MANEJO ALTERNATIVO DE FÓSFORO EN ARROZ

R. Méndez[1], J. Castillo[2], E. Deambrosi[3]

PALABRAS CLAVE: fósforo, voleo, línea, P anticipado, localización, fuentes P

RESUMEN: Este trabajo resume información de 6 ensayos instalados en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres en los cuales se evalúa la práctica de anticipar la fertilización fosfatada. En el primer ensayo el fósforo (P) de una fuente soluble se aplicó en dosis creciente en el laboreo de verano previo a la siembra del cultivo combinado con y sin P a la siembra. En un segundo se estudió aplicaciones anticipadas de fertilizante binario (NP) y con una fuente de P soluble, en la primavera previo a la siembra interaccionando con formas de localización (voleo vs. línea) y dos largos de barbecho químico. En un tercero y cuarto, que fueron analizados en forma combinada, se usó una fuente de P soluble evaluando también la anticipación antes de la siembra y la localización del P. Por otro lado se analizaron en forma conjunta 2 ensayos de anticipación de fertilización utilizando fosforita como fuente de P. Ésta se aplicó 150, 90 y 30 días antes de la siembra (DAS) sobre suelo desnudo y sobre una pasturas de raigrás emergiendo. En los 5 últimos experimentos se determinó materia seca (MS), contenido y absorción de P al elongamiento de entrenudos y en todos, el rendimiento final y sus componentes. En los ensayos con fosforita se midió el contenido de P en suelo cada 30 días desde su aplicación hasta 30 DAS. Los registros de las variables evaluadas en el cultivo de arroz no fueron afectados por los tratamientos de anticipación y localización. Por lo tanto, para los suelos solods estudiados la anticipación del fertilizante fosfatado y la localización de aplicación al voleo es una práctica factible de realizar. En los ensayos con fosforita se notó un efecto positivo en la producción del raigrás que antecedía al arroz y con aplicaciones de 150 y 90 días antes de la siembra se llegaría alrededor de los niveles de suficiencia de P para el arroz.

INTRODUCCIÓN

La fertilización fosfatadas del cultivo de arroz en Uruguay se realiza al momento de la siembra, utilizando para esto fertilizantes solubles con dosis que varían entre 55 y 70 kg ha^{-1} P_2O_5 (Castillo, 2013). Si bien estas dosis fueron generadas para las situaciones iniciales de producción de arroz en Uruguay, existen casos donde no se encuentra respuesta a la aplicación de este nutriente (Deambrosi y Méndez 2000; 2001) probablemente debido a niveles de P en suelo cercanos a los de suficiencia producto de buenos niveles naturales y de un balance positivo de P en sucesivos años de rotación.

La fecha de siembra es uno de los factores claves para lograr altos rendimientos del cultivo de arroz. Deambrosi, Méndez y Roel (1997) recomiendan las épocas más adecuadas de siembra de las variedades más usadas para que las mismas inicien su floración antes del 10 de febrero con el límite de siembra a fines de octubre para El Paso 144 y antes del 20 de noviembre para INIA Tacuarí. De esta forma se intenta que coincidan los requerimientos del cultivo con la oferta climática. En tal sentido los productores arroceros apuntan a colocar la siembra en esta época contando para ello en promedio de 20-25 días efectivos (Roel *et al*., 2011). Debido a esto algunos empresarios han comenzado a realizar la actividad de siembra en forma específica, desfasando la fertilización fosfatada antes de la misma, lo que les permite ser más eficientes en el uso del tiempo y así dedicarse exclusivamente a la siembra.

Asociado a esta tecnología de fertilización anticipada, son frecuentes preguntas respecto al posicionamiento de ese fertilizante (línea vs. voleo) y en el caso de la utilización de fuentes de liberación lenta (roca fosfórica molida) el tiempo necesario de reacción con el suelo para obtener niveles óptimos de P en suelo previo a la siembra del cultivo. En ésta misma línea, existe bibliografía (Chien *et a*l. 2011) que menciona que en situaciones de aplicaciones de fosforitas en sistemas de arroz habría que tener precaución en el hecho de que una vez inundado el cultivo el pH del mismo tiende a la neutralidad disminuyendo fuertemente la eficiencia agronómica de la fosforita. En las condiciones de Uruguay donde existen situaciones donde el suelo permanece anegado durante el invierno ésta podría ser una dificultad

[1] Ing. Agr. Dr. INIA Treinta y Tres. rmendez@inia.org.uy
[2] Ing. Agr. INIA Treinta y Tres. jcastillo@inia.org.uy
[3] Ing. Agr. M Sc. Asesor privado, en INIA Treinta y Tres hasta diciembre de 2011

potencial para la eficiencia de este fertilizante. Por otro lado existe información (Chien *et al*. 2003) que sostiene que aplicaciones de fosforita en un período de 2 semanas anteriores a la inundación serían suficientes para la reacción y buena disponibilidad de P de la fosforita en suelo

Posiblemente el ajuste de la tecnología de fertilización anticipada tanto con fuentes solubles como de lenta degradación permita incidir en la ganancia de eficiencia en la siembra de arroz con la consiguiente mejor fecha de siembra y bajando en algunos casos costos de producción. Por otro lado, sería posible que en aquellas situaciones de laboreo de verano con raigrás como cultivo de cobertura, la fertilización anticipada permita aumentar la producción de MS de la pastura, sin tener efectos negativos en la producción del siguiente cultivo de arroz.

Los objetivos de los trabajos con fuentes solubles de P fueron: obtener información experimental de la práctica de anticipación de P, así como también la localización de este nutriente.

En el caso de los experimentos con fuentes de P de liberación lenta los objetivos del trabajo fueron: contar con información respecto a la dinámica de las aplicaciones de P tanto solubles como de degradación lenta, su efecto en las pasturas de invierno (anteriores al cultivo de arroz) y sobre el rendimiento del cultivo de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron instalados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna sobre retornos de tres años de descanso en suelos solods pertenecientes a la unidad de suelos “La Charqueada” siempre con un laboreo en el verano anterior. En los ensayos con fuentes de P soluble se sembró raigrás (variedad La Estanzuela 284) como cultivo de invierno y fue pastoreado con ovinos hasta momentos previos a la aplicación de glifosato (excepto en 2010/11 donde se realizaron cortes). En los ensayos de fertilización anticipada con fosforita se mantuvo la mitad de las parcelas con vegetación y la otra mitad como suelo desnudo, realizándose cortes para estimar la producción de MS del raigrás. Desde su aplicación hasta 30 DAS, se midió la evolución de P en suelo cada 30 días. Todos los ensayos utilizaron El Paso 144 como variedad siendo sembrada con cero laboreo.

Experimentos con fuentes solubles de P

2004/05

El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. En la parcela grande se ubicaron cuatro dosis de P_2O_5 (0, 30, 60 y 90 kg/ha) en el laboreo de verano e incorporado con disquera. En la parcela menor se instalaron dos tratamientos: con y sin P_2O_5 a la siembra. La dosis aplicadas de P_2O_5 en estas fue de 64 kg/ha con fosfato de amonio. A las parcelas sin P se le aplicaron 25 kg/ha de nitrógeno (N) bajo la forma de urea. El contenido de P al momento de aplicar los tratamientos en el laboreo de verano fue de 2.8 ppm de P (Bray I) y 5.9 ppm (Ac. Cítrico). La siembra se realizó el 21/10/2004. Las principales determinaciones fueron: a la floración, largo promedio y máximo de raíces, y materia seca (MS) de raíz, aérea y total, y rendimiento final y componentes del mismo.

2010/11

Este experimento interacciona barbecho químico con aplicación de binario y fertilizante con solo P anticipado o a la siembra en distinta localización (al voleo o en línea) (Cuadro 1). Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Antes de efectuar los tratamientos se extrajeron muestras para análisis de P cuyo contenido promedio de los bloques fue de 3.2 ppm de P (Bray Nº1) y 4.8 ppm de P (Ac. Cítrico). La siembra se realizó el 8 de octubre. Al momento de elongamiento de entrenudos se extrajeron muestras de planta entera sin raíz para la determinación de materia seca, contenido de P y obtener el P absorbido. Al momento de la cosecha se obtuvo el rendimiento final y sus componentes.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Aplicación glifosato	Glifosato DAS	Fertilizante	DAS/DDS
1	17/08	52	FA línea siembra	0
2	17/08	52	SPTL siembra	0
3	17/08	52	FA al voleo 27/08	42 DAS
4	17/08	52	SPT al voleo 27/08	42 DAS
5	04/10	4	FA línea siembra	0
6	04/10	4	SPTL siembra	0
7	17/08	52	SPTL+Urea (18N) 04/11	0 DAS+26 DDS
8	04/10	4	SPTL+Urea (18N) 04/11	0 DAS+26 DDS

DAS: Días antes de la siembra
DDS: Días después de la siembra
FA: 100 kg ha^{-1} de Fosfato de amonio (N18 - P46 - K0)
SPT: 100 kg ha^{-1} de Super Triple (N0 - P46 - K0)
SPTL: 100 kg ha^{-1} de Super triple en la línea

2011/12

En este ensayo se estudió la anticipación del P, criterios de fertilización (subjetivo y según nivel crítico) y localización del fertilizante. Antes de realizar los tratamientos, se extrajeron muestras de suelo para el análisis de P, siendo el valor presentado el promedio de los 4 bloques (1.6 ppm de Bray Nº1 y 3.4 ppm de P Ác. Cítrico). Los tratamientos (Cuadro 2) se dispusieron en bloques al azar con 4 repeticiones. El nivel crítico (NC) utilizado fue de 6 ppm (Hernández y Berger, 2003) y se multiplicó por 11 kg/ha de P_2O_5 para elevar 1 ppm hasta 6 según lo establecido por Deambrosi, Méndez y Castillo (2011).La fecha de siembra fue el 20 de octubre.

Cuadro 2. Información de los tratamientos del ensayo.

Nº Tratamiento	Dosis kg ha^{-1} P_2O_5/NE	Fecha	DAS	Forma aplicación
1	60	06/09	44	Voleo
2	60 + 18 NE	06/09	44	Voleo
3	60	20/10	0	Voleo
4	60 + 18 NE	20/10	0	Voleo
5	54	20/10	0	Línea
6	54 + 18 NE	20/10	0	Línea
7	Según NC 48	20/10	0	Voleo
8	Según NC 48 + 18 NE	20/10	0	Voleo
9	Según NC 45	20/10	0	Línea
10	Según NC 45 + 18 NE	20/10	0	Línea
11	Tgo 0 P_2O_5 y 0 N			
12	Tgo 0 P_2O_5 y 18 NE			

DAS: Días antes de la siembra; Según NC: Según nivel crítico; NE: nitrógeno a la emergencia.

2012/13

El experimento fue similar al mencionado en la zafra anterior cambiando la fertilización subjetiva (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) y la del nivel crítico (36 kg ha^{-1} de P_2O_5) según el resultado del análisis de suelos (4.0 ppm Bray I y 5.5 ppm Ac. Cítrico) con muestreo de suelos previo a la realización de los tratamientos. El nivel crítico y equivalente fertilizante utilizados fueron los establecidos en el año anterior. La siembra se realizó el 18 de octubre.

En los dos ensayos anteriores se determinó: Rendimiento en grano y componentes del mismo a la cosecha, y, materia seca, contenido y absorción de P de un muestreo realizado al elongamiento de entrenudos. Para estas variables se realizó un análisis combinado para los dos años.

Ensayos con fuentes de P de liberación lenta

Los ensayos fueron instalados durante las zafras 2011/12 y 2012/13, midiéndose inicialmente el pH y contenido de P en suelo según Bray Nº1 y Ác. Cítrico en muestras de 0-0,15m. Los valores de pH fueron 5.9 y 5.5, los de P (Bray Nº1) 3.3 ppm y 7.5 ppm y los de P (Ác. Cítrico) 6.9 ppm y 9 ppm, 2011/12 y 2012/13 respectivamente.

Los ensayos constaron de dos etapas: 1) desde la instalación hasta la siembra del arroz y 2) desde la siembra del cultivo a la cosecha del mismo.

Etapa 1: Evolución P en suelo y producción de raigrás

Ciento cincuenta días antes de la siembra (DAS) se aplicaron dos dosis de fosforita 86 kg ha^{-1} y 43 kg ha^{-1} de P_2O_5 (150Fos86 y 150Fos43 respectivamente) y 43 kg ha^{-1} de P_2O_5 agregados como supertriple (150STP43), sobre suelo desnudo (SD) y sobre raigrás (RG) emergiendo. A los 90 DAS fueron aplicados nuevamente los 2 tratamientos con fosforita (90Fos86 y 90Fos43). En ambas fechas de aplicación de los tratamientos se contó con un testigo absoluto (TA) que muestra la dinámica natural de P en estos suelos. Para seguir la evolución de P fueron tomadas muestras (0-0,15 m) desde la aplicación de los tratamientos hasta los 30 DAS, con intervalos de 30 días. Las muestras fueron secadas a 40°C, desagregadas y analizadas para P según Bray I y Ácido Cítrico. Sobre los mismos tratamientos instalados en el antecesor de RG se midió la acumulación de materia seca (MS) al final del período previo al inicio del barbecho para el arroz. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, donde la parcela principal evalúa dos niveles de antecesores de arroz (RG y SD) y parcela menor los tratamientos de fertilización fosfatada. La evolución de P en suelo fue evaluada utilizando modelos mixtos del paquete estadístico InfoStat. En el modelo el antecesor y los tratamientos de P así como sus interacciones fueron considerados efectos fijos mientras que los bloques anidados en suelo/año fueron considerados como efectos aleatorios. Para determinar la significancia estadística se utilizó Fisher P=0,05.

Etapa 2: Efecto fertilización anticipada en el cultivo de arroz

En ambos años el arroz fue sembrado en la segunda década del mes de octubre utilizándose la variedad EP 144. El manejo general del experimento fue según la información generada por INIA para esta variedad. A cosecha se estimó rendimiento en grano de arroz previo desborde de 1 m de cabecera y de líneas del cultivo. Se cosechó un área efectiva de 8,2 m^2, corrigiendo el rendimiento a 13 % humedad. Para explorar respuesta a la fertilización P en la siembra del cultivo se fertilizó con 46 kg P_2O_5 ha^{-1} de una fuente soluble (STP) en la línea junto con la semilla en la mitad de las parcelas mayores conformándose 2 nuevos tratamientos: 0 kg P ha^{-1} y 46 kg P ha^{-1} basales (0STPbas y 46STPbas respectivamente). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas sub-divididas. La parcela principal evalúa dos niveles de antecesores (RG o SD), la parcela mayor evalúa dos niveles: con y sin agregado de P soluble basal y la parcela menor los tratamientos de fertilización fosfatada aplicados en la etapa previa al cultivo de arroz. Las respuestas agronómicas fueron evaluadas utilizando modelos mixtos del paquete estadístico InfoStat. En el modelo el antecesor, la dosis de fertilización basal, los tratamientos de P y sus interacciones fueron considerados efectos fijos mientras que los bloques anidados en suelo/año fueron considerados como erectos aleatorios. Para determinar la significancia estadística se utilizó Fisher con P=0,05.

RESULTADOS

Fuentes de P solubles

Para el ensayo de la zafra 2004/05 no se obtuvieron efectos en el rendimiento y sus componentes tanto para la aplicación de P anticipado en el laboreo de verano previo ni al P aplicado a la siembra.

En la zafra 2010/11 no hubieron efectos significativos para la materia seca y P absorbido y se encontraron tendencias significativas al 9% para el contenido de P. Para rendimiento final y componentes no hubo efecto de los tratamientos. Se realizó el contraste entre siembra en línea vs. voleo

para el contenido de P (0.32 vs. 0.33) que resultó significativo al 5.3% pero el mismo no influenció en el P absorbido ni en el rendimiento final.

Para el análisis combinado de las zafras 2011/12 y 2012/13 hubo efecto año y no se encontraron efectos significativos en la materia seca, contenido y absorción de P al elongamiento de entrenudos ni interacción año*tratamiento. Los mismos resultados se obtuvieron para rendimiento y sus componentes excepto el peso de mil granos que mostró tendencias significativas al 10% por efecto de los tratamientos pero no incidió en el rendimiento

Fuentes de P de lenta liberación

Evolución del fósforo en el suelo

Se encontraron diferencias en el contenido de P inicial de los diferentes suelos y métodos de extracción, observándose diferencias mínimas en el valor de pH entre suelos. En promedio, a la instalación de los tratamientos el P extraído con la metodología de ácido cítrico fue 109% y 20% superior que Bray N°1 en el suelo de la zafra 2011/12 y 2012/13 respectivamente. Lo mismo ocurrió a lo largo del período de evaluación mostrando la mayor sensibilidad de esta metodología en estos sistemas productivos (Hernández, 2008; Deambrosi *et al*. 2011). La evolución de los tratamientos en la fecha de aplicación 150 DAS (Figura 1 A) fue igual entre suelos desde los 120 hasta los 30 DAS según la metodología de ácido cítrico. En tal sentido, en esas fechas de muestreo, el tratamiento 150Fos86 fue diferente del TA. Los tratamientos 150Fos43 y 150STP43 fueron igual al 150Fos86 en las fecha 120 DAS e intermedios entre éste y el TA desde esa fecha al final de la evaluación. A los 30 DAS las concentraciones de P del suelo fueron un 98% superior al inicio en el tratamiento 150Fos86 y 39% superior para 150Fos43 y 150STP43, pudiéndose ajustar modelos lineales (R^2 =0,99; 0,71 y 0,81 respectivamente). El TA ajustó un modelo cuadrático (R^2 =0,94) siendo su incremento del 18% respecto al inicio. Luego de 30 días de aplicación (Figura 2 C) los tratamientos 90Fos86 y 90Fos43 fueron 124 % y 84 % superiores al inicio no variando entre esta fecha y el final (30 DAS). Algunos autores (Joos y Black 1950) sostienen que no sólo los suelos ácidos son condición única para la alteración de las fosforitas sino que incubaciones en húmedo podrían realizar este proceso. En las condiciones en las que se condujeron los ensayos donde las lluvias invernales y la presencia de un horizonte Bt en el suelo favorecen la permanencia de agua en superficie, podrían haber contribuido en este proceso. En el caso del TA, durante los primeros 30 días los valores de P en el suelo se mantuvieron constantes presentando un incremento de 43 % desde los 60 a los 30 DAS. En las 3 fechas de muestreo el análisis mostró diferencias (p>0,05) entre 90Fos86 y el TA. A los 60 DAS el tratamiento 90Fos43 fue diferente a 90Fos86 y TA, siendo igual a este último 30 DAS.

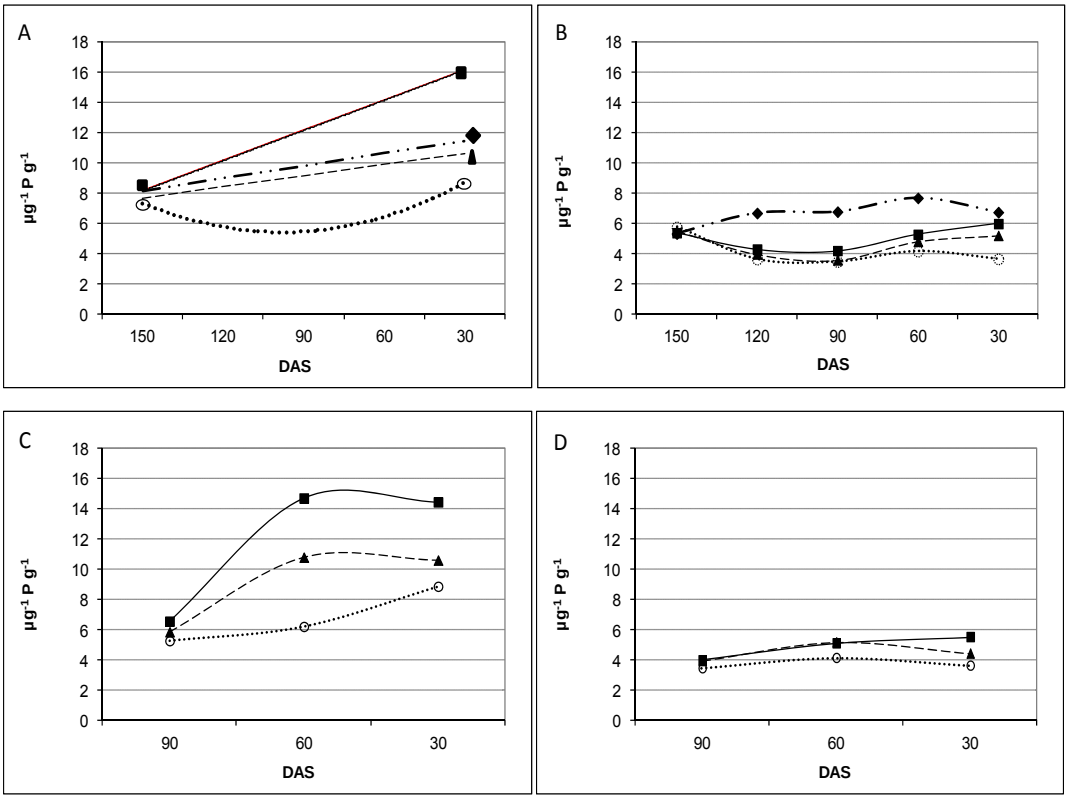

Figura 1. Evolución del fósforo en suelo de los tratamientos ■ Fosforita 300 kg ha^{-1}, ▲ Fosforita 150 kg ha^{-1}, ◆Supertriple 96 kg ha^{-1}, y ○ testigo absoluto según la extracción por ácido cítrico (A y C) y Bray Nº1 (B y D), en la fecha de agregado 150 D.A.S.

Cuando la metodología empleada fue Bray N°1 (Figuras 2 B, 2 D) el análisis de varianza muestra para la fecha de aplicación 150 DAS diferencias en el P del suelo del tratamiento 150STP43 frente a los demás hasta los 90 DAS y frente al TA en las 2 últimas fechas de evaluación. Los tratamientos 90Fos86 y 90Fos43 no mostraron diferencias en el valor de P en suelo a los 60 DAS siendo diferentes en la última fecha. Por otro lado el valor de P en suelo fue diferente a los 60 DAS en comparación con los tratamientos de P no presentando diferencias con 90Fos43 a los 30 DAS. Independientemente de las diferencias detectadas en el análisis estadístico en ambas fechas de aplicación, las diferencias en los valores de P en suelo encontrados entre tratamientos y entre el inicio y el final de la evaluación fueron muy bajos en términos absolutos. Este aspecto coincide con lo observado en situaciones productivas y experimentales donde el análisis según Bray N°1 tiende en ocasiones a no representar la disponibilidad de P para los cultivos. En dichas situaciones el valor obtenido con el análisis lleva a aplicaciones de P las que no presentan respuesta vegetal.

Para ninguna de las fechas de aplicación de los tratamientos ni para los distintos métodos de extracción de P existió interacción entre la evolución de P en el suelo según el tratamiento y la cobertura (RG vs SD).

Producción de Raigrás

El análisis de la información mostró interacción entre la acumulación de MS de RG (kg ha^{-1}) debido a los tratamientos y al suelo por lo tanto la información es presentada por separado (Cuadro 2). Si bien en términos de producción total acumulada los valores parecen bajos, son los esperables para suelos arroceros, de mal drenaje, fríos y de fertilidad general media baja. Por otro lado el inicio del barbecho a inicios de setiembre no permite capitalizar el rápido crecimiento que tiene esta especie una vez entrada la primavera.

Cuadro 2. Producción de Raigrás (kg M.S ha^{-1}) de los dos suelos/años según los tratamientos de P.

Tratamiento	Suelo/ 2011-12	Suelo/ 2012-13
150Fos86	2703 a	2431 a
150Fos43	3312 a	2818 a
150STP43	3134 a	2473 a
TA	2498 b	2584 a
Promedio	2911 a	2576 B
p- valor	0,041	ns

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p ≤0,05 Valores seguidos por una misma letra mayúscula en la misma fila no difieren significativamente con p ≤0,05

La producción media de RG fue superior en el suelo del primer año en comparación con el segundo. También se encontró respuesta a la fertilización en este suelo posiblemente debido a los menores niveles iniciales de P en comparación al suelo del segundo año (16% menor) alejándose más del valor de suficiencia, 12 μg^{-1} P g^{-1} (Carámbula, 2006)

Producción de Arroz

Al estadio de R0 (Counce *et al.* 2000) se detectaron diferencias significativas ($p<0.0001$ y $p\leq0,0019$) en la acumulación de MS de arroz, según el antecesor (SD vs. RG) y la fertilización basal (0STPbas y 46STPbas) respectivamente. En el antecesor inmediato SD el cultivo de arroz acumuló 21% más de MS frente al antecesor RG. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Terra et al. 2010, los que encontraron mayor acumulación de biomasa y rendimiento en los tratamientos mantenidos sin vegetación. Por otro lado, el agregado de 46 kg P_2O_5 ha^{-1} basales provocó una acumulación de MS (kg ha^{-1}) 11% superior frente a los tratamientos sin agregado de P.

Los efectos diferenciales en acumulación de MS de arroz a R0 debido al antecesor y a la fertilización basal con P no se tradujeron en diferencias en rendimiento en grano de arroz asociada a estos factores ni a los tratamientos de P. Ninguno de los tratamientos evaluados fue diferente al resto incluido el TA. Las concentraciones de P presentes 30 DAS según la metodología de ácido cítrico de todos los tratamientos y el TA para los 2 momentos de aplicación son superiores a los niveles críticos reportados para arroz (Hernández *et al*. 2013) existiendo una muy baja probabilidad de encontrar respuesta en rendimiento en grano por agregado de fertilizante P.

CONCLUSIONES

En el conjunto de experimentos conducidos en Paso de la laguna sobre suelos solods con fósforo soluble, no se ha constatado una pérdida de eficiencia al realizar la fertilización en forma anticipada lo que avala la práctica utilizada. Tampoco hay diferencia en rendimiento entre la aplicación al voleo o en la línea.

Cuando la fuente utilizada fue la roca fosfórica molida las rectas ajustadas para los tratamientos de P en la fecha de aplicación 150 y 90 DAS indicarían que se podría llegar con niveles entorno a los de suficiencia para el cultivo de arroz partiendo de suelos con niveles de P menores que en estas situaciones, a juzgar por la variación de estos tratamientos desde su nivel inicial al encontrado al final.

BIBLIOGRAFÍA

HERNÁNDEZ, J; BERGER, A. Dinámica del fósforo en sistemas de Arroz-Pasturas: Caracterización de parámetros de suelos para estimar la disponibilidad de fósforo. En: INIA Investigaciones Agronómicas. Reporte Técnico Anual, Área Cultivos, Programa Nacional de Arroz. Vol. 01 cap. 3: 34-40, 2003.

DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ROEL, A. Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. En: Serie Técnica N° 89, INIA Treinta y Tres. Agosto 1997.

DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; CASTILLO, J. Contribución a la toma de decisiones en aplicaciones de fósforo para el cultivo de arroz. In: Manejo de suelos y Nutrición vegetal, Actividades de Difusión 651, INIA Treinta y Tres. Cap. 3: 1-5, 2011.

CARÁMBULA, M. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Tomo II. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay. 2006.

CASTILLO, J. Ajustes a la fertilización N-P-K en el cultivo de arroz. En: Jornada arroz- soja. Agosto. 2013. www.inia.uy/estaciones-experimentales-direcciones-regionales-actividad-2013-97. 2013

CHIEN, S.H., PROCHNOW, L., MIKKELSEN, R. Uso agronómico de la roca fosfórica para aplicación directa. En: Informes agronómicos N°1. Marzo 2004. p. 6-13. 2011.

CHIEN, S.H. CARMONA, J. HENAO, L.I. PROCHNOW, L. Evaluation of Rape Response to Different Sources of Phosphate Rock in an Alkaline Soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 34:1825-1835. 2003.

COUNCE, P.A., KEISLING, T.C., MITCHEL. A.J. A uniform, objective and adaptative system for expressing rice development. Crop Science. 40:436-443. 2000

DEAMBROSI, E., MÉNDEZ, R., ÁVILA S. Fertilización: respuesta a las aplicaciones de fósforo y potasio. En: Fertilización, Actividades de difusión 257, INIA Treinta y Tres. Cap. 5:1-10. 2001.

HERNÁNDEZ, J. Métodos para estimar la disponibilidad de fósforo en los suelos. En: Serie Técnica N°172, INIA Treinta y Tres. Abril 2008. Cap.1:7-15. 2008.

HERNÁNDEZ, J. BERGER, A., DEAMBROSI, E., LAVECCHIA, A. Soil Phosporus test for flooded rice grown in contrasting soils and cropping history. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 44: 1193-1210. 2013.

JOOS, L.L., BLACK, C.A. Availability of phosphate rock as affected by particle size and contact with bentonite and soil of different pH values. Soil Science of America Proceedings. 15 (1): 69-75. 1950.

ROEL, A., CEDREZ, S., MOLINA, F., CASTILLO, J. Seminario Taller: Brecha de rendimiento en arroz. En: www.inia.uy/actividades/actividades-realizadas/últimas actividades/INIA Treinta y Tres 20/07/2011. 2011.

TERRA, J.A., SÁNCHEZ A., MÉNDEZ, R., DEAMBROSI, E. Efecto de cultivos de cobertura invernal sobre la respuesta a Nitrógeno en el cultivo de arroz en siembra directa. En: Actividades de discusión 611. Cap. 3 9-20. 2010.