



Mecanismos de resistencia a herbicidas: origen y consecuencias eco-fisiológicas y evolutivas

Ing. P. A. María Luz Zapiola, MSc, PhD.

La resistencia a herbicidas se define como la capacidad heredable de un biotipo de malezas de sobrevivir a un herbicida al cual la población original era susceptible. Es una característica adquirida de las poblaciones de malezas como resultado de cambios en individuos en esa población que hacen que sobrevivan a una aplicación de herbicidas que antes los controlaba. La resistencia a herbicidas es la resultante de la interacción de la biología y genética de la maleza con la intervención del hombre, ejerciendo presión de selección, en el sistema. El concepto de poblaciones es importante porque la resistencia es un problema de números, y el hecho que la resistencia se exprese o no a nivel de lote depende del número de individuos de la población y la proporción o frecuencia de ellos que expresen la característica adquirida. A mayor cantidad de plantas y más diversa la especie, mayores las probabilidades que alguna de ellas sea resistente. El origen de la resistencia está en cambios en el ADN en algún individuo que luego es seleccionado y se reproduce, dispersando e incrementando la frecuencia de esa característica adquirida a nivel de la población. A mayor presión de selección, más rápido se volverán preponderantes los individuos resistentes.

El tipo de cambio que se da a nivel del ADN define el mecanismo involucrado en la resistencia al herbicida. Los mecanismos de resistencia son varios y básicamente se agrupan en dos grupos: los que están asociados al sitio de acción y los que no están asociados al sitio de acción. Los mecanismos difieren en los niveles de resistencia que otorgan, en la facilidad de estudiarlos, en las consecuencias eco-fisiológicas y evolutivas, y en recomendaciones de manejo.

Los que están asociados al sitio de acción interfieren directamente en la relación del herbicida con la enzima que inhiben. Dentro de este grupo podemos incluir tres mecanismos de resistencia. El primer mecanismo es la mutación puntual de la enzima, que implica un cambio en la estructura de la misma que impide que el herbicida se una a la enzima y ejerza su efecto deletéreo. Este mecanismo generalmente está dado por un gen mayor presentando heredabilidad simple y predecible. El segundo, es el de sobreexpresión de la enzima. En este caso, no hay modificación en la secuencia del gen codificante para la enzima, sino que el cambio se da en factores asociados a la regulación de la producción de la enzima en la planta. La planta produce una mayor cantidad de enzima que la que puede inhibir el herbicida a las dosis recomendadas de uso. Depende de la interacción de promotores con señales del medio y la heredabilidad es difícil de predecir. El tercero, es el de incremento en el número de copias del gen que codifica para la enzima inhibida por el herbicida, resultando también en una sobreproducción de la enzima que, como en el caso anterior, no llega a ser inhibida por el herbicida a las dosis recomendadas de uso. Se puede estimar el número de copias del gen fácilmente, pero la heredabilidad es poco predecible.



Los mecanismos de resistencia no asociados al sitio de acción son aquellos donde el cambio se da en procesos que interfieren y limitan la llegada del herbicida al sitio de acción. Al resultar excluido del sitio de acción, el herbicida no puede ejercer su efecto deletéreo. En este grupo hay dos mecanismos de resistencia. El primero es metabolismo y/o degradación, donde la planta adquiere la habilidad de degradar al herbicida evitando que pueda ejercer su acción. El segundo, es translocación reducida y/o exclusión. En este caso, el cambio hace que la planta altere su capacidad de absorción y/o translocación del herbicida, quedando éste excluido del sitio de acción. Estos mecanismos generalmente están asociados a varios genes menores e implican una ganancia o pérdida de función en los individuos resistentes, son muy complicados de estudiar, difíciles de predecir y de heredabilidad compleja.

Conocer los mecanismos de resistencia y su regulación, sumado a la biología de las malezas y su capacidad de dispersión, es clave para poder diseñar estrategias de manejo sustentables. Los mecanismos de resistencia asociados al sitio de acción otorgan, en general, mayor magnitud de resistencia que los no asociados al sitio de acción. La resistencia debida a un gen mayor, sobre todo en los casos de mutación puntual de la enzima, es principalmente seleccionable con dosis altas de herbicidas muy efectivos. Los mecanismos de resistencia asociados al sitio de acción pueden generar resistencia cruzada, es decir a más de un herbicida con igual sitio de acción.

Por otro lado, la resistencia otorgada por mecanismos no asociados al sitio de acción es principalmente seleccionable al usar subdosis de herbicidas, por estar en general regida por múltiples cambios menores que luego se van acumulando en la población, incrementando el nivel de resistencia. A su vez, por no ser tan específicos, los mecanismos no asociados al sitio de acción pueden generar, no solo resistencia cruzada, sino también resistencia múltiple, es decir resistencia a más de un herbicida con distinto mecanismo de acción. Para generar resistencia múltiple con mecanismos asociados al sitio de acción se deben acumular mutaciones en cada una de las enzimas específicas.

Como conclusión y por lo expuesto anteriormente, al diseñar un sistema de manejo de malezas es clave combinar y/o rotar herbicidas con diferentes mecanismos de acción que tengan el mismo espectro de malezas, prestando particular atención a aplicar cada herbicida en su dosis de uso recomendada y en el estadio fenológico y tamaño de maleza adecuado. Aplicar más de lo recomendado podría favorecer la selección de resistencia dada por mecanismos asociados al sitio de acción. Por otro lado, aplicar subdosis o aplicar en estadios pasados de susceptibilidad de la maleza podría favorecer la selección de resistencia originada por mecanismos no asociados al sitio de acción. Tanto para definir el herbicida a aplicar, como para detectar en forma temprana escapes de malezas que puedan implicar desarrollo incipiente de resistencia en el lote, es muy importante monitorear y llevar un registro detallado de malezas y tratamientos aplicados.