

Eines de suport per decidir com aclarir les pomeres

Glòria Àvila, Joaquim Carbó i Joan Bonany

IRTA-Mas Badia

Presentació oral a la XXI Jornada Fructícola de Mollerussa, 20 d'Octubre 2016, Lleida.

1. INTRODUCCIÓ

L'aclarida de fruits en arbres fruiters, juntament amb la poda, la fertilització i el reg, integren les pràctiques de cultiu més importants en la producció de fruita per al consum en fresc. En condicions naturals, els arbres generalment produeixen un nombre excessiu de fruits que implica que la majoria d'ells no arribin a la qualitat comercial desitjada. És per això que l'aclarida esdevé una pràctica indispensable en fructicultura l'objectiu de la qual és aconseguir que els fruits assoleixin el tamany i la qualitat comercial i, paral·lelament, millorar el contingut de sucres, aroma, fermesa i coloració de l'epidermis, entre els més importants. De manera indirecta també es regula el fenomen de l'alternança de producció, s'afavoreix la longevitat dels arbres i la producció acumulada (Álvarez Requejo, 1998; Dennis, 2000; Fallahi i Willemsen, 2002; Greene, 2002).

La presa de decisió del programa d'aclarida és un moment crític pels fructicultors per la poca disponibilitat de matèries actives, l'escassa eficiència en determinades condicions meteorològiques, el sinergisme entre matèries actives, el curt període de possible intervenció i els riscos de sobreaclarida. Davant d'aquesta situació, cal buscar noves alternatives que permetin obtenir el nivell desitjat d'aclarida i rentabilitzin les plantacions fructícoles. Des de la desaparició del carbaril no hi ha solucions òptimes en moltes varietats de pomera a més, la possibilitat en un futur de no disposar de l'ANA condiciona totes les estratègies d'aclarida química tradicional (Alegre *et al.*, 2010). Tot plegat posa de manifest la necessitat d'avaluar nous programes que integrin les diferents eines disponibles, com l'aclarida química o mecànica de flors, a més d'avaluar el comportament de noves matèries actives i l'efecte que les condicions meteorològiques tenen sobre la seva eficàcia.

Un dels factors que més importància se li dona per decidir el moment òptim de les intervencions d'aclarida és l'**estadi fenològic** del fruit en el moment de l'aplicació. Així per exemple, les intervencions amb NAD s'haurien de realitzar entre F₂+4-6 dies i, per a l'ANA i la BA quan el tamany del fruit central del corimbe situat en fusta de dos anys es troba entre 8 i 12 mm (Alegre *et al.*, 2008).

Ara bé, aquest model fenològic sembla no ser tant important com les **condicions ambientals** que s'enregistren abans de l'aplicació, durant, immediatament després o al llarg dels dies posteriors (Costa *et al.*, 2002). Aquestes condicions inclouen fonamentalment temperatura, humitat, radiació i pluvimetria i han demostrat tenir una clara influència en l'eficàcia de les aplicacions foliars de reguladors de creixement (Greene, 2002; Stover i Greene, 2005).

Altres factors que podrien condicionar l'eficàcia d'aclarida química serien les condicions durant el procés de pol·linització i quallat. Si la meteorologia durant la pol·linització és favorable al vol de les abelles, altes temperatures, sense nuvolositat ni pluja ni vent, llavors probablement resulti un bon quallat amb un nombre considerable de llavors i sigui més difícil d'aclarir. Per contra, si el temps no acompanya als agents pol·linitzadors ni al desenvolupament del fruit llavors la càrrega inicial serà menor afavorint les purgues naturals i l'efecte dels aclaridors (Greene, 2002).

Resumint, podríem dir que les condicions que donen a l'arbre més sensibilitat als productes aclaridors són les elevades temperatures (alta respiració) amb baixa radiació solar (reducció de fotosíntesi) i una elevada càrrega inicial de fruita (major demanda de carbohidrats). I, les condicions en contra són les temperatures suaus (baixa respiració) amb una alta radiació solar (elevada fotosíntesi) i poca càrrega de fruita de partida (menor demanda total de carbohidrats) (Greene, 2002).

A continuació es descriuen altres factors que podrien condicionar de manera directa o indirecta l'aclarida i la càrrega final dels arbres. És el cas d'una gelada a floració que podria lesionar flors, fulles i llavors, fent més receptius als fruits a un tractament d'aclarida a més, la reducció de la fotosíntesi i l'estrès causat per la disminució del subministrament de carbohidrats també podria accentuar l'aclarida química. Un atac de rosegadors a les arrels també deixaria l'arbre en situació d'estrès i per tant més susceptible a la purga natural i als aclaridors químics. Una càrrega abundant l'any precedent probablement es traduirà en menys reserves i en arbres menys vigorosos i més sensibles als aclaridors; així mateix, arbres amb deficiències nutricionals en els principals macro i micronutrients també respondran més fàcilment al tractament químic. En arbres joves caldrà prestar atenció a la dosi ja que també són més receptius; i, finalment, la densitat dels arbres també condicionarà l'efecte d'aclarida de manera que els corimbes interiors distribuïts en les zones ombrejades de l'arbre o bé a la part mitja-baixa, solen ser més dèbils i amb baixes reserves de carbohidrats per tant seran aclarits més fàcilment (Greene, 2002).

Amb tota la dificultat de considerar tots els factors que podrien influir en l'efecte del producte d'aclarida, la major inquietud pel fructicultor és que els resultats no s'observen fins passats uns dies del tractament i llavors ja no existeix cap altre possibilitat d'aclarida que no sigui la manual, això si l'efecte final no ha estat una sobreclarida. Per tant, a banda de disposar de matèries actives eficients, també és important tenir eines de suport a la presa de decisió per ajustar els nivells finals d'aclarida desitjats.

2. MODELS DE PREDICCIÓ PER A LA PRESA DE DECISIÓ

2.1 Eines de biologia molecular, projecte AppleGenie

El projecte AppleGenie té com a objectiu utilitzar el nous coneixements en genòmica i la seva tecnologia per avaluar l'estat fisiològic dels camps de pomera i superar 2 grans reptes pel sector de la poma: gestionar amb èxit els **programes d'aclarida** per ajustar la càrrega dels

arbres i, gestionar el risc de **bitter pit**. Es tracta de fer un test de diagnòstic senzill i fiable basat en l'expressió dels gens de la poma.

La manera tradicional de conèixer l'estat fisiològic de la planta és fer les mesures un cop s'han evidenciat els fets, és a dir, quan ja s'ha donat la caiguda de fruits o quan ja ha aparegut el bitter pit. Les eines de biologia molecular ens permeten mesurar i saber l'estat de la planta amb previsió, just quan ja han començat els canvis a nivell molecular (gens que s'activen i es desactiven i provoquen canvis en els contingut de RNA) però abans que ho puguem veure.

D'aquesta manera, es podria realitzar un test de diagnòstic just abans de començar l'aclarida de fruits, abans dels 8 mm, per saber la predisposició de l'arbre a la caiguda i, un altre test just després de fer el primer tractament químic. Aquest segon test ens permetria saber l'eficàcia del tractament i decidir si en cal un altre o no.

En el cas del bitter pit es realitza un test 1 mes abans de collita que ens permetrà saber el risc de tenir la fisiopatia i així redefinir les mesures de control. El segon test és a collita per planificar la conservació i la venda.

AppleGenie està finançat pel 7è Programa Marc de la Unió Europea (FP/-SME-2013-1) amb un pressupost de 1.6 M€. Es desenvolupa a través d'un consorci que agrupa a diferents Empreses i Centres de Recerca de Catalunya, Itàlia, França, Holanda i Nova Zelanda. La seva durada és de 36 mesos a partir del març de 2014.

El projecte està estructurat en diferents etapes:

1. Conèixer les necessitats i les problemàtiques reals dels usuaris
2. Generar mostres i crear suficient variabilitat per seleccionar els gens implicats en la caiguda fisiològica de fruits i en el desenvolupament del bitter pit. Per una banda s'han fet assajos per provocar aquesta variabilitat i per altre s'han mostrejat parcel·les comercials en diferents zones amb condicions diverses de sòl, clima i maneig.
3. Anàlisi de l'expressió dels gens. Extracció de l'RNA i seqüenciació.
4. Desenvolupament del test de diagnòstic
5. Validació del test diagnòstic a camp
6. Disseny i protocol d'ús dels kits, laboratori portàtil i protocols de decisió

Podeu trobar més informació a www.applegenie.eu.

En el cas concret de l'aclarida, l'any 2014 es van mostrejar 27 finques comercials del grup Gala i 27 finques del grup Golden repartides entre Catalunya, França, Itàlia i Nova Zelanda. Els resultats van donar una gran variabilitat a la resposta d'aclarida, des de 22 fruits/cm² fins a 1 fruit/cm². Els assajos duts a terme entre el 2014 i 2015 també van permetre aconseguir la variabilitat desitjada, en total 436 mostres de les quals 56 es van escollir per a la seqüenciació.

En aquests assajos es comparaven pomes Control no aclarides amb pomes tractades amb ANA, BA, ANA+BA i metamitrona. El mostreig per l'anàlisi molecular es va fer 3 dies abans del 1er tractament d'aclarida (3 dies abans de 8 mm) per tal de preveure la sensibilitat de l'arbre a l'aclarida.

Els resultats d'eficàcia es van comparar amb els resultats de l'extracció de RNA i sembla que hi ha una relació segons 3 nivells d'aclarida: fàcil, mig i difícil (Figura 1). Els primers resultats

mostren que efectivament hi ha un seguit de gens a la poma que s'expressen diferent segons el grau d'aclarida, especialment entre fàcil i difícil d'aclarir però, encara cal corroborar aquest resultat amb els darrers anàlisis de 2015 i 2016.

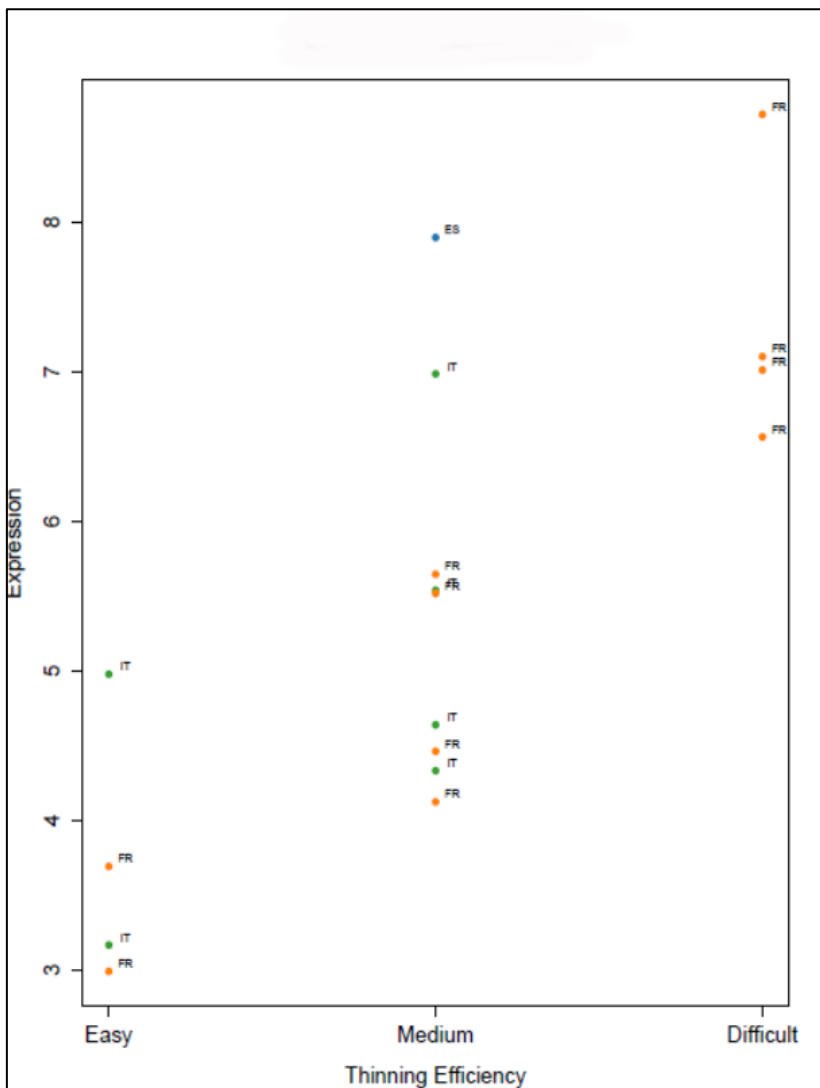


Figura 1. Expressió dels gens segons el grau de sensibilitat de l'arbre a l'aclarida de fruits, any 2014.

2.2 Eines basades en variables meteorològiques

2.2.1 MALUSIM

Els Drs. Alan Lakso i Terence L. Robinson de Cornell University (USA) van desenvolupar el model de predicció, anomenat Malusim basant-se en el balanç de carbohidrats de l'arbre. Utilitza la latitud, la temperatura màxima i mínima diària, la radiació solar i la data de brotació de la pomera.

Tant la temperatura com la radiació solar afecten el subministrament d'hidrats de carboni (la fotosíntesi) i la temperatura a més, afecta la demanda d'hidrats de carboni (la respiració i el creixement). El model considera que si el subministrament de carbohidrats és igual a la

demanda total, llavors tots els òrgans creixeran a un rendiment màxim però, si el subministrament és limitat, s'inicia una competència per aquests carbohidrats entre els diferents òrgans de l'arbre de manera que primer es prioritzen els brots en creixement i després els fruits. Aquesta eina modelitza el creixement del fruit i el seu potencial de caiguda de manera que si es preveu un dèficit de carbohidrats es traduirà en una millor resposta de l'arbre als aclaridors químics causant més caiguda de fruita (Lakso *et al.* 2006, 2007).

La sortida del model és un Index d'aclarida diari (Taula 1) calculat segons la mitjana entre els 2 dies anteriors, el dia en qüestió i els 3 dies següents (-2+4 dies) (Figura 2).

Taula 1. Interpretació MaluSim adaptada USA.

Previsió 2-4+ Balanç Carb.	Recomanació d'aclarida
> 0 g/dia	Incrementa la potencia del teu programa d'aclarida un 20%
0 g/dia to -20g/dia	Aplica el programa d'aclarida habitual
-20 g/dia to -40 g/dia	Redueix la potencia del teu programa d'aclarida un 20%
-40 g/dia to -60 g/dia	Redueix la potencia del teu programa d'aclarida un 40%
-60 g/dia to -80 g/dia	Redueix la potencia del teu programa d'aclarida un 60%
< de -80 g/dia	No aclareixis (molts fruits cauran naturalment)

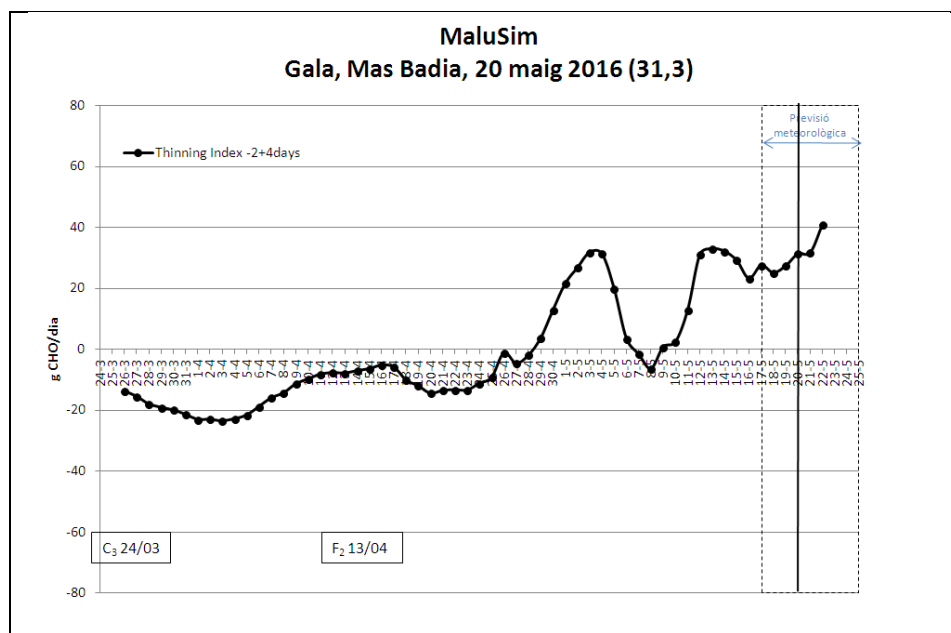


Figura 2. Índex d'aclarida segons el model Malusim per a pomeres Gala l'any 2016 a l'IRTA Mas Badia (La Tallada d'Empordà).

Prenent els resultats d'aclarida d'assajos fets durant 9 anys en Golden amb ANA aplicada a 10-15 ppm i a 9-12 mm s'observa una relació amb l'Índex d'aclarida Malusim del 53% (Figura 3).

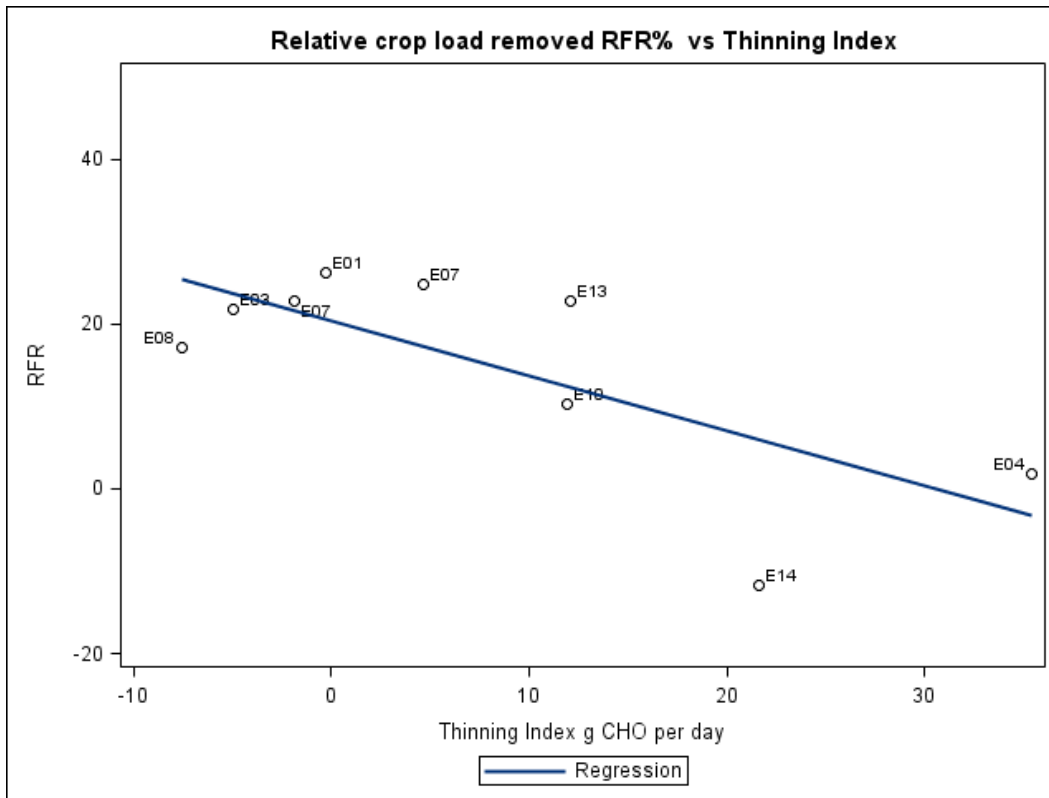


Figura 3. Relació entre l'eficàcia d'aclarida i l'Índex d'aclarida segons el model Malusim.

Malusim és una eina per prendre decisions d'ajust de dosi i moment dels tractaments d'aclarida si bé, i donat que es basa amb prediccions meteorològiques, cal tenir cura a l'hora d'utilitzar-lo. D'altre banda, es tracta d'un model desenvolupat amb la varietat 'Empire' amb un tipus d'arbre i de plantació concrets de manera que aplicat a altres varietats, conduïdes de diferent manera i amb estadis fenològics diversos pot portar a malinterpretacions. El darrer inconvenient és que es basa només en temperatura i radiació solar i ja hem vist que altres factors meteorològics com la pluja o les gelades poden influir també en l'eficàcia d'aclarida.

Calen més experiències per posar a punt el model per a cada varietat i/o zona de producció i adaptar-lo a les condicions particulars d'Europa (arbres més petits plantats a alta densitat i amb temperatures més elevades).

2.2.2 AG-RADAR

És un model de càlcul desenvolupat per Glen Koehler de la Universitat de Maine (USA) que considera temperatura nocturna (a partir de 10 °C entre les 20 h i 7 h) i radiació (% d'ombreig).

Dóna un índex d'aclarida comprès entre 0 i 6 que indica la sensibilitat de l'arbre de tal manera que, altes temperatures nocturnes i/o alta nuvolositat (baixa radiació), donen índex alt (Taula 2, Figura 3).

Taula 2. Interpretació T&R adaptada USA.

Previsió 3-dies	Recomanació d'aclarida
< 1.75	Escassa sensibilitat
1.75 – 2.5	Poca sensibilitat
2.5 – 3.5	Intermitja
3.5 – 4.25	Sensibilitat moderada – risc moderat
4.25 - 5	Forta sensibilitat
> 5	Risc de sobre esclarida

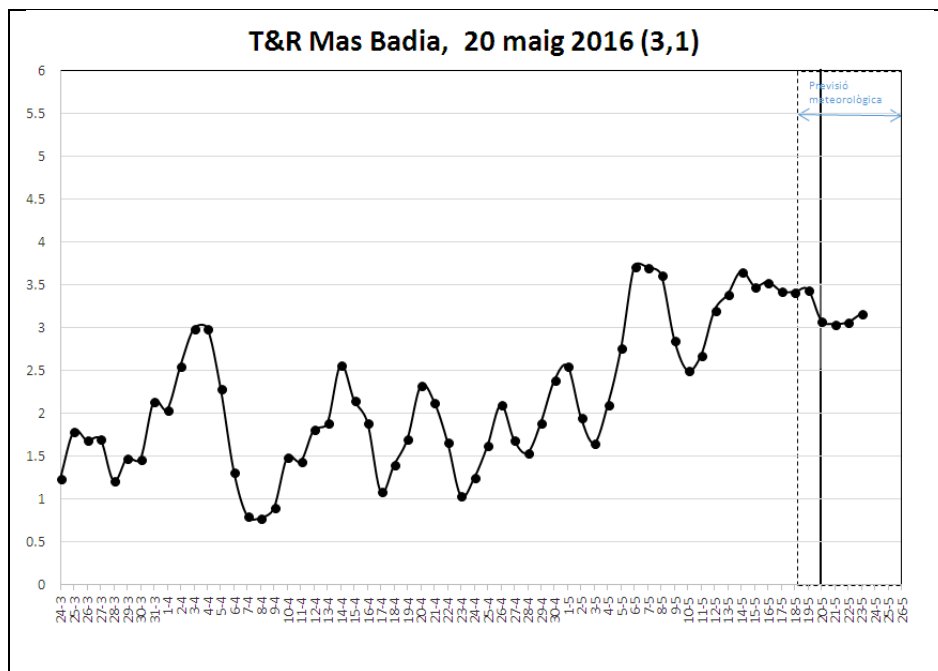


Figura 4. Índex d'aclarida segons el model AG-Radar per a pomeres l'any 2016 a l'IRTA Mas Badia (La Tallada d'Empordà).

En una prova realitzada en pomeres Gala l'any 2015, el model AG-Radar es va ajustar a l'eficàcia d'aclarida real, de manera que els valors de l'índex superiors a 5 van donar eficàcies d'aclarida entre un 29-46% i, els valors al voltant de 4, van deixar els arbres gairebé igual que l'estratègia no aclarida, amb un 4% d'eficàcia (Figura 5).

Tant el model Malusim com Ag-Radar podrien ajudar a posicionar el dia del tractament d'aclarida buscant la major eficàcia de l'aclaridor químic i ajustant les dosis en funció de la sensibilitat de l'arbre. Si bé, calen més experiències per ajustar els índex a les nostres condicions tant de parcel·la i clima com en el mode d'acció dels nous productes químics disponibles actualment.

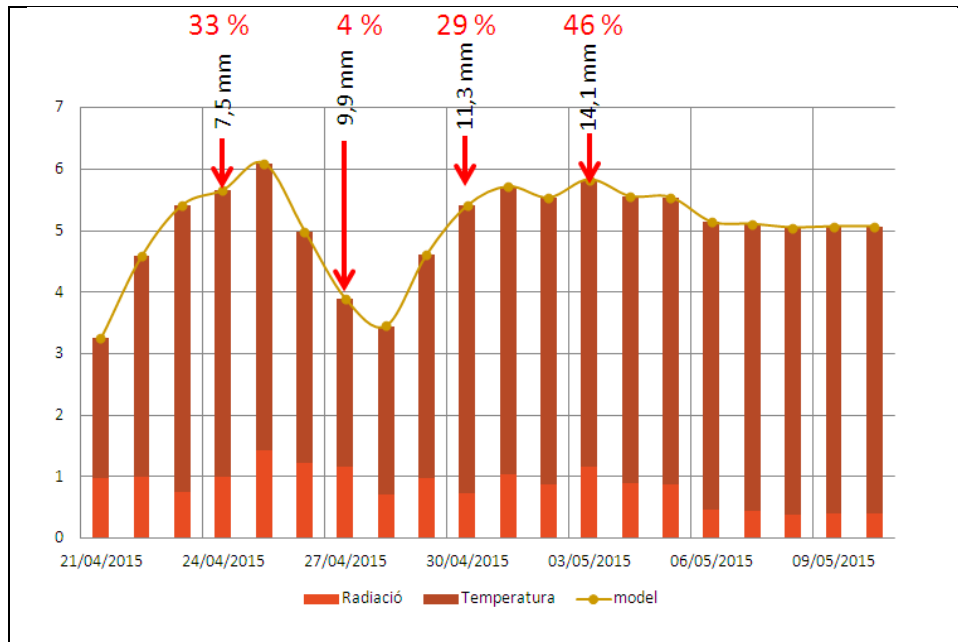


Figura 5. Relació entre l'eficàcia d'aclarida i l'índex d'aclarida segons el model AG-Radar per a pomeres Gala l'any 2015 a l'IRTA Mas Badia (La Tallada d'Empordà). Les fletxes indiquen el dia i l'estadi fenològic de l'aplicació de l'aclaridor (Brevis a 1,65 kg/ha). Els valors indiquen el % d'eficàcia del tractament respecte un Control no aclarit.

2.3 Model de Greene

Greene (2008, 2013) va proposar un altre mètode de predicció de la càrrega com a resposta als aclaridors químics basat en la mesura del **creixement de fruits petits**. El model assumeix que els petits fruits que persistiran a l'arbre després de l'aclarida química aniran creixent ràpidament mentre que els fruits que cauran ralentitzaran el seu creixement i tard o d'hora cauran. Segons Greene (2008), una reducció de la taxa de creixement precedeix l'abscisió d'un fruit independentment del mode d'acció de l'aclaridor.

El resultat del model és la predicció del percentatge de caiguda (o càrrega final) assumint que caurà el fruit que creix menys del 50% del fruit que creix més entre els 4 i 7 dies després de l'aplicació de l'aclaridor.

Un exemple concret d'aquest model es pot veure a la Figura 6. Es va mesurar el creixement dels fruits petits marcats a cada corimbe entre el tercer i setè dia després del tractament. Les dades mostren clarament una distribució bimodal indicant dos poblacions diferents (**Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.**). La primera població mostra els fruits que menys van créixer durant aquest període amb valors al voltant de 0 mm. La segona població mostra els fruit que seguiran creixent amb un increment mig del diàmetre al voltant de 4 mm. Es pot observar que la distribució en els arbres tractats (línia discontinua) té més població de fruits que deixen de créixer en comparació als arbres Control no aclarits (línia continua).

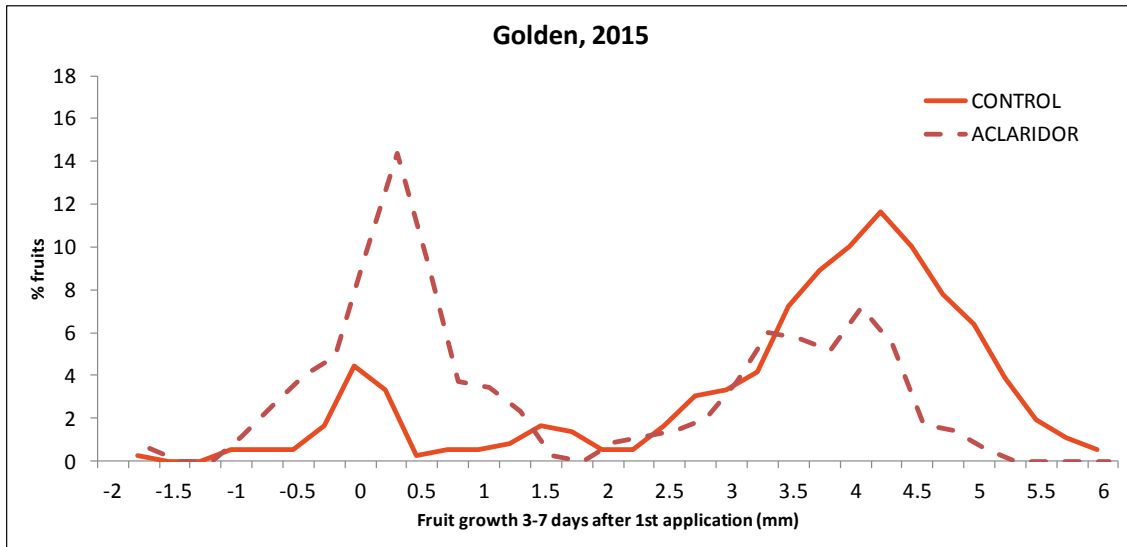


Figura 6. Distribució del creixement dels fruits entre el tercer i setè dia després del tractament d'aclarida en pomes Golden l'any 2015 a l'IRTA Mas Badia (La Tallada d'Empordà).

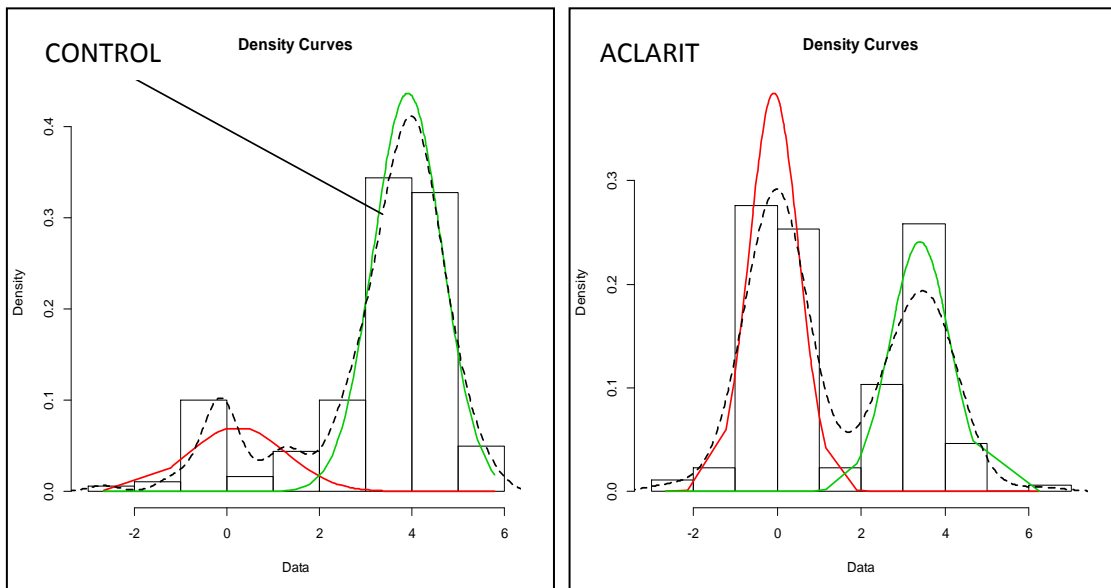


Figura 7. Corbes de densitat de la distribució del creixement del diàmetre dels fruits entre 3 i 7 dies després del tractament d'aclarida en pomes Golden. La línia discontinua representa la corba modal de distribució de tota la població, la línia vermella és l'ajust de la corba de distribució dels fruit que cauran i la línia verda dels fruits que quedaran.

La interpretació dels resultats de la Figura 7 permet fer la predicció dels nº de fruits que quedaran a l'arbre. En els arbre Control queden un 82% dels fruits que són els que segueixen creixent i el 18% restant cauran, en canvi, en els arbres aclarits en queden un 43% i el 57% restant cauran. La producció objectiu per aquests arbres és de 170 fruits/arbre i segons el quallat inicial en tenim 932. Després del tractament d'aclarida encara en queden 402 (el 43%). Aquest resultat ens indica que cal fer un segon tractament per acabar d'ajustar la càrrega a l'òptim.

Actualment els models estan en construcció, els estem posant a punt i validant en les nostres condicions.

Tots aquests mètodes descrits poden col·laborar a millorar els programes d'aclarida ja sigui per anunciar amb antelació la predisposició de l'arbre a la resposta d'aclarida o per la mesura dels efectes immediats sobre la fisiologia de l'arbre; tots ells, i de manera integrada, podrien ajudar tant a decidir el moment d'aplicació i la dosi de producte com també si és necessària una segona aplicació.

3. BIBLIOGRAFIA

Alegre S, Àvila G, Carbó J, Torres E. 2010. Situación actual y evolución futura del aclareo en frutales de pepita y hueso. XV Jornada Frutícola Lleida. (Comunicació personal)

Alegre S, Bonany J, Carbó J. 2008. Optimizar la carga de los frutos mediante el aclareo para aumentar la rentabilidad del manzano. *Vida Rural* 275: 46-52.

Álvarez Requejo S. 1988. El manzano. 5a Edic. Coedic. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Editorial Aedos, S.A. Barcelona, España.

Costa G, Bucchi J, Bonany J, Carbó J, Iglesias I, Dorigoni A, Vigl J, Weber HJ i Stopar M. 2002. Efficacy of chemical thinners as affected by climate and location. XXVI th. International Horticultural Congress ISHS. Toronto.

Dennis FG. 2000. The history of fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, 31:1-16.

Fallahi E, Willemsen KM. 2002. Blossom thinning of pomme and stone fruit. *HortScience*, 37(3): 474-477.

Greene DW. 2002. Chemicals, timing, and environmental factors involved in thinner efficacy on apple. *HortScience* 37:477-481.

Greene DW. 2008. A growers guide to predicting the response to a chemical thinner application. www.umass.edu/fruitadvisor/2008/predictfruitset2008.

Greene DW, Lakso AN, Robinson TL i Schwallier P. 2013. Development of a Fruitlet Growth Model to Predict Thinner Response on Apples. *HortScience* 48(5):584-587.

Lakso AN, Robinson TL and Greene DW. 2006. Integration of environment, physiology, and fruit abscission via carbon balance modeling – Implications for understanding growth regulator response. *Acta Hort.* 727:321-326.

Lakso AN, Robinson TL and Greene DW. 2007. Using an apple tree carbohydrate model to understand thinning responses to weather and chemical thinners. *NY Fruit Quarterly* 15(3):17-20.

Peck G. "Malusim", [en línia]. Virginia Tech, VA. Disponible a la Web: <http://blogs.ext.vt.edu/tree-fruit-horticulture/>. [Data de consulta: 13 de Maig 2013].

Stover EW, Greene DW. 2005. Environmental effects on the performance of foliar applied plant growth regulators: a review focusing on tree fruits. *HortTechnology* 15 (2).