

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE VERDE UREA EN ARROZ

Ramón Méndez^{1/}, Enrique Deambrosi^{1/}

La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizada en las coberturas nitrogenadas para el cultivo de arroz debido a su menor costo por unidad de nutriente. Es una fuente de nitrógeno (N) predispuesta a pérdidas por volatilización de amoníaco debido a condiciones climáticas de temperatura y humedad del suelo ya que es fácilmente hidrolizada por la enzima ureasa presente en el suelo principalmente en la cobertura al macollaje. En esta etapa es recomendado realizar la cobertura con urea e inmediatamente inundar el cultivo ya que de esta forma se incorpora al suelo y se evitarían las pérdidas obteniendo así una mayor eficiencia de su aplicación. En tal sentido el objetivo del presente ensayo es evaluar los efectos de la Verde urea la cual contiene un inhibidor de la enzima ureasa

protegiendo de las posibles pérdidas por volatilización en un período mayor de tiempo. Se compara su efecto frente a la urea común evaluando el N absorbido por las plantas al inicio del elongamiento de entrenudos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue sembrado en líneas con la variedad El paso 144 a razón de 146 kg/ha de semilla el 19 de octubre de 2009 siendo conjuntamente fertilizado con 99 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0). En forma previa, se efectuó muestreo de suelos en los 3 bloques del ensayo cuyos resultados se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados del análisis químico de suelos

Bloque	pH (H ₂ O)	C. Org. (%)	P (Bray) (ppm)	P (Ac.Cítrico) (ppm)	K (meq/100 g)
1	5,7	1,26	2,2	4,4	0,22
2	5,6	1,11	1,5	4,6	0,22
3	5,7	1,19	2,2	5,3	0,25

Como se muestra en el cuadro 2, el ensayo consistió de un factorial (2x2x3) consistente de dos fuentes de N (urea común y verde), dos dosis de N al macollaje (23 y 46 kg/ha de N) y 3 períodos de tiempo de aplicación de N antes de la inundación definitiva del cultivo (11, 5 y 1 día antes). En el cuadro este factorial esta expuesto en los tratamientos 1 a 12 agregando al experimento los tratamientos 13 y 14. El tratamiento 13 es para la comparación con el 11 y 12 (única vs.

dividida), mientras que el 14 es un testigo sin cobertura de N. El diseño del ensayo fue en bloques al azar con 3 repeticiones siendo las dimensiones de la parcela 7 m de largo por 2.21 de ancho. Las mismas estuvieron separadas por tapias para un riego independiente de tal forma de impedir probables corrimientos de nutriente nitrogenado.

^{1/} INIA Treinta y Tres
 Asistente de Investigación Beto Sosa

Cuadro 2. Tratamientos

Tratamientos	Fuente de N (urea)	N al macollaje (kg/ha)	N etapa reproductiva kg/ha	Días antes inundación
1	Común	23	0	11
2	Verde	23	0	11
3	Común	46	0	11
4	Verde	46	0	11
5	Común	23	0	5
6	Verde	23	0	5
7	Común	46	0	5
8	Verde	46	0	5
9	Común	23	0	1
10	Verde	23	0	1
11	Común	46	0	1
12	Verde	46	0	1
13	Común	23	23	1
14		0	0	

Se efectuó un registro de plantas al momento de la emergencia de acuerdo a 3 muestras por parcela de 1 metro lineal. Se obtuvo un promedio de todo el ensayo de 308 plantas/m² con un coeficiente de variación de 12,83 % dentro de un stand de plantas desuniforme.

Las fechas de aplicación de N al macollaje fueron las siguientes: 11 días antes, el

27/11/2009; 5 días antes, el 03/12/2009 y 1 día antes el 07/12/2009 (señalados en negrita, cuadro 3). La inundación se realizó el 8/12/2009.

La ocurrencia de lluvias (Cuadro 3) dada la desuniformidad de plantas señaladas impidió realizar las aplicaciones en los momentos adecuados.

Cuadro 3. Precipitaciones durante el periodo de aplicación de N al macollaje

Día	Precipitación (mm)	Día	Precipitación (mm)
15/11/2009	0	28/11/2009	1.0
16/11/2009	0	29/11/2009	0
17/11/2009	0	30/11/2009	2.7
18/11/2009	30.2	01/12/2009	0
19/11/2009	73.8	02/12/2009	6.6
20/11/2009	2.3	03/12/2009	19.6
21/11/2009	1.2	04/12/2009	0
22/11/2009	5.2	05/12/2009	0
23/11/2009	0	06/12/2009	0
24/11/2009	0	07/12/2009	0
25/11/2009	0	08/12/2009	0
26/11/2009	3.7	09/12/2009	0
27/11/2009	0	10/12/2009	0

El control de malezas se efectuó el 23/11/2009 con una mezcla de propanil, quinclorac, clomazone y pirazosulfuron etil (Propagri 4 l/ha, Facet SC 1,6 l/ha, Cibelcol 0,9 l/ha y Cyperex 0,1 kg/ha).

Al inicio de elongamiento de entrenudos (04/01/2010) se extrajeron dos muestras de plantas de 0,3 m por parcela. Estas fueron lavadas, secadas en estufa a 60°C,

registrado su peso, molidas y enviadas al Laboratorio de suelos de INIA La Estanzuela a los efectos de la determinación del %N vegetal. De la multiplicación de la materia seca y del %N se obtuvo el N absorbido al estado de inicio de elongamiento de entrenudos. Este parámetro fue la principal característica en el estudio del análisis estadístico. Se registraron además la lectura de SPAD, rendimiento en grano,

componentes del mismo, % de esterilidad de granos, número de granos llenos y totales/m² y altura de plantas a la cosecha. Estas características pueden estar influenciadas por otras condiciones ambientales después de la absorción de N.

La lectura de SPAD se realizó en 10 tomas de la hoja bandera al 50% de floración. Para rendimiento en grano se cosechó un área útil de 9,52 m² en donde se extrajo una muestra para la determinación de humedad de grano corrigiendo a 13% de humedad. Los componentes del rendimiento se extrajeron de dos muestreos al azar en cada parcela de 0,30 m por 0,17 m y antes de la cosecha se registró la altura en 6 plantas al azar en cada parcela. El % de esterilidad de granos resultó de la relación entre los granos vacíos y totales/panoja multiplicados por 100. Los granos llenos y totales/m² resultaron de la multiplicación de los granos llenos y totales/panoja por el número de panojas/m². Se apreciaron síntomas de espiga erecta ("straighthead") por lo cual se realizó una lectura visual en cada parcela en donde se obtuvo la presencia en mayor o menor intensidad en un 45% de las mismas. Esta lectura se correlacionó con los granos vacíos/panoja (r= 0,50 p= 0,002).

El ensayo se analizó de 2 formas, una como un factorial (2x2x3), otro con los 14 tratamientos en bloques al azar. En cada análisis también se efectuaron correlaciones entre distintas características de importancia.

Análisis como factorial

Los registros de materia seca, el porcentaje de N vegetal y el N absorbido al inicio del elongamiento de entrenudos no fueron afectados por efecto de las fuentes de N (cuadro 4), mientras que resultaron influenciados por las dosis aplicadas cuyos valores se muestran en el cuadro 5, en donde con la dosis mayor las características fueron mayores. Según el cuadro 4, el número de días antes de la inundación incidió en la materia seca y también en el N absorbido en virtud de que este último es influenciado por las variaciones en la magnitud de la primera (correlación entre MS y N absorbido r=0,86, p=0,000). Las aplicaciones de N con ambas fuentes más cercanas al momento de la inundación resultaron en registro más alto de N absorbido (cuadro 6).

Cuadro 4. Resultados estadísticos del análisis factorial de características determinadas al inicio de elongamiento de entrenudos (probabilidad).

Causa de variación	MS (kg/ha)	%N	N absorbido (kg/ha)
Bloque	ns	ns	ns
A) Fuente N	ns	ns	ns
B) Dosis N	0,048	0,031	0,003
A X B	ns	ns	ns
C) Días antes inun.	0,045	ns	0,012
A X C	ns	ns	ns
B X C	ns	ns	ns
A X B X C	ns	0,115	ns
Promedio	4171	1,766	73,74
CV (%)	11,37	7,19	12,13

Cuadro 5. Efectos significativos de dosis de N sobre características determinadas al inicio de elongamiento de entrenudos.

Dosis de N	MS (kg/ha)	%N	N absorbido (kg/ha)
23	4006	1,717	68,78
46	4336	1,814	78,70

Cuadro 6. Registros de acuerdo al momento de aplicación del N en características determinadas al inicio de elongamiento de entrenudos.

Días antes inund.	MS (kg/ha)	N absorbido (kg/ha)
11	3873 a (*)	66,97 b
5	4302 a	75,96 ab
1	4337 a	78,28 a

(*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

Se encontraron diferencias entre las fuentes en el número de panojas/m² (cuadro 7) siendo favorable a la urea común (urea común: 607 pan/m² y verde urea: 557 pan/m²). En el mismo cuadro se observa incidencia de las dosis de N aplicadas al macollaje en el rendimiento en grano, los granos vacíos/panoja y el peso de mil granos. Con la dosis de 46 kg/ha se obtuvo

mayor rendimiento y peso de mil granos y menor cantidad de granos vacíos/panoja (cuadro 8). El rendimiento en grano estuvo correlacionado positivamente con el número de granos llenos/panoja ($r= 0,37$ $p= 0,026$) y el peso de mil granos ($r= 0,49$ $p= 0,002$); y negativamente con la lectura de espiga erecta ($r= -0,82$ $p= 0,000$) y el porcentaje de esterilidad de granos ($r= -0,66$ $p= 0,000$).

Cuadro 7. Resultados estadísticos del análisis factorial en rendimiento en grano y componentes (probabilidad).

Causa	Rend	Pan/m ²	ll/pan	vac/pan	tot/pan	Pmg
Bloque	ns	0,069	ns	ns	ns	0,002
A (Fuente)	ns	0,047	ns	ns	ns	ns
B (Dosis)	0,005	ns	ns	0,061	ns	0,000
A X B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C (Dai)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B X C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Promedio	7225	582	72	15	88	25,62
CV (%)	13,05	12,12	19,47	57,59	18,07	1,62

ns: no significativo, Dai: días antes de la inundación, Rend: rendimiento en grano, Pan/m²: panojas por metro cuadrado, ll/pan: No de granos llenos por panoja, vac/pan: N° de granos vacíos por panoja, tot/pan: N° de granos de granos totales por panoja, Pmg: Peso de mil granos

Cuadro 8. Efectos significativos de acuerdo a las dosis de N al macollaje del rendimiento en grano, número de granos vacíos/panoja y peso de mil granos.

Dosis de N	Rend (kg/ha)	vac/pan	Pmg
23	6742	18	25,34
46	7708	12	25,91

Las lecturas con el SPAD no fueron afectadas por los efectos simples de fuentes, dosis o período de tiempo antes de la inundación, encontrándose tendencias significativas al 11% para la interacción doble ente dosis de N y días antes de la inundación. Esta característica se correlacionó negativamente con la materia seca al inicio de elongamiento de entrenudos ($r= -0,37$ $p= 0,026$).

Los registros de altura fueron mayores estadísticamente con la dosis de N de 46 kg/ha y cuando más cerca de la inundación

se realizó la aplicación indistintamente de la dosis.

Análisis del ensayo en tratamientos en bloques al azar

En este análisis en el N absorbido se encontraron diferencias debidas a los tratamientos (Cuadro 9). En el análisis con testigo (tratamiento14) se observan diferencias según el test de Tukey entre el tratamiento 12, en el cual la fuente es la verde urea en la dosis de 46 kg/ha de N aplicado 1 día antes de la inundación, con los tratamientos 1 y 2 donde se aplicó ambas

fuentes a razón de 23 kg/ha, 11 días antes de la inundación; y el tratamiento 14 el cual no tuvo la cobertura con N al macollaje. El test no demuestra diferencias entre el tratamiento 12 y el 11 en donde la fuente es la urea común en la dosis más alta y con

aplicación 1 día antes de la inundación. También, no se obtuvo diferencias entre el tratamiento 13 (con las 2 coberturas de N) con los tratamientos 11 y 12.

Cuadro 9. Resultados en el N absorbido ordenados decrecientemente

Tratamientos	N absorbido con testigo (kg/ha)
12	89,23 a (*)
7	81,81 ab
11	79,50 ab
8	75,62 ab
6	75,48 ab
3	75,05 ab
13	74,94 ab
9	74,81 ab
4	71,03 ab
5	70,93 ab
10	69,57 ab
2	61,81 b
1	60,02 b
14	59,27 b
Promedio	72,79
CV (%)	11,63

(*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

En el análisis con el testigo el rendimiento en grano también fue afectado por los tratamientos presentándose diferencias de

los tratamientos 3, 4, 7, 8,10 y 11 con el testigo (tratamiento 14) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados en el rendimiento en grano ordenados decrecientemente

Tratamientos	N absorbido con testigo (kg/ha)
3	8277 a
11	7773 a
8	7662 a
10	7621 a
7	7537 a
4	7524 a
12	7476 ab
1	7320 ab
13	7160 ab
6	6765 ab
2	6444 ab
5	6344 ab
9	5960 ab
14	4403 b
Promedio	7019
CV (%)	14,61

CONSIDERACIONES GENERALES

En el estudio realizado no fueron observadas diferencias entre las fuentes utilizadas. En términos de N absorbido la Verde urea en la dosis mayor de N y aplicada 1 día antes de la inundación presenta el valor más alto pero no es diferente a la urea común en las mismas condiciones.

También, considerando el N absorbido, se destaca la importancia de las aplicaciones de la cobertura con N al macollaje cercanas a la inundación del cultivo.

Las condiciones particulares del período de aplicación de cobertura de N al macollaje referentes a precipitaciones y suelo con humedad pueden haber incidido en que no se obtuvieran diferencias entre las fuentes de N. La ocurrencia de lluvias dentro del período de aplicaciones de urea en seco ya ha sido registrada en una serie de ensayos de evaluación de eficiencia de absorción de N al macollaje. Es de interés poder repetir el ensayo en condiciones ambientales diferentes y obtener mayor base de datos.