

INFLUENCIA DEL NITRÓGENO EN LA GERMINACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS

Pino J., 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 nitrógeno en 42 especies arvenses. Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización nitrogenada tiene potencial dentro de un programa de manejo integrado, ya que la adición de N aumentó la emergencia en *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* y *Chrysanthemum*, mientras que la redujo en *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* y *Plantago*. Además, aumentó la vulnerabilidad en *Centaurea* porque retrasó y concentró la germinación.

Palabras clave: Fertilización, germinación.

Summary: Influence of nitrogen on weed seed germination. Two experiments were developed under controlled conditions to study the influence of 7 nitrogen doses in the germination of 42 weed species. Results show that wise nitrogen fertilization can be used in an integrated weed management program. Added N increased the germination in *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* and *Chrysanthemum*, and it decreased germination in *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* and *Plantago*. Also, vulnerability of *Centaurea* was increased as added N delayed and concentrated the germination.

Keywords: Fertilization, germination.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las medidas alternativas a los herbicidas, el capítulo de la fertilización se ha explorado muy poco hasta el momento. Como regla general, el nitrógeno es el elemento nutritivo más limitante en la mayoría de los cultivos y el que se suele aportar en mayor medida a los cultivos (Blackshaw et al., 2003; Camara et al., 2003; Blackshaw & Brandt,

2008). Algunos autores sugieren que el manejo de la fertilización nitrogenada puede ser una herramienta de interés en el manejo de arven- ses nitrófilas (Moreau et al., 2014).

El objetivo de este trabajo es conocer la influencia de distintas do- sis de nitrógeno en la emergencia de determinadas especies de malas hierbas frecuentes de los agrosistemas del mediterráneo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se realizaron dos experimentos, ambos con diseño completamente al azar. El primero (E1) contó con 42 especies/biotipos vegetales, 5 dosis de nitrógeno y 2 repeticiones. La unidad experimental fue una placa petri de 5,5 cm de diámetro, con 8 ml de agar diluido y con 20 semillas. El experimento E1 se repitió dos veces, lo cual supone un total de 420 placas.

Los datos del primer experimento sirvieron para seleccionar especies y aumentar el rango de dosis, por lo que el experimento E2 se realizó con 8 tipos de fertilización, 26 especies/biotipos y 2 repeticiones. Dicho experimento se repitió en tres ocasiones, por lo que el número de pla- cas fue de 1.248.

Tratamiento y medio de cultivo

El fertilizante empleado fue KNO_3 . Las dosis de N de los tratamientos utilizados en el primer ensayo fueron 0, 10, 50, 100 y 200 mg L^{-1} . Para observar el efecto independiente del N, todos los tratamientos se equili- braron con KCl, de manera que el K no constituyera un factor diferencial entre los distintos tratamientos (dosis de N; Tabla 1). En el experimen- to E2 se incluyeron tres nuevos tratamientos, dos de ellos con dosis de N superiores (250 y 300 mg L^{-1}) y un nuevo testigo sin equilibrar, con el objetivo de asegurar la hipótesis de que el K y el Cl no tenían influencia sobre los resultados.

El medio de cultivo utilizado fue agar, a razón de 1,2 gramos por litro de agua. A dicho medio se le añadieron las dosis correspondientes de KNO_3 y KCl para cada tratamiento.

Tabla 1. Concentraciones de fertilizante por tratamiento.

Tratamiento	N (mg L ⁻¹)	KNO ₃ (mg L ⁻¹)	KCl (mg L ⁻¹)	Experimento
1	0	0	0	E2
2	0	0	1594	E1 + E2
3	10	72	1541	E1 + E2
4	50	361	1328	E1 + E2
5	100	722	1061	E1 + E2
6	200	1444	530	E1 + E2
7	250	1805	263	E2
8	300	2166	236	E2

MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado procedió del banco de semillas de malas hierbas de la ETSIA. Todas las semillas de cada repetición tenían la misma procedencia. De las especies incluidas en este estudio, tres se repitieron usando distintos biotipos: *Coryza bonariensis*, *C. canadensis* y *Chenopodium album*. El cultivar de trigo duro utilizado fue "Amilcar" y el de sorgo fue "PE84G62".

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

Cada 24 horas se realizó un conteo destructivo durante 11 días tras la siembra.

Siguiendo las recomendaciones de Ritz (2010) y Onofri et al. (2014) se realizaron regresiones no lineales del modelo log-logístico. Con este modelo se ha representado la emergencia acumulada (en %) en función del tiempo. Para ello se ha utilizado el software R (R Core Team, 2014), con los paquetes ggplot2 (Wickham, 2009) y drc (Ritz & Streibig, 2005). Este último paquete permite obtener y comparar los tres parámetros de la curva: "d" (porcentaje final de emergencia), "b" (pendiente de la curva) y "e" (periodo de tiempo necesario para alcanzar la germinación media). En todas las especies se compararon las curvas de mayor dosis de N con la curva de regresión de la dosis cero de N.

Tabla 2. Especies incluidas en el ensayo. Se descartaron catorce especies que no llegaron al 5% de germinación, las cuales no se han incluido en esta tabla.

Especies	EPPO	Familia	Ensayos
<i>Amaranthus albus</i>	amaal	Amaranthaceae	E1
<i>Amaranthus blitoides</i>	amabl	Amaranthaceae	E1
<i>Amaranthus retroflexus</i>	amare	Amaranthaceae	E1 + E2
<i>Centaurea diluta</i>	cendl	Asteraceae	E1 + E2
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	chyco	Asteraceae	E1 + E2
<i>Conyza bonariensis</i> (1)	eribo	Asteraceae	E1 + E2
<i>Conyza bonariensis</i> (2)	eribo	Asteraceae	E1 + E2
<i>Conyza canadensis</i> (3)	erica	Asteraceae	E1 + E2
<i>Conyza canadensis</i> (4)	erica	Asteraceae	E1 + E2
<i>Conyza sumatrensis</i>	erisu	Asteraceae	E1 + E2
<i>Diplotaxis virgata</i>	dipvg	Brassicaceae	E1 + E2
<i>Sinapis arvensis</i>	sinar	Brassicaceae	E1 + E2
<i>Chenopodium album</i> (5)	cheal	Chenopodiaceae	E1
<i>Chenopodium album</i> (6)	cheal	Chenopodiaceae	E1
<i>Chenopodium murale</i>	chemu	Chenopodiaceae	E1 + E2
<i>Melilotus indicus</i>	meuin	Fabaceae	E1 + E2
<i>Avena sterilis</i>	avest	Gramineae	E1 + E2
<i>Digitaria sanguinalis</i>	digsa	Gramineae	E1 + E2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	echcg	Gramineae	E1 + E2
<i>Lolium rigidum</i>	lolri	Gramineae	E1 + E2
<i>Phalaris minor</i>	phami	Gramineae	E1
<i>Setaria viridis</i>	setvi	Gramineae	E1 + E2
<i>Abutilon theophrasti</i>	abuth	Malvaceae	E1 + E2
<i>Plantago coronopus</i>	placo	Plantaginaceae	E1 + E2
<i>Plantago lanceolata</i>	plala	Plantaginaceae	E1 + E2
<i>Rumex crispus</i>	rumcr	Polygonaceae	E1 + E2
Trigo duro	trzdu	Gramineae	E1 + E2
Sorgo	sorvu	Gramineae	E1 + E2

(1) y (3) son sensibles a glifosato, mientras que (2) y (4) son resistentes (Urbano et al., 2007; Martínez & Urbano, 2007); (5) corresponde a un biotipo local y (6) a uno danés (Schutte et al., 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, no se detectaron diferencias asociadas a la adición de KCl. Esto garantiza por una parte, que las diferencias entre los distintos tratamientos se deben a la adición de N, y por otra parte, que la fertilización potásica tiene escasa influencia en la germinación de malas hierbas.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las especies en las que se detectó influencia del nitrógeno en la germinación. De los tres parámetros analizados se puede observar que la adición de nitrógeno no influyó en el parámetro "e" lo cual quiere decir que en ningún caso produjo un

retraso de la emergencia. Tampoco afectó al parámetro "b", con la excepción de *Amaranthus retroflexus*, lo cual indica que tampoco se vio afectada la velocidad de la germinación. En el caso de *A. retroflexus*, la adición de 300 ppm de N incrementó un 3,8% la germinación final y aumentó ligeramente la pendiente de la curva, lo cual indica que la germinación estuvo más concentrada en el tiempo. Sin embargo ambos efectos fueron leves y únicamente fueron significativos para $p \leq 0,1$.

Las mayores diferencias se detectaron en la germinación acumulada final, de modo que la adición de nitrógeno aumentó la germinación en 6 especies: los tres *Amaranthus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa*, y *Conyza canadensis*. En el caso de *Amaranthus*, *Chenopodium* y *Echinochloa* (metabolismo C4), la respuesta positiva causada por el nitrógeno es congruente con el tipo de agrosistema en el que suelen ser competitivas estas especies: cultivos de verano, en regadío, con elevados niveles de inputs como son el maíz, el algodón y el sorgo. Si estos resultados se confirmasen en condiciones de campo, se trataría de una prueba del potencial que tendría el uso del abonado nitrogenado en un manejo integrado de arvenses, ya que una reducción del abonado o un retraso del mismo reducirían la emergencia de las malas hierbas. La adición de N también aumentó la germinación de *Conyza canadensis*, pero es probable que este incremento tenga menos utilidad práctica, ya que solo se detectó en uno de los 5 biotipos del género *Conyza*, y precisamente en el único que no era de origen local, ya que se trataba de un testigo americano sensible a glifosato.

Además de los incrementos mencionados, merece la pena señalar que el N afectó negativamente a la germinación en *Abutilon* y *Digitaria*, lo cual no coincide con lo esperado, ya que ambas arvenses suelen establecerse en los mismos cultivos de verano y riego ya mencionados.

Tabla 3. Comparaciones de los parámetros de las curvas log-logísticas correspondientes a distintas dosis de N del modelo GERM100 = f (tiempo), donde GERM100 es el porcentaje de germinación y tiempo es el número de días. Resultados de especies de emergencia primaveral. Significación: * $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,5$; ^ $p < 0,1$; NS= No significativo.**

Especies	EPO	N	b	e	d
<i>Abutilon theophrasti</i>	abuth	300	NS	NS	-7,808*
<i>Amaranthus albus</i>	amaal	200	NS	NS	5,553*
<i>Amaranthus blitoides</i>	amabl	200	NS	NS	32,757**
<i>Amaranthus retroflexus</i>	amare	300	-1,837^	NS	3,877^
<i>Chenopodium album</i>	cheal	200	NS	NS	13,973***
<i>Digitaria sanguinalis</i>	digsal	300	NS	NS	-9,882***
<i>Echinochloa crus-galli</i>	echcg	300	NS	NS	10,895^
<i>Conyza canadensis</i>	erica	300	NS	NS	12,014*
<i>Sorgo</i>	orvuo	300	NS	NS	-7,072***

N= Dosis de nitrógeno (mg L⁻¹) comparada con el testigo (0 mg L⁻¹).

De igual forma, en la Tabla 4 se incluyen las diferencias significativas de los parámetros de las curvas correspondientes a las especies de emergencia otoñal, y se puede observar que los efectos de la adición de N dependieron de la especie. El análisis del parámetro "d" permite ver que el N aumentó la germinación en *Chrysanthemum* y en *Rumex*, mientras que la redujo en *Lolium* y en *Plantago*. Adicionalmente merece la pena comentar el caso de *Centaurea diluta*, una mala hierba relativamente reciente, pero muy nociva en el cultivo del trigo. En *Centaurea*, la adición de N no afectó a la emergencia final, pero sí a la evolución de la misma, ya que retrasó (parámetro "e") y concentró (parámetro "b") la emergencia. Si los datos de *Centaurea* se confirmasen en campo, tendrían una aplicación práctica porque un abonado nitrogenado aumentaría la vulnerabilidad de la mala hierba a los métodos de control (químicos o no químicos).

Tabla 4. Comparaciones de los parámetros de las curvas log-logísticas correspondientes a distintas dosis de N del modelo $GERM100 = f(\text{tiempo})$, donde GERM100 es el porcentaje de germinación y tiempo es el número de días. Resultados de especies de emergencia otoñal.

Especies	EPO	N	b	e	d
<i>Centaurea diluta</i>	cendl	300	-2,277*	2,441***	NS
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	chyco	200	NS	NS	4,844*
<i>Lolium rigidum</i>	lolri	250	NS	NS	-10,250**
<i>Lolium rigidum</i>	lolri	300	NS	0,489*	NS
<i>Melilotus indicus</i>	meuin	300	NS	1,218**	NS
<i>Plantago coronopus</i>	placo	300	NS	NS	-12,554*
<i>Rumex crispus</i>	rumcr	300	NS	NS	36,200*
Trigo	trzdu	200	NS	NS	-14,976***

NS= No significativo; N= Dosis de nitrógeno (mg L^{-1}) comparada con el testigo (0 mg L^{-1}).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización nitrogenada tiene potencial dentro de un programa de manejo integrado, ya que la adición de N aumentó la emergencia en *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* y *Chrysanthemum*, mientras que la redujo en *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* y *Plantago*. Además, aumentó la vulnerabilidad en *Centaurea* porque retrasó y concentró la emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

BLACKSHAW RE, RANDALL N, BRANDT RN, JANZEN HH, ENTZ T, GRANT CA & DERKSEN A (2003) Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science* 51, 532-539.

- BLACKSHAW RE & BRANDT RN (2008) Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science* 56, 743-747.
- 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.
- MARTÍNEZ A & URBANO JM (2007) Nivel de resistencia a glifosato en poblaciones de *Coryza canadensis* de Andalucía. Actas de la Sociedad Española de Malherbología, pp.349-353.
- MOREAU D, BUSSET H, MATEJICEK A & MUNIER-JOLAIN N (2014) The ecophysiological determinants of nitrophily in annual weed species. *Weed Research* 54, 335-346.
- ONOFRI A, MESGARAN MB, NEVE P & COUSENS RD (2014) Experimental design and parameter estimation for threshold models in seed germination. *Weed Research* 54, 425-435.
- 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 & STREIBIG JC (2005) Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software* 12(5). Available at: www.bioassay.dk.
- RITZ C (2010) Toward a unified approach to dose-response modeling in ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 220-229.
- SCHUTTE BJ 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 (*Coryza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology* 21, 396-401.
- WICKHAM H (2009) ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer. New York.