

¿Cómo fertilizar con N los maíces en sistemas intensificados?

MaríaBelén Agosti ¹, Andrés Madias ¹, Fernando Salvagiotti ², Juan Martin Enrico ² y Gabriel Prieto ³

¹ AAPRESID; ² EEA Oliveros INTA – Ruta 11 km 353 – 2206 - Santa Fe; ³ AER Arroyo Seco INTA;

En los últimos años se ha difundido en la zona pampeana la realización de maíces tardíos, sembrados en noviembre-diciembre. La principal ventaja de los mismos radica en una mayor estabilidad del rendimiento, ya que se ubica el período crítico más tardíamente evitando estrés por altas temperaturas y falta de agua, que muy frecuentemente ocurren en siembras tempranas.

Al sembrarse en un momento del año con mayores temperaturas, normalmente el stock de N disponible a la siembra es mayor, por lo que se han realizado investigaciones para ajustar la fertilización nitrogenada en este nuevo escenario productivo. Sin embargo, existe poca información sobre como ajustar la fertilización nitrogenada de los maíces en sistemas intensificados, donde se realiza un cultivo en el periodo invernal, previo a la siembra del maíz. Es esperable que si el cultivo invernal es una gramínea (trigo o cebada), la disponibilidad de N para el maíz siguiente será menor por ocurrir inmovilización de N en el suelo; mientras que si es una leguminosa, la disponibilidad será mayor por la capacidad de las mismas de fijar N. Pero surge el interrogante de con cuanto más o menos nitrógeno fertilizar el maíz según cual sea el cultivo antecesor invernal realizado.

Para responder este interrogante, los objetivos del trabajo fueron comparar las diferentes alternativas invernales en producción de materia seca, rendimiento en grano y aporte de N para el maíz siguiente. Y obtener curvas de respuesta del rendimiento de maíz a la fertilización nitrogenada con diferentes antecesores invernales (arveja, vicia, trigo o barbecho).

¿Qué hicimos?

Alternativas invernales

Durante tres campañas consecutivas (2013-14, 2014-15 y 2015-16) se realizaron ensayos evaluando distintas alternativas invernales (trigo, arveja, vicia y barbecho invernal) seguidas por un maíz estival. De esta manera, los tratamientos evaluados fueron 4 rotaciones: Trigo/Maíz, Arveja/Maíz, Vicia/Maíz y Barbecho/Maíz.

Los ensayos se instalaron en tres lotes distintos en cada campaña, en el Establecimiento San Nicolás, ubicado en la localidad de Uranga, Santa Fe (33°18' S y 60°41'O). Los suelos son

Argiudoles vérticos de la serie Peyrano. Para ubicar los tratamientos, los lotes si dividieron en 4 franjas de 5-10ha cada una, donde se realizaron las cuatro alternativas invernales. El barbecho se mantuvo libre de malezas durante todo el período invernal. La *Vicia villosa* fue un cultivo de cobertura y se secó en plena floración. En las tres campañas, una vez cosechados todos los cultivos invernales, se sembró maíz comercial en sentido perpendicular, de manera que todas las alternativas invernales continuaran con el mismo maíz. En la Tabla 1 se muestra un resumen del manejo agronómico de cada alternativa invernal en cada una de las campañas evaluadas.

Tabla 1. Manejo agronómico de los cultivos invernales realizados en cada una de las campañas evaluadas (Campaña 2013-14, 2014-15 y 2015-16).

| Cultivo | Siembra | Cosecha | Genotipo | Fertilizante | Dosis |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Campaña 2013-14 | | | | | |
| Trigo | 21-Jun | 3-Dic | Cronox | MAP y Urea | 135 y 200 kg/ha |
| Arveja | 4-Jul | 24-Nov | Facon | MAP | 100 kg/ha |
| Vicia | 21-May | 22-Oct* | V. villosa | MAP | 134 kg/ha |
| Campaña 2014-15 | | | | | |
| Trigo | 28-May | 24-Nov | Baguette 11 | MAP y Urea | 102 y 188 kg/ha |
| Arveja | 4-Jul | 13-Nov | Facon | MAP | 105 kg/ha |
| Vicia | 1-May | 8-Nov* | V. villosa | MAP | 52 kg/ha |
| Campaña 2015-16 | | | | | |
| Trigo | 9-Jun | 5-Dic | Baguette 601 | MAP y Urea | 80 y 200 kg/ha |
| Arveja | 14-Jul | 22-Nov | Facon | MAP | 82 kg/ha |
| Vicia | 22-May | 1-Nov* | V.villosa | MAP | 83 kg/ha |

* Corresponde a la fecha de secado de la vicia

Fertilización nitrogenada en maíz por antecesor

En las dos últimas campañas (2014-15 y 2015-16), en los maíces realizados luego de las cuatro alternativas invernales, se realizaron ensayos evaluando la respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz. Los tratamientos evaluados fueron una combinación de las cuatro rotaciones: Trigo/Maíz, Arveja/Maíz, Vicia/Maíz y Barbecho/Maíz; y cinco dosis de nitrógeno: N-0 (0 kg/ha de N aplicado), N-30 (30 kg/ha de N aplicado), N-60 (60 kg/ha de N aplicado), N-120 (120 kg/ha de N aplicado) y N-180 (180 kg/ha de N aplicado). El diseño del ensayo fue en bloques completamente aleatorizados (DBCA) con tres repeticiones (total de 60 parcelas), con parcelas de 5 surcos por 15m de largo (total de 39 m²). En ambas campañas, el híbrido utilizado fue Dk7210, sembrado el 19 de diciembre de 2014 y el 15 de diciembre de 2015. A la siembra se fertilizó con fosfato monoamónico (50 kg/ha).

¿Qué medimos?

Rendimiento y Biomasa

En las tres campañas invernales, a cosecha de los cultivos de grano (trigo y arveja) se tomaron tres muestras de 2m² de superficie de cada cultivo incluyendo las plantas enteras (tallos, hojas en pie y grano). En cada muestra se determinó la biomasa aérea total (BAT, expresada en peso seco), que incluyó tallos, hojas en pie y grano y el rendimiento en grano (expresado como peso seco). En el cultivo de vicia, luego del secado de las plantas, se tomaron muestras de toda la biomasa aérea, y se determinó la biomasa aérea total (BAT, expresada como peso seco) producida en esa superficie.

En las campañas 2014-15 y 2015-16, en los maíces del ensayo de fertilización nitrogenada, se determinó el rendimiento en grano tomando muestras de 2,6m² de cada parcela experimental. Se calculó el rendimiento en grano(kg/ha) y se asoció con el nitrógeno disponible del suelo (N suelo V6 + N aplicado por fertilizante).

Nitrógeno en suelo

En los tres años de ensayo, en V6 del maíz (previo a la fertilización nitrogenada) se midió el N de nitratos a 0-20cm, 20-40cm y 40-60cm en las cuatro alternativas invernales. Se tomaron tres repeticiones por alternativa invernal, cada una integrada por 3 sub-muestras.

¿Qué resultados obtuvimos?

Rendimiento y MS rastrojo de alternativas invernales

Los rendimientos de los cultivos de grano de invierno (trigo y arveja) fueron diferentes entre años (Tabla 2). Para ambos cultivos, se obtuvieron los menores rindes en la campaña 2013-14 que fue la campaña más seca durante el invierno (46-281mm durante los ciclos de los cultivos). Los rendimientos de arveja fueron entre un 51 y 71% menores que los rendimientos de trigo en las mismas campañas. Las mayores diferencias en los rindes entre cultivos se obtuvieron en la campaña 2015-16, que fue la campaña de mayores rendimientos para ambos cultivos (2.350 kg/ha para arveja y 4.568 kg/ha para trigo).

La cantidad de rastrojo que dejaron los cultivos invernales estuvo en relación con los rendimientos obtenidos, de manera que fueron siempre mayores para los trigos y en las campañas donde se obtuvo más rinde, también se dejó más rastrojo en el lote. Los cultivos de vicia también variaron su producción de MS entre años, de 2.300 a 9.000 kg/ha. La menor producción de MS se obtuvo en la campaña seca (2013-14) y la máxima en la campaña 2014-15, a diferencia de lo que paso con el rendimiento y rastrojo de los cultivos de grano que fue mayor en la campaña 2015-16.

Tabla 2. Rendimiento en grano (kg/ha, 0%humedad) y MS de rastrojo (kg/ha) para los distintos antecesores de invierno durante tres campañas (2013/14, 2014/15 y 2015/16). Datos de cosechas manuales.

| Cultivo | Rendimiento (kg/ha) | | | MS Rastrojo (kg/ha) | | |
|----------|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Trigo | 2.271 | 2.804 | 4.568 | 3.485 | 6.206 | 9.530 |
| Arveja | 1.616 | 1.742 | 2.350 | 1.354 | 1.719 | 2.231 |
| Vicia | - | - | - | 2.257 | 8.999 | 6.101 |
| Barbecho | - | - | - | - | - | - |

Nitrógeno del suelo disponible para el maíz

Los valores de N en suelo en V6 del maíz fueron mayores en las rotaciones con vicia en las tres campañas (Tabla 3). Estos resultados se explican por la fijación de N atmosférico de esta leguminosa y la no extracción de grano por cosecha, de manera que todo el N fijado quedó en el suelo una vez secado el cultivo de cobertura. Tomando como referencia las rotaciones con barbecho invernal, la vicia tuvo entre 17 y 34 kg/ha más de N, que representó un aumento del 29 al 42% de N. Las rotaciones con arveja, tuvieron valores similares de N que el barbecho en las dos últimas campañas, pero fue menor (-17kg/ha) en la primer campaña, seguramente explicado por la bajar producción de MS debido a las escasas precipitaciones en 2013. Las rotaciones con trigo, en las campañas 2014-15 y 2015-16 tuvieron menor contenido de N que los barbechos, como era esperable al ser una gramínea. Sin embargo, en la campaña 2013-14, los niveles de N en esa rotación fueron los mayores, debido a que gran parte del N aplicado con fertilizante al trigo, no fue aprovechado por el mismo y quedó disponible para el maíz siguiente.

Tabla 3. Nitrógeno de nitratos medido en V6 del maíz para los distintos antecesores de invierno durante tres campañas (2013/14, 2014/15 y 2015/16). Se muestran valores en kg/ha (0-60cm de profundidad) y en % relativos al barbecho (100%).

| Cultivo | Campaña 2013-14 | | Campaña 2014-15 | | Campaña 2015-16 | |
|----------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % |
| Trigo | 135 | 116 | 38 | 72 | 32 | 46 |
| Arveja | 99 | 85 | 52 | 98 | 71 | 102 |
| Vicia | 150 | 129 | 70 | 132 | 100 | 142 |
| Barbecho | 116 | 100 | 53 | 100 | 70 | 100 |

Respuesta del rendimiento del maíz al N

La respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz fue diferente según la alternativa invernal realizada con anterioridad (Fig. 1). En ambas campañas, el maíz antecedido por vicia no tuvo respuesta a la fertilización nitrogenada, manteniendo los máximos niveles de rendimiento en grano aún sin aplicación de N (tratamientos N=0). Esto abre la posibilidad, en esta zona de producción, de realizar planteos de maíces de segunda sobre *Vicia villosa* sin necesidad de fertilización nitrogenada, siempre que los niveles N en V6 del maíz en suelo estén cercanos a los 70-90 kg/ha N (0-60cm).

La respuesta en los maíces antecedidos por arveja y barbecho fue similar. Los máximos rindes de maíz se alcanzaron entre 100 y 130 kg/ha de N disponible. Sin embargo, la ventaja de realizar maíz antecedido por arveja, radica en la obtención de dos rentas por año.

El maíz antecedido por trigo, tuvo la mayor respuesta a la fertilización en las dos campañas. El primer año nunca alcanzo los rendimientos de los otros antecesores, mientras que el segundo año lo hizo con un nivel de N disponible de 175 kg/ha. De todas las respuestas fue la más distinta entre años, siendo necesario una nueva campaña para reconfirmar los datos. Sin embargo, pareciera que los actuales sistemas de producción de maíz con antecesor trigo, en los cuales se lleva el nivel de N a 150 kg/ha (suelo + fertilizante), deberían considerar umbrales de N mayores.

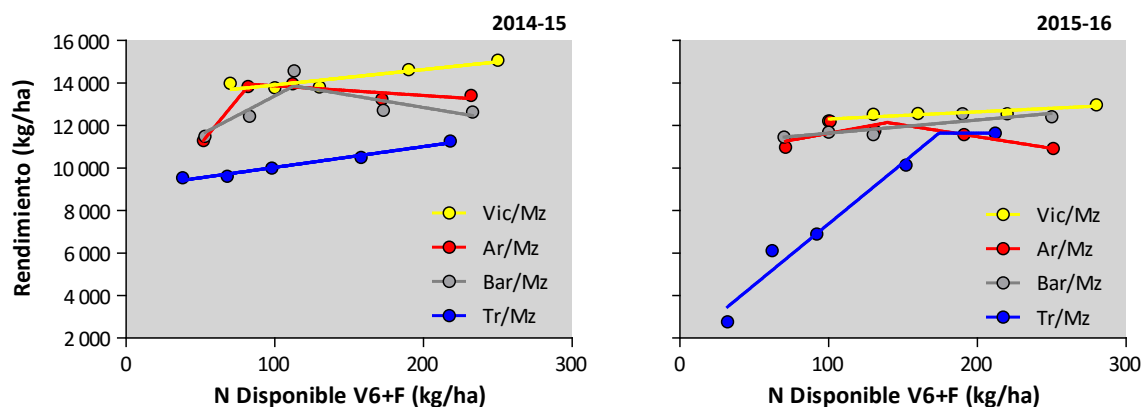


Figura 1. Rendimiento de maíz (kg/ha) en función del N disponible en suelo (suelo V6 + fertilizante) para distintos antecesores invernales (arveja en rojo, trigo en azul, vicia en amarillo y barbecho en gris) en dos campañas (2014-15 y 2015-16).

¿Qué estamos aprendiendo?

- La disponibilidad de N en el suelo para el maíz sembrado en diciembre depende:
 1. El cultivo que invernal que realicemos: menor N con antecesor trigo (-30-55%), similar en barbecho y arveja, y mayor en vicia (+30-40%).

2. El rendimiento del cultivo invernal: mayor N disponible con mayor rinde y MS de leguminosas, por mayor fijación de N. Y menor N disponible con mayor rinde de gramínea por mayor inmovilización.
 - No hubo respuesta a la fertilización del maíz con antecesor vicia, sin embargo los rendimientos fueron los mayores. ¿Estamos sobre-fertilizando?
 - Con antecesor arveja y barbecho, la respuesta a la fertilización fue similar, con máximos cercanos a 100-130kg/ha N disponible. Con arveja tenemos el beneficio de una segunda renta por la venta de este grano.
 - Con antecesor trigo la respuesta a la fertilización del maíz fue mayor. Se necesita un mayor nivel de fertilización para alcanzar los máximos rendimientos. ¿Nos estamos quedando cortos de N?