ITEA (2004), Vol. **100V N.° 1,** 18-33

CONTROL MECÁNICO DE MALAS HIERBAS EN CULTIVO DE CEBADA

G. Pardo, F. Villa, J. Aibar*, S. Fernández-Cavada, C. Zaragoza

CITA. Gobierno de Aragón, Apdo 727, 50080 Zaragoza, España

* Escuela Politécnica Superior de Huesca. Ctra. de Zaragoza, km 67, 22071 Huesca, España

RESUMEN

En cultivo de cereales de invierno la escarda mecánica con grada de varillas flexibles puede representar una alternativa válida a los herbicidas en determinadas situaciones. Para estudiar su uso se efectuaron 5 ensayos, comparando el efecto de distintas variables de utilización de este apero en el control de malas hierbas, daños al cultivo y producción de cebada. Las variables comparadas fueron: número de pases, profundidad de trabajo, dirección y velocidad de la labor, y momento de intervención. La eficacia de la grada fue muy baja contra malas hierbas gramíneas (*Lolium rigidum* Gaudin, *Avena* spp.), perennes (*Rumex crispus* L.) y, en general, cuando sobrepasaron el estado de plántula. La eficacia sobre plántulas de malas hierbas dicotiledóneas fue mejor y se incrementó al aumentar la profundidad del pase, su velocidad y su número, y si éste se efectuó paralelo a la línea del cultivo. Sin embargo, una mayor eficacia no supuso mayor producción, por ello se concluyó que un único pase a profundidad normal o alta, en la dirección de las líneas de siembra, a velocidad de 9 km/h, en estado de ahijado del cereal, obtuvo una mejor relación eficacia-daño al cultivo y mayor producción.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*, Herbicidas, Desherbado.

SUMMARY
MECHANICAL WEED CONTROL IN BARLEY

The mechanical weed control with a flex tine harrow applied to winter cereals crops can be an adequate alternative to the herbicide use in winter cereals in some situations. To study the flex-tine harrow performance five experiments comparing different mechanical regulations for weed control, crop damage and barley production were developed. Number of tillages, their depth, direction, speed and time of tillage were the studied variables. The harrow efficiency was very low against grass weeds (*Lolium rigidum*, *Avena* spp.), perennials (*Rumex crispus*) and, generally, when plants surpassed the seedling stage. Efficiency against dicot weeds was higher in seedling stage when increasing the depth, speed and number of tillings, the work was carried out parallel to crop rows. However a higher control did not mean higher crop yield. Hence only one tillage at normal or high depth, along the tillering cereal rows at 9 km/h speed, obtained the best efficiency/crop damage relation and higher yield.

Key words: *Hordeum vulgare*, Herbicides, Flex-tine harrow.

Introducción

Los herbicidas han significado un progreso innegable para la agricultura en los países industrializados por su eficacia en el control de la flora arvense, selectividad hacia el cultivo, rapidez de acción y economía en su empleo. Sin embargo en la actualidad es necesario plantear otras alternativas al control químico de las malas hierbas por la aparición de resistencias a prácticamente todas las familias de herbicidas (HEAP, 2002) y por posibles problemas de contaminación medioambiental (GARRIDO *et al.*, 1998). Además, la sociedad está cada vez más preocupada por la presencia de residuos de agroquímicos, no sólo en el medio ambiente, sino en los productos agrarios. La escarda mecánica en cereales es un método alternativo a la aplicación de herbicidas que puede resultar eficaz en el control de las malas hierbas, complementando o sustituyendo la acción de éstos y por tanto puede contribuir a evitar, o al menor reducir, los problemas antes mencionados.

El apero normalmente utilizado para llevarla a cabo es una grada de varillas flexibles. Mediante ésta, se efectúan labores someras en toda la superficie del terreno, de tal manera que la eliminación de las malas hierbas se produce por desarraigo y corte de las mismas, aunque según algunos autores (JONES *et al.*, 1995), el principal efecto se debe al enterramiento de las malas hierbas. Este desarraigo o enterramiento, puede no ser completo, con lo que muchas veces la planta no muere, pero sí queda dañada en mayor o menor medida, ralentizando su crecimiento (LAMBAIN *et al.*, 1993) y dando, por tanto, ventaja al cultivo, lo cual puede ser suficiente para superar la competencia de las arvenses. Al igual que en los tratamientos químicos, no hay que tener en cuenta únicamente el hecho de controlar la flora arvense, sino además causar el menor daño al cereal (KURSTJENS y PERDOCK, 2000) para evitar que la producción final se vea afectada. Habrá que estudiar el efecto conjunto de la relación eficacia en el control-daño al cultivo (RASMUSSEN, 1991), porque para lograr un mejor control de la flora arvense se necesita, generalmente, hacer un gradeo más profundo, o incrementar el número de éstos, y ello acarrea mayores daños al cultivo (RASMUSSEN y RASMUSSEN, 1995). La selectividad del método viene determinada fundamentalmente por la diferencia del sistema radicular y/o porte relativo del cultivo y la mala hierba, debiendo tener ésta un estado menos desarrollado que aquél para que el tratamiento sea efectivo y selectivo hacia el cultivo.

En nuestro país este tipo de escarda está poco desarrollado, y se utiliza prácticamente a nivel experimental. Los tratamientos han consistido fundamentalmente en la realización de un único pase durante el ahijado del cereal en zonas semiáridas (LACASTA *et al.*, 1997; MOYANO *et al.*, 1998; ZARAGOZA *et al.*, 1999; LEZAUN *et al.*, 2001). Sin embargo, se sabe que son muchos los factores que influyen en el control mecánico de las malas hierbas. Los más relevantes son: el cultivo y la forma de implantarlo (distancia entre líneas, profundidad de siembra) las especies a controlar, las etapas de desarrollo de ambos, el tipo de suelo y su estado de humedad, las condiciones climáticas posteriores y, por supuesto, los parámetros intrínsecos al modo de efectuar la labor (BÖHRNSEN, 1993). Por ello, se considera interesante ensayar distintas modalidades de la regulación de la grada de varillas flexibles para optimizar su uso, como son: número de pases, profundidad de trabajo, dirección y velocidad de la labor, así como el momento de intervención (pre o postemergencia del cultivo), ensayos realizados en otros países

y sólo parcialmente en España por CIRUJEDA y TABERNER (2001), principalmente sobre *Papaver rhoeas*.

En este trabajo se exponen los resultados de cinco experimentos en dos años diferentes, en los que se estudiaron distintas modalidades en la regulación de una grada de varillas flexibles en cuanto a su efecto sobre el control de la flora arvense y la producción en un cultivo de cebada.

Material y métodos

Localización de los ensayos

El ensayo de la provincia de Zaragoza se implantó en la localidad de Montañana, (41°43' N , 2° 52' W y altura 225 m sobre el nivel del mar) sobre un campo de regadío en una parcela con suelo de textura franca (cuadro 1). El ensayo de Huesca se estableció en una parcela en regadío de la Escuela de Capacitación Agraria de esa localidad, (42°06 N, 0°23' W y a 430 metros de altitud sobre el nivel del mar). El suelo es arcillo-limoso (cuadro 1), por lo que las condiciones de humedad adecuadas para su manejo en tempero suelen durar pocos días, dificultando el laboreo del suelo. Ambos ensayos presentaron contenidos de materia orgánica elevados y niveles de fertilidad adecuados.

La precipitación y temperatura mensual durante el desarrollo de los ensayos se muestran en la figura 1.

Siembra y operaciones de cultivo

En Zaragoza, la siembra de la cebada se efectuó en noviembre en1999/00 y 2001/02 y en febrero en 2000/01 como consecuencia de las importantes lluvias otoñales e invernales, por eso ese año se incrementó algo la densidad de siembra en previsión de escaso ahijado. En Huesca la siembra se realizó en febrero en 2000/01 y en noviembre en 2001/02 (cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de suelo de los ensayos hasta 30 cm de profundidad
Table 1. Soil analysis on the trials (depth: 30 cm)

ENSAYO	Zaragoza	Huesca
Granulometría		
Arena total (0.05-2mm) %	37,75	6,62
Limo grueso (0.02-0.05mm) %	9,44	4,91
Limo fino (0.002-0.2mm) %	39,64	43,35
Arcilla (<0.002mm) %	13,17	45,11
Fertilidad		
pH al agua 1:2.5	8,15	8,33
Salinidad (C.E. 1:2.5) dS/m a 25°C	0,33	0,98
Materia orgánica %	3,37	3,28
Fósforo Olsen, ppm.	57	11,7
Potasio (extracto acetato amónico) ppm	428	244
Carbonatos totales %	32,9	22,6
Magnesio %	2,37	3,91

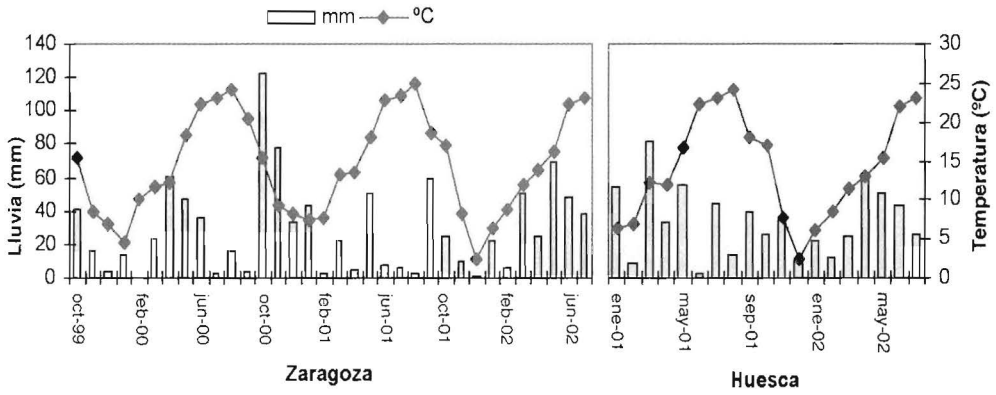


Figura nº 1: Precipitación (mm) y temperatura (°C) en los ensayos.
Figure nº1: Rainfall and temperature on the trials.

El abonado consistió en 120-60-60 y 78-72-24 U.F. de NPK/ha en Zaragoza y Huesca respectivamente. El nitrógeno se repartió en fondo y cobertera. Se regó sólo una vez, cuando se consideró necesario, pero nunca tras una labor de escarda mecánica, tratando maximizar la eficacia de estas labores. La cosecha se efectuó en junio-julio.

Cuadro 2. Características de los ensayos de regulación de grada de varillas flexibles.
Table 2. Characteristics of the tine harrow regulations experiments.

Año	Fecha siembra	Densidad (kg/ha)	Variedad	Especies arvenses dominantes
ZARAGOZA				
99-00	15/2/99	150	"Camelot"	*Sinapis arvensis, Capsella bursa-pastoris, Polygonum aviculare, Anacyclus clavatus, Senecio vulgaris, Rumex crispus.*
00-01	15/2/01	200	"Graphit"	*Convolvulus arvensis, Sinapis arvensis, Chenopodium vulvaria, Rumex crispus, Hordeum murinum.*
01-02	8/11/01	150	"Hispanic"	*Galium aparine, Fumaria officinalis, Polygonum aviculare, Stellaria media, Veronica hederifolia, Sinapis arvensis*
HUESCA				
00-01	13/2/00	200	"Hatif de Grignon"	*Avena spp., Lolium rigidum, Verónica hederifolia, Polygonum aviculare, Galium aparine, Papaver rhoeas, Fumaria officinalis*
01-02	22/11/01	200	"Hispanic"	*Avena spp., Lolium rigidum, Verónica hederifolia, Polygonum aviculare, Galium aparine, Papaver rhoeas, Rapistrum rugosum.*

Descripción del apero

El apero utilizado para los distintos tratamientos fue una grada (4,5 m anchura trabajo) de varillas flexibles (Hatzenbichler, St. Andrea, Austria). La grada consta de tres cuerpos articulados en un bastidor principal (A). Cada cuerpo consta de un emparrillado de púas (D) suspendido con cadenas (F) a un marco con el fin de que la labor se adapte perfectamente a las ondulaciones del terreno y conseguir una labor homogénea (figura nº 2 y 3).

Cada emparrillado está provisto de seis filas de traviesas equipadas cada una de ella con las varillas de muelles en forma de "J" (H) cada 18 cm, por lo que se consigue que cada 3 cm de suelo pase una varilla. Con la vibración lateral de las varillas mediante resortes se logra un laboreo superficial o rastrillado por toda la superficie. La grada se apoya sobre dos ruedas neumáticas (E) que además regulan la intensidad de la labor, en combinación con el tensor (B), el ángulo de ataque de las varillas ß (regulable desde G) y la velocidad del tractor (figura nº 3).



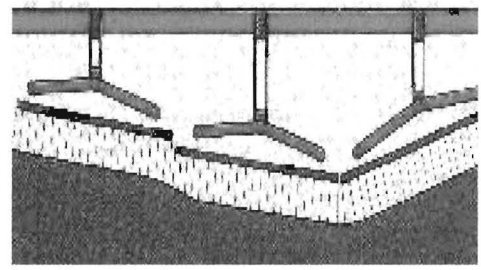
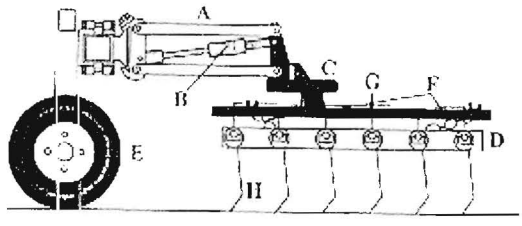


Figura nº 2: Foto y esquema de los cuerpos de la grada en adaptación a la superficie del suelo.
Figure nº 2: Picture and schema of the harrow's bodies adaptation to soil surface.



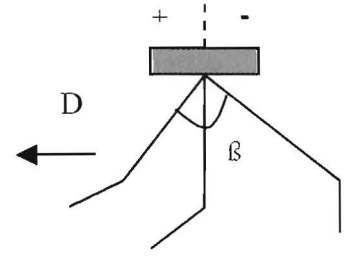


Figura nº 3: Esquema trasversal de la grada de varillas flexibles y regulación posible del ángulo de ataque de la púa (adaptado de BÁRBERI *et al.*, 2000).
Figure nº 3: Perpendicular view of the tine harrow and different regulations of the work tine angle (adapted of BÁRBERI et al., *2000).*

Descripción de los ensayos y tratamientos efectuados

En Zaragoza el diseño elegido fue de bloques al azar con tres repeticiones y parcela elemental de 90 m^2. Se ensayaron 10 tratamientos en los ensayos 1999/00 y 2000/01 y 8 en 2001/02. Todos los años se incluyó un tratamiento con herbicida, apropiado a la flora arvense y su estado fenológico, y un testigo sin ningún desherbado.

En Huesca el diseño experimental fue totalmente aleatorizado, con tres repeticiones y con parcela elemental de 80 m^2. Se ensayaron 9 tratamientos, entre ellos también hubo un tratamiento herbicida y un testigo sin escardar.

Los criterios en la elección de las labores fueron:

• El número de pases: uno o dos. En el caso de ser dos, si estos se efectúan en la misma fecha o con un intervalo de 15 días.

• La dirección: paralela o perpendicular a las líneas de siembra.

• La profundidad de trabajo: baja ß = -40°, media ß = -20°, alta ß = 0°

• La velocidad de trabajo: normal (9 km/h) o alta (12 km/h).

En el cuadro 3 se resumen las labores efectuadas en las dos localidades.

Todos los pases se efectuaron en ahijamiento del cereal, (21-22 en la escala de ZADOKS *et al.* 1974) salvo el segundo pase del tratamiento n° 8 que se encontraba en fase de elongación del tallo (30) y el tratamiento n° 0 del tercer año que se realizó en preemergencia. En Zaragoza, para las parcelas tratadas con herbicidas se utilizó en 2000: 2,4-D 27,5%+MCPA 27,5% a una dosis de 1,2 kg/ha, en 2001: diflufenican 2,5% + MCPA 25%, a una dosis de 2 kg/ha y en 2002: clortoluron 53% + terbutrina 10,75% + triasulfuron 0,25% a razón de 1,5

Cuadro 3. Resumen de los tratamientos llevados a cabo en los ensayos de eficacia de la grada
Table 3. Summary of treatments carried out in the harrow efficiency trials

Tto	N° Pases	Dirección de trabajo	Profundidad de trabajo	Velocidad (km/h)	Fecha de las labores Zaragoza 2000	Zaragoza 2001	Zaragoza 2002	Huesca 2001	Huesca 2002
0	1*	Paralela	Baja	9	-	-	27/11	-	-
1	1	Paralela	Baja	9	29/2	27/3	-	26/3	4/3
2	1	"	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
3	1	"	Alta	9	29/2	27/3	-	26/3	4/3
4	1	"	Media	12	29/2	27/3	-	26/3	4/3
5	2	"	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
6	2	Paral y perp	Media	9	29/2	27/3	11/2	-	-
7	1	Perpendicular	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
8	2**	Paralela	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
					14/3	10/4	27/2	8/4	18/3
9	1		Tratamiento herbicida		13/3	2/4	17/1	15/3	15/1
10	-		Testigo sin desherbar						

(*) en preemergencia. **15 días entre cada pase de grada.
*(*) in pre-emergence **15 days between every harrow work.*

kg/ha. En Huesca se utilizó imazametabenz 30% a 2,5 l/ha en 2001 y tralkoxidim 25% a 1,5 l/ha en 2002.

En Zaragoza la flora arvense estuvo compuesta mayoritariamente por especies dicotiledóneas, mientras que en Huesca hubo cierta presencia de *Avena* spp. y *Lolium rigidum,* por lo que se valoró de forma individual la eficacia del apero para ambos tipos de flora en esta localidad. En Zaragoza se efectuaron conteos de plantas de malas hierbas a los 15-20 días del último tratamiento de grada y se calculó el porcentaje de control en base a la flora arvense presente en los testigos. En Huesca, con flora arvense desigualmente repartida, se efectuaron conteos en el mismo lugar antes y después de los tratamientos y se calculó el porcentaje de control en base a la flora arvense presente en el primer conteo ([[inicial-final]/inicial]*100). En las dos localidades se realizaron controles de biomasa seca de cultivo y flora arvense en la fase del espigado del cereal para valorar la eficacia y la selectividad de cada tratamiento efectuado en las últimas fases de crecimiento de cereal. La cosecha se efectuó en junio-julio con medida de la humedad del grano. Los datos obtenidos se extrapolaron a kg/ha con 14% de humedad. Los datos se procesaron con el paquete estadístico Systat 7.0 y la separación de las medias se efectuó mediante el test LSD. Hubo ocasiones en que datos referentes a densidades y biomasa de malas hierbas no se distribuyeron normalmente y entonces se normalizaron con la trasformación $\sqrt{y+0,5}$.

Resultados y discusión

Influencia del ajuste de la grada sobre el control de flora arvense

Como se observa (cuadro 4) sólo en 1999/00 hubo suficiente densidad de flora arvense

Cuadro 4. Densidad total de malas hierbas anuales y porcentaje de control tras las labores de escarda en Zaragoza

Table 4. Weed density and control of annual species after treatments in Zaragoza trial (% in relation to unweeded check)

Tratamiento	1999-2000		2000-2001		2001-2002	
	pl/m^2	% control	pl/m^2	% control	pl/m^2	% control
0-Preemergencia	-	-	-	-	30 ab	29
1-Baja profundidad	71 ab	66	9	25	-	-
2-Media profundidad	65 ab	68	11	8	25 ab	40
3-Alta profundidad	60 ab	71	4	67	-	-
4-Alta velocidad	54 ab	74	7	42	-	-
5-Dos pases	38 ab	82	5	58	17 ab	60
6-Dos pases cruzados	71 ab	66	7	42	18 ab	57
7-Perpendicular	114 ab	45	5	58	27 ab	36
8-Pase a los 15 días	109 ab	47	6	50	15 b	64
9-Herbicida	27 b	87	6	50	9 b	79
10-Testigo	207 a	0	12	0	42 a	0

En cada columna, cifras con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD.
Numbers with the different letters in every column are significantly different ($P < 0.05$) according the LSD test.

para que el cultivo pudiera sufrir su competencia, mientras que en 2000/01 la densidad de malas hierbas fue insignificante, probablemente debido a que la fecha de siembra fue muy tardía. En 1999/00, la grada no ejerció control alguno sobre *S. arvensis*, ni *R. crispus* (incluso las labores más profundas) ya que se encontraban demasiado desarrolladas en el momento de los pases. Sí fue efectiva sobre *C. bursa-pastoris* y *P. aviculare*, al estar en etapas más iniciales de crecimiento. En los otros dos años, con menos malas hierbas, sólo se observó mayor dificultad de control sobre *S. arvensis*.

En Huesca (cuadro 5) existió una moderada infestación en ambos años, aunque inicialmente muy variable e irregular entre parcelas por ello, y como se explicó en el apartado de material y métodos, el porcentaje de control se calculó en base a la flora inicial presente en cada tratamiento. Esto explica que los resultados de biomasa de malas hierbas en etapa de espigado (figura 5) no estén correlacionados con el porcentaje de control, pues en parcelas testigo, aún sin eliminar ninguna mala hierba, quedó menos flora arvense que en algunas parcelas en las que se actuó de una u otra forma, con independencia del control conseguido.

a) Profundidad (tratamientos 1, 2 y 3)

Se observó en todos los casos que incrementar la profundidad aumenta el porcentaje de control de malas hierbas. Los tratamientos 1 (profundidad baja), 2 (normal) y 3 (alta) ejercieron un progresivo control en las cuatro situaciones que se ensayaron estos 3 tratamientos y las diferencias en el caso de Huesca llegaron a ser significativas. Estos resultados parecen lógicos y fueron observa-

Cuadro 5. Porcentaje de control de gramíneas, dicotiledóneas y total en relación a la flora inicial tras las labores de escarda en Huesca

Table 5. Grass, dicot and total weed control (in relation to initial weed flora) after treatments in Huesca

Tratamiento	2000-2001 %control			2001-2002 %control		
	Monocot.	Dicot.	Total	Monocot.	Dicot.	Total
0-Preemergencia	-	-	-	-	-	-
1-Baja profundidad	3 bc	20 d	15 d	39 ab	23 e	25 c
2-Media profundidad	11 bc	59 c	46 c	5 b	49 c	42 b
3-Alta profundidad	69 a	85 a	83 a	17 ab	75 a	69 a
4-Alta velocidad	31 abc	75 ab	66 b	7 b	65 b	62 a
5-Dos pases	18 bc	71 b	69 ab	18 ab	75 a	66 a
6-Dos pases cruzados	-	-	-	-	-	-
7-Perpendicular	45 ab	69 bc	59 bc	67 a	61 b	62 a
8-Pase a los 15 días	35 abc	69 b	66 b	33 ab	68 ab	65 a
9-Herbicida	33 abc	29 d	38 c	64 a	33 d	39 b
10-Testigo	0 c	0 e	0 e	0 b	0 f	0 d

En cada columna, cifras con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD.
Numbers with different letters in every column are significantly different ($P < 0.05$) according the LSD test.

dos también por BÖHRNSEN (1993), en cultivo de centeno y por RASMUSSEN (1991) en trigo. En cuanto a la biomasa de malas hierbas en fase de espigado (figuras 4 y 5), se observó una tendencia similar en Zaragoza, produciendo los pases más profundos una

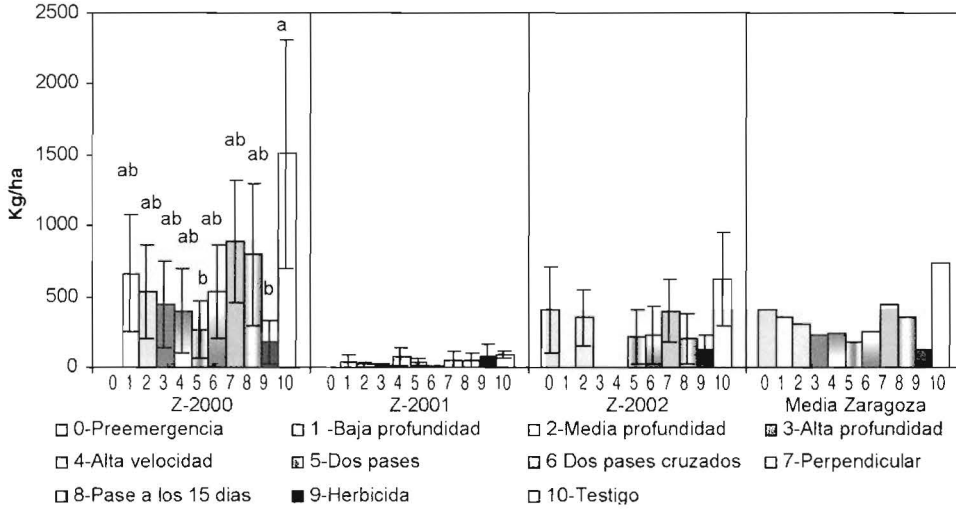


Figura nº 4. Biomasa de malas hierbas según los tratamientos en Zaragoza.
Figure nº 4. Weed biomass (kg/ha) obtained under the different treatments in Zaragoza.

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD.
For every year, columns numbers with the different letters are significantly different ($P < 0.05$) according the LSD test.

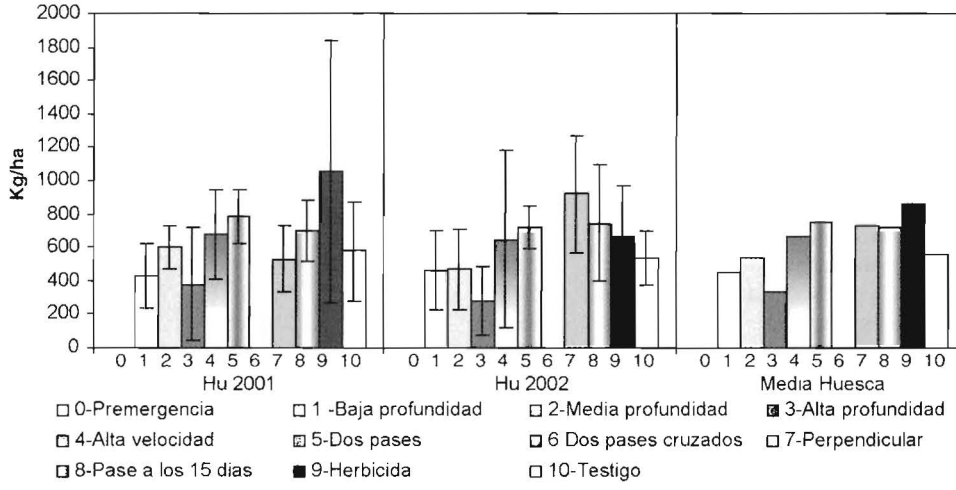


Figura nº 5. Biomasa de malas hierbas según los tratamientos en los ensayos de Huesca.
Figure nº 5. Weed biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Huesca.

Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD.
No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according LSD test.

menor biomasa de malas hierbas. Sin embargo en Huesca, aunque el pase más profundo (3) presentó también menor biomasa de malas hierbas, la tendencia no fue tan clara entre los tratamientos 1 y 2, manteniendo paradójicamente menor biomasa de malas hierbas el tratamiento más somero. Esto, aunque no es habitual, puede ocurrir ya que BÁRBERI *et al.* (2000) tampoco observaron claramente menor biomasa arvense en etapas finales del cultivo al aumentar la profundidad de la labor.

b) Velocidad (tratamientos 2 y 4)

Se apreció un efecto beneficioso de la velocidad sobre el % de control de malas hierbas. En general se observó mayor control en el pase efectuado a 12 km/h que en el efectuado a 9 km/h (4 *vs.* 2), También en este caso las diferencias en Huesca llegaron a ser significativas. RYDBERG (1993 y 1994) también observó este hecho en mayor o menor medida, y achaca este efecto beneficioso a una mayor vibración de las varillas y, por tanto, a un mejor enterramiento de las malas hierbas. En cuanto a biomasa arvense, los resultados no son tan claros, sólo en Zaragoza 2000 se mantiene el efecto en etapas finales del crecimiento del cultivo (figuras 4 y 5).

c) Número de pases (tratamientos 2, 5, 6 y 8)

Los tratamientos consistentes en dos pases, fueron el 5 (mismo día y paralelos), el 6 (mismo día cruzados) y el 8 (paralelos con intervalo de 15 días). Es otro modo de intensificar la labor y también se aprecia su efecto al comparar los resultados con un único pase (2) como observaron BÖHRNSEN (1993) y RASSMUSEN (1991). Aunque ese mayor control sólo se tradujo en una menor biomasa arvense, al final del ciclo de cultivo, en Zaragoza 2000 y en el tratamiento 5 que mantuvo menos malas hierbas que el 2. Por el contrario los dos pases, paralelo y perpendicular (6), o con intervalo de 15 días (8) no controlaron más hierbas ni redujeron más la biomasa de las malas hierbas en etapas finales que el tratamiento de referencia (2). BÁRBERI *et al.* (2000), observaron que tampoco se redujo más la biomasa arvense con dos pases (uno en ahijado del cereal y otro en elongación del tallo) frente a un único pase en la mayoría de ensayos.

d) Dirección (tratamientos 2 y 7)

En Huesca (cuadro 5), el pase perpendicular a las líneas de siembra (7) ejerció un aceptable control (59-62%), significativamente mayor que el pase dado a la misma profundidad pero a la misma dirección que las líneas de siembra (2) en 2002. En Zaragoza (cuadro 4) por el contrario, en los dos años en que aparecieron numerosas malas hierbas (2000 y 2002), se observó mejor control con pase paralelo a las líneas de siembra pero sin diferencias significativas. RASMUSSEN y SVENNINGGSEN (1995) afirman que posteriormente al ahijado, la púa de la grada es guiada entre las líneas del cereal, donde precisamente se hallan las malas hierbas, por lo que haciendo la labor perpendicular a las líneas de siembra no puede lograrse este efecto.

e) Etapa de cultivo (tratamientos 0 y 2)

El pase en preemergencia no resultó especialmente interesante, pues salvo el testigo, fue el tratamiento que mayor densidad de malas hierbas presentó, mostrando una densidad algo mayor que el tratamiento de

referencia (2). Sin embargo, dada la variabilidad interanual de los resultados no es posible obtener conclusiones definitivas al respecto. En este sentido CIRUJEDA y TABERNER (2001) señalan que un pase muy temprano puede estimular la nascencia de nuevas malas hierbas.

f) Tipo de mala hierba

En Huesca 2001, las 7 modalidades de gradeo obtuvieron mejor control sobre flora dicotiledónea, y en 2002 sólo en dos tratamientos se obtuvo mejor control sobre gramíneas. Los resultados son análogos a los encontrados por KREES (1993) que señala la dificultad de control de gramíneas como no sea con labores relativamente profundas y etapas muy tempranas. Asimismo, BÖHRNSEN (1993) siempre encontró mayor eficacia contra dicotiledóneas. No obstante, LEZAÚN *et al.* (2001) llegaron a controlar un 70% de *L. rigidum* en algunos ensayos, aunque señalan el caso como excepcional. También en nuestros ensayos se lograron, de manera excepcional, eficacias parecidas con el tratamiento profundo (3) en 2001 y con el pase perpendicular a las líneas de siembra (7) en 2002 (cuadro 5).

Influencia del ajuste de la grada en la selectividad hacia el cultivo

Las figuras nº 6 y 7 muestran la cantidad de biomasa de cultivo en estado de espigado en Zaragoza y Huesca respectivamente.

Los resultados obtenidos fueron muy variables, dependiendo de los años y localidades, aunque sólo se obtuvieron diferencias significativas en Huesca en 2001 (figura 7) y debidas fundamentalmente a un efecto fitotóxico del herbicida sobre la cebada. El imazametabenz dañó gravemente a la cebada, probablemente por ser sensible la variedad, y además controló de forma deficiente la flora arvense.

Se ha observado en el apartado anterior que, al aumentar la intensidad de las labores mecánicas (por aumento de la profundidad, velocidad y nº de pases) se eliminan, como es lógico, más malas hierbas, con lo que se consigue reducir su efecto competitivo sobre el cultivo. Como aspecto negativo, es de esperar que aumenten los daños directos sobre éste, como señalan CIRUJEDA *et al.* (2003). Por consiguiente el crecimiento del cultivo vendrá determinado por el efecto neto de estos dos aspectos.

En Zaragoza, en 2000 (figura 6), con mayor densidad de flora arvense pareció prevalecer el efecto beneficioso de la eliminación de las malas hierbas y casi todos los tratamientos tuvieron más materia seca de cebada que el testigo, que presentaba mayor cantidad de malas hierbas. La alta biomasa del tratamiento herbicida hizo incidir en esa idea, aunque hubo excepciones en los tratamientos nº 6 y 8, con menos biomasa de cultivo que el testigo. En 2001 y 2002 la mayoría de tratamientos obtuvieron más biomasa que el testigo, aunque siendo generalmente menor ésta en el caso de labores más profundas o consistentes en dos pases.

En Huesca, en los dos años, hubo algunas parcelas tratadas con grada o herbicida que tuvieron mayor biomasa de flora arvense que las parcelas sin tratar (figura 5). Así pues, en este caso, sólo cabría esperar que en la biomasa de cebada (figura 7) prevaleciera el efecto de los daños al efectuar las labores, pues es evidente que no se consiguió suprimir la competencia de las arvenses. Esto ocurrió de manera significativa en el caso del tratamiento (5) de dos pases paralelos en la misma fecha en 2001 y en

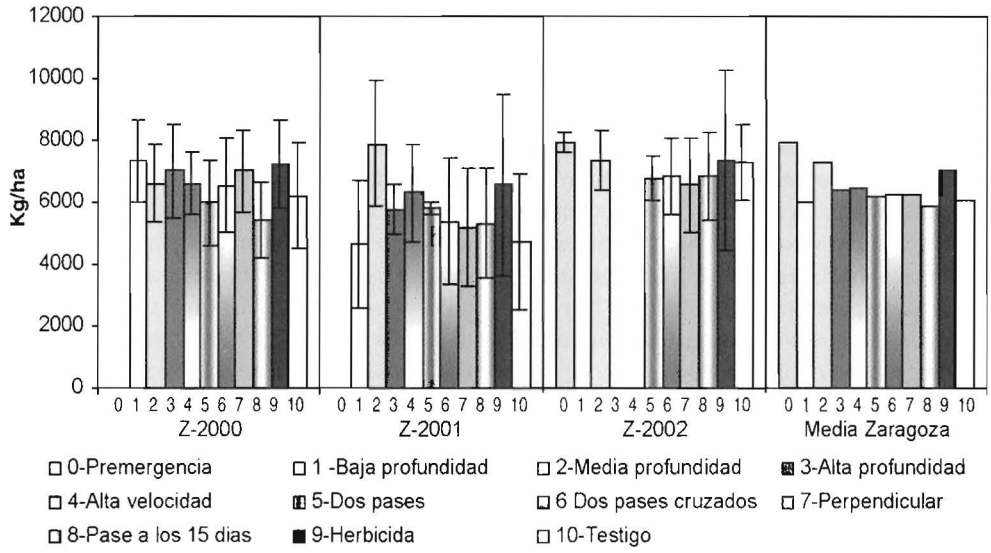


Figura nº 6. Biomasa de cebada (kg/ha) según los tratamientos en los ensayos de Zaragoza.
Figure nº 6. Barley biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Zaragoza trials.

Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD.
No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according to the LSD test.

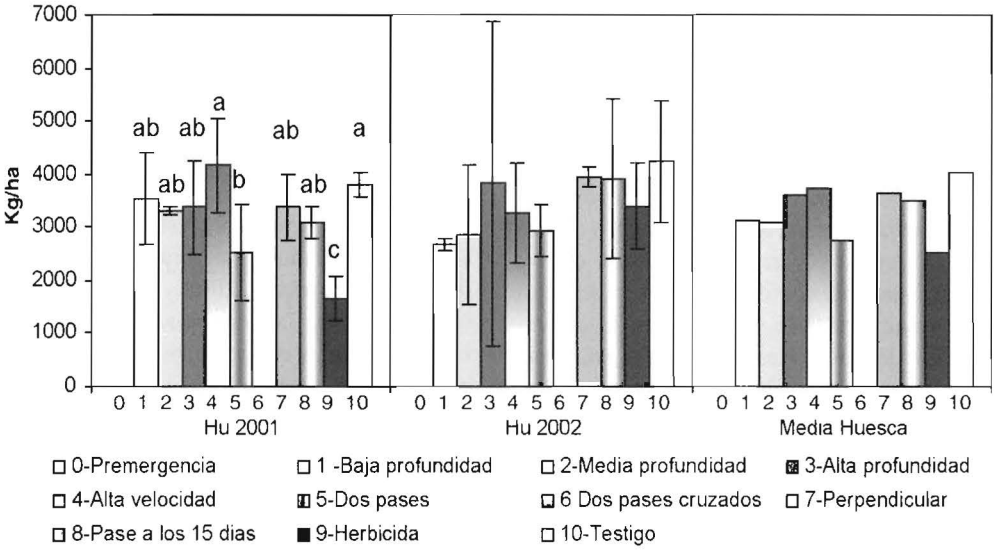


Figura nº 7. Biomasa de cebada (kg/ha) según los tratamientos en los ensayos de Huesca
Figure nº 7. Barley biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Huesca

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD.
For every year, columns numbers with different letters are not significantly different ($P < 0.05$) according to the LSD test.

esa misma tendencia al año siguiente, en todos los tratamientos, ya que obtuvieron menos biomasa de cultivo que el testigo (figura 7). Sin embargo, al incrementar la intensidad de la labor mecánica mediante el aumento de profundidad, velocidad o nº de pases (tratamiento 2 *vs* 3, 4 y 8) no se obtuvo menos biomasa, que fue la tendencia observada en Zaragoza, posiblemente debido a las características del suelo de Huesca, más pesado, que no permite a las púas de la grada profundizar demasiado.

Influencia del ajuste de la grada en la producción de grano

Los datos de cosecha obtenidos para cada tipo de ajuste, al igual que los referentes a la biomasa de cultivo, no siguen una tendencia clara en los 5 ensayos analizados.

Es importante señalar que, salvo en Zaragoza 2000 y 2001, las parcelas sin escardar obtuvieron, en la mayoría de los casos, producciones iguales o superiores a las parcelas tratadas con diversas modalidades de gradeos y herbicidas. Ello llevaría a recomendar no efectuar ninguna labor, mecánica o química. Sin embargo, hay que tener en cuenta otros aspectos, sobre todo preventivos para subsiguientes años, que indican la conveniencia de moderar en lo posible la presencia de arvenses con el fin de prevenir infestaciones futuras.

Sólo en Huesca 2001 (figura 9) existieron diferencias significativas, pero debidas al problema anteriormente mencionado con el herbicida. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre distintos tratamientos mecánicos y testigos, a pesar de que en algunos casos estas diferencias fueron importantes en términos absolutos.

No fueron iguales los casos de Zaragoza 2001 y 2002, ni en Huesca 2002, ya que en estos tres ensayos las diferencias entre tratamientos fueron poco importantes incluso en valor absoluto. En Zaragoza 2001 (figura 8), aun sin diferencias significativas, pero en la línea de los datos de biomasa, las parcelas testigo obtuvieron menos producción. En Zaragoza 2002 las diferencias en producción entre distintas labores mecánicas, el herbicida y el testigo fueron insignificantes, por lo que parece claro que ni se produjeron daños al cultivo ni la escasa flora presente ejerció competencia. Parece que los gradeos tuvieron un efecto estimulador del crecimiento del cultivo en la mayoría de los casos. Esto sugeriría que quedaba margen para intensificar las labores y así eliminar más malas hierbas sin dañar el cultivo.

En Huesca 2002 (figura 9), habiendo mayor presencia de malas hierbas y ciertas diferencias de éstas entre tratamientos (figura 5) no hubo apenas diferencias en cuanto a producción de grano. En las parcelas testigo, al no sufrir daños, ni poseer mayor biomasa de flora arvense en el periodo final del cultivo, se obtuvo la mejor cosecha.

Las diferencias más importantes entre tratamientos mecánicos y testigos, sin llegar a ser estadísticamente significativas, se produjeron en Zaragoza 2000 y Huesca 2001. Concretamente en Zaragoza 2000 y con infestación importante de malas hierbas se apreció el efecto beneficioso de las labores, en mayor o menor medida, en todos los casos, si se exceptúa el tratamiento de dos pases en la misma fecha (5). Esto a pesar de que fue el tratamiento mecánico que mejor suprimió las malas hierbas, pero es evidente que para lograr ese mayor control se necesitó originar daños al cultivo que repercutieron en la producción como señala Rasmussen (1993). Este tratamiento también produjo la peor cosecha en Huesca 2001. El

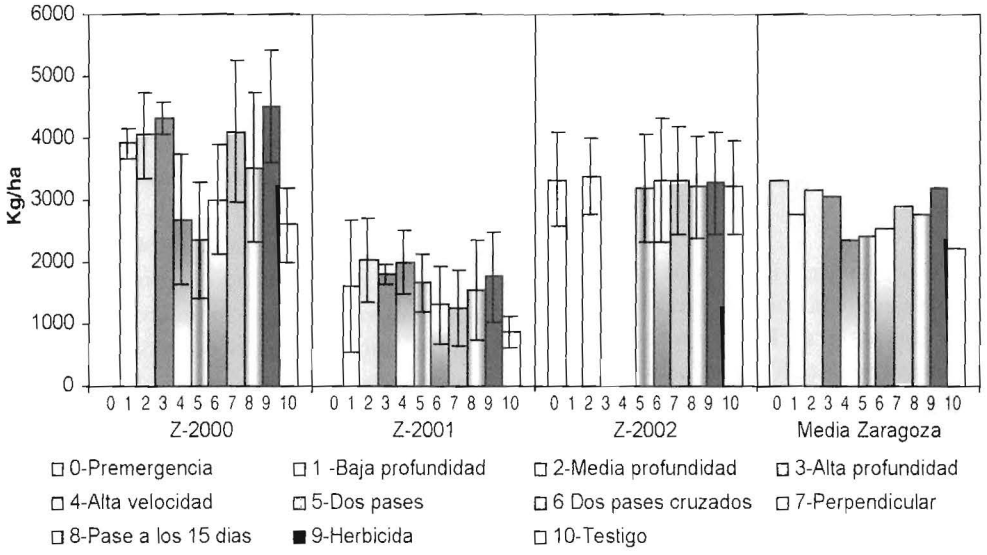


Figura nº 8. Producción de cebada según los tratamientos en los ensayos de Zaragoza.
Figure nº 8. Grain Barley production obtained under different treatments in Zaragoza trials.

Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD.
No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according to the LSD test.

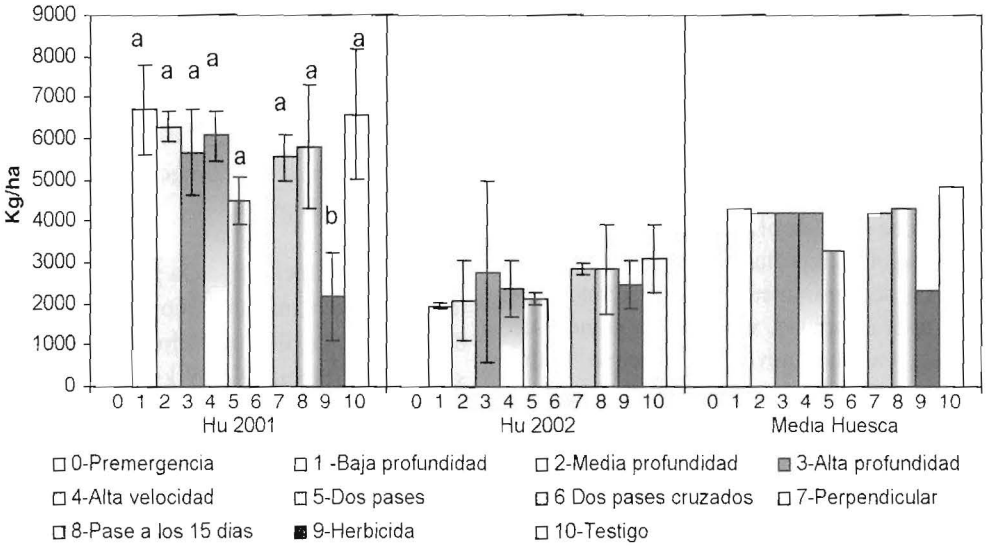


Figura nº 9. Producción de cebada según los tratamientos en los ensayos de Huesca
Figure nº 9. Grain Barley production obtained under different treatments in Huesca

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test LSD.
Columns numbers with the same letters in every year, are not significantly different ($P < 0.05$) according to the LSD test.

tratamiento a mayor velocidad en Zaragoza 2000, a pesar de que redujo la flora arvense, no consiguió una buena cosecha, pues dañó en parte al cultivo. Esta misma secuencia fue descrita por RYDBERG (1994), aunque en nuestros ensayos solamente se observó ese año.

Al profundizar la labor de un solo pase (3) se ejerció un control parecido al logrado con dos pases en la misma fecha (que se mantuvo hasta el final del periodo de cultivo) en la mayoría de los casos, mientras que moderó los daños al cultivo siendo uno de los tratamientos más productivos en todos los años.

El tratamiento de referencia a profundidad media y paralelo a las líneas de siembra obtuvo uno de los valores más altos de producción (junto con el pase profundo). Además ejerció un control aceptable de flora arvense, al menos de las dicotiledóneas, y es lo más recomendable en zonas de secano o regadío en que se puedan programar adecuadamente los riegos, y es lo que normalmente se aplica en nuestro país (LACASTA *et al.*, 1997; ZARAGOZA *et al.*, 1999; LEZAUN *et al.*, 2001). Algunos autores ponen en entredicho la validez del control mecánico con grada en infestaciones importantes de malas hierbas o si éstas son gramíneas, aunque se intensifique la profundidad, velocidad o número de pases, ya que inevitablemente se acaba produciendo daños al cultivo (RASMUSSEN 1993; LEZAUN *et al.*, 2001). En estos casos, y según los resultados aquí obtenidos, parece más indicado incrementar la profundidad de la labor en ahijado que efectuar dos pases en igual o distinta fecha, ya que se logró un mejor control de las malas hierbas y se limitaron los daños, obteniendo una buena cosecha.

Conclusiones

La eficacia de la grada en el control de las malas hierbas fue muy baja contra malas hierbas gramíneas (*L. rigidum*, *Avena* spp.), perennes (*R. crispus* L.) y, en general, cuando sobrepasaron el estado de plántula, aun incrementando la profundidad del pase, su velocidad y su número. La eficacia sobre malas hierbas dicotiledóneas en estado de plántula se incrementó al aumentar la profundidad del pase, su velocidad y su número y si éste se efectuó paralelo a la línea del cultivo. Sin embargo, un mejor control no supuso mayor cosecha como norma general, en algunos casos, porque la densidad de malas hierbas fue baja en todos los tratamientos, y en otros, por el daño ocasionado al cultivo, predominando sobre el efecto beneficioso de eliminar las malas hierbas. Estos daños fueron muy variables para una misma regulación del apero, pero al intensificar las labores (profundidad o nº pases) éstos fueron generalmente mayores en suelos más "ligeros" (con más arena) de Zaragoza que en los "pesados" de Huesca.

De las regulaciones de la grada propuestas se concluye que un único pase a profundidad normal o alta, paralelo a las líneas de siembra, a velocidad de 9 km/h, en estado de ahijado del cereal (12, 13 de ZADOKS *et al.*, 1974) fueron los tratamientos más adecuados en las condiciones ambientales ensayadas. Generalmente fueron las opciones con mejor relación eficacia-daños y, por ello, se han obtenido las mejores producciones, en tres de los cinco experimentos efectuados y en la media de éstos.

Bibliografía

BÁRBERI P., SILVESTRI N., PERUZZI A., RAFFAELL M., 2000. Finger-harrowing of durum wheat under different tillage systems. *Biological Agriculture and Horticulture,* 17: 285-303.

BÖHRNSEN A., 1993. Several years results about mechanical weeding in cereals. In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control,* Dijon, France, 93-99.

CIRUJEDA A., TABERNER A., 2001. Control mecánico de *Papaver rhoeas* resistente a herbicidas mediante grada de varillas flexibles. *Actas del Congreso 2001 de la Sociedad Española de Malherbología,* 87-90.

CIRUJEDA A., MELANDER B., RASMUSSEN K., RASMUSSEN I.A., 2003. Relationship between speed, soil movement into the cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing. *Weed Research,* 43, 4: 285-296.

GARRIDO T., COSTA C., FRAILE J., OREJUDO E., NIÑEROLA J.M., GINEBREDA A., OLIVELLA L., FIGUERAS M., 1998. Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. *Actas de las Jornadas sobre contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente.* Valencia. AIH-GE, 127-133.

HEAP I., 2002. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en: http://www.weedscience.com.

JONES P.A., BLAIR A.M., ORSON J.H., 1995. The effect of different types of physical damage to four weed species. *Brighton Crop Protection Conference-Weeds-1995:* 653-658.

KREES W., 1993. Maîtrise des adventices avec la herse-chaîne ou la herse-étrille. In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control,* Dijon, France, 79-82.

KURSTJENS D.A.G., PERDOCK U.D., 2000. The selective soil covering mechanism of weed harrows on sandy soil. *Soil and Tillage Research* 55: 193-206.

LACASTA C., GARCÍA MURIEDAS G., ESTALRICH E., MECO R., 1997. Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. *Actas Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología,* 37-40.

LAMBAIN J., FALISSE A., MONFORT B., POELERT J., 1993. Weeding in organic agriculture. Results of trials from 1988-1992. In: *Communications Of The Fourth International Conference I.F.O.A.M,.* 243-248.

LEZAÚN J.A., LAFARGA A., ARMESTO A.P., 2001. Control de las malas hierbas por métodos no químicos. *Navarra Agraria,* 120: 31-36.

MOYANO A., BENITO M., CARRAMIÑANA N., CIRIA P., 1998. Control mecánico de malas hierbas y su efecto sobre la producción de cebada y trigo en Soria. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica,* 129-134.

RASMUSSEN J., 1991. Optimising the intensity of harrowing for mechanical weed control in winter wheat. *Brighton Crop Protection Conference,* 177-184.

RASMUSSEN J., 1993. The influence of harrowing used for post-emergence weed control on the interference between crop and weeds. 8th EWRS Symposium "*Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application*", Braunschweig 1993, 209-217.

RASMUSSEN J., RASMUSSEN K., 1995. A strategy for mechanical weed control in spring barley. *9th European Weed Research Society Symposium Budapest,* 557-564.

RASMUSSEN J. SVENNINGGSEN T., 1995. Selective weed harrowing in cereals. *Biological Agriculture and Horticulture,* 12: 29-46.

RYDBERG T., 1994. Weed harrowing. The influence of driving speed and driving direction on degree of soil covering and the growth of weed and crop plants. *Biological Agriculture and Horticulture,* 10: 197-205.

RYDBERG T., 1993. Weed harrowing driving speed at different stages of development. *Swedish Journal of Agricultural Research,* 23: 107-113.

ZADOKS J.C., CHANG T.T., KONZAK C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.

ZARAGOZA C., AIBAR J., CAVERO J., CIRIA P., CRISTOBAL V., DE BENITO A., ESTALRICH E., GARCIA-MARTIN A., GARCIA-MURIEDAS G., LABRADOR J., LACASTA C., LEZAUN J.A., MATEO D., MECO R., MOYANO A., NEGRO M.J., SOLANO M.L., VILLA F., VILLA I., 1999. Type of fertilization and weed control in barley under dryland conditions in Spain. *11th EWRS Symposium,* Basel. pag 113.

(Aceptado para publicación el 9 de febrero de 2004).