



ENTRADA EN CALOR

CUÁL ES EL IMPACTO DEL NUEVO ESCENARIO CLIMÁTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE MANZANOS Y CEREZOS, DOS ESPECIES FRUTALES ADAPTADAS A CLIMA TEMPLADO.

El nuevo escenario climático afecta a manzanos y cerezos, dos especies frutales adaptadas a clima templado y de gran importancia en la fruticultura chilena. Inviernos más cálidos a los habituales, eventos meteorológicos extremos en floración y alta temperatura

durante el crecimiento del fruto, tienen un gran impacto en la producción, calidad y condición de la fruta. Para enfrentarlos se requiere un monitoreo preciso de las condiciones meteorológicas y del comportamiento del frutal. Asimismo, manejos orientados a mejorar

el desempeño de la planta o a modificar el microambiente pueden mitigar estas condiciones desfavorables. Decisiones productivas en el largo plazo conducirán a cambios en la distribución geográfica de cultivos y especies.

La falta de frío en invierno afecta la formación de las yemas



y altera la fenología. Es reconocida la relación entre la cantidad de frío percibido en invierno y el calor acumulado por la yema para brotar y florecer. Es así que después de inviernos con poco frío, o en el requerimiento según especie y cultivar, será necesaria una mayor acumulación térmica para alcanzar floración, con lo que ésta ocurre más tarde y es más extensa. El diferente requerimiento de frío entre cultivares y tipo de yema agudiza la diacronía entre cultivares o entre crecimiento vegetativo y floral en el mismo árbol, después de inviernos cálidos. Ello provocará un limitado abastecimiento



ÁLVARO SEPÚLVEDA
LABORATORIO DE
ECOFISIOLOGÍA FRUTAL
CENTRO DE POMÁCEAS
UNIVERSIDAD DE TALCA
ASEPULVEDA@UTALCA.CL



LORETO ARENAS
LABORATORIO DE
ECOFISIOLOGÍA FRUTAL
CENTRO DE POMÁCEAS
UNIVERSIDAD DE TALCA
LORETOARENAS@UTALCA.CL

de flores y frutos recién cuajados, que puede causar su caída prematura.

Otra consecuencia de un limitado frío en invierno es una reducción en la calidad de las flores, sobre todo en su impacto en el período efectivo de polinización. Flores que han superado un invierno cálido, con una reducción de sus reservas nutricionales, tendrán óvulos con menor longevidad que las flores de temporadas con alta acumulación de frío en invierno. De esta manera, luego de inviernos de poco frío se reduce la cuaja potencial del huerto.

La plantación de nuevos cultivares en nuevas zonas de producción y frente a la actual realidad climática, requiere de un monitoreo confiable de las variables meteorológicas y el replanteo del método de estimación de frío consultado. Así también, cualquier manejo con el objetivo de modificar la fisiología del árbol en el proceso de receso debería ser ponderado de acuerdo a las condiciones ambientales predominantes, además del estado de la planta.

En floración, el predominio de temperatura (T)



muy baja o alta puede afectar negativamente los procesos de polinización y fertilización de las flores. Por un lado, T sobre 15 °C será favorable para el vuelo de abejas, la germinación del polen y para un rápido avance del tubo polínico hacia el óvulo. Por otro lado, T muy alta y baja humedad relativa (HR), reducirán la receptibilidad del estigma y la viabilidad del óvulo. Por lo anterior, una floración tar-

día, conllevará un ambiente más cálido en una temporada con predominio de alta T, como ocurrió en octubre de 2016 y 2020 (Cuadro 1), puede tener un efecto negativo en la cuaja.

EL EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR

Luego, en el verano, días de intensa radiación solar (RS), con alta T y baja HR, condiciones propias de esta

Aspersor de bajo caudal para control de daño por sol mediante enfriamiento evaporativo.

estación en la zona central de Chile, tienen fuerte impacto en la producción de fruta. La T del aire regula la fotosíntesis y respiración. Días con T excesivamente alta en verano pueden reducir la fotosíntesis y priorizar carbohidratos en la mantención de los sistemas defensivos de la planta. Por otro lado, noches de alta temperatura promueven la actividad oxigenasa de la rubisco, inversa a la fijación de CO₂, proceso conocido como respiración.

Los sistemas defensivos de la planta están constituidos por compuestos que en condiciones de estrés ambiental se estimula su síntesis. Estos corresponden a pigmentos y otros compuestos fenólicos, que actúan como filtro de RS nociva, tal como del rango UV; compuestos antioxidantes, asociados a la neutralización de las especies reactivas de oxígeno (conocidas como ROS por su sigla en inglés), que desestabilizan la integridad de componentes celulares; y enzimas de golpe térmico (conocidas como HSP por su sigla en inglés), que mantienen

CUADRO 1
Temperatura (°C) media de octubre en diferentes localidades en las últimas temporadas.

| Localidad | 2016/17 | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 | 2020/21 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Graneros | 14.9 | 13.6 | 14.2 | 14.5 | 15.1 |
| Morza | 13.7 | 12.4 | 12.8 | 13.3 | 13.5 |
| Sagrada Familia | 15.4 | 13.6 | 14.1 | 14.4 | 14.8 |
| San Clemente | 14.5 | 12.9 | 13.3 | 13.3 | 14.0 |
| Linares | 13.7 | 12.1 | 12.5 | 12.8 | 14.1 |
| Chillán | 13.2 | 11.9 | 12.1 | 12.2 | 12.8 |
| Renaico | 13.2 | 12.1 | 12.7 | 13.0 | 13.5 |
| Mulchén | 12.8 | 11.7 | 11.5 | 11.8 | 12.1 |
| Temuco | 11.8 | 10.6 | 11.1 | 11.4 | 10.9 |

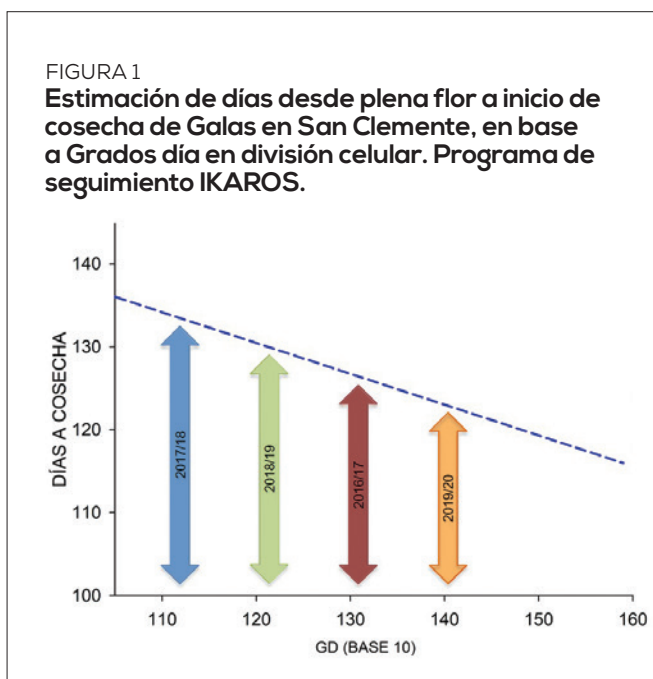
la estabilidad de las estructuras proteicas frente a su eventual desnaturalización por estrés térmico. Sin embargo, la exposición prolongada a condiciones extremas puede llegar a colapsar estos sistemas defensivos e inducir alteraciones en la piel del fruto, teniendo en el daño por sol expresión más extrema.

MADURACIÓN DEL FRUTO

El papel del ambiente en el verano sobre la maduración de la manzana está en discusión, pero estaría determinada tempranamente, en los primeros días de crecimiento del fruto, durante la etapa de división celular. Esta etapa es altamente sensible a la T ambiental, y un ambiente cálido reducirá la extensión del período de crecimiento de la manzana.

El Centro de Pomáceas cuenta con un modelo que estima el inicio de cosecha de acuerdo a las condiciones térmicas postflor (Figura 1). Según este indicador, esta temporada se estima la cosecha de Galas a los 115 días después de plena flor en la localidad de Quebrada de Agua (San Clemente). Además, alta T en división celular favorecería un mayor número de células y con ello un mayor tamaño potencial a cosecha. Sin embargo, una temperatura muy alta conduciría a un rápido avance de los índices de madurez de la manzana, una vez iniciada su maduración. Por otro lado, una primavera fría promovería una maduración paulatina, con alto potencial de guarda, pero comprometería el tamaño de la manzana a la cosecha.

En cerezos, el número de células viene determinado desde antes de floración, y no es afectado por las condiciones ambientales en la primera fase de crecimiento del fruto.



En cambio, en la etapa III, post endurecimiento del carozo, la temperatura tiene fuerte impacto en el avance de la maduración. Alta temperatura en precosecha, acelera la maduración de la cereza y reduce el desarrollo de color. Dicho ambiente nocivo puede cuantificarse mediante el déficit de presión de vapor o el índice de estrés. Este último relaciona T y HR, de modo que alta temperatura y baja HR genera mayor estrés atmosférico. Tal situación se observó en algunas localidades en la temporada 2019/20 tras días de alto estrés en noviembre (Cuadro 2).

El estrés ambiental promueve el cierre estomático, con lo que se limita la fotosíntesis y se derivan carbohidratos a la mantención de los sistemas defensivos, limitando el tamaño y color de los frutos en pleno crecimiento. Esta situación se agrava en condiciones de estrés hídrico. Además, una alta cuanti-

ficación de estrés ambiental tendrá un efecto negativo en la concentración de nutrientes a cosecha, lo que puede conducir a una reducción del potencial de almacenaje.

RIESGOS DE DAÑO POR SOL

La combinación de alta T, baja HR en días de intensa RS puede inducir daño por sol en la fruta, un problema importante en manzanas de cosecha tardía, por su continuada exposición a estas condiciones durante todo el verano. El fruto, a medida que crece va reduciendo su relación superficie/volumen, de manera que no es capaz de disipar la energía incidente y se produce el daño. Sin embargo, diversas prácticas han sido incorporadas en los huertos chilenos, cada vez mejor manejados, que han permitido reducir la incidencia de daño por sol. Entre ellas, destacan:

- Elección de cultivares menos sensibles. Nuevo



material de alta coloración y corto período de crecimiento.

- Evitar hileras orientadas N-S o NE-SO, con excesiva exposición del lado poniente, con alta exposición a RS en momentos del día con mayor temperatura.

- Manejar sistemas de conducción de copa fija. Ello permite reducir el daño por sol en frutos que se exponen repentinamente a la RS por el movimiento de ramas.

- Evitar carga frutal excesiva y débil desarrollo foliar del árbol. Con ello, hay menos

Malla sombra en manzanos.

carbohidratos para los sistemas defensivos de la planta.

- Mantener el árbol en un adecuado estado hídrico. Se ha demostrado mayor daño en árboles con déficit de riego.

- Cuidar la sanidad del huerto. Cualquier estrés biótico (plagas, enfermedades, malezas) competirá por asimilados de la fotosíntesis.

CUADRO 2
Índice de Estrés acumulado de noviembre en diferentes localidades en las últimas temporadas.

| Localidad | 2016/17 | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 | 2020/21 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Graneros | 39.2 | 24.8 | 42.2 | 50.4 | 36.9 |
| Morza | 22.1 | 17.5 | 20.7 | 33.0 | 26.1 |
| Sagrada Familia | 32.7 | 26.7 | 30.8 | 36.3 | 26.6 |
| San Clemente | 30.6 | 22.5 | 27.3 | 28.4 | 32.7 |
| Linares | 19.9 | 14.3 | 14.9 | 22.3 | 34.6 |
| Chillán | - | 13.2 | 12.9 | 21.0 | 18.9 |
| Renaico | 19.4 | 13.1 | 14.2 | 23.7 | 17.5 |
| Mulchén | 17.0 | 13.0 | 9.4 | 14.7 | 13.7 |
| Temuco | 8.1 | - | - | 7.2 | 5.9 |

CONTROL POR ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

En zonas con predominio de altas temperaturas será conveniente considerar la implementación de tecnologías de reducción de estrés, sobre todo en cultivares sensibles y de alta rentabilidad. El uso de malla sombra, enfriamiento evaporativo con riego elevado y aplicación foliar de protectores solares son los métodos más utilizados para el control de daño



por sol. Sin embargo, su uso se ha extendido con el objetivo de reducir estrés ambiental y con ello mejorar el desempeño productivo del frutal.

El sistema de control por enfriamiento evaporativo se logra con la aspersión de agua sobre la copa de los árboles en intervalos mientras hay alta temperatura durante el día. El agua asperjada refrigera hojas y frutos al extraer energía circundante en su evaporación, así controla en forma efectiva el daño por sol en las manzanas, a la vez que incrementa su color rojo y tamaño. Pero hay aspectos que complejizan su uso, como la disponibilidad de agua, en cantidad y calidad; el suministro eléctrico no puede fallar mientras opera el sistema; y aumenta la presión de enfermedades y malezas. Sistemas con aspersores de bajo caudal y breves intervalos de operación, pueden reducir el consumo de agua.

Malla sombra para acentuar condiciones en invierno y cubriendo todo el árbol.

USO DE MALLA SOMBRA

El uso de malla sombra, en cambio, es un sistema de control pasivo. La malla

reduce la RS incidente y con ello se moderan las temperaturas máximas y mínimas diarias; además, puede reducir la ventilación con lo que aumenta la HR. En este sistema, es importante la correcta elección del material, color y porcentaje de trama de la malla a implementar, así como su disposición en el huerto. A mayor porcentaje de trama y opacidad, más control del daño por sol pero menor desarrollo de color rojo en la fruta, que es su principal desventaja. Si la sombra es excesiva y dispuesta tempranamente, puede causar abscisión de frutitos o afectar el retorno floral.

El sombreado puede compensarse con el uso de reflectantes de suelo. Por lo anterior, las recomendaciones indican el uso de malla monofilamento, con leve trama (15-25%) y de tonos blancos, de modo de maximizar la radiación difusa bajo la malla. Así, es posible



extender su uso durante la temporada.

Es una tecnología que ofrece otras ventajas, como mantener el potencial hídrico de la planta, con lo que es posible reducir el aporte de riego (20-30%), aumentar la fotosíntesis y el tamaño de la fruta. La propiedad de foto-selectividad de las mallas ofrece un gran potencial en la producción agrícola. Es así que se ha aprovechado el efecto positivo de la transmisión lumínica de la región azul del espectro sobre la apertura estomática, para incluir esta característica en mallas usadas en el control de daño por sol en manzanos.

De este modo, el uso de mallas se ha consolidado en los huertos chilenos, con sus variaciones y potenciales aplicaciones. Tal es el caso de mallas sombra en postcosecha o mallas que cubren la planta en todo su contorno, que reducen el vigor por un efecto mecánico.

BLOQUEADORES SOLARES

El uso de bloqueadores

solares asperjados al follaje se ha transformado en una herramienta comúnmente utilizada para reducir el estrés de la planta, más que para controlar el daño por sol del fruto. El primer producto desarrollado comercialmente como tal, fue Surround®. Se basó en la utilización de caolina, un aluminio silicato mineral ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), de grano fino, blanco, plano, no poroso, no hidratable, poco abrasivo, que fácilmente se dispersa con agua y es inerte en un amplio rango de pH. Esta tecnología se desarrolló para contrarrestar el uso de pesticidas en la agricultura tras un mandato del Congreso de EE.UU. al USDA-ARS. En el follaje se forma una película de partículas que filtra parte de la RS incidente sobre hojas y frutos. Con ello, puede llegar a alcanzar una reducción de la T foliar entre 3 y 5 °C, con la cobertura lograda con dos o tres aplicaciones.

La correcta cobertura de caolina aumenta la fotosíntesis del árbol y la eficiencia en el uso del agua. El princi-

pal inconveniente era su remoción durante el procesamiento de la fruta, lo que no sucede cuando su objetivo es el follaje. Además, los productos de última generación son más refinados y de fácil lavado.

Una desventaja es que suele aumentar la población de ácaros en la hoja. Sin embargo, su uso en conjunto con algún complejo bioestimulante es una práctica muy utilizada para la reducción de estrés en la postcosecha de cerezos. Es el momento en que existe mayor riesgo de formación de frutos con doble pistilo, en los primordios florales en la yema, por T del aire sobre 30 °C. Además, se mantiene la actividad fotosintética, con la que se promueve mayor acumulación de reservas.

El alto estrés esperado en los veranos en la zona centro de Chile limitan el desarrollo de color rojo, por las altas temperaturas, tanto máximas y mínimas diarias. Con ello, hay que cuidar el momento de cosecha, para no sacrificar potencial de postcosecha de la manzana, por desfase entre madurez fisiológica y de consumo, al esperar mayor color de cubrimiento.

El impacto del nuevo escenario climático sobre la producción no debe entenderse como una serie de efectos puntuales, sino que interrelacionados a través del ciclo del frutal. Así podrán ser más efectivas las tecnologías disponibles para su mitigación.

Agradecemos el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) a través del Proyecto: Indicadores nutricionales y agroclimáticos para la producción de cerezas de alta calidad bajo cubiertas plásticas: una estrategia de adaptación microclimática (PYT-2019-0352).



Protector solar en base a caolina aplicado en post cosecha de cerezos y en frutos de manzanos.