[TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS]

Aspectos prácticos de la aplicación de herbicidas en cereales

César Fernández-Quintanilla
José Dorado
Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC

El consumo de herbicidas en cereales de invierno ocupa un destacado lugar dentro del uso total de fitosanitarios en España. Sin embargo, durante estos últimos años, las condiciones de sequía, los bajos precios de los cereales, los elevados costes de algunos herbicidas, el desarrollo de resistencias y la creciente sensibilidad social hacia el empleo de productos agroquímicos, ha llevado a buscar sistemas de control más integrados, con un uso más racional de los mismos.

Dicha racionalización pasa por la realización de un buen diagnóstico de la situación, por la utilización de una serie de prácticas agronómicas que dificulten el desarrollo de las poblaciones de malas hierbas más problemáticas y por el empleo de criterios de decisión claros y basados en conocimientos científicos. Sin olvidar que una correcta aplicación (con los equipos adecuados bien mantenidos y calibrados) es imprescindible para conseguir los objetivos buscados.

Principales especies de malas hierbas

Antes de realizar ningún tipo de tratamiento herbicida, es imperativo llevar a cabo un diagnóstico lo más preciso posible de la situación. Para ello, es necesario conocer las principales especies de malas hierbas presentes en cada una de las parcelas a tratar. No se trata de hacer un inventario florístico ni de determinar con precisión las densidades presentes, sino de identificar los riesgos más importantes a los que se tendrá que enfrentar el cultivo durante su desarrollo.

En el caso de que los herbicidas a utilizar sean de pre-emergencia, dicha estimación se tendrá que hacer en base a los problemas detectados en los años previos, con las consiguientes imprecisiones que ello implica. En ese sentido, es muy conveniente disponer de una cierta información sobre el historial del campo, es decir, que cultivos estuvieron sembrados, que prácticas culturales y herbicidas fueron utilizadas, que tipo de problemas de malas hierbas se desarrollaron. Esta información nos ayudará a prever el tipo y la gravedad del problema al que habrá que enfrentarse en la próxima campaña. Dado que las infestaciones de malas hierbas no suelen estar distribuidas uniformemente por todo el campo, será asimismo conveniente conocer la localización de los rodales que pueden presentar mayores problemas, bien sea por tratarse de especies particularmente agresivas o por encontrarse densidades muy elevadas. En el caso de que el cultivo precedente sea otro cereal, esta localización se podrá realizar en el momento de la cosecha (desde la cabina de la cosechadora) y podrá ser recogida en forma de un mapa de las infestaciones de la parcela utilizando algunas de las herramientas tecnológicas disponibles (equipos de cartografía móvil con GPS, monitor de cosecha)

Al utilizar herbicidas de post-emergencia (el caso más habitual) es deseable realizar un recorrido por las parcelas tan pronto como el cereal esté ya establecido para realizar la evaluación de las principales malas hierbas que invaden cada parcela. Esta evaluación se deberá hacer lo antes posible (en cuanto las poblaciones de malas hierbas puedan ser fácilmente reconocibles a simple vista) con objeto de poder planificar y realizar tratamientos tempranos, que son los más recomendables por su mayor eficacia. Sin embargo, el elevado tamaño de la mayoría de las parcelas y la habitual hete-

En España están registradas más de 30 materias activas diferentes para ser usadas en cultivos de cereales y más del doble de productos comerciales (con diversas formulaciones y/o combinaciones de materias activas). La selección del producto más adecuado es una labor relativamente compleja y requiere disponer de información precisa y fiable

rogeneidad espacial de las infestaciones impiden el realizar dicha evaluación “pateando el campo”. La disponibilidad de vehículos ATV y de equipos de cartografía móvil con receptores GPS pueden facilitar enormemente dicha labor. La identificación de las diferentes especies en ese estado tan temprano no es siempre fácil, especialmente en el caso de las gramíneas. Para dicha labor es necesario recurrir a guías de identificación de plántulas y, sobre todo, es necesaria mucha experiencia de campo. Hoy en día, existen programas informáticos de ayuda a la identificación de malas hierbas que pueden ser muy útiles en este sentido (p. ej. SIMCEnet accesible en www.ias.csic.es/JAndujar).

Aunque las principales especies infestantes pueden ser bastante diferentes de una región a otra, de una explotación a otra e incluso entre diferentes parcelas de una misma explotación, podemos hablar de unas cuantas especies que están bastante extendidas por toda la geografía española y que representan una seria amenaza por su competitividad con el cultivo, por la dificultad de su control y por la rápida expansión de sus poblaciones. Entre ellas podemos citar a cuatro gramíneas anuales:

1. *Avena sterilis*

En primer lugar tenemos la "avena loca", “ballueca” o “cogula” (*Avena sterilis, A. fatua*). Esta mala hierba, extendida por toda la península, tiene un ciclo biológico casi idéntico al de los cereales, germinando simultáneamente con ellos y durante un periodo de tiempo bastante prolongado (hasta la primavera) y tirando su semilla justo antes de la recolección del cereal. Esta característica, unida a su capacidad para emerger a partir de profundidades relativamente elevadas (hasta 25 cm) y a la prolongada persistencia de sus semillas en el suelo (más de tres años) facilita su desarrollo y permanencia en terrenos labrados. Sin embargo, el principal motivo de su nocividad es su capacidad de causar elevadas pérdidas en los rendimientos del cereal. Se ha estimado que densidades de 5 plantas/m^2 pueden causar una merma del 10% en los rendimientos y que densidades de 100 plantas/m2 pueden llegar a causar hasta un 40% de pérdidas.

Avena sterilis

2. *Lolium rigidum*

El "vallico" o “margal” (*Lolium rigidum*) está bastante extendido geográficamente, siendo especialmente prevalente en los cereales catalanes. Esta especie germina con las primeras lluvias del otoño, iniciando su nascencia habitualmente antes de la siembra del cereal. Si estas primeras “camadas” no son destruidas completamente mediante labores o tratamientos herbicidas de pre-siembra pueden llegar a convertirse en grandes competidores con el cultivo. El periodo de nascencia de *Lolium* es bastante más breve que el de *Avena* y la mayoría de sus semillas germinan al año siguiente de su producción, lo que hace que la contención o erradicación de sus poblaciones sea más sencilla que en el caso de la otra gramínea. Aunque las nascencias de pre-siembra pueden resultar muy dañinas para el cultivo, su competitividad con el cereal es bastante menor que la de la *Avena*. Se estima que hacen falta al menos 20 plantas/m^2 para causar un 10% de pérdidas en el cultivo, lo que implica que se necesitan cuatro plantas de *Lolium* para provocar un efecto equivalente a una planta de *Avena*.

Lolium rigidum

3. *Phalaris spp*

Los "alpistes" (*Phalaris paradoxa, P. minor, P. brachystachys*) son posiblemente las gramíneas más problemáticas en los cereales andaluces, pero su importancia es mucho menor al norte de esa región. La nascencia de plántulas es otoño-invernal, pudiéndose prolongar hasta el inicio de la primavera si las lluvias son suficientes. Las labores del terreno favorecen la nascencia de estas especie, habiéndose observado nuevas emergencias tras cada labor realizada. La emergencia es principalmente superficial, de forma que ésta resulta entorpecida por el enterramiento de sus semillas a cierta profundidad. Su persistencia en el suelo es menor que en el caso de *Avena* pero mayor que la de *Lolium* y *Bromus*. Su competencia con el cultivo es relativamente elevada, habiéndose observado que los rangos de pérdidas en los rendimientos del trigo suelen estar entre un 7 % y un 25 %.

Phalaris spp.

4. *Bromus diandrus*

El “bromo” o “espigajo” (*Bromus rigidus, B. diandrus*) era una especie muy frecuente en los márgenes de caminos y campos cultivados hasta la llegada de la agricultura de conservación. Con la reducción o supresión del

laboreo se ha introducido rápidamente en los sembrados causando problemas importantes. Estas especies están bien adaptadas para emerger desde la zona más superficial del suelo, lo que explica su aversión a suelos labrados. Su periodo de nascencia es muy breve, iniciándose con las primeras lluvias del otoño, y prácticamente todas las semillas germinan al año siguiente de ser producidas. En ese sentido, resulta fácil de controlar con rotaciones y/o labores. Aunque su competitividad con el cultivo no es tan elevada como la de la *Avena*, es superior a la de *Lolium* o *Phalaris*, siendo suficientes 10 plantas/m² para causar daños significativos en el cultivo.

Bromus diandrus

Otras especies

Al margen de las cuatro gramíneas mencionadas anteriormente, existen algunas especies de dicotiledóneas anuales de alta nocividad, bien sea por su abundancia, su competividad o por las dificultades que entraña su control. En el caso de la "amapola" (*Papaver rhoeas*) su problemática se debe más a su gran abundancia (asociada a una enorme producción de semillas y a una elevada persistencia de estas en el suelo) que a su competitividad con el cultivo (relativamente baja) o a la escasa dificultad de su control. Algo similar ocurre con los "jaramagos" (*Sinapis arvensis, Diplotaxis erucoides*), aunque en este caso

Hoy en día, existen programas informáticos de ayuda a la identificación de malas hierbas que pueden ser muy útiles

su competitividad con el cultivo puede llegar a ser bastante elevada. Por último tenemos el caso de la "lapa" (*Galium aparine*), una especie trepadora de rápido crecimiento que puede llegar a ahogar casi completamente al cereal. Se estima que son suficientes dos plantas por m² de esta especie para causar daños significativos al cultivo. Un problema añadido de esta especie es la dificultad de controlarla con los herbicidas habituales, lo que exige invertir en herbicidas específicos para su control.

Toma de decisiones de control

La toma de decisiones relativas a tratamientos herbicidas debe estar basada en cuatro tipos de criterios:

1. En primer lugar es necesario seleccionar los tratamientos más adecuados teniendo en cuenta la eficacia y selectividad de los diferentes productos disponibles en el mercado. A la vista de la problemática identificada en cada una de las parcelas (siguiendo las pautas descritas en el apartado anterior) habrá que buscar qué productos permiten controlar satisfactoriamente a todas las especies de alto riesgo. En España están registradas más de 30 materias activas diferentes para ser usadas en cultivos de cereales y más del doble de productos comerciales (con diversas formulaciones y/o combinaciones de materias activas). La selección del producto mas adecuado es una labor relativamente compleja y requiere disponer de información precisa y fiable. Habitualmente se utilizan tablas de doble entrada elaboradas por diversas organizaciones y disponibles, por ejemplo, en http://portal.aragon.es/portal/page/portal/AGR/AGRICULTURA/CPV/CPV/FITOSANITARIO.

La selección del producto a utilizar vendrá dictada en gran medida por el momento en el que se van a realizar los tratamientos. En el **Tabla 1** se recogen algunos de de los herbicidas más empleados en cereales y sus momentos de aplicación. Asimismo hay que tener en cuenta que la aplicación de estos productos no se realiza siempre de una forma aislada sino en diversas combinaciones. En este sentido, es importante averiguar si existe algún problema de incompatibilidad entre productos, caso relativamente frecuente. Asimismo, habrá que averiguar posibles problemas de sensibilidad del cultivo. No todo los productos son igualmente seguros para la cebada y para el trigo e, incluso dentro de un mismo cultivo, existen diferencias de sensibilidad en algunas variedades.

Una vez elegido el producto es necesario decidir la dosis a aplicar. Normalmente existen unos rangos de dosis relativamente amplios en función de:

a) cuales son las malas hierbas dominantes: mientras que para el control de ciertas especies puede ser necesario el uso de la dosis completa, para otras puede ser suficiente con mitad de dosis
b) cual es su estado de desarrollo:

Criterios fundamentales en la toma de decisiones

- Tratamientos más adecuados teniendo en cuenta la eficacia y selectividad de los diferentes productos disponibles en el mercado
- Costes de los tratamientos preseleccionados
- Beneficios económicos derivados de la aplicación del tratamiento
- Efectos laterales derivados de la aplicación de dicho tratamiento

Pérdidas de rendimiento en función de la especie invasora

ESPECIE	DENSIDAD OCUPACIÓN	PÉRDIDAS ESTIMADAS EN CULTIVO
Avena spp (avena loca)	5 plantas/m² 100 plantas/m²	10 % 40 %
Lolium rigidum (vallico)	20 plantas/m²	10 %
Phalaris spp (alpiste)	10-15 plantas/m²	10%

Tabla 1:
Ejemplos de algunos herbicidas empleados en cultivos de cereales en función del momento de aplicación y del tipo de malas hierbas

Momento de aplicación según el estado del cereal	Tipos de malas hierbas controladas	Materias activas
Pre-emergencia	Gramíneas	clortoluron, isoproturon, trifluralina
	Dicotiledoneas	clorsulfuron, linuron
Post-emergencia temprana	Gramíneas	clortoluron, diclofop-metil, fenoxaprop-etil
	Dicotiledoneas	bromoxinil, clorsulfuron, triasulfuron, metribuzina
Post-emergencia tardia	Gramíneas	clodinafop, tralkoxidim
	Dicotiledoneas	2,4-D, MCPA, fluroxipir, bentazona

cuanto mayor es su desarrollo mayor será la dosis necesaria para controlarlas
c) cual es la textura y el contenido de materia orgánica del suelo: en casos de aplicaciones en presiembra o pre-emergencia, cuanto mayor es el contenido en arcilla y materia orgánica, mayor es la dosis

Por otro lado hay que considerar que la eficacia de muchos herbicidas no disminuye linealmente con la dosis del producto. Esto implica que, en numerosos casos, es posible reducir hasta en un 50% la dosis oficialmente recomendada sin que se produzcan reducciones apreciables en los efectos. Sin embargo, no conviene olvidar que estas dosis bajas llevan asociado un mayor riesgo de fallos bajo condiciones adversas, riesgo que tendrá que asumir el propio agricultor.

2. En segundo lugar, es necesario considerar los costes de los tratamientos preseleccionados. Existen grandes diferencias entre los costes de los diferentes productos. Por ejemplo, mientras que el coste de un tratamiento con herbicidas hormonales (2,4-D, MCPA, etc.) para el control general de dicotiledóneas es casi despreciable, la utilización de herbicidas específicos contra *Avena* o contra Galium puede suponer una inversión considerable.

3. Por otro lado, es necesario estimar los beneficios económicos derivados de la aplicación del tratamiento. Esto implica estimar los rendimientos esperables en el cultivo (y su valor de venta) y las pérdidas que se evitarían mediante dicho tratamiento. En este sentido, mientras que la aplicación de herbicidas en zonas de alta productividad (p. ej., con rendimientos superiores a las 4 t/ha) suele ser rentable económicamente, en zonas más marginales (p. ej., con rendimientos inferiores a las 2 t/ha) dichos beneficios son bastante más dudosos. Algo parecido ocurre en años favorables meteorológicamente en contraste con años de sequía. En relación

a las pérdidas evitables, hay que considerar la competitividad de las especies dominantes (no es lo mismo tener una parcela infestada por *Avena* que tenerla por *Papaver*), el nivel de infestación medio de la parcela y el porcentaje de la parcela infestado (frecuentemente se evalúan como muy infestadas parcelas que presentan rodales muy densos pero en las que la mayor parte de la superficie está prácticamente libre de malas hierbas).

4. Por último hay que tener en cuenta los posibles efectos laterales derivados de la aplicación de dicho tratamiento. En este apartado no se trata solo de considerar los efectos sobre el medio ambiente (contaminación de cursos de agua, pérdida de biodiversidad) sino, principalmente, los riesgos de aparición de resistencias. Este aspecto será considerado más tarde.

Herramientas informáticas

Dada la relativa complejidad de este proceso de toma de decisiones y de la necesidad de disponer de bastante información para poder llevarlo a cabo correctamente, han surgido últimamente herramientas informáticas que pueden facilitar al agricultor o técnico esta labor. Dentro de nuestro país, se han desarrollado varios programas enfocados específicamente al tema del control de diversas especies de malas hierbas en cultivos de cereales (*Avena-PC*, *Lolium-PC*, *Phalaris-PC*). Dichos programas pueden ser accesibles directamente a través de internet (www.ias.csic.es/JAndujar).

A tener en cuenta...

Parecería innecesario el tener que decir que la correcta realización de los tratamientos es esencial para obtener los objetivos perseguidos. La utilización de pulverizadores en mal estado o incorrectamente calibrados, la aplicación de los productos en días de viento o después de fuertes heladas, puede hacer que todos los esfuerzos previos de diagnóstico y selección sean estériles, haciendo fracasar todo el programa de control. Por último, es preciso recordar la importancia de realizar un adecuado seguimiento de los campos a lo largo de todo el ciclo del cultivo y, muy especialmente, en el momento previo al semillado de las malas hierbas. Un problema detectado a tiempo puede ser corregido fácilmente mediante la realización de tratamientos complementarios o en rodales. Asimismo, las observaciones realizadas pueden ser de gran utilidad para modificar sobre la marcha el programa de control, ajustandolo a las nuevas necesidades surgidas.

> Mientras que la aplicación de herbicidas en zonas de alta productividad suele ser rentable económicamente, en zonas más marginales dichos beneficios son bastante más dudosos

Aparición de resistencias

La aparición de resistencias como consecuencia de una mala praxis es cada día más frecuente. La aplicación continuada de un mismo producto (o de productos pertenecientes a la misma familia química o a familias con el mismo modo de acción) a lo largo de un cierto periodo de tiempo lleva, más pronto o más tarde, a la aparición de biotipos resistentes a ese producto. Este fenómeno se ha observado en nuestro país en numerosas ocasiones. Quizás los casos más conocidos son los relativos a la aparición de poblaciones resistentes de *Lolium rigidum* en los cereales catalanes. Originalmente, hace ya más de 17 años, esta resistencia se observó en campos de cereales que habían sido tratados continuamente con diclofop-metil. Posteriormente, numerosos tipos de resistencia han sido encontrados en esta especie. La presencia de biotipos de *Papaver rhoeas* resistentes a tribenuron metil y/o a 2,4-D se detectó inicialmente en cereales de invierno en Cataluña, aunque luego este tipo de resistencia se ha encontrado también en cultivos de cereales en Navarra y otras zonas del norte de España. En el caso de *Avena sterilis* y *A. fatua*, aunque actualmente no se considera un problema grave, se han localizado de forma incipiente poblaciones resistentes en campos de cereal en los que esta mala hierba muestra dificultad de control con los avenicidas específicos (diclofop-metil, tralkoxidim, clodinafop, fenoxaprop).

Aunque los casos de resistencia parecen ir en aumento, comprobar y confirmar la existencia de resistencias en una parcela o en una zona concreta no es fácil. El Comité de Prevención de Resistencias a Herbicidas (CPRH) ha editado diversas guías en las que se detalla el procedimiento a seguir para confirmar un caso de resistencia. En último caso, y si las sospechas parecen ser fundadas, será necesario ponerse en contacto con los Servicios de Sanidad Vegetal de la Comunidad Autónoma correspondiente o con algún centro de investigación o universidad en la zona para que confirmen el caso.

Métodos de prevención y control propugnados por el CPRH

1. Empleo de rotaciones de cultivo, utilizando cultivos de primavera que permitan eliminar los biotipos resistentes antes de su siembra o emplear herbicidas alternativos no aplicables en cultivos de cereales.
2. Empleo del barbecho y de prácticas de control mecánico durante la campaña.
3. Evitar el movimiento de semillas con resistencia de un campo a otro, limpiando cuidadosamente los equipos de laboreo y recolección.
4. Empleo de densidades de siembra adecuadas para obtener un cultivo competitivo.
5. Empleo de herbicidas sólo cuando sea necesario, alternando herbicidas pertenecientes a diferentes grupos según su modo de acción. Para conocer a que grupo pertenece un determinado herbicida es necesario recurrir a alguna de las guías anteriormente citadas editadas por el CPRH.

No hay que olvidar que la mejor estrategia para evitar la aparición de resistencias es la prevención y el uso integrado de tantos métodos de control como sea posible. •