al analitzar la incidència i severitat de la malaltia en fruits en el moment de collita. L'AUDPC obtinguda en els tractaments amb tiram aplicats setmanalment o a partir d'un llindar SA:0.4 és similar entre ells, i més petita que en el testimoni no tractat. Aquesta disminució està entre un 66 i 80 % per la AUDPC-incidència i entre un 73 i 85 % per la AUDPC-severitat. D'aquesta manera es confirma una eficàcia del control similar entre els tractaments aplicats setmanalment o a partir d'un llindar SA:0.4 durant tota l'epidèmia. Realitzant les aplicacions a partir d'un llindar SA:0.6 es va obtenir que per la AUDPC-incidència no existien diferències respecte als tractaments setmanals en els assajos de Can Vidal l'any 1995 i Can Garrofa l'any 1996, però sí en l'assaig Can Vidal l'any 1996. L'anàlisi de la AUDPC-severitat per aquest llindar (SA:0.6) va demostrar que hi havia diferències respecte als tractaments setmanals en els assajos de Can Vidal (1995 i 1996), però no en els assajos de Can Garrofa. Això confirma el fet que el llindar SA:0.6, tot i presentar un control de la malaltia al llarg del temps, aquest pot ser lleugerament inferior a l'obtingut amb els tractaments setmanals. La disminució de les àrees utilitzant tiram i aquest llindar respecte a les obtingudes en el testimoni no tractat varen estar entre un 45 i 64% per la incidència i entre un 45 i 70 % per la severitat. Aquest llindar segurament presentaria el mateix control de la malaltia, al llarg del temps, que els tractaments setmanals en finques amb una pressió d'inòcul més baixa o amb una varietat menys susceptible. És interessant observar que en l'assaig realitzat a Can Vidal l'any 1995 l'aplicació de tiram al superar el llindar SA:1.2, en tres ocasions, va permetre una reducció significativa de l'AUDPC respecte al testimoni no tractat d'un 59 % per la incidència i un 68 % per la severitat. Amb el fungicida captan, en els assajos realitzats a Can Vidal l'any 1996 els

resultats són similars als obtinguts amb tiram. En els assajos de Can Garrofa utilitzant captan, en alguns casos es va observar disminució significativa de les AUDPC respecte al testimoni no tractat. Però en tots els casos aquesta disminució no va ser molt gran, entre un 28 i 35% per la incidència i entre un 42 i 54% per la severitat.

Els resultats obtinguts considerant l'anàlisi de les AUDPC per la incidència i la severitat de la malaltia en les fulles van dependre de l'assaig. En l'assaig de Can Vidal al 1995, l'AUDPC-incidència només va ser significativament inferior en els tractaments setmanals, amb una reducció de l'àrea de tan sols el 18 % respecte al testimoni no tractat. En el mateix assaig es va observar una reducció significativa de l'AUDPC-severitat pel tractament setmanal i pels tractaments realitzats a partir d'un llindar SA:0.6, amb una reducció respecte al testimoni no tractat del 36% i 17 % respectivament. En l'assaig de Can Vidal no varen existir diferències entre les AUDPC mitjanes obtingudes pels diferents tractaments. En l'assaig de Can Garrofa es varen confirmar els resultats obtinguts pels fruits. Les AUDPC varen ser inferiors en els tractaments setmanals i a partir de llindars SA:0.4 i SA:0.6. La reducció de les àrees respecte al testimoni no tractat van estar al voltant del 60 % per la incidència i entre el 66 i 70% per la severitat. Aquests resultats demostren que el control de la malaltia en fulles és més difícil, sobretot si es mesura la malaltia amb la incidència d'aquesta. Això podria ser degut a la major susceptibilitat de les fulles a les infeccions al disposar de moltes vies d'entrada i possiblement a les característiques del teixit vegetal. També podria ser una conseqüència del fet que en fulles els símptomes apareixen abans que en fruits (Moragrega, 1994), per tant les infeccions es desenvolupen més ràpidament afectant l'eficàcia dels productes.

Es va avaluar també la progressió de la malaltia ajustant les corbes a alguns dels models matemàtics utilitzats en epidemiologia com el monomolecular, logístic i Gompertz. Es van utilitzar les formes linearitzades dels models perquè ajustar les corbes a la forma integral dels models requereix utilitzar regressió no lineal. En les anàlisi de regressió no lineal és necessari fixar els intervals dels paràmetres  $r$  (taxa relativa epidèmica) i  $B$  (constant d'integració específica per cada model). En funció d'aquest interval de valors inicials es realitzarà l'ajust amb els càlculs corresponents. La fixació d'un interval erroni pot produir un model molt esbiaixat. Per una altra part els procediments de regressió no lineal requereixen almenys 3 observacions en el temps per cada paràmetre estimat (Neher i Campbell, 1992), però tenen la capacitat òptima



d'estimació s'obté quan el nombre d'observacions és molt elevat ( $n > 20$ ) (Berger, 1981). Els paràmetres que es volien estimar eren dos ( $r$  i  $B$ ) per tant serien necessàries almenys 6 avaluacions de la malaltia, i en els assajos realitzats el nombre d'avaluacions va ser de 7-8. Es pot considerar que aquest era un nombre d'avaluacions massa just en el nostre cas. Malgrat això es varen realitzar procediments no lineals per ajustar les corbes, però es varen obtenir una gran quantitat d'indeterminacions i no es van incloure en els resultats. Per totes aquestes raons es va considerar que era més adient utilitzar la forma linearitzada dels models matemàtics.

En els procediments de regressió lineal que vàrem utilitzar es va considerar el moment inicial de l'epidèmia quan en el testimoni no tractat la incidència superava el 5%, de la mateixa manera que altres autors (Berger, 1981; Neher i Campbell, 1992). El paràmetre que representa el valor màxim de la malaltia ( $K$ ), l'asíptota de la corba, s'ha de fixar abans d'iniciar el procediment de regressió lineal. Utilitzar una valor incorrecte de  $K$  pot afectar als valors estimats de  $y_0$  (nivell inicial de la malaltia) i  $r$  (taxa aparent d'infecció), quan la incidència és inferior al 100% (Neher i Campbell, 1992). En els nostres assajos no es va arribar al 100 % dels fruits amb lesions. Quan això passa, alguns autors aconsellen utilitzar regressió no lineal (Neher i Campbell, 1997). Però malgrat que és discutible, altres autors (Marin, 1996) consideren que és correcte utilitzar un valor de  $K=1$  (100%), encara que la incidència de la malaltia observada no assoleixi aquest valor. L'ajust de les corbes obtingudes en els tres assajos mitjançant regressió lineal es va efectuar ajustant la  $K$  al valor real d'incidència màxima observada (diferent pels tres assajos) i també ajustant  $K=1$  (100%). Els millors ajusts es varen obtenir quan es va fixar la  $K=1$  (100%), i correspon a les dades presentades en els resultats. El model de Gompertz va ser el model al qual es van ajustar millor les dades en els tres assajos. A més aquest model presenta una sèrie d'avantatges respecte al model logístic entre les que cal citar que les estimacions de la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) i de la malaltia inicial ( $y_0$ ) solen ser més precises que en el model logístic (Berger, 1981).

Quan es compara la progressió de la malaltia al llarg del temps per avaluar l'efecte de diferents tractaments és necessari que les dades d'aquests s'ajustin al mateix model (Marin, 1996). Aquest és un dels motius del baix grau d'ajust global obtingut per algunes de les dades dels assajos. La forma de les corbes per cada tractament és molt diferent, com es pot veure en els gràfics d'evolució. Les dades s'haurien ajustat millor a

models diferents segons el tractament, però hagués impossibilitat la comparació dels paràmetres obtinguts. Per aquest motiu es va realitzar la comparació amb el model que a nivell global es va ajustar millor a les dades, tot i no ser el millor ajust per alguns tractaments.

En els assajos de Can Vidal (1996) i Can Garrofa es confirma l'efecte del tractament amb tiram aplicat setmanalment o a partir d'un llindar SA:0.4 en el paràmetre  $t_{50}$ . En alguns casos les estimacions dels paràmetres  $y_0$  i  $r$  s'han d'interpretar amb precaució ja que la variabilitat dels paràmetres estimats explicada per l'efecte dels tractaments és molt baixa (entre un 39 i un 55%). La variabilitat no explicada és conseqüència de que el model de Gompertz, com el logístic, consideren que la taxa aparent d'infecció ( $r$ ) és constant al llarg del temps, i això vol dir que l'ambient i la susceptibilitat de l'hoste són constants (Pfender, 1982; Waggoner, 1986; Hau, 1990), circumstància que no passa en la realitat doncs les infeccions de *S. vesicarium* depenen de la humectació i de la temperatura així com de l'estat fenològic de l'hoste que són canviants al llarg de l'epidèmia. En un intent de corregir aquest problema alguns autors han realitzat modificacions en els models epidemiològics per incorporar els efectes de la temperatura, humitat relativa, humectació i creixement de l'hoste (Kushalappa i Ludwig, 1982; Berger i Jones, 1985; Lalancette i Hickey, 1986; Waggoner, 1986; Hau, 1990; Sall, 1980; Moreno, 1994). En les corbes de progressió de la malaltia es pot observar que en alguns moments hi ha un augment gran de la incidència de la malaltia. La comparació de la taxa aparent d'infecció només quan es donen aquests canvis sobtats, degut a condicions favorables a les infeccions, és millor que comparar la mitjana de la taxa durant tota l'epidèmia (Berger, 1988). Aquest fet també explicaria els resultats obtinguts ja que, com es pot observar en els gràfics d'evolució de la malaltia al llarg del temps, l'augment de les infeccions produïdes per *S. vesicarium* es sol produir a salts en funció de les condicions ambientals. Ajustant als models epidemiològics només els períodes en que es donen aquests salts en el nivell de la malaltia els resultats podrien haver estat millors.

La utilització de models epidemiològics, en aquest treball, s'ha realitzat per comparar els efectes dels tractaments en la progressió de la malaltia. Aquests efectes queden ben reflectits en l'anàlisi realitzat amb les AUDPC. L'AUDPC es pot considerar com a millor índex per avaluar l'efectivitat dels tractaments que la comparació de la taxa aparent d'infecció (Shanner i Finney, 1977; Fry, 1978; Wagonner, 1986). L'avaluació de

l'eficàcia de control de diferents tractaments no es pot realitzar només a partir de les dades obtingudes al final de l'epidèmia, ja que es perd la informació de l'efecte dels tractaments al llarg de la progressió de la malaltia. Per aquest motiu s'ha d'analitzar també l'efecte dels tractaments al llarg del temps tant amb l'anàlisi de les AUDPC com de la taxa aparent d'infecció o d'altres paràmetres. En el present treball els resultats obtinguts de l'anàlisi de les AUDPC reflecteixen acuradament l'efecte dels tractaments en la progressió de la malaltia complementant la informació obtinguda a partir de les dades observades en el moment del final de l'epidèmia, que coincideix amb la collita dels fruits. Per aquests motius no s'ha considerat necessari realitzar anàlisis amb models epidemiològics més complexes.

#### **4. Utilització del model STREP en programes de control racional de l'estemfiliosi de la perera**

L'avaluació de la capacitat predictiva del model STREP (capítol 2) i la utilització d'aquest model en el guiat de les aplicacions de fungicides ha mostrat que és fiable en les seves prediccions. Utilitzar el risc acumulat SA:0.4 com a llindar per a realitzar els tractaments amb tiram controla la malaltia amb la mateixa eficàcia que els tractaments setmanals. Utilitzar el llindar SA:0.6, en finques que presenten condicions òptimes pel desenvolupament de la malaltia, presenta també bons resultats, encara que lleugerament inferiors als obtinguts amb tractaments setmanals. Per tant es conclou que prèvia selecció d'un llindar entre SA:0.4 i SA:0.6 en funció de la finca es podria utilitzar aquest model en programes de control racional de l'estemfiliosi.

Molts models no tenen en compte les diferències de densitat de l'inòcul en cada finca i consideren que finques amb baixa densitat d'inòcul tenen el mateix risc que amb una elevada concentració (Sutton, 1996). Però la concentració de l'inòcul, l'estat fenològic i la susceptibilitat varietal s'haurien de considerar quan s'utilitzen models per guiar els tractaments (MacHardy i Gadoury, 1989). És coneix la susceptibilitat tant de diferents varietats de perera com en funció de l'estat fenològic d'aquestes a l'estemfiliosi (Montesinos i col, 1995b). El model STREP pot adaptar-se a aquestes diferents situacions de risc potencial d'infecció. En finques que es donin concentracions elevades d'inòcul o varietats susceptibles o combinacions d'aquests factors de risc, els tractaments s'haurien de realitzar al superar un valor de risc acumulat SA:0.4. En

aquelles finques que no es donin aquestes situacions es podria utilitzar un llandar més restrictiu com SA:0.6. En aquest sentit seria necessari disposar d'una estima de la concentració d'inòcul que es podria determinar mitjançant la utilització de captospores o bé a partir de la història de la malaltia en la finca, com es fa en el model de Mills pel motejat de la pomera (*Venturia inaequalis*) (Aylor i Sutton, 1992; Aylor, 1993). Finques que en anys anteriors hagin presentat nivells elevats de la malaltia suposen nivells d'inòcul elevat. Tampoc s'ha de descartar la utilització de diferents llandars durant el període vegetatiu de la perera, utilitzant un llandar menys restrictiu al començar el desenvolupament dels fruits per continuar amb un altre llandar més restrictiu quan aquests fruits siguin menys susceptibles.

Utilitzar el model STREP per guiar el moment de realitzar els tractaments presenta una sèrie d'avantatges: una reducció de fungicides en els ecosistemes i per tant una disminució de l'impacte ambiental, una disminució dels residus en els fruits i per tant un benefici pel consumidor, una disminució de risc per la salut del fruticultor que aplica el fungicide, una reducció dels costos de producció sobretot per la disminució de feina i equipament (Funt i col., 1990) i una disminució del risc d'aparició de resistències de *S. vesicarium* als fungicides. Les característiques de *S. vesicarium* són propícies a que apareixin resistències a determinats fungicides. L'aparició de resistències als fungicides pot ocórrer més fàcilment en patògens que esporulen amb freqüència i abundantment, que presenten espores o conidis multinucleades o que disposen d'una fase sexual (Serres, 1994). Com ja s'ha vist (capítol 1) els ditiocarbamats com el tiram, pel seu mecanisme d'acció multipuntual, són productes que no produeixen l'aparició de resistències. Es pot pensar en utilitzar el model STREP per guiar les aplicacions d'altres productes com kresoxim-metil o procimidona i per tant limitar el nombre d'aplicacions realitzades contribuint a prevenir l'aparició de resistències.

L'ús dels ditiocarbamats, en un futur immediat es pot restringir considerablement, per les seves característiques toxicològiques (capítol 1). Una de les limitacions d'utilitzar el model STREP en el control de l'estemfiliosi és la necessitat d'utilitzar fungicides amb activitat postinfecciosa, com passa en models que prediuen altres malalties (Boue, 1978). Han de ser productes eficaços un cop iniciades les infeccions i abans que apareixen els símptomes (Lancette i Hickey, 1986). La recerca de productes alternatius que presentin una bona capacitat de control en fase postinfecciosa ha de ser un objectiu a curt termini. En l'actualitat ja s'estan realitzant

assajos utilitzant kresoxim-metil en aplicacions guiades pel model STREP i es té previst començar nous assajos amb altres productes. Una altra estratègia que es podria seguir és alternar productes. A la regió italiana d'Emilia-Romagna s'aconsella suprimir l'aplicació de ditiocarbamats abans de collita per evitar residus en els fruits i en el seu lloc aconsellen aplicar dicarboximides (procimidona) o clortalonil (Canestrone i col., 1988). Alguns autors han proposat models de predicció de malalties basats en les prediccions del temps i per tant actuant preventivament, d'aquesta manera no cal utilitzar productes amb activitat postinfecciosa (Vincelli i Lorbeer, 1988b; Vincelli i Lorbeer, 1989; Raposo i col., 1993). Però degut a les característiques de la formació d'humectació que a continuació es detallen i a la poca fiabilitat en les prediccions meteorològiques dels diferents serveis de meteorologia nacionals i internacionals com a conseqüència de les característiques intrínseques al clima mediterrani, elaborar models d'aquest tipus no sembla raonable en la nostra zona geogràfica.

Un aspecte important en la utilització del model STREP és el fet que les prediccions es basen en el període d'humectació foliar. Com ja s'ha comentat en el capítol 2, la mesura fiable d'aquest paràmetre és complex i depèn de molts factors, com la posició del sensor, el calibratge, l'angle, el color, etc. S'hauria de normalitzar el tipus de sensor per mesurar la humectació així com la seva col·locació en els arbres. Seria també important realitzar un calibratge dels sensors amb observacions directes de la vegetació (Evans i col., 1992; Gleason i col., 1995). La utilització de sensors d'humectació diferents dels utilitzats en els nostres assajos implicaria la necessitat de canviar el llindar d'humectació, com passa per altres models (Brown i Sutton, 1995).

Per una altra part també s'ha determinat que la durada del període d'humectació està condicionada per les característiques pròpies de cada finca. Assajos realitzats durant el mateix any en finques molt properes (Can Vidal i Can Garrofa) han demostrat que els períodes d'humectació no són extrapolables d'una finca a l'altra. Per tant la utilització de les dades obtingudes en xarxes d'estacions agrometeorològiques no són aconsellables. Per obtenir dades fiables de la durada d'humectació és més aconsellable realitzar la lectura en la pròpia finca. Per altres models de predicció de malalties s'ha vist que la utilització de dades macroclimàtiques han infraestimat el nivell de risc (Cavanni i col., 1990; Gleason i col., 1995; Sutton, 1996). Utilitzar prediccions de l'estemfiliosi a nivell de mesoscala, com es fa per altres malalties (Royer i col., 1989) només pot aportar una informació del risc general en diferents zones geogràfiques, però

aquesta informació no resulta adequada per si mateixa per ser utilitzada en estratègies de control racional de l'estemfiliosi, sinó que s'ha de completar amb dades realitzades *in situ*. Com a conseqüència de l'elevat preu de les estacions meteorològiques automatitzades per col·locar en cada finca, és necessari el disseny i construcció d'aparells de baix cost econòmic per realitzar les lectures dels paràmetres ambientals. En l'actualitat s'està dissenyant un aparell d'aquestes característiques en col·laboració amb la Universitat Politècnica de Catalunya i la Fundació Mas Badia per realitzar les lectures dels paràmetres ambientals. Aquest aparell portarà també implementat el model STREP per la predicció de l'estemfiliosi de la perera i el model de Mills per la predicció del motejat en perera (*Fusicladium pyrorum*), i es podrien incorporar altres models si fos oportú. Aparells d'aquestes característiques ja s'estan utilitzant en la predicció del motejat de la pomera (*Venturia inaequalis*) (Jones i col., 1980).

La informació sobre el risc d'infecció aportada pel model STREP s'hauria de complementar amb informació sobre l' esporulació i sobre l'alliberament de l'inòcul primari de la mateixa manera que es fa per altres malalties (Sutton i Jones, 1976; Leach, 1980; Caesar i Pearson, 1983; Gough i Lee, 1985; Vincelli i Lorbeer, 1988a; Yang i col., 1990; Scherm i van Bruggen, 1994b; Scherm i van Bruggen, 1995b; Sosa-Alvarez i col., 1995; Gadoury i col., 1996; Halama, 1996). Conèixer l'emissió de l'inòcul primari és essencial ja que permet determinar el moment d'inici dels tractaments. En l'actualitat s'està elaborant un model per predir les emissions d'ascòspores de *Pleospora alli* en funció de la temperatura i la humitat relativa. La utilització de dades corresponents a l'alliberament de les ascòspores s'utilitza en el control d'altres malalties (Gadoury i MacHardy, 1982; Hartmann i col., 1982; Gadoury i MacHardy, 1986; James i Sutton, 1982; Reynolds i col., 1987; Aylor i Sutton, 1992; Aylor, 1993; Muckensturm, 1996). Alguns autors proposen iniciar les aplicacions de fungicida per prevenir el motejat en pomera (*Venturia inaequalis*) quan els teixits susceptibles es desenvolupen o bé quan maduren les ascòspores (Gadoury i col., 1992). Aquests dos fets no sempre coincideixen en el temps.

Estudiar les fases del cicle biològic de l'estemfiliosi de la perera que encara no són prou conegudes és important per obtenir un millor control global de la malaltia. Apart dels efectes dels paràmetres ambientals en la maduració i alliberació de les ascòspores comentats anteriorment, no és conegut amb seguretat la font de l'inòcul secundari. No està determinada la procedència de la major part de l'inòcul secundari

durant el període vegetatiu de la perera, ja que les esporulacions en les lesions produïdes pel fong no són massa abundants en els fruits i fulles que queden en l'arbre en comparació a altres malalties com el motejat (*Fusicladium pyrorum*). Tot apunta a que l'esporulació es produeix principalment en les fulles caigudes al sòl durant aquest període. El fet que *S. vesicarium* originàriament fos un fong sapròfit semblaria recolzar aquesta hipòtesi. En altres malalties s'han realitzat prospeccions en la flora propera a l'hoste per localitzar hostes alternatius (Garcia-Jimenez i col., 1990). Per *S. vesicarium* no s'ha descartat que existeixin hostes alternatius en altres espècies vegetals i seria necessari realitzar estudis en aquest sentit.

Les tècniques culturals poden ser complementàries en el control de l'estemfiliosi de la perera (veure introducció general). La destrucció del reservori del patogen en la seva fase hivernal és determinant en el desenvolupament posterior de l'epidèmia (Sutton, 1996). La destrucció dels fruits amb lesions és relativament fàcil i només s'han de transportar lluny de la plantació. S'hauria d'accelerar la degradació de les fulles que queden en la plantació en gran quantitat al defoliar els arbres. Una solució pot ser mitjançant urea (Ponti i Laffi, 1993; Blancard i col., 1989) o mitjançant altres productes com carbonat de calci (Spotts i col., 1997) que poden activar els microorganismes responsables de la degradació. Així mateix la utilització de varietats de perera resistents a l'estemfiliosi en noves plantacions ajudarien al control de la malaltia, si bé és possible que a llarg termini es produïssin adaptacions del fong a aquestes varietats. Si s'aconseguís determinar el mecanisme de resistència d'algunes varietats de perera a la toxina produïda per *S. vesicarium*, mitjançant la biotecnologia podria ser possible introduir el factor de resistència en altres varietats.

Finalment, s'ha d'entendre el model STREP com una eina en l'ajuda de presa de decisions per a realitzar els tractaments amb fungicides. Cap automatisme està lliure d'errades i la decisió final sempre l'ha de realitzar un tècnic (Juhel i col., 1993). La simplicitat de l'esquema clima-tractament en models de predicció comporta una ràpida implementació d'aquests si es comprova la seva fiabilitat (Gillespie i Sutton, 1979). Els resultats aportats en aquest treball demostren la fiabilitat del model STREP com a predictor de l'estemfiliosi de la perera. Com a conseqüència en l'actualitat ja s'estan realitzant assajos a escala comercial utilitzant el model STREP per guiar els tractaments amb bons resultats. La utilització del model STREP per determinar el risc d'infeccions de *S. vesicarium* dóna una informació que s'ha de complementar amb dades sobre la

varietat i la seva sensibilitat, la quantitat d'inòcul i l'estat fenològic de les plantes per aconseguir un sistema global de control de l'estemfiliosi. La utilització d'aquest sistema conjuntament amb les tècniques culturals abans comentades pot suposar una gran avenç en el control de l'estemfiliosi. Realitzar els tractaments només quan hi condicions de risc d'infecció suposa un estalvi important del nombre de tractaments a realitzar. Això comporta una reducció dels residus en els fruits i en els ecosistemes obtenint fruita d'elevada qualitat, protegint la salut del consumidor i del fruticultor així com ajudant a la preservació dels ecosistemes.



## Conclusions

1. L'eficàcia dels diferents fungicides assajats en el control de l'estemfiliosi de la perera està inversament relacionada amb la pressió de la malaltia. Cap dels fungicides assajats (captan, diclofluanida, fosetil-Al més oxiclорur de coure, kresoxim-metil, tebuconazol i tiram) ha presentat una eficàcia total en el control de l'estemfiliosi en assajos en finques experimentals i comercials de perera. Tot i això els fungicides captan, fosetil-Al més oxiclорur de coure, tebuconazol i tiram han estat productes que globalment han presentat una eficàcia de control mitjana per les dosis i cadències d'aplicació assajades.

2. L'aplicació dels fungicides captan, clortalonil, diclofluanida, kresoxim-metil, procimidona, tebuconazol i tiram amb una estratègia preventiva ha presentat una elevada eficàcia de control de la malaltia en condicions experimentals controlades. Aquests mateixos productes aplicats amb estratègia curativa han presentat una eficàcia de control molt baixa o nul·la. El tiram és el producte amb una eficàcia més gran en gairebé totes les condicions experimentals. El benomil ha presentat una molt baixa eficàcia aplicat tant preventivament com curativa. En els experiments realitzats en condicions ambientals controlades, quan més òptimes han estat les condicions d'incubació per l'inici i desenvolupament de les infeccions, menys eficaços en el control de la malaltia han estat els antifúngics aplicats amb estratègia curativa.

3. Les durades dels períodes amb humectacions més freqüents observades durant 5 anys en plantacions de perera de la zona geogràfica de Girona han estat entre 0 i 12 hores. Les temperatures més freqüents observades durant aquests períodes d'humectació han estat entre 11 i 21 °C. La humectació es forma bàsicament degut a la rosada essent aquesta un procés lent però continu. Des d'un punt de vista epidemiològic són importants els dies en que hi ha períodes interromperts d'humectació.

4. L'avaluació de la capacitat predictiva dels nivells de malaltia determinats amb el Sistema pel Tractament Racionalitzat de l'Estemfiliosi de la Perera (STREP) mitjançant 42 assajos, en condicions naturals i controlades, ha mostrat que en el 95 % dels casos les

prediccions o s'han ajustat a les observacions o bé hi ha hagut una lleugera sobreestimació. Només en dos casos el model ha infraestimat el nivell de la malaltia. En realitzar l'avaluació mitjançant la regressió de l'índex de severitat predit respecte a l'observat es confirmen aquests resultats. Per tant el model STREP és un predictor fiable de l'estemfiliosi de la perera, no obstant ha mostrat una lleugera tendència a la sobreestimació.

5. Les condicions d'humitat relativa durant els períodes interromputs d'humectació són determinants en el desenvolupament de les infeccions. Si la humitat relativa és baixa durant el període interromput, el desenvolupament de les infeccions s'atura i no es reinicia passat aquest període. Si la humitat relativa és elevada durant el període interromput, el nivell de la malaltia és semblant al que s'obtindria si no hi hagués hagut interrupció. En el model STREP s'haurien d'incorporar les consideracions següents: a) les humectacions separades per períodes interromputs amb humitats relatives baixes es poden considerar com a períodes d'humectació separats, b) períodes d'humectació separats per un període interromput amb humitat relativa elevada es poden considerar com un període continu, resultat de la suma dels dos períodes d'humectació.

6. Són necessaris períodes superiors a 12-18 hores amb humitat relativa elevada ( $\geq 98\%$ ) i sense formació d'humectació per què s'iniciïn infeccions de *Stemphylium vesicarium*. Períodes d'aquestes característiques són rars en condicions naturals. Per tant períodes amb humitats relatives elevades però sense formació d'humectació no és necessari incorporar-los al model STREP.

7. Els llindars de riscos acumulats SA:2.1 o SA.1.2 utilitzats com a criteri per a realitzar els tractaments són massa elevats i gairebé no s'assoleixen mai, pel que s'han de desestimar en programes de control racional de l'estemfiliosi utilitzant el model STREP. Utilitzar el risc acumulat SA:0.4 com a llindar per a realitzar els tractaments amb tiram controla la malaltia amb la mateixa eficàcia que els tractaments setmanals. El llindar SA:0.6, en finques que presenten condicions òptimes pel desenvolupament de la malaltia, presenta també bons resultats, encara que lleugerament inferiors als obtinguts amb tractaments setmanals. Per tant es considera que un llindar de risc acumulat SA

entre 0.4 i 0.6 és l'adient com a criteri per a realitzar les aplicacions de fungicides guiades pel model STREP.

**8.** El control racional de l'estemfiliosi de la perera mitjançant el guiatge de l'aplicació de tiram a partir d'un llindar de tractament SA:0.4 predit pel model STREP ha suposat un estalvi del 26-50 % dels tractaments necessaris per controlar la malaltia amb la mateixa eficàcia que els tractaments setmanals. Amb la utilització del llindar de tractament SA:0.6 s'ha obtingut un estalvi del nombre de tractaments molt elevat (48-71 %) però amb un control de la malaltia més baix que l'obtingut amb els tractaments setmanals. A partir d'aquests resultats es pot concloure que el model STREP pot ser utilitzat en programes pilot de control racional de l'estemfiliosi de la perera en finques comercials, i en funció dels resultats implementar-se en una xarxa d'estacions d'avisos fitosanitaris.

## Bibliografia

Adaskaveg, J. E., Shaw, D. A., i Ogawa J. M. 1990. A mist generator and environmental monitoring system for field studies on shothole disease of almond. *Plant Dis.* 74:558-562.

Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*. Academic Pres.USA. 803 pp.

Alderman, S. C., Lacy, M. L., i Everts, K. L. 1985. Influence of interruptions of dew period on numbers of lesions produced on onion by *Botrytis squamosa*. *Phytopathology* 75:808-810.

Allen, S. J., Brown, J. F., i Kochman, J. K. 1983. Effects of temperature, dew period, and light on the growth and development of *Alternaria helianthi*. *Phytopatology* 73:893-896.

Allen, E. A., Hoch, H. C., Steadman, J. R., i Stavely, R. 1991. Influence of leaf surface features on spore deposition and the epiphytic growth of phytopathogenic fungi. pp:87-110 A: *Microbial ecology of leaves*. J. H. Andrews, i S. S., Hirano (eds.). Springer Verlag. Berlin.

Andersen, B., Solfrizzo, M., Visconti, A. 1995. Metabolite profiles of common *Stemphylium* species. *Mycol. Res.* 99 (6):672-676.

Anton, F. A. 1994a. Efectos de los plaguicidas en los ecosistemas (I). *Cuadernos de Fitopatologia* 3:122-133.

Anton, F. A. 1994b. Efectos de los plaguicidas en los ecosistemas (II). *Cuadernos de Fitopatologia* 4:154-167.

Arauz, L. F., i Sutton, T. B. 1989a. Temperature and wetness duration requeriments for apple infection by *Botryosphaeria obtusa*. *Phytopathology* 79:440-444.

Arauz, L. F., i Sutton, T. B. 1989b. Influence of temperature and moisture on germination of ascospores and conidia of *Botryosphaeria obtusa*. *Phytopathology* 79:667-674.

Arauz, L. F., i Sutton, T. B. 1990. Effect of interrupted wetness periods on spore germination and apple infection by *Botryosphaeria obtusa*. *Phytopathology* 80:1218-1220.

Avilla, J., Sarasúa, M. J., García, J., Torá, R., Vall, J., i Roca, J. J. 1996. Control integrado de plagas y enfermedades en huertos de peral en Lleida. *Fruticultura Profesional* 78:69-77.

Aylor, D. E., i Sutton, T. B. 1992. Release of *Venturia inaequalis* ascospores during unsteady rain: relationship to spore transport and deposition. *Phytopathology* 82:532-540.

Aylor, D. E. 1993. Relative collection efficiency of Rotorod and Burkard spore samplers for airborne *Venturia inaequalis* ascospores. *Phytopathology* 83:1116-1119.

Badrinas, P. 1994. Resistencia de las enfermedades a los productos fungicidas. *Phytoma España* 62:3-6.

Barberá, C. 1989. Pesticidas agrícolas. Ed. Omega. Barcelona. 603 pp.

Barberá, C. 1994. Principales grupos de fungicidas. Mecanismos de acción. *Phytoma España* 62:7-10.

Barthakur, N. N. 1985. A comparative study of radiometric and electronic leaf wetness sensors. *Agric. For. Meteorol.* 36:83-90.

Basallote, M. J., Prados, A. M., Pérez de Algaba, A., i Melero-Vara, J. M. 1993. First report in Spain of two leaf spots of garlic caused by *Stemphylium vesicarium*. *Plant Dis.* 77:952.

Basallote, M. J., Centeno, E., Melero, J. M., Perez de Algaba, A i Prados, A. M. 1996. Manchas foliares ocasionadas por *Stemphylium vesicarium* en el cultivo del ajo. *Phytoma España* 76:26-29.

Bashi, E. i Rotem, J. 1974. Adaptation of four pathogens to semi-arid habitats as conditioned by penetration rate and germinating spore survival. *Phytopathology* 64:1035-1039.

Bashi, E., i Rotem, J. 1975. Sporulation of *Stemphylium botryosum* f.sp. *lycopersici* in tomatoes and *Alternaria porri* f.sp. *solani* in potatoes under alternating wet-dry regimes. *Phytopathology* 65:532-535.

Batllori, J. L. 1984. La taca negra de la perera. *Butlletí de la Cambra Agrària de Girona* 25.

Becker, C. M., i Burr, T. J. 1994. Discontinuous wetting and survival of conidia of *Venturia inaequalis* on apple leaves. *Phytopathology* 84:372-378.

Berni, P., i Begalli, D. 1993. Situazione e prospettive economico commerciali delle pere. pp 207-232 A: S. Fraccaroli, G. Bargioni, i A Febi. La coltura del pero per una produzione integrata. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. Verona.

Berger, R. D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71:716-719.

Berger, R. D., i Jones, J. W. 1985. A general model for disease progress with functions for variable latency and lesion expansion on growing host plants. *Phytopathology* 75:792-797.

- Berger, R. D. 1988. The analysis of effects of control measures on the development of epidemics. pp 137-151 A: J. Kranz, i J. Rotem (eds.). Experimental techniques in plant disease epidemiology. Springer-Verlag. Berlin.
- Blancard, D., Piquemal J. P., Gindrat D. 1984. La stemphyliose de l'asperge. P.H.M.-Revue Horticole 248:27-30.
- Blancard, D., i Piquemal, J. P. 1987. La stemphyliose de l'asperge. P.H.M.-Revue Horticole 276:41-46.
- Blancard, D., Allard, E., i Brest, P. 1989. La Stemphyliose du poirier ou "macules brunes". Phytoma 406:37-38.
- Boselli, M. 1997. Bilancio fitosanitario. Emilia-Romagna. Informatore Fitopatologico 2:29-36.
- Boue, H. 1978. Fonctionnement d'un réseau d'informations sur les tavelures dans la vallée de la Garonne. Utilisation du thermohumectographe. pp:81-89 A: Le poirier acquisitions recentes sur les techniques de production de la poire. Journes fruitières d'Avignon.
- Bowen, K. L. 1997. Analytical models of disease progression. pp 16-19 A: L. J., Francl i D. A. Neher (eds.) Exercises in plant disease epidemiology. APS Press. Minnesota.USA.
- Breniaux, D. 1995. Bilan phytosanitaire arboriculture 1994. Phytoma 471: 11-14.
- Breniaux, D. 1997. Bilan phytosanitaire 1996 en cultures fruitières. Phytoma 493:15-18.
- Broome, J. C., English, J. T., Marois, J. J., Latorre, B. A., i Aviles J. C. 1995. Development of an infection model for *Botrytis* bunch rot of grapes based on wetness duration and temperature. Phytopathology 85:97-102.
- Brown, E. M., i Sutton, T. B. 1995. An empirical model for predicting the first symptoms of sooty blotch and flyspeck of apples. Plant Dis. 79:1165-1168.
- Brunelli, A., Ponti, I. i Cavanni, P. 1983. Il punto sulla maculatura bruna del pero. L'informatore Agrario 25:26421-26425.
- Brunelli, A., Di Marco, G., Contarelli, G., i Ponti, I. 1984. Prove di lotta contro la maculatura bruna delle pere. ATTI Giornate Fitopatologiche I:203-212.
- Brunelli, A., Rovesti L., Di Marco S., i Ponti I. 1986. Attività di diversi fungicidi contro la maculatura bruno del pero. Frutticoltura 1:51-54.
- Brunelli, A. 1995. L'evoluzione della difesa anticrittogamica del melo, del pero e del pesco. Informatore Fitopatologico 4:3-8.
- Brunelli, A. 1996. I nuovi prodotti. Informatore Fitopatologico 10:16-18.

- Bugiani, R., i Govoni, P. 1991. Aerobiologia e difesa delle piante. *Informatore Fitopatologico*, 11:9-15.
- Bulger, M. A., Ellis, M. A., i Madden, L. V. 1987. Influence of temperature and wetness duration on infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* and disease incidence of fruit originating from infected flowers. *Phytopathology* 77:1225-1230.
- Caballero, J. I. 1988. El coeficiente de bioconcentración de los plaguicidas. La cadena de los alimentos. *Phytoma-España* 3:52-57.
- Cabras, P. 1995. Residui di fitofarmaci nella pratica agricola. *Informatore Fitopatologico* 9:22-29.
- Caesar, A. J., i Pearson, R. C. 1983. Environmental factors affecting survival of ascospores of *Sclerotinia sclerotium*. *Phytopathology* 73:1024-1030.
- Campbell, E. C., Campbell, G. S., i Barlow, W. K. 1973. A dewpoint hygrometer for water potential measurement. *Agricol. Meteorol.* 12:113-121.
- Campbell, C. L., i Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. A: John Wiley&sons Inc. New York. 532pp.
- Canestrone, R., Malvota, C., i Mazzini, F. 1988. Lotta integrata in Emilia Romagna. *Agricoltura suppl.* 3. 71 pp.
- Caprara, C., Donati, D., i Veronesi, G. 1990. Sviluppo di un programma su personal computer per il rilievo delle avversità dei fruttiferi in campo. *Informatore Fitopatologico* 5:21-26.
- Caprara, C., i Veronesi, G. 1992. La misura dei parametri meteorologici in fitoiatria a: la bagnatura fogliare. *Informatore Fitopatologico* 4:29-32.
- Carisse, O., i Kushalappa, A. C. 1990. Development of an infection model for *Cercospora carotae* on carrot based on temperature and leaf wetness duration. *Phytopathology* 80:1233-1238.
- Carisse, O., i Kushalappa, A. C. 1992. Influence of interrupted wet periods, relative humidity, and temperature on infection of carrots by *Cercospora carotae*. *Phytopathology* 82:602-606.
- Carlile, M. J., i Watkinson, S. C. 1995. The fungi. Academic Press Ltd. San Diego. USA. 482 pp.
- Cavanni, P., Ponti, I., i Marinelli, M. 1990. Modello previsionale per la peronospora del pomodoro. *Informatore Fitopatologico* 6:17-25.
- Cavanni, P., Bugiani, R., i Govoni, P. 1992. *Alternaria alternata*, dal saprofitismo alla specializzazione patogenetica: il ruolo chiave delle tossine ospite-specifiche. *Informatore Fitopatologico* 6:33-40.

Cavanni, P., i Ponti I. 1994. Maculatura bruna del pero: una micopatia sempre d'attualità. *Rivista di Frutticoltura* 12:37-42.

Coakley, S. M., Line, R. F., i McDaniel, L. R. 1988. Predicting stripe rust severity on winter wheat using an improved method for analyzing meteorological and rust data. *Phytopathology* 78:543-550.

Colinas, C., Ingham, E., i Molina, R. 1994. Population responses of target and non-target forest soil organisms to selected biocides. *Soil Biol. Biochem.* 1:41-47.

Cooke, R. C., i Whipps, J. M. 1993a. Germination. pp: 178-197 A: *Ecophysiology of fungi*, Blackwell ed. Oxford.

Cooke, R. C., i Whipps, J. M. 1993b. Orientation. pp: 198-216 A: *Ecophysiology of fungi*, Blackwell ed. Oxford.

Crowe, M. J., Coakley, S.M. i Emge, R. G. 1978. Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations. *Journal of Applied Metereology* 17:1482-1486.

Cugier, J. P., i Humbert, W. 1991. Stemphyliose du poirier. Etude de la biologie du parasite et recherches des fongicides actifs. *Phytoma* 431:47-50.

Chaisrisook, C., Stuteville, D. L., i Skinner, D. Z. 1995. Five *Stemphylium* spp. Pathogenic to alfalfa: ocurrence in the United States and time requirements for ascospore production. *Plant Dis* 79:369-372.

Chase, A. R. 1993. Efficacy of fosetyl-AI for control of some bacterial diseases on ornamentals. *Plant Dis.* 77:771-776.

Chellemi, D. O., Rohrbach, H. G., Yost, R. S., i Sonoda, R. M. 1988. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and disease plants using geostatistics. *Phytopathology* 78:221-226.

Dainello, F. J. 1984. Continuous hours of leaf wetness as a parameter for scheduling fungicide applications to control white rust in spinach. *Plant Dis.* 68:1069-1072.

Damicone, J. P., Berggren, G. T., i Snow, J. P. 1987. Effect of free moisture on soybean stem canker development. *Phytopathology* 77:1568-1572.

Davis, D. R., i Jerrell E. H. 1970. A new aproach to recording the wetting parameter by the use of electrical resistance sensors. *Plant Dis. Rep.* 54:474-479.

De La Cruz, J. I., Martinez, M. A., i Bernabé, J. A. 1997. Incidencia de las plagas y enfermedades en las Comunidades Autónomas durante 1996 - Extremadura. *Phytoma España* 87:22-35.

De La Fuente, L. 1991. Evaluación de suelos contaminados por plaguicidas. *Phytoma-España* 30:100-102.



De Liñan, C. 1995. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. 589 pp.

De Vallavieille-Pope, C., Huber, L., Leconte, M., i Goyeau, H. 1995. Comparative effect of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology* 85:409-415.

De Waard, M. A., Georgopoulos, S. G., Hollomon, D. W., Ishii, H., Leroux, P., Ragsdale, N. N., i Schwinn, F. J. 1993. Chemical control of plant diseases: problems and prospects. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31:403-421.

Decoin, M. 1993. Situation phytosanitaire des cultures fruitières en 1992. *Phytoma* 49:13-14.

Decoin, M. 1994. Situation phytosanitaire des cultures fruitières en 1993. *Phytoma* 46:16-18.

Del Zan, F., Paiero, P., Murgut, G., i Tonetti, I. 1989. Una grave e poco conosciuta malattia dell'asparago causata da *Stemphylium vesicarium*. *L'Informatore Agrario* 11:95-101.

Dhingra, D. O., i Sinclair, J. B. 1985. Basic plant pathology methods. CRC Press Inc. Boca Raton. Florida. 355 pp.

Egger, E., i Marinelli, E. 1995. Confronto tra diversi sensori ed un metodo per la stima della bagnatura fogliare. *Informatore Fitopatologico* 11:48-54.

Egger, E., Marinelli, E., i D'arcangelo, M. 1996. Influenza di diversi metodi per la stima della bagnatura fogliare sulla previsione degli attachi di peronospora e muffa grigia su vite. *Informatore Fitopatologico* 3:57-61.

Eisensmith, S. P., i Jones, A. L. 1981. Infection model for timing fungicide applications to control cherry leaf spot. *Plant Dis.* 65:955-958.

Eisensmith, S. P., Jones, A., i Cress, C. E. 1982. Effects of interrupted wet periods on infection of sour cherry by *Coccomyces hiemalis*. *Phytopathology* 72:680-682.

Ellis, M. A., Madden, L. V., i Wilson, L. L. 1984. Evaluation of an electronic apple scab predictor for scheduling fungicides with curative activity. *Plant Dis.* 68: 1055-1072.

Ellis, M. A., Madden, L. V., i Wilson, L. L. 1986. Electronic grape black rot predictor for scheduling fungicides with curative activity. *Plant Dis.* 70:938-940.

Evans, K. J., Nyquist, W. E., i Latin, R. X. 1992. A model based on temperature and leaf wetness duration for establishment of *Alternaria* leaf blight of muskmelon. *Phytopathology* 82:890-895.

Eyal, Z., Brown, J. F., Krupinsky, J. M., i Scharen, A. L. 1977. The effect of postinoculation periods of leaf wetness on the response of wheat cultivars to infection by *Septoria nodorum*. *Phytopathology* 67:874-878.

Falloon P. G., Falloon L. M., i Grogan R. G. 1984. Purple spot and *Stemphylium* leaf spot of asparagus. *California Agriculture* 7:21.

Fitt, B. D. L., McCartney, H. A., i Walklate, P. J. 1989. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. *Annu. Rev. of Phytopathol.* 27:241-270.

Foschi, S., Brunelli, A., i Ponti, I. 1985. *Fitofarmaci*. pp 149-152 A: Terapia vegetale Edagricole. Bologna.

Fraile, P., Taramelli, B., Sesma, E., i Maquirriain, I. 1995. Residuos de fitosanitarios en vegetales: un gran reto analítico. *Agrícola Vergel* Octubre 581-584.

Fry, W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650-1655.

Fry, J.C. 1994. *Biological data analysis*. Information Press Ltd, Oxford. England. 418 pp.

Funt, R. C., Ellis M. A., i Madden L. V. 1990. Economic analysis of protectant and disease-forecast-based fungicide spray programs for control of apple scab and grape black rot in Ohio. *Plant Dis.* 74:638-642.

Gadoury, D. M., i MacHardy, W. E. 1982. A model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72:901-904.

Gadoury, D. M., i MacHardy, W. E. 1986. Forecasting ascospore dose of *Venturia inaequalis* in commercial apple orchards. *Phytopathology* 76:112-118.

Gadoury, D. M., Rosenberger, D. A., i MacHardy, W. E. 1992. Variation and error in estimates of ascospores maturity and discharge derived from examination of crushed pseudothecia of *Venturia inaequalis*. *Plant Dis.* 76:717-720.

Gadoury, D. M., Stensvand, A., i Seem, R.C. 1996. A wind tunnel for controlled-environment studies of ascospores release by *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 86:596-601.

Galliani, G., i Screpanti, F. 1992. Un modello di stima della durata della bagnatura fogliare. *Informatore Fitopatologico* 7-8:35-40.

Garcia-Jiménez, J., Velázquez, M. T., Esteras, F. J., Martínez-Ferrer, G., Llaudo, E., Marhuenda, J. L., Orts, M., i Rodrigo, A. 1990. Papel de las plantas adventicias y cultivadas como huéspedes alternativos de *Acremonium* sp., agente causal de la muerte súbita del melón. *Phytoma-España* 24:21-26.

Gendrier, J. P., i Reboulet, J. N. 1997. Choix des produits phytosanitaires en vergers. Acta 1996-1997. Phytoma 492:22-26.

Gillespie, T. J., i Kidd, G. E. 1978. Sensing duration of leaf moisture retention using electrical impedance grids. Can. J. Plant. Sci. 58:179-187.

Gillespie, T. J., i Sutton, J. C. 1979. A predictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots. Can. J. Plant. Pathol. 1:95-99.

Gillespie, T. J., i Duan, R. X. 1987. A comparison of cylindrical and flat plate sensors for surface wetness duration. Agric. For. Meteorol. 40:61-70.

Gleason, M. L., MacNab, A. A., Pitblado, R. E., Ricker, M. D., East, D. A., i Latin, R. X. 1995. Disease-warning systems for processing tomatoes in Eastern North America: Are we there yet?. Plant Dis. 79:113-121.

Good, H. M., i Zathureczky, P. G. M. 1967. Effects of drying on the viability of germinated spores of *Botrytis cinerea*, *Cercospora musae*, and *Monilia fruticola*. Phytopathology 57:719-722.

Gough, F. J., i Lee T. S. 1985. Moisture effects on the discharge and survival of conidia of *Septoria tritici*. Phytopathology 75:180-182.

Gouot, J. M. 1996. Comité d'action concernat la résistance aux fongicides (FRAC). Réunion annuelle (1995) du groupe de travail 'inhibiteurs de biosynthèse des stérols (IBS)'. Phytoma 486:15-18.

Govoni, P., i Bugiani, R. 1993. Further evaluation of the advisory service for the prediction of tomato late blight occurrence in Emilia-Romagna Region in 1993. Workshop on computer-based DSS on Crop Protection. Parma Italy 23-26 Nov 1993. SP-Report, Danish Inst. Plant and Soil Sci. 7:163-171.

Gozzini, B., Orlandini, S., i Seghi, L. 1996. Influenza della vegetazione e dell'orientamento del sensore sulla rilevazione della bagnatura fogliare. Informatore Fitopatologico 4:55-58.

Grove, G. G., Madden, L. V., Ellis, M. A., i Schmitthenner, A. F. 1985. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature strawberry fruit by *Phytophthora cactorum*. Phytopathology 75:165-169.

Gruenholz, P. 1997. La protección de cultivos en Internet. Phytoma-España 85: 32-38.

Gullino, M. L., i Kuijpers, L. A. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. Annu. Rev. Phytopathol. 32:559-579.

Halama, P. 1996. La forme sexuée de *Septoria tritici* : première observation en France. Phytoma 486:21-22.

- Hartmann, H., Sutton, J. C., i Thurtell, G. W. 1982. An apparatus for accurate control of atmospheric water potentials in studies of foliar plant pathogens. *Phytopathology* 72:914-916.
- Hau, B. 1990. Analytic models of plant disease in a changing environment. *Annu. Rev. of Phytopathol.* 28:221-45.
- Hernández, F., Beltrán, F., i Sancho, J V. 1990. Los plaguicidas: propiedades, usos y aspectos analíticos. *Phytoma-España* 17:16-27.
- Huber, L. 1988. Modèle de simulation de la durée d'humectation des feuilles au champ après une pluie. Cas d'un couvert homogène. *Agronomie* 8 (8):675-684.
- Huber, L., i Wehrlen, J. M. 1988. La durée d'humectation en protection des plantes: mesure et modélisation. *La Défense des Végétaux* 252:3-11.
- Huber, L., 1992. Déterminisme et mesure de la durée d'humectation en vue de la protection des plantes. *Agronomie* 12: 281-295.
- Huber, L., i Gillispie, T. J. 1992. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 30:553-577.
- Ingold, C. T. 1971. *Fungal spores: their liberation and dispersal.* Clarendon Press. Oxford. 302 pp.
- Jacas, J. J., i Viñuela, Z. 1993. Los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos en agricultura II. Fungicidas. *Phytoma-España* 48:45-52.
- Jacome, L. H., Schuh, W., i Stevenson, R. E. 1991. Effect of temperature and relative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 81:1480-1485.
- Jacome, L. H., i Schuh, W. 1992. Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black sigatoka disease on banana infected by *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*. *Phytopathology* 82:515-520.
- James, J. R., i Sutton, T. B. 1982. A model for predicting ascospore maturation of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72:1081-1085.
- Jeger, M. J. 1982. The relation between total, infectious, and postinfectious diseased plant tissue. *Phytopathology* 72:1185-1189.
- Jeger, M. J., i van den Bosch, F. 1994. Threshold criteria for model plant disease epidemics. I. Asymptotic results. *Phytopathology.* 84:24-27.
- Jiménez-Díaz, R. M. 1995a. El papel de la fitopatología en la agricultura sostenible (1). *Phytoma-España* 70:28-34.

Jiménez-Díaz, R. M. 1995b. El papel de la fitopatología en la agricultura sostenible (y 2). *Phytoma-España* 71:11-18.

Jiménez-Díaz, R. M. 1996. Interacciones planta-hongo: mecanismos de infección, patogénesis y resistencia. pp 739-769 A: G. Llácer, M. M. López, A. Trapero, A. Bello (eds.). *Patología Vegetal (Tomo 2)*. Sociedad Española de Fitopatología. España.

Jones, A. L., Lillevik S. L., Fisher, P. D., i Stebbins, T. C. 1980. A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant Dis.* 64:69-72.

Jousseume, C. 1994. Los ditiocarbamatos y las estrategias antiresistencias. *Phytoma España* 62:22-26.

Juhel, A., Froidefond, G., Virolleau, J., i Clerjeau, M. 1993. Un logiciel de contrôle des données climatiques pur la prévision des risques parasitaires. *Phytoma* 455:13-18.

Keinath, A. P., DuBose, V. B., i Rathwell, P. J. 1996. Efficacy and economics of three fungicide applications schedules for early blight control and yield of fresh-market tomato. *Plant Dis.* 80:1277-1282.

Kim, C. H., MacKenzie, D. R., i Rush, M. C. 1988. Field testing a computerized forecasting system for rice blast. *Phytopathology* 78:931-934.

Kranz, J. 1990. Epidemics, their mathematical analysis and modeling: An introduction. pp 1-11 A: J. Kranz (eds.). *Epidemics of plant diseases*. Springer-Verlag. Berlin.

Krause, R. A., Massie, L. B., i Hyre, R. A. 1975. BLITECAST: A computerized forecast of potato late blight. *Plant. Dis. Rep.* 59:95-98.

Kushalappa, A. C., i Ludwig, A. 1982. Calculation of apparent infection rate in plant diseases: development of a method to correct for host growth. *Phytopathology* 72:1373-1377.

Lacy M. L. 1994. Influence of wetness periods on infection of celery by *Septoria apiicola* and use in timing sprays for control. *Plant Dis.* 78:975-979.

Lalancette, N., i Hickey, K. D. 1986. Disease progression as a function of plant growth. *Phytopathology* 76:1171-1175.

Lalancette, N., Ellis, M. A., i Madden, L. V. 1988. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on American grape based on temperatura and duration of leaf wetness. *Phytopathology* 78:794-800.

Lamprecht, S. C., Baxter, A. P., i Thompson, A. H. 1984. *Stemphylium vesicarium* on *Medicago sativa* spp. in South Africa. *Phytophylactica* 16:73-75.

Larguier, M. 1996. Politique commune et utilisation durable des produits phytosanitaires. *Phytoma* 486:12-14.

Leach, C. M. 1967. Interaction of near-ultraviolet light and temperature on sporulation of the fungi *Alternaria*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, and *Stemphylium*. *Canadian Journal of Botany* 45 :1999-2016.

Leach, C. M. 1980. An apparatus for precise control of humidity, temperature, air flow, and light in spore discharge studies. *Phytopathology* 70:189-191.

Leach, L. D., i MacDonald, J. D. 1986. Greenhouse evaluation of seed-treatment fungicides for control of sugar beet seedling diseases. pp105-107 A: K. H. Hickey (ed.). *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogen*. APS Press. Minnesota. USA.

Lewis, F. H., i Hickey, K. D. 1972. Fungicide usage on deciduous fruit trees. *Annu. Rev. Phytopathol.* 10:399-428.

López, M. E., Miñano, F., Olive, J., i Muñoz, A. 1992. La informática en la protección de cultivos (Miniestaciones de alerta) Hojas divulgadoras num 7/91 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 31 pp.

López, M. M., Montesinos, E., Lecomte, P., i Paulin, J. P. 1996. El fuego bacteriano del peral, una amenaza permanente: situación actual, epidemiología y control de la enfermedad. *Fruticultura Profesional* 78:79-87.

Llorente, I. 1995. Avaluació i validació d'un sistema de previsió de risc d'infecció per *Stemphylium vesicarium* en plantacions de perera. Treball de recerca de tercer cicle. Universitat de Girona.

MacHardy, W. E., i Gadoury, D. M. 1989. A revision of Mills's criteria for predicting apple scab infection periods. *Phytopathology* 79:304-310.

Madden, L. V., Pennypacker, S. P., i MacNab, A. A. 1978. FAST, a forecast system for *Alternaria solani* on Tomato. *Phytopathology* 68:1354-1358.

Madden, L. V., Knoke, J. K., i Louie, R. 1982. Considerations for the use of multiple comparison procedures in phytopathological investigations. *Phytopathology* 72:1015-1017.

Madden, L. V., i Campbell, C. L. 1990. Nonlinear disease progress curves. pp 181-229 A: J. Kranz (ed.). *Epidemics of plant diseases*. Springer-Berlag Berlin.

Manzer, F. E., Fry, W. E., Weingartner, D. P., i Loria, R. 1986. Field testing foliar fungicides for potato late blight control. pp 197-201 A: K. H. Hickey (ed.). *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogen*. APS Press. Minnesota. USA.

Marcet, A. 1993. La consolidació de la societat industrial. Verins al teatre de la biosfera. pp 304-307 A: R. Folch (ed.). *Biosfera i planeta viu (Volum 1)*. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

Marín, J. P. 1996. Principios generales de epidemiología y control de las micosis. pp 714-784 A: G. Llácer, M. M. López, A. Trapero, i A. Bello (eds.). Patología vegetal, Tomo 2. Sociedad Española de Fitopatología. España.

McCartney, H. A. 1994. Spore dispersal: environmental and biological factors. pp 171-185 A: Ecology of plant pathogens. J. P. Blakeman, i B. Williamson (Eds.) British Society for Plant Pathology. Belfast.

Mehiar, F. F., Wasfy, E. H., i El-Samra, I. A. 1976. New leaf disease of barley in Egypt.. Zbl.Bakt., II 131:757-759.

Menniti, A. M., i Maccaferri, M. 1994. Influenza dell'umidità sulle infezioni delle ruggine del susino (*Tranzschelia pruni-spinosae* (Personon) Dietel). Informatore Fitopatologico 12:51-54.

Menzies, S. A., Bansal, R. K., i Broadhurst, P. G. 1991. Effect of environmental factors on severity of *Stemphylium* leaf spot on asparagus. New Zeland Journal of Crop and Horticultural Science 19:135-141.

Mezzetti, A. 1937. Un marciume di alcune varietà di pere. Boll. Staz. Pat. Veg. Roma N.S. 17:121-146.

Miller, M. E., Taber, R. A., Amador, J. M. 1978. *Stemphylium* blight of onion in South Texas. Plant Dis. Rep. 62:851-853.

Mills, W. D. 1944. Efficient use of sulfurdusts and sprays during rain to control apple scab. NY Agric. Exp. Stn. Ithaca Bull. 630.

Montesinos, E., Vilardell, P., i Vilageliu, M. 1989. Situación y perspectivas del control fitosanitario de frutales de clima mediterraneo: manzano, peral y melocotonero. Phytoma-España 7:26-40.

Montesinos, E. i Vilardell, P. 1992. Evaluation of FAST as a forecasting system for scheduling fungicide sprays for control of *Stemphylium vesicarium* on pear. Plant Dis. 76:1221-1226.

Montesinos, E., Moragrega, C., Llorente, I., Vilardell, P., Bonaterra, A., Ponti, I., Bugiani, R., Cavani, P., i Brunelli, A. 1995a. Development and evaluation of an infection model for *Stemphylium vesicarium* on pear based on temperature and wetness duration. Phytopathology 85:586-592.

Montesinos, E., Moragrega, C., Llorente, I., and Vilardell, P. 1995b. Susceptibility of selected European pear cultivars to infection by *Stemphylium vesicarium* and influence of leaf fruit age. Plant Dis. 79:471-473.

Montesinos, E., Bonaterra, A., Ophir, Y., i Beer, S. V. 1996a. Antagonism of selected bacterial strains to *Stemphylium vesicarium* and biological control of brown spot of pear under controlled environment conditions. Phytopathology 86:856-863.

Montesinos, E., Llorente, I., Moragrega, C., Bonaterra, A., Cervantes, J. i Vilardell, P. 1996b. Desarrollo y evaluación a escala productiva de un sistema de control racional de la estemfiliosis (*Stemphylium vesicarium*) del peral. *Fruticultura Profesional* 78:96-104.

Moragrega, C. 1994. Efecte dels paràmetres ambientals, l'hoste i el patogen en la infecció de *Stemphylium vesicarium* i *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en perera. Treball de recerca de tercer Cicle. Universitat de Girona.

Moreno, R. 1994. El papel de la epidemiología en la protección fitosanitaria. pp 263-276 A: *Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida*. Junta de Andalucía.

Muccinelli, M. 1997. *Prontuario dei fitofarmaci*. Edagricole - Edizioni Agricola. Bologna. 905 pp.

Muckensturm, N. 1996. Mieux raisonner la lutte contre le rougeot parasitaire de la vigne. *Phytoma* 841:33.35

Neher, D. A., i Campbell, C. L. 1992. Underestimation of disease progress rates with the logistic, monomolecular, and Gompertz models when maximum disease intensity is less than 100 percent. *Phytopathology* 82:811-813.

Neher, D. A., i Campbell, C. L. 1997. Analysis of disease progress curves using nonlinear regression. pp 38-41 A: L. J. Francl, i D. A. Neher (eds.). *Exercises in plant disease epidemiology*. APS Press. Minnesota.USA.

Neher, D. A., Reynolds, K. L. i Campbell, C. L. 1997. Analysis of disease progress curves using nonlinear regression. pp 29-33 A: L. J. Francl. i D. A. Neher (eds.). *Exercises in plant disease epidemiology*. APS Press. Minnesota. USA.

Nishimura, S., Kohmoto, K., Otani, H., Ramachandran, P., i Tamura, F. 1982. Pathological and epidemiological aspects of *A. alternata* infection dependig on a host-specific toxin. pp 199-214 A: Japan Sci. Soc. Press. *Plant infection: the physiological and biochemical basis*. Springer-Verlag Berlin.

Nourrisseau, J. G., Baudry A., Lafaurie C., i Larue P. 1967 La grillure estivale. *Fruits et legums* 40 :45-47.

Nutter, F. W., i Parker, S. K. 1997. Fitting disease progres curves using EPIMODEL. pp 24-28 A: L. J., Francl i D. A. Neher (eds.). *Exercises in plant disease epidemiology*. APS Press. Minnesota.USA.

Ocamb-Basu, C. M., i Sutton, T. B. 1988. Effects of temperature and relative humidity on germination, growth, and sporulation of *Zygothia jamaicensis*. *Phytopathology* 78:100-103.

Orlandini, S. 1996. Ruolo dell'agrometeorologia nella difesa delle colture. I. Aspetti generali. *Informatore Fitopatologico* 5:14-19.



Orlandini, S., Gozzini, B., Rosa, M., i Seghi, L. 1996. Ruolo dell'agrometeorologia nella difesa delle colture. II - Applicazione alla peronospora della vite. *Informatore Fitopatologico* 7-8:48-52.

Pedro Jr, M. J., i Gillespie, T. J. 1982a. Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. *Agric. Meteorol.* 25:283-296.

Pedro Jr, M. J., i Gillespie, T. J. 1982b. Estimating dew duration. II. Utilizing standard weather station data. *Agric. Meteorol.* 25:297-310.

Pennypacker, S. P., Madden, L. V., i MacNab, A. A. 1983. Validation of an early blight forecasting system for tomatoes. *Plant Dis.* 67:287-289.

Pfender, W. F. 1982. Monocyclic and polycyclic root diseases: distinguishing between the nature of the disease cycle and the shape of the disease progress curve. *Phytopathology* 72:31-32.

Picco, A. M., Savino, E., i Caretta, G. 1991. Azione del polline su alcuni funghi del filloplano. *Mic. Ital.* 3:155-160.

Ponti, I., Cavanni, P., i Brunelli, A. 1982. "Maculatura bruna" delle pere: eziologia e difesa. *Informatore Fitopatologico* 3:35-40.

Ponti, I., i Cavanni, P. 1983. Indagine preliminare sulla fitotossicità di filtrati colturali di *Stemphylium vesicarium*, agente della "maculatura bruna" del pero. *Informatore Fitopatologico* 9:55-57.

Ponti, I., i Cavanni, P. 1992. Aerobiology in plant protection. *Aerobiologia* 8:94-101.

Ponti, I., i Laffi, L. 1993. Malattie crittogamiche delle piante da frutto. Edizioni l'Informatore Agrario. Verona. 240 pp.

Ponti, I., Brunelli, A., Tosi, C., Basaglia, M., Bevilacqua, T., Emiliani, G., Cont, C., Viccinelli, R. 1993. Verifica dell'attività di diversi preparati contro la maculatura bruna del pero. *Informatore Fitopatologico* 5:45-52.

Ponti, I. 1996. Bilancio fitosanitario 1995- Emilia-Romagna. *Informatore Fitopatologico* 2:29-39.

Ponti, I., Brunelli, A., Tosi, C., Cavallini, G., i Mazzinni, F. 1996. Aggiornamenti sull'attività dei fungicidi contro la maculatura bruna del pero. *ATTI Giornate Fitopatologiche* 2:165-172.

Prados, A. M., Melero, J. M., i Basallote, M. J. 1994. Development of the teleomorph of *Stemphylium vesicarium* in garlic debris affected by leaf spots. pp.159-196 A: 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union.

Preece, T. F., i Smith, L. P. 1961. Apple Scab infection weather in England and Wales. 1956-60. *Plant Pathol.* 10:43-51.

- Raghavendra, N. N., Pavgi M. S. 1975. *Stemphylium* leaf blight of onion. *Mycopathologia* 18:51-55.
- Ragsdale, N. N., i Sisler, H. D. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with decreased availability of fungicides in the United States. *Annu. Rev. Phytopathol.* 32:545-557.
- Rapilly, F. 1991. L'épidémiologie en pathologie végétale. Mycoses aériennes. Institut National de la Recherche Agronomique. 317 pp.
- Raposo, R., Wilks, D. S., i Fry, W. E. 1993. Evaluation of potato late blight forecasts modified to include weather forecasts: A simulation analysis. *Phytopathology* 83:103-108.
- Reynolds, K. M., Bulger, M. A., Madden, L. V., i Ellis, M. A. 1987. New methods using simulated rain to study the splash dispersal of plant pathogens. *Phytopathology* 77:921-926.
- Reynolds, K. M., Madden, L. V., i Ellis, M. A. 1988. Spatio-temporal analysis of epidemic development of leather rot of strawberry. *Phytopathology* 78:246-252.
- Reynolds, K. L., i Neher, D. A. 1997. Statistical comparison of epidemics. pp 34-37 A: L. J. Francl, i D. A. Neher (eds.). *Exercises in plant disease epidemiology*. APS Press. Minnesota. USA.
- Rotem, J., Cohen, Y., i Bashie, E. 1978. Host and environmental influences on sporulation in vivo. *Annu. Rev. of Phytopathol.* 16:83-101.
- Rouzet, J., i Dominique, J. 1995. Modèles de prévision et lutte raisonnée. *Phytoma* 475:29-32.
- Royer, M. H., Russo, J. M., i Kelley, J. G. 1989. Plant disease prediction using a mesoscale weather forecasting technique. *Plant Dis.* 73:618-624.
- Rupe, J. C., i Ferriss, R.S. 1987. A model for predicting the effects of microclimate on infection of soybean by *Phomopsis longicolla*. *Phytopathology* 77:1162-1166.
- Sall, M. A. 1980. Epidemiology of grape powdery mildew: A model. *Phytopathology* 70:338-342.
- SAS Institute Inc. 1993. The GLM. pp 891-996 A: SAS/STAT User's Guide Volum 2. Cary. USA.
- Savari, S. 1993a. Analyse des systèmes et simulation en phytopathologie (I). *Phytoma* 453:15-17.
- Savari, S. 1993b. Analyse des systèmes et simulation en phytopathologie (II). *Phytoma* 454:18-21.

Schein, R. D. 1964. Comments on the moisture requirements of fungus germination. *Phytopathology* 54:127.

Scherm, H., i van Bruggen, A. H. C. 1994a. Weather variables associated with infection of lettuce by downy mildew (*Bremia latucae*) in coastal California. *Phytopathology* 84:860-865.

Scherm, H., i van Bruggen, A. H. C. 1994b. Spore dispersal and infection by downy mildew of lettuce during mornings with prolonged leaf wetness. *Phytopathology* 84:1079-1080.

Scherm, H., Koike, S. T., Laemmlen, F. F., i van Bruggen, A. H. C. 1995a. Field evaluation of fungicide spray advisores against lettuce downy mildew (*Bremia lactucae*) based on measured or forecast morning leaf wetness. *Plant Dis.* 79:511-516.

Scherm, H., i van Bruggen, A.H.C. 1995b. Concurrent spore release and infection of lettuce by *Bremia lactucae* during mornings with prolonged leaf wetness. *Phytopathology* 85:552-555.

Scherm, H., i van Bruggen, A. H. C. 1995c. Comparative study of microclimate and downy mildew development in subsurface drip- and furrow- irrigated lettuce fields in California. *Plant Dis.* 79:620-625.

Schuh, W. 1991. Influence of temperature and leaf wetness period on conidial germination in vitro and infection of *Cercospora kikuchii* on soybean. *Phytopathology* 81:1315-1318.

Schuh, W. 1993. Influence of interrupted dew periods, relative humidity, and light on disease severity and latent infections caused by *Cercospora kikuchii* on soybean. *Phytopathology* 83:109-113.

Schwabe, W. F. S. 1980. Wetting and temperature requirements for apple leaf infection by *Venturia inaequalis* in South Africa. *Phytophylactica* 12:69-80.

Seem, R. C., Rubing, G., i Becker, C. M. 1988. Duration on leaf wetting and drying periods in orchards. *Phytopathology* 78:1571.

Serres, J. 1994. Resistencia a los fungicidas. *Phytoma-España* 62:11-15.

Shanner, G., i Finney, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 71:917-921.

Shaw, M. W. 1991. Interacting effects of interrupted humid periods and light on infection of wheat leaves by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria triticii*). *Plant Pathol.* 40:595-607.

Sheridan, J. E. 1968. Conditions for germination of pycnidiospores of *Septoria apiicola* Speg. *N. Z. Bot.* 6:315-327.

Shew, B. B., Beute, M. K., i Wynne, J. C. 1988. Effects of temperature and relative humidity on expression of resistance to *Cercosporidium personatum* in peanut. *Phytopathology* 78:493-498.

Shishkoff, N., i Lorbeer, J. W. 1989. Etiology of *Stemphylium* leaf blight of onion. *Phytopathology* 79:301-304.

Shoemaker, P. B., i Lorbeer, J. W. 1977. The role of dew and temperature in the epidemiology of *Botrytis* leaf blight of onion. *Phytopathology* 67:1267-1272.

Shtienberg, D., i Fry, W. E. 1990. Field and computer simulation evaluation of spray-scheduling methods for control of early and late blight of potato. *Phytopathology* 80:772-777.

Shtienberg, D., i Elad, Y. 1997. Incorporation of weather forecasting in integrated, biological-chemical management of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 87:332-340.

Simmons, S. C. 1969. Perfect states *Stemphylium vesicarium*. *Mycologia* 61:1-26.

Szkolnik, M. 1978. Techniques involved in greenhouse evaluation of deciduous tree fruit fungicides. *Annu. Rev. Phytopathol.* 16:103-129.

Szkolnik, M. i Hickey, K. D. 1986. Testing chemical sprays on blossoms of deciduous fruit trees. pp112-115 A: K. H. Hickey (ed.). *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogen*. APS Press. Minnesota. USA.

Sosa-Alvarez, M., Madden, L. V., i Ellis, M. A. 1995. Effects of temperature and wetness duration on sporulation of *Botrytis cinerea* on strawberry leaf residues. *Plant Dis.* 79:609-615.

Spotts, R. A., Cervantes, L. A., i Niederholzer, F. J. A. 1997. Effect of dolomitic lime on production of asci and pseudotecia of *Venturia inaequalis* and *V. pirina*. *Plant Dis.* 81:96-98.

Stevenson, R. E., i Pennypacker, S. P. 1988. Effect of radiation, temperature, and moisture on conidial germination of *Alternaria solani*. *Phytopathology* 78:926-930.

Sutton, T. B., i Jones, A. L. 1976. Evaluation of four spore traps for monitoring discharge of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 66:453-456.

Sutton, J. C., Gillespie, T. J., i Hildebrand, P. D. 1984. Monitoring weather factor relation to plant disease. *Plant Dis.* 68: 78-84.

Sutton, T. B. 1996. Changing options for the control of deciduous fruit tree diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 34:527-547.

Thomson, W. T. 1997. *Agricultural chemicals, Book IV Fungicides*. Thomson Publications. Fresno. USA. 236pp.

Timmer, L. W., i Ellis, M. 1986. Evaluating fungicides for the control of *Phytophthora* crown and root diseases of tree crops. pp163-166 A: K. H. Hickey (ed.). Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogen. APS Press. Minnesota. USA.

Tora, R., Ariño, J. M., Vall, J., Botargues, A., Aniz, A., i Pifarré, D. 1997. Comportamiento de la filoxera del peral *Aphanostigma pyri* (Chol.) Ensayo de productos, en la zona frutícola de Lleida. Phytoma-España 88:27-40.

Trapero Casas, A. 1996. Los hongos fitopatógenos. pp 713-738 A: G. Llácer, M. M. López, A. Trapero, i A. Bello (eds.). Patología Vegetal (Tomo 2). Sociedad Española de Fitopatología. España.

Trapero Casas, A., i Kaiser, W. J. 1992. Influence of temperature, wetness period, plant age, and inoculum concentration on infection and development of *Aschyta* blight of chickpea. Phytopathology 82:589-596.

Tuset, J. J. 1991. Problemas patológicos del peral debidos a hongos. pp 37-41 A: Jornadas técnicas: el peral i el nashi. Fundació 'La Caixa'.

Vercesi, A. 1995. Strumenti innovati per la gestione della difesa contro la peronospora della vitte. Informatore Fitopatologico 5:12-19

Vilardell, P. 1988. *Stemphylium vesicarium* en plantaciones de Peral. Fruticultura Profesional 18:51-55.

Vincelli, P. C., i Lorbeer, J. W. 1988a. Forecasting spore episodes of *Botrytis squamosa* in commercial onion fields in New York. Phytopathology 78:966-970.

Vincelli, P. C., i Lorbeer, J. W. 1988b. Relationship of precipitation probability to infection potential of *Botrytis squamosa* on onion. Phytopathology 78 :1078-1081.

Vincelli, P. C., i Lorbeer, J. W. 1989. BLIGHT-ALERT: A weather-based predictive system for timing fungicide applications on onion before infection periods of *Botrytis squamosa*. Phytopathology 79:493-498.

Viñuela, E., Jacas, J. A., Marco, V., Adán, A., i Budia, F. 1993. Los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos en agricultura y el grupo de trabajo de la O.I.L.B. Plaguicidas y organismos beneficiosos. I Insecticidas y acaricidas. Phytoma-España 45:18-25.

Vives, J. M. 1991. Balance de las principales plagas y enfermedades que se han presentado en las Comunidades Autónomas durante 1990 - Cataluña. Phytoma-España 27:15-20.

Vives, J. M. 1993. Incidencia de las plagas y enfermedades en las comunidades Autónomas durante 1992 - Cataluña. Phytoma-España 47:3-39.

Vives, J. M. 1995. Incidencia de las plagas y enfermedades en las Comunidades Autónomas durante 1994 - Cataluña. Phytoma-España 67:38-44.

Vives, J. 1997. Incidencia de las plagas y enfermedades en las Comunidades Autónomas durante 1996 - Cataluña. *Phytoma España* 87:20-26.

Waggoner, P. E. 1986. Progress curves of foliar diseases: their interpretation and use. pp:3-37 A: *Plant disease epidemiology- Populations Dynamics and Management Vol 1*. K. Leonard, i W. E. Fry (eds.). Macmillan P.C. London.

Weiss, A., Lukens, D., Steadman, J. R. 1988. A sensor for the direct measurement of leaf wetness: construction techniques and testing under controlled conditions. *Agricultural and Forest Metereology* 43:241-249.

Wilcox, W. F., Wasson D. I., i Kovach, J. 1992. Development and evaluation of an integrated, reduced-spray program using sterol demethylation inhibitor fungicides for control of primary apple scab. *Plant Dis.* 76:669-677.

Yang, X. B., Madden, L. V., Wilson, L. L., i Ellis, M. A. 1990. Effects of surface topography and rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology* 80:1115-1120.

Yang, X. B., i Zeng, S. M. 1992. Detecting patterns of wheat strip rust pandemics in time and space. *Phytopathology* 82:571-576.

Zadoks, J. C., i Schein, R. D. 1979. *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press, 427 pp.

## Annex I

### La producció de pera

En els darrers 10 anys s'ha observat un lleuger augment de la producció de pera a nivell mundial (Taula A.1). Àsia i Europa són els continents amb una producció més elevada, però mentre que Àsia ha augmentat la seva producció Europa manifesta un estancament.

**Taula A.1.** Evolució de la producció mundial de pera (Berni i Begalli, 1993)

	Tones (x 10 <sup>3</sup> )		(%)	
	1982-86	1988-92	1982-86	1988-92
Africa	267.4	369.2	2.8	3.7
Nord i Centre Amèrica	764.6	898.2	8.1	9
Sud Amèrica	286.4	442.4	3.1	4.4
Àsia	3445.4	4211.8	36.7	42.4
<b>Europa</b>	<b>3873.2</b>	<b>3349.0</b>	<b>41.3</b>	<b>33.7</b>
Oceania	142.6	169.2	1.5	1.7
URSS	605.8	496.0	6.5	5.0
<b>Total mundial</b>	<b>9385.2</b>	<b>9944.6</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

font:el.laborat amb dades de la FAO

En el marc de la Comunitat Europea la distribució de superfície cultivada està concentrada en quatre països: Itàlia, Estat Espanyol, França i Portugal (Taula A.2). França és el país que ha tingut un retrocés més important de superfície cultivada.

**Taula A.2.** Evolució i distribució de la superfície cultivada (Berni i Begalli, 1993)

	1983		1991	
	(%)	Ha (x10 <sup>3</sup> )	(%)	Ha (x10 <sup>3</sup> )
Itàlia	36.3	51.3	37.6	50.6
<b>Estat Espanyol</b>	<b>26.2</b>	<b>37.0</b>	<b>26.7</b>	<b>36.0</b>
França	14.9	21.0	11.9	16.0
Portugal	7.3	10.0	8.4	11.3
Altres	15.0	20.0	15.4	18.9

font:el.laborat amb dades de EUROSTAT

La mitjana del consum de pera a nivell europeu està en 9 Kg/persona/any, la mitjana del consum total de fruita està situada al voltant de 65 Kg/persona/any.

Dins l'Estat Espanyol la principal comunitat productora de pera és Catalunya (46,7%) seguida d'Aragó (21.9%) i ja més lluny Extremadura (9%) i València (6%). Dins Catalunya la principal zona productiva és Lleida seguida de Girona.

Actualment s'està avançant en el sentit de millorar la qualitat més que la quantitat. És necessari aconseguir una reducció del cost econòmic en la producció, per la qual cosa són necessàries noves tècniques en el control integrat de malalties així com millores genètiques.



## Annex II

### Programes informàtics utilitzats en l'avaluació de la capacitat predictiva del model STREP

Programes informàtics per obtenir els índexs predits a partir dels paràmetres ambientals de període d'humectació i temperatura mitjana durant la incubació del material vegetal en condicions naturals. Amb el procediment VALIDACIÓ s'obtenen les durades del període d'humectació i la temperatura mitjana durant aquests períodes, amb el procediment INDEX es calcula el valor de severitat predit per les condicions de camp ( $P_c$ ), el valor per les condicions d'humectació òptimes a temperatura de camp ( $P_{oc}$ ) i finalment l'índex predit ( $I_p = P_c / P_{oc}$ ). El llenguatge de programació és dBaseIII plus.

#### Procediment VALIDACIÓ

```

USE recepcio
GO TOP
set talk off
SET SCOREBOARD OFF
CLEAR
STORE SPACE(8) TO DIANI
@3,19 to 7,46 double
@4,21 SAY "ASSAIG VALIDACIO - 1994 "
@5,21 say "CALCUL HORES HUMECTACIO"
@6,23 SAY "i TEMPERATURA MITJANA"
@9,20 to 13,70
@10,25 SAY "DIA RECOLLIDA PLANTA (dd/mm/aa) : "
@10,60 GET DIANI
READ
dataini=ctod(diani)
STORE 0 TO HOR
@12,25 SAY "HORA RECOLLIDA PLANTA : "
@12,50 GET HOR PICTURE "@ 9999"
READ
HORIN=HOR
USE RECEPCIO
APPEND FROM C:\VALIDACI\MB.DAT TYPE DELIMITED
DIAT=CTOD(DIANI)-CTOD("01/01/94")
DELETE FOR DIA<DIAT
DELETE FOR CODI<>207
DELETE FOR DIA=DIAT .AND. HORA <=HOR
DELETE FOR DIA>DIAT+1
DELETE FOR DIA=DIAT+1 .AND. HORA >HOR
PACK
SUM HHF50 TO HF
AVERAGE TEMP FOR HHF50>0 TO TEMP50
@14,20 to 20,65
@15,25 SAY "HORA INICI:"
@15,38 SAY HOR
@16,25 SAY "HORA FI:"
@16,38 SAY HOR
@17,25 SAY "DIA INICI:"
@17,39 SAY DATAINI-1
@18,25 SAY "HORES HUMECTACIO:"

```

```

@18,47 SAY HF
@19,25 SAY "TEMPERATURA MITJANA:"
@19,47 SAY TEMP50
WAIT "PREM UNA TECLA PER CONTINUAR"
STORE SPACE(24) TO NOM
@21,10 SAY "NOM DE L'ARXIU PER EMMAGATZEMAR LES DADES:"
@21,53 GET NOM
READ
COPY FIELDS DIA, TEMP, HHF50, HR TO &NOM TYPE DELIMITED
RETURN

```

### Procediment INDEX

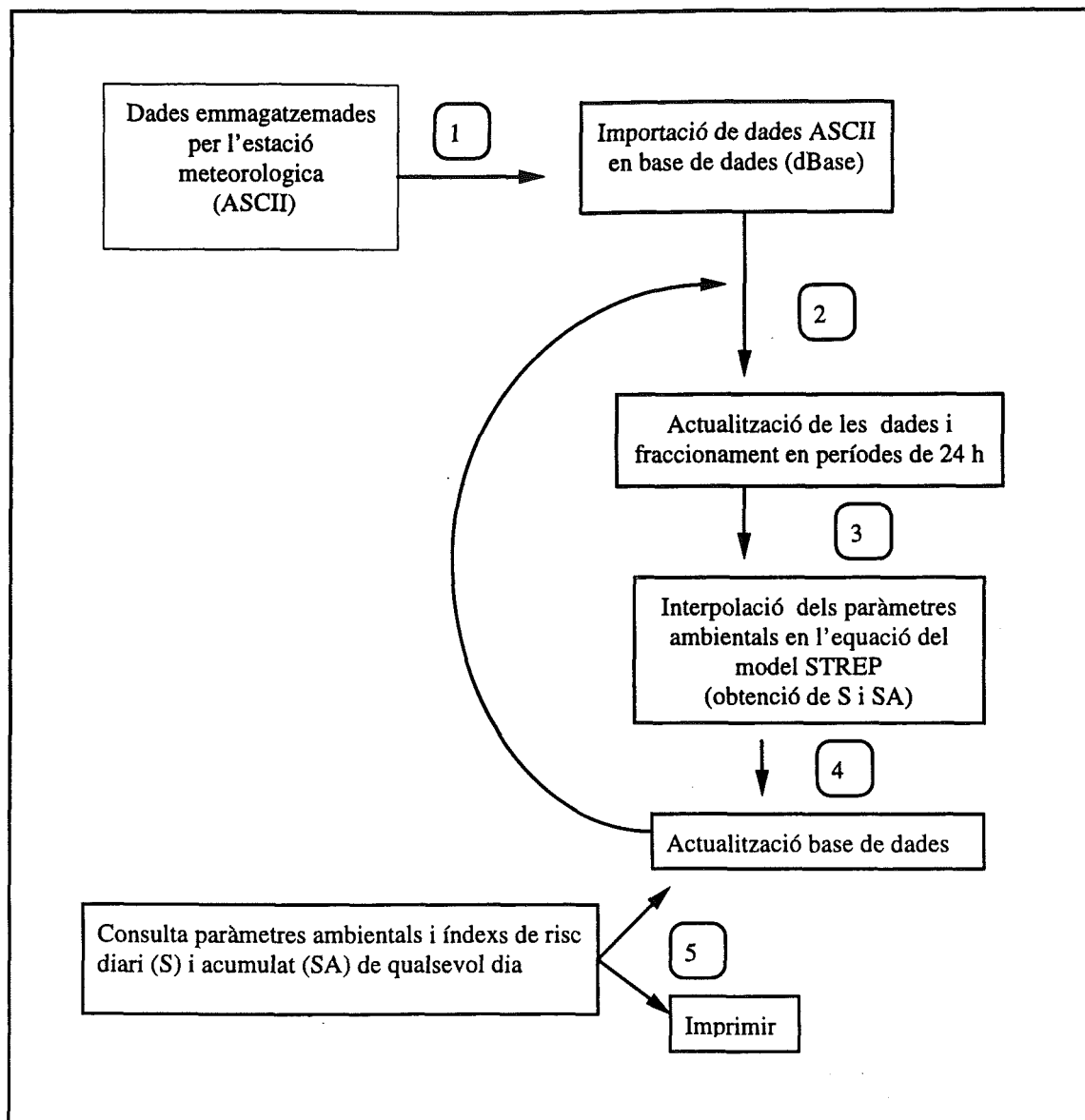
```

USE recepcio
GO TOP
set talk off
SET SCOREBOARD OFF
CLEAR
@3,19 to 7,46 double
@4,21 SAY "ASSAIG VALIDACIO - 1994 "
@5,21 say "CALCUL INDEX - STREP "
@6,23 SAY "SEVERITAT "
@9,20 to 13,70
STORE 0 TO T,HHF
@10,25 SAY "TEMPERATURA:"
@10,52 GET T PICTURE "99.99"
@12,25 SAY "DURADA HUMECTACIO (hores) :"
@12,52 GET hhf PICTURE "99.99"
READ
str=-1.7096+(0.02886*t)+(0.04943*hhf)+(0.008683*(hhf*T));
-(0.000238*(HHF*(T*T)))-(0.002362*(hhf*hhf))
str=10**str
@14,20 to 22,69
*@15,25 SAY "INDEX("+T+" GRAUS i "+HHF+" HORES):"
@15,21 SAY "TEMP:"
@15,26 SAY T picture "999.99"
@15,35 SAY "HORES:"
@15,42 SAY HHF picture "999.99"
@17,22 SAY "SEVERITAT:"
@17,33 SAY roUND(STR,2) PICTURE "99.99"
hhf=24
sev=-1.709628+(0.028861*t)+(0.04943*hhf)+(0.008683*(hhf*T));
-(0.000238*(HHF*(T*T)))-(0.002362*(hhf*hhf))
sev=10**sev
@14,20 to 22,69
@19,21 SAY "TEMP:"
@19,25 SAY T picture "999.99"
@19,36 SAY "HORES: 24"
@21,22 SAY "SEVERITAT:"
@21,33 SAY round(SEV,2) PICTURE "999.99"
set color to w+
@24,22 SAY "INDEX SEVER:"
INDS=STR/sev
@24,35 SAY round(INDS,2) PICTURE "999.99"
@24,50 SAY "INDEX INCID:"
@24,65 SAY round(INDI,2) picture "999.99"
set color to w
RETURN

```

## Annex III

**Programes per a l'obtenció dels índexs de risc diari (S) i acumulat (SA) a partir de l'equació del model STREP**



Esquema del programa per a l'obtenció dels índexs de risc diari (S) i acumulats (SA) en funció dels paràmetres ambientals de durada del període d'humectació i temperatura d'aquest període. Les diferents parts del programa s'executen amb els procediments següents: PRINCIPAL (1, 2 i 3), STREP (4), i INDSTREP (5). La base de dades generada conté les dades diàries de durada del període d'humectació, temperatura mitjana durant aquest període, índex de risc diari (S) i índex de risc acumulat (SA). El llenguatge de programació és dBaseIII plus.

## Procediment ESTACIÓ

```
set talk off
set status off
set scoreboard off
set bell off
do while .t.
clear
```

```
SET COLOR TO bg/n+
```

```
text
```

```
*****
SISTEMA PER TRACTAMENT RACIONALITZAT DE L'ESTEMFILIOSI
DE LA PERERA (STREP)
```

```
ASSAJOS CAN VIDAL 1996: STREP i PRODUCTES
```

```
*****
```

### MENU PRINCIPAL

```
=====
ENDTEXT
```

```
SET COLOR TO W+
```

```
@ 10,18 TO 24,65 DOUBLE
```

```
@ 12,20 SAY "1.-ACTUALITZAR"
```

```
@ 14,20 SAY "2.-INDEXS"
```

```
@ 16,20 SAY "3.-COPIAR VIDAL96.DAT DEL DISQUET A:"
```

```
@ 18,20 SAY "4.-CONNEXIO AMB L'ESTACIO"
```

```
@ 20,20 SAY "5.-SORTIR "
```

```
STORE 0 TO OPCIO
```

```
@ 22,35 SAY "TRIA UNA OPCIO: "
```

```
@ 22,53 GET OPCIO PICTURE "9" RANGE 1,7
```

```
SET COLOR TO W
```

```
READ
```

```
DO CASE
```

```
    CASE OPCIO=1
```

```
        DO PRINCIPAL
```

```
    CASE OPCIO=2
```

```
        DO indstrep
```

```
    CASE OPCIO=3
```

```
        RUN COPY A:\VIDAL96.DAT
```

```
    CASE OPCIO=4
```

```
        run gt vidal96 C U Q
```

```
    CASE OPCIO=5
```

```
        SET TALK ON
```

```
        CLEAR ALL
```

```
        QUIT
```

```
        RETURN
```

```
ENDCASE
```

```
enddo t
```

```
SET TALK ON
```

```
SET STATUS ON
```

**Procediment PRINCIPAL**

```

public act
use VIDAL96
CLEAR
SET COLOR TO W+
@ 12,25 SAY "AIXO TRIGA UNA MICA.!!!!"
@ 15,25 SAY "ESTIC ACTUALITZANT LES DADES"
append from vidal96.dAT type delimited
SET COLOR TO W
GO bottom
DELETE FOR CODI <> 210
PACK
GO BOTTOM
set color to w+
CLEAR
@ 17,25 SAY "FALTA MOLT POC PER FINALITZAR L'ACTUALITZACIO"
set color to w
store dia to diafi
use strep95
go bottom
store dia to diaini
store (diafi-diaini) to dies
store 1 to contador
use VIDAL96
go top
do while CONTADOR <=dies
store (diaIni+contador) to act
set filter to dia=(act-1) .and. hora >800
copy to filtre1
set filter to dia=act .and. hora <=800
copy to filtre2
use filtre1
append from filtre2.dbf
REPLACE ALL DATA WITH CTOD("01/01/96")+ (DIA-1)
go bottom
do strep
CLOSE ALL
DELETE FILE FILTRE1.DBF
DELETE FILE FILTRE2.DBF
contador = contador+1
use VIDAL96
go top
ENDDO
use VIDAL96
DELETE ALL
PACK
RETURN

```

**Procediment STREP**

```

USE FILTRE1
store space(8) to THF50,thf75, tdh50, pluj, thHf50, thf25, dhr90, dhf50, dhf25, TEmpd, DIAF ,CODIF
store space(8) to thf50b, thf75b, thf25b, tdh50b, thhf50b
GO BOTTOM
dat=data
DIAF=DIA

```

```

CODIF=CODI
sum hf50 to thf50
sum hf75 to th75
sum hf25 to thf25
sum hf50b to thf50b
sum hf75b to thf75b
sum hf25 to thf25b
tdh50=thf50+th75
tdh50b=thf50b+thf75b
average temp for hf50>0 .or. hf75>0;
to tHhf50
average temp for hf50b>0 .or. hf75b>0;
to thhf50b
sum prec to pluj
W=tdh50
Wb=tdh50b
T=THHF50
TB=THHF50B
t2=t*t
TB2=TB*TB
w2=w*w
WB2=WB*WB
tw=t*w
TBWB=TB*WB
t2w=t2*w
TB2WB=TB2*WB
str=-1.70961637+0.02886124*t+0.04943329*w+0.00868240*tw-0.00236213*w2-0.00023788*t2w
sr=10**str
Dtf=sr/3.8086
strB=-1.70961637+0.02886124*tB+0.04943329*wB+0.00868240*tBwB-0.00236213*wB2-
0.00023788*tB2wB
srB=10**strB
DtfB=srB/3.8086
use strep
APPEND BLANK
replace hhf with tdh50, HHFB WITH TDH50B, MITJA_TEMP with tHhf50, MITJ_TEMP WITH
THHF50B;;
CODI WITH CODIF, pluja with pluj;;
DIA WITH DIAF, data with dat, s with DTF, SB WITH DTFB
sum s to asf for dia<= act .and. dia >=(act-2)
SUM SB TO ASFB FOR DIA <=ACT .AND. DIA >=(ACT-2)
replace as with asf for dia=act
REPLACE ASB WITH ASFB FOR DIA=ACT
RETURN

```

### Procediment INDSTREP

```

USE strep
GO TOP
set talk off
CLEAR
accept "DIA INICIAL (dd/mm/aa):" TO DiAINI
accept "DIA FINAL (dd/mm/aa):" TO DiaFI
dataini=ctod(diaini)
datafi=ctod(diafi)
CLEAR
wait "VOLS IMPRIMIR-HO (S/N) ?:" TO RESPOSTA
store upper(resposta) to resposta
IF RESPOSTA="S"

```

```

REPORT FORM strep.FRM FOR Data >=DATAINI .AND. Data <=DATAFI to vidal96
REPORT FORM strep2.FRM FOR Data >=DATAINI .AND. Data <=DATAFI to vidal96b
else
REPORT FORM strep.FRM FOR Data >=DATAINI .AND. Data <=DATAFI
WAIT
GO TOP
REPORT FORM strep2.FRM FOR Data >=DATAINI .AND. Data <=DATAFI
ENDIF
wait "PREM UNA TECLA PER CONTINUAR"
RETURN

```

### Exemple de pàgina generada pel programa:

```

Página No.      1
05/07/95
                Indexs Can Vidal 95 -Assaig productes i Strep
data      humectaciç temperatura      Index S Index SA      Pluja
01/06/95      0.000          0.00          0.01          0.23          1.182
02/06/95      0.367          9.43          0.01          0.23          0.000
03/06/95      0.000          0.00          0.01          0.03          0.000
04/06/95      7.622          11.50         0.06          0.08          0.000
05/06/95      6.555          10.67         0.05          0.12          0.000
06/06/95      3.911          12.28         0.03          0.14          0.000
07/06/95      0.783          11.27         0.01          0.09          0.000
08/06/95      0.000          0.00          0.01          0.05          0.000
09/06/95     11.389          16.30         0.21          0.23         13.590
10/06/95      8.111          15.80         0.11          0.33          4.334
11/06/95     19.139          14.64         0.47          0.79          1.379
12/06/95      9.589          13.21         0.11          0.69          9.062
13/06/95      2.450          15.15         0.03          0.61          1.970
14/06/95      0.000          0.00          0.01          0.15          0.197
15/06/95     10.139          14.79         0.15          0.19         10.240
16/06/95      0.000          0.00          0.01          0.17          0.197
17/06/95     15.456          13.18         0.26          0.42          3.546
18/06/95      0.000          0.00          0.01          0.28          0.000
19/06/95      0.461          17.10         0.02          0.29          0.000
20/06/95      0.000          0.00          0.01          0.04          0.000
21/06/95      0.000          0.00          0.01          0.04          0.000
22/06/95      7.828          18.20         0.13          0.15          1.182
23/06/95      6.983          16.55         0.09          0.23          0.000
24/06/95      0.000          0.00          0.01          0.23          0.000
25/06/95      5.856          10.54         0.04          0.14          0.000
26/06/95      0.000          0.00          0.01          0.06          0.000
27/06/95      0.072          19.99         0.02          0.07          0.000
28/06/95      8.766          15.91         0.13          0.16          0.197
29/06/95      6.927          15.85         0.09          0.24          0.000
30/06/95      6.039          15.82         0.07          0.29          0.000
01/07/95      6.734          17.40         0.09          0.25          0.000
02/07/95      9.055          16.46         0.14          0.30          0.000
03/07/95      4.689          17.62         0.06          0.29          0.000
04/07/95     15.689          17.57         0.45          0.65         26.010
05/07/95      0.000          0.00          0.01          0.52          0.000

```