LAS ENFERMEDADES DE LA VID: ANÁLISIS Y MÉTODOS DE CONTROL

Estrategias de prevención de resistencias a insecticidas y fungicidas en la vid

Dr. Pablo Bielza (Catedrático de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena).

La evolución de cepas y poblaciones resistentes a los plaguicidas es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la agricultura moderna. Las actuales regulaciones han reducido el número de materias activas disponibles, lo que puede llevar a un uso repetido de los mismos compuestos, o de materias activas del mismo grupo. Un uso excesivo de sustancias con el mismo modo de acción puede desembocar en el desarrollo de poblaciones resistentes a todas las materias activas de ese grupo. Por tanto para un uso sostenible de los fitosanitarios es imprescindible el seguimiento de estrategias de prevención de resistencias.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid se enfrenta a un buen número de plagas y enfermedades, que son controladas con diferentes métodos siguiendo las directrices de la Gestión Integrada de Plagas (GIP). Sin embargo el control químico sigue siendo el principal método para evitar los daños producidos por algunas especies. En estos casos la presión selectiva ejercida por los fitosanitarios puede llevar al desarrollo de resistencias si no se hace un uso correcto.

No se conocen muchos casos de resistencia a insecticidas o acaricidas en las plagas de la vid. Para *Lobesia botrana* sólo existe una cita de resistencia a indoxacarb en Italia (Civonali y col., 2014). El uso de otros métodos de control eficaces, como la confusión sexual, parece que está evitando el desarrollo de resistencias a insecticidas. Sin embargo, un uso exclusivo y predominante de la confusión sexual podría ejercer suficiente presión selectiva como para llevar al desarrollo de resistencias a la confusión sexual (Torres-Vila y col., 1997). El melazo de la vid, *Planococcus ficus*, parece haber reducido su susceptibilidad a la mayoría de los insecticidas, y su control se basa en uno o dos productos. Esto puede provocar el desarrollo de resistencias a los productos aún eficaces, por lo que conviene realizar actuaciones con otros métodos de control. Para otras plagas como *Frankliniella occidentalis* y *Tetranychus urticae* hay abundante literatura sobre resistencia (Bielza 2008, y Van Leeuwen y col., 2010), pero no parece que en la vid la resistencia esté siendo un problema hoy en día.

En cambio dos enfermedades de la vid, *Botrytis cinerea* y *Plasmopara viticola*, están entre las 12 especies consideradas de alto riesgo de desarrollo de resistencias por el *Fungicide Resistance Action Comittee* (FRAC, 2014). Además el oídio de la vid, *Erysiphe (Uncinula)* necator, está en la lista de patógenos con riesgo medio de desarrollo de resistencia, aunque la EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*) clasifica esta especie también como de alto riesgo (EPPO, 2012).

Además algunos de las clases de fungicidas que se utilizan para controlar estas enfermedades están clasificados como de medio-alto riesgo de desarrollo de resistencias (FRAC 2014). Es el caso de los bencimidazoles (metil-tiofanato contra botritis), dicarboximidas (iprodiona contra botritis), fenilamidas (benalaxil, benalaxil-m, metalaxil, y metalaxil-m contra mildiu), estrobilurinas (fungicidas QoI) (azoxystrobin, famoxadona, piraclostrobin, y kresoxim-metil contra oídio y mildiu), y los inhibidores de la succinato deshidrogenasa (SDHI) (boscalida y fluopiram contra botritis y oídio). En la Tabla 1 se detallan los fungicidas autorizados en vid contra botritis, mildiu y oídio, organizados por modos de acción y con las recomendaciones de manejo de la resistencia.

Directrices de manejo de la resistencia a insecticidas y fungicidas

Para paliar o dilatar la aparición de resistencia a fungicidas se deben seguir algunas recomendaciones de manejo. En general además de seguir las pautas de buenas prácticas agrícolas se aconsejan las siguientes directrices:

Realizar una Gestión Integrada de Plagas

La herramienta más eficaz para un correcto control de las plagas (entendido aquí en sentido amplio incluyendo insectos, ácaros, enfermedades y malas hierbas) es la Gestión Integrada de Plagas (GIP), que es la utilización armónica de los distintos métodos de control (cultural, genético, biotécnico, físico, biológico y químico). Al utilizar simultáneamente diversos enfoques en el control de plagas, se consigue que las poblaciones no puedan evolucionar hacia la resistencia, ya que los individuos que fueran más tolerantes a algún tipo de control no lo serán a otros, especialmente cuando son tan distintos como una variedad resistente, una mayor aireación, una acertada rotación de cultivos, un microorganismo competidor, un compuesto que inhibe la esporulación, la confusión sexual, etc.

De esta forma, aunque el control químico pueda ser determinante en el control de algunas enfermedades o plagas, a lo largo del ciclo de cultivo o en momentos críticos, se debe mantener una actitud proactiva en el uso de otros métodos de prevención y control, ya que será la mejor garantía para el mantenimiento de la eficacia de los plaguicidas.

Usar los productos en alternancia o en mezclas

El control químico nunca se debe basar en un producto exclusivamente, ya que su aplicación repetida irá seleccionando a las cepas o individuos resistentes, que terminarán siendo mayoritarias en la población, y ese producto y todos aquellos con su mismo modo de acción dejarán de ser efectivos.

Ya que los productos disponibles, y más los diferentes modos de acción, son limitados es muy importante realizar una buena gestión de las aplicaciones, variando los compuestos aplicados. Las opciones son la alternancia o la mezcla. La alternancia consiste tratar alternativamente con productos que no presenten resistencias cruzadas, es decir, que no se vean afectados por los mismos mecanismos de resistencia. Si no se conocen en profundidad todos los mecanismos de resistencia implicados, una buena opción es alternar con productos con diferentes modos de acción. En estas alternancias pueden entrar 2 o más productos sin resistencias cruzadas. Además la alternancia puede ser entre tratamientos individuales (A B A B A ó A B C A B C) o por bloques de tratamientos (A A B B A A ó A A B B C C), o una combinación de ambos (A A B C A B B). En el caso de los bloques de tratamientos se aconseja que no sean de más de dos aplicaciones consecutivas con el mismo producto. Las mezclas son la aplicación de dos o más productos a la vez. Las mezclas pueden venir ya así comercialmente (dos materias activas en el mismo formulado o bien un paquete con dos envases con los dos productos a mezclar), o bien se pueden realizar mediante la mezcla de dos formulados independientes en el tanque de tratamiento. La alternancia se puede combinar con las mezclas, al alternar productos individuales con mezclas (A B+C D D A).

La utilización de mezclas está especialmente indicada en el caso de los fungicidas, ya que se mezclan productos multidiana ("multi-site") con bajo o nulo riesgo de desarrollo de resistencias, con productos monodiana ("single-site") con medio a alto riesgo de desarrollo de resistencia. Los productos monodiana actúan en un punto determinado de la fisiología del hongo. Al ser tan específico el punto de acción, puede ocurrir que un pequeño cambio genético (mutación) produzca un ligero cambio en ese punto de acción y la molécula fungicida ya no sea capaz de acoplarse, dejando entonces de tener efecto fungicida. En cambio, los compuestos multidiana actúan en diversos puntos de la fisiología del hongo, por lo que la probabilidad de que exista una mutación viable en todos los puntos es muy improbable o imposible. Muchos productos multidiana, como inorgánicos (cobre, azufre), ditiocarbamatos (maneb, tiram, mancozeb, propineb, etc.) o las ftalimidas (folpet), han sido utilizados durante décadas y no se conoce la evolución de cepas resistentes. Al mezclar un producto monodiana con otro multidiana, éste protege al otro del desarrollo de resistencias, ya que las cepas potencialmente tolerantes al monodiana serán eliminadas por el multidiana.

Existe también la posibilidad de mezclas de fungicidas monodiana, pero no deben tener resistencias cruzadas y hay que utilizarlas con más cuidado.

Para que las mezclas cumplan su función de prevenir el desarrollo de resistencias se deben cumplir una serie de condiciones:

Código modo de acción	Código FRAC	Nombre grupo	Fungicidas	Hongo	Riesgo resistencias	Recomendaciones
A1	4	Fenilamidas (PA)	benalaxil benalaxil-m metalaxil metalaxil-m	Mildiu	Alto	Usar preventivamente, siempre en mezcla, máximo 2 a 4 aplicaciones consecutivas por campaña, intervalos no mayores de 14 días (o menores si presión de enfermedad alta), tratamientos tempranos en la campaña o durante crecimiento vegetativo activo
A2	8	Hidroxipirimidinas	bupirimato	Oídio	Medio	
B1	1	metil benzimidazol carbamatos (MBC)	metil tiofanato	Botrytis	Alto	
B3	22	Benzamidas-toluamidas	zoxamida	Mildiu	Bajo-medio	
B5	43	Benzamidas-piridinil metil benzamidas	fluopicolida	Mildiu	Desconocido	
C2	7	SDHI	boscalida fluopiram	Botrytis Oídio	Medio-alto	Usar preventivamente, máximo 50% de las aplicaciones, con 3 máximo (4 si más de 12 aplicaciones en total), nunca 2 consecutivas si aplicado solo o máximo 2 consecutivas si en mezcla
C3	11	QoI (estrobilurinas)	azoxystrobin azoxystrobin famoxadona kresoxim-metil piraclostrobin piraclostrobin	Mildiu Oídio	Alto	Usar preventivamente, máximo 33% de las aplicaciones, con 4 máximo para cualquier enfermedad, con 3 máximo contra mildiu y siempre en mezcla
C4	21	QiI	ciazofamida	Mildiu	Medio-alto	
C5	29	Dinitro fenil crotonatos	meptildinocap	Oídio	Desconocido	
D1	9	Anilino pirimidinas (AP)	ciprodinil mepanipirim pirimetanil	Botrytis	Medio	Máximo 50% de las aplicaciones, con 3 máximo
E1	13	Azanaftalenos (AZN)	proquinacid quinoxifen	Oídio	Medio	Usar preventivamente, 3 máximo por campaña, y no más de 2 consecutivos
E2	12	Fenilpirroles (PP)	fludioxonil	Botrytis	Bajo-medio	
E3	2	Dicarboximidas	iprodiona	Botrytis	Medio-alto	Máximo 2-3 aplicaciones por campaña
F6	44	Microbial	bacillus subtilis	Botrytis	Desconocido	
G1	3	Triazoles (DMI)	ciproconazol difenoconazol fenbuconazol miclobutanil penconazol tebuconazol tetraconazol triadimenol	Oídio Botrytis	Medio	Usar preventivamente, 4 máximo por campaña
G2	5	aminas	spiroxamina	Oídio	Bajo-medio	Usar preventivamente, 4 máximo por campaña
G3	17	Hidroxianilidas	fenhexamida	Botrytis	Bajo-medio	Usar preventivamente, 4 máximo por campaña
H5	40	Amidas del ácido carboxílico (CAA)	bentiavalicarb bentiavalicarb isopropil dimetomorf iprovalicarb mandipropamid valifenalato	Mildiu	Bajo-medio	Usar preventivamente, máximo 50% de las aplicaciones, con 4 máximo (3 si hay declarada resistencia), y siempre en mezcla
P4	P4	Natural	laminarin	Oídio	Desconocido	
Unknown	U6	Fenil acetamidas	ciflufenamid	Oídio	Bajo-medio	
Unknown	27	Cianoacetamidas-oximas	cimoxanilo	Mildiu	Bajo-medio	
Unknown	33	Etil fosfonatos	fosetil-al	Mildiu	Bajo	
Unknown	U8	Aril fenil ketonas	metrafenona	Oídio	Medio	
Multi-site	M1	Inorganicos	cobre	Botrytis Mildiu Oídio	Bajo	
Multi-site	M2	Inorgánicos	azufre	Oídio	Bajo	
Multi-site	M3	Ditiocarbamatos	mancozeb maneb metiram propineb tiram	Botrytis Mildiu Oídio	Bajo Bajo Bajo	
Multi-site	M4	Ftalimidas	folpet	Botrytis Mildiu Oídio	Bajo	

Tabla 1. Fungicidas autorizados en vid contra botrytis, mildiu y oídio.

- Cada una de las materias activas que componen la mezcla debe ser eficaz contra el hongo objetivo. Se pueden hacer mezclas de compuestos compatibles para combatir distintas enfermedades, pero esto no tendrá ningún efecto sobre el desarrollo de resistencia en cada una de ellas. Para que la mezcla tenga una función de manejo de la resistencia, ambos compuestos deben ser eficaces por sí solos contra la enfermedad en las condiciones de la aplicación. Por ejemplo, un error común es utilizar como curativo, es decir, una vez comenzada la infección, una mezcla de un fungicida curativo monodiana con un fungicida preventivo multidiana. Este último no va a ser eficaz como curativo, por lo que no va a ejercer ninguna "protección" antiresistencia sobre el monodiana. En cambio, sí será eficaz en el manejo de la resistencia si esa mezcla se utiliza preventivamente, ya que ambos fungicidas van a ser eficaces sobre el hongo.

- Los compuestos no deben de tener resistencias cruzadas, es decir, los potenciales mecanismos de resistencia a uno de los compuestos no deben afectar en absoluto al otro. Por ello las mezclas deben hacerse con compuestos de diferentes modos de acción y que no tengan resistencias cruzadas entre ellos.

- Las dosis de cada compuesto deben poder efectuar un control eficaz de la enfermedad por sí solo (individualmente) y en las condiciones de la aplicación. Es decir ambos compuestos a las dosis utilizadas deberán ser efectivos por sí solos contra el hongo objetivo. Además las dosis y propiedades de cada compuesto deben asegurar que su persistencia y efectividad sean similares. Si un compuesto es menos persistente que el otro, existirá una ventana de

tiempo en el que sólo estará actuando el más persistente, por tanto, su efecto de selección de cepas resistentes será como si se hubiera aplicado solo.

Para algunos fungicidas de alto riesgo de desarrollo de resistencias cuando se aplican sobre especies de hongos también con alto potencial de evolución de resistencia, se recomienda que siempre se usen en mezclas, nunca solos. Es el caso del mildiu de la vid, *Plasmopara viticola*, con los fungicidas de los grupos de las fenilamidas (benalaxil, benalaxil-m, metalaxil, y metalaxil-m), los QoI (inhibidores externos de la quinona, "Quinone outside Inhibitors", como azoxystrobin, famoxadona, y piraclostrobin), y las amidas del ácido carboxílico (CAA, "Carboxylic Acid Amides", como bentiavalicarb, bentiavalicarb isopropil, dimetomorf, iprovalicarb, mandipropamid, y valifenalato). En la Tabla 1 se pueden ver otros casos.

Utilizar cada grupo de modo de acción un número máximo de veces por campaña

A pesar de las alternancias y/o mezclas y otras precauciones para evitar la evolución de cepas resistentes, no se puede prevenir completamente el riesgo de desarrollo de resistencias. Por ello, para minimizar aún más ese riesgo es importante limitar el número de veces que se aplican compuestos de cada modo de acción. Así hay que limitar a un máximo no ya las aplicaciones de un compuesto en particular, sino las aplicaciones de cada grupo de compuestos con resistencia cruzada. Para crear una directriz clara se limita el número de veces que se aplica cada modo de acción. Esto es especialmente importante en aquellos grupos que presentan un riesgo medio a alto de desarrollo de resistencias. Por ejemplo, las estrobilurinas (fungicidas QoI, inhibidores externos de la quinona, "Quinone outside Inhibitors") en el cultivo de la vid se recomienda que se realicen como máximo 4 aplicaciones por campaña con cualquier fungicida de ese grupo (azoxystrobin, famoxadona, piraclostrobin o kresoxim-metil), pero un máximo de 3 contra mildiu (y siempre en mezcla) y un máximo de 2 contra oídio (preferentemente en mezcla). En la Tabla 1 se detallan otros ejemplos.

Seguir las instrucciones de la etiqueta, especialmente respetar las dosis recomendadas

Las dosis de los fitosanitarios se han establecido tras muchos ensayos de campo, optimizando la eficacia, reduciendo los residuos, y minimizando el riesgo para el aplicador y el medio ambiente. El superar la dosis máxima está claro que es muy contraproducente ya que eleva los residuos y aumenta los riesgos para el aplicador y el entorno, así como la fitotoxicidad. Además incrementa la presión de selección sobre las poblaciones, pudiendo acelerar la selección de mutaciones resistentes.

Sin embargo, el utilizar dosis reducidas (por debajo de la dosis mínima) ha sido un tema de mayor debate. Tiene la ventaja obvia de un menor coste del tratamiento, y los beneficios de menores residuos y mejor perfil ecotoxicológico. Pero este razonamiento nos podría llevar a que si es mejor mientras menor es la dosis, pues lo óptimo será la dosis cero, es decir, no tratar. Bien, esto puede ser cierto, ya que hay que aplicar un fitosanitario exclusivamente cuando sea necesario. Pero si es necesario, hay que utilizar las dosis correctas que consiguen una eficacia suficiente.

La aplicación en el campo de un plaguicida expone a concentraciones diversas a la plaga o enfermedad a la que va destinada, variando en el espacio (diferente cobertura, penetración, etc.) y en el tiempo (diferente degradación, persistencia, etc.). Para calcular la dosis de campo se hace un balance para que llegue una dosis eficaz a la mayoría de los individuos. Si se reduce la dosis recomendada, se podría exponer a cierta proporción de la plaga o enfermedad a una dosis letal, pero aumenta significativamente los individuos expuestos a dosis subletales. El problema surge con esta exposición subletal, ya que aumenta la probabilidad de desarrollo de resistencia. Por un lado selecciona más fácilmente los individuos con cierto nivel de tolerancia, que no sobrevivirían una dosis completa. El cruce y selección reiterada de estos individuos o cepas con cierta tolerancia, terminaría evolucionando en una población resistente, ahora incluso a la dosis completa. Por otro lado, dosis subletales de un plaguicida crean un estrés fisiológico en el insecto o en el hongo, y esa toxicidad aumenta las probabilidades de errores en la duplicación del material genético, y por tanto aumentan las mutaciones. Al aumentar la tasa de mutaciones, se aumenta la probabilidad de que alguna confiera resistencia al fitosanitario aplicado, o a otro grupo diferente.

BIBLIOGRAFÍA

Bielza, P. 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Pest management science, 64(11), 1131-1138.

Civolani, S., Boselli, M., Butturini, A., Chicca, M., Fano, E.A., Cassanelli. S. 2014. Assessment of Insecticide Resistance of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Emilia-Romagna Region. Journal of Economic Entomology, 107 1245-1249.

EPPO 2012. PP1/213(3) Resistance risk analysis. http://pp1.eppo.int/list.php.

FRAC 2014. Pathogen Risk List. http://www.frac.info/publications/downloads

Torres Vila, L. M., Stockel, J., Lecharpentier, P., & Rodríguez Molina, M. C. 1997. Artificial selection in pheromone permeated air increases mating ability of the European grape vine moth *Lobesia botrana* (Lep., Tortricidae). Journal of Applied Entomology, 121(1 5), 189-194.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. Insect biochemistry and molecular biology, 40(8), 563-572.