

INTERACCIÓN MALA HIERBA-CULTIVO. INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN P Y N

Brenes R., Recena R., Delgado A., Urbano J.M.*

*Dpto. de C. Agroforestales, Universidad de Sevilla, ETSIA,
Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.*

**urbano@us.es*

Resumen: Se presentan los resultados de un ensayo realizado con parejas de plantas (cultivo-cultivo o cultivo-mala hierba) en condiciones controladas con el objetivo de conocer la influencia del abonado en la interacción en las primeras semanas desde la emergencia. Los resultados permiten concluir que: en las especies de emergencia otoñal, el abonado fosfórico no afectó a la biomasa del trigo (acompañado de trigo), pero sí incrementó la biomasa de las arvenses *Chrysanthemum coronarium* y *Centaurea diluta*. El abonado nitrogenado tampoco afectó a la biomasa del cultivo, pero aumentó la de *C. coronarium* y redujo la de *Lolium rigidum*. Además, se ha observado la existencia de interacción ya que la presencia de arvenses de la familia Asteraceae mejoró la respuesta del trigo al abonado fosfórico (de forma significativa en *C. coronarium* y *C. diluta*). Así mismo se ha detectado interacción en el abonado nitrogenado ya que tanto *C. coronarium* como *L. rigidum* mejoraron la respuesta del trigo al abonado. En las especies de verano solo se encontraron diferencias asociadas al abonado fosfórico, que incrementó la biomasa solo en *Echinochloa crus-galli* (acompañada de sorgo). Y también se detectó interacción, ya que en el caso de *Abutilon theophrasti* y *Chenopodium murale* la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del sorgo al abonado fosfórico.

Palabras clave: Agroecología, competencia, interferencia, laboreo.

Summary: Weed-crop interaction: influence of P and N fertilization. An experiment was conducted with paired plants (crop-crop or weed-crop) under controlled conditions, to improve the knowledge of crop fertilization on crop-weed interaction during the early growth stages of the plants. In the winter species studied, added P did not affect wheat (paired with wheat) biomass, but it significantly increased the biomass of *Chrysanthemum coronarium* and *Centaurea diluta*. Added N did not influence crop biomass, but it caused an increase in *C. coronarium* and a decrease in *Lolium rigidum*. Moreover, the presence of an Asteraceae weed plant improved the crop (wheat) response to P fertilization (mainly in *C. coronarium*

and *C. diluta*). Concerning added N, the presence of *C. coronarium* or *L. rigidum* improved crop response to fertilization. In the summer species group, added P increased biomass only in *Echinochloa crus-galli* (paired with sorghum). Nevertheless, crop-weed interaction was also detected in the summer group, as the presence of *Abutilon theophrasti* or *Chenopodium murale* increased the biomass of the crop (sorghum).

Keywords: Agroecology, competition, interference, tilling.

INTRODUCCIÓN

La estrategia que se utiliza más ampliamente para aumentar la productividad de los cultivos es la fertilización. Sin embargo existe el riesgo de que, en algunos casos, los fertilizantes puedan beneficiar más a malas hierbas que al propio cultivo (Scursoni & Benech, 2002). Un importante insumo en la producción agrícola es la fertilización fosfórica debido a que el fósforo en el suelo es insuficiente para optimizar la producción de cultivos (Grant et al., 2001). Sólo se dispone de información limitada en forma específica de las especies de malas hierbas que responden a varios niveles de fósforo en suelo (Blackshaw et al., 2004). Además del fósforo, el nitrógeno es ampliamente utilizado para aumentar el rendimiento del cultivo (Camara et al., 2003) y también existe el riesgo de que el nutriente sea más y mejor utilizado por la mala hierba lo que se traduciría en una mayor competencia, como proponen Blackshaw & Brandt (2008) con el fósforo y el nitrógeno. Un crecimiento precoz afecta a la capacidad de las plantas para la captación de recursos más adelante en el ciclo de crecimiento (Moreau et al., 2014).

El conocimiento de la influencia del abonado en la interacción mala hierba-cultivo es interesante porque, entre otras cuestiones, sirve para elaborar programas de abonado inteligentes, que reduzcan la competencia de las malas hierbas al mismo tiempo que reducen el coste económico y ambiental (Blackshaw et al., 2004).

Los objetivos de este trabajo son: 1) estudiar la influencia de la adición de fertilizantes fosfórico y nitrogenado sobre el desarrollo de diferentes especies de malas hierbas comunes en las zonas mediterráneas, y 2) estudiar su interferencia con determinadas plantas cultivadas, como trigo y sorgo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El diseño del experimento ha sido de 11 especies vegetales x 8 tratamientos x 3 repeticiones, siendo la unidad experimental una maceta con

dos plantas (mala hierba-cultivo o cultivo-cultivo). La posición de las macetas en la cámara de cultivo fue completamente al azar.

Material vegetal

El material vegetal ha consistido en plantas (Tabla 1) procedentes del banco de semillas de la ETSIA. Las semillas fueron germinadas en placa petri y trasplantadas a macetas de 5,5 cm de diámetro y 7,3 cm de profundidad, con 200 g de arena silíceas, de 0,4 a 0,8 mm de granulometría, previamente lavada. Previo al trasplante la arena se humedeció con un riego de 15 mL de agua destilada.

En cada maceta se trasplantó al mismo tiempo un individuo de la especie arvense junto con un individuo de la especie cultivada del mismo ciclo. Para las malas hierbas de invierno se utilizó trigo duro (cultivar "Amilcar") y para las de verano se utilizó sorgo (cultivar "PE84G62").

Tabla 1. Combinaciones mala hierba-cultivo estudiadas.

Especie	Familia	Ciclo ^(a)	EPPO ^(b)
<i>Abutilon theophrasti</i>	Malvaceae	Verano	abuth
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	Verano	amare
<i>Anthemis mixta</i>	Asteraceae	Invierno	antmi
<i>Centaurea diluta</i>	Asteraceae	Invierno	cendi
<i>Chenopodium murale</i>	Chenopodiaceae	Verano	chemu
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	Asteraceae	Invierno	chyco
<i>Conyza bonariensis</i>	Asteraceae	Invierno	eribo
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Gramineae	Verano	echcg
<i>Lolium rigidum</i>	Gramineae	Invierno	lolri
<i>Sorghum bicolor</i>	Gramineae	Verano	sorvu
<i>Triticum durum</i>	Gramineae	Invierno	trzdw

^(a) Verano: emergencia primaveral; Invierno: emergencia otoñal.

^(b) Código EPPO según EPPO (2015).

Tratamientos

Los fertilizantes utilizados fueron H_2KPO_4 y KNO_3 . Se utilizaron 0, 0,01, 0,5 y 2 ppm de fósforo y 0, 10, 50 y 200 ppm de nitrógeno en la solución Hoagland de riego (Tablas 2 y 3). El potasio (K) se equilibró en todos los tratamientos añadiendo cloruro potásico de manera que el K no constituyera un factor diferencial entre los distintos tratamientos. Se hicieron 3 riegos semanales con 15 mL de solución fertilizante.

Tabla 2. Concentraciones de los tratamientos P (en peso por cada litro de solución).

Tratamiento	P (mg)	H ₂ KPO ₄ (mg)	KCl (mg)
T1	0	0	4,81
T2	0,01	4,41*10 ⁻²	4,79
T3	0,5	2,205	3,61
T4	2	8,820	0

Tabla 3. Concentraciones de los tratamientos N (en peso por cada litro de solución).

Tratamiento	N (mg)	KNO ₃ (g)	KCl (g)
T5	0	0	1,065
T6	10	0,072	1,012
T7	50	0,361	0,799
T8	200	1,444	0

Condiciones ambientales

El ensayo se llevó a cabo en una cámara de cultivo de la ETSIA con fotoperiodo de 16 horas de luz y 25°C durante el día y 23°C durante la noche. La radiación fotosintética activa fue de 22 W*m⁻².

Recogida de datos y análisis estadístico

Aunque se midieron distintos parámetros con frecuencia semanal los datos presentados en este trabajo corresponden únicamente a la biomasa seca de cada planta cuya parte aérea y radicular fue medida de forma separada.

Con los datos obtenidos se realizaron regresiones lineales y análisis de la varianza con su correspondiente test de separación de medias. Todos los análisis estadísticos y gráficos fueron realizados con el programa R (R Core Team, 2014). Para realizar el anova se ha utilizado la transformación raíz cuadrada del porcentaje de biomasa respecto al testigo sin abonar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para discutir los resultados obtenidos se ha elegido el formato de tablas en las cuales se presentan los incrementos de biomasa respecto del testigo sin abonar (valor 100%). Las tablas incluyen dos columnas: en la

de la izquierda se indican los incrementos (si es $> 100\%$) de biomasa del cultivo acompañado de mala hierba mientras que en la de la derecha se incluyen los incrementos (si es $> 100\%$) de biomasa de la mala hierba acompañada de cultivo.

No se encontraron ajustes satisfactorios en regresiones de modelo lineal o no lineal, probablemente debido al diseño experimental ya que se priorizó la detección de respuesta a dosis pequeñas teniendo en cuenta las limitaciones de recursos.

Especies de invierno

En la Tabla 4 se presentan los incrementos de biomasa seca total causados por la dosis máxima de P respecto del testigo sin abonar, y se puede observar que la respuesta al abonado fosfórico fue superior en las malas hierbas que en la planta cultivada (trigo), ya que el fósforo duplicó o triplicó la biomasa total de las malas hierbas mientras que no afectó al trigo (acompañado de trigo). Estos incrementos de biomasa fueron significativos en *C. diluta* y en *Chrysanthemum coronarium*.

Adicionalmente se puede observar que la presencia de la mala hierba despierta la respuesta de la planta cultivada, de modo que la biomasa de trigo cuando se abona con la dosis máxima de P llega a multiplicarse por 5 cuando está en presencia de *C. diluta* o *C. coronarium*.

En el resto de especies de la familia Asteraceae también se aprecia un comportamiento similar, de modo que responden al abonado fosfórico y además hacen que el trigo también responda a este abonado. *Lolium rigidum*, que es una gramínea, tiene un comportamiento diferente de forma que no responde al abonado fosfórico ni despierta respuesta alguna en el trigo.

Si estos datos se confirmasen en condiciones de campo, podrían tener interesantes aplicaciones prácticas. Por ejemplo, convendría replantearse la aplicación de la etiqueta de "mala hierba" a determinadas especies de asteráceas, ya que en lugar de reducir el rendimiento del cultivo podrían estar contribuyendo a mejorarlo. Y la reflexión también afectaría a los momentos de aplicación de las medidas de control ya que, en estos casos, podría merecer la pena retrasar la aplicación. Y puede haber incluso una tercera consideración, aplicable al manejo de infestaciones de *Conyza* spp con cubiertas vegetales a base de gramíneas de emergencia otoñal, porque un abonado fosfórico precoz se podría usar como método de control de la mala hierba ya que la propia mala hierba facilitaría la absorción del nutriente por parte de la cubierta vegetal.

Tabla 4. Incremento¹ de biomasa seca causada por la dosis máxima de fósforo, en especies de emergencia otoñal.

Cultivo	Biomasa cultivo (Trigo)		Biomasa mala hierba	
trigo	95,78	ns	-	-
Mala hierba				
antmi	240,93	ns	206,06	ns
cendi	526,53	**	290,25	*
chyco	567,71	***	263,83	*
eribo	183,19	ns	226,32	ns
lolri	102,61	ns	219,96	ns

⁽¹⁾ Los números indican los porcentaje de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$). Antmi, cendi, chyco, eribo y lolri son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla 1.

En la Tabla 5 se presentan los incrementos de biomasa asociados a la dosis máxima de nitrógeno, y se puede observar que hubo dos especies arvenses en las que se detectó respuesta al abonado en la mala hierba así como interacción mala hierba-cultivo. En el caso de *C. coronarium*, la adición de nitrógeno incrementó la biomasa de la mala hierba y la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del cultivo al abonado. En el caso de *L. rigidum* la adición de nitrógeno disminuyó la biomasa de la mala hierba aunque la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del cultivo al abonado. Estos resultados aún preliminares, demuestran la existencia de interacción mala hierba-cultivo frente al abonado nitrogenado y además pueden tener aplicación práctica ya que un abonado nitrogenado precoz podría mejorar la competitividad del trigo frente a *L. rigidum*.

Tabla 5. Incremento¹ de biomasa seca causada por la dosis máxima de nitrógeno, en especies de emergencia otoñal.

Cultivo	Biomasa cultivo (Trigo)		Biomasa mala hierba	
trigo	228,53	ns	-	-
Mala hierba				
antmi	90,28	ns	196,15	ns
cendi	157,05	ns	126,38	ns
chyco	174,5	*	287,5	**
eribo	92,91	ns	210,26	ns
lolri	165,67	*	40,21	*

⁽¹⁾ Los números indican los porcentaje de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$). Antmi, cendi, chyco, eribo y lolri son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla.1.

Especies de verano

En las especies de verano solo se han encontrado diferencias significativas frente al abonado fosfórico, por lo que se prescinde de presentar la tabla correspondiente al nitrógeno. En la Tabla 6 se puede observar que el abonado fosfórico tampoco tuvo influencia en la biomasa del cultivo (sorgo), lo cual puede ser debido a que la semilla del cultivo tenga suficientes recursos de este nutriente o bien a un carácter olvidado en el proceso de mejora genética del cultivo.

Adicionalmente se puede ver que el abonado fosfórico afectó de forma diferente a las malas hierbas estudiadas, causando un incremento significativo de la biomasa únicamente en *Echinochloa crus-galli*. Este resultado es interesante porque el género *Echinochloa* incluye malas hierbas particularmente preocupantes en un cultivo gran consumidor de inputs como el arroz. De confirmarse estos resultados sería interesante prestar particular atención al abonado fosfórico en este cultivo como método de control de la mala hierba.

Los resultados obtenidos en las otras tres malas hierbas son más difíciles de comprender e interpretar. En el caso de *Abutilon theophrasti*, llama la atención que no exista respuesta al abonado fosfórico y que además la presencia de la mala hierba cause un incremento de biomasa en el cultivo. La ausencia de respuesta podría ser explicada por el gran tamaño de la semilla de *A. theophrasti* pero es difícil comprender que una mala hierba tan competitiva se permita el lujo de inducir la respuesta al abonado fosfórico en el cultivo. Un caso parecido ocurre con *Chenopodium murale* ya que únicamente es significativo el incremento de biomasa en el cultivo acompañado de la mala hierba. En el caso de *Amaranthus retroflexus* no hubo respuesta al abonado fosfórico en la mala hierba ni en el cultivo acompañado de la mala hierba.

Tabla 6. Incremento¹ de biomasa seca causada por la dosis máxima de fósforo, en especies de emergencia primaveral.

Cultivo	Biomasa cultivo (Sorgo)		Biomasa mala hierba	
sorgo	79,12	ns	-	-
Mala hierba				
abuth	224,6	**	52,91	ns
amare	89,47	ns	49,08	ns
chemu	132,42	*	232,14	ns
echcg	117,6	ns	422,22	*

⁽¹⁾ Los números indican los porcentajes de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$). Abuth, amare, chemu y echcg son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

En las especies de emergencia otoñal, el abonado fosfórico no afectó de forma significativa a la biomasa del trigo (acompañado de trigo), pero sí incrementó la biomasa de las arvenses de la familia Asteraceae, siendo los incrementos significativos en *C. coronarium* y *C. diluta*. El abonado nitrogenado tampoco afectó a la biomasa del cultivo, pero incrementó la biomasa de *C. coronarium* y la redujo en *L. rigidum*.

Se ha observado la existencia de interacción mala hierba-cultivo con relación al abonado. La presencia de arvenses de la familia de Asteraceae incrementó la respuesta del trigo al abonado fosfórico (de forma significativa en *C. coronarium* y *C. diluta*) y la presencia de *C. coronarium* y *L. rigidum* mejoraron la respuesta del trigo al abonado nitrogenado.

En las especies de verano solo se encontraron diferencias asociadas al abonado fosfórico, que incrementó la biomasa de *Echinochloa crus-galli* (acompañada de sorgo). También se detectó interacción mala hierba-cultivo, ya que en el caso de *Abutilon theophrasti* y *Chenopodium murale* la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del sorgo al abonado fosfórico.

BIBLIOGRAFÍA

- BLACKSHAW RE & BRANDT RN (2008) Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness in species dependent. *Weed Science* 56, 743-747.
- BLACKSHAW RE, BRANDT RN, JANZEN HH & ENTZ T (2004) Weed species response to phosphorus fertilization. *Weed Science* 52, 406-412.
- CAMARA KM, PAYNE WA & RASMUSSEN PE (2003) Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. *Agronomy Journal* 95, 828-835.
- EPPO (2015) EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>.
- GRANT CA, FLATEN DN, TOMASIEWICZ DJ & SHEPPARD SC (2001) The importance of early season phosphorus nutrition. *Canadian Journal of Plant Science* 81, 211-224.
- MOREAU D, BUSSET H, MATEJICEK A & MUNIER-JOLAIN N (2014) The ecophysiological determinants of nitrophily in annual weed species. *Weed Research* 54, 335-346.

R CORE TEAM (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

SCURSONI JA & BENECH R (2002) Effect of nitrogen fertilization timing on the demographic processes of wild oat (*Avena fatua*) in barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Science* 50, 616-621.