

NOTA DE INVESTIGACION

**FERTILIZACION NITROGENADA EN UNA ROTACION DE CULTIVOS
EN SIEMBRA DIRECTA**

GARCIA, Pedro.A., FERRERO, Abel. R. y BALBI, Celsa. N.
Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.N.E. - Cátedra de Cultivos I.
Sargento Cabral 2131 (3400). Corrientes. Argentina.

RESUMEN

La ausencia del laboreo del suelo en la siembra directa genera características diferenciales para la dinámica y economía del nitrógeno respecto de siembras convencionales, con probables impactos en su disponibilidad en las secuencias de los cultivos. En este trabajo se comunican los resultados obtenidos en ensayos de fertilización en una rotación de trigo-soja-maíz en la región húmeda del Chaco (Argentina). Los trabajos se realizaron en un lote que provenía de una secuencia trigo-soja, también en directa y se estableció el ensayo en bloques completos al azar con arreglo de distribución en franjas, donde se realizaron cinco tratamientos con distintas dosis y formas de aplicación de nitrógeno. La fertilización nitrogenada se realizó con el criterio de cubrir la demanda del cultivo a partir de la oferta edáfica, con el objetivo de lograr rendimientos esperados de conformidad a las condiciones existentes en la zona, a partir del cual se realizaron aplicaciones totales de base, dosis crecientes, decrecientes y fraccionamiento. Los materiales genéticos utilizados fueron los siguientes: Trigo Klein escorpión, Soja Asgrow 6445 RR y maíz DK 682. La evaluación de los rendimientos en granos mostró que en trigo todos los tratamientos fueron superiores al testigo destacándose la aplicación fraccionada. En soja las respuestas a la fertilización nitrogenada muestra que la disminución de la dosis se expresa en el rendimiento. En maíz los resultados tuvieron el mismo patrón de comportamiento que en el trigo.

Palabras clave: Siembra Directa – Rotación – Fertilización Nitrogenada

SUMMARY

No till farming is a practice which as a result of no tillage creates special features for nitrogen dynamic and economy, compared with conventional tillage, that will improved further crop sequence productivity. In this work results of nitrogen fertilization trials in a crop rotation (wheat- soybean-corn) are presented. Work was carried on the humid area of Chaco (Argentina), in a paddock that previously had wheat and

soybean no till farming . Experimental design was block at random in stripe array with five treatments and four replications. Treatments were different doses and different N supply; total basal supply, increasing doses, decreasing doses and split supply were made. Nitrogen fertilization was performed trying to cover crop demand up to soil offer with the purpose of achieved expected yields according to zonal conditions. Genetic materials were escorpión Klein wheat, Asgrow 6445 RR soybean and DK 682 corn. Results showed that grain dry yield were superior to control in wheat and split supply was better. In soybean in fertilization response showed that decreasing doses affect crop yield. In corn results present a similar trend that wheat crop.

Key words: No till – Rotation – Nitrogen fertilization

INTRODUCCIÓN

El sistema de siembra directa (SD) al modificar el ambiente físico y químico del suelo respecto de los sistemas agrícolas convencionales basados en el uso del arado; induce modificaciones en la biología del suelo y en el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Los efectos sobre el ambiente edáfico modifican la dinámica de los nutrientes, en especial del nitrógeno (N) y por lo tanto la disponibilidad de los mismos para los cultivos (Creus et al., 1998).

Una característica común observada en las evaluaciones realizadas en numerosos ensayos, tanto en nuestro país como en el extranjero, ha sido el mayor contenido de materia orgánica de la capa superficial bajo SD que bajo labranzas de tipo convencional (Buschiazzo y Panigatti, 1996.; Fontanetto y Gambaudo, 1996).

En ese marco uno de los aspectos diferenciales que se evidencian se refiere a la dinámica del nitrógeno, debido a que la mayoría de las transformaciones que sufre este nutriente, son llevadas a cabo por microorganismos en condiciones de no laboreo del suelo, siendo necesario considerar los cambios ambientales producidos para definir las dosis a recomendar en la fertilización de los cultivos.

El nitrógeno es el nutriente que más afecta el rendimiento de los cultivos, y su cuantificación

es de difícil diagnóstico, ya que es muy susceptible de sufrir pérdidas que afectan la eficiencia de su aprovechamiento y depende de múltiples factores, entre ellos la humedad del suelo (Andrade et al, 1994).

En la región maicera núcleo, tres grupos de trabajo diferentes, llevaron a cabo y evaluaron más de 100 ensayos de fertilización (Novello et al, 1980, Vivas et al, 1980; Senigaliesi et al, 1984). Los ensayos fueron realizados en campos de productores, con metodologías similares en especial para el manejo del nitrógeno. La respuesta al (N) era notoria, cuando aumentaban los años de agricultura en los lotes en el sistema de siembra directa y cuando las precipitaciones eran adecuadas.

En diez ensayos evaluados durante 1995 y 1996, la disponibilidad de N-NO₃ bajo SD fue menor que bajo labranzas convencionales, lo cual explica diferencias en la respuesta a N en ambos sistemas (García y Fabrizzi, 1997).

El ajuste de la tasa de aplicación de N al rinde potencial del sistema de rotación, se relaciona a los requerimientos de los cultivos y a la disponibilidad de agua y el uso eficiente se debe realizar en cada cultivo (Peterson y Wastfall, 1998).

Los objetivos de este trabajo fueron: obtener información de campo que permita mejorar la eficiencia en la utilización de fertilizantes nitrogenados en una rotación de cultivos en siembra directa; en la región húmeda del Chaco y conocer la respuesta de los cultivos de trigo, soja y maíz, a la fertilización a través de los rendimientos en grano.

MATERIALES Y METODOS:

El trabajo de campo se realizó en la localidad de Colonia Elisa, Provincia del Chaco. Los trabajos de gabinete y análisis de suelos se realizaron en el laboratorio del Instituto Agrotécnico Pedro Fuentes Godo, Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.N.E.

El ensayo se ubicó en un lote comercial, incorporado al sistema de siembra directa desde 1992, en un suelo identificado como serie Turruca, Haplustol típico, capacidad de uso Clase III, con más de 60 años de agricultura.

Se determinó un área dentro de un potrero, que venía de una secuencia trigo - soja, en SD, donde se estableció el ensayo, sobre un rastrojo de soja cosechada en el mes de febrero, iniciándose con un barbecho químico de 2 Lha⁻¹ de herbicida glifosato. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar con arreglo de distribución en franjas para cada uno de los cultivos en la secuencia de la rotación trigo-soja y maíz.

Previo a la siembra de cada cultivo, se realizaron los correspondientes análisis de fertilidad del suelo, para conocer la oferta de nutrientes y efectuar las fertilizaciones según demanda de los cultivos para el rendimiento esperado y ajuste de eficiencia según nutriente y momento de aplicación. En el cuadro N°1 se observan los resultados analíticos realizados al comienzo de los trabajos.

Cuadro N° 1: Datos analíticos del análisis de suelo.

Fecha	Prof. (cm)	pH	C (%)	N total (%)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq)	Mg (meq)
Abril-2002	0-20	6.57	1.28	0.08	11	45	240	8.9	1.2
	20-40	6.53	1.10	0.07	7	41	129	7.5	0.8
Octubre-2002	0-20	6.62	1.42	0.13	12	35	218	10	1.5
	20-40	6.35	1.24	0.10	10	28	189	7.9	1.2
Agosto-2003	0-20	6.45	1.41	0.13	11	46	188	11.8	1.5
	20-40	6.40	1.26	0.11	10	35	147	10.7	1.1

pH: Relación suelos: agua- 1:2,5.

C : Método de Walkey y Black.

N: destilación semi-micro Kjeldahl

N-NO₃: Método Fenol-disulfónico

P.: Bray Kurtz N° 1.

K.: Fotómetro de llama

Ca y Mg: Complejometría EDTA

Cuadro N° 2: Precipitaciones registradas en el establecimiento

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2002	148	41	360	150	45	35	75	60	52	234	220	380	1800
2003	71	255	270	93	5	3	6	59	27	130	248	110	1277
2004	13	18											
1930-90	119	123	122	104	66	32	25	24	36	95	124	113	983

Los trabajos de pulverizaciones, siembras y fertilizaciones se realizaron con las máquinas del productor, en parcelas de 9 por 450 metros. La cosecha en los tres cultivos se realizó en 20 puntos de muestreos al azar sistémico de 0.50 metros lineales de surco, en forma manual, con corte de planta entera y posterior trilla, con una máquina de uso experimental.

La secuencia de cultivos de la rotación fue: trigo-soja-maíz.

La SD de trigo, variedad Klein Escorpión, de ciclo largo, se realizó, (luego de aplicar 5 días antes 2 Lha⁻¹ de glifosato + 6 gha⁻¹ de metsulfurón metil, con pulverizadora terrestre), con una sembradora comercial de grano fino el 10 de mayo de 2002, con ubicación del fertilizante (N,P,K) en la misma línea y profundidad que la semilla, entre 2 y 3 centímetros. Durante el ciclo del cultivo no se realizó ninguna labor cultural, efectuándose la cosecha el 20 de octubre de 2002.

A los 3 días de controladas las malezas con herbicida glifosato en una dosis de 2 Lha⁻¹, se sembró la soja Asgrow 6445 RR, el 31 de octubre de 2002 y se cosechó el 23 de marzo de 2003. Durante el desarrollo del cultivo se controlaron las malezas en el estado de desarrollo V7, con glifosato 2,5 Lha⁻¹ y 0,1 Lha⁻¹ de cipermetrina, para el control de *Rachiplusia* nu. En estadios reproductivos se controlaron orugas y chinches con una mezcla de cipermetrina y endosulfan, 0,1 y 0,5 Lha⁻¹, respectivamente.

Continuando con barbecho químico se sembró el maíz híbrido DK 682 MG (Resistente a Barrenador del tallo), el 20 de agosto de 2003 y se cosechó el 10 de enero de 2004. En preemergencia se aplicó en una misma aplicación con pulverizadora terrestre, glifosato, atrazina y alaclor, en las siguientes dosis, 2, 3 y 2Lha⁻¹, respectivamente. La soja y el maíz fueron sembrados en líneas separadas a 0,52 metros, con fertilización en profundidad y al costado de la semilla.

Los tratamientos de fertilización fueron planificados para lograr situaciones con variaciones del 50 % en más y en menos cantidad del nitrógeno aplicado, que el total calculado en función de la demanda teórica – el suministro / la eficiencia de fertilización = nos da

la dosis aplicar en los tres cultivos; a saber: **T0:** Testigo sin fertilizar.

T1: Fertilización nitrogenada según rendimiento esperado, cubriendo la demanda no satisfecha por el suelo; según esquema tradicional y aplicado todo a la siembra.

T2: Aplicado a la siembra como en T1, con el 50 % menos del nitrógeno calculado.

T3: Aplicado a la siembra como en T1, con el 50 % más del nitrógeno calculado.

T4: Con la dosis aplicada en T1, pero con fraccionamiento del nitrógeno total demandado, en la siembra y en el momento de máximo requerimiento según el cultivo.

Las dosificaciones reales de nitrógeno aplicadas con la sembradora en las parcelas de campo, al ser evaluada la fertilización al momento de aplicación, mostraron modificaciones que se expresan de la siguiente manera:

Tratamientos realizados en trigo:

T0: Testigo sin fertilizar.

T1: 30 unidades de N; aplicado todo en la siembra.

T2: 15 unidades de N, equivalente al 50% menos que el T1.

T3: 43 unidades de N; equivalente al 47% más que el T1.

T4: 15 unidades de N; en la siembra y 17 unidades de N, aplicado al voleo en espiga a 1 centímetro.

Tratamientos realizados en soja.

T0: Testigo sin fertilizar.

T1: 28 unidades de N; aplicado todo en la siembra.

T2: 15 unidades de N, equivalente al 46,5% menos que el T1.

T3: 42 unidades de N; equivalente al 50% más que el T1.

T4: 15 unidades de N; en la siembra y 17 unidades de N, aplicado al voleo en R1.

Tratamientos realizados en maíz.

T0: Testigo sin fertilizar.

T1: 40 unidades de N; aplicado todo en la siembra.

T2: 21 unidades de N, equivalente al 47.5% menos que el T1.

T3: 58 unidades de N; equivalente al 45% más que el T1.

T4: 21 unidades de N; en la siembra y 20 unidades de N, aplicado al voleo entre 3 y 5 hojas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos y expresados en kg.ha⁻¹ de rendimiento en grano de los tres cultivos, se muestran el Cuadro N° 3; y en el Cuadro N° 4 y fueron analizados con ANOVA y con test de comparación de medias. Se pueden observar las diferencias logradas en cada tratamiento con respecto al testigo.

Cuadro N° 3. Rendimientos en kg.ha⁻¹

	TRIGO	SOJA	MAIZ
T0	1315 c	2420 a	4540 d
T1	1891 b	2595 a	7800 b
T2	1680 b	2560 a	6410 c
T3	1920 b	2650 a	7930 b
T4	2210 a	2680 a	8390 a

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes. Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro N° 4 Rendimientos diferenciales en relación al testigo en kg. ha⁻¹

	TRIGO	SOJA	MAIZ
T0	---	---	---
T1	575	175	3260
T2	365	140	1870
T3	605	230	3390
T4	895	260	3850

En trigo y maíz, se obtuvieron respuestas a la fertilización nitrogenada, con algunas variantes que dependieron de cada uno de los tratamientos según dosis y fraccionamiento del nitrógeno.

Para el cultivo de trigo, los mayores aumentos comerciales en el rendimiento se expresaron en la aplicación fraccionada de nitrógeno, debido a que se produjo una lluvia después de la aplicación, incorporando el fertilizante al suelo, ventaja contemplada (Fontanetto, 1996) en el norte de Santa Fe y (García, 1997) en el norte de Buenos Aires. En todos los casos hubo respuesta en el incremento de la dosis aplicada.

En soja, no se obtuvo respuesta significativa en rendimiento en grano ante la aplicación de nitrógeno.

Durante la implantación del cultivo de soja las precipitaciones abundantes disminuyeron la densidad de plantas esperadas, dificultando también la nodulación. Hubo severos ataques de orugas, como *Rachiplusia*, *Pseudaletia* y *Anticarsia*, que provocaron disminución de área foliar. Debido a estas condiciones, la aplicación fraccionada de nitrógeno tuvo la mejor respuesta en rendimiento absoluto, aunque no fueron diferencias significativas. En estos tratamientos el cultivo recuperó inmediatamente hojas como fuente para el mejor suministro de fotosintatos a los destinos finales. Asimismo, la eficiente incorporación del fertilizante aplicado superficialmente debido a precipitaciones ocurridas inmediatamente y a la posterior capacidad de competencia con las malezas hasta el final del cultivo dieron lugar a estas diferencias en rendimiento a favor de las aplicaciones fraccionadas.

A pesar de las condiciones descriptas, los resultados coinciden con los obtenidos en suelos con antecedentes de soja inoculada (Diaz-Zorita, 2003).

En el cultivo de maíz, los rendimientos logrados varían en los distintos tratamientos, destacándose las diferencias obtenidas a partir de las distintas dosis y momentos de aplicación del Nitrógeno aportado, en especial la fraccionada (Novello, et al. 1980; Vivas, et al., 1980).

Es de destacar que el cultivo en el estado de 2 y 3 hojas, se vio afectado por la ocurrencia de 2 heladas que provocaron quemado de hojas, que luego de una semana aproximadamente recuperó su color verde, aunque también hubo muerte de hojas. En forma inmediata, con 4 hojas se aplicó el nitrógeno previsto en el tratamiento fraccionado, el cuál se destacó significativamente en el rendimiento en grano, superando al resto de los tratamientos. La aplicación del total de nitrógeno a la siembra y el tratamiento con un 45% mas obtuvieron diferencia significativa, con respecto al testigo y al tratamiento en que se aplicó, un 47,5% menos de nitrógeno (Senigagliesi, 1984).

Las precipitaciones ocurridas en el mes de septiembre, fueron marcadamente inferiores a la media histórica. En este periodo el cultivo se vio afectado en su crecimiento por agua y nutrientes, de todas maneras el periodo crítico a estos factores que es la floración se ubicó en excelentes condiciones hídricas, aunque no así de radiación incidente.

CONCLUSIONES

Para los dos cultivos de cereales evaluados, se destaca la respuesta al agregado de nitrógeno, observándose que los mayores rendimientos en grano se logran con la aplicación fraccionada.

En el cultivo de soja no se manifestaron respuestas significativas en rendimientos al agregado de nitrógeno.

Los resultados obtenidos en maíz y trigo, resaltan la importancia de la fertilización nitrogenada, y confirman su rol como alternativa de producción de granos en la región y en las rotaciones en siembra directa, con respuesta al nitrógeno.

La cantidad de fertilizante aportado presentó un importante margen de variación debido a la posibilidad de regulaciones de las maquinarias para la aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade F., Echeverría, H., Gonzalez, N., Uhart, S., Darwich, N., 1994. Requerimientos de N y P de los cultivos de maíz, girasol y soja en el Partido de Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Boletín Técnico. E.E.A. INTA Balcarce.
- Andrade F., Echeverría, H.E., N.S. Gonzalez y S.A.Uhart. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Cap. 8 y 9. 2° Edición. Buenos Aires. Argentina.
- Buschiazzo D.; J Panigatti. 1996. Labranzas en la región semiárida Argentina. Cap. 11; pp 113-122. E.E.A. INTA G. Covas. La Pampa.
- Creus, C.J., Studdert, G.A., Echeverría, H.E. y S.R. Sanchez, 1998. Descomposición de Residuos de cosecha de maíz y dinámica del nitrógeno en el suelo. Ciencia del suelo. 16: 51-57.
- Díaz Zorita, M. 2003. El Libro de la Soja. 1° Edic. Cap. 8: 82-90. Buenos Aires. Argentina.
- Fontanetto H. y S. Gambaudo. 1996. Sistemas de labranzas para el trigo: Su influencia sobre propiedades físicas y químicas del suelo. E.E.A. INTA. Rafaela.
- García, F y K. Fabrizzi. 1997. La fertilización del cultivo de trigo en la región pampeana. Unidad Integrada INTA-FCA. Balcarce.
- Novello, P.; B.L. Masiero, M.A. Peretti y J. Bonel. 1980. Evaluación de la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización ante distintos niveles de factores de productividad que afectan sus rendimientos. IX Reunión Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná. Entre Ríos.
- Peterson G. y D. Wastfall. 1998. El uso eficiente del Nitrógeno en Siembra Directa. 6to. Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata.
- Senigaglia, C., García R. y M.L. de Galetto. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosfatada en el área centro norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. III Congreso Nacional de Maíz. Pergamino.