

Tolerancia de diferentes especies invernales a la aplicación de fertilizantes en línea de siembra

Gustavo N. Ferraris^{1,*}, y José Salvatori²

- Una de las preguntas más frecuentes en nutrición de cultivos es: ¿Que dosis de fertilizante se puede aplicar en la línea de siembra sin afectar la implantación del cultivo?
- En este trabajo se compara la tolerancia de diferentes especies invernales a una de las fuentes fosforadas más comunes, el fosfato monoamónico.
- En orden de sensibilidad, la emergencia en las legumbres (arveja y lenteja) resultó más afectada en comparación con cebada (sensibilidad intermedia) y trigo, que fue el cultivo menos afectado por la práctica.

Introducción

Uno de los aspectos más controversiales sobre el uso de fertilizantes es la tolerancia de diferentes especies de cultivos a su aplicación en la línea de siembra, siendo así que una de las preguntas más frecuentes en nutrición de cultivos es: ¿Qué dosis de fertilizante se puede aplicar en la línea de siembra sin afectar la implantación del cultivo? Los fertilizantes de mejor relación costo:beneficio suelen ser potencialmente altamente agresivos por su alta concentración de nutrientes. Por otro lado, 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 complica la posibilidad de contar con información precisa acerca de los posibles efectos fitotóxicos. La alternativa de aplicar los fertilizantes en cobertura total ha demostrado alta eficiencia agronómica, pero a nivel productivo muestra una adopción limitada, y hay restricciones en suelos con pendiente a causa de los riesgos de pérdidas por escorrentía.

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 potencialmente desfavorables los fertilizantes con alto grado de nitrógeno (N) en su composición o con un alto índice salino, suelos con pH alto, y un posicionamiento en íntimo contacto con las semillas o directamente 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 la 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 [FMA, 12-23 (52 P₂O₅)-0] en la línea de siembra. Los experimentos se realizaron en trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), y lenteja (*Lens culinaris* Medik) en 2015. En trigo, el ensayo se replicó aplicando los mismos tratamientos en cobertura total (**Tabla 1**). La experiencia se repitió en 2016, a excepción del cultivo de lenteja. Los experimentos fueron conducidos en la EEA INTA Pergamino (Pergamino, Buenos Aires, Argentina), 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. 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⁻¹ (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 FMA (**Tabla 2**).

La población inicial se evaluó recontando las plántulas en 12 m lineales de surco x parcela, 15 días después de su emergencia (dde). 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 (R²).

¹ Manejo de Cultivos INTA EEA Pergamino

² Cooperativa Agrícola Ganadera de Peyrano Ltda. Av. Frondizi km 4.5 (B2700WAA)

* Autor de contacto. Correo electrónico: ferraris.gustavo@inta.gob.ar

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 (FMA , 12-23-0) evaluadas en los experimentos.

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

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

Especie	Función	Grado ajuste, R ²	Significancia modelo, P=	Coefficientes
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 +0.45x
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

Resultados y discusión

En la **Tabla 3** se muestra el ajuste, significancia y valor de la pendiente de caída de plantas emergidas 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 con ambos métodos de aplicación del fertilizante. 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 ajustada, la reducción en la emergencia alcanzó a 9, 16 y 12 pl m⁻² por cada 100 kg ha⁻¹ de fertilizante aplicado para arveja, cebada y lenteja, respectivamente.

En la **Figura 1** se compara, en forma relativa, la tolerancia de las diferentes especies, expresada como porcentaje 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 resultan las más afectadas, resintiendo su establecimiento a partir de la dosis de 100 kg FMA ha⁻¹ (**Figura 1**). Entre ellas, la lenteja expresa una caída mayor de emergencia respecto de arveja a la dosis mínima evaluada de FMA (100 kg ha⁻¹), equiparando el comportamiento a dosis superiores. La cebada cervecera mostró un resultado intermedio. En esta especie, la dosis de 100 kg FMA 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 la línea de siembra de la cebada respecto de trigo fue documentada en un experimento anterior (Ferraris et al., 2013). Watson y Comstock (2016) señalan al trigo como una especie sensible a los fertilizantes, pero en términos comparativos

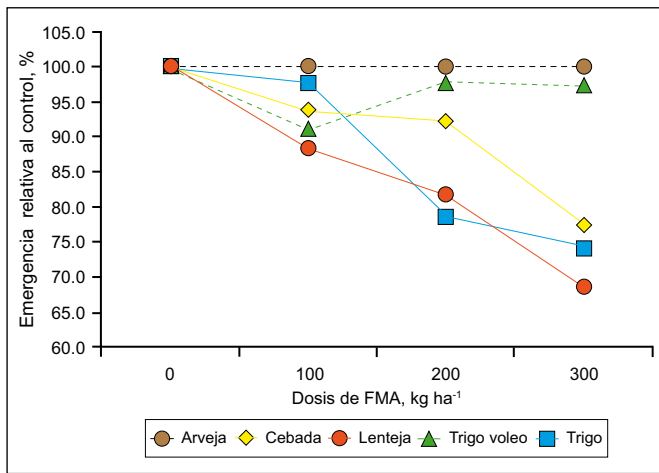


Figura 1. Emergencia relativa al control (Control = 100) de diferentes especies invernales según dosis de fosfato monoamónico (FMA, 11-23-0) aplicada en línea de siembra. EEA INTA Pergamino, Campañas 2015 y 2016.

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 elevado contenido de humedad de los suelos al momento de la siembra de las campañas 2015 y 2016. 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

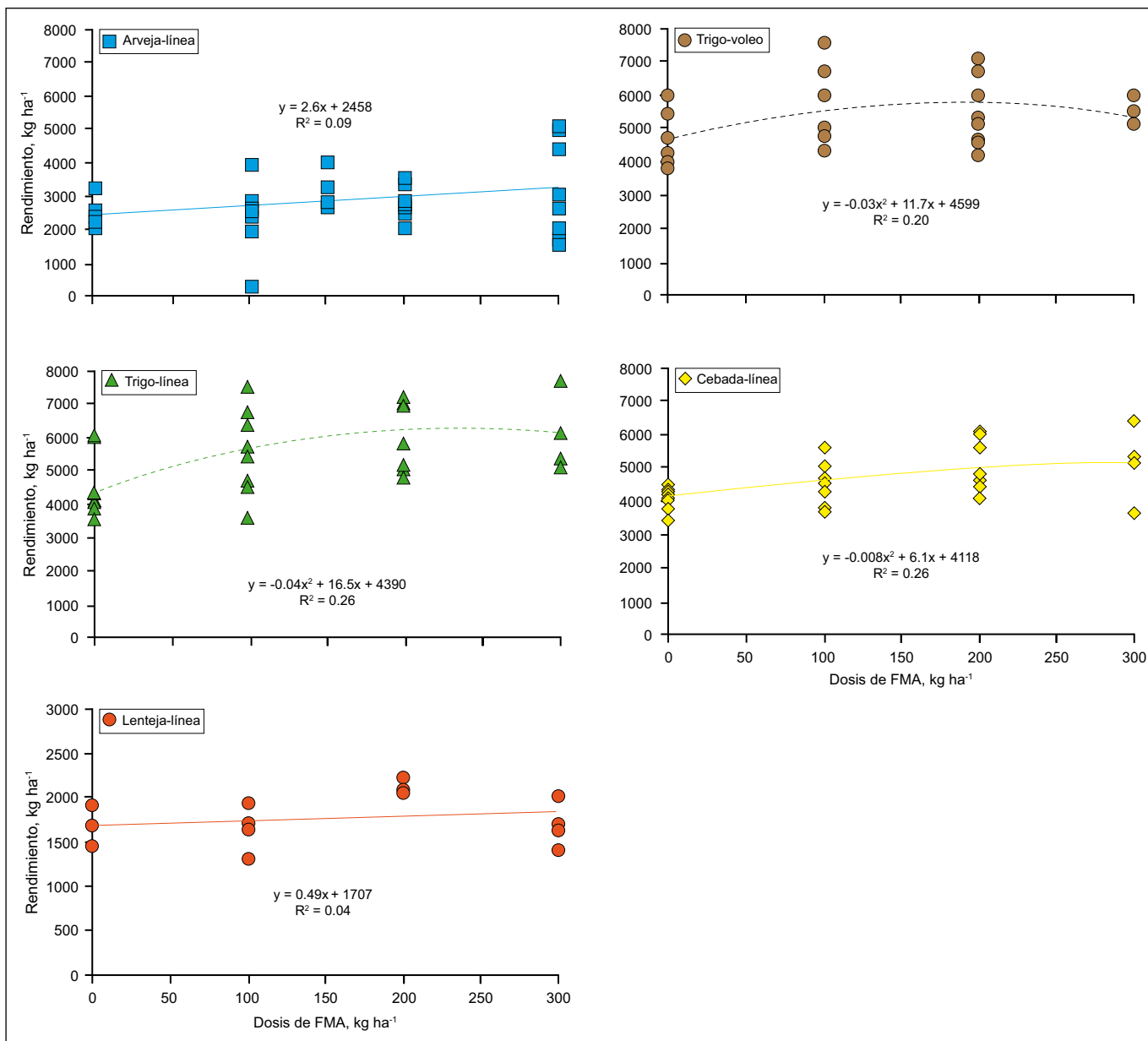


Figura 2. Relación entre rendimiento de grano y dosis de fosfato monoamónico (FMA, 11-23-0) en línea de siembra para diferentes especies invernales: Arveja, trigo, trigo con aplicación de P al voleo, cebada cervecera y lenteja.

Tabla 4. Funciones que relacionan rendimiento con dosis de FMA en línea (kg ha⁻¹).

Especie	Función	Grado ajuste, R ²	Significancia modelo, P=	Pendiente	Ordenada al origen
Arveja	lineal	0.09	0.08	2.25x	2585
	cuadrática	0.09	0.09	0.00048x ² -0.007x	2538
Trigo voleo	lineal	0.10	0.09	3.12x	4862
	cuadrática	0.24	0.03	-0.00035x ² +0.048x	4599
Trigo línea	lineal	0.20	0.01	6.44x	4697
	cuadrática	0.26	0.02	-0.00078x ² +0.042x	4390
Cebada cervecera	lineal	0.25	0.00	3.79x	4188
	cuadrática	0.26	0.02	0.000136x ² +0.06x	4118
Lenteja	lineal	0.04	0.43	0.48x	1707
	cuadrática	0.08	0.58	0.00032x ² +0.09	1610

lo propio con el requerimiento hídrico de la plántula, acentuando la competencia osmótica de los fertilizantes.

En la **Tabla 4** se describen las funciones que relacionan los rendimientos con las dosis de fertilizante. En trigo al voleo la función lineal no fue significativa pero la cuadrática sí. Por otra parte, las ecuaciones no fueron significativas para arveja o 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**).

En la **Figura 2** se presenta la respuesta en rendimiento de cada cultivo a la aplicación de fertilizantes, describiendo la función de mayor ajuste (lineal o cuadrática). 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 2.25; 3.1; 6.4; 3.8 y 0.5 kg grano: kg FMA⁻¹, para arveja, trigo voleo, trigo línea, cebada y lenteja, respectivamente (**Tabla 4**).

Conclusiones

- El FMA, especialmente al aplicarse en dosis alta (superiores a 100 kg ha⁻¹), 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 la cebada un comportamiento intermedio. 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

- 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* Nº 31, Archivo Agronómico Nº 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Ferraris, G.N. 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 p.
- Ferraris, G.N., y L.A. Couretot. 2013. Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja. *Campaña 2012/13*. AAPRESID. *Revista de Trigo y Cultivos invernales 2013*. 7 p.
- Ferraris, G.N., L.A. Couretot, y G. Magnone. 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 septiembre de 2014.
- Watson, S., y D. Comstock. 2016. Starter fertilizers for wheat can pay if used correctly. *K-State Research and Extension News*. September 6, 2016.