

INFLUENCIA DEL FÓSFORO EN LA GERMINACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS

Carrasco M., 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 dos experimentos realizados en condiciones controladas, en los que se ha estudiado el efecto de 7 dosis de fósforo en 40 especies o biotipos arvenses. Los resultados obtenidos permiten concluir que la respuesta al abonado fosfórico depende de la especie y también del biotipo dentro de la especie. En *Conyza bonariensis* la adición de fósforo aumentó la germinación del biotipo sensible a glifosato y disminuyó la del resistente. Además se encontraron diferencias significativas en *Conyza canadensis*, *Chenopodium album* y *Diplotaxis virgata*.

Palabras clave: Fertilización, emergencia, modelización.

Summary: Influence of phosphorus on weed seed germination. Two experiments were developed under controlled conditions to study the influence of 7 phosphorus doses in the germination of 40 weed species or biotypes. Results show that response to phosphoric fertilization depends on the species and biotype within a species. In *Conyza bonariensis*, added P increased germination on glyphosate-sensitive biotype and decreased on resistant. Furthermore significant differences were detected in *Conyza canadensis*, *Chenopodium album*, and *Diplotaxis virgata*.

Keywords: Fertilization, emergence, modelization.

INTRODUCCIÓN

Para el control no químico de arvenses, una de las alternativas es el control cultural, dentro del cual se encuentra el manejo de la fertilización (Blackshaw et al., 2007). Santos et al. (1998) proponen el uso de la fertilización fosfórica para favorecer al cultivo de la lechuga frente a *Amaranthus* y *Portulaca*. Lundy et al. (2010) observaron que el fósforo aumentaba la germinación de determinadas hierbas del arroz. Existen otros estudios al respecto (Blackshaw et al., 2004), pero se refieren al desarrollo de las plantas y no a la germinación.

El objetivo de este trabajo es conocer la influencia que tiene el abonado fosfórico en la germinación de las semillas de un grupo de malas hierbas frecuentes en la agricultura mediterránea.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La parcela elemental fue una placa petri de 5,5 cm de diámetro en la que se sembraron 20 semillas sobre agar diluido. El estudio se dividió en dos experimentos (E1 y E2). En el experimento E1 se estudiaron 40 biotipos de arvenses y 2 cultivos, se aplicaron 5 dosis de fósforo y contó con dos repeticiones. Este estudio se repitió 2 veces, utilizándose por tanto 840 placas.

Posteriormente, y en base a los resultados obtenidos en el primer experimento, se centró el estudio en 26 especies y se aumentó el número de tratamientos a 8. Este segundo experimento (E2) se repitió 3 veces, utilizándose por tanto 1248 placas.

Tratamiento y medio de cultivo

El fósforo en los diferentes tratamientos (Tabla 1) se aportó en forma de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), igualándose la concentración de K entre tratamientos con KCl. En el experimento E1 se aplicaron 5 tratamientos, con las siguientes dosis de fósforo: 0, 0,01, 0,5, 1 y 2 mg/L. En el experimento E2, se incluyeron dos nuevas dosis superiores de fósforo (4 y 8 mg/L) y un testigo sin equilibrar para comprobar una posible influencia del KCl.

Las semillas se sembraron en placas de petri, sobre agar de consistencia blanda (1,25 g/L), al cual se añadió el KH_2PO_4 y el KCl necesario para cada tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Para cada tratamiento, concentraciones de fósforo, de fertilizante, de KCl y experimentos en los que de incluyó.

Tratamiento	[P](mg/L)	[KH_2PO_4] (mg/L)	[KCl] (mg/L)	Experimento
0	0	0	0,000	E2
1	0	0	19,257	E1 + E2
2	0,01	0,044	19,233	E1 + E2
3	0,5	2,197	18,054	E1 + E2
4	1	4,394	16,850	E1 + E2
5	2	8,788	14,443	E1 + E2
6	4	17,577	9,629	E2
7	8	35,154	0,000	E2

Material vegetal

Las semillas se tomaron del Banco de Semillas de la ETSIA (Tabla 2). Nunca se mezclaron en una misma repetición semillas de diferente procedencia para evitar una posible influencia de este factor en los resultados.

Tabla 2. Especies estudiadas, código EPPO, ciclo, familia y experimentos en los que se incluyeron. No se muestran las arvenses que fueron descartadas por tener una germinación inferior al 5%.

Especie	EPPO	Familia	Ciclo (5)	Experimento
<i>Amaranthus albus</i>	amaal	Amaranthaceae	P	E1
<i>Amaranthus blitoides</i>	amabl	Amaranthaceae	P	E1
<i>Amaranthus retroflexus</i>	amare	Amaranthaceae	P	E1 + E2
<i>Centaurea diluta</i>	cendi	Asteraceae	O	E1 + E2
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	chycy	Asteraceae	O	E1 + E2
<i>Conyza bonariensis</i> – GS (1)	eribo	Asteraceae	O	E1 + E2
<i>Conyza bonariensis</i> – GR (2)	eribo	Asteraceae	O	E1 + E2
<i>Conyza canadensis</i>	erica	Asteraceae	O	E1 + E2
<i>Diplotaxis virgata</i>	dipvg	Brassicaceae	O	E1 + E2
<i>Sinapis arvensis</i>	sinar	Brassicaceae	O	E1 + E2
<i>Chenopodium album</i> – Local (3)	cheal	Chenopodiaceae	P	E1
<i>Chenopodium album</i> – Comun (4)	cheal	Chenopodiaceae	P	E1
<i>Chenopodium murale</i>	chemu	Chenopodiaceae	P	E1 + E2
<i>Melilotus indicus</i>	meuin	Fabaceae	O	E1 + E2
<i>Avena sterilis</i>	avess	Gramineae	O	E1 + E2
<i>Digitaria sanguinalis</i>	digsa	Gramineae	P	E1 + E2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	echcg	Gramineae	P	E1 + E2
<i>Lolium rigidum</i>	lolri	Gramineae	O	E1 + E2
<i>Phalaris minor</i>	phami	Gramineae	O	E1 + E2
<i>Setaria viridis</i>	setvi	Gramineae	P	E1 + E2
<i>Abutilon theophrasti</i>	abuth	Malvaceae	P	E1 + E2
<i>Plantago coronopus</i>	placo	Plantaginaceae	O	E1 + E2
<i>Plantago lanceolata</i>	plala	Plantaginaceae	O	E1 + E2
<i>Rumex crispus</i>	rumcr	Polygonaceae	O	E1 + E2
<i>Poa annua</i>	poaan	Gramineae	O	E1 + E2
Trigo duro (cv Amilcar)	trzdu	Gramineae	O	E1 + E2
Sorgo (cv PE84G62)	sorvu	Gramineae	P	E1 + E2

(1) es sensible a glifosato y (2) es resistente (Urbano et al., 2007).

(3) corresponde a un biotipo local y (4) corresponde a un biotipo danés (Schutte et al., 2014).

(5) periodo de emergencia. P = primavera, O = otoño.

Condiciones ambientales

Los ensayos se realizaron en cámara con condiciones controladas, con fotoperiodo de 14/10h (día/noche) y temperatura de 25°C/20°C. Sin embargo las placas fueron tapadas con una bolsa de plástico negro para simular condiciones de enterrado.

Recogida de datos y análisis estadístico

Se han realizado conteos destructivos cada 24 horas, durante 11 días, de las germinaciones de cada placa. Los datos fueron analizados según la propuesta de Ritz (2010), que sugiere emplear regresiones no lineales. Por lo tanto para cada especie y dosis de abonado fosfórico se ha realizado un ajuste a una regresión no lineal del modelo log-logístico con 3 parámetros. Tales parámetros son d (nivel superior de germinación), e (tiempo en el cual se alcanza el 50% de la germinación) y b (la pendiente de la curva en la zona de e). Todos los análisis estadísticos se han realizado con el programa estadístico R (R Core Team, 2014). Para los ajustes a regresiones no lineales se ha utilizado el paquete drc (Ritz & Streibig, 2005; Ritz & Streibig, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, no se encontraron diferencias debidas a la adición de KCl (Tratamiento 0 y Tratamiento 1), lo cual significa que las variaciones detectadas en la germinación son debidas a las diferentes dosis de fósforo.

En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos con las poblaciones del género *Conyza*, y se puede observar que la adición de fósforo incrementó la germinación final en un 21% en el biotipo sensible de *C. bonariensis*, mientras que la redujo un 8,9% en el biotipo resistente. Si esta respuesta se confirmase en campo podría tener una aplicación práctica inmediata, ya que un aporte de abonado previo a la germinación provocaría la emergencia de las plantas GS y un retraso de la germinación de las plantas GR, lo cual facilitaría su control. Adicionalmente se observa que la población GS tiene mayor germinación que la GR en todos los casos, lo cual coincide con estudios previos (Valle & Urbano, 2007). En el caso de *Conyza canadensis* la adición de fósforo provocó un incremento de la germinación del 9,5%. La magnitud y la significación son insuficientes para extraer conclusiones aplicadas. En el caso de *Conyza sumatrensis* no se llegaron a detectar diferencias.

Tabla 3. Comparación del parámetro "d" (porcentaje de germinación total a los 11 días) de las curvas de regresión ajustadas al modelo log-logistic para las especies *C. bonariensis* y *C. canadensis*.

Curva 1 (2)	Curva 2	Diferencia ⁽¹⁾
eribo GR - 8	eribo GR - 0	-8,87 [^]
eribo GS - 8	eribo GS - 0	21,22 ^{**}
eribo GS - 0	eribo GR - 0	28,41 ^{***}
eribo GS - 8	eribo GR - 8	58,51 ^{***}
erica - 8	erica - 0	9,53 [^]

⁽¹⁾ [^] = p < 0,1; ^{**} = p < 0,01; ^{***} = p < 0,001

⁽²⁾ eribo = *C. bonariensis*, erica = *C. canadensis*. G = glifosato, R = resistente, S = sensible. El número a continuación del guión indica la dosis de fósforo en mg/L.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las poblaciones de *Chenopodium album*, y se puede observar que también se encuentran diferencias asociadas al abonado fosfórico. La adición de fósforo incrementó la germinación de la población común un 11%. Esta población común (de origen danés) tuvo una mayor germinación que la población local (aunque no se detectaron diferencias significativas), lo cual coincide con los resultados previos (Shutte et al., 2014). En condiciones de abonado fosfórico, esta mayor germinación de la población danesa se convierte en significativa.

Tabla 4. Comparación del parámetro "d" (porcentaje de germinación total a los 11 días) de las curvas de regresión ajustadas al modelo log-logistic para las poblaciones de *C. album*.

Curva 1 (2)	Curva 2	Diferencia (1)
cheal_C - 2	cheal_C - 0	11,123 [^]
cheal_L - 2	cheal_L - 0	6,617 NS
cheal_C - 0	cheal_L - 0	19,507 NS
cheal_C - 2	cheal_L - 2	24,013 ^{**}

⁽¹⁾ [^] = p < 0,1; ^{**} = p < 0,01; NS = p > 0,1.

⁽²⁾ cheal = *Chenopodium album*. C = población común, L = población local. El número a continuación del guión indica la dosis de fósforo en mg/L.

Además de las poblaciones comentadas, el fósforo incrementó la germinación en *Diplotaxis virgata* de forma que la adición de 8mg/L provocó un incremento del 28,3% (P<0,001) respecto del testigo sin abonar.

CONCLUSIONES

Se ha detectado influencia del abonado fosfórico en la germinación de poblaciones de *Conyza*, *Chenopodium* y *Diplotaxis*.

En *Conyza bonariensis* la adición de fósforo incrementó la germinación de la población sensible a glifosato y la disminuyó en la resistente.

En *Chenopodium album* el fósforo incrementó la germinación, particularmente en la población danesa.

Los resultados presentados demuestran que el abonado fosfórico puede llegar a influir en la germinación de determinadas malas hierbas, lo cual debería confirmarse en campo y tenerse en cuenta en modelos de predicción de emergencia y en programas de manejo integrado de malas hierbas.

BIBLIOGRAFÍA

- BLACKSHAW RE, ANDERSON RL & LEMERLE D (2007) Cultural Weed Management. *Non-chemical Weed Management*, (eds M.K. Upadhyaya and R.E. Blackshaw), 35-47. Oxfordshire, UK: CABI.
- BLACKSHAW RE, BRANDT RN, JANZEN HH & ENTZ T (2004) Weed species response to phosphorus fertilization. *Weed Science* 52, 406-412.
- LUNDY ME, FISCHER AJ, KESSEL CV, HILL JE, RUARK MD & LINQUIST BA (2010) Surface-applied calcium phosphate stimulates weed emergence in flooded rice. *Weed Technology* 24, 295-302.
- R CORE TEAM (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RITZ C (2010) Toward a unified approach to dose-response modelling in ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 220-229.
- RITZ C & STREIBIG JC (2005) Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software* 12 (5). Available at: www.bioassay.dk.
- RITZ C & STREIBIG JC (2012) Dose response curves and other nonlinear curves in Weed Science and Ecotoxicology with the add-on package drc in R. Available at: www.bioassay.dk
- SANTOS B, DUSKY J, STALL W, SHILLING D & BEWICK T (1998) Phosphorus effects on competitive interactions of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) with lettuce (*Lactuca sativa*). *Weed Science* 46, 307-312.
- SCHUTTE BJ, TOMASEK BJ, DAVIS AS et al. (2014) An investigation to enhance understanding of the stimulation of weed seedling emergence by soil disturbance. *Weed Research* 54, 1-12.
- URBANO JM et al. (2007) Glyphosate-resistant Hairy Fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology* 21, 396-401.
- VALLE J & URBANO JM (2007) Estudio de la herencia de la resistencia a glifosato en *Conyza bonariensis*. En: Actas de la Sociedad Española de Malherbología, 355-358.