

CURVAS CRÍTICAS DE DILUCIÓN DE NITRÓGENO EN URUGUAY

G. Fabini¹, J. Castillo², C. Marchesi³

PALABRAS CLAVE: Nutrición nitrogenada, niveles críticos, análisis de planta.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz inundado tiene pérdidas significativas de nitrógeno (N), con recuperación de 35% del N aplicado (Cassman *et al.*, 1993). En Uruguay, la recuperación de N se estima en 45% y está afectada por las particularidades de nuestros agroecosistemas tales como la obtención de altos rendimientos con bajas dosis de N, la rotación con pasturas y, principalmente, el fraccionamiento de la fertilización con N durante el ciclo del cultivo sobre diferentes condiciones de humedad del suelo (Pittelkow *et al.* 2016). Estas condiciones determinan una alta variabilidad entre chacras para recomendar la dosis y el momento de fertilización. El uso de indicadores objetivos para las recomendaciones de fertilización contribuye a optimizar la nutrición del cultivo, sincronizando el suministro con la demanda. El modelo de fertilización con N del arroz ajustado en Uruguay, está basado en el potencial de mineralización del nitrógeno del suelo (anaeróbico) como indicador para definir las dosis de N en macollaje. No obstante, para la recomendación luego del macollaje no se han podido ajustar modelos robustos ni prácticos (Castillo, 2015).

Con el fin de aportar herramientas para el manejo eficiente del N, este trabajo se centra en la utilización del modelo de curvas críticas de dilución de N como parámetro para regular la nutrición del cultivo. Este concepto determina la concentración de N en planta a partir de la cual no se genera un aumento en la producción de materia seca, independiente de la etapa fenológica del cultivo (Justes *et al.*, 1994). Internacionalmente ha habido determinaciones de curvas críticas en arroz, pero estas han variado según clima e ideotipo. Sheehy *et al.* (1998) trabajó con ideotipos *índica* y *japónica* en clima tropical y subtropical, mientras que Shanyu *et al.* (2018), y Ata-UI-Karim *et al.* (2013), lo hicieron con variedades japónicas en climas templados y subtropicales, respectivamente. Por otro lado, Ata-UI-Karim (2013) generó un modelo de fertilización relacionado no solo a materia seca, sino a rendimiento en grano. El objetivo de este trabajo es determinar la utilidad de las curvas críticas de dilución de N en el cultivo de arroz en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos, uno con INIA Merín (*índica*) y otro con Parao (*japónica*) fueron instalados, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna durante la zafra 2016/2017. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con 3 repeticiones. La parcela grande correspondió a la dosis de N aplicada a macollaje (N_{mac}), mientras que la parcela menor estuvo asociada a la dosis de N aplicada a primordio (N_{prim}). En cada estadio fisiológico se utilizó la misma dosis de N, equivalentes a 0-25-50-100 kg/ha N (0N, 25N, 50N y 100N respectivamente) generando 16 combinaciones producto de la interacción. Se determinó biomasa, contenido de N en planta en seis momentos del ciclo del cultivo (15 días antes del primordio, primordio, 15, 30, y 50 días post primordio, y a cosecha) y rendimiento en grano SL.

Las respuestas agronómicas fueron evaluadas por cultivar ajustando modelos lineales generales mixtos, donde los tratamientos de fertilización y sus interacciones fueron definidos como efectos fijos, el bloque como efecto aleatorio y para la comparación múltiple de medias se usó la prueba LSD de Fisher al 5%. Para la comparación del ideotipo *índica* se utilizaron las curvas generadas por Sheehy *et al.* (1998) en la zona tropical. Para la comparación del ideotipo *japónica* se proponen las curvas de Sheehy *et al.* (1998) en la zona subtropical de Australia, las de Ata-UI-Karim (2013) en la zona sub tropical de China, y Shanyu *et al.* (2016) en la zona templada de China.

¹ Bach., Trabajo de tesis de grado de Facultad de Agronomía, UDELAR

² Ing. Agr., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. jcastillo@inia.org.uy

³ PhD., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

RESULTADOS

La acumulación de biomasa respondió solo al N en macollaje. La concentración de N en la planta y el rendimiento en grano respondieron tanto a la dosis de macollaje, como la de primordio. Para ninguno de los casos hubo respuesta para la dosis total, ni la interacción entre momentos.

En INIA Merín 100N siempre produjo más biomasa durante el ciclo que 0N, mientras 25N y 50N respondieron en forma intermedia, excepto para 15 DAP cuando 50N fue igual que 100 N (Cuadro 1). A los 50 DDP, 100 N acumuló 38 y 19 % más biomasa que 0N y las dosis intermedias respectivamente (Cuadro 1). En Parao la biomasa de 100N fue mayor que la de 0N y 25N durante todo el ciclo, comportándose 50N, de forma intermedia. En promedio, a los 30 DDP, 100 N acumuló 47 y 21% más biomasa que el testigo absoluto y 25N, respectivamente.

Cuadro 1. Acumulación de biomasa en los distintos momentos de ciclo de los cultivares INIA Merín y Parao en respuesta a las dosis de N aplicadas a macollaje.

		15 ADP	P	15 DDP	30 DDP	50 DDP
M I N I A	100	2068 A	5486 A	7127 A	14120 A	18028 A
	50	1943 A	4193 B	5662 B	12245 B	15581 B
	25	1516 B	2827 C	5158 B	11363 B	14827 B
	0	931 C	1950 D	4301 C	9797 C	13022 C
P A R A O	100	2058 A	4222 A	8033 A	12943 A	
	50	1617 B	3859 B	7286 AB	11772 AB	
	25	1396 C	3196 C	6915 BC	10668 B	
	0	971 D	2273 D	6196 C	8791 C	

*letras diferentes difieren estadísticamente entre sí ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Rendimiento de grano de arroz en los cultivares INIA Merín y Parao en respuesta al agregado de N en macollaje y primordio.

INIA Merín			Parao		
Rendimiento según Nmac					
Nmac	Rendimiento (kg/ha)		Nmac	Rendimiento (kg/ha)	
100	12909	A	100	11957	A
50	12541	AB	50	11681	AB
25	11840	B	25	11155	BC
0	10637	C	0	10685	C
P-	<0,00		P-	0,007	
Valor	1		Valor	0,007	
Rendimiento según Nmac					
Nmac	Rendimiento (kg/ha)		Nmac	Rendimiento (kg/ha)	
100	12642	A	50	11898	A
50	12363	A	100	11599	A
0	11545	B	25	11458	A
25	11377	B	0	10522	B
P-	<0,00		P-	0,003	
Valor	61		Valor	0,003	

Las dosis de N en macollaje fueron más influyentes que en primordio en la determinación del rendimiento en grano (Cuadro 2). Para el índice de cosecha no se detectaron diferencias significativas, variando entre 0,55 y 0,65 en ambos cultivares.

La figura 1 muestra cómo se sitúan las concentraciones de N y la MS de los tratamientos de N con mejor rendimiento, con respecto a las curvas de dilución crítica de N existentes. La curva de INIA Merín está compuesta por dos tratamientos (50+50 y 100+100), mientras que en el caso de Parao está compuesta por cinco (50+25, 100+100, 50+50, 100+50 y 100+25).

En INIA Merín, exceptuando los dos puntos en primordio de los tratamientos 50+50 y 100+100 a macollaje, la concentración de N en planta estuvo siempre por debajo de las curvas existentes. Estos resultados sugieren que un aumento en las dosis de N podría mantener concentraciones de N en el cultivo por encima de la curva de dilución planteada. Esto implicaría un aumento de biomasa, lo que con un índice de cosecha promedio podría llegar a tener rendimientos mayores a los alcanzados. Esto se sustenta cuando se ve que los tratamientos representados muestran una mayor acumulación de biomasa y rendimiento que el resto, aunque en este último, solo en términos absolutos. Cabe resaltar que el tratamiento 50+50 alcanzó el máximo rendimiento, sin necesidad de incrementar su concentración de N.

Para Parao, parecería que las curvas generadas en los trópicos y sub trópicos no son apropiadas, con excepción a la generada por Shanyu *et.al*, (2018). Esta última es muy similar a la curva obtenida por los tratamientos que alcanzaron los mejores rendimientos (que superaron el 95% del rendimiento relativo). En este sentido se puede apreciar la utilidad de tener las concentraciones críticas para cada momento del cultivo, ya que se podría hacer un manejo más eficiente de la fertilización, al saber si el cultivo se encuentra fuera del óptimo.

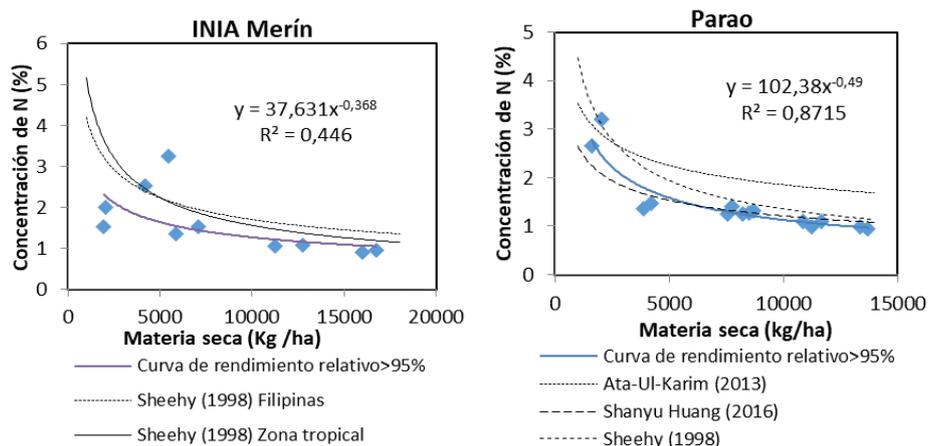


Figura 1. Comparación de curvas críticas de dilución de N internacionales con las curvas de dilución creadas para los cultivares de arroz INIA Merín y Parao, para los rendimientos que superaron el 95% del rendimiento relativo.

CONCLUSIONES

Las curvas de dilución de N publicadas internacionalmente para el cultivo de arroz, y utilizadas en este trabajo para constatar su adaptabilidad a cultivares locales, tuvieron resultados contrastantes. En Parao se observó un comportamiento similar a una de las curvas de dilución de ideotipo *japónica* en clima templado, sin embargo, no ocurrió lo mismo con el ideotipo *índica*, INIA Merín. La curva de dilución publicada para el ideotipo japónica permitiría hacer un manejo objetivo de la fertilización con N en la variedad Parao, según los datos obtenidos en este trabajo. El rendimiento obtenido con una concentración de N similar a la publicada, es superior al reportado internacionalmente. Por otro lado, para la variedad INIA Merín, los resultados agronómicos encontrados, así como la comparación de la curva de dilución de N observada con las publicadas, indicarían la posibilidad de lograr mayores rendimientos utilizando fertilizaciones de N superiores a las realizadas en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ATA-UL-KARIM, S. T.; YAO, X.; LIU, X.; CAO, W.; ZHU, Y.** 2013. Development of critical nitrogen dilution curve of Japonica rice in Yangtze River Reaches. *Field Crops Research* 149: 149-158.
- CASSMAN, K.G.; KROPFF, M.J.; GAUNT, J.; PENG, S.** 1993. Nitrogen use efficiency of rice reconsidered: what are the key constraints? *Plant Soil* 155/156:359–362
- CASTILLO, J.** 2015. En sus dosis justas: N-P-K como forma de explorar altos rendimientos en arroz. (en línea). En: Seminario de Actualización Técnica en Fertilización de Arroz (2015, Treinta y Tres). Puesta a punto y avances de información sobre la nutrición del cultivo de arroz. Montevideo, INIA. pp. 1-19. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/Seminario%20Fertilizacion%202015/8-J%20Castillo.pdf>
- JUSTES, E.; MARY, B.; MEYNARD, J. M.; MACHET, J. M.; THELIER-HUCHE, L.** 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany* 74: 397-407.
- PITTELKOW, M.; ZORRILLA, G.; TERRA, J.; RICCETTO, S; MACEDO, I.; BONILLA, C.; ROEL A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*. 9: 10–18
- SHEEHY, J. E.; DIONORA, M. J. A.; MITCHELL, P. L.; PENG, S.; CASSMAN, K. G.; LEMAIRE, G.; WILLIAMS, R. L.** 1998. Critical nitrogen concentrations: implications for high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in the tropics. *Field Crops Research* 59: 31–41.
- SHANYU, H.; YUXIN, M.; QIANG, C.; YINKUN, Y.; GUANGMING, Z.; WEIFENG, Y.; JIANNING, S.; KANG, Y.; GEORG, B.** s.f. Critical nitrogen dilution curve for rice nitrogen status diagnosis in Northeast China. *Pedosphere*. (en prensa).