

Tierras de Castilla y León-Agricultura nº 131: 32-41 (2006)

Control de malas hierbas: Densidades de siembra y rotaciones de cultivo

Carlos Lacasta (*), Enrique Estalrich (*), Ramón Meco (**), Manuel Benítez (***)

(*)CSIC. Centro de Ciencias Medioambientales. Finca Experimental “La Higuera” 45530 Santa Olalla. Toledo. España: CSIC@infonegocio.com. (**) Servicio de investigación Agraria. Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha, C/ Pintor Matías Moreno, 4. 45071 Toledo, España: ramonmeco@jccm.es. (***) CSIC. Centro de Ciencias Medioambientales. C/ Serrano 115 dup., 28006 Madrid, España: ebvbg77@ccma.csic.es

Introducción

La rotación de cultivos ha sido uno de los métodos tradicionales para el control de las malas hierbas, que se ha visto desplazada por factores económicos, monocultivo de cereal y uso de herbicidas. Por otra parte no siempre son evidentes las ventajas de una aplicación de herbicidas, particularmente en densidades bajas de infestación de malas hierbas (Pardo *et al.*, 2002 y Chao *et al.*, 2002).

Aumentar las densidades de siembra en los cereales también han sido empleadas como forma de aumentar la competencia del cultivo frente a las hierbas acompañantes y disminuir de esa forma el daño que estas causan en los rendimientos de los cereales. Actualmente sigue empleándose la expresión de “sembrar con mucho pan” para justificar esta práctica tradicional. Determinar la densidad óptima de siembra ha sido objeto de varios trabajos con desigual resultado (Moreno *et al.*, 2002 y Lacasta *et al.*, 2004), las causas son las diferentes condiciones experimentales.

En este trabajo se pretende evaluar la interacción de estas dos formas tradicionales de control de malas hierbas (rotación de cultivos y densidades de siembra) y su efecto sobre la productividad del cereal en las condiciones de semiáridéz de los secanos y en un experimento de larga duración (14 años).

Condiciones experimentales

El experimento se ha realizado en la Finca Experimental “La Higuera” Santa Olalla (Toledo), perteneciente al CSIC. El estudio se inició en 1992. El suelo es arcilloso uniforme, profundo, con una gran capacidad de retención de agua, difícil de trabajar dado su dispar consistencia en los grados extremos de humedad, la velocidad de infiltración es pequeña y los mecanismos de expansión y contracción superan las posibles consecuencias de la suela de labor. Las características químicas son: pH alrededor de 7, materia orgánica, 1,4 %, carbonato cálcico 2,5 %, fósforo 20 ppm y potasio 180 ppm. Como la evolución de la flora arvense está condicionada por los parámetros meteorológicos, se realizó un seguimiento climático con los datos meteorológicos de la estación que se encuentra en la misma finca.

Las rotaciones, son de dos hojas y se cultivaban ambas todos los años. Para la elección de las rotaciones se consideró que el manejo fuera lo suficientemente distinto, para que se pudieran marcar diferencias. Las rotaciones fueron: Cebada – Cebada (C-C), Veza forraje – Cebada (V-C) y Girasol – Cebada (G-C).

La rotación de monocultivo de cebada (C-C) va a permitir estudiar la evolución de la flora arvense asociada al cultivo de cereal y será presumiblemente la que va a dar el máximo de hierbas compitiendo con el cereal. La rotación de cebada con veza heno, que va a ser segada en el mes de mayo, eliminara muchas hierbas que no han madurado y que serán extraídas del sistema. La rotación de cebada con girasol, permitirán que las labores preparatorias de siembra del girasol en invierno y primavera, disminuyan de forma importante el banco de semillas que el año siguiente competiría con la cebada. Los cultivos que intervienen en las distintas rotaciones son: Cebada cv Reinette, Veza cv Senda y Girasol cv Toledo 2. Los años que por problemas meteorológicos no se pudo sembrar en otoño y las siembras se tuvieron que retrasar a febrero o marzo y se empleo la cebada cv Zaida.

Densidades de siembra: Las densidades se consideraron siempre en semillas por metro cuadrado porque el peso de semilla varia de un año a otro, pero por claridad se ha puesto la equivalencia aproximada en kg/ha. Las densidades de siembra sólo se aplico al cultivo de la cebada y se considero como testigo la densidad más frecuente en la zona donde se desarrolló el experimento que era de 160 kg/ha (400 semillas/m²). Las otras densidades de siembra fueron la mitad del testigo, 80 kg/ha (200 semillas/m²) y 1,5 el testigo 240 kg/ha (600 semillas/m²). En la densidad más baja se supuso que la competencia con las malas hierbas podría enmascarar los resultados de producción y no se vería el efecto de las densidades de siembra, por ello se añadió una variable más de densidad baja con herbicida.

Operaciones de cultivo: Antes de la siembra de los cultivos se realizan dos o tres pases de cultivador y después de la recolección se hace un pase de grada para enterrar los rastrojos de los cultivos. La siembra de la cebada y veza se realiza en otoño (noviembre) con una sembradora convencional de 19 brazos a 15 cm entre ellos, el girasol en primavera (abril) con una sembradora neumática de 4 brazos a 70 cm entre brazos. Las densidades de siembra de la veza es de 100 kg/ha y la del girasol de 40.000 semillas/ha.

La fertilización sólo se realizaba en el cultivo de la cebada, con abonos complejos antes de la siembra y nitrato amónico cálcico en invierno (en el estadio de inicio de ahijamiento). La fórmula de abonado 90-45-45.

La escarda química en la cebada se realiza sólo en el tratamiento Densidad 80 kg/ha + herbicida, los herbicidas empleados fueron diversos en función de las hierbas que se presentaban, pero los más empleados fueron una mezcla de clotoluron + ioxinil + bromoxinil + mecroprop. En el resto de las parcelas de cebada, y en los cultivos de girasol y veza no se empleo ningún tipo de escarda..

Muestreo de malas hierbas: Todos los años, en el mes de mayo, se cuantificaron los niveles de infestación de hierbas espontáneas a través de una estimación visual de recubrimiento y abundancia de cada especie, según la escala de Folk (1951), en las parcelas de cebada.

Diseño experimental: Es de bloques al azar con 7 variables (tres rotaciones y cuatro densidades de siembra de cebada) y tres repeticiones. La superficie de las parcelas es de 400 m². Los resultados de producción y de malas hierbas fueron sometidos al análisis de la varianza, las diferencias entre tratamientos fueron separadas por medio del test de Tukey a un nivel de probabilidad de $P < 0,05$. Para conocer el efecto de las rotaciones sobre la flora arvense se consideraron todas las densidades de siembra de la rotación, sólo cuando se observaron diferencias se consideraron las densidades de siembra.

Resultados y Discusión

La meteorología y más concretamente la pluviometría (Cuadro 1), se ha comportado de forma diferente cada año del experimento. Hay años (92-93, 94-95, 98-99 y 04-05), que el déficit hídrico se inicio en el mes de marzo y los cultivos se resintieron tanto que algún año incluso se secaron las plantas; otro año el déficit se inicio en marzo pero llovió en abril y se recuperó el cultivo (93-94), hubo años que las precipitaciones de otoño e invierno no permitieron las siembras en otoño y se tuvieron que retrasar hasta febrero en el año 97-98 y hasta marzo en el año 2000-01, el primer año, las lluvias de primavera permitieron que el cultivo vegetara adecuadamente y cumpliera con su ciclo, mientras el año 2000-01, la primavera seca no lo permitió.

Esta meteorología, aparte de afectar a la producción de los cultivos ha determinado que la flora arvense muchos años se haya controlado de forma natural por producirse una alternancia de años secos con años de meteorologías consideradas normales, introduciéndose en medio años con siembras tardías. Los años secos o de siembras tardías producen una disminución del banco de semillas de malas hierbas del suelo para el año siguiente, bien porque la flora arvense no conseguía reproducirse adecuadamente o eran eliminadas con las labores preparatorias en las siembras tardías.

Cuadro 1. Pluviometría e incidencias más destacables en los años de experimentación

| AÑOS | PLUVIOMETRIA l/m ² | | | Observaciones |
|--------------|-------------------------------|---------|---------|--|
| | ANUAL | SEP-MAR | ABR-AGO | |
| 92-93 | 413 | 208 | 205 | Invierno seco y las lluvias de primavera llegaron demasiado tarde para los cultivos. |
| 93-94 | 454 | 322 | 132 | Déficit hídrico en abril. Marzo y primera quincena de abril, seca. |
| 94-95 | 275 | 197 | 78 | Año muy seco, se inició el déficit hídrico en marzo. Heladas de primavera. |
| 95-96 | 535 | 403 | 132 | Déficit hídrico en abril. Exceso de humedad en invierno. |
| 96-97 | 573 | 413 | 160 | Exceso de humedad en invierno. 90 días sin lluvia (15/I al 15/IV). |
| 97-98 | 637 | 460 | 177 | Exceso de humedad en invierno. La siembra se hizo a mediados de febrero. |
| 98-99 | 292 | 203 | 89 | Año muy seco, se inició el déficit hídrico en marzo. |
| 99-00 | 437 | 278 | 159 | Otoño y primavera húmeda e invierno y verano secos. Un buen año agrícola. |
| 00-01 | 649 | 545 | 104 | Otoño e invierno muy húmedo y primavera seca. Las siembras se hicieron en marzo. |
| 01-02 | 541 | 341 | 200 | Año bueno para la producción agraria. Mes de diciembre muy frío y primavera húmeda. |
| 02-03 | 500 | 453 | 47 | Otoño e invierno muy húmedo y primavera seca. |
| 03-04 | 593 | 423 | 170 | Buena distribución de las precipitaciones. Buen año agrícola |
| 04-05 | 282 | 243 | 39 | Año muy seco, se inició el déficit hídrico en marzo. |
| 05-06 | 450 | 330 | 121 | Primavera seca con altas temperaturas que provocaron un gran asurado del grano. |

Nota: Los años en negrita indican los años que fueron secos o las siembras se tuvieron que realizar en primavera por problemas de exceso de humedad en otoño. En ambas situaciones la flora arvense era afectada y disminuía de forma natural el banco de semillas que competían con el cultivo.

Malas hierbas: Aunque el muestreo de la flora arvense se realizó todos los años, el número de plantas acompañantes al cultivo fue muy pequeño y prácticamente despreciable la mayoría de los años, por la alternancia de años secos o siembras tardías con años normales, el recubrimiento de la superficie por flora arvense, en estos casos, era inferior al 10% y ha sido, principalmente, en los últimos años, cuando ha habido un aumento considerable de las malas hierbas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cubrimiento en % del suelo por malas hierbas en cultivo de cebada, considerando la rotación.

| Año | Cebada en rotación | | |
|--------------|--------------------|----------------|----------|
| | Cebada | Veza para heno | Girasol |
| 92-93 | 12 | 3 | 2 |
| 93-94 | 16 | 8 | 3 |
| 94-95 | 6 | 3 | 2 |
| 95-96 | 9 | 6 | 2 |
| 96-97 | 42 | 6 | 3 |
| 97-98 | 15 | 7 | 2 |
| 98-99 | 10 | 8 | 1 |
| 99-00 | 8 | 5 | 3 |
| 00-01 | 11 | 4 | 3 |
| 01-02 | 9 | 5 | 2 |
| 02-03 | 61 | 14 | 6 |
| 03-04 | 56 | 20 | 2 |
| 04-05 | 49 | 19 | 7 |
| 05-06 | 36 | 39 | 5 |
| Media | 24 | 11 | 3 |

Si se analiza las cuatro malas hierbas más importantes presentes en el experimento en los 5 años en que ha habido una presencia de malas hierbas lo suficientemente altas para competir con el cultivo, se deduce (Cuadro 3) que la rotación con girasol controla perfectamente las malas hierbas y hace innecesario el uso de cualquier método de control suplementario y la rotación con veza para heno podría decirse lo mismo, a excepción del último año que hay un aumento importante de *Avena sterilis* y *Galium tricorntutum* debido a que la veza que precedía a la cebada se recogió tarde y permitió que las semillas de estas malas hierbas cayeran al suelo. En el monocultivo de cebada la densidad de malas hierbas es muy alta y por tanto sería necesario el control químico para evitar la competencia por malas hierbas, aunque hay que recordar que más de la mitad de los años por las características meteorológicas de la zona de estudio no habría sido necesario el uso de herbicidas. También se observa que las malas hierbas dominantes en el experimento son 9 especies, destacando dos especies de la familia de las umbelíferas (*Torilis nodosa* y *Scandix pecten-veneris*) y dos de la familia de las gramíneas (*Avena sterilis* y *Lolium rigidum*).

Como la cantidad de hierba que había en todas las parcelas de cebada en rotación con girasol era tan baja, se concluía que era igual que hubiera una densidad de siembra de 80 o de 240 kg/ha, se tratara con herbicida o no y que si se apreciaba diferencias en la producción de cebada por densidades de siembra se debería al efecto de la densidad de siembra pero no por competencia de malas hierbas.

Cuadro 3. Cubrimiento en % del suelo de las malas hierbas dominantes encontradas cada año y en cada rotación

| Año | Malas hierbas | Cebada en rotación | | |
|-------|--------------------------------|--------------------|----------------|---------|
| | | Cebada | Veza para heno | Girasol |
| 96-97 | <i>Papaver rhoeas</i> L. | 15 | 1 | 1 |
| | <i>Kicxia lanigera</i> L. | 15 | 1 | 0 |
| | <i>Anagallis arvensis</i> L. | 9 | 0 | 0 |
| | <i>Torilis nodosa</i> Gaertner | 7 | 0 | 0 |
| 02-03 | <i>Torilis nodosa</i> | 25 | 0 | 2 |
| | <i>Galium tricornutum</i> | 19 | 3 | 0 |
| | <i>Papaver rhoeas</i> | 7 | 0 | 0 |
| | <i>Avena sterilis</i> | 4 | 5 | 0 |
| 03-04 | <i>Torilis nodosa</i> | 16 | 6 | 2 |
| | <i>Lolium rigidum</i> | 11 | 0 | 0 |
| | <i>Avena sterilis</i> | 8 | 3 | 0 |
| | <i>Anacyclus clavatus</i> | 6 | 1 | 0 |
| 04-05 | <i>Scandix pecten-veneris</i> | 19 | 1 | 0 |
| | <i>Torilis nodosa</i> | 8 | 0 | 0 |
| | <i>Galium tricornutum</i> | 8 | 8 | 2 |
| | <i>Avena sterilis</i> | 8 | 4 | 0 |
| 05-06 | <i>Scandix pecten-veneris</i> | 10 | 4 | 1 |
| | <i>Galium tricornutum</i> | 9 | 13 | 1 |
| | <i>Avena sterilis</i> | 8 | 17 | 1 |
| | <i>Lolium rigidum</i> | 5 | 0 | 1 |

En la rotación de cebada sobre veza heno, se observa que es en los últimos 4 años donde la población de malas hierbas ha aumentado considerablemente. Cuando se analiza los resultados de las hierbas dominantes que han mostrados diferencias significativas por efecto bien del uso de herbicidas o por densidades de siembra (Cuadro 4) se observa que sólo 4 malas hierbas y en 3 años de los 14 años de estudio se aprecia diferencias por efecto de los tratamientos y aunque el mejor control lo realiza el uso de herbicidas el aumento de la densidad de siembra permite, en esta rotación, un control aceptable cuando hay un problema de malas hierbas. De los 14 años de estudio, sólo un año (05-06) ha habido un problema de malas hierbas en esta rotación, indicando que tanto el uso de herbicida como el aumento de densidades de siembra no ejercen una mejora notable en el control de las poblaciones de malas hierbas y que es el efecto de la rotación la determinante en la evolución de las malas hierbas.

En el monocultivo de cebada las poblaciones de malas hierbas tuvieron una densidad de poblaciones elevadas en 5 de los 12 años y en cuatro de ellos se apreciaron diferencias significativas por efecto de las densidades o del uso de herbicidas (Cuadro 5). Los resultados confirman, como era de esperar, que el efecto del herbicida fue notorio, pero no el efecto de las densidades de siembra. Se apreciaron diferencias entre los tratamientos de densidades de siembra por el momento de nascencia de las malas hierbas, así *Kicxia lanigera*, aparece más

abundante en la densidad baja y *Anagallis* en las densidades altas, esto es debido que en las primeras fases de cultivo las densidades más altas impiden el desarrollo de hierbas más tempranas y después son las hierbas tempranas que han nacido en las densidades bajas las que impiden el desarrollo de las hierbas primaverales. También se observa que *Lolium rigidum* es controlado mejor con herbicida que con densidades de siembra el año 03-04 pero ocurre lo contrario el año 05-06. *Avena sterilis* se puede controlar cuando las poblaciones no son muy altas tanto con herbicidas como con densidades de siembra (03-04 y 05-06).

Cuadro 4.- Cubrimiento en % del suelo de malas hierbas dominantes en cebada considerando la densidad de siembra y en la rotación veza heno-cebada

| Año | Especies | 80 kg/ha + herbicida | 80 kg/ha | 160 kg/ha | 240 kg/ha |
|-------|---------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 02-03 | <i>Avena sterilis</i> | 0 a | 10 b | 3 ab | 5 ab |
| 04-05 | <i>Galium tricornutum</i> | 4 a | 12 b | 8 ab | 6 ab |
| 05-06 | <i>Galium tricornutum</i> | 3 a | 20 b | 15 b | 15 b |
| | <i>Avena sterilis</i> | 5 a | 40 c | 15 bc | 8 ab |

Los valores seguidos por letras distintas en una misma fila difieren significativamente. (P<0,05; test Tukey).

Cuadro 5.- Cubrimiento en % del suelo de malas hierbas dominantes en cebada considerando la densidad de siembra en monocultivo de cebada

| Año | Especies | 80 kg/ha + herbicida | 80 kg/ha | 160 kg/ha | 240 kg/ha |
|-------|--------------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 96-97 | <i>Papaver rhoeas</i> L. | 0 a | 6 ab | 18 b | 22 b |
| | <i>Kicxia lanigera</i> L. | 0 a | 31 b | 4 ab | 11 b |
| | <i>Anagallis arvensis</i> L. | 0 a | 6 b | 11 b | 15 b |
| | <i>Torilis nodosa</i> Gaertner | 0 a | 7 b | 10 b | 5 b |
| 03-04 | <i>Lolium rigidum</i> | 1 a | 8 b | 15 b | 18 b |
| | <i>Avena sterilis</i> | 1 a | 20 b | 3 ab | 9 ab |
| 04-05 | <i>Scandix pecten-veneris</i> | 1 a | 25 b | 25 b | 25 b |
| | <i>Torilis nodosa</i> | 0 a | 8 b | 10 b | 12 b |
| | <i>Galium tricornutum</i> | 1 a | 10 b | 7 b | 12 b |
| 05-06 | <i>Scandix pecten-veneris</i> | 2 a | 12 b | 15 b | 12 b |
| | <i>Galium tricornutum</i> | 3 a | 16 b | 8 a | 8 a |
| | <i>Avena sterilis</i> | 3 a | 20 b | 3 a | 4 a |
| | <i>Lolium rigidum</i> | 6 ab | 12 a | 0 b | 0 b |

Los valores seguidos por letras distintas en una misma fila difieren significativamente. (P<0,05; test Tukey).

Producciones: Cuando el cereal está en rotación, da igual la rotación que se emplee (V-C y G-C), los resultados medios de productividad de los 14 años de experimentación (Fig. 1) no presentan diferencias por emplear el cereal en rotación con girasol o con veza para recoger forraje. Pero cuando la producción de cebada en rotación con otro cultivo se compara con la producción de cebada obtenida en monocultivo, la cebada en rotación produce entre el 50 al 80% más que el monocultivo dependiendo de la densidad que se considere. En la figura 1 también se observa que el aumento de las densidades de siembra de cereal o el uso de herbicidas no afectan a la producciones medias cuando la cebada está en rotación con girasol y cuando el cereal está en rotación con veza para heno el sembrar la cebada con más de 80 kg/ha puede suponer en el mejor de los casos un aumento de producción de un 10%, pero el uso de herbicidas para el control de las malas hierbas no supone ninguna ventaja productiva. En el monocultivo el uso del herbicida puede sustituirse por un aumento de la densidad de siembra para obtener la misma productividad de grano de cebada.

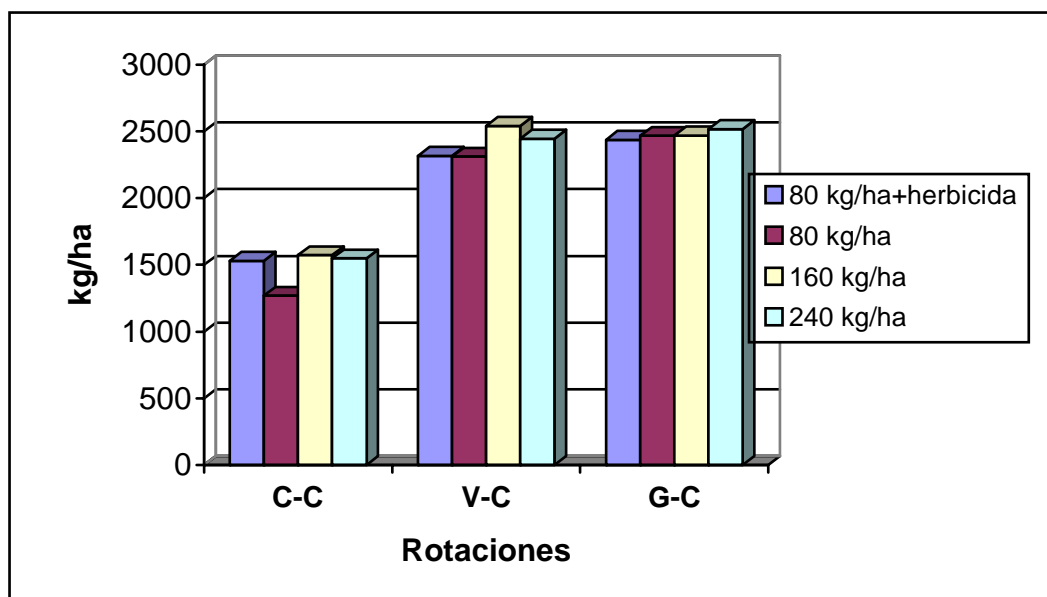


Fig. 1. Producción media de cebada (14 años) en las diferentes rotaciones y densidades de siembra

Quando se analizan las producciones en función de las densidades de siembra, en la rotación de la cebada con veza (Cuadro 6), sólo el año 96-97 de los 14 años de estudio, el aumento de la densidad de siembra supuso un aumento en las producciones pero hubo dos (93-94 y 01-02) que el aumento de la densidad de siembra tuvo un efecto negativo, ello se explica por la pluviometría de esos años, en el primer caso fue la falta de agua en el momento del ahijamiento y en los segundos el déficit de primavera. Con respecto al uso de herbicidas hubo un año 95-96 que el efecto fue negativo y tres (03-04, 04-05 y 05-06) que su efecto fue equiparable al aumento de densidades de siembra. La mitad de los años no hubo diferencias significativas por utilizar mayor densidad de siembra de 80 kg/ha o por utilizar o no herbicida. De todo esto se deduce que cuando la cebada esta en rotación con veza heno se podría prescindir del uso de herbicidas y utilizar una densidad de siembra situada alrededor de los 120 kg/ha (300 semillas /m²). Cuando la cebada está en rotación con girasol, lo recomendable a la vista de los resultados (Cuadro 7) es sembrar con 80 kg/ha (200 semillas/m²) y no utilizar herbicidas

Cuadro 6. Producción de cebada en rotación con veza

| AÑOS | Densidades de siembra | | | | Efecto de la variables |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
| | 80 kg/ha + Herbicida | 80 kg/ha | 160 kg/ha | 240 kg/ha | |
| 92-93 | 202 | 224 | 247 | 310 | ns |
| 93-94 | 2317 a | 2317 a | 2232 a | 1636 b | Densidad (-) |
| 94-95 | 0 | 0 | 0 | 0 | ns |
| 95-96 | 3262 b | 3957 ab | 4186 a | 4241 a | Herbicida (-) |
| 96-97 | 2088 b | 2137 b | 3623 a | 3677 a | Densidad (+) |
| 97-98 | 3001 b | 3265 ab | 4091 a | 3395 ab | ns |
| 98-99 | 671 | 735 | 602 | 1162 | ns |
| 99-00 | 4365 | 4187 | 3804 | 3881 | ns |
| 00-01 | 577 | 858 | 713 | 679 | ns |
| 01-02 | 4581 a | 4725 a | 4388 a | 3008 b | Densidad (-) |
| 02-03 | 2963 | 3183 | 3663 | 3550 | ns |
| 03-04 | 5240 a | 4154 b | 4721ab | 5519 a | Herbicida=densidad |
| 04-05 | 835 a | 304 b | 762 a | 719 a | Herbicida=densidad |
| 05-06 | 3108 a | 1962 b | 2846 a | 2792 a | Herbicida=densidad |
| MEDIA | 2372 | 2286 | 2563 | 2469 | |
| % | 93 | 89 | 100 | 96 | |

Los valores seguidos por letras distintas en una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$; test Tukey). Los valores en negrita son los rendimientos más altos del año. En la columna, efecto de las variables, el signo entre paréntesis indica si actúa positivamente o no, ns significa que no hay diferencias entre tratamientos.

Cuadro 7. Producción de cebada en rotación con girasol

| AÑOS | Densidades de siembra | | | | Efecto de la variables |
|--------------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|------------------------|
| | 80 kg/ha + Herbicida | 80 kg/ha | 160 kg/ha | 240 kg/ha | |
| 92-93 | 155 | 141 | 201 | 283 | ns |
| 93-94 | 1238 a | 1011 a | 613 b | 500 b | Densidad (-) |
| 94-95 | 0 | 0 | 0 | 0 | ns |
| 95-96 | 3607 b | 4306 ab | 4521 a | 4820 a | Herbicida (-) |
| 96-97 | 3531 | 2963 | 3288 | 3379 | ns |
| 97-98 | 3005 | 3214 | 3236 | 3405 | ns |
| 98-99 | 29 | 54 | 60 | 19 | ns |
| 99-00 | 4225 | 4408 | 4046 | 3710 | ns |
| 00-01 | 1135 | 969 | 1290 | 1469 | ns |
| 01-02 | 4071 | 4496 | 4060 | 4154 | ns |
| 02-03 | 4496 | 4804 | 4583 | 4767 | ns |
| 03-04 | 5490 | 5240 | 5404 | 5365 | ns |
| 04-05 | 700 a | 454 b | 792 a | 827 a | Herbicida=densidad |
| 05-06 | 3.685 a | 2.846 b | 3.046 ab | 3.242 ab | Herbicida=densidad |
| MEDIA | 2526 | 2493 | 2510 | 2567 | |
| % | 98 | 97 | 98 | 100 | |

Los valores seguidos por letras distintas en una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$; test Tukey). Los valores en negrita son los rendimientos más altos del año. El signo en el efecto de la variable indica si actúa positivamente o no. ns significa que no hay diferencias entre tratamientos.

En el monocultivo, el empleo de los herbicidas y el aumento de las densidades de siembra, producen un efecto positivo en la producción de grano de cereal (Cuadro 8), observando las producciones medias de los 14 años el herbicida tiene un efecto similar al aumento de las densidades, aunque los resultados anuales indican que unas veces se comportó mejor el aumento de densidades (2 años) y otro años es el uso de los herbicidas lo que resultan más eficaces (4 años), habiendo sólo 4 años que no hubo diferencias significativas, coincidiendo prácticamente con los años secos.

Sólo dos años el monocultivo de cereal (Cuadro 6, 7 y 8) tuvo una producción equiparable a las rotaciones (93-94, 01-02), el resto, los 12 años restantes, la producción del monocultivo fue muy inferior a la cebada en rotación. Estudiando las posibles causas de porque no existen diferencias en las producciones de cebada entre el monocultivo y la cebada sometida a rotación en estos dos años, se comprobó que en esos años hubo lluvias en el verano anterior al cultivo: 89,2 mm en junio de 1993 y 46,4 mm en julio de 2001; precipitaciones que permitieron la descomposición de los residuos de la cosecha de cereal antes de la siembra, dejando el suelo en condiciones de igualdad con respecto a los tratamientos con rotaciones de cultivo. Los demás años los residuos se descompusieron en la primavera siguiente en presencia del cultivo provocando entre los microorganismos que están descomponiendo los residuos de la cosecha del año anterior y el cultivo competencia por los nutrientes y el agua. De ello se deduce que en las regiones donde haya precipitaciones superiores a los 50 l/m² en verano y después de la recolección de la cosecha, el monocultivo será posible si no, como ocurre en la mayor parte del secano español, el monocultivo de cereal es inviable económicamente.

Cuadro 8. Producción de cebada en monocultivo

| AÑOS | Densidades de siembra | | | | Efecto de la variables |
|--------------|-----------------------|----------|-------------|----------------|------------------------|
| | 80 kg/ha + Herbicida | 80 kg/ha | 160 kg/ha | 240 kg/ha | |
| 92-93 | 152 | 206 | 260 | 159 | ns |
| 93-94 | 2908 a | 2312 ab | 2732 ab | 2147 b | Herbicida=densidad |
| 94-95 | 0 | 0 | 0 | 0 | ns |
| 95-96 | 2354 c | 2951 bc | 3512 ab | 3726 ab | Herbicida (-) |
| 96-97 | 1904 a | 1185 b | 994 b | 1217 b | Herbicida (+) |
| 97-98 | 1603 a | 942 b | 1735 a | 2088 a | Herbicida=densidad |
| 98-99 | 677 | 431 | 867 | 425 | ns |
| 99-00 | 2990 | 2890 | 3277 | 3067 | ns |
| 00-01 | 260 b | 165 b | 404 a | 477 a | Densidad (+) |
| 01-02 | 3448 b | 3996 ab | 4431 a | 4538 a | Densidad (+) |
| 02-03 | 1723 a | 567 b | 1502 a | 1410 a | Herbicida=densidad |
| 03-04 | 1413 a | 702 b | 644 b | 750 b | Herbicida (+) |
| 04-05 | 438 a | 96 b | 73 b | 119 b | Herbicida (+) |
| 05-06 | 2215 a | 1292 b | 1031 b | 1400 b | Herbicida (+) |
| MEDIA | 1578 | 1267 | 1533 | 1537 | |
| % | 94 | 75 | 91 | 91 | |

Los valores seguidos por letras distintas en una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$; test Tukey). Los valores en negrita son los rendimientos más altos del año. El signo en el efecto de la variable indica si actúa positivamente o no. ns significa que no hay diferencias entre tratamientos.

Conclusiones:

- La cebada en rotación con otro cultivo es suficiente para controlar la flora arvense.
- La meteorología, aparte de afectar a la producción de los cultivos determina los problemas relacionados con la competencia por malas hierbas.
- Cuando la cebada esta en rotación con otro cultivo, el aumentar la densidad de siembra no produce ningún aumento de la productividad. Las densidades bajas de siembra pueden incluso producir más si se retrasan las lluvias de primavera, al ser menor la competencia entre plantas.
- Sólo 2 años de los 14 que se han estudiado, el monocultivo de cereal tuvo una producción equiparable a las rotaciones. La producción media de los 14 años, la cebada en rotación produce más de un 60 % que el monocultivo de cereal.
- El monocultivo de cereal es inviable económicamente en la mayor parte de las regiones del secano español

Agradecimientos:

Los autores agradecen al Servicio de Investigación de la Dirección de Desarrollo Rural de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha la financiación de este experimento.

Bibliografía:

- Chao J., C. Lacasta, E. Estalrich, R. Meco, R. Gonzalez Ponce. 2002. Estudio de la flora arvense asociada a los cereales de ambientes semiáridos en rotación de cultivos de secano. En: *La agricultura y ganadería ecológicas en un marco de diversificación y desarrollo solidario*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica; Gijón Tomo 1, 733-740.
- Folk, L. 1951. A comparison chost for visual percentage estimation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 21 : 32-33.
- Lacasta, C., Meco, R., Estalrich, E., Martin de Eugenio, L. 2004. Interacción de densidades de siembra de cebada y rotaciones de cultivo sobre la flora arvense y rendimientos de cultivos *Agroecología: Referente para la transición de los sistemas agrarios* VI Congreso SEAE: 1481-1496
- Moreno A., M. Moreno, F. Ribas, M.J. Cabello. 2002. Influencia de distintas dosis de siembra sobre el rendimiento de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) para su aplicación en cultivo ecológico. En: *La agricultura y ganadería ecológicas en un marco de diversificación y desarrollo solidario*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica; Gijón Tomo 1, 685-689.
- Pardo G., F. Villar, J. Aibar, J.A. Lezaun, C. Lacasta, R. Meco, P. Ciria, C. Zaragoza. 2002. Estudio de la fertilización y el desherbado en el cultivo de cebada en secano. En: *La agricultura y ganadería ecológicas en un marco de diversificación y desarrollo solidario*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica; Gijón Tomo 1, 691-700.



Foto 1. El monocultivo exige el uso de herbicidas en la mayoría de las regiones del secano español



Foto 2. La cebada en rotación con otro cultivo es suficiente para controlar la flora arvense.