

TOLERANCIA DE DIFERENTES ESPECIES INVERNALES A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN LÍNEA DE SIEMBRA

Ing. Agr. (MSc) Gustavo Ferraris

Manejo de Cultivos INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA)

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Palabras clave: fitotoxicidad, compensación, fertilizantes fosforados.

Una pregunta frecuente en nutrición de cultivos es: ¿Que dosis de fertilizante se puede aplicar en línea de siembra sin afectar la implantación? Los fertilizantes de mejor relación costo:beneficio suelen ser agresivos por su alta concentración de nutrientes. Este trabajo compara la tolerancia de diferentes especies invernales a una de las fuentes fosforadas más comunes, el fosfato monoamónico.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más controversiales sobre el uso de fertilizantes es la tolerancia de diferentes especies a su aplicación en línea de siembra. La dificultad para realizar ensayos con la precisión requerida, y la variedad de fuentes, mezclas de fertilizantes, y condiciones ambientales que modifican el comportamiento a campo, ha obstaculizado la postulación de criterios claros. Entre los aspectos que amortiguan los daños eventuales sobre las semillas se cuentan un adecuado contenido de humedad en los suelos, temperaturas favorables a la germinación, y semillas de buena calidad. Por el contrario, resultan desfavorables fertilizantes con alto grado de nitrógeno (N) en su composición o alto índice salino, suelos con pH alto, y un posicionamiento en íntimo contacto con las semillas o por debajo de las mismas, puesto que la radícula es más sensible a los fertilizantes que el hipocótilo o los cotiledones.

El objetivo de esta experiencia es comparar la tolerancia de diferentes especies invernales a la aplicación de fertilizantes en línea de siembra, y evaluar la respuesta compensatoria en rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2015 y 2016, se realizaron experimentos en los cuales se cuantificó la tolerancia a la aplicación de dosis crecientes de fosfato monoamónico (MAP, 12-23-0) en línea de siembra. Los experimentos se realizaron en trigo, cebada cervecera, arveja y lenteja en 2015. En trigo, el ensayo se replicó aplicando los mismos tratamientos al voleo (Tabla 1). La experiencia se repitió en 2016, a excepción del cultivo de lenteja. Los experimentos fueron conducidos en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo serie Pergamino, Argiudol típico, familia fina, illítica, térmica (USDA- Soil Taxonomy V. 2006). El diseño de los ensayos fue en bloques completos al azar con tres (legumbres) o cuatro (trigo y cebada) repeticiones. Las dosis de fertilizante aplicado se describen en la Tabla 2. Siembra y fertilización se realizaron con una sembradora experimental de cono, utilizando el mismo fertilizante y regulación en todos los cultivos. Las densidades sembradas fueron de 300, 300, 100 y 200 pl m⁻² para trigo, cebada, arveja y lenteja, respectivamente. Fertilizante y semilla se condujeron por bajadas independientes, pero se localizaron en el mismo doble disco plantador. La sembradora realiza una mínima remoción, por lo que fertilizante y semilla se ubicaron en íntimo contacto. Los experimentos se realizaron en suelos de baja fertilidad, con una concentración de P Bray < 10 mg/kg (0-20 cm). El contenido de humedad en los primeros 20 cm fue de 70 a 90 % de la Capacidad de campo, siendo menor en 2015 respecto de 2016. Este factor es sumamente relevante puesto que el efecto osmótico disminuye y el pasaje a N-nitratos aumenta bajo condiciones de alta humedad edáfica. Malezas, plagas y enfermedades fueron controladas en todos los cultivos. En el caso de trigo y cebada, la dosis de N fue ajustada diferencialmente por tratamiento, para equiparar el N aportado por MAP (Tabla 2).

Tabla 1: Especies y cultivares evaluados, año y forma de aplicación

Especie	Año	Forma de aplicación	Cultivar
Trigo	2015 y 2016	línea	SY 200 y DM Algarrobo
Trigo voleo	2015 y 2016	voleo	SY 200 y DM Algarrobo
Cebada cervecera	2015 y 2016	línea	Scrabble y Andreia
Arveja	2015 y 2016	línea	Víper y Reusitte
Lenteja	2015	línea	Sargento Cabral

Tabla 2: Dosis de fertilizante (MAP, 12-23-0) evaluadas en los experimentos

Trat	Fertilizante	Dosis P	Dosis N
T1	Control		Ajustado a 180 kgN ha ⁻¹ (suelo + fertilizante)
T2	MAP 100 kg ha ⁻¹	23 kg ha ⁻¹	
T3	MAP 200 kg ha ⁻¹	46 kg ha ⁻¹	
T4	MAP 300 kg ha ⁻¹	69 kg ha ⁻¹	

El número final de plantas se evaluó recontando 12 m lineales de surco x parcela, 15 dde (después de emergencia). El rendimiento se determinó mediante cosecha mecánica –trigo y cebada cervecera- o manual con trilla estacionaria –arveja y lenteja-. Con los datos de emergencia y rendimiento se ajustaron funciones lineales y cuadráticas, evaluando la significancia del modelo y su grado de ajuste (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestra el ajuste, significancia y valor de la pendiente de caída de emergencia para una función lineal, así como el ajuste y el valor de los coeficientes para la función cuadrática. La reducción en el stand de plantas fue significativa para cebada cervecera, arveja y lenteja, pero no para trigo ni trigo al voleo. Las funciones lineal y cuadrática presentaron un ajuste similar (Tabla 3). Cuando la función cuadrática fue significativa, también lo fue la ecuación lineal, y por simplicidad podría utilizarse esta última. De acuerdo a la función lineal ajustada, la reducción en la emergencia alcanzó a 9, 0; 0,3; 16 y 12 pl m² por cada 100 kg de fertilizante aplicado para arveja, trigo voleo, trigo línea, cebada y lenteja, respectivamente (Tabla 3, ajuste de función lineal).

Tabla 3: Funciones que relacionan plantas emergidas (numero m⁻²) con dosis de MAP en línea (kg ha⁻¹).

Especie	función	Grado ajuste (R^2)	Significancia modelo P=	coeficientes
arveja	lineal	0,22	0,006	-0,09x
	cuadrática	0,22	0,02	0,01x ² -2,31x
trigo voleo	lineal	0,01	0,57	0,028x
	cuadrática	0,01	0,85	-0,06x ² +045x
trigo	lineal	0,00	0,94	-0,003x
	cuadrática	0,08	0,28	-0,028x ² -0,19x
cebada cervecera	lineal	0,29	0,001	-0,16x
	cuadrática	0,30	0,005	-0,005x ² -1,94x
lenteja	lineal	0,85	0,00	-0,12x
	cuadrática	0,85	0,00	0,85x ² -7,02x

En la Figura 1 se compara en forma relativa la tolerancia de las diferentes especies, expresada como % de plantas emergidas respecto del control no fertilizado. Se destaca el trigo como la especie menos sensible al efecto fitotóxico de los fertilizantes, mientras que las legumbres resultaron las más afectadas, resintiendo su establecimiento desde la dosis de 100 kgMAP ha⁻¹ (Figura 1). Entre ellas, la lenteja expresa una caída mayor de emergencia respecto de arveja a la dosis mínima evaluada de MAP100, equiparando el comportamiento a dosis superiores. La cebada cervecera mostró un resultado intermedio. En esta especie, la dosis de 100 kg ha⁻¹, utilizada habitualmente a nivel de campo, produjo una caída en el stand de plantas de un 7%. La sensibilidad diferencial entre especies fue reportada también por Ciampitti et al., (2006). La mayor sensibilidad a la presencia de fertilizantes en línea de cebada respecto de trigo fue documentada en un experimento anterior (Ferraris et al., 2013). Watson & Comstock (2016) señalan al trigo como una especie sensible a los fertilizantes, pero en términos comparativos tolerante a mayores dosis respecto de otros cultivos. La magnitud del efecto fitotóxico observado en estos experimentos es menor respecto de lo documentado con las mismas especies y dosis en experiencias anteriores, lo cual puede ser atribuido al abundante contenido de humedad de los suelos al momento de la siembra de las dos últimas campañas. No obstante, el efecto real sobre el cultivo podría ser superior al reflejado, por un mero recuento en el número de plantas, puesto que es común observar daños secundarios como retraso y desuniformidad en la emergencia, plantas débiles, retorcidas, que desde la observación visual se expresan con una singular gravedad. Por su parte, las especies invernales se presentan como más tolerantes que sus pares estivales, soja y maíz (Ferraris, 2013; Ferraris et al, 2014). Esto podría nuevamente ser atribuido a factores ambientales, ya que las altas temperaturas del verano aumentan la tasa de producción de amoníaco desde el fertilizante, y la mayor velocidad de germinación hace lo propio con el requerimiento hídrico de la plántula, acentuando la competencia osmótica de los fertilizantes.

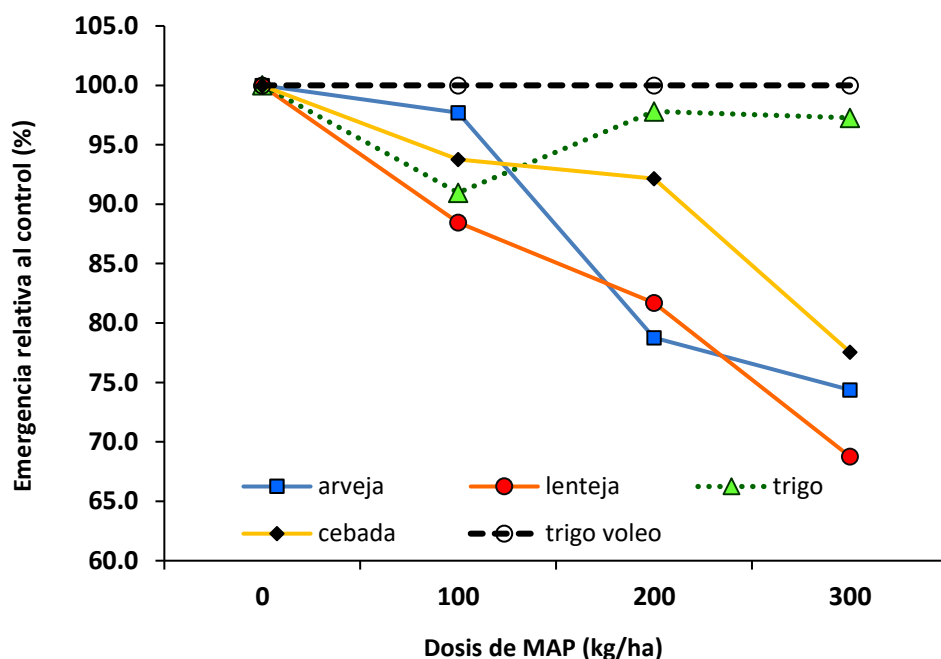


Figura 1: Emergencia relativa al control (Control=100) de diferentes especies invernales según dosis de fosfato monoamónico aplicada en línea de siembra. INTA Pergamino, años 2015 y 2016.

En la Tabla 4 se describen las funciones que relacionan rendimiento con dosis de fertilizante. Solo en arveja, la función lineal no fue significativa pero la cuadrática sí. Por otra parte, las ecuaciones no fueron significativas para lenteja. En el resto de las especies, ambas describieron significativamente ($P < 0,05$) la respuesta a la fertilización. En todas las especies a excepción de lenteja, el ajuste de la ecuación cuadrática fue superior a la lineal (Tabla 4).

Tabla 4: Funciones que relacionan rendimiento con dosis de MAP en línea (kg ha^{-1}).

Especie	función	Grado ajuste (R^2)	Significancia modelo $P=$	coeficientes
arveja	lineal	0,09	0,08	$2,25x$
	cuadrática	0,23	0,01	$0,00048x^2 - 0,007x$
trigo voleo	lineal	0,10	0,09	$3,12x$
	cuadrática	0,24	0,03	$-0,00035x^2 + 0,048x$
trigo	lineal	0,20	0,01	$6,44x$
	cuadrática	0,26	0,02	$-0,00078x^2 + 0,042x$
cebada cervecera	lineal	0,25	0,00	$3,79x$
	cuadrática	0,26	0,02	$0,000136x^2 + 0,06x$
lenteja	lineal	0,04	0,43	$0,48x$
	cuadrática	0,08	0,58	$0,00032x^2 + 0,09$

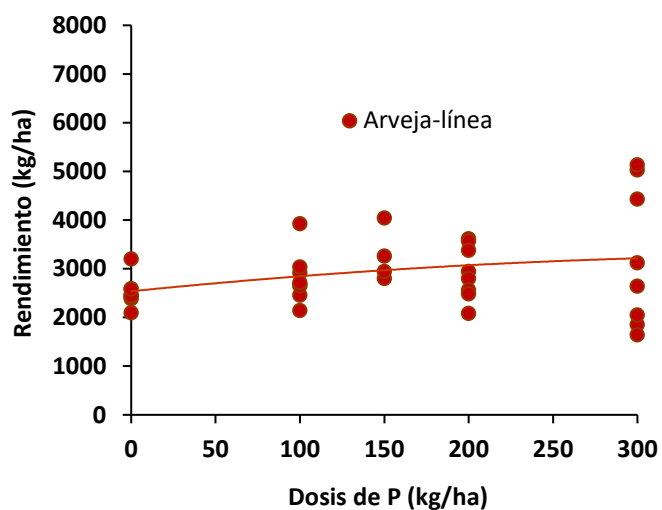


Figura 2.a

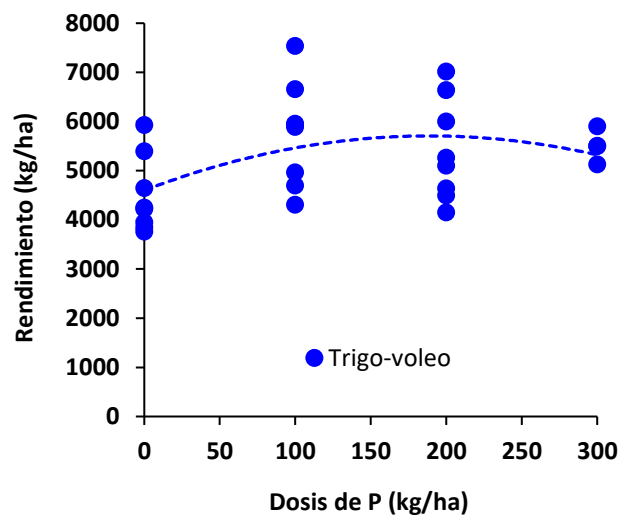


Figura 2.b

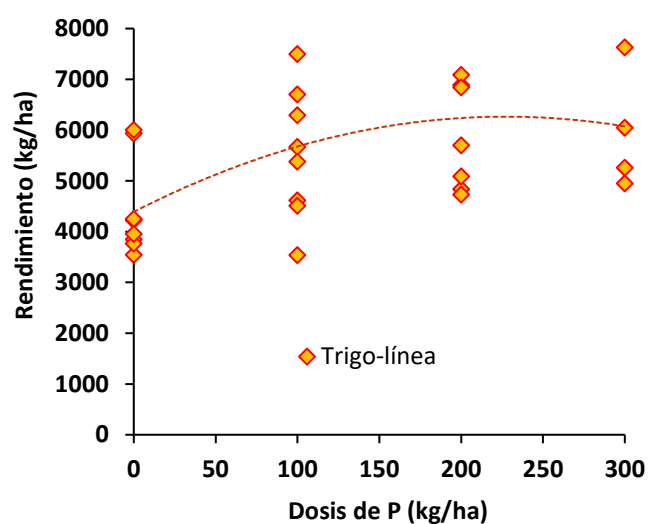


Figura 2.c

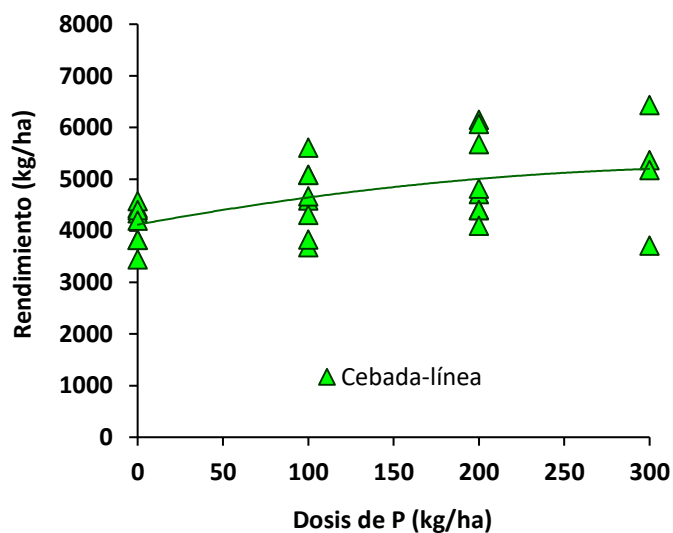


Figura 2.d

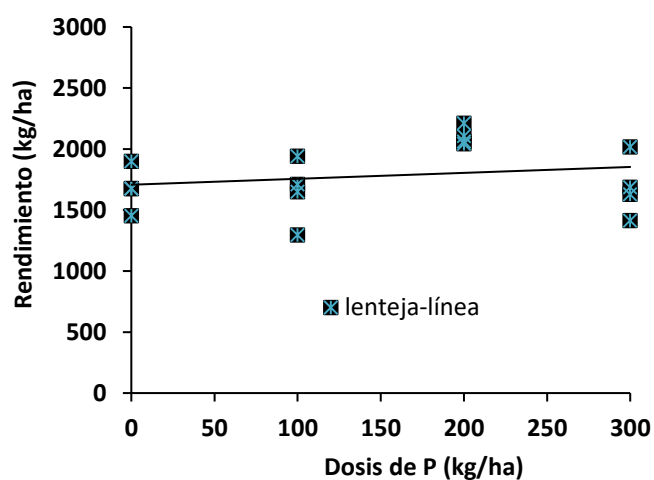


Figura 2.de

Figura 2: Relación entre rendimiento de grano y dosis de fosfato monoamónico en línea de siembra para diferentes especies invernales: arveja, trigo, trigo con aplicación de P al voleo, cebada cervecera y lenteja.

En la Figura 2 se presenta la respuesta en rendimiento a la aplicación de fertilizantes, describiendo la función de mayor ajuste (lineal o cuadrático). Todas las especies lograron compensar la pérdida de plantas a través de un mayor crecimiento. La respuesta máxima se obtuvo en trigo aplicado en línea, y la mínima en lenteja. En trigo, trigo voleo, cebada y arveja una función cuadrática mejoró el ajuste respecto de la ecuación lineal (Figura 2). Si se ajustara una ecuación lineal, la EUF (eficiencia de uso del fertilizante) fue de 6,4; 3,1; 3,8; 2,25 y 0,5 kg grano:kg MAP⁻¹, para arveja, trigo voleo, trigo línea, cebada y lenteja, respectivamente (Tabla 4).

CONCLUSIONES

*El fertilizante evaluado, especialmente al aplicarse en dosis alta, afectó la germinación de las semillas en grado variable según la especie considerada. Las legumbres se muestran como las más sensibles y el trigo fue el menos afectado, evidenciando un comportamiento intermedio la cebada. Llama la atención la diferencia entre ambas especies de gramíneas, pero hay evidencia previa de este comportamiento.

*Los cultivos lograron compensar la pérdida de plantas sin disminuir su rendimiento, pero no se puede comprobar mediante el diseño implementado cuanto es la ganancia de rendimiento dejada de lado con respecto a una aplicación menos agresiva, en bandas al costado o por debajo de las simientes.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

* **Ciampitti I.A., H. Fontanetto, F. Micucci y F.O. García. 2006.** Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos Fitotóxicos. Informaciones Agronómicas N° 31, Archivo Agronómico N° 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

* **Ferraris, G. 2013.** Fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados aplicados en línea de siembra de soja. Revista Técnica en SD. Soja. Sep. 2012:p. ISSN 1850-0633. AAPRESID. 6 pp.

* **Ferraris, G. y L. Couretot. 2013.** Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja. Campaña 2012/13. AAPRESID. Revista de Trigo y Cultivos invernales 2013. 7 pp.

* **Ferraris, G.N.; Couretot, L.A.; Magnone G. 2014.** Fertilizantes en Línea de Siembra de Maíz: Efectos Sobre la Implantación y el Rendimiento. MAIZ HD - X Congreso Nacional de Maíz. Mesa de Fertilidad y Nutrición del cultivo. Rosario, 3 al 5 de setiembre de 2014.

* **Watson, S. & D. Comstock. 2016.** Starter fertilizers for wheat can pay if used correctly. K-State Research and Extension News. Publicado el 6 de Septiembre de 2016.