

Uso de la termoterapia con agua caliente para el control de enfermedades fúngicas de la madera

Se postula como un método alternativo, beneficioso y con gran potencial

La termoterapia consiste en la aplicación de un tratamiento calorífico al material vegetal, de forma que resulte letal al patógeno con daños mínimos para el huésped. Existen diferentes tipos de tratamientos por termoterapia, entre los que se encuentra el tratamiento por agua caliente. En este artículo se tratan los distintos aspectos de la técnica de termoterapia con agua caliente como alternativa sostenible al uso de fungicidas para el control de las enfermedades fúngicas de la madera de la vid.



David Gramaje.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC - Universidad de La Rioja - Gobierno de La Rioja).
Servicio de Investigación Vitivinícola (SIV). Logroño (La Rioja).

La termoterapia es una técnica eficaz y ampliamente utilizada para la erradicación de parásitos (bacterias, virus, hongos, nematodos, fitoplasmas, ácaros e insectos) de las semillas y otros materiales de plantación, incluidas plantas totalmente enraizadas (Jarvis, 1998).

La termoterapia se basa en la susceptibilidad diferencial entre el huésped y sus parásitos internos o externos en relación con las altas temperaturas. Si la diferencia entre la temperatura letal del huésped y del parásito es alta, se dan las mejores condiciones para conseguir el efecto buscado con el tratamiento. Para ello, se cuenta con que los organismos parásitos a menudo mueren con combinaciones de temperatura-tiempo que tan sólo son levemente dañinas al huésped, aunque la susceptibilidad y el grado de parasitismo no siempre están relacionados (Baker, 1962).

Existen diferentes tipos de tratamientos por termoterapia como son el tratamiento por aire caliente, por vapor de agua y por agua caliente, mediante la aplicación de radiación infrarroja o entre dos condensadores cargados eléctricamente (Baker, 1962). Des-

de sus orígenes, el tratamiento con agua caliente (TAC) se ha ido mejorando al conocerse los distintos factores implicados en el proceso, lo que ha permitido una mejora progresiva de esta técnica.

Si el tratamiento de termoterapia es demasiado largo o si la temperatura es excesiva pueden aparecer distintos daños en el material de plantación, siendo el caso más extremo la muerte del material vegetal. En general, es recomendable usar la mínima temperatura letal para los parásitos y alargar el tiempo de aplicación. Esto dará oportunidad para una mayor uniformidad del calor y minimizará el retraso en el calentamiento y enfriamiento.

En el caso de la vid, un gran número de patógenos del cultivo pueden propagarse con el material vegetal utilizado por los viveros. El uso de TAC para eliminar plagas y patógenos de los plantones en latencia está ampliamente difundido en algunos países, donde han sido eliminados con éxito. En el **cuadro I** se expone un breve resumen sobre las aplicaciones del TAC en la viticultura para el control de hongos, bacterias, fitoplasmas y plagas.

Tratamientos de termoterapia con agua caliente

Tradicionalmente, las enfermedades de la madera de la vid (EMV) se han asociado a viña adulta, siendo la yesca y la eutipiosis las más conocidas por los viticultores. El control de estas enfermedades se realizaba principalmente mediante la aplicación de arsenito sódico y podas sanitarias para eliminar madera muerta, que se podían complementar con la aplicación de otros fungicidas.

Sin embargo, desde principios de los 90, se ha constatado un incremento general de las EMV en todo el mundo, siendo éstas especialmente graves en nuevas plantaciones. Además, diversos estudios en España y a nivel mundial señalan que las EMV pueden estar presentes ya en el plantón de vid que se adquiere del vivero (Gramaje y Armeñgol, 2011; Agustí-Brisach *et al.* 2014). Actual-

CUADRO I

CONTROL DE HONGOS, BACTERIAS, FITOPLASMAS Y PLAGAS DE LA VID POR TERMOTERAPIA CON AGUA CALIENTE.

Objeto de estudio	Tratamiento	Resultados	Equipo investigador
Enfermedad de Pierce (<i>Xylella fastidiosa</i>)	45°C/3 horas 50°C/20 ó 45 minutos 55°C/10 minutos	Eliminación completa de esta bacteria en diferentes variedades de viña	Goheen <i>et al.</i> 1973 EFSA PLH Panel, 2015
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	50°C/15 minutos	Eradicación del patógeno, sin efectos fitotóxicos sobre la vid	Von Broembsen y Marais, 1978
<i>Agrobacterium vitis</i>	50°C/30 minutos	Control de <i>Agrobacterium vitis</i> sin efectos negativos significativos sobre el desarrollo vegetativo de la viña	Burr <i>et al.</i> 1989 Ophel <i>et al.</i> 1990 Bazzi <i>et al.</i> 1991 Mahmoodzadeh <i>et al.</i> 2003
<i>Xylophilus ampelinus</i>	50°C/20 minutos	Control de <i>Xylophilus ampelinus</i> sin daños en el desarrollo vegetativo de la viña	Roberts, 1993
Flavescencia dorada y otros fitoplasmas	El tiempo de inmersión se ha de incrementar logarítmicamente mientras que la temperatura se reduce linealmente. El rango de tratamientos efectivos va de 10 horas a 40°C hasta 10 minutos a 55°C	Estas combinaciones de tiempo y temperatura eliminan la flavescencia dorada. Los huevos del vector de esta enfermedad, <i>Scaphoideus titanus</i> , se eliminan con 45 minutos a 50°C	Caudwell <i>et al.</i> 1997
Flavescencia dorada y 'bois noir o black wood'	50°C/45 minutos	Alta efectividad en el control de estas dos enfermedades. Geofrion (1998) recomienda este tratamiento en viveros después de cortar la estaca y antes de almacenarlas en cámaras a bajas temperaturas	Rivenez y Bonjotín, 1997 Geofrion, 1998 Bianco <i>et al.</i> 2000
Nematodos (<i>Meloidogyne</i> spp.)	50°C/15 ó 20 minutos	Control efectivo	Barbercheck, 1986 Mathur y Nandini, 1995
Ácaros Especialmente <i>Calepitrimerus vitis</i>	52°C/60 minutos	Eliminación de ácaros sin daños en el desarrollo vegetativo	Szendry <i>et al.</i> 1995
Filoxera	Un tratamiento de 5 minutos a 43°C seguido de otro de 5 minutos a 52°C	Control sin daños vegetativos	Stonerod y Strik, 1996
<i>Phomopsis viticola</i>	50°C/30 minutos	La termoterapia reduce, pero no elimina la infección de <i>P. viticola</i> en vid	Clarke <i>et al.</i> 2004
<i>Planococcus ficcus</i> Homóptera (Pseudococcidae)	51°C/5 minutos	Las inmersiones en agua caliente son efectivas para erradicar <i>Planococcus ficcus</i> en viña	Haviland <i>et al.</i> 2005
Enfermedades fúngicas de la madera de la vid	50°C/30 minutos (protocolo estándar)	Existe variabilidad en la tolerancia de planta/patógenos a los tratamientos por TAC. Tratamientos recomendados: Australia, Sudáfrica y Estados Unidos (50°C/30 min), España (53°C/30 minutos) y Nueva Zelanda (48,5 o 50°C/30 min).	Rooney y Gubler, 2001 Edwards <i>et al.</i> 2004 Fourie y Halleen, 2004 Halleen <i>et al.</i> 2007 Gramaje <i>et al.</i> 2009 Bleach <i>et al.</i> 2013

mente, las enfermedades que presentan una mayor incidencia en planta joven en España son la enfermedad de Petri, causada por hongos pertenecientes al género *Phaeoacremonium*, y las especies *Phaeoconiella chlamydospora* y *Cadophora luteo-olivacea*, el pie negro, causada por especies pertenecientes a los géneros *Cylindrocarpon*, *Campylocarpon*, *Cylindrocladiella*, *Dactyloectria*, *Ilyonectria* y *Neonectria*, y el decaimiento por *Botryosphaeria*, causadas por especies de la familia Botryosphaeriaceae.

El control de las EMV en viveros y nuevas plantaciones no es sencillo. Estos hongos

afectan principalmente a la parte basal del portainjerto, colonizando los tejidos xilemáticos de la planta (enfermedad de Petri), al sistema radicular y a la base del portainjerto, provocando lesiones necróticas que resultan en una reducción de la masa radicular (pie negro), y producen necrosis sectoriales de la madera de los brazos o del tronco principal de las plantas que causan su desecación y muerte (decaimiento por *Botryosphaeria*). Durante la producción de planta en vivero se dan distintos fenómenos de infección y transmisión de los patógenos entre los materiales infectados y sanos, cu-

CUADRO II

TOLERANCIA DE LAS ESPECIES FÚNGICAS ASOCIADAS A LAS ENFERMEDADES DE LA MADERA DE LA VID EN ESPAÑA A LOS TRATAMIENTOS POR TERMOTERAPIA CON AGUA CALIENTE IN VITRO.

Especies fúngicas	Crecimiento micelial	Germinación de conidios	Equipo investigador
Decaimiento por Botryosphaeria			
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	53°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Diplodia seriata</i>	51°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Lasioidiplodia theobromae</i>	54°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Neofusicoccum luteum</i>	51°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Neofusicoccum mediterraneum</i>	53°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Neofusicoccum parvum</i>	51°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Neofusicoccum vitifusiforme</i>	54°C/45 min	-	Elena et al. (2015)
<i>Spencermartinsia viticola</i>	51°C/30 min	-	Elena et al. (2015)
Enfermedad de Petri			
<i>Cadophora luteo-olivacea</i>	54°C/60 min	51°C/30 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium cinereum</i>	52°C/60 min	53°C/45 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium fraxinopennsylvanicum</i>	54°C/45 min	51°C/30 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium hispanicum</i>	52°C/30 min	51°C/30 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium inflatipes</i>	54°C/60 min	53°C/60 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium iraniano</i>	53°C/45 min	52°C/30 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium minimum</i>	54°C/45 min	53°C/45 min	Gramaje et al. (2008)
<i>Phaeoacremonium parasiticum</i>	54°C/45 min	54°C/30 min	Gramaje et al. (2008)
<i>Phaeoacremonium scoloti</i>	54°C/60 min	51°C/45 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium sicilianum</i>	54°C/45 min	53°C/45 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeoacremonium viticola</i>	54°C/30 min	52°C/60 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Phaeomonilla chlamydsopora</i>	53°C/30 min	52°C/60 min	Gramaje et al. (2008)
Pie negro			
Complejo <i>Dactylonectria macrodidyma</i>	47°C / 60 min	44°C / 30 min	Gramaje et al. (2010)
<i>Ilyonectria liriodendri</i>	48°C / 45 min	45°C / 45 min	Gramaje et al. (2010)

yo resultado final es la existencia de plantas infectadas dentro de las partidas de plantones que se llevan a campo. Un tejido necrosado interno sólo será accesible a un fungicida en la zona exterior de la lesión, lo que provocará, como mucho, una detención del avance del patógeno, pero no su eliminación, y cuando descienda el nivel de fungicida en el tejido, el hongo continuará su avance.

Se pueden usar otras materias activas fungicidas aplicadas a las heridas de poda, pero éstas tienen sólo un carácter protector y únicamente contra los hongos que utilizan esa vía para penetrar en la planta. Además, la Directiva 91/414/CEE y el Reglamento (CE) 1107/2009 relativos a la Comercialización de Productos Fitosanitarios limitan el rango de materias activas autorizadas pa-

ra su aplicación en el cultivo de la vid. Es por ello que la TAC se postula como un método alternativo, beneficioso y con gran potencial para sanear el material de vid infectado por hongos asociados a las EMV.

En general, en estudios llevados a cabo en otros países como Australia, California o Sudáfrica, se ha observado que la inmersión de barbados de portainjertos en estado latente en agua caliente a 50°C durante 30 minutos podría ser suficiente para eliminar estos patógenos del material vegetal, siendo el uso de esta técnica una práctica habitual en viveros (Rooney y Gubler, 2001; Halleen et al. 2007; Waite y Morton, 2007). Sin embargo, en España esta técnica apenas se utiliza, aunque se han llevado a cabo estudios sobre la tolerancia de los patógenos a la TAC, el efecto sobre la viabilidad

del material vegetal y los factores que pueden afectar a dicha viabilidad antes y después de los tratamientos.

Sensibilidad in vitro de especies fúngicas a la TAC

El conocimiento de la sensibilidad de las especies fúngicas que causan las EMV a diferentes temperaturas y tiempos de tratamiento permite determinar la eficiencia de la TAC contra estos patógenos.

En este sentido, en diversos estudios se evaluó la tolerancia a los tratamientos con agua caliente in vitro de los agentes causales de la enfermedad de Petri y el pie negro (Gramaje et al. 2008, 2010), y ocho especies de la familia Botryosphaeriaceae (Elena et al. 2015). Para ello, se evaluó la sensibilidad de suspensiones de conidios y de discos de agar con micelio de dos aislados de cada patógeno a tratamientos con agua caliente a temperatura controlada de 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48°C para los hongos que causan el pie negro, y a 49, 50, 51, 52, 53 y 54°C para los hongos que causan la enfermedad de Petri durante tres intervalos de tiempo: 30, 45 ó 60 minutos. En el caso de las especies de Botryosphaeriaceae, se evaluó la sensibilidad de discos de agar con micelio de un aislado de cada patógeno a tratamientos de 50, 51, 52, 53 y 54°C durante tres intervalos de tiempo: 15, 30 ó 60 minutos.

En el cuadro II se muestra la combinación máxima de temperatura y tiempo que las especies fúngicas podían tolerar después de los TAC in vitro. En general, la germinación de conidios y el crecimiento micelial fueron disminuyendo a medida que fue incrementándose la temperatura y el tiempo de tratamiento. Los resultados demostraron que los protocolos habituales de tratamientos con agua caliente en viveros a 50°C durante 30 minutos pueden resultar suficientes para controlar las especies fúngicas asociadas al pie negro (complejo *Dactylonectria macrodidyma* e *Ilyonectria liriodendri*). Sin embargo, para el control de los hongos que provo-

(Continúa en pág. 52)

afectaron la viabilidad del material vegetal (figura 4), parámetros de cosecha y los principales componentes de la composición del mosto (cuadro III), y podrían ser utilizados con fines comerciales.

Rendimiento y efectividad de la TAC

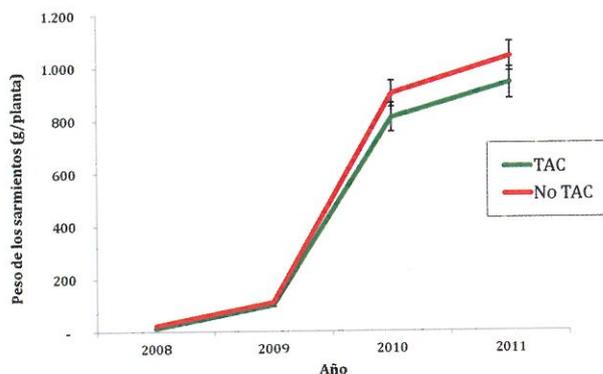
A pesar de la eficacia de estos tratamientos contra enfermedades y plagas en material de propagación de vid, aún existe gran confusión entre el sector vitivinícola sobre su eficacia y seguridad. En Europa y también en nuestro país, en contra de la que sucede en otras regiones productoras de vid en el mundo, los tratamientos por termoterapia no están ampliamente difundidos. Este hecho podría deberse a la reticencia por parte de los viveristas a invertir en este innovador método de control, o quizás al temor a que se produzcan daños en las plantas después del tratamiento. Varios investigadores australianos afirman que un adecuado manejo y almacenamiento del material vegetal antes y después de cada tratamiento es clave para conseguir inactivar completamente al patógeno sin producir daños irreversibles en las plantas (Waite y May, 2005).

Estrés en la planta

Las temperaturas relativamente altas que se aplican en estos tratamientos provocan un estrés en las plantas que, unido a un ineficaz manejo del material vegetal, puede resultar en un incremento de marras de plantación una vez estén las plantas establecidas en campo.

La hidratación previa del material vegetal con agua fría ha sido objeto de discusión entre los investigadores que utilizan la termoterapia como control para las EMV. Periodos muy largos de hidratación pueden ser perjudiciales para el material vegetal ya que, por un lado, permiten a los organismos patógenos presentes en el agua o en la su-

FIG 4. Peso de los sarmientos de las plantas injertadas Tempranillo/110 Richter tras el tratamiento por termoterapia con agua caliente a 53°C - 30 minutos durante cuatro ciclos de cultivo.



Los resultados son la media de 8 repeticiones de 20 plantas cada una. Las líneas verticales representan el error estándar de la media. Fuente: Gramaje *et al.* 2014.

perficie del material penetrar a través de heridas o por las raíces previamente recortadas (Waite *et al.* 2013). Por otro lado, esta hidratación excesiva puede saturar el tejido y, debido a que el agua presenta bajas cantidades de oxígeno, el tejido vegetal puede fermentar y morir. Recientemente, se han desarrollado varios estudios con el fin de obtener datos fiables acerca del tiempo óptimo de hidratación antes de aplicar la termoterapia, aunque los resultados han sido variables.

Es difícil justificar esta pre-hidratación del material vegetal antes de los tratamientos, ya que los supuestos beneficios que conlleva son inciertos. Varios investigadores citan que hay un riesgo real de propagación de patógenos como por ejemplo *Botrytis cinerea*, que podrían no ser controlados con los tratamientos posteriores con agua caliente (Waite y Morton, 2007). Además, estudios recientes indican que los tanques de hidratación antes y después de los tratamientos por termoterapia son una fuente potencial de diseminación de patógenos relacionados con la enfermedad de Petri (Aroca *et al.* 2010; Gramaje *et al.* 2011). En este sentido, investigadores australianos concluyen que si la desecación o deshidratación del

material vegetal es un problema potencial, es preferible rociar o pulverizar las plantas con agua estéril antes que pre-hidratarlas en baños con agua durante largos periodos de tiempo.

Una práctica habitual después del tratamiento por TAC, es sumergir inmediatamente el material vegetal latente en un baño con agua fría durante 30 minutos para facilitar un rápido enfriamiento y minimizar el daño producido por el calor en el tejido vegetal. Estudios recientes indican que el enfriamiento del material vegetal con aire podría ser un método alternativo a la inmersión en tanques con agua, ya que de esta forma se podría reducir el ries-

go de contaminación o reinfección del material vegetal por patógenos presentes en los baños (Waite y Morton, 2007).

Conservación tras el tratamiento

Otro factor crítico que puede afectar a la estabilidad del material vegetal es la conservación y el almacenamiento post-tratamiento. Estudios fisiológicos señalan que 24 horas después de aplicar los tratamientos por termoterapia, el material vegetal previamente saturado incrementa notablemente la velocidad de respiración y, por tanto, la necesidad de oxígeno. La conservación en bolsas de plástico antes de que las plantas se sequen completamente y se inicie la respiración aeróbica normal, podría prolongar el proceso de anaerobiosis (fermentación) y con ello, producir sustancias tóxicas como etanol y acetaldehídos que provoquen la muerte del material vegetal.

En el caso de que las plantas vayan a ser conservadas en frío después del tratamiento por termoterapia, deben transcurrir 24 horas antes de su empaquetamiento, y las bolsas deben tener varios agujeros uniformemente distribuidos para permitir una adecuada ventilación. Además, el almacenamiento de-

(Continúa en pág. 56)

be ser consistente a 1-2°C y 95-98% de humedad relativa, no debe haber agua adicional dentro de las bolsas, y el material no debe ser trasladado fuera y dentro de la cámara en todo el periodo de conservación.

Dada la cantidad de factores que pueden influir en la viabilidad del material vegetal durante el proceso de tratamiento por TAC, Gramaje y Armengol (2012) realizaron un estudio con el objetivo de establecer el protocolo de termoterapia más adecuado para el tratamiento de material vegetal en viveros españoles. En este trabajo se evaluaron los efectos de tres factores: el tratamiento a 53°C durante 30 minutos, la hidratación del material vegetal (hidratación después del tratamiento por termoterapia o no hidratación), y la conservación en cámara de frío (0, 1, 2 y 4 semanas antes de la plantación), sobre la brotación, la longitud y el peso de los sarmientos en plantas injertadas.

Para ello, ocho grupos de 10 plantas (cultivar Tempranillo injertado sobre portainjerto 110 R) se trataron para cada combinación de factor de estudio, y otros ocho grupos de 10 plantas no tratadas se prepararon como control (sin tratamiento con agua caliente). Las plantas tratadas se plantaron inmediatamente en dos campos. Al final de un ciclo de crecimiento, se evaluaron la brotación, y la longitud y peso de los sarmientos.

En general, se observó poca variabilidad en los porcentajes de brotación entre tratamientos. Se observó una reducción significativa de la longitud y peso de los sarmientos de todos los tratamientos respecto al control. Las plantas no hidratadas después de los tratamientos por termoterapia, y que fueron conservadas en cámaras de frío durante cuatro semanas antes de la plantación, mostraron una reducción significativa en las tres variables evaluadas (figura 5). Estos resultados indicaron que, después del tratamiento por TAC, periodos largos de conservación en frío podrían ser perjudiciales para el desarrollo del material de propagación de vid, principalmente cuando las plantas no han sido previamente hidratadas.

CUADRO III

VALORES MEDIOS PRODUCTIVOS Y PARÁMETROS ANALÍTICOS DEL MOSTO EN EL TERCER Y CUARTO PERIODO VEGETATIVO DE PLANTAS (TEMPRANILLO / 110 R) TRATADAS POR TERMOTERAPIA CON AGUA CALIENTE A 53°C DURANTE 30 MINUTOS (TAC) O SIN TRATAR (NO TAC).

Variables estudiadas	3 ^{er} periodo vegetativo		4 ^{to} periodo vegetativo	
	TAC	No TAC	TAC	No TAC
Componentes cosecha				
Cosecha (kg uva/cepa)	4,9* ± 1,5a	5,4 ± 0,8a	8,0 ± 1,8a	7,8 ± 1,8a
Índice de Ravaz	6,6 ± 3,7a	5,8 ± 0,8a	8,6 ± 3,0a	7,6 ± 2,6a
Peso de baya (g)	1,4 ± 0,13a	1,4 ± 0,18a	1,6 ± 0,19a	1,6 ± 0,16a
Indicadores de calidad del mosto				
Acidez total (g H2SO4/l)	2,8 ± 0,6a	3,3 ± 0,4a	3,9 ± 0,3a	4,0 ± 0,2a
Ácido tartárico (g/l)	5,4 ± 0,6a	5,9 ± 0,4a	5,9 ± 0,1a	6,2 ± 0,3a
Ácido málico (g/l)	1,4 ± 0,1a	1,6 ± 0,3a	2,1 ± 0,1a	2,0 ± 0,3a
Antocianos (g/l)	0,24 ± 0,02a	0,229 ± 0,03a	0,163 ± 0,02a	0,173 ± 0,02a
Azúcares reductores (g/l)	0,222 ± 0,02a	0,237 ± 0,02a	0,245 ± 0,06a	0,253 ± 0,03a
Intensidad color (AU)	9,9 ± 1,2a	9,5 ± 1,1a	7,9 ± 1,2a	8,1 ± 3,5a
Sólidos solubles totales (°Baumé)	12,3 ± 1,4a	12,9 ± 0,9a	13,2 ± 0,2a	13,7 ± 0,2b
Contenido fenólico total	36,8 ± 1,8a	35,2 ± 0,9a	35,8 ± 1,5a	33,3 ± 2,7a
Masa volumétrica (g/l)	10,8 ± 0,3a	10,9 ± 0,1a	10,5 ± 0,5a	11,0 ± 0,01b
Nitrógeno asimilable (mg/l)	192,6 ± 33,8a	217,6 ± 17,7a	200,7 ± 17,7a	214,4 ± 24,9a
pH	3,8 ± 0,1a	3,7 ± 0,07a	3,6 ± 0,08a	3,6 ± 0,07a
Potasio (g/l)	1,52 ± 0,14a	1,55 ± 0,15a	1,22 ± 0,01a	1,29 ± 0,02a

Los resultados están expresados como medias ± desviación estándar. Para cada variable estudiada y periodo vegetativo, letras distintas indican diferencias entre tratamientos (TAC o No TAC) según el test de separación de medias LSD. *Los valores representan la media de 8 repeticiones de 20 plantas injertadas (160 plantas injertadas para cada tratamiento) (Fuente: Gramaje et al. 2014).

Momento óptimo de aplicación

En cuanto al momento óptimo de aplicación de los tratamientos por termoterapia, varios investigadores sugieren que después de la fase de formación del callo o incluso antes de vender la planta latente y enraizada en campo de vivero al viticultor es el momento más adecuado para obtener un completo saneamiento del material vegetal. De otro modo, la aplicación de la termoterapia antes de la fase de formación del callo, conllevaría ciertos riegos asociados con la reinfestación del material vegetal durante esta fase a través del agua contaminada o del sustituto infestado.

Las posibilidades de que se produzcan daños en el material vegetal durante los tratamientos por termoterapia se ven reducidas si los procedimientos descritos anteriormente son aplicados correctamente. Esto permitiría a los viveristas y viticultores obtener grandes beneficios al utilizar material de propagación sano y libre de patógenos. Las

dificultades de manejo expuestas en el tratamiento muestran la necesidad de seguir trabajando en el tema y justifican las reticencias por parte del sector viverista para la implantación de la TAC.

Conclusiones

El tratamiento por termoterapia con agua caliente es conocido por ser un método efectivo, beneficioso, práctico y relativamente económico para el control de numerosos patógenos y plagas de vid en el mundo. Actualmente, no existen alternativas a estos tratamientos que puedan ser utilizadas para el material de propagación de vid, ya que tanto la aplicación de productos químicos como biológicos han dado lugar a resultados inciertos e insatisfactorios. Por tanto, la termoterapia se presenta como un método de control válido y prometedor a corto plazo para el saneamiento del material vegetal de vid afectado por hongos fitopatógenos.

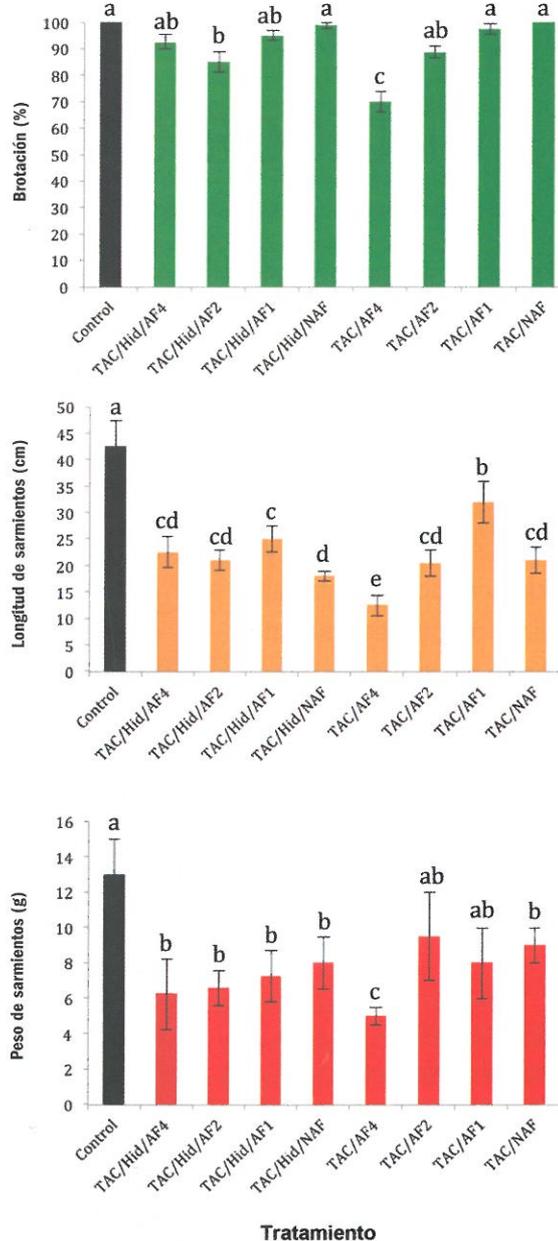
Es obvio, que los plantones una vez tra-

tados pueden volver a reinfectarse en el campo, una vez instaurados en el terreno definitivo, por lo que la ventaja de estar libres de patógenos fúngicos, puede tener una corta duración. Este hecho, conlleva posibilidades interesantes como la combinación de los tratamientos con agua caliente con agentes de control biológico, como *Trichoderma* spp. y/o el uso de fungicidas, lo que reduciría la incidencia de patógenos en la planta, asegurando la producción de cepas más fuertes capaces de resistir condiciones de estrés asociadas con su plantación y establecimiento.

El éxito de la termoterapia depende, en gran medida, del manejo y conservación del material vegetal antes y después de cada tratamiento. Las posibilidades de obtener un control efectivo de la enfermedad sin un perjuicio para el huésped se incrementan si se siguen correctamente las pautas en cuanto al manejo y almacenamiento de las plantas durante el tratamiento. En este sentido, un buen manejo del material de propagación de vid debe ir acompañado de un estado sanitario óptimo en las diferentes etapas del proceso de producción de plantas.

Son numerosos los trabajos de investigación que indican que el material de propagación de vid es la principal fuente de diseminación de los hongos que provocan la enfermedad de Petri. Sin embargo, la necesidad de tomar medidas para comprobar los niveles de infección y sanear el material ve-

FIG 5. Porcentaje de brotación, longitud y peso de los sarmientos de plantas Tempranillo/110 Richter sometidas a los cinco tratamientos.



Tratamientos: Control (sin tratar por termoterapia), TAC (termoterapia con agua caliente a 53°C / 30 min), Hid (hidratación del material vegetal), AF (almacenamiento en frío durante 1, 2 ó 4 semanas) y NAF (sin almacenar en frío). Los resultados son la media de 8 repeticiones de 10 plantas cada una y la misma letra encima de las barras indica que no hay diferencias estadísticas según el test de separación de medias LSD ($P < 0,05$). Las líneas verticales representan el error estándar de la media. Fuente: Gramaje y Armengol, 2012.

getal no está totalmente asumido entre el sector viverístico mundial. Esta falta de higiene durante el proceso de producción de plantas, conlleva posteriores fallos en el material vegetal ajenos a los hipotéticos daños que pueden producir los tratamientos por termoterapia.

La necesidad de incrementar la temperatura en los tratamientos por termoterapia para controlar los hongos que causan la enfermedad de Petri, ha suscitado varios interrogantes en cuanto a la capacidad del material vegetal de soportar tales incrementos. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados indican que en España tratamientos a 53°C durante 30 minutos permiten controlar los patógenos sin una reducción significativa de la brotación y crecimiento.

En este sentido, cabe destacar que junto a algunas características generales del material de vid que pueden favorecer la efectividad del tratamiento (tamaño, forma, etc.), en el caso concreto de nuestro país, se añaden otras específicas como es el crecimiento de la planta en campo a altas temperaturas durante el verano que podría dar lugar a que el material vegetal pudiera soportar mayores temperaturas en el tratamiento por termoterapia sin detrimento de su viabilidad, aumentando así su susceptibilidad diferencial con el patógeno.

Dados los excelentes resultados y las expectativas de control que ofrecen estos tratamientos, la necesidad de invertir en nuevas tecnologías es fundamental con el fin de asegurar y proporcionar material de propagación sano en las futuras plantaciones de vid en nuestro país. ■

Nota de los autores

Este trabajo ha sido realizado en el marco de colaboración promovido por la red de investigación en viticultura RedVITIS (AGL2015-70931-REDT) financiada por el MINECO.

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar en el email: redaccion@eumedia.es