INFORMACIONES AGRONÓMICAS DEL CONO SUR #41

IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

MARZO 2009

CONTENIDO

- FERTILIZACIÓN POTÁSICA INICIAL Y RESIDUAL EN CULTIVOS DE SECANO
- IMPORTANCIA DEL AGUA EDÁFICA COMO ESTIMADOR DEL RENDIMIENTO DE TRIGO
- CONTENIDOS DE FOSFORO TOTAL EN SUELOS DE SANTA FE
- ACIDEZ GENERADA POR LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS
- RENDIMIENTO DE TRIGO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA Y SUBHÚMEDA PAMPEANA
- FERTILIZACIÓN CON N Y S EN LA PRODUCCIÓN DE RAIGRÁS ANUAL

FERTILIZACIÓN POTÁSICA INICIAL Y RESIDUAL EN CULTIVOS DE SECANO EN SUELOS SOBRE ARENISCAS CRETÁCICAS Y TRANSICIONALES

Carlos Bautes[1], Mónica Barbazán[2] y Licy Beux[3]

[1]Asesor agrícola privado. [2] Departamento de Suelos y Aguas, FAGRO. [3] CALMER.
mbarbaz@hotmail.com

La agricultura de Uruguay se realizo tradicionalmente sobre suelos bien provistos de potasio (K). Sin embargo, la creciente expansión agrícola se ha producido hacia suelos con restricciones como son los desarrollados sobre Areniscas Cretácicas que presentan niveles de K intercambiable naturalmente bajos. Este estudio muestra respuestas a la aplicación de K en cultivos de invierno y de verano, tanto en rendimiento en grano, parámetros de calidad y en K removido, en suelos que presentaron niveles de K intercambiable entre 0.18 a 0.37 $cmol_c\ kg^{-1}$.

Introducción

La actividad agrícola en Uruguay se ha realizado tradicionalmente sobre suelos caracterizados por presentar niveles naturales medios a altos de K intercambiable (Hernández et al., 1988) y, por lo tanto, existe muy poca información sobre respuesta a la fertilización potásica en cultivos extensivos (Moir y Reynaert, 1962; Castro, 1965; Almada, 2006; Cano et al., 2007). En un relevamiento de cultivos comerciales de maíz, Morón y Baethgen (1996), encontraron concentraciones de K en hoja inferiores a las concentraciones críticas sugeridas en otros países, por lo que se requeriría la fertilización con K. El manejo de este nutriente para la mayoría de los cultivos se ha basado en tomar como niveles críticos tentativos de K intercambiable el rango de 0.20 - 0.25 $cmol_c$

Respuesta a la fertilizacion potasica, con agregado de potasio (derecha) y sin aplicacion de K (izquierda), en un cultivo de maiz en Uruguay.

IPNI
International
Plant Nutrition
Institute

Director: Dr. Fernando O. García
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
Programa Latinoamerica - Cono Sur
Av. Santa Fe 910
(B1641ABO) Acassuso – Argentina
Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
E-mail: fgarcia@ipni.net
Sitio Web: www.ipni.net/lasc

Propietario: International Plant Nutrition Institute (IPNI)
ISSN 1666 - 7115
No. de Registro de Propiedad Intelectual: 687220

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño: www.agroeditorial.com.ar - amatthiess@amatthiess.com.ar
Impresión: Grancharoff Impresores

Contenido:

Fertilización potásica inicial y residual en cultivos de secano en suelos sobre areniscas cretácicas y transicionales ____ 1

La importancia del agua edáfica a la siembra como estimador de los rendimientos del trigo en el área central de Santa Fe ____ 9

Contenidos de fosforo total en suelos del distrito Villa Eloisa (Santa Fe) ____ 11

Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal ____ 16

Rendimiento de trigo en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana. Un modelo predictivo de la respuesta a la fertilización nitrogenada ____ 18

Influencia de la fertilización con nitrógeno y azufre sobre la producción de forraje de raigrás anual ____ 22

Publicaciones y Congresos ____ 26

kg^{-1} para suelos de texturas medias y de 0.35 $cmol_c$ kg^{-1} para suelos más pesados. Sin embargo, recientemente se ha producido una creciente expansión agrícola hacia suelos con restricciones para la agricultura, como lo son los suelos desarrollados sobre Areniscas Cretácicas. Estos suelos presentan niveles de K intercambiable naturalmente bajos. En algunos de estos suelos se reportaron bajas concentraciones de K en *Lotus corniculatus L.* lo cual fue atribuido a bajos contenidos de K intercambiable (Barbazán et al., 2007). A nivel de campo, en varios cultivos realizados sobre Areniscas Cretácicas y transicionales se han observado síntomas de posibles deficiencias de K. En plantas de maíz, con amarillamiento y necrosis en hojas inferiores, estos síntomas fueron confirmados con el dato del análisis de laboratorio: plantas con síntomas presentaron 5 g kg^{-1} (0.5%) de K, y plantas sin síntomas, 10 g kg^{-1} (1.0%) de K total.
Con el propósito de estudiar la problemática de K en este tipo de suelos, se realizó un relevamiento de K intercambiable en varias chacras, y se instalaron ensayos de respuesta a dosis crecientes de K y su efecto residual en suelos sobre material cretácico en los departamentos de Soriano y Flores.

Materiales y Métodos

Relevamiento de suelos

Durante los meses mayo y junio de 2007 se realizó un muestreo de suelos en 19 chacras comerciales, intentando abarcar una cantidad representativa de suelos desarrollados sobre Areniscas Cretácicas. De un área uniforme de 0.5 ha, se tomaron al azar muestras compuestas de suelo (15 tomas) a una profundidad de 0-15 cm, que fueron secadas con estufa de aire forzado por 48 horas a 40°C y molidas hasta un tamaño menor a 2 mm. En cada muestra se midió pH en agua por potenciometría y bases intercambiables (Ca, Mg, K y Na) por el método de extracción simple con acetato de amonio 1 M. El contenido de Ca y Mg se determinó por espectrometría de absorción atómica y el de K y Na por espectrometría de emisión (Isaac y Kerber, 1971).

Características de los ensayos

Durante la zafra 2007/2008 se realizaron ensayos de fertilización de K en cebada, soja, maíz y sorgo. Estos sitios se ubicaron en los principales tipos de suelos de la Unidad Cuchilla de Corralito, incluyendo algunos de la Unidad Villa de Soriano y transicionales sobre las Unidades Bequeló y Risso, con valores más altos de K intercambiable, según la Carta de Reconocimiento de Suelos, escala 1:1000.000, (MAP/DSF, 1976). Los tratamientos fueron cinco dosis de potasio aplicado a mano en superficie, usando cloruro de potasio (KCl): 0, 30, 60, 120 y 240 kg ha^{-1} de K_2O. En todos los sitios se usó un diseño de bloques completos con parcelas al azar y tres repeticiones, el tamaño de las parcelas fue de 3 x 6 m. Todos los ensayos fueron realizados en chacras comerciales, y, excepto por la cantidad de K aplicada y la cosecha, el resto de las prácticas agronómicas y la fertilización de otros nutrientes fueron realizadas por el productor, de acuerdo a su programa de manejo de cultivos recomendado.
En la Tabla 1 se pueden observar las características de los cultivos, manejo anterior, y algunas propiedades químicas de los sitios.

El muestreo de suelos se realizó previo a la instalación de los ensayos (por bloque) y después de la cosecha (por parcela). Las muestras (12-15 tomas a 15 cm de profundidad) se analizaron para pH y bases intercambiables como se describió con antelación, materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black (1982) y P extractable por el método de Bray-1 (Bray y Kurzt, 1945).

En todos los ensayos, la cosecha se realizó en forma manual. En los ensayos de cebada se midió rendimiento, número de espigas por parcela, granos por m^2, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y calidad de grano (separando en cuatro categorías comerciales). En grano se midió el contenido de K, Ca y Mg, y se estimó el K total extraído por el cultivo. El rendimiento de grano se corrigió a un 13.0% de humedad.

En los ensayos de soja se midió el contenido de K en hoja (la última hoja completamente desarrollada) al estado R2, tomándose 20 hojas por parcela. El rendimiento de grano en soja se ajustó a un 13.0% de humedad y se determinó el contenido de K en grano. En sorgo y maíz se midió rendimiento y peso de mil granos, estimándose el número de granos por metro en maíz. El rendimiento en grano se ajustó a un 14.0% de humedad.

Tabla 1. Identificación de los sitios y cultivos, propiedades químicas y cultivo anterior de los ensayos.

Sitio	Identificación	Cultivo	Hibrido/ Variedad	Fecha siembra	Cultivo antecesor	pH	MO	K	Ca	Mg	P
						agua	%	cmolc kg^{-1}			mg kg^{-1}
1	LF	Cebada	INIA Ceibo	19-jun	Sj-Ceb-Sj-Ave-Sj	6.19	3.34	0.37	20.3	2.67	8
2	ER	Cebada	M. Danuta	27-jun	Ceb-Gir- Tr-Sor-Sj	4.74	1.37	0.18	2.0	0.57	10
3	ES	Cebada	INIA Ceibo	03-jul	Sj-Ceb-Sj-Ave-Sj	5.54	3.10	0.24	9.2	2.00	4
4	LM8B1	Soja 1era.	ADM 5.8i	2 Oct	Ave-Soj-Tr-Sj-Mz	5.37	5.17	0.31	15.73	2.93	3
5	ML14B1	Soja 1era.	A 6019	6- nov	Pr-Pr—Pr-Sorg	5.73	4.17	0.30	11.6	2.50	2
6	ML14C	Soja 1era.	A 6019	6- nov	Pr-Pr-Pr-Sorg	5.46	2.88	0.25	10.0	2.3	3
7	MANCINI	Soja 1era.	A 4910	25 Nov	Sj-Rgr-Tr-Sj-Rgr	6.08	3.17	0.56	6.15	0.88	-
8	LF EXP2	Soja 2da.	A 6126	15 Dic	Sorg-Sj-Ave-Tr	6.19	3.34	0.37	20.3	2.67	8
9	LF EXP1	Soja 2da.	A 6126	15 Dic	Sorg-Sj-Ave-Tr	6.19	3.34	0.37	20.3	2.67	8
10	PEND1	Soja 1era.	A 6001	28 Nov	Pr-Pr-Rgr-Sorg	5.59	3.09	0.34	9.57	1.90	2
11	TALA LM8C	Maíz	DM 2740	6 Oct	Mz-Sj-Tr-Sj-Ave-	5.74	4.5	0.42	21.2	1.83	10
12	LAG Pir 4	Maíz	NK 900	24 Oct	Pr-Pr-Ceb-Sj-Rgr	5.76	5.42	0.48	25.8	4.27	17
13	TALA 1	Sorgo 2da.	M 110	16 Dic	Pr-Tr-Sj-Rgr-Ceb	5.54	3.10	0.24	9.2	2.00	4
14	ES EXP 2	Sorgo 2da.	M 110	16 Dic	Pr-Tr-Sj-Rgr-Ceb	5.54	3.10	0.24	9.2	2.00	4

Tabla 2. Precipitaciones durante la zafra de 2007/08, en las localidades de Mercedes y Tala, incluyendo la media histórica (comprendida entre los años 1961-1990).

Meses	Precipitaciones		
	Localidades		Media histórica (1961-1990)
	Mercedes	Tala	
	----------mm----------		
Marzo	872	511	127
Abril	82	30	91
Mayo	233	279	85
Junio	16	21	60
Julio	5	9	70
Agosto	74	66	65
Septiembre	170	111	85
Octubre	213	179	102
Noviembre	10	16	91
Diciembre	112	40	104
Enero	73	62	-
Febrero	79	40	-
Marzo	78	120	-

Fuente: Meteorología y Redes policiales.

Los análisis de varianza fueron realizados para cada sitio, usando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 1985). La suma de cuadrados fue separada en contrastes ortogonales. También se realizó un análisis de la regresión, usando el procedimiento REG de SAS.
Las precipitaciones ocurridas en la zona se presentan en la Tabla 2.

Resultados

1. Relevamiento de suelos en chacras comerciales

El pH de los suelos muestreados estuvo entre valores de 5.3 a 6.1, con un promedio de 5.7. Estos valores corresponden a los normalmente encontrados en estos suelos. El nivel de K intercambiable estuvo entre 0.15 a 0.45 $cmol_c\ kg^{-1}$, con un promedio de 0.28. Del total de muestras, el 47% presentó valores de K intercambiable igual o por debajo del nivel crítico tentativo para suelos de texturas medias, 0.25 $cmol_c\ kg^{-1}$ (Tabla 3).

2. Respuesta a la aplicación inicial de potasio

a) Efecto de la fertilización potásica en rendimiento

Los rendimientos promedios a través de todos los sitios estuvieron en el rango de 1466 a 5238 kg ha^{-1} para cebada, 1175 a 4458 kg ha^{-1} para soja, 6092 a 7966 kg ha^{-1} para maíz y 2274 a 2899 kg ha^{-1} para sorgo (dañado por helada ocurrida el 14 de abril) (Tablas 4 y 5).
En los tres sitios de cebada hubo respuesta significativa ($P<0.05$) a la fertilización con K (Tabla 4). Los bajos coeficientes de variación de esta variable (menores a 13%) indicarían que los ensayos presentaron una baja variabilidad espacial. El aumento de rendimiento por fertilización con K para los sitios de cebada fue de 1715 kg ha^{-1} de grano para el Sitio 1, y de 1253 kg ha^{-1} para los Sitios 2 y 3, lográndose con las dosis más altas aplicadas (120 y 240 kg ha^{-1} de K_2O, o sea aproximadamente dosis de 100 y 199 kg ha^{-1} de K expresado como elemento).
Los contrastes ortogonales muestran que hubo respuesta hasta la dosis de 60 unidades de K_2O en los Sitios 1 y 2, mientras que en el Sitio 3 la respuesta fue hasta la dosis de 120 unidades ($P<0.01$) (Tabla 4). Los parámetros de calidad de grano de cebada (grano de 1era, 2da, 3era, 4ta, y la suma de 1era y 2da) indicaron respuesta a K ($P<0.05$), con un aumento en los granos de 1era y 2da. En el número de tallos sólo se observó respuesta a K en un sitio (Sitio 2, con el nivel más bajo de K inicial).
Las respuestas al agregado de K en los Sitios 2 y 3 se explicarían por los niveles de K intercambiables (0.18 y 0.24 $cmol_c\ kg^{-1}$) inferiores al rango sugerido. Los suelos de los Sitios 1 y 3 presentaron, además, una

Tabla 3. Valores de pH y bases intercambiables (Ca, Mg y K) en 19 sitios sobre Areniscas Cretácicas.

Sitios	Fecha de muestreo	pH	Ca	Mg	K
		(agua)	cmolc kg^{-1}		
Mercedes, Ruta 2	27 Mayo	6.10	11.6	2.2	0.39
Mercedes, Ruta 2 Oeste	27 Mayo	5.94	9.8	1.8	0.25
Paraje Bizcocho, Ruta 2	27 Mayo	5.42	8.7	1.6	0.27
Corralito	27 Mayo	5.55	5.4	1.1	0.28
Paraje Bequeló	27 Mayo	5.49	5.7	1.0	0.24
Cabelludo ML 14	27 Mayo	5.80	11.1	2.2	0.25
Cabelludo Campo natural degradado	27 Mayo	6.05	12.2	3.0	0.32
Cabelludo ML17	27 Mayo	5.91	12.6	2.5	0.42
Laguna P6	27 Mayo	5.98	19.3	3.9	0.45
Tala Alb 95 B	1 Junio	5.92	11.5	2.6	0.23
Tala LM 8BLS	1 Junio	5.74	19.2	2.4	0.32
Tala LM 8ALS	1 Junio	5.87	20.5	2.2	0.37
Cabelludo ML9	1 Junio	5.69	13.7	2.1	0.26
Tala Alb 55 B	1 Junio	5.60	7.1	1.7	0.15
Tala Sauco 4B	1 Junio	5.55	8.8	1.9	0.20
Flores 12 LB	31 Mayo	5.30	3.2	0.8	0.17
Tala LF 18	1 Junio	5.74	12.3	2.7	0.23
Tala LF13 LW	1 Junio	5.83	14.6	3.2	0.28
Tala S5 a	1 Junio	5.58	10.3	1.9	0.20
Media	-	5.74	11.4	2.1	0.28
Desvío Estándar	-	0.22	4.69	0.77	0.08

baja cantidad relativa de bases totales (Ca, Mg, K y Na) con una saturación de K del 2% de la suma de esas bases. En el Sitio 1, si bien el suelo presentó valores de K mayores al rango tentativo, la relación de Mg/K fue de 7 y la relación Ca/K fue la más alta (cercana a 55). Según Tisdale et al. (1993), la disponibilidad de K para las plantas está relacionada con la concentración relativa de otros cationes como Ca y Mg en el complejo de intercambio catiónico. Pierre y Bower (1944) encontraron respuesta al agregado de K en suelos calcáreos con niveles adecuados de K intercambiable.

Aunque en todos los cultivos de verano se observó una tendencia de respuesta al agregado inicial de K, sólo fueron significativas en uno de los nueve sitios (Sitio 9),

Tabla 4. Rendimiento en grano de cebada, calidad de grano, numero de tallos, K en grano y removido, porcentaje de grano de primera y segunda, y análisis de suelo después de la cosecha para cada tratamiento, efecto fertilización con K y probabilidad obtenida según contraste.

Sitio	Dosis de K (kg K_2O ha^{-1})					Media	CV%	MDS†	Probabilidad > F				
	0	30	60	120	240				Efecto K	0 &resto	30 vs. 60 y +	60 vs. 120 o 240	120 vs. 240
	Rendimiento (kg ha^{-1})												
1	1496	2109	2838	3211	3167	2564	12.3	892.1	0.010	0.010	0.020	0.150	0.870
2	3956	3795	4552	4401	5238	4388	9.8	1217.1	0.020	0.090	0.060	0.410	0.040
3	1466	1840	2249	2547	2690	2157	6.8	413.7	0.010	0.010	0.010	0.010	0.260
	1era.												
1	3.9	10.5	16.8	18.98	24.8	15	14.6	6.2	0.001	0.001	0.008	0.107	0.011
2	9.4	8.5	10.8	14.3	14.3	11.5	23.3	7.6	0.081	0.174	0.318	0.103	0.971
3	50.6	49.5	55.1	59.8	59.9	55	7.6	11.9	0.041	0.075	0.143	0.145	0.966
	2da.												
1	29.6	48.6	55.6	58.4	57.4	49.9	5	7.1	0.001	0.001	0.009	0.247	0.658
2	44.7	44.9	48.8	53.7	54.1	49.2	4.8	6.6	0.002	0.005	0.771	0.016	0.830
3	39.6	40.1	35.6	32.5	32.5	36.1	7.4	7.5	0.018	0.036	0.725	0.140	0.981
	3era.												
1	44	39.9	34	20	15.3	27.3	10	6.7	0.001	0.001	0.002	0.005	0.039
2	34.4	35.9	32.8	26.7	26.6	31.3	10.5	9.3	0.024	0.108	0.282	0.032	0.930
3	8.4	9.1	7.7	6.5	6.4	7.6	16.3	3.5	0.118	0.237	0.204	0.223	0.887
	4ta.												
1	22.3	7.9	3.4	2.5	2.4	7.7	36.6	8.8	0.001	0.001	0.090	0.627	0.954
2	11.5	10.6	7.5	5.1	5.9	7.9	24.4	5.4	0.009	0.008	0.084	0.107	0.871
3	1.38	1.22	15.8	0.92	1.2	1.2	58.5	2.1	0.846	0.751	0.561	0.332	0.692
	1era + 2da (%)												
1	33.6	59.1	72.5	77.4	82.4	65	5.5	10.0	0.010	0.010	0.010	0.020	0.130
2	90.1	89.7	90.8	92.5	92.4	91	1.9	4.8	0.240	0.300	0.460	0.200	0.960
3	54.1	53.4	59.6	67.9	68.5	61	7.4	12.7	0.010	0.020	0.130	0.030	0.890
	Número de Tallos												
1	104	109	126	118	130	117	9.6	31.7	0.098	0.056	0.930	0.783	0.233
2	71	73	73	75.8	75	73.4	9.6	19.9	0.028	0.542	0.922	0.582	0.922
3	81	84	91	99.9	96	90	9	23	0.107	0.064	0.357	0.241	0.592
	K grano (%)												
1	0.54	0.55	0.58	0.56	0.59	0.57	4.3	0.069	0.090	0.061	0.102	0.708	0.520
2	0.53	0.53	0.53	0.52	0.54	0.53	2.9	0.043	0.752	0.805	0.100	0.880	0.215
3	0.52	0.52	0.53	0.56	0.50	0.52	4.3	0.065	0.138	0.487	0.401	0.843	0.022
	K removido (kg de K_2O ha^{-1})												
1	9.8	13.8	19.7	22.5	22.6	17.7	9.2	4.6	0.001	0.001	0.002	0.039	0.927
2	24.9	24.1	29	27.5	32.6	27.8	10.7	8.4	0.029	0.101	0.078	0.499	0.036
3	9.02	11.3	14.4	16.9	16.2	13.6	9.9	3.8	0.001	0.001	0.023	0.052	0.550
	K en suelo ($cmol_c$ kg^{-1})												
1	0.30	0.33	0.30	0.29	0.33	0.31	12.3	0.10	0.520	0.870	0.390	0.330	0.190
2	0.19	0.20	0.20	0.20	0.33	0.22	11.4	0.22	0.003	0.064	0.299	0.001	0.008
3	0.27	0.23	0.27	0.27	0.30	0.27	21.1	0.16	0.594	0.667	0.193	0.254	0.498

† Mínima Diferencia Significativa: P<0.05

con 0.37 $cmol_c\ kg^{-1}$ de K intercambiable. Las condiciones ambientales (sequía severa, excepto en los Sitios 4 y 11) habrían enmascarando la respuesta al agregado de K en los cultivos de verano. En los experimentos con maíz existió clorosis potásica hasta V12, y una sequía muy acentuada luego de floración. En los experimentos de sorgo, una fuerte helada interrumpió el ciclo. La soja de primera, excepto en el Sitio 4, sufrieron severos déficits hídricos en estadios reproductivos, interactuando fuertes presiones de "arañuela" (*Tetranychus urticae*). Al igual que en la soja de primera, la soja de segunda mostró clorosis potásica en orden inverso a los niveles

Tabla 5. Rendimiento en grano, contenido de K en hoja y grano, K removido y K en suelo de cultivos de verano 2007-08 para cada tratamiento, efecto fertilización con K y probabilidad obtenida según contraste.

Sitio	Cultivo	Dosis de K (kg K_2O ha^{-1})					Media	CV%	MDS†	Contrastes				
		0	30	60	120	240				Efecto K	0 &resto	30 vs. 60 y +	60 vs. 120 o 240	120 vs. 240
		Rendimiento (kg ha^{-1})												
4	Soja 1era.	3951	4007	3810	4247	4458	4094	11.7	1348	0.521	0.576	0.627	0.147	0.603
5	Soja 1era.	1480	1531	1767	1830	1883	1698	15.3	735	0.299	0.143	0.299	0.639	0.809
6	Soja 1era.	1278	1420	1581	1502	1175	1391	16.7	666	0.300	0.382	0.427	0.184	0.129
7	Soja 1era.	2067	2715	2034	2237	2251	2260	19.2	1226	0.390	0.412	0.091	0.514	0.970
9	Soja 2da.	1260	1810	2193	2732	2466	2092	16.0	945	0.005	0.001	0.199	0.124	0.360
10	Soja 1era.	1892	1888	1780	1772	1725	1811	9.0	462	0.658	0.369	0.443	0.792	0.735
11	Maíz	7289	7823	7741	7966	7964	7757	11.0	2408	0.850	0.319	0.909	0.720	0.998
12	Maíz	6310	6513	6092	6962	6518	6479	7.9	1444	0.387	0.541	0.343	0.111	0.319
13	Sorgo 2da.	2369	2231	2274	2146	2899	2384	15.2	1022	0.181	0.937	0.888	0.359	0.034
		Análisis foliar (%)												
4	Soja 1era.	0.85	0.94	1.03	1.22	1.42	1.09	10.4	0.32	0.002	0.003	0.376	0.006	0.059
5	Soja 1era.	0.83	0.94	0.73	0.79	1.22	0.90	17.3	0.44	0.033	0.415	0.149	0.039	0.009
6	Soja 1era.	0.76	0.91	0.92	1.19	1.08	0.97	9.3	0.26	0.003	0.002	0.931	0.009	0.201
9	Soja 2da.	1.14	1.34	1.49	1.72	1.69	1.47	14.8	0.62	0.057	0.019	0.425	0.208	0.871
10	Soja 1era.	1.11	1.20	1.25	1.36	1.29	1.24	12.5	0.44	0.407	0.132	0.742	0.497	0.563
		K grano (%)												
4	Soja 1era.	1.36	1.40	1.44	1.47	1.47	1.43	3.7	0.15	0.091	0.042	0.051	0.460	1.000
5	Soja 1era.	1.34	1.41	1.45	1.46	1.55	1.44	2.1	0.08	0.001	0.001	0.001	0.024	0.006
6	Soja 1era.	1.44	1.38	1.44	1.55	1.53	1.47	3.3	0.01	0.015	0.268	0.058	0.018	0.686
7	Soja 1era.	1.58	1.56	1.59	1.56	1.59	1.58	3.5	0.16	0.701	1.000	0.414	0.291	0.663
9	Soja 2da.	1.25	1.30	1.34	1.39	1.49	1.35	2.9	0.01	0.001	0.001	0.001	0.006	0.013
10	Soja 1era.	1.63	1.58	1..62	1.59	1.60	1.61	2.5	0.11	0.522	0.237	0.351	0.407	0.769
		K removido (kg de K_2O ha^{-1})												
4	Soja 1era.	64.7	67.3	66.0	75.0	78.3	70.3	29.3	25.5	0.337	0.265	0.861	0.134	0.668
5	Soja 1era.	23.7	25.9	30.8	32.1	35.1	29.5	13.4	11.2	0.043	0.022	0.35	0.345	0.376
6	Soja 1era.	21.9	23.5	27.4	27.8	21.6	24.4	17.2	11.9	0.288	0.280	0.483	0.383	0.107
7	Soja 1era.	39.0	51.3	39.0	42.0	42.7	42.8	26.5	24.0	0.436	0.414	0.114	0.595	0.926
9	Soja 2da.	18.7	28.3	35.0	45.3	44.0	34.3	18.3	17.7	0.004	0.001	0.228	0.060	0.801
10	Soja 1era.	37.3	36.0	34.3	34.0	33.3	35.0	9.13	9.01	0.566	0.195	0.541	0.775	0.805
		K en suelo ($cmol_c\ kg^{-1}$)												
4	Soja 1era.	0.27	0.31	0.29	0.31	0.34	0.30	19.1	0.16	0.665	0.289	0.636	0.439	0.541
5	Soja 1era.	0.28	0.30	0.29	0.33	0.46	0.33	19.1	0.18	0.051	0.178	0.853	0.050	0.040
6	Soja 1era.	0.26	0.25	0.24	0.26	0.33	0.27	12.1	0.09	0.062	0.494	0.804	0.049	0.036
7	Soja 1era.	0.45	0.54	0.65	0.56	0.69	0.58	11.8	0.19	0.019	0.008	0.080	0.643	0.053
9	Soja 2da.	0.31	0.29	0.33	0.32	0.34	0.32	12.3	0.11	0.590	0.820	0.286	0.907	0.429
10	Soja 1era.	0.38	0.39	0.37	0.40	0.46	0.40	13.7	0.155	0.420	0.570	0.774	0.194	0.242
11	Maíz	0.41	0.43	0.39	0.40	0.47	0.42	6.9	0.08	0.041	0.577	0.128	0.045	0.012
12	Maíz	0.34	0.35	0.39	0.39	0.46	0.39	11.99	0.13	0.080	0.121	0.319	0.293	0.087
13	Sorgo 2da.	0.24	0.22	0.25	0.22	0.32	0.25	23.1	0.16	0.274	0.797	0.590	0.535	0.068

† Mínima Diferencia Significativa: $P<0.05$

crecientes de potasio.
En el contenido de K en grano se observaron diferencias entre tratamientos sólo en el Sitio 9, cultivo de soja de 2da. (Tablas 4 y 5). En K removido, las diferencias fueron significativas ($P<0.05$) en los tres sitios de cebada (Tabla 4) y en el Sitio 9. La Tabla 7 muestra datos de extracciones de Ca y Mg en grano para algunos sitios.

b) Efecto de la aplicación de K en la concentración en hoja: ensayos de soja

En la mayoría de los sitios de soja, la fertilización potásica afectó ($P<0.05$) el contenido de K en la hoja al estado R2 (Tabla 5), con valores promedio entre 0.73% y 1.69% de K. Estas diferencias, sin embargo, no se manifestaron en el rendimiento. En la Tabla 7 se presentan datos de Ca y Mg en hoja.

c) Efecto de la aplicación potásica en el K intercambiable

El análisis de K intercambiable en el suelo después de la cosecha de los ensayos de cebada indicó que prácticamente no hubo efecto al agregado de K en los Sitios 1 y 3. Estos sitios presentaban mayores niveles de K intercambiable inicial, así como valores elevados de Ca, Mg, y Na, en comparación con el suelo del Sitio 2, y mayores contenidos de MO y pH. En cambio, en el Sitio 2, con menor K intercambiable inicial, hubo efecto significativo del agregado de K ($P<0.01$).
Los incrementos del K intercambiable debido a la fertilización fueron muy bajos (menores a 0.02 $cmol_c\ kg^{-1}$). Esto podría deberse a varias causas. Por un lado, al efecto de la absorción de K total por el cultivo, estimado a partir del K medido en grano. Si se asume que al menos el 10% del K total absorbido por la planta es translocado al grano, sólo "sobraría" K para incrementar el K intercambiable en el suelo en la dosis más alta usada en los Sitios 1 y 3, con 0.37 y 0.24 $cmol_c\ kg^{-1}$. Cabe señalar que la toma de muestras de suelo en los sitios con cebada y en los Sitios 4 y 7 se realizó inmediatamente a la cosecha, por lo que aún no se habría completado el proceso de retorno del K del rastrojo al suelo. En el resto de los sitios de verano, el muestreo se realizó por lo menos dos meses después de la cosecha, por las limitaciones físicas que presentaban los suelos.

3. Efecto residual de la aplicación de K

En dos ensayos se evaluó el efecto residual de la aplicación de K: Sitios 8 (soja de 2da) y 14 (sorgo de 2da). Ambos sitios tuvieron como antecesor el cultivo de cebada, previamente a la instalación de la cebada los valores de K intercambiable fueron de 0.37 y 0.24 $cmol_c$ K kg^{-1}. En el cultivo de soja se observó respuesta, tanto en el contenido de K foliar como en rendimiento; mientras que en sorgo, si bien hubo tendencia a responder al K aplicado al cultivo anterior, no se observaron diferencias en rendimiento (sufrió una fuerte helada que interrumpió el ciclo). Tampoco se observaron diferencias entre tratamientos en el contenido de K intercambiable. En la Tabla 6 se presentan datos de K en suelo para el Sitio 15, el cual no se sembró. Ese sitio tenía 0.62 $cmol_c\ kg^{-1}$ de K intercambiable, y la aplicación potásica no tuvo efectos significativos en los contenidos de K en el suelo, aún sin la presencia de un cultivo.

Tabla 6. Rendimiento en grano, contenido de K en hoja, y K intercambiable en cultivos residuales del verano 2007-08 para cada tratamiento, efecto fertilización con K y probabilidad obtenida según contraste.

Sitio	Cultivo	Dosis de K (kg K_2O ha^{-1})					Media	CV%	MDS†	Contrastes				
		0	30	60	120	240				Efecto K	0 &resto	30 vs. 60	60 vs. 120 o 240	120 vs. 240
		Rendimiento (kg ha^{-1})												
8	Soja 2da.	1315	1359	1547	1555	2162	1582	15.3	687	0.017	0.062	0.371	0.109	0.016
14	Sorgo 2da.	2228	2451	3082	2245	2868	2575	18.3	1329	0.189	0.192	0.139	0.153	0.144
		Análisis foliar (%)												
8	Soja 2da.	1.12	1.12	1.39	1.45	1.50	1.31	8.1	0.30	0.005	0.008	0.013	0.312	0.535
		K grano (%)												
8	Soja 2da.	1.25	1.25	1.23	1.27	1.34	1.27	3.3	0.12	0.098	0.448	0.269	0.047	0.089
		K removido (kg de K_2O ha^{-1})												
8	Soja 2da.	19.8	20.4	22.8	23.7	34.7	24.3	16.1	11.0	0.009	0.058	0.338	0.050	0.009
		K en suelo ($cmol_c\ kg^{-1}$)												
8	Soja 2da.	0.30	0.30	0.35	0.32	0.36	0.33	8.3	0.08	0.115	0.127	0.090	0.802	0.139
14	Sorgo 2da.	0.23	0.29	0.25	0.25	0.24	0.25	15.6	0.111	0.490	0.320	0.290	0.860	0.617
15+	-	0.60	0.57	0.55	0.59	0.65	0.59	10.96	0.18	0.468	0.832	0.672	0.166	0.291

† Mínima Diferencia Significativa: $P<0.05$ + Sitio 15: se aplicaron los tratamientos en diciembre 07 y se mantuvo en barbecho. Las muestras de suelo se tomaron en junio 08.

Tabla 7. Contenido de Ca y Mg en hoja y en grano en cebada y soja de la zafra 2007-08 para cada tratamiento.

Sitio	Cultivo	Contenido en hoja									
		Dosis de K_2O (kg ha^{-1})					Dosis de K_2O (kg ha^{-1})				
		0	30	60	120	240	0	30	60	120	240
		Ca (%)					Mg (%)				
4	Soja 1era	1.38	1.26	1.33	1.35	1.19	0.58	0.53	0.54	0.46	0.43
5	Soja 1era	1.13	1.04	1.07	0.86	1.10	0.59	0.50	0.57	0.49	0.51
6	Soja 1era	0.97	0.93	0.94	1.00	1.11	0.53	0.48	0.46	0.51	0.51
9	Soja 2da	1.08	1.03	1.01	1.06	1.00	0.53	0.51	0.48	0.46	0.42
10	Soja 1era	1.23	1.23	1.17	1.11	1.21	0.48	0.46	0.45	0.43	0.44
8 (res)	Soja 2da	1.01	1.03	1.01	0.94	0.97	0.53	0.52	0.50	0.46	0.46
Sitio	Cultivo	Contenido en grano									
		Dosis de K_2O (kg ha^{-1})					Dosis de K_2O (kg ha^{-1})				
		0	30	60	120	240	0	30	60	120	240
		Ca (%)					Mg (%)				
1	Cebada	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
2	cebada	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
3	Cebada	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
5	Soja 1era	0.22	0.23	0.19	0.22	0.22	0.20	0.20	0.18	0.18	0.22
6	Soja 1era	0.22	0.20	0.21	0.20	0.22	0.22	0.19	0.22	0.22	0.23
8 (res)	Soja 2da	0.21	0.22	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19

Conclusiones

Se observó respuesta a la aplicación de K en cultivos de invierno y de verano, tanto en rendimiento en grano, parámetros de calidad y en K removido. Esta respuesta se observó en suelos que presentaban valores entre 0.18 a 0.37 $cmol_c$ kg^{-1} de K intercambiable. Más estudios son necesarios sobre indicadores de K que guíen la fertilización potásica en cultivos de secano.

Referencias Bibliográficas

Almada P. 2006. Fertilización P y K de maíz en tres suelos de Durazno. Montevideo. Facultad de Agronomía. UY. Tesis 3399.

Barbazán M., M. Ferrando y J. Zamalvide. 2007. Estado nutricional de *Lotus corniculatus* en Uruguay. Agrociencia. Vol XI N° 1 pp. 22 – 34.

Bower C.A. y W.H. Pierre. 1944. Potassium response of various crops on a high-lime soil in relation to their contents of potassium, calcium, magnesium, and sodium. Agron. J. 36: 608-614.

Bray R.H. y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphoru in soils. Soil Science 59:39-45.

Cano J.D., O. Ernst y F.O. García. 2007. Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay. Informaciones Agronómicas N° 36. Pág. 9-12. IPNI Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: www.ipni.net/lasc

Castro J.L. 1965. Informe final del año de práctica. Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Hernández J., O. Casanova y J.P. Zamalvide. 1988. Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Boletín de Investigación No. 19. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 20p.

Isaac R.A. y J.D. Kerber. 1971 Atomic Absorption and flame photometry: techniques and uses in soil plant and water analysis. In Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissues. Pp. 17-37. Soil Sci. Soc. Amer. Madison. Wisconsin. USA.

MAP/DSF. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo. Uruguay.

Moir T.R.G. y E.E. Reynaert. 1962. Ensayos de fertilización de cultivos. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería y Agricultura.

Morón A. y W. Baetghen. 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. Serie Técnica 73. INIA. Uruguay.

SAS Institute. 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computer. Version 6 Edition. SAS Inst. Cary, North Carolina, USA.

Tisdale S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton y J.L. Havlin. 1993. Soil fertility and fertilizers. Fifth Edition.

Walkley A. y T.A. Black. 1982. An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.

La importancia del agua edáfica a la siembra como estimador de los rendimientos del trigo en el área central de Santa Fe

Hugo Fontanetto[1], Oscar Keller[1], Julio Albrecht[2], Pablo Rufino[2], Jorge Borsarelli[3], Margarita Sillón[4], Leandro Belotti[5], Carlos Negro[5] y Dino Giailevra[5]

[1]INTA Rafaela. [2]AFA María Juana. [3]AFA S. M. de Las Escobas. [4]Facultad de Ciencias Agrarias-UNL. [5] Asesores privados.
hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

La utilización del agua útil del suelo permitió determinar con buena precisión los rendimientos probables del trigo al momento de la siembra del cultivo, en lotes en siembra directa por más de 8 años. Los resultados obtenidos demostraron que para producciones de 3000 kg/ha de trigo es necesario contar en el perfil del suelo a la siembra con valores mínimos de 80 mm de agua útil, determinados hasta el metro de profundidad.

Introducción

En la región pampeana argentina la mayor parte de los cultivos agrícolas, entre ellos el trigo, se instalan mediante el sistema de siembra directa. Esto significa que la siembra se realiza con rastrojos en superficie y donde las condiciones físicas del suelo sufren mínimas alteraciones. Por tratarse de sistemas productivos de secano, el clima y en particular el factor hídrico constituyen el principal condicionante de los rendimientos. Posteriormente, el factor nutricional toma relevancia pero con dependencia de un conjunto de nutrientes.

La producción de trigo en el área central de Santa Fe varió en las últimas campañas agrícolas en valores de 1400 a 5100 kg/ha, principalmente como consecuencia de las irregularidades de las lluvias registradas. Esto provoca incertidumbre al comienzo de cada campaña respecto a la posible producción unitaria a obtener y dificulta la planificación de las empresas agropecuarias, ya que los pronósticos climáticos a mediano y largo plazo son aún poco consistentes.

Se hace necesario, por lo tanto, buscar algún parámetro que permita estimar con cierta precisión las producciones probables al comienzo de cada campaña triguera, a los efectos de minimizar los riesgos de las empresas agropecuarias.

En una experiencia desarrollada en Rafaela, se logró predecir con buena precisión los rendimientos probables del trigo al momento de la siembra utilizando como parámetro al agua útil del suelo (Villar, 2001). Esas experiencias se realizaron sobre lotes con suelos laboreados principalmente y no reflejan las condiciones de producción de los sistemas bajo siembra directa continua actual, y además con germoplasma que actualmente está ampliamente superado.

Por lo manifestado, el objetivo del presente trabajo fue corroborar y actualizar al agua edáfica útil almacenada hasta 1 metro de profundidad a la siembra como predictor de los rendimientos del trigo en condiciones de lotes manejados con siembra directa continua con 8 años como mínimo.

Materiales y Métodos

Las experiencias se realizaron en las localidades de María Juana y Zenón Pereyra (Santa Fe) durante las campañas 2005/06 y 2006/07, en 14 lotes que se manejaban bajo siembra directa continua entre 10 y 12 años y con diferentes secuencias: trigo/soja 2a. continuo, trigo/soja 2a. – maíz y trigo/soja 2a. – maíz - soja 1a. Se realizó una experiencia por cada sitio y año.

Las unidades experimentales (3 m de ancho por 10 m de largo) se dispusieron sobre argiudoles típicos y ácuicos, en un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los barbechos químicos fueron muy eficientes (aplicaciones de glifosato + 2,4-D éster) respecto al control de malezas, y el manejo de plagas y enfermedades se realizó manteniéndolas debajo del nivel en que limitan los rendimientos, mediante monitoreo semanales durante todo el ciclo de los cultivos. Se realizaron aplicaciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y de azufre (S) en dosis que asegurasen suficiencia de los mismos para el trigo, empleando nitrato de amonio (32% de N), superfosfato triple de calcio (20% de P) y yeso agrícola (18% de S), respectivamente.

Entre 7 días antes y al momento de la siembra se midió el agua edáfica útil almacenada hasta 1 metro de profundidad (gravimetría) y teniendo en consideración las profundidades de cada horizonte del suelo.

Las siembras se realizaron en la primer semana de junio, utilizando los cultivares: Onix, Biointa 3000, Baguette 13, Cronox, ACA 303 y ACA 223. La cosecha de las parcelas se efectuó en forma manual, sobre una muestra de 2 m^2.

Resultados

Las lluvias de las dos campañas agrícolas y el promedio histórico de Rafaela se detallan en la Figura 1. Las dos campañas analizadas presentaron cierta variación respecto al promedio histórico de precipitaciones durante los meses de enero, marzo mayo, octubre y

diciembre fundamentalmente, provocando variaciones en los rendimientos que oscilaron entre 2340 y 5125 kg/ha. Las diferentes secuencias generaron diferentes ofertas de agua útil a la siembra, las que variaron entre 55 a 185 mm hasta 1 metro de profundidad.

La relación entre los rendimientos del trigo y el agua edáfica almacenada a la siembra se detalla en la Figura 2. La asociación encontrada para las dos variables de la Figura 2 fue alta (R^2= 0,88) y demostró la estrecha asociación entre los rendimientos y la oferta hídrica inicial del trigo, coincidiendo con datos de experiencias anteriores (Villar, 2001; Fontanetto et al., 2005). Sin embargo, en esta experiencia realizada bajo siembra directa continua y con los nuevos materiales, los umbrales (mínimos y máximos) de producción fueron superiores al trabajo de Villar (2001).

Los resultados obtenidos demostraron que para producciones de 3000 kg/ha es necesario contar en el perfil del suelo a la siembra de valores mínimos de 80 mm de agua útil.

Referencias bibliográficas

Fontanetto H. y O. Keller. 2005. Aspectos del manejo de la fertilización de trigo en la región central de Santa Fe. AAPRESID TRIGO en Siembra Directa: 102-114. Mayo 2005.

Villar J. 2001. Economía del agua en el cultivo de trigo. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de Trigo. Campaña 2000. Publicación Miscelánea N° 92.

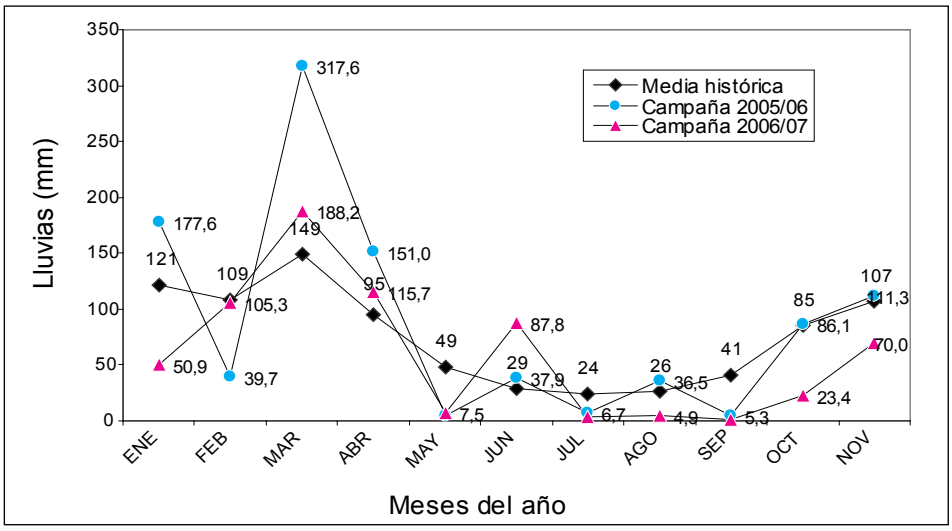


Figura 1. Lluvias registradas en las campañas 2005/06 y 2006/07 y promedio histórico (1908-2005).

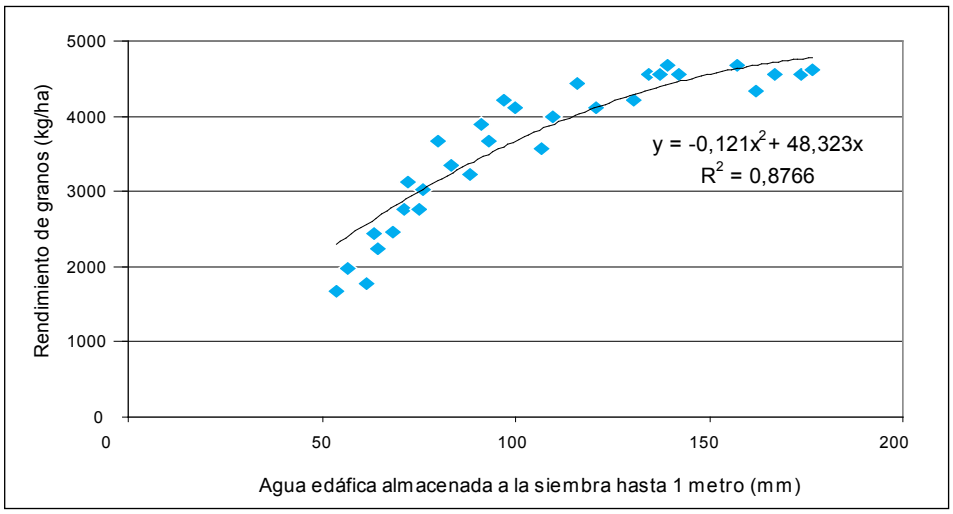


Figura 2. Relación entre el agua edáfica almacenada a la siembra hasta 1 metro de profundidad y la producción del trigo en dos campañas agrícolas (2005/06 y 2006/07).

Contenidos de fosforo total en suelos del distrito Villa Eloisa (Santa Fe)

Oscar A. Novello[1] y César E. Quintero[2]

[1]Geolab Estudio Agronómico. San Juan 1258. (2500) Cañada de Gómez. Santa Fe.
[2]Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER.
onovello1@arnet.com.ar; cquinter@fca.uner.edu.ar

La intensificación del uso agrícola-ganadero de los suelos, especialmente en las situaciones de agricultura continua, generan balances negativos de fósforo (P), debido a la extracción continua, realizando reposiciones inferiores a la remoción o sin aplicar fuentes inorgánicas, principalmente fertilizantes fosfatados, u orgánicas para mitigar la constante disminución de los niveles de P en el suelo. En este trabajo, en los perfiles agrícolas evaluados fue notoria la disminución del P en los horizontes superficiales, asociado a una pérdida de la materia orgánica, extracción de las cosechas y a la erosión.

Introducción

De acuerdo con datos disponibles de principios del siglo XX recopilados por Morrás (1999), los contenidos de fósforo total (Pt) en los suelos del sur de la provincia de Santa Fe, tanto para el horizonte superficial como para los horizontes sub-superficiales, situaban a dicha área dentro de la región del país con mayores contenidos promedio de este elemento. Teniendo en cuenta que en aquellos momentos la agricultura extensiva recién comenzaba, estos contenidos de fósforo (P) estaban directamente relacionados con las cantidades presentes en el material originario de dichos suelos.

Con la intensificación del uso agrícola-ganadero de los suelos, incluyendo en muchos casos a la agricultura continua, comenzaron a generarse situaciones de balances negativos de P, y por tanto, deficiencias en gran parte de los cultivos en estas zonas tradicionalmente bien provistas (Vázquez, 2002). A pesar de que la Argentina incrementó el uso de fertilizantes en los últimos quince años, los balances de nutrientes, y particularmente de P, continúan siendo negativos; esto se comprueba con la situación en la que se encuentra el departamento Iriondo (Santa Fe), donde para la campaña 2002/03 el balance anual de P fue negativo con una pérdida de entre 15 y 20 kg ha^{-1} (García, 2006). Particularmente para el distrito Villa Eloisa y durante la campaña 2005/06, se estima que los niveles de reposición de P por cultivo fueron sólo del 38% para soja, 41% para maíz y 90% para trigo.

Si bien ya se reportaron menores contenidos de fósforo extractable (Pe) en el horizonte superficial de los suelos del distrito de Villa Eloisa respecto a algunos distritos cercanos (Novello y Quintero, 2006), poco se sabe del impacto que ha tenido la explotación agropecuaria realizada con escasa o nula reposición de nutrientes en todo el perfil de los suelos de la zona, principalmente en lo que respecta a P, pero también a otros parámetros indicadores de la fertilidad química de los suelos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue el de evaluar en perfiles de suelos ubicados en el distrito Villa Eloisa los contenidos de Pt y de sus fracciones, y de otros indicadores como contenido de carbono orgánico (CO) y pH.

Materiales y Métodos

El distrito Villa Eloisa se encuentra ubicado en el extremo suroeste del departamento Iriondo, provincia de Santa Fe. Comprende una superficie de aproximadamente 37200 hectáreas, siendo en general, una zona de paisaje ondulado con pendientes que oscilan entre el 0 y el 3%. El tipo de suelo predominante corresponde a la serie Villa Eloisa (Argiudol típico), suelo profundo y bien drenado, presente en las lomas y pendientes del área; posee un horizonte superficial de textura franco limosa, con un espesor inferior a 20 cm y un horizonte B de textura franco arcillo limosa. En el noroeste del distrito predomina la serie Armstrong (Argiudol ácuico), representada por suelos más profundos. La precipitación media anual del área es de aproximadamente 900 mm.

Para llevar a cabo el presente estudio se seleccionaron seis perfiles de suelos correspondientes a lotes ubicados dentro del distrito Villa Eloisa: cuatro lotes (Lotes 1, 2, 3 y 4) que tuvieron durante los últimos sesenta años un manejo productivo de tipo agrícola, con aportes de P que variaron entre 0 y 12 kg ha^{-1} anuales, un lote (Lote 5) mantenido durante igual período de tiempo bajo pradera continua sin fertilizar, con *Stipa sp.* como especie predominante, y el restante (Lote 6) que estuvo en sus primeros cuarenta y cinco años bajo monte de *Eucaliptus sp.*, y a partir de ese momento como pradera natural continua, siempre sin fertilizar.

En todos los lotes se extrajeron muestras a partir de cada horizonte y hasta una profundidad de 1.2 metros, las que posteriormente fueron secadas al aire y pasadas por tamiz de 2 milímetros para determinar pH en agua (dilución 2.5:1), carbono orgánico (CO) (Walkley y Black, 1934) y Pe (Bray-Kurtz N° 1, 1945) (Laboratorio de Suelos Geolab, Cañada de Gómez), y por tamiz de 0.5 milímetros para determinar fósforo inorgánico (Pi) y fósforo orgánico (Po) (Saunders y Williams, 1955) y Pt (Bowman y Cole, 1978) (Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias U.N.E.R.). El fósforo ocluido (Pocl) fue calculado restando al Pt la suma de Po + Pi (Galantini y Rosell, 1997). Para todas las determinaciones los contenidos de P en los

extractos fueron analizados colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de las diferentes fracciones de P, CO y pH efectuados por horizonte en los seis suelos seleccionados.

Fósforo total

Los valores de Pt hallados para el horizonte superficial se situaron entre 445 y 902 mg kg^{-1}. Teniendo en cuenta solamente a los cuatro suelos con uso agrícola (Lotes 1, 2 ,3 y 4), el Pt medido para dicho horizonte osciló entre 445 y 505 mg kg^{-1}, que es un valor muy semejante al de 503 mg kg^{-1} hallado por Vazquez en promedio para trece suelos (Hapludoles y Argiudoles) con uso agrícola de la provincia de Buenos Aires (Vázquez, 2001), y al citado por Diez et al. (2000) para suelos Molisoles de la región pampeana (entre 400 y 600 mg kg^{-1}). Respecto al Lote 5, su contenido de Pt para el horizonte superficial (902 mg kg^{-1}), si bien fue marcadamente inferior al medido para un

Tabla 1. Contenidos de fósforo extractable (Pe), fósforo inorgánico (Pi), fósforo orgánico (Po), fósforo ocluido (Pocl), fósforo total (Pt), carbono orgánico (CO) y pH por horizonte para los 6 perfiles seleccionados.

Horizonte	Pe	Pi	Po	Pocl	Pt	CO	pH
	---------- mg P kg^{-1} suelo ----------					%	
Lote 1 – Simunovich (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	10.8	155.9	192.2	174.3	522.5	1.56	5.8
B1 10-23	5.0	142.5	169.4	103.1	415.0	1.23	6.0
B21 23-40	3.3	180.0	118.8	126.2	425.0	0.79	6.1
B22 40-57	4.2	206.3	95.3	100.9	402.5	0.56	6.3
B23 57-96	10.0	290.0	88.8	141.2	520.0	0.29	6.4
C >96	18.3	391.3	103.7	82.5	577.5	0.14	6.4
Lote 2 – Príncipe (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	9.7	157.0	209.0	79.0	445.0	1.95	5.8
B1 10-23	5.6	151.0	188.0	64.0	403.0	1.56	5.9
B21 23-40	7.3	109.0	159.0	105.0	373.0	0.97	6.1
B22 40-57	6.9	154.0	122.0	114.0	390.0	0.77	6.1
B23 57-96	4.5	203.0	91.0	134.0	428.0	0.58	6.2
C >96	9.4	318.0	48.0	114.0	480.0	0.39	6.4
Lote 3 – Rossetti (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	21.7	213.0	171.0	76.0	460.0	1.48	5.9
B1 10-23	7.4	173.0	169.0	78.0	420.0	1.25	6.1
B21 23-40	6.3	193.0	130.0	110.0	433.0	0.74	6.4
B22 40-57	7.8	269.0	77.0	117.0	463.0	0.48	6.5
B23 57-96	14.4	379.0	62.0	109.0	550.0	0.28	6.6
C >96	23.4	651.0	55.0	47.0	753.0	0.09	6.7
Lote 4 – Scocco (serie Armstrong)							
A1 0-16	37.5	231.0	204.0	70.0	505.0	1.58	6.0
B1 16-24	15.4	191.0	175.0	84.0	450.0	1.16	6.1
B21 24-42	12.6	238.0	115.0	117.0	470.0	0.65	6.5
B22 42-74	22.3	310.0	90.0	123.0	523.0	0.50	6.5
B23 74-88	27.2	356.0	77.0	135.0	568.0	0.43	6.7
B3 88-120	35.6	420.0	68.0	122.0	610.0	0.34	6.8
Lote 5 – Potrero (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	133.0	440.0	270.7	191.8	902.5	2.40	5.9
B1 10-23	96.5	333.5	192.8	208.7	735.0	1.55	6.3
B21 23-40	29.6	256.3	106.8	176.9	540.0	0.62	6.8
B22 40-57	19.1	280.6	97.5	316.9	695.0	0.47	7.0
B23 57-96	15.0	405.0	63.8	238.7	707.5	0.26	7.3
C >96	10.8	462.5	57.5	152.5	672.5	0.19	7.8
Lote 6 – Pierleoni (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	57.7	331.0	243.0	57.0	631.0	2.53	6.6
B1 10-23	50.9	281.0	186.0	76.0	543.0	1.45	7.1
B21 23-40	19.2	237.0	126.0	94.0	457.0	0.77	7.2
B22 40-57	8.7	330.0	13.0	94.0	437.0	0.38	7.0
B23 57-96	16.2	466.0	31.0	43.0	540.0	0.23	7.0
C >96	16.5	523.0	40.0	23.0	586.0	0.11	7.2

suelo Argiudol típico serie Casilda correspondiente a un lote mantenido en pastura permanente (2250 mg kg^{-1}) (Vazquez, 1991), fue entre un 72% y 102% (87% promedio) superior a los obtenidos para los lotes agrícolas analizados. Diferencias similares fueron también halladas entre suelos de referencia respecto a suelos con uso agrícola (Vazquez, 2001; Urioste et al., 2002). Respecto al Lote 6, si bien el contenido de Pt en el horizonte superficial es superior a cualquiera de los obtenidos para los suelos agrícolas, representa el 70% del medido en el Lote 5 (Tabla 1).

En general, el contenido de Pt para todos los perfiles fue mínimo entre los 20 y 40 cm de profundidad de suelo (Tabla 1). Similar resultado fue observado por Boschetti et al. (2000), en diferentes suelos de la provincia de Entre Ríos y atribuible al mayor consumo de P por parte de las plantas en dicho sector del perfil de suelo. En los lotes con manejo agrícola el máximo valor se registró siempre en el horizonte más profundo, mientras que en los lotes 5 y 6 este valor se obtuvo en el horizonte superficial. El mayor contenido de Pt hallado en superficie en el Lote 5 respecto a los lotes agrícolas se mantuvo en todo el perfil, si bien las diferencias fueron de menor magnitud. En el Lote 6 también se presento una tendencia similar, aunque de menor magnitud y fundamentalmente hasta los 40 cm de profundidad (Fig. 1).

Estos resultados están entonces mostrando un empobrecimiento de Pt en todo el perfil debido principalmente a los 60 años transcurridos de actividad agrícola con escaso o nulo agregado de fertilizantes fosfatados. Se podría especular que el efecto depresor de la agricultura en el contenido de Pt tendría dos mecanismos: uno directo, en todo el perfil del suelo, mediante la remoción de P por parte de los cultivos, y uno indirecto, en el horizonte superficial, a través de una mayor pérdida de suelo por erosión hídrica, teniendo presente los casi 50 años que correspondieron a una agricultura realizada con labranzas y remoción de suelos. Respecto a este último aspecto, Michelena et al. (1989) midieron en suelos pertenecientes a la serie Villa Eloisa pérdidas de suelo anuales debidas a la erosión hídrica; dependiendo del grado de pendiente y el tipo de manejo, de entre 0.1 t ha^{-1} y 52.9 t ha^{-1}. Suñer et al. (2001) sugieren que en la pérdida de Pt en suelos bajo cultivo hay otros mecanismos involucrados, además de la extracción de P por parte de los cultivos que sólo explica parcialmente las diferencias, tales como la lixiviación de formas orgánicas de fósforo, la adsorción sobre óxidos de hierro y sobre sitios activos liberados por la descomposición de la materia orgánica, y la formación de minerales fosfatados de baja solubilidad.

Es interesante destacar que los distintos perfiles presentan valores similares de Pt en el horizonte C (600 a 700 mg P kg^{-1}). Este sería un valor muy similar al original de los sedimentos, dado que a esa profundidad los efectos de la pedogénesis son escasos.

Fracciones de fósforo total

Si bien se generaliza expresando que el contenido de Po en el horizonte superficial oscila en alrededor del 50% del Pt, se han medidos valores extremos del 5% en suelos de regiones áridas y del 80% en algunos suelos Molisoles (Giuffré, 2005). En este sentido, Vazquez (2001) para trece suelos Argiudoles y Hapludoles de la provincia de Buenos Aires con historia agrícola prolongada obtuvo relaciones Pi:Po que variaron ampliamente entre 72:28 y 26:74.

Para el horizonte superficial de los cuatro lotes agrícolas y para el Lote 6, la distribución entre las formas inorgánicas y orgánicas de fósforo indicó, en promedio, una relación de Pi:Po próxima a 60:40, semejante a la hallada por Boschetti et al. (2000) para un suelo Argiacuol vértico de Entre Ríos. La relación Pi:Po obtenida para el Lote 5 fue de 70:30, diferente a la de 20:80 citada por Mestelan y Culot (1993) para Argiudoles del sudeste bonaerense mantenidos en condiciones prístinas.

En profundidad, debido a la progresiva disminución en los aportes de material orgánico, la relación Pi:Po aumentó sostenidamente hasta un máximo en el horizonte más profundo ubicado entre 87:13 y 93:7. Esto indica que los contenidos de Pi y de Po siguieron tendencias de cambio opuestas; mientras el Pi aumentó, el Po disminuyó; este comportamiento diferencial también es reportado por Boschetti et al. (2002) en su análisis de contenidos de P para suelos de la provincia de Entre Ríos. Como es de esperar, este comportamiento del Po en profundidad acompaña a la disminución del contenido de CO (Fig. 2).

La diferencia hallada en el contenido de Pt para el horizonte superficial entre los cuatro lotes agrícolas y el Lote 5 estuvo estrechamente relacionada con la pérdida de las fracciones inorgánicas (Pi y Pocl). El contenido superficial de Pi para el Lote 5 fue un 232% superior que el promedio de los cuatro suelos agrícolas; la disminución de la fracción inorgánica no lábil (Pocl) mostró un comportamiento similar (254%) en tres de los cuatro suelos agrícolas considerados. Según Berardo (2003), el empobrecimiento de fósforo de los suelos pampeanos debe ser atribuido a la pérdida de la fracción orgánica; en el presente estudio, los contenidos de Po en el horizonte superficial para los cuatro lotes agrícolas sufrieron disminuciones relativas respecto al Pt (39%), muy inferiores a las observadas para el Pi. Si tenemos en cuenta que el Pe determinado por el método Bray y Kurtz N° 1 es de origen inorgánico (Suñer et al., 1999), se puede observar que una parte importante de la pérdida del Pi es atribuible a la disminución en el valor de Pe en los suelos con uso agrícola, especialmente en suelos con valores superiores.

Respecto al comportamiento del Pocl, si bien tuvo una tendencia de aumento en profundidad, la misma no ha sido tan marcada y consistente como la observada para el Pi.

Fósforo extractable

Estudios previos llevados a cabo en suelos del distrito Villa Eloisa indicaron que solamente el 23.5% de 204 muestras evaluadas entre los años 1998 y 2005 superaron los 20 mg kg^{-1} de Pe en los primeros 20 cm de suelo, siendo este valor al menos un 40% menor al hallado en cinco distritos vecinos; asimismo, el 17.2% de las muestras no superó los 10 mg kg^{-1}, triplicando al valor inmediatamente inferior encontrado en los otros distritos cercanos (Novello y Quintero, 2006).

En los cuatro lotes agrícolas evaluados en el presente estudio se midieron valores de Pe para el horizonte superficial que fluctuaron entre 9.7 y 37.5 mg kg^{-1}, con el mayor valor correspondiente al suelo perteneciente a la serie Armstrong; esto representa disminuciones situadas entre el 72% y 93% respecto al Lote 5, y del 35% al 83% respecto al Lote 6. Michelena et al. (1989) evaluaron que en el horizonte superficial de los suelos pertenecientes a la serie Villa Eloisa, las pérdidas de Pe respecto a suelos vírgenes o muy poco alterados era del 77% para lotes bajo agricultura continua y del 58% para lotes con rotación agrícola ganadera.

En el horizonte B1, los contenidos de Pe fueron menores respecto al horizonte superior, oscilando en los suelos con uso agrícola entre 5 y 15.4 mg kg^{-1}; a partir de los 23-24 cm de profundidad las diferencias entre los diferentes perfiles evaluados tendieron a disminuir, incluso con contenidos de Pe en el horizonte más profundo menores en los Lotes 5 y 6 respecto a algunos de los lotes con historia agrícola.

Al igual que lo observado para el Pt, el contenido de Pe en los suelos agrícolas fue menor entre los 20 y 40 cm de profundidad; en el Lote 5 el contenido de Pe disminuyó progresivamente en todo el perfil hasta llegar a un mínimo en el horizonte C, mientras que el mínimo en el Lote 6 se ubicó entre los 40 y 57 cm (Fig. 3). Este aspecto está indicando que el uso agrícola de los suelos no solamente disminuyó el contenido de Pe sino que también modificó su patrón de distribución dentro del perfil.

En el horizonte superficial del Lote 5, el Pe representó el 14.7% del Pt, mientras que en los lotes agrícolas, en promedio, este porcentaje disminuyó al 4.1%, situación que muestra que realmente el Pe es un índice que marca el deterioro de fertilidad fosfórica de estos suelos; este hecho parcialmente no concuerda con lo observado por Vazquez et al. (1991) en dos suelos Argiudoles típicos con historia agrícola en Carcarañá (Santa Fe), donde a pesar de hallar contenidos de Pt de 598 mg kg^{-1} y 380 mg kg^{-1}, el Pe medido en el suelo de referencia, se mantenía en niveles de 57 mg kg^{-1} y 38 mg kg^{-1}, respectivamente.

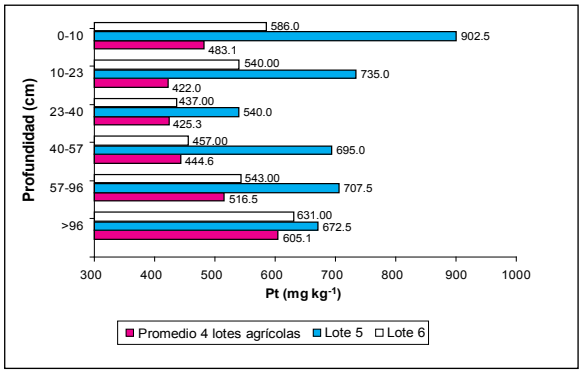


Figura 1. Distribución de fósforo total (Pt) en los perfiles de suelos con y sin historia de uso agrícola.

Otros indicadores

Carbono orgánico

El CO tuvo una disminución sostenida en profundidad dentro de todos los perfiles evaluados, hasta llegar a un mínimo en el horizonte inferior. En el horizonte superficial, se determinaron marcadas diferencias en su contenido entre perfiles con distinto manejo; en promedio, el mismo fue un 50% superior en aquellos lotes sin manejo agrícola respecto a los que sí lo tuvieron. Sin embargo, a mayores profundidades estas diferencias fueron disminuyendo. Una situación similar fue observada por Urioste et al. (2002), en suelos de la región semiárida pampeana central, donde determinaron que el uso agrícola de los mismos causó disminuciones significativas en los contenidos de CO solamente en los primeros 10 cm de suelo.

pH del suelo

Se observa un sostenido aumento de pH en profundidad hasta llegar a un máximo en el horizonte más profundo, tanto los valores del horizonte superficial (5.8 – 6.6) como del horizonte más profundo (6.4-7.8) tuvieron variaciones para todos los perfiles evaluados. En general, se puede observar una tendencia a la acidificación en profundidad debida a los años de agricultura continua, particularmente a partir de los 40 cm de profundidad.

Conclusiones

El relevamiento de distintos perfiles de suelos en el

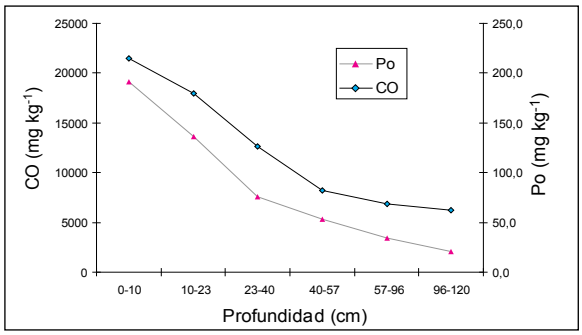


Figura 2. Distribución en profundidad del carbono orgánico (CO) y del fósforo orgánico (Po), promedios para todos los perfiles evaluados.

distrito de Villa Eloísa nos ha permitido visualizar, en alguna medida, los cambios ocasionados por el uso agrícola de estos suelos. Naturalmente, los suelos presentan valores relativamente más altos de P en el horizonte superficial que en el material de origen, dado que los residuos vegetales acumulan este elemento en la superficie; por lo tanto, ocurre una disminución de P en los horizontes sub superficiales. La intervención del hombre cambia los patrones de distribución del P dado que las cosechas se llevan alrededor del 80% de lo que absorbe la planta, a lo que se suma la mineralización de la materia orgánica y el incremento de los procesos erosivos.

En los perfiles agrícolas fue notoria la disminución del P en los horizontes superficiales, asociado a una pérdida de la materia orgánica, extracción de las cosechas y a la erosión. Esta pérdida de P orgánico e inorgánico estaría sustentando el incremento en la frecuencia de valores bajos de Pe y las respuestas observadas a su aplicación en el distrito de Villa Eloisa.

Agradecimientos

A IPNI Cono Sur por el apoyo económico realizado para la concreción del presente trabajo.

A la Lic. Graciela Boschetti (UNER) por la colaboración brindada.

Referencias bibliográficas

Berardo A. 2003. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. Actas Simposio INPOFOS Fertilidad 2003. Rosario: 38–44.

Boschetti N., Valenti R., Vesco C. y M. Sione. 2000. Contenidos de fósforo total en suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos. Revista Facultad de Agronomía. UBA. 20(1): 53-58.

Bowman R.A. y C.V. Cole. 1978. Transformations of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by $NaHCO_3$ extraction. Soil Sci. 125: 49-54.

Bray R. y L. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39–45.

Diez E., Zamuner E., Picone L. y A. Berardo. 2000. Efecto de la fertilización única o fraccionada sobre el fósforo del suelo. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. AACS.

Galantini J. y R. Rosell. 1997. Organic fractions, N, P and S changes in a Argentine semiarid haplustoll under different crop sequences. Soil & Tillage Research. 42: 221–228.

García F.O. 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. INPOFOS Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29: 13–16.

Giuffré L. 2005.Tecnología en análisis de suelos. El fósforo como elemento crítico. AACS. 147:158.

INTA. 1988. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3360 – 13 y 14. Cañada de Gómez y Rosario.

Mestelan S. y J. Culot. 1993. Evaluación de métodos para la determinación de algunas formas del P del suelo. Actas del XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. AACS.

Michelena R., Irurtia C., Vavruska F., Mon R. y A. Pittaluga. 1989. Degradación de suelos en el norte de la Región Pampeana. INTA Publicación Técnica N° 6.

Morrás H. 1999. Geochemical differentiation of quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorus contents as detected in the early 20th century. Quaternary International 62: 57–67.

Murphy J. y J. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Plant and Soil. 34: 467–481.

Novello O. y C. Quintero. 2006. Contenidos de fósforo en el distrito Villa Eloisa. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta y Jujuy. AACS.

Saunders W. y E. Williams. 1995. Observations on the determination of total organic phosphorus in soil. J. Soil Sci. 6: 254–267.

Suñer L., Galantini J. y R. Rosell. 1999. Formas de fósforo y su relación con la textura en suelos de la región semiárida argentina. Actas XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.

Suñer L., Galantini J., Rosell R. y M. Chamadoira. 2001. Cambios en el contenido de las formas de fósforo en suelos de la region semiárida pampeana cultivados con trigo. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 104 (2): 113-119.

Urioste A., Buschiazzo D., Hevia G., Hepper E., Ferramolas L. y A. Bono. 2002. Distribución de carbono orgánico, nitrógeno total y fracciones de fósforo en la capa arable de suelos de la region semiárida pampeana central. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. AACS.

Vázquez M., Noellemeyer E. y P. Coremberg. 1991. The dynamics of different organic and inorganic phosporus fractions in soils from the south of Santa Fe province, Argentina. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 22 (11 & 12): 1151 – 1163.

Vázquez M., Pellegrini A., Millán G. y A. Deak. 2001. Cambios cuali y cuantitativos en la fertilidad fosforada de algunos suelos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Agrochimica, XLV (3-4): 120 – 123.

Vázquez M. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la Región Pampeana. INPOFOS Informaciones Agronómicas del Cono Sur 16: 3–7.

Walkley A. y A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 28-38.

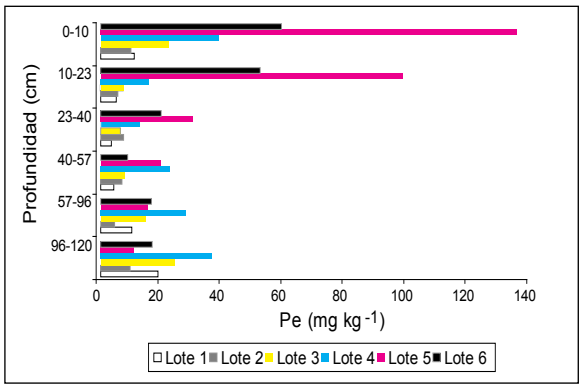


Figura 3. Distribución de fósforo extractable (Pe) en profundidad para los 6 perfiles.

Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal

S.H. Chien[1], Mercedes M. Gearhart[2] y Dean J. Collamer[2]

[1]International Fertilizer Development Center (IFDC). [2] Honeywell Resin & Chemicals.
nchien@comcast.net; mercedes.gearhart@honeywell.com; dean.collamer@honeywell.com

El alto precio del nitrógeno (N) y la concientización sobre la contribución de los fertilizantes nitrogenados en la emisión de gases con efecto invernadero han incrementado el interés en la evaluación de la eficiencia de N de las distintas fuentes nitrogenadas. El manejo de la acidez generada por el uso de los fertilizantes nitrogenados es parte importante de la tecnología adecuada de uso de estos materiales. Este artículo resume los resultados del estudio de Chien et al. (2008), con nuevas estimaciones de la cantidad de cal necesaria para neutralizar la acidez creada por la aplicación de tres fertilizantes nitrogenados.

Introducción

Pierre (1928) demostró que la nitrificación del N de los fertilizantes nitrogenados que contienen amonio (NH_4^+) puede generar acidez en el suelo debido a la liberación de iones hidrógeno (H^+). Por ejemplo, Adams (1984) menciona que cada mol de N proveniente del sulfato de amonio (SA) produce 4 moles de H^+, mientras que cada mol de N proveniente de la urea o del nitrato de amonio (NA) produce solamente 2 moles de H^+. Esto sugiere que el SA es dos veces más acidificante que el NA o la urea.

A pesar de lo anterior, a través de experimentos de invernadero con cuatro cultivos en dos tipos de suelos, Pierre (1928) encontró que la acidez generada en suelos que han recibido aplicaciones de estos fertilizantes es en realidad solamente un 50% del valor teórico para la urea y el NA, y de un 75% para el SA. En consecuencia, Pierre sugirió que la acidez desarrollada por un mol de N proveniente de SA sería tres veces mayor que la acidez desarrollada por un mol de N proveniente del NA o de la urea.

La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC por sus siglas en inglés) adoptó los valores reportados por Pierre (1934) que indicaban que la cantidad de cal requerida para neutralizar la acidez inducida por la urea y el NA sería de 1.8 kg de carbonato de calcio ($CaCO_3$) por kg de N y tres veces mayor, 5.4 kg $CaCO_3$ por kg N, para el SA. Estos valores han sido citados extensivamente en la literatura mundial a través de los años, sin haber sido críticamente examinados y validados por investigación.

Según Adams (1984), Pierre utilizó el proceso de generación de acidez o basicidad fisiológica que se produce cuando las plantas toman cantidades desiguales de cationes y aniones para generar su recomendación. En el caso del NA, cuyo contenido de N es mitad NH_4^+ y mitad nitrato (NO_3^-), la absorción de aniones NO_3^- neutralizaría parte de la acidez producida con la nitrificación de los cationes NH_4^+. El 100% del N en el SA está en forma de catión NH_4^+, pero también contiene el anión sulfato (SO_4^{2-}). Como las plantas también absorben SO_4^{-2}, en menores cantidades que el NO_3^-, el efecto neutralizante del SO_4^{-2} sería mucho menor que el del NO_3^-. Por lo tanto, podría esperarse que el potencial de acidificación total del SA sea mayor. Sin embargo, Pierre no consideró el efecto tampón de los suelos, normalmente asociado a la textura (contenido de arcilla).

En noviembre de 1998, el Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes (IFDC por sus siglas en inglés) en Muscle Shoals, Alabama (EE.UU.), inició un proyecto de laboratorio e invernadero de tres años de duración para verificar el poder acidificante de los fertilizantes nitrogenados más comunes (urea, NA y SA). Este artículo resume los resultados de este estudio (Chien et al., 2008).

Materiales y Métodos

Se cultivaron hasta la madurez, por tres años consecutivos, una secuencia de trigo-maíz-trigo-maíz-trigo en suelos con diferente contenido de arcilla: Sharkey (64%), Decatur (33%) y Greenville (17%), y de diferente contenido de materia orgánica: 2.60, 1.83 y 1.40%, respectivamente. El pH de todos los suelos se ajustó entre 6.44 y 6.62 antes de las primeras siembras. Se incorporaron 100 kg N/ha para los primeros dos cultivos de trigo y 200 kg N/ha para los cultivos de maíz y el último cultivo de trigo. En total se aplicó el equivalente de 800 kg N/ha con cada una de las fuentes de N. El N se aplicó en forma de SA, urea y NA, adicionalmente se incluyó un control sin aplicación de N. Se midió el pH del suelo después de cada cultivo. Luego del cuarto y último cultivo se analizaron muestras de suelo para determinar el requerimiento relativo de cal (RRC) del SA con respecto al NA y a la urea por dos métodos diferentes. Un primer método consistió en agitar 5 g de suelo con una solución 1 M de acetato de calcio (pH 8.0), filtrar y titular el extracto a pH 8.0 con hidróxido de sodio 0.01 M. El RRC se calculó en base al volumen de hidróxido de sodio (NaOH) necesario para terminar la titulación.

Un segundo método consistió en agregar diferentes dosis de $CaCO_3$ a muestras de cada suelo, para luego incubarlas por dos semanas. En este caso, el RRC se calculó en base a la cantidad de $CaCO_3$ requerido por cada fuente para alcanzar un mismo pH.

Resultados y Discusión

La comparación con el tratamiento control permitió constatar que las tres fuentes nitrogenadas redujeron el pH del suelo luego de cada ciclo de cultivo (Tabla 1). Asimismo, todas las fuentes nitrogenadas tuvieron menor efecto en el pH del suelo arcilloso (Sharkey) que en el de los suelos arenoso (Greenville) y franco-arcilloso (Decatur). Se observó que el SA es más acidificante que el NA y que la urea, mientras que las dos últimas fuentes tienen similar potencial de acidificación.

El RRC promedio obtenido por el método de titulación con NaOH, indica que se requiere de 1.4 a 2.3 más cal para neutralizar la acidez de SA frente al NA y la urea (Tabla 2). Utilizando el método de incubación de suelos con $CaCO_3$ se obtuvieron resultados similares, con valores de RRC para el SA en relación al NA y la urea de 1.38 y 1.87 para los suelos de Sharkey y Greenville, respectivamente.

Estos resultados discrepan con los valores oficiales de la AOAC, los cuales establecen que para neutralizar la acidez inducida por la fertilización con SA se requiere 3.0 veces más cal que un suelo fertilizado con NA o urea. En otras palabras, el requerimiento relativo de cal para neutralizar la acidez inducida por SA respecto al NA o la urea es solamente 50-70% del valor oficial establecido históricamente por la AOAC y utilizado universalmente desde entonces.

Conclusión

Los resultados encontrados sugieren que la dosis de encalado necesaria para neutralizar el efecto acidificante del SA, en relación con el NA y la urea, varía entre el 160 y 252%, y depende del tipo de suelo y del contenido de arcillas y materia orgánica.

Referencias bibliográficas

Adams F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. *In* Soil Acidity and Liming, ed. F. Adams, 211-265. Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA.

Chien S.H., M. Gearhart y D.J. Collamer. 2008. The effect of different ammoniacal nitrogen sources on soil acidification. Soil Science 173:544-551.

Pierre W.H. 1928. Nitrogen fertilizers and soil acidity: I. Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. Journal of the American Society of Agronomy 20:254-269.

Pierre W.H. 1934. The equivalent acidity and basicity of fertilizers as determined by a newly proposed method. Association of the Agricultural Chemist Journal 17:101-107.

Tabla 1. Cambios en el pH de los suelos al final del experimento (5 cultivos).

Fertilizante	Cambios en el pH del suelo		
	Sharkey	Decatur	Greenville
Urea	0.41	0.20	0.26
NA	0.41	0.15	0.28
SA	0.75	0.67	1.03
pH original	6.60	6.62	6.44

Tabla 2. Requerimientos relativos de cal de SA con respecto a urea y NA al finalizar el experimento.

Suelo	Requerimiento Relativo de Cal (RRC), %		
	SA/Urea	SA/AN	Promedio
Sharkey	160	164	162
Decatur	216	192	204
Greenville	239	252	245

Disponible a partir del 20 de marzo

IPNI

Manual del Cultivo de Soja

- Como crece y se desarrolla el cultivo
- Manejo del cultivo
- La Nutrición del cultivo
- Identificación y manejo de las malezas
- Identificación y manejo de las enfermedades
- Reconocimiento y manejo práctico de plagas

Para mayor información:

www.ipni.net/lasc

Rendimiento de trigo en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana.

Un modelo predictivo de la respuesta a la fertilización nitrogenada

Alfredo Bono[1] y Roberto Alvarez[2]

[1]EEA Anguil INTA, CC 11 (6326) Anguil La Pampa, Argentina.
[2]Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.
abono@anguil.inta.gov.ar

Las dosis de N a aplicar deben determinarse sobre la base de la relación de precios fertilizante/grano y el contenido de N de nitratos del suelo en los primeros 60 cm del perfil. El momento de aplicación depende de consideraciones de tipo empresarial. En este trabajo, el momento de aplicación de N no fue una variable con efecto significativo sobre el rendimiento de trigo. Las respuestas promedio de la red fueron similares a la siembra o al macollaje, pudiendo ocurrir como resultado a las escasas pérdidas de N que se produjeron en las etapas iniciales del ciclo del cultivo.

Introducción

En las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana se dispone de información abundante sobre las respuestas del cultivo de trigo a la fertilización con nitrógeno (N) o en combinación con fósforo (P) que no ha sido integrada en un modelo de recomendación (Bono et al., 1998; Bono, 2002; Bono y Quiroga, 2003; Bono et al., 2004). En un trabajo con resultados de un año (Bono et al., 1997), se observó que en suelos profundos con baja capacidad de retención de agua, degradados física y químicamente, y sin una adecuada tecnología de cultivo (barbechos cortos o nulos, presencia de malezas, siembras tardías etc.), debe descartarse la práctica de la fertilización. Asimismo, en un estudio preliminar de dos años (Bono, 2002), se comprobó que los contenidos de materia orgánica, N orgánico y N de nitratos a la siembra explicaron hasta el 57% de las variaciones en respuestas al agregado de fertilizante. En este trabajo, se presenta un método de recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de trigo, generado a partir de una gran cantidad de resultados de experimentos llevados adelante durante la última década en la región.

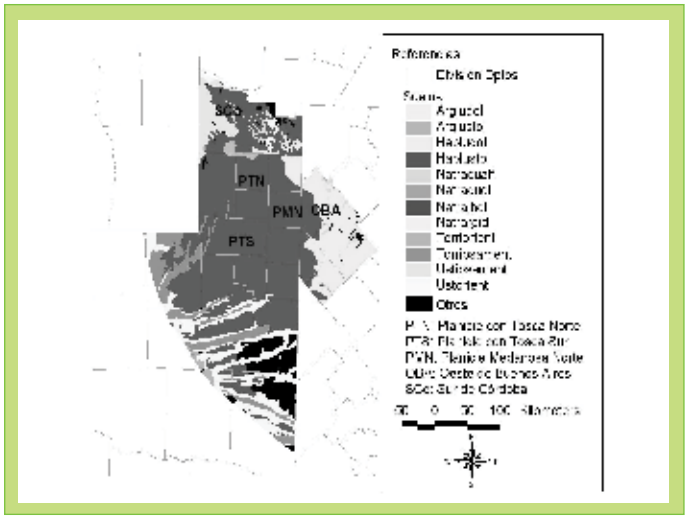


Figura 1. Área y tipo de suelos donde se realizaron los ensayos de fertilización en trigo.

Materiales y Métodos

Desde 1996 hasta 2004 se realizaron 85 ensayos de fertilización de cultivos de trigo en las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana (Fig. 1). Se usaron dos sistemas de labranza, convencional (rastras y discos) o siembra directa en experimentos instalados en distintos tipos de suelos, con profundidades y texturas muy contrastantes (Tabla 1).

En todos los experimentos se comparó un testigo no fertilizado con tratamientos fertilizados con distintas dosis de N y P. Los fertilizantes nitrogenados fueron aplicados al voleo en diferentes momentos del ciclo del cultivo y los fosforados incorporados en bandas a la siembra (Tabla 2).

Los sitios experimentales difirieron en cultivos antecesores, cultivares de trigo y fechas de siembra, y en cada caso se aplicó el manejo adoptado por el productor. A la siembra de

Tabla 1. Numero de ensayos distribuidos según, tipo y textura de suelos, profundidad del perfil, sistema de labranza y subregión.

	Tipo de Suelos			Subregiones				Textura		Profundidad		Sistema de Labranza	
Nº ensayos	Haplustoles y Calciustoles	Hapludoles	Ustipsamentes	SCo	PMN	PTN	OBA	Arenosa	Franca	Somero < 60 cm	Profundo > 60 cm	SD	LC
	66	14	5	4	18	50	13	33	52	32	53	20	65

SCo: sur de Córdoba, PMN: Planicie Medanosa Norte, PTN: Planicie con Tosca Norte y OBA: oeste de Buenos Aires. SD: siembra directa, LC: labranza convencional.

los cultivos se determinó (0-20 cm) materia orgánica (MO), N orgánico (NO), P extractable y pH (Tabla 3). A la siembra y al macollaje se determinó la humedad del suelo y su densidad aparente en capas de 20 cm de espesor hasta los 140 cm de profundidad o hasta la tosca, y el contenido de N de nitratos hasta los 60 cm de profundidad. Se registraron las precipitaciones mensuales desde siembra a cosecha en cada sitio. En madurez fisiológica del cultivo se determinó el rendimiento de grano (14% de humedad).

El diseño experimental fue variable estando los experimentos en general bloqueados con tres repeticiones asignadas al azar dentro de cada bloque. Las parcelas fueron de 10 x 10 m. Los resultados de la red se analizaron por técnicas de regresión múltiple. Se testearon efectos lineales, cuadráticos e interacciones empleando modelos de superficie (Colwell, 1994). Se consideraron como variables categóricas sistema de labranza, profundidad del suelo, textura y momento de fertilización nitrogenada. Las variables solo fueron aceptadas para ser incorporadas al modelo cuando su efecto era significativo a P= 0.05 y el modelo a P= 0.01. El test de t entre pares de datos se usó para analizar el efecto momento de aplicación.

Resultados y Discusión

La eficiencia agronómica media de las fuentes de fertilizante N fueron semejantes (aproximadamente, 7 kg grano kg^{-1} N), por lo que para la construcción del modelo se sumaron las fuentes a fin de simplificar su uso. Se generó un modelo que explicó el 48% de la variabilidad del rendimiento de trigo utilizando como variables independientes la humedad a la siembra, el N orgánico del suelo, el contenido de N mineral del suelo más la dosis de N del fertilizante,

Tabla 2. Tipo de ensayo y fertilizante, dosis de N y P y momentos de aplicación de N.

Tipo de Ensayo	Nº de Ensayos	Tipo de fertilizante	Dosis de N (kg N/ha)	Dosis de P (kg P/ha)	Momento de aplicación
Momentos de N y dosis de N y P	35	Urea y SFT	50 y 100	15 y 30	Dividida, siembra y macollaje
Dosis variables de N solo y N+P	10	Urea, SFT y FDA	Variable	30	Siembra
Fuentes nitrogenadas y dosis	4	Urea, SA y UAN	50, 75 y 100	0	Siembra y macollaje
Dosis de N	4	Urea	40 y 80	0	Siembra
N y N+P, P en línea y voleo	9	Urea y SFT	50 y 100	30	Siembra
Dosis y momentos de N	23	Urea	50 y 100	0	Siembra y macollaje

SFT: superfosfato triple. SA: sulfato de amonio. FDA: fosfato diamónico

Tabla 3. Contenidos de N orgánico (NO), materia orgánica (MO), P extractable y humedad de los suelos y lluvias registrados.

	NO	MO	N-Nitratos 0-60 cm (kg/ha)	P Bray-1 0-20 cm (ppm)	pH 0-20 cm	Humedad del suelo 0-60 cm		Precipitación Siembra-Cosecha
	0-20 cm (%)					Siembra	Macollaje	
						(mm)		
Rango	0.03-0.16	0.60-3.20	15.7-221	2.4-51.6	5.2-7.1	66.0-453.0	56.5-419.0	47-713
Media	0.10	1.75	55.3	17.6	6.2	237.0	222.0	398
Desvío	0.03	0.52	26.9	11.4	0.43	88.0	80.7	147

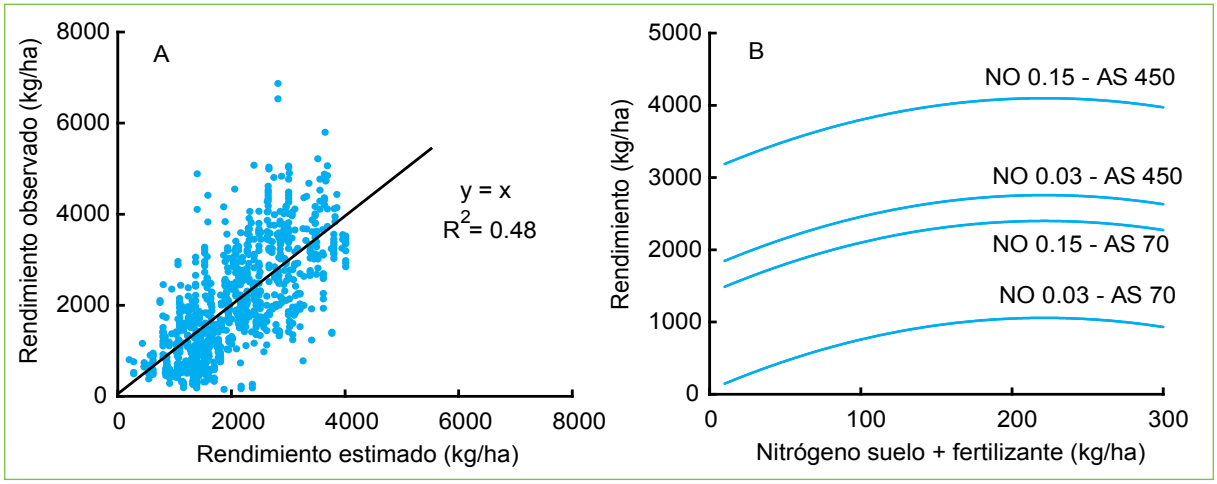


Figura 2. a- Relación entre el rendimiento observado y el estimado por el modelo y b- rendimiento estimado en función de la disponibilidad de N mineral para escenarios con niveles altos y bajos de N orgánico (NO) y humedad a la siembra (HS).

la profundidad del perfil, la textura y el sistema de labranza (Fig. 2):

$$\textit{Rendimiento (kg/ha)} = -2400 + 10.4\ HS - 0.0114\ HS^2 + 36000\ NO - 139000\ NO^2 + 9.03\ NSF - 0.0204\ NSF^2 + 534\ P + 290\ T - 686\ SL.$$

Donde: HS: humedad a la siembra (mm), NO: N orgánico, NSF: N de nitratos 0-60 cm más N del fertilizante (kg/ha), P: profundad del suelo (0 menor a 60 cm y 1 mayor a 60 cm), T: textura (0 más de 70% de arena, 1 menos de 70% de arena), SL: sistema de labranza (0 SD y 1 LC).

No se encontraron relaciones significativas del rendimiento con el nivel de P extractable del suelo o la dosis de fertilizante fosforado, con el momento de aplicación de N o con las precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

La humedad a la siembra y variables relacionadas con una mayor capacidad de retención de agua en el perfil como la profundidad y la textura tuvieron incidencia en el rendimiento. También el sistema de labranza impactó significativamente en el rendimiento, ya que afectó asimismo el contenido de agua almacenada, siendo esta mayor comunmente bajo siembra directa. Estos resultados confirman trabajos previos realizados en la región (Bono et al., 1997; Bono y Quiroga, 2003). La disponibilidad de N orgánico y mineral afectó marcadamente el rendimiento del trigo pero no la de P, lo que puede atribuirse a que los niveles de P extractable de los sitios experimentales eran altos, limitando esto la respuesta a este nutriente. Los coeficientes de determinación parcial fueron 0.30 para humedad a la siembra, 0.22 para sistema de labranza, 0.11 para nitrógeno orgánico, 0.10 para nitrógeno disponible y no significativo para la textura. Esto indica que el mayor peso en la explicación del rendimiento del trigo en esta región lo tienen variables relacionadas a la disponibilidad de agua para el cultivo, siendo el impacto de las variables de fertilidad menor. Si bien el efecto del nitrógeno disponible explicó solamente un 10% del rendimiento esta es el mejor modelo posible de generar sobre la base de la red experimental usada. La respuesta que predice dicho modelo es una respuesta promedio pero existe una amplia dispersión de la misma que no puede ser predicha sobre la base de la información existente.

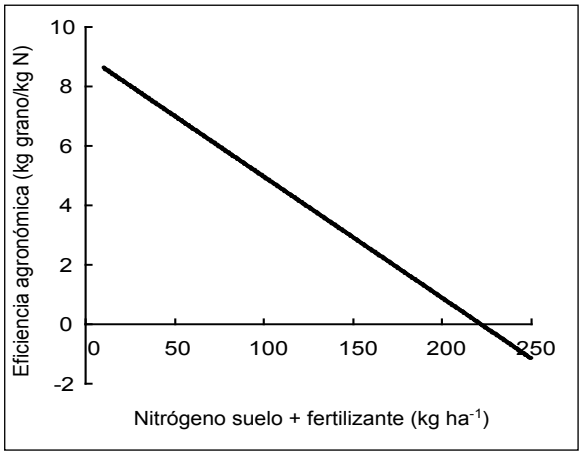


Figura 3. Eficiencia agronómica del N del suelo más el fertilizante estimada con el modelo generado. Esta función representa la pendiente de la curva de rendimiento estimada con el modelo de regresión múltiple generado para un gradiente de nitrógeno disponible.

La dosis de N económicamente óptima depende de la relación de precios fertilizante/grano (Loewy y Ron, 1996). La eficiencia agronómica de la red experimental, estimada usando el modelo desarrollado, fue baja, no superando valores de 8.5 kg grano/kg N (Fig. 3). Cuando la relación de precios es alta (8.5 o más) no conviene fertilizar en la región (Tabla 4). Para relaciones de precios menores, la fertilización nitrogenada puede ser rentable, según el nivel de N de nitratos del suelo. Esta dosis no depende de otros factores pues no se detectaron interacciones significativas entre los efectos de la disponibilidad de nitrógeno y las demás condiciones ambientales.

El momento de aplicación de N no fue una variable con efecto significativo sobre el rendimiento de trigo. Tampoco impactó significativamente sobre la respuesta a la fertilización (Fig. 4a). Las respuestas promedio de la red fueron similares a la siembra o al macollaje. El análisis de situaciones donde se produjeran variaciones importantes de la humedad del suelo entre esos momentos del ciclo tampoco mostró efectos del momento de la fertilización sobre la respuesta (Fig. 4b). Tanto en casos donde la humedad a la siembra era baja y aumentaba al macollaje, como en situaciones donde inicialmente se disponía de alta humedad y el suelo se secaba posteriormente, no se evidenció ninguna tendencia de las diferencias en la respuesta del cultivo al momento de fertilización. Esto concuerda con el análisis de datos de otras subregiones de la Región Pampeana que ha mostrado también la falta generalizada de efecto del momento de fertilización sobre la respuesta de trigo a N y puede atribuirse estos resultados a las escasas pérdidas de N que se producen en las etapas iniciales del ciclo del cultivo (Alvarez y Steinbach, 2006).

Las dosis de N a aplicar deben determinarse sobre la base de la relación de precios fertilizante/grano y el contenido de N de nitratos del suelo en los primeros 60 cm del perfil. Es posible estimar este último valor con exactitud disponiendo del dato del contenido de N de nitratos en la capa 0-20 cm del suelo (Bono y Alvarez, 2007). El momento de aplicación depende de consideraciones de tipo empresarial. En aplicaciones a la siembra se asegura la ejecución de la fertilización en etapas tempranas del cultivo, y si por motivos diversos no pudiera realizarse en ese momento queda la opción de aplicar el N durante el macollaje. Por el contrario, si se decide la aplicación tardía, es posible inspeccionar el estado del cultivo previo a la aplicación de N y regular la misma en función del cultivo. Esta ventaja se contrapone al problema que por motivos climáticos o de otra índole pudiera no ser

posible la fertilización en ese momento. En este caso se perdería la oportunidad de realizar la práctica. La decisión del momento de la fertilización debe tomarse en función de estas consideraciones.

Referencias Bibliográficas

Alvarez R. y H.S. Steinbach. 2006. Salidas de nitrógeno del agrosistema. En Materia orgánica: valor agronómico y dinámica en suelos pampéanos, Cap. 9. Ed. R. Alvarez. Pág. 99-121. Editorial Facultad de Agronomía-UBA, Buenos Aires, Argentina.

Bono A. 2002. Trigo: Evaluando las necesidades de su fertilización en la región subhúmeda pampeana. Revista Fertilizar N° 26. pág. 10-11. Abril 2002.

Bono A. y R. Alvarez. 2007. Estimación de nitratos en profundidad en suelos de la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana. Informaciones Agronómicas 33: 25-26.

Bono A., Montoya J.C., Lescano P. y F.J. Babinec. 1997. Fertilización de trigo con nitrógeno y fósforo en la región semiárida pampera. Campaña 1997. Publicación Técnica N° 47. EEA Anguil INTA. 22 pág.

Bono A., Montoya J.C., Colazo R. y F.J. Babinec. 1998. Fertilidad y Fertilización en labranza Convencional. *In:* Capítulo V. Actualización Técnica del cultivo del trigo en la Provincia de La Pampa. Publicación de Divulgación Técnica N° 58. EEA Anguil INTA. pp. 33-43.

Bono A. y A Quiroga. 2003. Avances en el ajuste de la fertilidad en el cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. *In*: Trigo: Actualización 2003. Boletín de Divulgación Técnica N° 76. EEA Anguil INTA. pág. 17-32.

Bono A., Quiroga A., Jouli R. y A. Corro Molas. 2004. Estrategias para el manejo de la fertilidad en suelos de la Región Semiárida Pampeana. *In:* Trigo: Actualización 2004. Boletín de Divulgación Técnica N° 83. EEA Anguil INTA. pp 29-33.

Colwell J.D. 1994. Estimating Fertilizer Requirements. A Quantitative Approach. CAB International, UK, pp. 259.

Loewy T. y M. Ron. 1996. Dosis de nitrógeno para trigo en el SO bonaerense. EEA Bordenave INTA. Boletín de Divulgación N° 35.

Tabla 4. Dosis de N a aplicar a cultivos de trigo en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana en función de la relación de precios fertilizante/grano y el nivel de N de nitratos del suelo hasta 60 cm de profundidad (precio del fertilizante: precio del kg de N puesto en el campo, precio del grano: precio neto del kg de grano luego de descontar los costos de cosecha, flete y comercialización). Dosis calculadas sin considerar un costo de aplicación del N, asumiendo que el fertilizante puede aplicarse con la sembradora al implantar el cultivo. Cuando es necesaria una labor adicional para la fertilización, para un costo de aplicación de 5 U$S/ha, no se deben aplicar dosis menores a 40 kg N/ha para que se compense el costo de la fertilización y la práctica sea rentable.

Nitrógeno de nitratos (kg/ha)	Relación de precios					
	4	5	6	7	8	9
	Dosis (kg de N/ha)					
20	103	79	54	31	5	0
30	93	69	44	21	0	0
40	83	59	34	11	0	0
50	73	49	24	1	0	0
60	63	39	14	0	0	0
70	53	29	0	0	0	0
80	43	19	0	0	0	0
90	33	9	0	0	0	0
100	23	0	0	0	0	0
110	13	0	0	0	0	0
120	3	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0

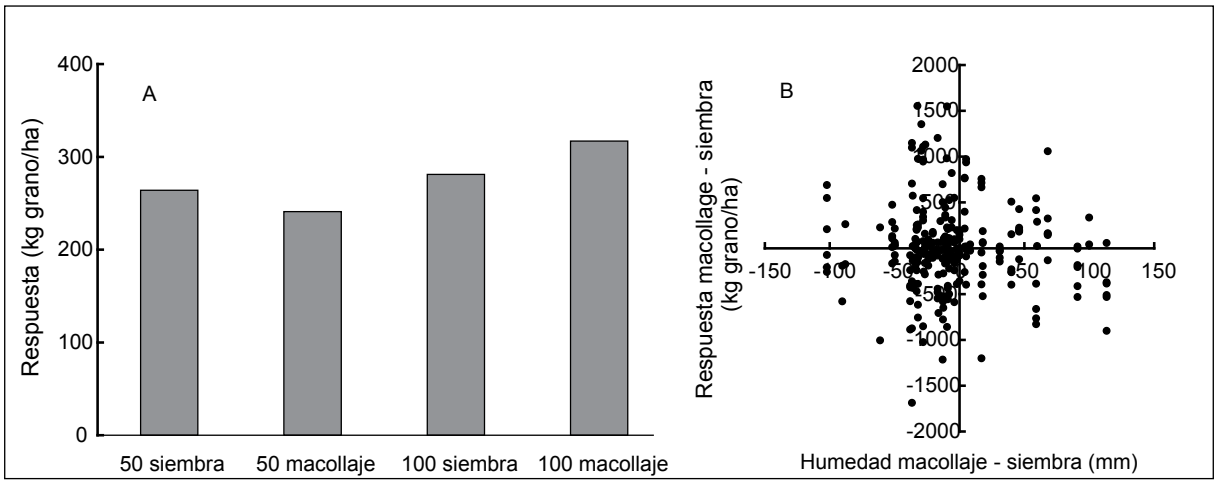


Figura 4. a- Respuesta promedio de 126 situaciones a aplicaciones de 50 o 100 kg N/ha a la siembra o el macollaje de trigo, **b**-relación entre el cambio en la humedad del perfil del suelo entre macollaje y siembra y la variación del rendimiento de trigo fertilizado en esos momentos.

Influencia de la fertilización con nitrógeno y azufre sobre la producción de forraje de raigrás anual

Martin Torres Duggan[1] y J. Lemos[2]

[1]Tecnoagro S.R.L. Girardot 1331 (1427), Buenos Aires, Argentina. [2]AcerboLemos-Monitoreo de cultivos. Av. Dr. B. de Miguej 1411, Junín, Buenos Aires, Argentina.
torresduggan@tecnoagro.com.ar; jmlemos@agro.uba.ar

Presentado en el XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis, Mayo 2008. AACS.

La práctica de fertilización es una herramienta muy efectiva para incrementar la cantidad y calidad de forraje; sin embargo, los forrajes representan los cultivos menos fertilizados. En este trabajo se evalúa los efectos de diferentes dosis de fertilización con N y S sobre la acumulación de biomasa de raigrás anual. Para el segundo y tercer momento de corte y para la biomasa total acumulada, la respuesta a la fertilización resultó altamente significativa. La respuesta a la fertilización fue en promedio del 83% para el segundo y tercer corte. La eficiencia promedio de uso de nitrógeno (EUN) fue de 25 kg de MS kg^{-1} de N aplicado.

Introducción

La elevada rentabilidad actual de los cultivos de grano respecto de las principales actividades ganaderas, determinó en los últimos años un desplazamiento de estas últimas hacia ambientes edáficos menos productivos. En estos suelos es necesario optimizar el manejo de los recursos forrajeros, siendo la fertilización una herramienta muy efectiva para incrementar la cantidad y calidad de forraje. Ensayos efectuados en la Región Pampeana muestran incrementos en la producción de forraje por agregado de fertilizantes que van de 50% hasta 300% respecto del testigo, dependiendo del tipo de recurso y ambiente de producción (García et al., 2002). Sin embargo, y a pesar de estos resultados favorables, las forrajeras representan el grupo de cultivos menos fertilizado en dicha región, siendo los verdeos y pastizales en donde menor aplicación de nutrientes se realiza (Cástino, 2007). El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S), son los principales nutrientes que limitan el crecimiento de los verdeos invernales en los suelos pampeanos. La mayor parte de los ensayos reportados en el ámbito local muestran importantes respuestas a la fertilización nitrogenada. Son escasos los trabajos en verdeos de invierno en donde se analice la fertilización combinada con N y S, y menos frecuentes aún, aquellos que evalúen nuevas fuentes de nutrientes utilizados por el productor como los fertilizantes líquidos. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de diferentes dosis de fertilización con N y S sobre la acumulación de biomasa de raigrás anual en un suelo no salino pero de reacción alcalina en superficie.

Materiales y Métodos

El ensayo se estableció en el año 2005 en un lote de producción del establecimiento "San Luis" (Lincoln, Buenos Aires) sobre un complejo de suelos dentro de un paisaje de lomas extendidas, relativamente bajas, que involucran cubetas y bajos (INTA, 1992). Las series predominantes de suelos de este complejo son "Nueve de Julio" y "Nueve de Julio alcalina en superficie" que ocupan el 70% de las posiciones que corresponden a suelos Hapludoles tapto nátricos, familia franca gruesa, mixta, térmica. El resto de las unidades taxonómicas del complejo incluyen Natracualfes típicos, Natralboles típicos y Hapludoles tapto árgicos, que ocupan, cada uno de ellos, un 10% de las posiciones en el paisaje.
En la Tabla 1 se presentan las principales características de fertilidad del sitio experimental. Los análisis de suelos se efectuaron en el Laboratorio "Inagro" de Tecnoagro S.R.L, con las técnicas analíticas de uso corriente. El S de sulfatos se extrajo con acetato de amonio 1 N, pH 5 y cuantificación turbidimétrica.
En la Figura 1 se presentan las precipitaciones ocurridas en el sitio experimental durante el año de realización del ensayo. En la misma, también se consignan las fechas de siembra, fechas de corte y de aplicación del fertilizante. Los tratamientos fueron:

1-Testigo,
2-100 kg ha^{-1} de N,
3-200 kg ha^{-1} de N,
4-100 kg ha^{-1} de N + 15 kg ha^{-1} de S,
5-200 kg ha^{-1} de N + 15 kg ha^{-1} de S,
6-100 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de S y
7-200 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de S.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 500 m^2. El raigrás se sembró el 10 de mayo con el manejo usual en la zona. La fertilización se realizó el 30 de mayo, post-siembra del cultivo de raigrás. Se utilizaron dos fuentes de fertilizantes líquidos: UAN (32-0-0) y tiosulfato de amonio (TSA) (12-0-0 26S), aplicados en forma "chorreada".
Se evaluó la producción de biomasa en tres momentos de corte (121, 150 y 171 días desde la siembra) mediante cosecha manual. En cada parcela se realizaron

4 cortes de 0.17 m^2, a partir de los cuales se obtuvo la media de biomasa forrajera para cada tratamiento, expresada en toneladas (tons) de materia seca (MS). Los datos se analizaron estadísticamente a través de un análisis de la variancia para cada momento de corte. Cuando se observaron efectos significativos de tratamientos, se realizó comparación de medias a través de LSD.

Resultados y Discusión

Debido a que la respuesta a la fertilización varió dependiendo del momento de corte, se presentan los datos para cada uno de los mismos y posteriormente, hacia el final, se detallan los resultados de biomasa total acumulada en el período de evaluación.

Primer corte

Para el primer momento de corte no se encontraron efectos significativos de la fertilización (P=0.18, datos no mostrados). La media de biomasa forrajera fue de 3.23 tons de MS ha^{-1}. Es muy probable que el fertilizante no se haya incorporado en el suelo antes del primer corte, considerando que en el período comprendido entre la aplicación del fertilizante y la fecha del primer corte solamente se presentaron 6 mm de lluvia. Así, la falta de respuesta a la fertilización para la primera fecha de corte indicaría que la oferta edáfica de N y S (inicial + mineralización) fue suficiente para cubrir los requerimientos del cultivo para el nivel de acumulación de biomasa alcanzado, que fue considerable.

Segundo y tercer corte y biomasa total acumulada

En el segundo y tercer momento de corte, como así también para la biomasa acumulada en los tres cortes, se hallaron efectos muy significativos (P<0.01) de la fertilización (Fig. 2 y Tabla 2). Para el segundo momento de corte, los tratamientos fertilizados superaron en 75% al testigo. La respuesta a la fertilización nitrogenada fue

Tabla 1. Principales características de fertilidad del sitio experimental (0-20 cm).

MO ($g\ kg^{-1}$)	P Bray-1 ($mg\ kg^{-1}$)	pH	CE ($mmhos\ cm^{-1}$)	$N\text{-}NO_3$ ($mg\ kg^{-1}$)	$S\text{-}SO_4$ ($mg\ kg^{-1}$)	Humedad ($g\ kg^{-1}$)
28.8	15.7	8.15	1.6	7.6	4.3	146.8

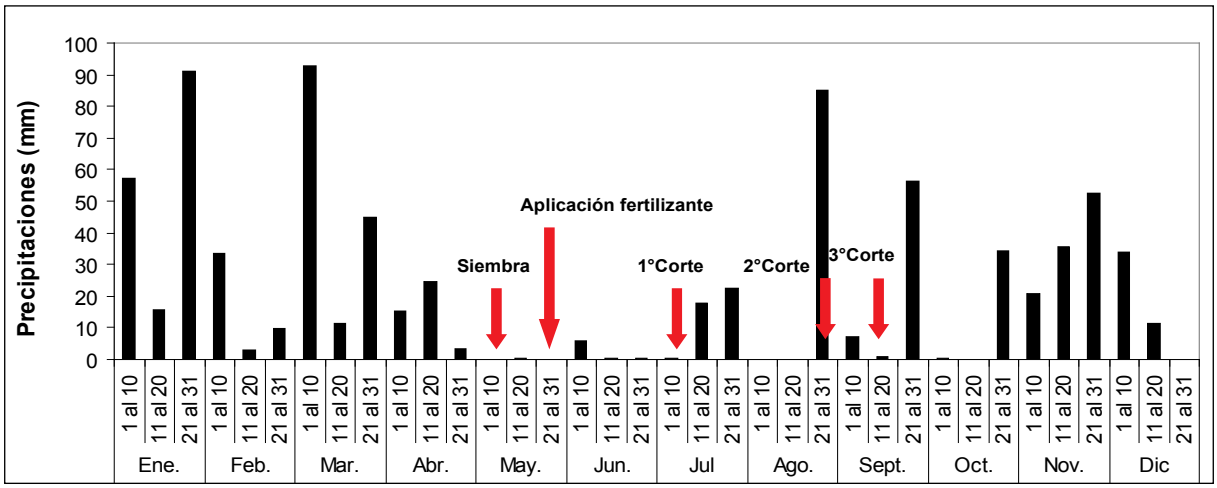


Figura 1. Precipitaciones durante el año de establecimiento del ensayo, indicando las fechas de siembra, fechas de corte de forraje y momento de fertilización.

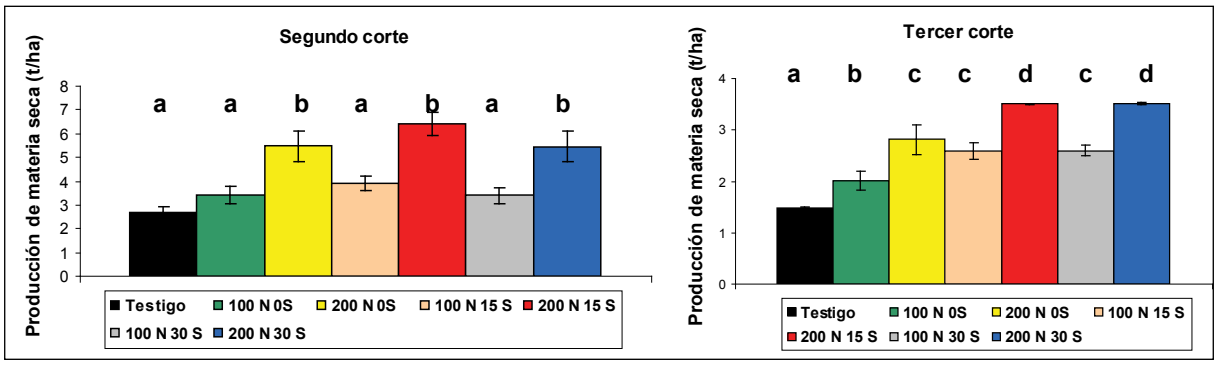


Figura 2. Materia seca acumulada para cada tratamiento de fertilización para el segundo y tercer corte. Letras diferentes entre tratamientos representan diferencias significativas al 5%. Las barras indican el error estándar (n=3).

significativa sólo para la dosis de 200 kg ha^{-1} y no se encontró respuesta al S. En promedio, la fertilización con 200 kg ha^{-1} incrementó en 114% la producción de biomasa respecto del testigo. La eficiencia de uso de N (EUN) media fue de 29 kg MS kg^{-1} N aplicado.

En el tercer momento de corte fue donde se obtuvo el mayor impacto de la fertilización, con respuestas del 90% (Fig. 2). Resulta muy claro en este corte, la respuesta al N en forma global, como así también los efectos de dosis. La respuesta promedio a N fue del 62%, mientras que el efecto de dosis (i.e. la diferencia entre los tratamientos que incluyen 200 kg ha^{-1} y 100 kg ha^{-1} ya sea sin S o con la misma cantidad) fue del 58%.

La EUN media de los tratamientos con 100 kg ha^{-1} fue de 35 kg MS kg^{-1} de N aplicado, sin variaciones considerables debidas al S. Estas eficiencias son similares a las halladas por Vernengo et al. (1995), en un ensayo de dos años realizado en Chascomús, en un suelo Hapludol tapto árgico.

En el tercer corte se obtuvo respuesta significativa al S, pero solamente con la menor dosis de aplicación. El incremento en la biomasa forrajera debido al S fue del 26%, respecto de los tratamientos sin agregado de N. Estos resultados son similares a los mencionados por Duarte y Díaz Zorita (2001), en experiencias de fertilización en centeno en el oeste de Buenos Aires en suelos con contenidos similares de materia orgánica. Similarmente, Ferraris et al. (2006), reportan respuestas a la fertilización nitrogenada en raigrás anual en ensayos recientes conducidos en la localidad de Pergamino (Buenos Aires, Argentina), utilizando las mismas fuentes de nutrientes. Los autores no observaron respuesta al agregado de S en producción de materia seca, pero sí en la producción de granos del raigrás.

La respuesta a la fertilización en biomasa forrajera total acumulada durante los tres cortes fue del 52%, con una EUN media de 25 Kg MS Kg^{-1} de N aplicado y sin efectos significativos de S (Tabla 2).

Para las condiciones de este ensayo, el pH alcalino superficial del suelo no habría resultado un impedimento severo para la expresión del crecimiento del raigrás anual. Posiblemente, las bajas temperaturas durante la fertilización, el uso de fertilizantes con menor contenido de N amídico y una modalidad de aplicación del fertilizante con menor superficie de contacto con el suelo ("chorreado"), podrían explicar, por lo menos en parte, los elevados ritmos de producción forrajera y las altas eficiencias de uso de N obtenidas en el ensayo. Por otro lado, existen algunas referencias en trabajos internacionales y en ensayos efectuados en la Argentina que indican que el TSA, en mezclas con UAN, además de aportar S, actuaría como un inhibidor parcial de la ureasa reduciendo las eventuales pérdidas por volatilización de amoníaco (Uranga, 2007).

Tabla 2. Biomasa acumulada seca para los diferentes tratamientos. Valor crítico para comparación de medias: 1812.40 kg MS ha^{-1} (LSD al 5%).

Tratamiento	Biomasa acumulada (Ton MS ha^{-1})
1-Testigo	7096 e
2-100 N 0 S	9260 d
3-200N 0 S	11200 abc
4-100 N 15 S	10040 bcd
5-200 N 15 S	12820 a
6-100 N 30 S	9690 cd
7-200 N 30 S	11843 ab

Conclusión

Para el primer momento de corte no se observaron efectos significativos de la fertilización ($P=0.18$). Para los demás momentos y para la biomasa total acumulada, la respuesta a la fertilización resultó muy significativa ($P<0.01$).

La comparación de medias por LSD al 5% indicó efectos significativos de N en el segundo y tercer corte, como así también para el total de biomasa forrajera acumulada. Por el contrario, el S resultó significativo sólo en el tercer momento de corte y con el menor nivel de dosis.

La respuesta a la fertilización fue de 75% y 90% para el segundo y tercer corte, respectivamente. La respuesta en biomasa total acumulada fue del 52%, con eficiencias de uso de nitrógeno (EUN) de 25 kg de MS kg^{-1} de N aplicado.

La condición fisiográfica y la reacción alcalina superficial del suelo, no habrían resultado impedimentos severos para la expresión de la producción forrajera del raigrás anual.

Referencias bibliográficas

Cástino E.G. 2007. Estimación y modalidades de uso de fertilizantes en el mercado de pasturas. En: Simposio Fertilidad 2007. Bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos. IPNI-Fertilizar Asociación Civil. García, F.O. e I.A. Ciampitti (Editores). 79-83 p.

Duarte G.A. y M. Díaz Zorita. 2001. Experiencias de fertilización combinada para el mejoramiento de la producción forrajera en sistemas de siembra directa del oeste bonaerense. I. Verdeos de Invierno. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. N°9. Marzo de 2001. Disponible en www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf

Ferraris G.N., Couretot L.A., Prats F. y H. Targhetta. 2006. Efecto de la fertilización con nitrógeno, azufre y boro sobre la producción de materia seca y el rendimiento de grano en Raigrás anual (Lolium multiflorum Lam). www.inta.gov.ar/pergamino

García F.O., Micucci F., Rubio G., Ruffo M. e I. Daverede. 2002. Fertilización de forrajeras en la región pampeana. Edición Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI-PPIC), Cono Sur. 72 p.

INTA. 1982. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3560-13. Escala 1:50.000. Bayauca. Instituto de Suelos. Area de Investigación en Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras.

Uranga M. 2007. Avances tecnológicos en fertilizantes líquidos. 13 pp. En: Simposio de Tecnología de la fertilización. Rodríguez, M., Torres Duggan, M., Gambaudo, S. (Editores). AACS. Buenos Aires.

Vernengo E., Saharrea R. y A. Muñoz. 1995. Efectos de la fertilización con nitrógeno y/o fósforo sobre un verdeo de raigrás anual (Lolium multiflorum Lam). Memorias XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. AAPA. Balcarce. Argentina.

Fertilización de forrajeras: Algunas consideraciones para 2009

Existe abundante información sobre fertilización de forrajeras (alfalfa, pasturas consociadas, verdeos) que pueden ser consultada en nuestra página de Internet www.ipni.net/lasc, en otros sitios web y en las numerosas publicaciones de INTA y otras instituciones. A continuación se destacan algunos puntos de interés para la toma de decisión en el manejo nutricional de forrajeras.

- La fertilización de pasturas y verdeos es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera por unidad de superficie y tiempo y, consecuentemente, la producción animal
- El adecuado suministro de nutrientes asegura la persistencia de las pasturas y mejora la calidad del forraje
- Al fertilizar se debe considerar:
  - Priorizar las pasturas o los suelos de mayor capacidad productiva
  - Optimizar el aprovechamiento del forraje, por medio de:
    - Carga adecuada
    - Utilización oportuna (pastoreo o corte)
    - Confección de reservas de forraje (excedentes)
  - Ajustar la carga:
    - Mejora el aprovechamiento del forraje
    - Favorece la redistribución de nutrientes
  - Mejorar la producción para los períodos críticos (permite mantener alta carga animal a lo largo del ciclo productivo)
  - Ajustar todos los aspectos de manejo del sistema para optimizar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados

Fósforo

- La fertilización fosfatada se decide en base al resultado del análisis de suelo. Las siguientes son recomendaciones de fertilización sugeridas según el nivel de fósforo (P) Bray del suelo:

Recomendaciones orientativas de fertilización fosfatada para alfalfa, pasturas consociadas y gramíneas según nivel de P Bray 1 en el suelo.

Nivel P Bray	Valoración agronómica	Alfalfa	Pasturas consociadas	Gramíneas
ppm		---------- kg P/ha ----------		
< 5	Muy bajo	100 – 125	75 – 100	50 – 75
6 –10	Bajo	75 – 100	50 – 75	25 – 50
11 – 15	Medio bajo	50 – 75	25 – 50	10 - 25
16 – 20	Medio alto	25 – 50	10 - 25	-
21 – 30	Alto	10 - 25	-	-
> 30	Muy alto	-	-	-

- La fertilización fosfatada:
  - Presenta efectos residuales que, dependiendo de la dosis y producción de forraje, pueden ser de hasta 3-5 años
  - Mejora la implantación y persistencia de la pastura y la eficiencia de uso del agua
  - Presenta mayores eficiencias si se realiza a la implantación de la pastura
  - Refertilizar en el otoño según el análisis de suelo, la historia previa de fertilización y remoción de P en el forraje y la condición del recurso forrajero

Nitrógeno

- La deficiencia de nitrógeno (N) es general en todos los sistemas forrajeros
- El uso de N es estratégico, permite incrementar y anticipar la producción
- Las leguminosas cubren gran parte de su demanda a través de la fijación biológica
- En regiones húmedas, las eficiencias de uso son mayores en aplicaciones a la salida del invierno (25-35 kg MS/kg N) que en otoño (10-15 kg MS/kg N)
- Permite adelantar el crecimiento a fin de invierno
- Permite reducir la superficie de verdeos

Otros nutrientes

- Respuestas superiores a 100 kg MS por kg de azufre (S) en alfalfa y a 30 kg MS por kg de S en verdeos en varias regiones.
- Deficiencias y respuestas a calcio (encalado), magnesio, boro y zinc en algunas regiones.

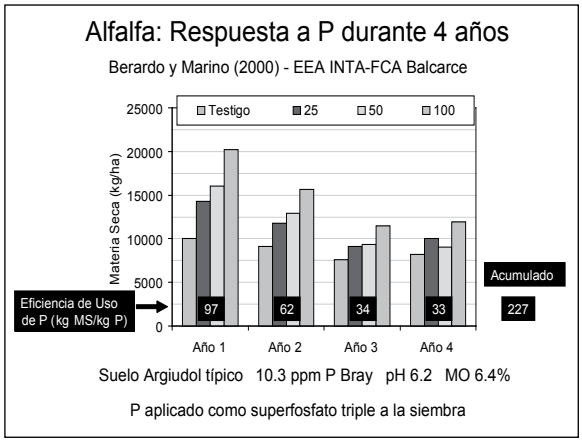
En general

- Las interacciones entre nutrientes son muy fuertes en la producción de forraje, considerar todos los nutrientes posiblemente deficientes para optimizar la eficiencia de uso de cada uno de ellos
- En condiciones de respuesta a N y/o P, las siguientes relaciones permiten evaluar la probabilidad de una respuesta económica según los precios de los productos (carne o leche) y de los fertilizantes:

Efecto de 1 kg de nutriente sobre la producción de MS.

- *1kg de P --> 150 - 200 kg de MS*
  equivalente a: 7 a 12 kg de carne / 100 a 130 L de leche

- *1kg de N --> 30 - 35 kg de MS*
  equivalente a: 1,5 a 2 kg de carne / 20 a 25 L de leche



Publicaciones de IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal

Titulo de la Publicación *(Vea el catalogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc)*	Costo U$S	Costo $ arg.
Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de fertilización para numerosos cultivos.	20	60
Simposio Fertilidad 2007. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	14	40
La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).	3.5	10
Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Publicación de INIA La Platina (Chile) que discute los principales aspectos del manejo de potasio en frutales y vides, con énfasis en la situación del centro de Chile.	20	60
Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos en la región pampeana argentina. (Nueva edición en CD).	4	12
Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	10	30
Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja. Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	5	15
Como se desarrolla una planta de soja. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Como se desarrolla una planta de maíz. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	8	25
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)	5	15
Fertilidad 2002. Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.	2.5	7.5
Fertilidad 2001. Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.	2.5	7.5
Fertilidad 2000. Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.	2.5	7.5
Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	15	45
Estadística en la investigación del uso de fertilizantes. Recopilación de conferencias presentadas en cursos de la especialidad por el Dr. Larry Nelson, publicada por la oficina de INPOFOS del Norte de Latinoamérica.	6	18
Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo.	5	15
Nutrición de la Caña de Azúcar. Guía completa para la identificación y corrección de desordenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar.	15	40
Balance para el éxito. Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón.	0.50 c/u	1.5 c/u

Publicaciones de reciente aparición

Esta sección presenta información sobre publicaciones regionales de reciente aparición

Fertilización de Cultivos y Pasturas. 2ª. Edición. 2008.
Editores: Ricardo Melgar y Martin Díaz Zorita
Información: Editorial Hemisferio Sur - Pasteur 743 – (1028) Buenos Aires - www.hemisferiosur.com.ar

Formas de pago de publicaciones

Argentina

• Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union.
Los datos para realizar su envío son los siguientes:
DESTINATARIO: Sra. Laura Nélida Pisauri - DNI: 17.278.707
DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina
AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
• Depósito Bancario en Banco Galicia, Cta.Cte. Nº 3856/4 053/5 Sucursal Olivos a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE.
• Transferencia Bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Suc. Olivos, Cta.Cte. Nº 3856/4 053/5, CBU 0070053520000003856451 CUIT 30-70175611-4.
Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (No.de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

Otros Países

Envío de dinero a través de Western Union, según instrucciones para el envío indicadas más arriba.

Para adquirir las publicaciones de IPNI Cono Sur:

1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) $ 5.-; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) $ 15.00; entre 500 - 1000 g $ 30; y de 1000-2000 g $50.00.
2. Deberá enviarnos el comprobante de pago a nuestra oficina de IPNI Cono Sur por Fax: 011-4798-9939 o por mail a Lpisauri@ipni.net
3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: Lpisauri@ipni.net o llame al (54 - 011) 4798 9939

Congresos, Cursos y Simposios

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

VIº Reunión de Producción Vegetal y IIIº de Producción Animal del NOA.
Lugar y fecha: Centro Cultural Eugenio F. Virla, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Argentina. 23- 24 Abril 2009.
Información: producvegetal@hotmail.com

Fertilidad 2009 – 9º. Simposio de Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos
Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe, Argentina. 13-14 Mayo 2009.
Información: www.ipni.net/lasc – www.fertilizar.org.ar

V Congreso Brasilero de Soja – Mercosoja 2009
Lugar y fecha: Goiania, Goias, Brasil. 19-22 Mayo 2009.
Información: www.cbsoja.com.br - cbsoja@fbeventos.com

Soil organic matters - Reunión de Materia Orgánica Rothamsted Research
Lugar y fecha: Harpenden, Inglaterra, Reino Unido. 23-25 Junio 2009.
Información: http://www.rothamsted.ac.uk.bbsrc/Research/SoilOrganicMatters/

XI Simposio Internacional de Análisis de Suelos y Plantas
Lugar y fecha: Santa Rosa, California, EE.UU. 20-24 Julio 2009.
Información: http://www.isspa2009.com

XVII Congreso Nacional de AAPRESID
Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe. 18-21 Agosto 2009.
Información: www.aapresid.org.ar

XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo
Lugar y fecha: San José, Costa Rica. 16-20 Noviembre 2009.
Información: www.clacs2009.com

XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
"El Suelo, Pilar de la Agroindustria en la Pampa Argentina"
Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe. 31 Mayo - 4 Junio de 2010.
Información: www.suelos.org.ar

Suscripción

IPNI International Plant Nutrition Institute

www.ipni.net/lasc

Si Ud. desea recibir Informaciones Agronómicas del Cono Sur, por favor complete el cupón y envíelo por correo, fax o correo electrónico a:
IPNI Cono Sur, Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Argentina
Tel./Fax: (54) 011-4798-9939 Correo Electrónico: Lpisauri@ipni.net
Nombre y Apellido: ----------
Institución o Empresa: ----------
Principal Actividad: ----------
Calle: ---------- Nro.: ---------- C.Postal: ----------
Localidad: ---------- Provincia: ----------
E-mail: ---------- Teléfono: ----------

¡MUCHAS GRACIAS!

Simposio Fertilidad 2009

Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos

12 y 13 de Mayo de 2009

Centro de Convenciones Metropolitano
Alto Rosario Shopping
Av. Intendente Lamas 610, (2000) Rosario

Organización: IPNI Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil
Colaboración especial: AACS, INTA, AAPRESID, CREA Sur de Santa Fe, Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Fundación Producir Conservando.
Objetivo: Presentar y discutir información actualizada en el manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos en el país y el exterior. Las presentaciones estarán a cargo de distinguidos profesionales nacionales y extranjeros.
Audiencia: Profesionales de actividad oficial y privada. Estudiantes avanzados de Agronomía.

Programa

Mejores prácticas de manejo de los nutrientes (MPM)

- Marco global de las MPM. Dr. Fernando García. IPNI Cono Sur.
- ¿Cuánto disponemos de reservas de nutrientes a escala mundial? Dr. Paul Fixen. Vicepresidente IPNI, EE.UU.

Las MPM para los nutrientes esenciales

- Nitrógeno. Ing. Agr. M.S. Hernán Echeverría. INTA-FCA Balcarce.
- Fósforo. Ing. Agr. Ignacio Ciampitti y Dr. Gerardo Rubio. IPNI Cono Sur y Facultad de Agronomía (UBA).
- Azufre. Ing. Agr. Nahuel Reussi Calvo. INTA-FCA Balcarce.
- Micronutrientes. Dr. Luis Prochnow. IPNI Brasil.
- Potasio, calcio y magnesio. Dr. Pedro Barbagelata. INTA Paraná.

Las MPM para los cultivos y sistemas de producción

- Maíz en la región pampeana central. Ing. Agr. M.S. Manuel Ferrari. INTA Pergamino.
- Trigo, cebada y colza en la región pampeana sur. Dr. Jorge González Montaner. Región CREA Mar y Sierras.
- Manejo integral de nutrientes en sistemas agropecuarios en el oeste de la región pampeana. Dr. Martin Díaz Zorita. FAUBA-CONICET-Nitragin-DZD.
- El aporte de la fijación biológica de N en soja. Dr. Fernando Salvagiotti. INTA Oliveros.
- Soja en el norte de la región pampeana y el NOA. Ing. Agr. M.S. Hugo Fontanetto. INTA Rafaela.
- Mejores prácticas de manejo de la nutrición de cultivos en el cinturón maicero norteamericano. Dr. Fabián Fernández. University of Illinois, EE.UU.

Intensificación y eficiencia en la producción de cultivos: Rol de la nutrición

- A nivel planta-cultivo. Dr. Fernando Andrade. INTA-FCA Balcarce.
- A nivel sistema. Dr. Emilio Satorre. Facultad de Agronomía (UBA).
- Panel de discusión: ¿Cómo decido la fertilización de los cultivos? Estrategias y alternativas para una mayor eficiencia agronómica, económica y ambiental: Ing. Agr. M.S. Agustín Bianchini (AAPRESID), Dr. Pablo Calviño (El Tejar S.A.), Ing. Agr. Ricardo Pozzi (CREA Región Sur de Santa Fe), y Dr. Matías Ruffo (Mosaic Fertilizers LLC, EE.UU.).

Temas especiales de MPM

- Cultivos de cobertura y nutrición de cultivos en sistemas agrícolas. Dr. Germán Bollero. University of Illinois, EE.UU.
- Logística en el manejo de fertilizantes a campo. Equipo Técnico Fertilizar AC.
- MPM para la aplicación de fertilizantes. Lic. Ricardo Martínez Peck. Consultor Privado.

Costo: $500 antes del 31 de Marzo; $650 a partir del 1 de Abril (Incluye publicación y café). Estudiantes de grado: $250 con presentación de libreta universitaria hasta el 9 de Marzo (cupo limitado).

Información e inscripción:
www.ipni.net/lasc - www.fertilizar.org.ar

IPNI International Plant Nutrition Institute

FERTILIZAR Asociacion Civil