

# La integración de métodos culturales y químicos en el manejo de *Bromus diandrus* en cereales en siembra directa

Aritz Royo-Esna1<sup>✉</sup>, Jordi Recasens<sup>1</sup>, Jesús Garrido<sup>2</sup>, Joel Torra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpt d'Hortofruticultura, Botànica i Jardineria, ETSEA, Agrotecnio, Universitat de Lleida, Alcalde Rovira Roure 191, 25198, Lleida

<sup>2</sup>Bayer Cropscience SL, C/ Charles Robert Darwin, 13, 46980, Paterna (Valencia)

<sup>✉</sup> aritz@hbj.udl.cat

**Resumen:** En secanos cerealistas semiáridos el implemento de la siembra directa ha permitido, a largo plazo, un incremento del rendimiento, pero ha beneficiado la presencia de ciertas malas hierbas difíciles como *Bromus diandrus* Roth. En el presente trabajo se presentan los resultados de la combinación, en las campañas 2014-15 y 2016-17, de estrategias culturales (rotaciones de cultivo y retrasos de siembra) y químicas en un total de ocho manejos, para el control de esta especie. Los ocho manejos se distribuyeron en bloques al azar con tres repeticiones. Los manejos más efectivos fueron aquellos que incluyeron rotaciones de cultivos con dicotiledóneas, retrasos de fecha de siembra del cereal y aplicación de Atlantis WG/Monolith WG cuando se sembró trigo.

**Palabras clave:** camelina, colza, guisante, trigo, cebada, control integrado de malas hierbas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La alternancia y diversidad de manejos son la primera premisa para poder llevar a cabo estrategias de control integrado de las malas hierbas tal como se contempla en la Directiva Europea 2009/128/CE. En este sentido, la rotación de cultivos aporta cambios importantes que permiten romper el ciclo de las malas hierbas gracias a variaciones en fechas de siembra, de cosecha, competencia realizada por el cultivo y, cómo no, en la alternancia de materias activas.

El implemento de la siembra directa en los cereales de invierno, ha permitido un incremento de rendimiento allá donde la precipitación es un factor limitante, pero también ha favorecido un cambio en la flora de malas hierbas permitiendo la entrada de especies propias de márgenes y linderos (Royo-Esna et al., 2011). Entre estas especies se encuentra el bromo (*Bromus diandrus* Roth.) (Arrúe et al., 2007; Riba and Recasens, 1997), que reduce el rendimiento de la cosecha en un 22% con infestaciones moderadas (12 pl/m<sup>2</sup>), que pueden llegar al 71% con infestaciones severas (500 pl/m<sup>2</sup>) (García et al., 2014).

Algunos herbicidas controlan de manera efectiva el bromo en cereal, aunque la mayoría solo son aplicables en trigo. Según ensayos realizados por el INTIA (2012), una combinación de Herold 0,6 l/ha en pre-emergencia + Atlantis 0,5 kg/ha en post-emergencia obtuvo una eficacia del 98,4%, superior a la aplicación de Atlantis solo (91,9%), Broadway a 0,275 kg/ha (87,5%) y Herbaflex 2,5 l/ha (5,2%). Sin embargo, las eficacias de estos herbicidas pueden verse sensiblemente modificadas según la densidad de la mala hierba al no llegar a mojar de forma eficaz todas las plantas. Precisamente, en este sentido, García et al. (2014) observaron que la eficacia herbicida podía verse reducida hasta en un 55% con altas densidades >1000 pl/m<sup>2</sup>, en contraste con eficacias del 100% con densidades inferiores.

Por otro lado, la rotación de cultivos en programas de tres años, alternando trigo, cebada y guisante, han sido métodos muy eficaces para reducir las infestaciones de bromo (Montull et al., 2015).

En el presente trabajo se exponen los resultados de ocho programas de manejo distintos destinados al control de una densa población de *B. diandrus* en cereales en siembra directa, combinando distintos métodos culturales en especial rotaciones de cultivos que permitan la ruptura del ciclo de la mala hierba, y la integración de herbicidas con distintos modos de acción.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo a lo largo de tres campañas (2014/15 -2016/17) en un campo cerealista de Agramunt (Lleida) donde *B. diandrus* era la mala hierba más abundante. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas elementales fueron de 90 m<sup>2</sup> (15 m x 6 m) para cada. Las densidades de *B. diandrus* se estimaron ubicando al azar diez cuadrados de 0.1 m<sup>2</sup> en cada parcela. Con el objeto de constatar la eficacia de cada manejo se realizaron censos de densidades antes de la siembra y de forma previa a la cosecha con el fin de estimar –cada campaña- el porcentaje de reducción de la infestación de *B. diandrus*. El rendimiento del cereal se estimó en kg/ha

Para cada estrategia de manejo se combinaron la rotación del cultivo, el retraso de fecha de siembra, la densidad de siembra, el patrón de siembra (en hileras u homogénea), el manejo del tamo después de la cosecha y la aplicación de diferentes herbicidas. Las diferentes estrategias vienen resumidas en la tabla 1. En todas las estrategias se realizó una aplicación previa de glifosato para eliminar las malas hierbas antes de proceder a la siembra. En algunas parcelas, la supresión del bromo llevó a la proliferación de la amapola (*Papaver rhoeas*), por lo que en estas parcelas se aplicó Buctril Universal. La tabla 2 resume los productos químicos aplicados, sus características y la dosis de aplicación.

Los resultados se analizaron mediante ANOVA, tomando como único el manejo, y posterior test de LSD (Least Significant Differences).

**Tabla 1.** Esquema de los programas con las siembras y manejos realizados en cada campaña. En columnas, para cada año, se presentan: Cult, cultivos sembrados (T, trigo; G, guisante; Co, colza; Ca, camelina; Ce, cebada); FS, fechas de siembra; H, herbicidas (Atl, Atlantis, Cnt, Centurión, H+S, Herold +Sencor, Mo, Monolith); MN, manejo cultural (RT, retirada de tamo; SO, siembra homogénea; AD, alta densidad -250kg/ha-.)

Prog. Int.	Campaña 2014-15				Campaña 2015-16				Campaña 2016-17			
	Cult	FS	H	MN	Cult	FS	H	MN	Cult	FS	H	MN
1	T	29/10	Atl		T	06/11	Atl		Ce	04/11	H+S	
2	T	23/01	Atl	RT	Ce	27/11	H+S	RT	T	02/12	Mo	RT
3	T	23/01	Atl	RT	Ce	27/11	H+S	AD	T	04/11	Mo	SO
4	T	23/01	Atl		Ce	27/11	H+S		Ce	02/12	H+S	SO
5	T	23/01	Atl	AD	T	27/11	Atl	AD	Ce	02/12	H+S	AD
6	G	23/01	Cnt		Ce	27/11	H+S		T	02/12	Mo	
7	Co	25/09	Cnt		T	27/11	Atl		Ce	02/12	H+S	
8	Ca	29/10	Cnt*		T	27/11	Atl		Ce	02/12	H+S	

\*El año en que se sembró camelina no había ningún herbicida registrado en España para su cultivo. Se puso un herbicida autorizado para colza y con ingrediente activo similar al autorizado en EUA para camelina.

**Tabla 2.** Productos herbicidas aplicados durante las tres campañas. SL, concentración soluble; EC, concentrado emulsionable; WG, granulado dispersable en agua; SC, suspensión concentrada

Producto comercial	Ingrediente activo	Formulación	Dosis
Touchdown	Glifosato (36%)	SL	3 l/ha
Centurión Plus	Cletodim (12%)	EC	1,5 l/ha
Atlantis WG	Mesosulfuron metil (3%), iodosulfuron-metil sodio (0,6%) y mefenpyr-dietil (9%)	WG	0,5 kg/ha
Monolith WG	Mesosulfuron metil (4,5%), propxycarbazona sodio (6,75%), mefenpyr-dietil (9%)	WG	0,33 kg/ha
Biopower	Aquileter sulfato sódico (27,65%)	SL	1 l/ha
Sencor	Metribuzina (60%)	SC	0,125 l/ha
Herold	Flufenacet (40%), diflufenican (20%)	SC	0,6 l/ha
Buctril Universal	Bromoxinil (23,8%), 2,4-D (23,8%)	EC	1 l/ha

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera campaña, las densidades iniciales de bromo fueron desiguales entre los bloques (Tablas 3-5) por lo que se presentan, para cada uno de ellos y por campaña, la densidad inicial y final así como el porcentaje medio de reducción (integrando todos los métodos culturales y químicos). En las tablas 4 y 5, se presentan, para cada bloque y campaña, estos valores porcentuales de reducción respecto a los valores iniciales de la campaña anterior.

Las estrategias de manejo, a pesar de tener una planificación a tres años vista, vinieron condicionadas por las características meteorológicas de cada campaña, que afectó principalmente al momento de emergencia del bromo. Así, en la primera de ellas el otoño fue muy lluvioso, provocando una gran cantidad de emergencia ya desde septiembre (proceso observado en otros ensayos por García et al., 2013). En esta primera campaña la colza se sembró el 25 de septiembre, y tras una primera aplicación de Centurión Plus en octubre, se tuvo que realizar una segunda aplicación a principios de diciembre para controlar las nuevas emergencias. Las siembras realizadas en enero eliminaron gran parte de la población de bromo emergida hasta entonces. A pesar de ello hubo muchas emergencias posteriores que enmascararon las eficacias de los manejos (Tabla 3). De entre todos ellos, y a pesar de la falta de diferencias significativas entre éstos, aquéllos en los que se realizó una rotación de cultivo fueron las que mejores resultados obtuvieron, y entre éstas, las parcelas sembradas de guisante y de camelina (99,2 y 99,9 respectivamente en los manejos 6 y 8).

En la campaña 2015-16 la reducción promedio de la densidad inicial con respecto a la densidad inicial de 2014-15 fue del 96,3% (Tabla 4). En esta segunda campaña una fuerte sequía en otoño retrasó las emergencias hasta el punto que no se aplicó glifosato hasta antes de la siembra del 6 de noviembre (manejo 1). Por ello, a pesar del buen control obtenido, todavía hubo emergencias tardías que enmascararon las eficacias generales. Una estimación visual permitió ver que más de un 20% del bromo presente en los manejos eran nuevas emergencias posteriores a las aplicaciones. Los resultados de eficacia entre los bloques fueron muy diferentes. En el Bloque 1, con una densidad inicial de 2,3 pl/m<sup>2</sup>, se obtuvo un control del 100% con todos los manejos, y en el Bloque 2 con una densidad de 30,2 pl/m<sup>2</sup> el control fue del 100% en todas las parcelas de trigo y en una de cebada donde se sembró con retraso. Sin embargo, las diferencias entre manejos

**Tabla 3.** Densidades iniciales y finales (+ error estándar) de bromo (pl/m<sup>2</sup>) en la campaña 2014-15 en las parcelas de cada manejo. En la columna de control se presentan los datos medios de los tres bloques conjuntamente. En el manejo 7 (rotación con colza), se realizaron dos aplicaciones de Centurión Plus debido a las emergencias habidas después de la primera aplicación

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Control (%)
Densidad inicial	62	814	2743	
Manejo 1 (trigo)	6 ± 0,2	5 ± 0,2	3 ± 0,3	92,1
Manejo 2 (trigo)	1 ± 0,1	79 ± 1,4	23 ± 0,5	82,4
Manejo 3 (trigo)	4 ± 0,2	26 ± 0,6	37 ± 0,4	83,9
Manejo 4 (trigo)	5 ± 0,2	22 ± 0,3	62 ± 0,7	83,1
Manejo 5 (trigo)	4 ± 0,2	4 ± 0,2	37 ± 0,7	83,8
Manejo 6 (guisante)	0 ± 0,0	3 ± 0,2	1 ± 0,1	99,2
Manejo 7 (colza)	6 ± 0,2	10 ± 0,4	5 ± 0,2	97,5
Manejo 8 (camelina)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	1 ± 0,1	99,9

**Tabla 4.** Densidades iniciales y finales (+ error estándar) de bromo (pl/m<sup>2</sup>) en la campaña 2015-16 en las parcelas de cada manejo. En la columna de control se presentan los datos medios de los tres bloques conjuntamente, así como la reducción de la densidad inicial con respecto a la densidad inicial de la campaña 2014-15

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Control 2015-16	Control 2014-15
Densidad inicial	2,3	30,2	100,0		96,3
Manejo 1 (trigo)	0 ± 0,0	6 ± 0,2	14 ± 0,9	80,9	99,2
Manejo 2 (cebada)	0 ± 0,0	18 ± 0,7	4 ± 0,2	86,9	99,1
Manejo 3 (cebada)	0 ± 0,0	10 ± 0,3	8 ± 0,6	93,7	99,3
Manejo 4 (cebada)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	16 ± 0,7	95,5	99,3
Manejo 5 (trigo)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	2 ± 0,2	99,0	99,9
Manejo 6 (cebada)	0 ± 0,0	6 ± 0,4	14 ± 0,6	92,4	99,2
Manejo 7 (trigo)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	0 ± 0,0	100	100
Manejo 8 (trigo)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	6 ± 0,4	98,4	99,8

**Tabla 5.** Densidades iniciales y finales (+ error estándar) de bromo (pl/m<sup>2</sup>) en la campaña 2016-17 en las parcelas de cada manejo. En las columnas de control se indican también la reducción de la densidad inicial con respecto a la densidad inicial de las campañas 2015-16 y 2014-15

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Control 2016-17	Control 2015-16	Control 2014-15
Densidad inicial	0,5	2,5	7,7		87,0	99,5
Manejo 1 (cebada)	0,2 ± 0,2	0,4 ± 0,3	0,4 ± 0,3	96,6	98,6	99,9
Manejo 2 (trigo)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	0,2 ± 0,2	90,0	99,9	99,9
Manejo 3 (trigo)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	0 ± 0,0	100	100	100
Manejo 4 (cebada)	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	2 ± 1,0	90,7	98,1	99,9
Manejo 5 (cebada)	0,2 ± 0,2	0 ± 0,0	0 ± 0,0	95,0	99,7	99,9
Manejo 6 (trigo)	0 ± 0,0	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	96,0	99,8	99,9
Manejo 7 (cebada)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	0 ± 0,0	100	100	100
Manejo 8 (cebada)	0 ± 0,0	0 ± 0,0	0,4 ± 0,2	97,1	99,7	99,9

no fueron estadísticamente significativas en ningún caso. Al final de la campaña, la eficacia de los manejos fue superior al 99% (Tabla 4) si se compara con la densidad inicial de la campaña anterior (2014-15).

En la tercera campaña (2016-17) el régimen de lluvias puede considerarse normal, por lo que las emergencias del bromo ni se adelantaron (2014-15) ni se retrasaron (2015-16). La densidad inicial de bromo en cada bloque, de 0,5, 2,5 y 7,7 pl/m<sup>2</sup>, se redujo en un 87% con respecto a la campaña anterior (2015-16) y en un 99,5% con respecto a la 2014-15. Todos los manejos obtuvieron un excelente control (>90%, Tabla 5). En aquellos casos donde las eficacias fueron algo inferiores (90%) se debieron al bajo rango de densidades iniciales presentes (0,2 pl/m<sup>2</sup> o 2 pl m<sup>2</sup>) hecho que no debe considerarse en ningún caso negativo. Las diferencias entre los manejos no fueron significativas, sin embargo el manejo 7 (colza-trigo en retraso-cebada) y el 3 (trigo + retirada de tamo, cebada alta densidad, trigo en siembra homogénea), fueron las que obtuvieron mayores porcentajes de eficacia (100%), seguidas de los manejos 8 (97,1%, camelina-trigo en retraso-cebada en retraso), 1 (96,6, siembras de octubre-noviembre trigo-trigo-cebada) y 6 (96,0, guisante-cebada en retraso-trigo en retraso). En promedio, las eficacias acumuladas de los manejos a lo largo de las tres campañas fueron superiores a 99,9% (Tabla 5).

Los rendimientos de cosecha, por otro lado, vinieron condicionados por dos factores principales, la fecha de siembra y el año (Tabla 6). El primer año, con siembras retrasadas de cereal hasta enero, las cosechas de trigo resultaron entre los 853 y 1216 kg/ha, probablemente debido a la gran cantidad de paja que provocó que muchas semillas de cultivo quedaran poco enterradas y murieran con el frío del invierno. En los cultivos de rotación los rendimientos fueron sensiblemente mayores, entre 1124 y 1237 kg/ha, que añadiendo su mayor precio de venta, las hace alternativas viables en rotación, tal como aprecian Montull et al (2015) para el guisante. En 2015-16 la mayoría los rendimientos de los cultivos aumentaron, hasta 2933-3661 kg/ha en trigo y 4785 y 5467 kg/ha en cebada. En 2016-17 los rendimientos aumentaron sensiblemente respecto a 2015-16 en trigo, hasta 3878-4515 kg/ha, pero disminuyeron en cebada, entre 3341-4225 kg/ha.

**Tabla 6.** Rendimientos de cosecha (kg/ha) en cada manejo y campaña de crecimiento. Las diferencias estadísticas hacen relación solo al mismo tipo de cultivo

	Campaña 2014-15		Campaña 2015-16		Campaña 2016-17	
	Cultivo	Rendimiento	Cultivo	Rendimiento	Cultivo	Rendimiento
Manejo 1	Trigo	981 ± 0 a	Trigo	3211 ± 405 ab	Cebada	3341 ± 852 a
Manejo 2	Trigo	1216 ± 342 a	Cebada	5015 ± 512 ab	Trigo	4371 ± 818 a
Manejo 3	Trigo	853 ± 349 a	Cebada	5467 ± 125 a	Trigo	3878 ± 338 a
Manejo 4	Trigo	886 ± 254 a	Cebada	4852 ± 274 a	Trigo	4202 ± 438 a
Manejo 5	Trigo	982 ± 285 a	Trigo	3661 ± 287 a	Cebada	4225 ± 237 a
Manejo 6	Guisante	1237 ± 191	Cebada	4785 ± 59 a	Trigo	4515 ± 176 a
Manejo 7	Colza	1124 ± 229	Trigo	3239 ± 199 ab	Cebada	3921 ± 217 a
Manejo 8	Camelina	1220 ± 384	Trigo	2933 ± 165 b	Cebada	4639 ± 386 a

Los resultados obtenidos muestran que en función de la densidad inicial de bromo (60-800 pl/m<sup>2</sup>), dos años de manejo alternando rotaciones de cultivos (guisante, colza o camelina) y retrasos de trigo que permitan la aplicación de un herbicida que controle el bromo, pueden reducir las poblaciones muy eficazmente (99,9-100%). En el caso de infestaciones más fuertes (2700 pl/m<sup>2</sup>) resulta necesario un tercer año de manejo efectivo. Entre todos los manejos, las rotaciones de cultivo y los retrasos de siembra han sido los factores que han tenido un mayor efecto sobre la densidad de la mala hierba, por encima de otras estrategias como la densidad del cultivo, su patrón de siembra o la retirada del tamo después de la cosecha.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la empresa Bayer Cropscience SL. Queremos, así mismo, agradecer a toda la gente que nos ha ayudado en las tareas de campo, tanto en el manejo (Joan Ribes, Antoni Balagueró, Carlos Cortés), como en la toma de datos (María Casamitjana, Berta Singla, Eva Edo, Joaquín Ricomà).

#### 5. REFERENCIAS

- Arrúe JL, Cantero-Martínez C and López MV. (2007). Conservation agriculture research in Spain. *KASSA project*, Mediterranean platform, deliverable 1.2, appendix A1. Montpellier, Francia.
- Directiva 2009/128/CE. Directive for sustainable use of pesticides. *Official Journal of European Union* 2009, L309, 71-86.
- García AD, Recasens J, Forcella F, Torra J and Royo-Esnal A. (2013). Hydrothermal emergence model for rigiput brome (*Bromus diandrus*). *Weed Science*, 61, 146-153.
- García AD, Royo-Esnal A, Torra J, Cantero-Martínez C and Recasens J. (2014). Integrated management of *Bromus diandrus* in dry-land cereal fields under no-till. *Weed Research*, 54, 408-417.
- INTIA (2012). Control de malas hierbas de invierno, resultados de experimentación INTIA 2012. <http://www.nolaboreo.es/fotosbd/herbis-web.pdf>.
- Montull JM, Llenes JM and Taberner A. (2015). Manejo integrado de *Bromus diandrus*. Resultados de tres años de ensayos. Actas XV Congreso SEMh. Sevilla. 19-22 de octubre de 2015. Vol I: 29-34.
- Riba F and Recasens J. (1997). *Bromus diandrus* Roth. en cereales de invierno. En: La biología de las malas hierbas de España. Editores: FX Sans y C Fernández-Quintanilla. Ed. Phytoma España-Sociedad Española de Malherbología, 25-35.
- Royo-Esnal A, Torra J, Conesa JA and Recasens J. (2011). The application of agri-environment schemes in semiarid landscapes in NE of Spain involves changes on weed flora? *Proceedings 4<sup>th</sup> Workshop on Weeds and Biodiversity*. Dijon, 28 Febrero-2 Marzo de 2011. Pág. 8.

---

#### Crop rotation and its integration with cultural and chemical methods for the management of *Bromus diandrus* in direct drilling

**Summary:** Direct drilling in semiarid winter cereals has permitted higher yields, but also the presence of difficult to control weeds, like *Bromus diandrus* Roth. In this work results from a combination of strategies –crop rotation, sowing dates and chemical control- are presented for eight programs on the control of this weed over three growing seasons, from 2014-15 to 2016-17. The eight programs were randomly distributed in three blocks. Initial densities were different for each block: 62, 814 y 2750 pl/m<sup>2</sup>, which were reduced, respectively, to 0.5, 2.5 y 8 pl/m<sup>2</sup> at the beginning of the third season. The most effective managements for *B. diandrus* reduction were crop rotation with dicotyledonous crops, sowing delay and wheat sowing, with application of Atlantis WG/Monolith WG.

**Keywords:** camelina, canola, peas, integrated weed management.