

INTERACCIONES NITROGENO-POTASIO EN MAIZ*

Las funciones desempeñadas individualmente por el potasio (K) y por el nitrógeno (N) en la vida de la planta son muy conocidas. Por otro lado, la interacción de estos dos nutrientes también afecta significativamente los procesos de absorción, transporte, redistribución y metabolismo, con reflejos altamente positivos en el desarrollo de las plantas. Por esta razón, los procesos de interacción merecen una especial atención por parte de la investigación.

De acuerdo con Arnon (1975), las interacciones de N y K son frecuentes en experimentos de campo. Estos estudios han demostrado que el balance N:K es parti-

cularmente importante para el cultivo de maíz. El N y el K son absorbidos por las plantas de maíz en cantidades semejantes, aunque la exportación en los granos es menor para el K (Tablas 1 y 2).

Es importante el conocer la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes fases del desarrollo de la planta, debido a que esto permite determinar la época en la cual los nutrientes tienen mayor demanda y permite corregir las deficiencias que eventualmente pueden ocurrir durante el desarrollo del cultivo.

La Figura 1, elaborada a partir de datos obtenidos por Andrade et al. (1975a), muestra una curva de absorción de macronutrientes primarios (N, P y K) en función del tiempo, frente a la producción de materia seca. La reserva contenida en las semillas es suficiente para las necesidades iniciales de la planta. En las tres

* Büll, L. T. 1994. **Interacoes de nitrogenio e potássio no milho. Informações Agronômicas, POTAFOS 68:3-5.**

Tabla 1. Contenido de nutrientes en la parte aérea del maíz de bajo, medio y alto rendimiento de grano.

Nutriente	-- Rendim. (t/ha de grano) --		
	2.1 ¹	5.9 ²	9.1 ³
	----- (kg/ha) -----		
Nitrógeno (N)	53	163	190
Fósforo (P)	8	28	39
Potasio (K)	48	96	196
Calcio (Ca)	9	20	40
Magnesio (Mg)	10	38	44
Azufre (S)	5	16	21
Cloro (Cl)	19	-	81
	----- (g/ha) -----		
Hierro (Fe)	487	1226	2110
Manganeso (Mn)	78	465	340
Cobre (Cu)	25	122	110
Zinc (Zn)	92	329	400
Boro (B)	39	-	170
Molibdeno (Mo)	2	-	9

1. P y K, datos de Drysdale (1965), citado por Arnon (1975), los demás nutrientes calculados por extrapolación.
2. Cálculos hechos a partir de datos originales por Andrade et al. (1975 a,b).
3. Phillips and Lessman (1972), citados por Gamboa (1980).

primeras semanas casi no existe absorción de minerales del suelo, puesto que los elementos contenidos en la semilla son translocados hacia las raíces y la parte aérea.

Las exigencias de N varían considerablemente con los diferentes estados de desarrollo de la planta, siendo mínimas en los estados iniciales y aumentando con el incremento de la tasa de crecimiento y alcanzando un pico durante el período comprendido entre el inicio de la floración y el inicio de la formación de granos (Arnon, 1975). Los datos obtenidos por Andrade et al. (1975a), presentados en la Figura 1, muestran un pico de acumulación de N a alrededor de los 80 días, con una cantidad media acumulada de 180 kg/ha de N. El contenido porcentual de N en los tejidos de plantas jóvenes de maíz es mayor que en otras fases del ciclo de crecimiento, a pesar de la baja necesidad de este nutriente. Esto se debe al tamaño pequeño de la planta que concentra el N en los tejidos. Por otro lado, una deficiencia de N cuando la planta alcanza una altura

Tabla 2. Exportación de nutrientes en el cultivo de maíz de medio y alto rendimiento.

Nutriente	Rendim. (kg/ha de grano)		Expor. en el grano
	5.9 ¹	9.1 ²	
	----- (kg/t) -----		%
Nitrógeno (N)	22.6	14.2	68
Fósforo (P)	4.7	3.4	80
Potasio (K)	6.5	4.3	
Calcio (Ca)	0.1	0.1	4
Magnesio (Mg)	1.8	1.2	26
Azufre (S)	2.1	1.3	58
Cloro (Cl)	-	0.5	6
	----- (g/t) -----		
Hierro (Fe)	29.2	12.1	5
Manganeso (Mn)	16.1	6.6	17
Cobre (Cu)	3.9	2.2	20
Zinc (Zn)	36.2	22.0	50
Boro (B)	-	4.4	25
Molibdeno (Mo)	-	0.7	63

1. Cálculos hechos a partir de datos originales por Andrade et al. (1975 a,b).
2. Phillips and Lessman (1972), citados por Gamboa (1980).

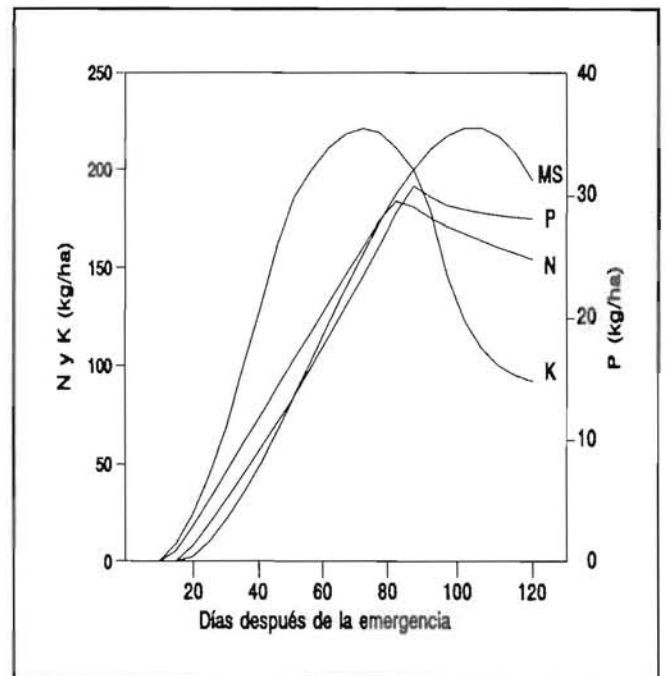


Figura 1. Acumulación media de N, P y K por la parte aérea de 5 variedades de maíz (adaptado de Andrade et al., 1975a).

de alrededor de 20 cm produce una reducción en el número de granos en los primordios de la espiga, y en consecuencia se reduce la producción final de granos (Schreiber et al., 1988). La reducción en la cantidad de N acumulada en los estados finales del cultivo puede ser causada, según Karlen et al. (1988), por pérdidas de nutrientes por volatilización. De acuerdo con Farquhar et al. (1979), ocurren pérdidas gaseosas de NH_3 a través de las hojas por el aumento de la proteólisis durante la senescencia.

La absorción de P, semejante a la del N ocurre prácticamente paralela a la acumulación de materia seca durante la mayor parte del desarrollo vegetativo de la planta, con el punto de exigencia máximo alrededor de los 60 días después de la germinación. El pico en la acumulación de P, en el trabajo citado en la Figura 1, se presentó de 80 a 100 días, con una cantidad de 30 kg/ha de P. No obstante, tanto la cantidad acumulada como la composición porcentual en los tejidos son bastante menores para el P en relación con el N.

En la Figura 1 se puede observar además la elevada tasa de acumulación de K en los primeros 30-40 días de desarrollo, con un ritmo de absorción inclusive superior al de N, sugiriendo que existe una mayor necesidad de K en relación al N y al P, catalogando al K como un nutriente de "arranque" (Arnon, 1975; Gamboa, 1980). También se pudo verificar que prácticamente todo el K se acumula en los primeros 75 días después de la germinación y el punto de máxima acumulación se presenta alrededor de 60 días, con una cantidad de 218 kg/ha de K. En trabajos desarrollados por Andrade et al. (1975a) y Vasconcellos et al. (1983), se observó que al final del ciclo de desarrollo las plantas se presentan solamente la mitad de la cantidad máxima de K extraído, indicando pérdida del nutriente, debido probablemente, al lavado del ión y a la degeneración de las células y tejidos (Loué, 1963).

La interacción de N y K obedece a la Ley del Mínimo, pues cuando el N es aplicado en cantidades suficientes para elevar la producción, ésta pasa a ser limitada por los bajos contenidos de K aplicados al suelo. Un ejemplo de esta interacción se puede observar en la Figura 2.

El N es el nutriente que proporciona, en general, los mayores incrementos de la producción de grano en el cultivo de maíz. Por otro lado, elevadas aplicaciones de este nutriente, sin un incremento correspondiente de K, pueden resultar en relaciones inadecuadas de N:K dentro de la planta, y como consecuencia se retarda la producción de biomasa (Figura 3). De acuerdo con la

Figura 4, que ilustra resultados promedios de 9 cultivos de maíz en Francia, es evidente dependencia de las respuestas de fertilización potásica a niveles adecuados de N.

La interacción de N y K ha sido bastante estudiada, principalmente en los Estados Unidos, no solo en los que respecta a la producción de granos, sino también a otros parámetros como calidad del producto cosechado, eficiencia en la utilización de nutrientes, resistencia a enfermedades, resistencia al acame, etc.

En base a la revisión de varios trabajos científicos, Loué (1978) resalta que el balance N:K es importante desde los estados iniciales de desarrollo del cultivo. Este balance tiene mucha influencia sobre el acame, ya que altos contenidos de N con bajos contenidos de K favorecen el volcamiento de las plantas de maíz. Además, según este autor, el balance N:K afecta aspectos cualitativos del cultivo de maíz, como el contenido de proteína, la calidad de ensilaje y el peso de 1000 granos.

Datos obtenidos por Schulte (1975), citado por Usherwood (1982), en Wisconsin (EUA), muestran el efecto de la interacción N:K en la producción y en el acame de maíz (Tabla 3). Se observa que sin fertilización potásica no hubo respuesta a la fertilización nitrogenada y viceversa. Las plantas se muestran mucho más susceptibles al acame, cuando el N fue aplicado sin K. El efecto benéfico de la fertilización se hizo evidente apenas cuando se aplicaron el N y el K conjuntamente.

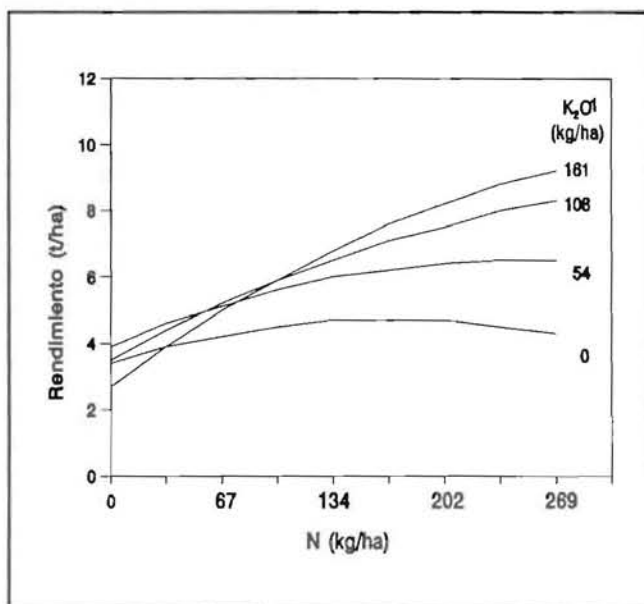


Figura 2. Efectos del K en las respuestas a la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz (Dibba and Thompson, 1985).

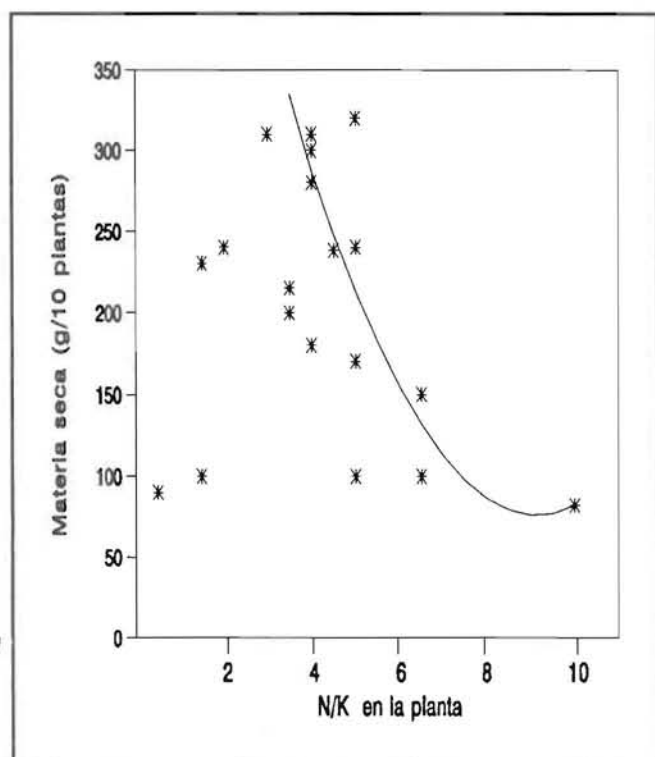


Figura 3. Relación entre la producción de materia seca en plantas de maíz y el balance N:K en el tejido (Faizy, 1979).

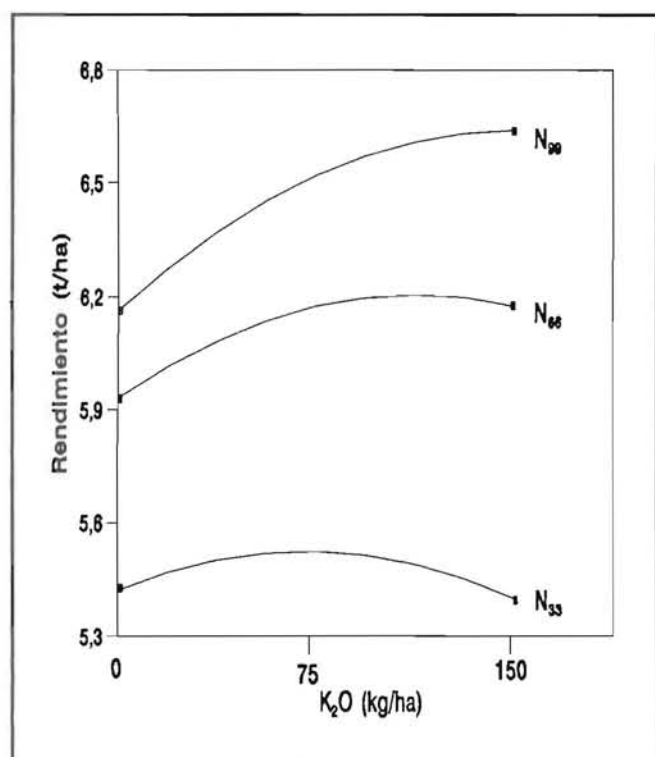


Figura 4. Producción de granos de maíz en función de la fertilización de 3 niveles de N (Loué, 1978).

Tabla 3. Efecto del N y del K en la producción y en el acame de maíz.

K ₂ O (kg/ha)	N (kg/ha)		
	0	90	180
	----- Producción (kg/ha) -----		
0	3010	2070	2385
75	4580	7280	7470
150	3705	7660	8100
	----- Porcentaje de acame (%) -----		
0	9	57	59
75	4	3	8
150	4	4	4

Fuente: Schulte (1975), citado por Usherwood (1982).

En la producción maíz para ensilado, el balance entre los nutrientes es también de gran importancia para mantener alta productividad por varios años (Tabla 4), para obtener ensilaje de buena calidad y aún para prevenir pérdidas por fermentación (Tabla 5), como se observa en los resultados de las investigaciones realizadas en Quebec (Canadá) y en Minnesota (EUA).

Tabla 4. Efectos del N y K en la producción de ensilaje de maíz, promedio de 4 años.

N	+K	-K
	----- t/ha -----	
0	23.5	21.7
90	27.8	24.2
180	33.6	15.1

Fuente: Mackenzie et al. (1988).

En la Tabla 6 se encuentra la recomendación de fertilización de maíz para el Estado de Sao Paulo, de acuerdo con la productividad esperada (2 a 12 t/ha). Se considera que el suelo fue corregido para lograr una saturación de bases de 70 % y se hizo además la debida aplicación de micronutrientes, cuando fue necesario (Raj and Cantarella, 1994).

Tabla 5. Efecto de la fertilización balanceada en la calidad de ensilaje de maíz y en las pérdidas por fermentación.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Proteína total		Caroteno	Pérdidas por fermentación
kg/ha			%	kg/ha	materia seca (ppm)	materia seca (%)
0	200	200	5.9	337	18.9	7.3
200	200	0	11.1	933	46.2	6.8
200	200	200	10.9	1100	126.3	2.1

Fuente: Mackenzie et al. (1988).

Tabla 6. Cantidades totales de N, P y K para la fertilización de maíz.

Rendim. esperado	Clase de respuesta al N			P-resina, mg/dm ³⁽²⁾				K, meq/100 cm ³⁽²⁾			
				MB	B	M	A	MB	B	M	A
	1	2	3	< 7	7-15	16-40	> 40	< 0.07	0.08-0.15	0.16-0.30	> 0.30
(t/ha)	N (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)				K ₂ O (kg/ha)			
2-4	50	30	20	60	40	30	20	50	40	30	0
4-6	80	60	40	80	60	40	30	70	50	40	20
6-8	120	90	60	90	80	50	30	90	60	50	30
8-10	150	120	80	100	90	60	40	110	80	60	40
10-12	170	140	100	120	100	70	50	120	90	70	50

(1) 1 = alta respuesta esperada; 2 = media respuesta esperada; 3 = baja respuesta esperada

(2) MB = muy bajo; B = bajo; M = medio; A = alto.

Bibliografía

- Andre, A. G., H.P. Haag, e G.D. Oliveira. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 32:115-49, 1975a.
- Andre, A. G., H.P. Haag, e G.D. Oliveira. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 32:150-72, 1975b.
- Arnon, Y. Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.
- Bitzer, M. Better Crops, Atlanta, 67:19, 1982/1983.
- Dibb, D.W., and W. R. Thompson, JR. In: International Symposium on Potassium in Agriculture, Atlanta, 1985. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science Society of America, 1985. p. 515-33
- Faizy, S.E. In: Colloquium of the International Potash Institute, 14., Sevilla, 1979. Proceedings Bern, International Potash Institute, 1979. p. 409-16.
- Farquhar, G.D., R. Witselaar, and P.M. Firth. Science, Washington, 203:1257-8, 1979.
- Gamboa, A. La fertilización del maíz. Berna, Instituto International de la potasa, 1980. 72p. (Boletín IIP, 5)
- Karlen, D.L., R.L. Flannery, and E.J. Sadler. Agronomy Journal, Madison, 80(2):232-42, 1988.
- Keeney, D.R., B.R. Baumgardt., P.J. Stangel., W.C. Liebhardt., G.B. Beestman, and A.R. Peterson. Research Report, Madison, 29:1-11, 1967.
- Loué, A. Fertilité, Paris, 20:22-32, 1963.
- Loué A. In: Congress International of The Potash Institute, 11., Bern, 1978. Proceedings. Bern, International Potash Institute, 1978. p. 407-33.
- Machenzie, A.F., L.E. Philip, and P.C. Kirkby. Agronomy Journal, Madison, 80:773-7, 1988.
- Usherwood, N.R. In: Yamada, T., Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira, Londrina, 1982. Anais. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1982. P. 227-47.
- Vasconcellos, C.A., J.M. Fortes., J. Fernandes., Z.T. Santos., L.C. Basso, e E. Malavolta. Revista Ceres, Vicosa, 24 (131):88-93, 1983. ■