

LA INTERACCIÓN DE FACTORES COMO LA REDUCCIÓN DE LA AMPLITUD TÉRMICA DEL SUELO, LA PREVENCIÓN DE LA POSIBLE PENETRACIÓN DE LA LUZ Y UNA MAYOR DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD PUEDEN FAVORECER, EN SISTEMAS CON SIEMBRA DIRECTA, UN PERIODO DE EMERGENCIA MÁS PRECOZ Y MÁS CONCENTRADO

EFECTO A LARGO PLAZO DEL TIPO DE MANEJO DEL SUELO SOBRE LA EMERGENCIA Y DENSIDAD DE *BROMUS DIANDRUS* EN CEREALES DE INVIERNO

/ Jordi Recasens Profesor de Botánica Agrícola y Malherbología. Grupo de Malherbología y Ecología Vegetal Agrotecnio – ETSEA. Universitat de Lleida

La adopción de la siembra directa ha venido comportando serios problemas de control de ciertas malas hierbas como *Bromus diandrus*. Sin embargo, en algunos casos donde esta técnica se ha llevado a cabo de forma continua en el tiempo (más de 20 años) las densidades de esta especie llegan a ser menores que en otros sistemas de manejo del suelo. En el presente trabajo se analiza, a largo plazo, el efecto de diferentes sistemas de manejo (chisel CH, subsolador SS, vertedera V y siembra directa SD) sobre la demografía de esta especie. La emergencia acumulada y la densidad observada siguen un gradiente decreciente según manejos: CH > SS > SD > V. El efecto continuo y acumulado de un mismo manejo del suelo a lo largo de diferentes campañas tiende a causar cambios en las características edáficas que influyen en parámetros como la fotoinhibición de la germinación, temperatura del suelo o disponibilidad de agua. Como resultado se establecen cambios demográficos en la población alcanzando un equilibrio en densidad a lo largo de los años, siendo significativamente menor en vertedera y siembra directa que en chisel o subsolador.

Introducción

La introducción del laboreo de conservación, hace más de 25 años, en algunas zonas de Cataluña y Aragón, comportó cambios significativos en las técnicas de manejo de los cereales de invierno. Estas transformaciones fueron decisivas en aportar beneficios agronómicos asociados al mínimo o no laboreo. Sin embargo, los sistemas de laboreo de conservación, especialmente siembra directa, comportaron también dificultades en el control de ciertas especies de malas hierbas, entre ellas y de manera especial sobresale *Bromus diandrus*. Sin embargo, en campos donde la siembra directa se ha implementado de forma continua durante más de 20 años, las densidades llegan a resultar, en algunos casos, menores que en sistemas con laboreo. En el presente trabajo se estudia el efecto a largo plazo de diferentes sistemas de manejo del suelo (siembra directa, chisel, subsolador y vertedera) sobre la demografía de esta mala hierba.

Antecedentes

Bromus diandrus es una mala hierba que muestra una gran capacidad competitiva, en concreto sobre la absorción del fósforo y nitrógeno en estados muy precoces de su desarrollo, así como por el agua durante las etapas de llenado de grano del cultivo. Las pérdidas de rendimiento pueden ser hasta de un 30%

para un nivel de infestación inicial de 100 plantas/m² (Gill, 1987). Entre las causas que explican la presencia de esta especie como infestante hay que encontrarlas en el monocultivo de cereal, la adopción de técnicas de mínimo laboreo, y la ausencia durante muchos años de herbicidas eficaces para su control (Riba y Recasens, 1997).

Hasta hace pocos años, y dada la ausencia de eficacia de herbicidas antigramíneos, esta especie se controlaba sólo con herbicidas no selectivos, especialmente glifosato, aplicado en presiembra. La aparición, hace pocos años, de herbicidas específicos en trigo ha permitido revertir esta situación. De forma histórica, durante los primeros años de implementación de la técnica de siembra directa, un uso continuado de ese método de control junto con una siembra precoz, comportaba la presencia de altas infestaciones (García et al., 2014). En consecuencia muchos agricultores han venido retrasando la fecha de siembra para evitar los importantes flujos de emergencia de la mala hierba de principios y mitad de otoño. No obstante, algunos agricultores cerealistas de Cataluña, que iniciaron la siembra directa hace más de 25 años, han observado, en algunos campos, que las infestaciones de *B. diandrus* son incluso inferiores respecto a la de sistemas donde se realizan, antes de la siembra,



Inflorescencia de *Bromus diandrus*.

Plántulas de *Bromus diandrus* emergiendo bajo el rastrojo en un campo con siembra directa.

pases intensivos de cultivador o de chisel. El efecto de diferentes tipos de labores del suelo sobre las malas hierbas está bastante documentado y bien reflejado sobre la distribución vertical de las semillas en el perfil del suelo (Dorado et al., 1999, Dorado y López Fando, 2006; Murphy et al., 2006). Sin embargo, no existe información referente a la respuesta, a largo plazo, sobre la demografía de *B. diandrus*.

Uno de los aspectos claves de la biología de esta especie radica en sus semillas (en este artículo las denominamos así aunque en realidad se trata de carióspsides). Estas semillas muestran una dormición innata durante el periodo estival, pero al contrario de la mayoría de malas hierbas, presentan fotoblastismo positivo (Del Monte y Dorado, 2011), es decir que en condiciones de luz se inhibe la germinación. En sistemas de no laboreo estas semillas, desprendidas de la planta madre en junio o julio, quedan expuestas en la superficie del suelo durante el verano y se favorece la inducción de dormición. Ya en otoño, las semillas pierden dormición y se generan flujos de germinación tras las primeras lluvias otoñales (Harradine, 1986), si bien un porcentaje de semillas (cerca de un 25%) pueden germinar con cierto retraso (hasta finales de invierno) e incluso aproximadamente un 10% permanecer viables hasta el otoño siguiente. Del Monte y Dorado (2011) sugieren que en esta especie tiene lugar una interacción entre potencial hídrico y condiciones de luz para poder germinar, en el sentido que el requerimiento de potencial hídrico es significativamente menor en oscuridad. Así, las condiciones para que tenga lugar la germinación pueden ser más favorables en siembra directa, donde las semillas ubicadas sobre la superficie del suelo pueden necesitar sólo un sombreado superficial para percibir oscuridad, sombreado que es aportado por la acumulación de residuos y paja en este sistema. A su vez, Steadman et al., (2003) han demostrado que la germinación de ciertas especies, como *Lolium rigidum*, en ambientes cerealistas semiáridos, parece estar favorecida por la

interacción entre temperatura y contenido de agua del suelo y, en función de la relación entre estos dos parámetros, la germinación va declinando de forma progresiva. Precisamente varios autores (Bescansa et al., 2006, Lampurlanés et al., 2001) han confirmado, en sistemas cerealistas del NE de España, un incremento en la capacidad de retención de agua en el perfil del suelo en sistemas con siembra directa comparados con aquellos donde se han realizado labores.

En los sistemas con siembra directa, la fecha de siembra influye en la emergencia de *B. diandrus* y, en consecuencia, en los niveles de infestación, tanto para la actual como para las campañas siguientes. El retraso en la fecha de siembra reduce la densidad de mala hierba evitando los mayores flujos de emergencia y permitiendo, en trigo, una mayor eficacia de los herbicidas selectivos contra esta especie (García et al., 2014). Precisamente en un escenario donde la siembra directa lleva muchos años implementada, la fecha de siembra puede haber dirigido la población de *B. diandrus* en una dirección distinta a aquella observada en campos donde esta técnica se ha implementado de forma más reciente. De acuerdo con esta hipótesis se planteó un estudio con el fin de verificar si la población de *B. diandrus* llega a estabilizarse a una densidad de equilibrio distinta según el sistema de manejo del suelo. Con este fin se realizó un ensayo a lo largo de tres campañas consecutivas, en un campo experimental donde desde hace 22 años se han venido implementando de forma continuada diferentes sistemas de manejo del suelo.

Material y métodos

El estudio experimental se llevó a cabo durante las campañas 2008-09, 2009-10 y 2010-11 en la localidad de Agramunt (Lleida), en un campo donde desde hace 22 años se venía realizando, en distintas parcelas, el mismo tipo de manejo del suelo: chisel (Ch), subsolador (SS), vertedera (V) y siembra directa (SD). El campo ha venido mostrando una infes-

tación natural de *B. diandrus* desde su inicio y no había recibido ningún método de control químico específico contra esta especie. El estudio se diseñó en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. La secuencia de cultivos fue una rotación cebada-trigo-cebada, y los sistemas de laboreo fueron implementados cada campaña, a principios de noviembre. En las parcelas SS y SD se aplicó, una semana antes de la siembra, glifosato a una dosis de 540 g materia activa/ha. Aparte de otros herbicidas antigramíneos y contra dicotiledóneas, cuando la segunda campaña con trigo se aplicó, de forma específica contra *B. diandrus*, mesosulfurón-metil + iodosulfurón-metil sodio (Atlantis) a una dosis de 15+3 g m.a./ha. Cada año en marzo se realizó una fertilización de N32% a una dosis de 150 kg/ha.

En cada parcela se realizaron de forma semanal conteos destructivos de emergencia de plántulas de *B. diandrus* en cuadros permanentes de 0,1, x 0,1 m² hasta finales de abril. En cada parcela se realizaron también muestreos periódicos de densidad (plantas/m²). La fecundidad se estimó en junio 2010 y 2011 a partir de plantas maduras de *B. diandrus*, tomando 20 plantas de cada parcela y tratamiento. La fecundidad se estimó mediante el producto entre densidad final y fecundidad. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA considerando el factor tipo de manejo del suelo como factor principal. Cuando se encontraron diferencias entre tratamientos, se realizó el test LSD ($p < 0,05$) para comparación de medias.

Resultados

Emergencia acumulada

La emergencia acumulada de *B. diandrus* (tabla 1) difiere entre tratamientos y sigue un mismo gradiente decreciente CH > SS > SD > V en cada campaña. Los valores observados de CH fueron siempre significati-

vamente mayores y diferentes de los observados en SD y V. Los mayores valores de emergencia acumulada en CH (1.117 pl/m²) y en SS (489 pl/m²) fueron observados en 2009-10, mientras que los menores valores en SD (13 pl/m²) y en V (2 pl/m²) fueron observados en 2010-11.

La emergencia se prolongó hasta abril en todas las campañas (figura 1). En 2008-09 se observaron valores significativamente mayores en CH y SS desde mitad de diciembre hasta mitad de enero, con densidades cercanas a 200 pl/m² y 70 pl/m² respectivamente. En 2009-10, pocos días después de la siembra, se observó un importante flujo de emergencia en CH (> 600 pl/m²) y en SS (> 250 pl/m²), con diferencias significativas entre ellos y respecto a los otros manejos. En enero y febrero, otro importante flujo de emergencia se observó en todos los manejos, con los valores mayores en CH (> 100 pl/m²). En la campaña 2010-11, el muestreo de la emergencia se inició antes de la siembra, y en CH se observaron valores significativamente mayores (>160 pl/m²) que en los otros manejos. En esta campaña se observaron otros flujos menores de emergencia hasta el mes de abril.

	2008-09	2009-10	2010-11
Chisel	684 a	1.117 a	259 a
Subsolador	282 ab	489 ab	138 ab
Vertedera	20 c	21 c	2 c
Siembra directa	73 bc	50 bc	13 bc

Tabla 1: Emergencia acumulada total de *Bromus diandrus* (pl-m⁻²) en diferentes sistemas de manejo del suelo durante tres campañas cerealistas. Letras distintas indican diferencias significativas entre manejos dentro de cada campaña ($p < 0,05$).

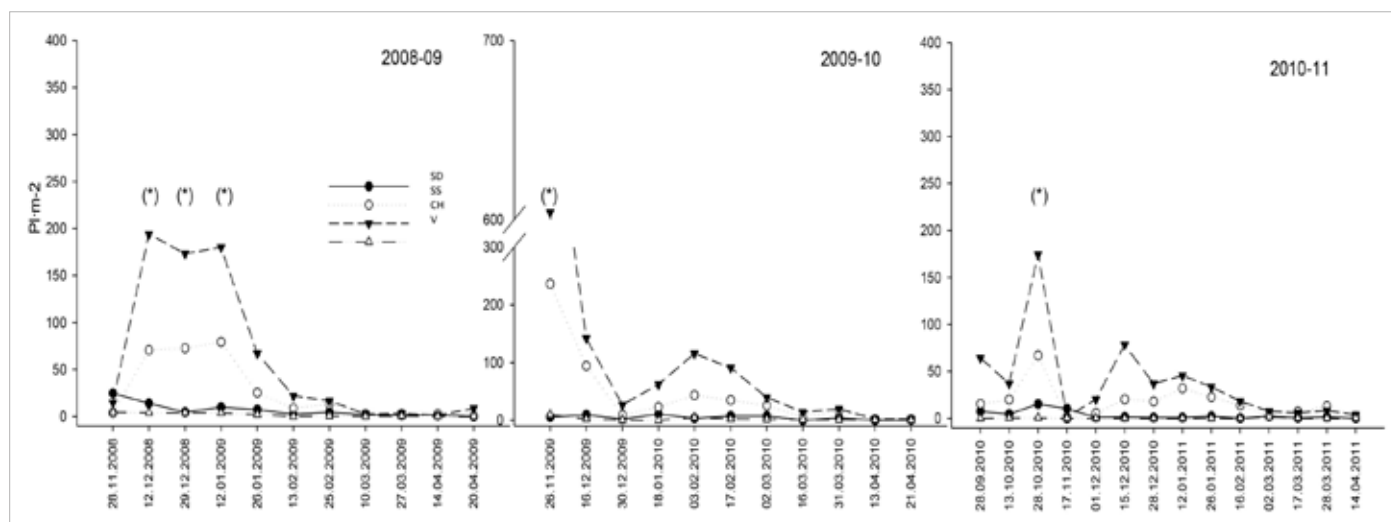


Figura 1: Emergencia observada de *Bromus diandrus* en función del tipo de manejo del suelo durante tres campañas. CH, chisel; SS, subsolador; V, vertedera; SD, siembra directa. Los asteriscos indican diferencias significativas entre manejos ($p < 0,05$)

Densidad

La densidad de *B. diandrus* también mostró, cada campaña, diferencias significativas entre los distintos manejos considerados y con similar patrón que el observado para emergencia (figura 2). En general, los valores en CH fueron significativamente más altos que en SS, y éstos a su vez significativamente mayores que en SD y V. En 2008-2009, la mayor densidad se observó en marzo y a mitad de abril en CH y SS (> 200 pl/m²). En 2009-10, las densidades en CH y SS fueron significativamente mayores durante toda la campaña, con máximos de 539 pl/m² y 298 pl/m², respectivamente. En 2009-10, las observaciones de

mitad de octubre y principios de noviembre mostraron un incremento rápido en densidad en SD de forma previa a la fecha de siembra y un declive tras la aplicación de glifosato antes de la siembra. En 2010-11, los valores de densidad fueron bajos en todos los sistemas, y solamente aquellos observados en CH (100 pl/m²) fueron significativamente mayores entre mitad de diciembre y mitad de abril.

Al final de cada campaña el gradiente en densidad según manejos fue: CH> SS> SD > V, siendo los valores observados entre SD y CH significativamente diferentes en 2009-10 y 2010-11, y entre SD y SS

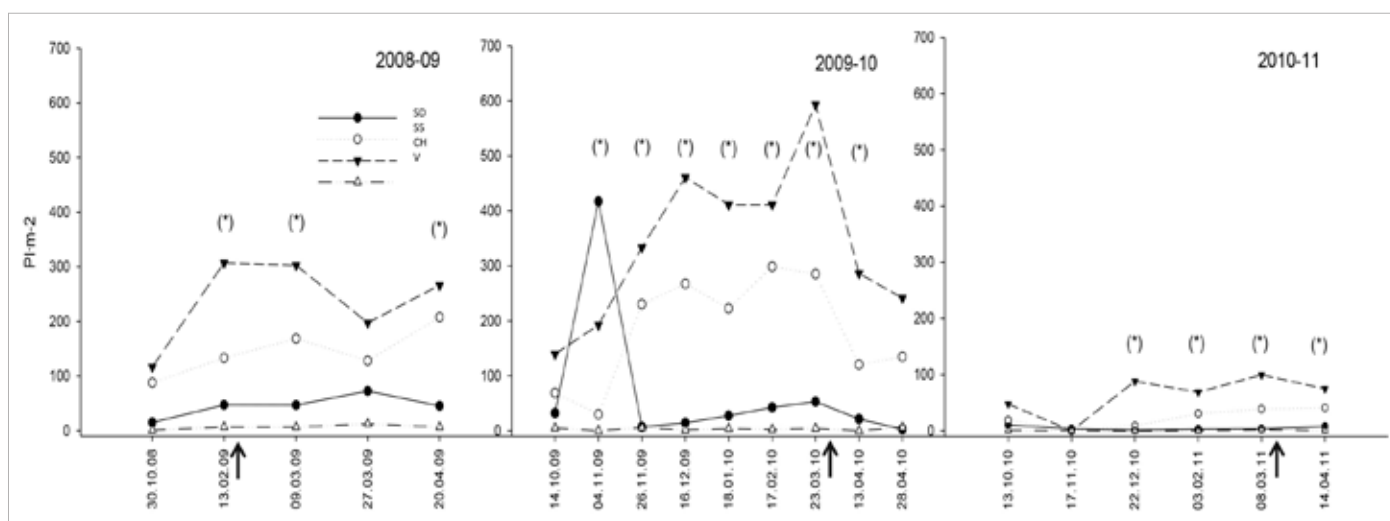


Figura 2: Densidad de *Bromus diandrus* en función del tipo de manejo del suelo durante tres campañas. CH, chisel; SS, subsolador; V, vertedera; SD, siembra directa. Los asteriscos indican diferencias significativas entre manejos ($p < 0,05$). Las flechas indican la fecha de aplicación de los herbicidas de postemergencia.

	Densidad	Fecundidad	Lluvia sem.	Rendimiento
2008-09 (cebada)	(pl·m ⁻²)	(semillas·pl ⁻¹)	(semillas·m ⁻²)	(kg·ha ⁻¹)
Chisel	266,0 a			3.690,7 b
Subsolador	207,7 ab			4.698,0 ab
Vertedera	6,3 b			5.228,4 a
Siembra directa	45,3 ab			5.354,6 a
2009-10 (trigo)				
Chisel	241,3 a	22,5 a	5.434,1 a	3.239,7 b
Subsolador	134,7 a	30,9 a	4.162,0 a	3.983,4 a
Vertedera	6,0 b	11,2 a	67,5 b	4.279,1 a
Siembra directa	2,7 b	12,1 a	32,7 b	4.379,2 a
2010-11 (cebada)				
Chisel	74,7 a	56,1 a	4.190,7 a	1.946,5 ab
Subsolador	40,7 ab	41,5 a	1.690,3 ab	1.962,7 ab
Vertedera	0,3 c	50,5 a	15,2 c	1.675,7 b
Siembra directa	7,7 bc	55,2 a	425,2 bc	2.895,8 a

Tabla 2: Densidad (al final de la campaña), fecundidad y lluvia de semillas de *B. diandrus* y rendimiento del cultivo en función del tipo de manejo del suelo durante tres campañas cerealistas. Letras distintas indican diferencias significativas entre manejos dentro de cada campaña ($p < 0,05$).

en 2009-10 (tabla 2). La aplicación de herbicidas de postemergencia mostró un control desigual según el tipo de manejo llevado a cabo. El herbicida mesosulfurón-metil + iodosulfurón-metil sodio, aplicado en SD en trigo en 2009-10, ofreció un control de un 93%; mientras que en los otros sistemas, la escalonada emergencia observada hasta primavera enmascaró su efecto. Los herbicidas aplicados en cebada en 2008-09 y 2010-11 no fueron efectivos contra esta especie.

La fecundidad de *B. diandrus* se estableció en un rango comprendido entre 11 y 31 semillas/pl en junio 2010, y entre 42 y 56 semillas/pl en junio 2011 (tabla 2). De acuerdo con la densidad final observada, la lluvia de semillas fue, en ambas campañas, significativamente mayor en CH (5434 y 4191 semillas/m²) y significativamente menor en SD en 2009-10 (33 semillas/m²) y en V (15 semillas/m²) en la campaña 2010-11.

Los rendimientos del cultivo variaron de forma significativa entre campañas, pero en cada una de ellas se observaron también diferencias entre manejos (tabla 2). En la campaña 2008-09 los rendimientos fueron significativamente mayores en V y en SD (> 5.000 kg/ha). En 2009-10 los rendimientos de trigo fueron significativamente mayores en V y SD (> 4.200 kg/ha) que en CH (3.239 kg/ha). En la campaña 2010-11, siendo una campaña muy seca, los valores de rendimiento de la cebada fueron mayores en SD (2.895 kg/ha) que en V (1.675 kg/ha).

Discusión

En el presente estudio de manejo del suelo a largo plazo, los resultados obtenidos de emergencia acumulada de *B. diandrus* durante tres campañas, contradice los resultados de otros trabajos donde se relaciona una mayor la emergencia de esta especie con la siembra directa (Gill y Blacklow, 1985; Riba y Recasens, 1997). Sin embargo otros estudios llevados a cabo

a largo plazo (Hernández-Plaza et al., 2011, Bàrberi y Lo Cobo, 2001) observan menores densidades de *B. diandrus* en siembra directa que en otro tipo de manejos del suelo ensayados.

Aparte de la efectividad del arado de vertedera, que permite enterrar las semillas en el suelo a una profundidad a la que la emergencia no es posible, las diferencias observadas entre los otros tres sistemas de manejo pueden explicarse por las condiciones creadas en la capa más superficial del suelo, promoviendo una respuesta diferente en cuanto a pérdida de dormición y emergencia de semillas después de un largo y continuado tipo de manejo (Recasens et al., 2016). Las semillas de *B. diandrus* muestran una marcada sensibilidad por la luz en forma de fotoblastismo negativo, es decir que en condiciones de luz se induce dormición, y especialmente a bajas temperaturas. Es difícil determinar el nivel de luz presente en la superficie del suelo en sistemas con siembra directa. La presencia de paja y de residuos en el suelo en estos sistemas puede ser determinante al aportar sombreo a las semillas de *B. diandrus* y permitir una rotura de la dormición y una rápida emergencia.

Del Monte y Dorado (2011) apuntan que en siembra directa las semillas de esta especie sólo necesitan un sombreo superficial para percibir oscuridad. En estudios de siembra directa a largo plazo como el de este ensayo parece posible asumir que las semillas pueden percibir más fácilmente oscuridad con la presencia de paja o residuos de cosecha. En esta situación, semillas completamente maduras pueden germinar rápidamente en otoño si la temperatura y la disponibilidad agua no son factores limitantes.

No obstante, en situaciones de laboreo con chisel o subsolador, las semillas también pueden detectar condiciones de oscuridad para su germinación. La explicación debe residir en que las diferencias en

penetración de luz, fluctuaciones de temperatura y contenido de humedad del suelo, especialmente en otoño tras las primeras lluvias, pueden causar cambios en el periodo de germinación y provocar diferentes flujos de emergencia en función del manejo llevado a cabo (Recasens et al., 2016). Debemos recordar que los suelos de sistemas cerealistas con siembra directa muestran una mayor capacidad de retención de agua y mejor distribuida en el perfil del suelo que en otros sistemas (Lampurlanés et al., 2001; Bescansa et al., 2006).

En el presente estudio, la interacción de factores tales como la reducción de la amplitud térmica del suelo, la prevención de la posible penetración de la luz y una

mayor disponibilidad de humedad, pueden favorecer, en sistemas con siembra directa, un periodo de emergencia más precoz y más concentrado. A partir de esta información y de datos acerca de modelos de precipitación otoñal, un retraso en la fecha de siembra debe ser considerado una estrategia de manejo viable en el control de *B. diandrus* en siembra directa y una estrategia a tener en cuenta en el establecimiento de un programa de manejo integrado (Recasens, 2014, 2016). Los resultados observados en este estudio son derivados de un largo y continuo proceso que afecta la demografía de esta especie y que permite conducirla hacia un equilibrio, en cuanto a densidad, acorde con el tipo de manejo implementado. ●

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por sendos proyectos del Plan Nacional I+D+I del Ministerio de Educación y Ciencia con número de referencia AGL2007-60828 y AGL2010-22084-C02-01 y desarrollado por el grupo de Malherbología y Ecología Vegetal de la Universitat de Lleida. Agradecemos al grupo de Agronomía de nuestra universidad el haber permitido el estudio en sus parcelas experimentales a largo plazo y a Jaume Gregori y Carlos Cortés su ayuda en las tareas de campo.

Referencias bibliográficas

- Bàrberi P & Lo Cascio B (2001). Long-term tillage and crop rotation effects on weed seed bank size and composition. *Weed Research* 41, 325-340.
- Bescansa P, Imaz, MJ, Virto I, Enrique A & Hoogmoed WB (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil & Tillage Research* 87, 19-27.
- Del Monte JP & Dorado J (2011). Effect of light conditions and after ripening time on seed dormancy loss of *Bromus diandrus*. *Weed Research* 51, 581-590.
- Dorado J & López-Fando C (2006). The effect of tillage system and use of paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed Research* 46, 424-431.
- Dorado J, Del Monte JP & López-Fando C (1999). Weed seed bank response to crop rotation and tillage in semiarid agroecosystems. *Weed Science* 47, 67-73.
- García AL, Torra J, Royo-Esnal A, Cantero-Martínez C & Recasens J (2014). Integrated management of *Bromus diandrus* in dryland cereal fields under no-till. *Weed Research* 54, 408-417.
- Gill GS, Blacklow WM (1985). Variations in seed dormancy and rates of development of great brome, *Bromus diandrus* Roth., as adaptations to the climates of southern Australia and implications for weed control. *Australian Journal of Agricultural Research* 36, 295-304.
- Harradine, A.R. (1986). Seed longevity and seedling establishment of *Bromus diandrus* Roth. *Weed Research* 26: 291-294.
- Hernández-Plaza E, Kozak M, Navarrete L & González-Andújar JL (2011). Tillage system did not affect weed diversity in a 23-year experiment in Mediterranean dryland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 102-105.
- Lampurlanés J, Angás P & Cantero-Martínez C (2001). Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. *Field Crops Research* 69, 27-40.
- Murphy SD, Clements DR, Belaousof S, Kevan P & Swanton C (2006). Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop protection. *Weed Science* 54, 69-77
- Recasens, J (2014). Integración de métodos químicos y culturales para el manejo de *Bromus diandrus* en cereales de invierno. *Vida Rural* 387, 46-49.
- Recasens, J (2016). Gestión integrada en el control de malas hierbas. Tanto más una decisión que un concepto. *Vida Rural* 418, 28-32
- Recasens, J.; García A.L.; Cantero-Martínez, C.; Torra, J. & Royo-Esnal, A. (2016). Long term effect of different tillage systems on the emergence and demography of *Bromus diandrus* in rainfed cereal fields.
- Riba F & Recasens J (1997). *Bromus diandrus* Roth en cereales de invierno. In: Sans, F. X. art. Hernández-Quintanilla C. (eds). *La biología de las malas hierbas de España*. Ed. Phytoma España-Sociedad Española de Malherbología. Valencia, pp. 25-35.