



Fertilización en maíz. Resultados de experimentos de fertilización con nitrógeno, fósforo, azufre y zinc. Ciclo 2016-17.

Gudelj, Vicente.; Vallone, Pedro; Galarza, Carlos; Anselmi, Henry; Donadío, Horacio; Salafia, Analia; Videla Mensegue, Horacio; Conde, Belén *

*Técnicos de la EEA INTA Marcos Juárez
gudelj.vicente@inta.gob.ar

palabras clave: maíz – fertilización - ensayos

Introducción

El aumento del consumo de fertilizantes en la región pampeana tiene relación con su creciente agriculturización. En general la falta de pasturas en la rotación y la exportación de nutrientes que con la cosecha se llevan los granos, sin la debida reposición, determinaron en el tiempo la deficiencia de nutrientes en los suelos. La aplicación de fertilizantes es una de las prácticas necesarias para ofrecer nutrientes y suplir ese déficit. En el cultivo de maíz es muy factible encontrar respuesta en los rendimientos por la aplicación de nitrógeno (N), pero también a la aplicación de fósforo (P) y azufre (S). El zinc (Zn) es otro de los nutrientes que aplicado vía fertilización mejoró en algunas oportunidades el rendimiento del cultivo de maíz.

En relación al P los resultados de una red de ensayos del INTA determinó un rango crítico de 12 a 20 ppm, por debajo del cual hay alta probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado y también que la forma de aplicación, en la línea o al voleo anticipada, cuando se utilizan dosis altas, cercanas a reposición, no modificó significativamente el rendimiento del maíz en la mayoría de los sitios evaluados (Barbagelata, 2011).

El Zn es un micronutriente esencial para el crecimiento de los cultivos y debido a la agriculturización se produjo una disminución de su disponibilidad en el suelo. Esta reducción está también asociada a suelos con bajos contenidos de materia orgánica. El Zn se puede aplicar en mezclas físicas, químicas, en forma foliar y también peleteando la semilla. Resultados de experiencias del INTA Marcos Juárez aplicando Zn más P y S en las primeras tres formas no mostraron diferencias en los rendimientos del cultivo de maíz respecto de la aplicación de P + S, cuando los valores de Zn en el suelo estuvieron por encima del valor considerado crítico (<1 ppm), excepto en lotes con altos valores de P que a su vez recibieron una fertilización de reposición de P, donde sí hubo respuesta (Gudelj et al., 2000, 2001, 2002). Cuando los valores de Zn en el suelo fueron menores a 1 ppm utilizando mezclas químicas hubo respuesta en dos oportunidades con valores de Zn de 0.6 y 0,65 ppm respectivamente (Gudelj et al., 1998 y 2016) y no la hubo en otra experiencia donde el valor de Zn en el suelo fue de 0.82 ppm (Gudelj et al., 2005). A su vez un meta-análisis realizado para estudiar la magnitud de la respuesta a la fertilización con micronutrientes en el área pampeana, determinó aumentos del 5.5 y 4.9 % por la adición de B y Zn respectivamente (Salvagiotti, 2014). Deficiencias de Zn podrían presentarse en suelos con alta disponibilidad de P. Varios cultivos han demostrado ser susceptibles al efecto de la interacción Zn-P, altos niveles de uno de ellos puede reducir la absorción del otro (INPOFOS-Manual Internacional de Fertilidad de suelos).

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto del Zn, P, S y N utilizando mezclas físicas, químicas y peleteado en la semilla, sobre el rendimiento del cultivo de maíz, y evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada.

Materiales y métodos

Se condujeron dos experimentos de campo en condiciones de secano en suelos típicos de las áreas de influencia de las EEA Marcos Juárez (Córdoba). Fueron instalados en lotes de producción manejados en siembra directa en las localidades de La Carlota y Laboulaye. Los productos evaluados fueron:

-TSL (Tecnología semilla lista). Tratamiento de semilla con promotor de crecimiento radicular que contiene Zn.

-MicroEssentialsZn. Fertilizante Premium a base de N-P-S-Zn (12-17-10-1).

-Mezcla física de NPS (12-17-10). - Mezcla física de NS (12-10), superfosfato triple (0-20-0), urea (46-0-0) y yeso (18 S).

Las características generales y manejo de cada sitio se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales y manejo en cada sitio experimental

Características	La Carlota	Laboulaye
Tipo de suelo	Clase IV Haplustol Entico	Clase IIIc Serie Laboulaye (Haplustol udortentico)
Años de agricultura	20	15
Años en siembra directa	15	7
Antecesor	Soja	soja
Fecha de implantación	3-11-2016	6-12-2016
Hibrido utilizado	ACA470VTTriplePRO	ACA 474VTTriple PRO
Densidad	5 semillas/m lineal a 70 cm entre hileras	5 semillas/m lineal a 70 cm entre hileras
Fertilización nitrogenada	5 -12-2016	3-2-2017

Los sitios experimentales permanecieron libres de malezas durante todo el ciclo utilizando herbicidas de controles totales y residuales para lograr el objetivo. No fue necesario aplicar insecticidas ni fungicidas

Las parcelas tuvieron una superficie de 28 m² (4 surcos a 70 cm entre hileras por 10 m de largo) dispuestas en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro y tres repeticiones por tratamiento en La Carlota y Laboulaye respectivamente.

Previo a la siembra del cultivo se realizó un muestreo de suelo de 0-5 y 0-18 cm de profundidad para realizar un análisis químico de las mismas.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1-Testigo absoluto

2-Testigo + 180 N V6

3- Supertriple 127 Kg/ha + 180 N V6

4- Supertriple 127 Kg/ha + 84 Kg/ha Yeso + 180 N V6

5- Arrancador Mezcla física NPS (12-17-10) + 180 N V6

6-TSL + Arrancador Mezcla física NPS (12-17-10) + 180 N V6

7-Arrancador MicroEssentialsZn N-P-S-Zn (12-17-10-1) (150 kg/ha) + 180 N V6

8-TSL + Arrancador MicroEssentialsZn N-P-S-Zn (150 kg/ha) + 180 N V6

9-Arrancador MicroEssentialsZn N-P-S-Zn (12-17-10-1) (75 kg/ha) + 180 N V6

10-Arrancador Mezcla física NPS (12-17-10) + 60 N V6

11- Arrancador Mezcla física NPS (12-17-10) + 120 N V6

En V6 en La Carlota y V12 en Laboulaye se realizó, excepto en el testigo absoluto, la fertilización nitrogenada post-siembra utilizando urea como fuente. En Laboulaye se demoró la aplicación dado que las abundantes precipitaciones ocurridas impidieron llegar hasta el experimento en el momento oportuno. En ambos sitios los tratamientos 2 a 9 recibieron 180 kg de N, mientras que en los tratamientos 10 y 11 se aplicó 60 y 120 kg de N respectivamente para medir la respuesta a la fertilización nitrogenada.

Resultados

En el cuadro 2 se muestran los resultados de análisis de suelo realizado en el laboratorio de ACA Pergamino para cada uno de los sitios donde se implantaron los experimentos. En los dos sitios los valores de materia orgánica fueron bajos. La disponibilidad de N de nitratos fue baja en La Carlota y alta en Laboulaye. Se debe considerar que en este último sitio la siembra y muestreo se realizó en el mes de diciembre, lo que pudo haber incidido en la mayor mineralización de N. En ambos sitios los valores de P se situaron dentro del rango donde es posible encontrar respuesta a la fertilización fosfatada en el cultivo de maíz y los de S en el límite crítico. Los valores de Zn hasta los 18 cm estuvieron por debajo del nivel considerado crítico.

Cuadro 2. Resultados de análisis de suelo previo a la siembra

Localidad	Profundidad cm	La Carlota	Laboulaye
Materia orgánica (%)	0-18	1,9	1,1
pH (1:2,5)	0-18	5,8	5,8
N-Nitratos (ppm)	0-18	8	24,8
P (Bray I) (ppm)	0-18	19	6,3
S-Sulfatos (ppm)	0-18	10,2	9,7
Zn (ppm)	0-5	1,23	1,78
	0-18	0,67	0,79

En el cuadro 3 se presentan las precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 3. Precipitaciones durante el ciclo del cultivo (mm)

Localidad	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero
La Carlota	274	27	51	77	92
Laboulaye	215	94	266	217	113

FUENTE: Agro meteorología, EEA INTA Marcos Juárez - Tec. Agr. Andreucci Alvaro; INTA La Carlota Feresin Patricio

En ambos sitios el perfil del suelo se recargó con las abundantes precipitaciones ocurridas en octubre que duplicaron y triplicaron la media histórica de Laboulaye y La Carlota respectivamente.

En La Carlota las precipitaciones en los meses subsiguientes y hasta madurez fisiológica estuvieron por debajo de la media histórica. En Laboulaye sólo noviembre estuvo levemente debajo de la media histórica mientras que los meses siguientes la superaron sobre todo diciembre y enero en que las precipitaciones alcanzaron 266 y 217 mm respectivamente. Esto produjo anegamiento por lo que puede haber ocurrido pérdidas de N por lavado y desnitrificación, considerando los altos valores de este elemento detectado en el análisis de las muestras de suelo obtenidas en el momento de implantación del cultivo. Las pérdidas por desnitrificación del N aplicado como fertilizante son muy variables y pueden llegar hasta el 70% del N aplicado, con valores modales que varían de 2,5 a 50 % (Vintén y Smith, 1993, citado por Garcia 1996). Las pérdidas por lavado en este caso pueden ser debido a que el nitrógeno, que es muy soluble quedó disuelto en el agua de la napa y quizás una proporción importante fuera del alcance de las raíces.

Considerando lo anterior, el rendimiento promedio de los experimentos puede considerarse bueno en Laboulaye (9430 kg/ha) y muy bueno en La Carlota (13132 kg/ha). Con los resultados de rendimientos obtenidos se realizó un análisis de varianza utilizando modelos lineales mixtos considerando heterogeneidad de variancia para los tratamientos. En ambos casos hubo diferencias entre los tratamientos que se compararon con el test LSD de Fisher al 5% (cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Rendimientos kg/ha, La Carlota - Medias ajustadas y errores estándares

Tratamientos	Medias	E.E.				
3) Supertriple	13990	287.94	A			
7) MicroEssentialsZn (150 Kg/ha)	13704	287.94	A	B		
4) Supertriple + Yeso	13577	97.51	A	B		
5) Mezcla física NPS-180 N V6	13556	287.94	A	B	C	
8) TSL + MicroEssentialsZn	13521	287.94	A	B	C	
9) MicroEssentialsZn (75 kg/ha)	13489	287.94	A	B	C	
6) TSL + Arrancador Mezcla (P+S+N)	13323	287.94	A	B	C	
11) Mezcla física NPS-120 N V6	13109	287.94		B	C	
2) TESTIGO + 180 N V6	13013	97.51			C	
10) Mezcla física NPS-60 N V6	12534	479.03			C	
1) TESTIGO	10644	287.94				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 5. Rendimientos kg/ha, sitio Laboulaye - Medias ajustadas y errores estándares

Tratamientos	Medias	E.E.				
6) TSL + Arrancador Mezcla (P+S+N)	10152	501.06	A			
7) MicroEssentialsZn (150 Kg/ha)	10093	501.06	A			
4) Supertriple + Yeso	9967	501.06	A	B		
3) Supertriple	9885	205.77	A	B		
8) TSL + MicroEssentialsZn	9708	501.06	A	B	C	
11) Mezcla física NPS-120 N V6	9627	501.06	A	B	C	
5) Mezcla física NPS-180 N V6	9556	611.36	A	B	C	
10) Mezcla física NPS-60 N V6	9496	110.97	A	B	C	
9) MicroEssentialsZn (75 kg/ha)	9121	501.06	A	B	C	
2) TESTIGO + 180 N V6	8514	501.06		B	C	D
1) TESTIGO	7616	501.06				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En La Carlota los tratamientos con P tuvieron un mejor comportamiento lográndose diferencias significativas de rendimiento con los tratamientos 6, 7 y 4 que tenían P respecto del tratamiento 2 que no lo tenía. El valor de P en el suelo a la siembra estaba en el rango donde es factible esperar respuesta en los rendimientos por fertilización con este nutriente. En cuanto al N es válido aclarar que luego de la aplicación de urea en V6 pasaron 12 días hasta que una precipitación de 18 mm la incorporó. Se estima que no hubo mayores pérdidas por volatilización dado que durante esos 12 días las condiciones para la hidrólisis de la urea fueron buenas en cuanto a temperatura media, 23° pero no lo fueron en cuanto a humedad relativa que en fue en promedio del 51 %. En la EEA INTA Marcos Juárez se midieron pérdidas de rendimientos por aplicación de urea en superficie cuando la humedad relativa media de los días posteriores a la aplicación y hasta la incorporación por una lluvia superó el promedio del 70 %. La humedad, la temperatura y la enzima ureasa son factores necesarios para que se inicie el proceso de hidrólisis de la urea y las pérdidas por volatilización de NH₃ (Gudelj y colaboradores, 2002 y 2003). Hubo respuesta a N si se comparan los tratamientos testigo con el testigo más N. Ahora comparando las dosis crecientes de N (tratamientos 10,11 y 5) surge que esa respuesta solo se dio hasta los 60 Kg de N. Dado los altos rendimientos obtenidos y la baja disponibilidad de N en el suelo a la siembra es de suponer una importante mineralización de este elemento durante el ciclo del cultivo que aportó para lograr esos altos rendimientos con la dosis baja de N. No hubo respuesta al S al comparar el tratamiento 3 contra el 4. Los niveles de este nutriente en el análisis de suelo a la siembra pueden fundamentar esta falta de respuesta. Tampoco hubo respuesta a la aplicación de Zn en ninguna de sus versiones aun cuando el valor de este elemento se encontraba, a la siembra, por debajo de los considerados críticos. Si bien el valor considerado crítico es 1 ppm en las experiencias realizadas por la EEA INTA Marcos Juárez sólo se

encontró respuesta con valores menores a 0,65 y en el lote de la experiencia el valor fue de 0,79 ppm (Cuadro 2).

En Laboulaye los rendimientos fueron menores, producto de una fecha de implantación más tardía, de las pérdidas de N por lavado y desnitrificación que pudo haber ocurrido por las altas precipitaciones de diciembre y enero y de la aplicación tardía de N en post-emergencia. Por estar el suelo anegado no se lo pudo aplicar en el momento oportuno y recién se logró hacerlo en V12. Si bien hubo diferencia entre los tratamientos, la alta variabilidad producto, quizás, del anegamiento ocurrido hizo que sólo se detectara diferencia significativa por la aplicación de P cuando fue acompañado por S + Zn (comparación del tratamiento 2 contra el 6 o el 7) y por la aplicación de N cuando este elemento fue acompañado por P, P+S o P+S+Zn (comparación del tratamiento 1 contra los demás tratamientos excluido el 2). La respuesta a P era factible de esperar dado el bajo valor de este elemento detectado con el análisis de suelo de la muestra de suelo tomada en el momento de implantación del cultivo. No se observó respuesta en el rendimiento por aplicación de S, (comparación T3 contra T4). La disponibilidad de S al igual que en la experiencia de La Carlota estuvo en 9,7 ppm cercano al límite crítico de 10 ppm S-SO₄. Respecto del N si bien a la siembra la disponibilidad era alta puede que parte se haya perdido por el mencionado anegamiento y además la aplicación post emergente se realizó tardíamente lo que podría explicar la baja respuesta a la aplicación de este nutriente. Además es conveniente aclarar que en los dos días posteriores a la aplicación de la urea en V12 llovieron en total 51 mm, suficientes para incorporar el fertilizante y evitar las pérdidas por volatilización, aunque de todos modos, en los nueve días posteriores a la aplicación precipitaron 113 mm que pudo haber incidido en pérdidas por lavado y desnitrificación considerando que las napas estaban cercanas y en algunas partes llegaba al anegamiento superficial.

Tampoco hubo respuesta a la aplicación de Zn en ninguna de sus formas y dosis. Los valores de este elemento en el análisis estuvieron en el límite del considerado crítico (Cuadro 2)

Conclusiones

Hubo respuesta a la aplicación de P en los dos sitios evaluados aun cuando en uno de ellos el rendimiento fue deprimido por pérdidas de N por lavado y desnitrificación. Los valores de P en el suelo en ambos sitios, al momento de la siembra, estuvieron dentro del rango donde es factible esperar respuesta por la aplicación de este elemento.

No hubo respuesta por la aplicación de S. Los valores de disponibilidad de este nutriente al momento de la siembra podrían justificar esta falta de respuesta.

No hubo respuesta a la aplicación de Zn aun cuando los valores de este nutriente al momento de la siembra estuvo por debajo del considerado crítico.

En el sitio con bajo P la respuesta a N ocurrió sólo cuando estos nutrientes se aplicaron conjuntamente. En el otro sitio si bien hubo respuesta a la aplicación de la dosis alta de N, cuando se utilizó NPS como arrancador, la dosis de 60 kg de N fue suficiente lográndose 31,5 kg de grano por kg de N aplicado.

Bibliografía citada y consultada

Gudelj, V.; Vallone, P; Galarza, C; Anselmi, H; Donadío, H; Conde, B. 2016. Fertilización en maíz. Resultados de experimentos de fertilización con fósforo y zinc, ciclo 2015-16. Información Para Extensión, Jornada de Maíz Julio 2016, INTA Marcos Juárez.

Salvagiotti, F. 2014. Respuesta a la fertilización y requerimientos de micronutrientes en cultivos de la región pampeana. Actas XXIV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo –Bahía Blanca –Buenos Aires.

Barbagelata, P. 2011. Fertilización fosfatada para trigo y maíz en siembra directa: diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización. Actas Simposio de Fertilidad 2011: La Nutrición de cultivos integrada al Sistema de Producción-Rosario –Santa Fe.

INPOFOS-Manual Internacional de Fertilidad de suelos.

Andreucci, A. comunicación personal

Bollatti, P. comunicación personal

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; B. Masiero 2005. Evaluación de la Fertilización con nitrógeno, fósforo, azufre y zinc en el cultivo de maíz. MAIZ Actualización 2005. Información Para Extensión N° 95, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; O. Gudelj; Lorenzon; B. Masiero 2003. Fertilización de maíz en siembra directa. Resultados 2002-2003. Información Para Extensión N° 80, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; O. Gudelj; Lorenzon; B. Masiero 2002. Fertilización de maíz en siembra directa. Resultados 2001-2002. Información Para Extensión N° 73, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; O. Gudelj; Lorenzon; B. Masiero 2002. Evaluación de diferentes fuentes y formas de aplicación del nitrógeno en pos-emergencia del maíz implantado en siembra directa. Información Para Extensión N° 73, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; O. Gudelj; Lorenzon; B. Masiero 2001. Fertilización de maíz en siembra directa. Resultados 2000-2001. Información Para Extensión N° 68, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; O. Gudelj; C. Lorenzon; B. Masiero 2000. Fertilización del cultivo de maíz en siembra directa. Información Para Extensión N° 62, INTA Marcos Juárez

Gudelj, V.; P. Vallone; C. Galarza; G. Nieri; B. Masiero 1998. Ensayo de productos arrancadores en el cultivo de maíz implantado en siembra directa. Información Para Extensión N° 53, INTA Marcos Juárez.

Garcia, F. 1996. Dinámica del nitrógeno en ecosistemas agrícolas: efectos de la siembra directa. Curso de Siembra Directa para Profesionales Asesores. Octubre de 1996, INTA Marcos Juárez.

Vintén, A. y K. Smith. 1993. Nitrogen cycling in agricultural soils. In T.P. Burt et al. (ed.) Nitrate: processes, patterns and management. John Wiley y Sons.