



INVESTIGACION
INPOFOS K P
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

CRECIMIENTO Y NUTRICION DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN VENEZUELA

Pedro Raúl Solórzano*

Introducción

En los trópicos bajos, durante mucho tiempo se cultivaron variedades de arroz bastante rústicas, con limitado potencial de rendimiento. Sin embargo, en los últimos 30 años se ha mejorado la productividad de este cultivo con el desarrollo de nuevas variedades de mayores rendimientos, pero también de mayores exigencias en el manejo agronómico. Hoy existen variedades de alto rendimiento, buena resistencia a plagas y enfermedades, alta calidad de grano, que tienen también altos requerimientos nutricionales. En estas condiciones, es necesario determinar los requerimientos totales y la dinámica de los nutrientes para diseñar planes acertados de fertilización para lograr que estas nuevas variedades de arroz sean capaces de mostrar toda su capacidad productiva.

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento de las diferentes etapas fenológicas durante el ciclo de vida de las plantas. Estas etapas están definidas por la constitución genética de la planta y por las condiciones climáticas y edáficas predominantes en el entorno. Para el manejo de la fertilización es importante, además, conocer la acumulación de materia seca y de nutrientes esenciales durante cada una de las diversas etapas fenológicas del cultivo.

Este artículo presenta la información obtenida en las evaluaciones del crecimiento y nutrición del arroz en las áreas arroceras de Venezuela. Esta información es la base para la elaboración de programas de fertilización que permitan alcanzar rendimientos rentables de grano de calidad.

Materiales y métodos

Para determinar la acumulación de materia seca y nutrientes en la variedad de arroz Cimarrón, se evaluó el crecimiento del material en un campo comercial en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. El estudio se inició midiendo el crecimiento de las plantas desde los 30 días de edad, cuando ya había ocurrido el macollamiento y comenzaba la elongación de los tallos, punto que marca el inicio de una acumulación relativamente rápida de materia seca. A partir de los 30 días se realizaron 8 muestreos con intervalos variables hasta los 109 días, cuando ya se consideró que el grano había alcanzado la madurez fisiológica. Los momentos de muestreo y algunos eventos importantes en estas etapas se presentan en la **Tabla 1**.

* Departamento de Fertilizantes, AGROISLEÑA, C. A., Caracas, Venezuela. E-mail: prsolorzano@agroisleña.com

OCTUBRE 2003

No. 51

Contenido

	Pág.
Crecimiento y nutrición del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en Venezuela	1
Efectos de la inundación y secado del suelo en las reacciones del fósforo	5
Productividad de los sistemas orgánicos y convencionales de producción de cultivos	8
Tecnologías de sitio específico en el cultivo de la caña de azúcar	11
Reporte de investigación reciente	13
Cursos y Simposios	14
Página Web-INPOFOS	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

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.

Tabla 1. Epocas de muestreo en el estudio de acumulación de materia seca y nutrientes de la variedad de arroz Cimarrón.

Nº	Fecha	DDS*	Eventos
1	07/01/1998	30	
2	21/01/1998	44	
3	04/02/1998	58	
4	06/02/1998	60	Primer reabono con nitrógeno
4	19/02/1998	73	
5	27/02/1998	81	Emergencia de panículas (floración)
6	07/03/1998	89	
6	12/03/1998	94	Segundo reabono con nitrógeno
7	14/03/1998	96	
8	27/03/1998	109	Madurez fisiológica

* DDS = Días después de la siembra

Tabla 2. Acumulación de materia seca por plantas de arroz variedad Cimarrón, a lo largo del ciclo de cultivo.

Edad (días)	Hojas + tallos ----- kg de materia seca/ha -----	Panículas	Total	Porcentaje del Total
30	893		893	7.13
44	1246		1246	9.95
58	2416		2416	19.30
73	4016		4016	32.08
81	5680		5680	45.38
89	5736	398	6134	49.00
96	6412	514	6926	55.33
109	6578	5940	12518	100.0

Tabla 3. Tasas de crecimiento de plantas de arroz variedad Cimarrón, a lo largo del ciclo del cultivo.

Período (días)	Hojas + tallos ----- kg de materia seca/ha/día -----	Panículas	Total
30 - 44	25.21		25.21
44 - 58	83.57		83.57
58 - 73	106.67		106.67
73 - 81	208.00		208.00
81 - 89	56.75		56.75
89 - 96	96.57	16.57	113.14
96 - 109	12.77	417.38	430.15

En cada muestreo se retiró la parte aérea de las plantas, separando luego las hojas y tallos de las panículas. En cada una de estas muestras se determinó el peso total de materia seca y la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para estimar los patrones de acumulación de estos nutrientes en los diferentes órganos de la planta. Con estos datos se calcularon las tasas de crecimiento del cultivo y las tasas de acumulación de N, P y K según los parámetros establecidos (Radford, 1967).

Resultados y discusión

Los resultados de la evaluación de la acumulación de materia seca de la variedad de arroz Cimarrón se presentan en la **Tabla 2**. Se observa que se llegan a acumular hasta 12 toneladas de materia seca/ha, de las

cuales la mitad aproximadamente corresponden a las panículas y la otra mitad se reparte entre hojas y tallos. Con estos datos se calcularon las tasas de crecimiento diario que se presentan en la **Tabla 3**. Las tasas de crecimiento se incrementan progresivamente hasta el período 73-81 días, luego bajan bruscamente en el período 81-89 días coincidiendo con la emergencia de las panículas, la antesis y el comienzo de la fertilización de las flores. Al final del ciclo, el crecimiento está representado principalmente por el desarrollo de la panícula y el crecimiento del grano (400 kg de materia seca/ha/día), frente al escaso crecimiento del resto de la planta (12 kg de materia seca/ha/día en hojas y tallos).

En la **Figura 1** se representan las curvas de crecimiento de la variedad de arroz Cimarrón. Se observa que a partir de los 89 días casi toda la acumulación de materia seca se debe al desarrollo de la panícula. En la **Figura 2** se representan las tasas de crecimiento del cultivo, destacándose que en el último período de desarrollo se logran las mayores tasas debido al pronunciado crecimiento del grano.

En la **Tabla 4** y en la **Figura 3** se presentan los datos del patrón de acumulación de N, P y K en la variedad de arroz Cimarrón a lo largo del ciclo del cultivo. El elemento acumulado en mayor cantidad es el K con un total de 195 kg/ha (234 kg de K_2O /ha), luego sigue el N con 151 kg/ha, y finalmente el P con 30 kg/ha (70 kg de P_2O_5 /ha). La información también revela que existen dos períodos críticos de alto requerimiento de N y K, uno a los 58-73 días y otro a los 96-109 días.

Cuando se calculan las tasas de acumulación de estos nutrientes (**Tabla 5**) se aprecia que los valores mayores son del orden de 4.24 y 3.99 kg de N/ha/día para los períodos 58-73 días y 96-109 días, respectivamente, y del orden de 3.65 y 4.19 kg de K/ha/día para los mismos períodos. Esto indica que debe haber una alta disponibilidad de estos nutrientes en estas etapas para poder cubrir requerimientos de las plantas.

El potencial de pérdidas de N en los sistemas de producción de arroz bajo inundación es alto y la información discutida anteriormente permite manejar este nutriente de tal forma que se minimicen las pérdidas. La aplicación de fertilizantes nitrogenados debe realizarse inmediatamente antes de los períodos

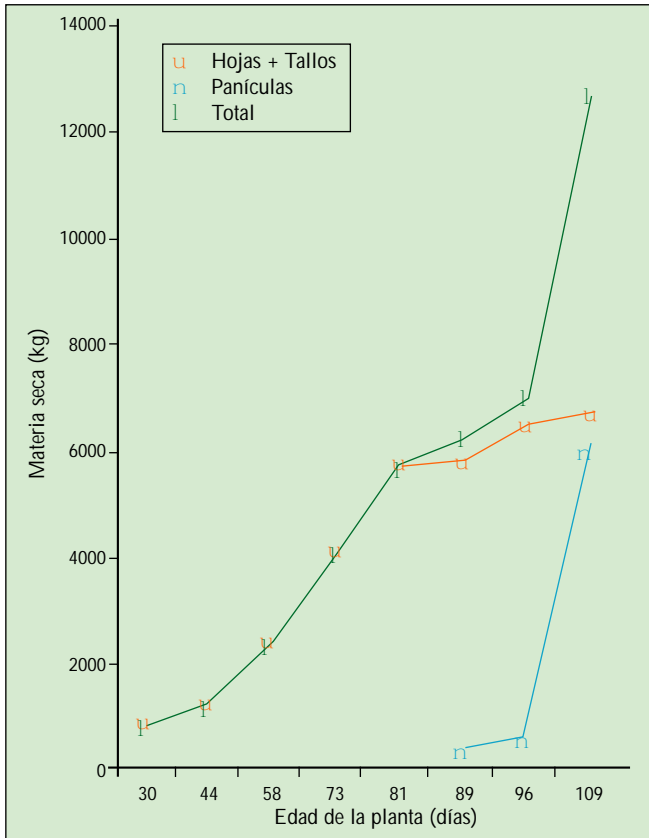


Figura 1. Crecimiento de la variedad de arroz Cimarrón.

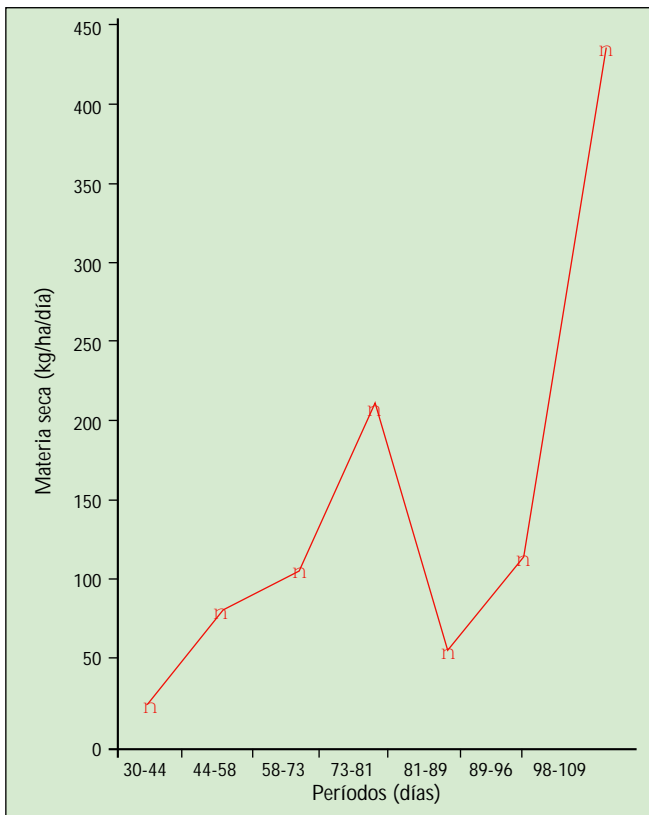


Figura 2. Tasas de crecimiento de la variedad de arroz Cimarrón.

de alta demanda determinados por este estudio. En el caso del K, teniendo en cuenta que en la producción de arroz deben utilizarse suelos de texturas finas, de baja

Tabla 4. Acumulación de N, P y K por plantas de arroz variedad Cimarrón, a lo largo del ciclo del cultivo.

Edad (días)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	-----	kg/ha	-----
30	17.86	2.23	21.70
44	24.42	2.62	27.29
58	34.06	6.04	53.63
73	97.59	10.04	108.43
81	99.40	14.20	123.26
89	99.40	16.02	141.00
96	99.40	17.85	141.00
109	151.34	30.57	195.48

Tabla 5. Tasa de acumulación de N, P y K por plantas de arroz variedad Cimarrón, a lo largo del ciclo del cultivo.

Edad (días)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	-----	kg/ha/día	-----
30 - 44	0.47	0.03	0.40
44 - 58	0.69	0.24	1.88
58 - 73	4.24	0.27	3.65
73 - 81	0.23	0.52	1.85
81 - 89	0.00	0.23	2.22
89 - 96	0.00	0.26	0.00
96 - 109	3.99	0.98	4.19

permeabilidad y de alta capacidad de intercambio catiónico, el fertilizante potásico se puede incorporar al suelo antes de la siembra. Esto permite que el K esté protegido de pérdidas por lavado y esté disponible en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos del cultivo a través del ciclo de crecimiento. Las tasas de acumulación de P en la parte aérea de las plantas son más o menos uniformes a lo largo del ciclo, y si se tiene en cuenta la poca movilidad de este nutriente en el suelo, se puede aplicar e incorporar todo el P al suelo al momento de la siembra y de esta forma se asegura también un suministro uniforme a lo largo del ciclo.

Los datos obtenidos con este estudio demuestran que durante los períodos de 81-89 días y 89-96 días, las tasas de acumulación de N son prácticamente nulas. Lo mismo sucede con el K en el período 89-96 días. Esto indica que no hay acumulación de estos nutrientes desde la emergencia de las panículas e inicio de la antesis y fertilización de las flores. En el cultivo de sorgo granífero ocurre lo mismo con la acumulación de N, la cual es prácticamente nula desde el estado de bota (embuchamiento) hasta el final de floración (Lane and Walker, 1961; Solórzano, 1974). Por esta razón, aplicaciones tardías de N y K no son eficientes en estos dos cultivos.

En la **Figura 4** se presenta la distribución relativa de N, P y K en los órganos de la planta de arroz para el momento

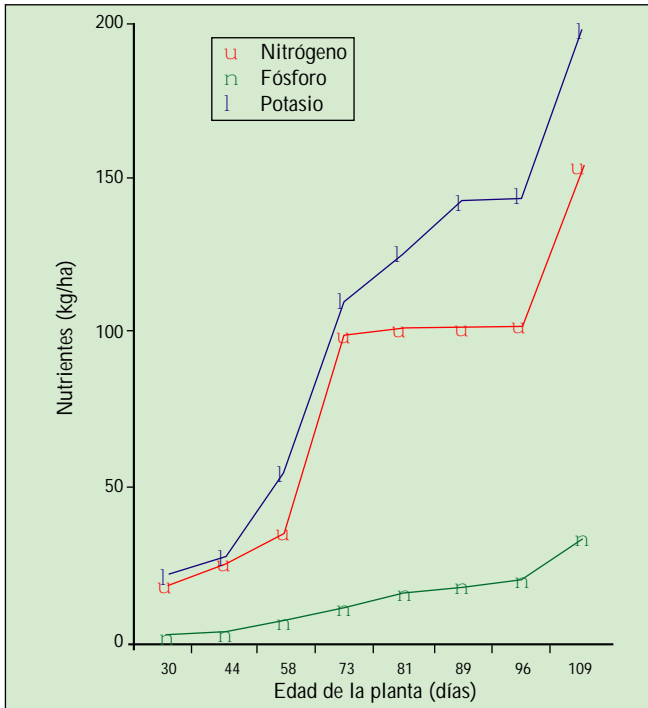


Figura 3. Acumulación de N, P y K por la variedad de arroz Cimarrón.

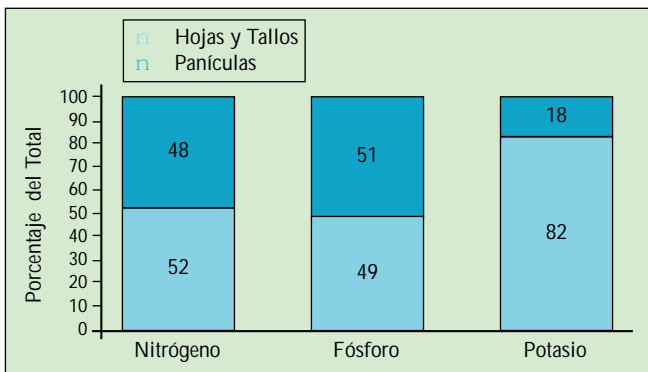


Figura 4. Distribución del N, P y K en los órganos de la planta de arroz.

de madurez fisiológica. Se aprecia que una alta proporción del N y P (alrededor de 50%) se acumula en el grano, mientras que solamente una pequeña cantidad de K pasa al grano (18,2% en este estudio). Cuando se incorporan los restos de la cosecha de arroz al suelo se está reciclando una alta proporción del K. Es importante tener en cuenta este hecho cuando se elaboran programas de fertilización para el arroz que deben considerar la cantidad de K reciclada que se debe restar del requerimiento interno de K que es de 195 kg de K/ha (230 kg de K_2O /ha). Sin embargo, cuando se retiran del campo los residuos de la cosecha, como cuando se elaboran pacas de heno para alimentación de ganado, no hay reciclaje significativo y en los programas de fertilización se deben incrementar las dosis de K. No debe olvidarse que el K hace que la utilización de N por la planta sea más eficiente y este es un factor importante en un cultivo donde la eficiencia de uso de N es baja.

Tabla 6. Rangos de suficiencia de la concentración de nutrientes en hojas nuevas totalmente expandidas al momento de la diferenciación de la panícula en arroz.

N	2.8 - 4.2	%
P	0.18 - 0.30	%
K	1.20 - 2.53	%
Ca	0.2 - 0.4	%
Mg	0.16 - 0.4	%
Mn	250 - 790	ppm
Fe	75 - 192	ppm
Zn	33 - 160	ppm

Ward, Whitney y Westfall, 1973

Evaluación del estado nutritivo de la planta de arroz

Una herramienta de diagnóstico para determinar el estado nutricional de la planta de arroz es el análisis foliar. En la **Tabla 6** se presentan los rangos de suficiencia de la concentración foliar de nutrientes en arroz, determinados en hojas nuevas totalmente expandidas al momento de la diferenciación de la panícula. Esta etapa fenológica ocurre aproximadamente a los 60 días después de la siembra, aunque difiere con la variedad.

Conclusiones

Las curvas de crecimiento de la planta de arroz y la de sus patrones de acumulación de nutrientes indican que existen dos períodos críticos claramente demarcados durante los cuales debe haber un adecuado suplemento de nutrientes, especialmente N y K. En el caso del N, esto se logra con la aplicación fraccionada del fertilizante nitrogenado inmediatamente antes de cada uno de estos períodos críticos. El P se acumula en forma continua a lo largo del ciclo de vida de la planta, y por su estabilidad en el suelo, se debe aplicar e incorporar al suelo antes de la siembra en la zona de mayor desarrollo radical. Al inundar un suelo la concentración de P aprovechable tiende a aumentar, y con dosis exageradas de P se pueden inducir deficiencias de zinc (Zn). Para el caso del K, también se puede aplicar e incorporar todo el nutriente al momento de la siembra ya que es retenido por los coloides y protegido de pérdidas por lavado.

Los requerimientos internos de N, P y K de la variedad de arroz Cimarrón fueron los siguientes: 151 kg de N/ha, 31 kg de P/ha que equivalen a 70 kg de P_2O_5 /ha y 195 kg de K/ha que equivalen a 230 kg de K_2O /ha. Esta información y la información de la dinámica de nutrientes en la planta ayuda a diseñar programas de fertilización eficientes que hacen rentable el uso de fertilizantes.

Bibliografía

- Ferraz, E.C. 1987. Ecofisiologia do arroz. En: Ecofisiologia da producao agricola. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potasa e do Fosfato. Piracicaba-SP. P.R.C. Castro, S.O. Ferreira y T. Yamada, Editores.
- Lane, H.C. and H.J. Walker. 1961. Mineral accumulation and distribution in grain sorghum. Texas Agr. Exp. Sta. MP-533.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. Crop Sci. 7:171-175.
- Solórzano, P.R. 1974. Growth analysis of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) under differing populations and nutritional regimes. MSc Thesis, North Carolina State University at Raleigh, U.S.A.
- Solórzano, P.R. 1999. Crecimiento de la planta de arroz y acumulación de N-P-K a lo largo de su ciclo de vida, en Calabozo-Guárico-Venezuela. Presentado en el XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, 30 de noviembre al 4 de diciembre de 1999. Barquisimeto-Lara, Venezuela.
- Ward, R.C., D.A. Whitney and D.G. Westfall. 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Small Grains. In: Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A. ✍