

Fertilización aditiva en maíz

Luis Ventimiglia y Lisandro Torrens Baudrix¹

Introducción

La utilización del suelo con fines agrícolas se realiza con mayor intensidad cada año. La necesidad de obtener mayores producciones para tener iguales o mejores retornos económicos, la necesidad de conseguir más cantidad de granos para alimentar a un mundo más demandante de alimentos, la superación que se obtiene en los híbridos y variedades a través de la genética, maquinarias y productos para el control de malezas y plagas, entre otros factores, hace que los rendimientos se incrementen y con ello también las tasas de exportación de nutrientes (Cruzate y Casas, 2012). Por otro lado la siembra directa, ha colaborado en la disminución de la degradación física, química y biológica, que el productor agropecuario vino realizando durante muchos años (Crovetto, 1992). Además, es factible que en aquellos campos donde se ha consolidado este sistema de labranza con una rotación adecuada, la cual contemple gramíneas y leguminosas, mejore el sistema productivo. De hecho sobre el tema específico hay pruebas científicas que han demostrado, hace bastante tiempo atrás, que es posible, en ciertos aspectos, mejorar el suelo a través de una agricultura continua (Faulkner, 1974), de todos modos debemos ser conscientes que esto último no es lo más común de encontrar en la región pampeana argentina. En este sentido el manejo de la nutrición de los cultivos, constituye una herramienta clave para el logro de sistemas productivos sostenibles tanto en el aspecto productivo, como económico, ambiental, y social.

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la fertilización sobre maíz en un suelo bajo siembra directa estabilizada, partiendo de los siguientes interrogantes: i) ¿Cuál es la capacidad productiva del suelo sin fertilización?; ii) ¿Cuál es la respuesta a la fertilización fosforada?; iii) ¿Cuál es la respuesta a la forma de aplicación de fósforo (P)?; iv) ¿Cuál es la respuesta a la fertilización nitrogenada?; y v) ¿Cuál es la respuesta a la complementación del P y nitrógeno (N), con otros nutrientes como el azufre (S) y el zinc (Zn)?.

Materiales y métodos

Durante las campañas 2010/11 y 2011/12, la Agencia INTA 9 de Julio realizó dos experiencias en el establecimiento “Dos Amigos”, próximo a la localidad de Fauzón en el partido de 9 de Julio. El suelo sobre el cual se realizaron las experiencias, pertenece a la serie Norumbega, clasificado como Hapludol éntico (franco arenoso) (INTA, 1992), con una historia de manejo bajo siembra directa de más de 20 años y una rotación

predominante de Trigo/Soja 2^{da} – Maíz – Soja 1^{ra}, siendo fertilizados todos los cultivos a excepción de la soja de segunda. Se debe destacar que la fertilización realizada por el productor, en general, privilegió la rentabilidad por sobre la fertilidad de sus suelos resultando en balances de nutrientes negativos, en general.

Los ensayos se realizaron sobre cultivos de maíz en lotes diferentes, sobre antecesor soja de primera y soja de segunda en 2010/11 y 2011/12, respectivamente. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con 4 repeticiones de 24.5 m² por cada unidad experimental. En ambas campañas se realizó un adecuado manejo sanitario del cultivo. En la **Tabla 1**, se presentan las características del ensayo, para las dos campañas estudiadas, como así también los parámetros químicos de los lotes.

En la **Tabla 2** se describen los tratamientos de fertilización aplicados sobre maíz en ambas campañas. Las fuentes de nutrientes utilizadas fueron urea para N, superfosfato

Tabla 1. Descripción del cultivo y análisis de suelo previo a la siembra de maíz correspondientes a los lotes donde se realizaron los ensayos. INTA 9 de Julio. Campañas 2010/11 y 2011/12. Notas: MO = materia orgánica, NO₃⁻ = nitratos y S-SO₄⁻² = azufre de sulfatos.

	----- Campaña -----	
	2010/11	2011/12
Cultivo		
Antecesor	Soja 1 ^{ra}	Soja 2 ^{da}
Híbrido	DK 747 MGRR2	DK 692 MGRR2
Fecha de siembra	01/10/2010	26/09/2011
Espaciamiento	70 cm	70 cm
Densidad de siembra	71 500 semillas ha ⁻¹	80 000 semillas ha ⁻¹
Análisis de suelo, 0-20 cm		
MO, %	2.6	2.5
pH	5.7	5.7
N total, %	0.150	0.125
P Bray, mg kg ⁻¹	5	5.5
C:N	10.1	11.6
NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹		
0-20 cm	16	44
20-40 cm	16	16
40-60 cm	13	10
S-SO ₄ ⁻² , mg kg ⁻¹	10	8

¹ INTA 9 de Julio. Buenos Aires. Argentina. Correo electrónico: a9julio@internueve.com.ar

Tabla 2. Tratamientos de fertilización de maíz en los ensayos para las campañas 2010/11 y 2011/12. INTA 9 de Julio.

Tratamiento	Descripción	Dosis de nutrientes			
		N	P	S	Zn
		kg ha ⁻¹			cc ha ⁻¹
T1	Testigo	-	-	-	-
T2	P en línea de siembra	-	20	-	-
T3	N al voleo	150	-	-	-
T4	P línea de siembra + N voleo	150	20	-	-
T5	P voleo pre-siembra + N voleo	150	20	-	-
T6	P línea de siembra + N voleo + S voleo	150	20	15	-
T7	P línea de siembra + N voleo + S voleo + Zn semilla	150	20	15	15

triple de calcio en el caso de P, sulfato de calcio para S, y Zincofix de la empresa Becker Underwood® (Zn 10% + S 4%) en el caso de Zn.

Debemos recordar que las dos campañas fueron complicadas desde el punto de vista hídrico, sobre todo 2011/12, que tuvo un mes de diciembre en el cual solo llovieron 36 mm y un mes de enero durante el cual, si bien acumuló 180 mm, el grueso de las lluvias se produjeron en los últimos 10 días del mes, de allí el mejor rendimiento del testigo y de los tratamientos en particular, registrados en la primer campaña con respecto a la segunda (Tabla 3).

La cosecha del ensayo se realizó en forma manual, sobre una superficie de 7 m² por unidad experimental. El material cosechado fue trillado en una máquina estacionaria y el rendimiento fue expresado en kg ha⁻¹ a humedad de recibo.

Al no establecerse interacción tratamiento*año, el análisis de los datos se realizó en forma conjunta, tomando los dos años del ensayo. A tal efecto se realizó un análisis de variancia al 1% de probabilidad. En función de este resultado se compararon las medias de los tratamientos mediante el test de Fisher al 5% de probabilidad.

Tabla 3. Precipitaciones mensuales en los ensayos de maíz de 2010/11 y 2011/12. INTA 9 de Julio.

Mes	2010/11	2011/12
	mm	
Septiembre	111	61
Octubre	51	69
Noviembre	33	125
Diciembre	51	36
Enero	131	180
Febrero	67	199
Marzo	47	200

Resultados y discusión

En la **Figura 1** se muestran los rendimientos promedio de ambas campañas para los distintos tratamientos.

Respecto a la fertilidad del suelo

De acuerdo a los análisis de suelo presentados en la **Tabla 1**, que indican baja disponibilidad de N y de niveles de P Bray, parecería bastante difícil predecir que el testigo alcance un rendimiento de 9523 kg ha⁻¹, en promedio de los dos años (10 351 kg ha⁻¹ y 8695 kg ha⁻¹). No cabe duda que el sistema de manejo que el campo tiene, con buena rotación y un sistema de siembra directa estabilizado por más de 20 años, tiene una acción fundamental en las propiedades físicas, biológicas y químicas, posibilitando que el aporte de nutrientes por parte de los rastrojos y la mineralización, sea muy importante.

A modo de un simple cálculo se puede hacer una estimación aproximada, de lo que pudo haber aportado el suelo como promedio de ambas campañas. Si se considera que el maíz tiene una necesidad de absorción de 22 kg N t de grano producido⁻¹ (Ciampitti y García, 2007), para un rendimiento promedio alcanzado de 9523 kg ha⁻¹ para el testigo (T1), se requerirían aproximadamente 180 kg N ha⁻¹.

El suelo, de acuerdo a los datos obtenidos aportó al momento de la siembra, hasta los 60 cm de profundidad, 24 kg ha⁻¹ y 38 kg ha⁻¹ de N, para la campaña 2010/11 y 2011/12, respectivamente. Asumiendo en consecuencia una necesidad de 180 kg N ha⁻¹ y un aporte promedio del suelo a la siembra de 31 kg N ha⁻¹, el suelo aportó vía descomposición de residuos de soja y mineralización durante el ciclo del cultivo alrededor de 150 kg N ha⁻¹. Debe considerarse que el aporte vía mineralización y descomposición de residuos fue superior a este estimado de 150 kg N ha⁻¹, ya que la eficiencia de absorción no es del 100%.

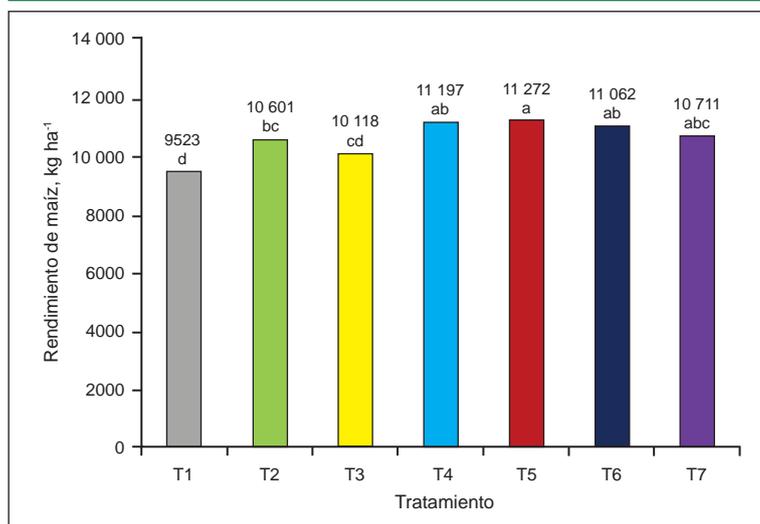


Figura 1. Rendimientos promedio de maíz para los distintos tratamientos de fertilización tomando ambas campañas. INTA 9 de Julio. Campañas 2010/11 y 2011/12. Nota: medias seguidas de letras distintas, difieren estadísticamente según el test de Fisher ($p < 0.05$).

Respecto a P, como se aprecia en la **Tabla 1**, la disponibilidad inicial de este nutriente en el suelo era muy limitada (5 mg kg^{-1}) para el desarrollo satisfactorio del maíz, sin embargo el rendimiento del testigo promedió más de 9 t ha^{-1} , siendo muy probable que la fracción orgánica de este elemento, haya sido una importante fuente del nutriente durante el ciclo del cultivo. Si consideramos un requerimiento medio de $4 \text{ kg P t de grano}^{-1}$ (base seca), el cultivo requirió alrededor de 33 kg P ha^{-1} .

Respecto a los rendimientos

Analizando las diferencias entre tratamientos de fertilización, la respuesta a la aplicación solo de N (T3 vs T1) no fue significativa, siendo en promedio 6.2% (575 kg ha^{-1}) y económicamente no viable (costo de urea $(46-0-0) = 3.15 \text{ \$ kg}^{-1}$; precio del maíz = $670 \text{ \$ t}^{-1}$). La respuesta al agregado de solamente P (T2 vs T1) fue de 1078 kg ha^{-1} , (+11.3%), compensando ampliamente la inversión realizada en el producto y su aplicación (costo del superfosfato triple de calcio $(0-20-0) = 3.5 \text{ \$ kg}^{-1}$; precio del maíz = $670 \text{ \$ t}^{-1}$).

Como en tantas otras experiencias conducidas en este tipo de suelo y manejo, no se encontraron diferencias significativas a la forma de aplicar el P al voleo o en la línea de siembra (T4 vs T5).

Los mayores incrementos de rendimiento, se lograron por la combinación NP (T4 y T5), $+1674 \text{ kg ha}^{-1}$ (+17.6%). Sin embargo, estas respuestas no resultaron económicamente favorables, probablemente por la alta dosis de N utilizada. En cuanto a la respuesta a S y Zn, en esta experiencia no se observaron incrementos significativos por el agregado de estos nutrientes al plan de fertilización de maíz.

Consideraciones finales

A futuro se propone revisar los diagnósticos que se disponen para N y P, al menos para los suelos estudiados en este trabajo, que cuentan con una fracción arenosa en su composición textural superior al 60%, y que vienen siendo manejados en sistema de siembra directa continua por muchos años, con rotaciones adecuadas, entre otros. Es posible que en la actualidad se subestime el valor de los diagnósticos de fertilización dentro del sistema de producción. Se debe recordar que los ajustes de los diagnósticos de fertilización se realizaron en otras épocas, en donde, si bien ya existía la siembra directa, esta ocupaba poca superficie y por otro lado no eran sistemas estabilizados, cosa que hoy en día es muy factible de encontrar. La constante investigación e iteración de grupos de trabajo será la que a futuro podrá ayudar a encontrar respuesta a los interrogantes planteados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los Sres. Bueno y Scalice, titulares del establecimiento "Dos Amigos", lugar donde se condujo la experiencia, al Sr. Gustavo Luceri ayudante de campo del INTA 9 de Julio y a los Sres. Gustavo Bueno, Jorge Primiani, por el apoyo brindado.

Bibliografía

- Ciampitti, I.A., y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. IPNI Cono Sur. Acaassuso, Buenos Aires. Disponible on-line en: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1081>
- Crovetto, C. 1992. Doce años de cero labranza: Producción de maíz en rotación y análisis de algunos parámetros químicos, físicos y biológicos en suelos (Alfisolos) de la cordillera de la costa de Chile central. In: 1^{er} Congreso interamericano de siembra directa. Villa Giardino, Córdoba: 180-192.
- Cruzate, A., y R. Casas. 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica. No. IAH 6 - Junio 2012. IPNI Cono Sur. Acaassuso, Buenos Aires: 7-14.
- Faulkner, E. 1974. La insensatez del agricultor. Erosión un problema ecológico. Editorial El Ateneo. 138 pp.
- INTA. 1992. Instituto de suelos. Área de investigación en cartografía de suelos y evaluación de tierras. Carta de suelos de la república Argentina. Partido de 9 de Julio. Hoja 3560.*