

INFORMACIONES

AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 11

• ABRIL 1993

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| El uso de fertilizantes y los rendimientos altos son compatibles con la calidad del medio ambiente | 1 |
| Materia orgánica en el suelo | 7 |
| La deficiencia de potasio, tallos verdes y retención foliar en soya | 9 |
| Novedades tecnológicas | 11 |
| Reporte de investigación reciente | 12 |
| Cursos y Simposios | 13 |
| Publicaciones de INPOFOS | 14 |

Editor: Dr. José Espinosa

EL USO DE FERTILIZANTES Y LOS RENDIMIENTOS ALTOS SON COMPATIBLES CON LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE*

Los fertilizantes y otros insumos de agricultura moderna en ocasiones han sido considerados como perjudiciales a la calidad del medio ambiente. Sin embargo, es claro ahora que las prácticas de manejo que favorecen los rendimientos altos también mantienen la calidad del ambiente.

Hacia dónde va la producción de alimentos en los próximos 20 años?

A medida que se acerca el final del siglo 20, la oferta ha sido abundante en los países que exportan alimentos. Muchos países que tenían serios déficits de alimentos hace 20 años ahora son autosuficientes. Sin embargo, el panorama no es totalmente optimista debido a que muchos países todavía tienen deficiencias de provisión de alimentos y carecen de las divisas necesarias para importarlos.

Por esta razón los segmentos más pobres de las poblaciones en estos países sufren de desnutrición y hambruna. Se proyecta que para el año 2000 se necesitarán 130 millones de toneladas métricas (Tm) adicionales de trigo y 100 millones de Tm adicionales de maíz. Teniendo en cuenta que el reto es el de enfrentar el hambre y la pobreza simultáneamente, es necesario producir más alimentos y producirlos más eficientemente. La clave en este proceso es el desarrollar nueva tecnología que permita producir rendimientos más altos por hectárea.

* Artículo escrito por el Dr. M.A. McMahon. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México-México

En el período que va desde el año 1975 al 2000, etapa en la que se estima que la población global se incrementará en 40%, la cantidad de tierra arable se estima se incrementará solamente el 4%. Por esta razón, nos estamos enfrentando con la tarea de continuar incrementando los rendimientos por hectárea, cosa que ya se ha observado en los últimos 25 años.

Sabemos que los fertilizantes jugarán un rol importante en este proceso como ha ocurrido en el pasado. Al enfrentar este reto, habrá una creciente preocupación de que el incremento de la producción agrícola se está logrando a costa de la degradación del medio ambiente.

Qué ha sucedido en los últimos 25 años?

Los grandes avances en el último cuarto de siglo pasaron a conocerse como "La Revolución Verde". Los primeros componentes de esta tecnología fueron:

1. Variedades de arroz y de trigo de alto rendimiento, de gran adaptación y gran resistencia a enfermedades.
2. Un método de producción interdisciplinario que envuelve a la genética, a la agronomía y a la fitopatología.

Los progresos en fitomejoramiento, la respuesta del nitrógeno (N) a variedades viejas y nuevas se presentan en la Figura 1.

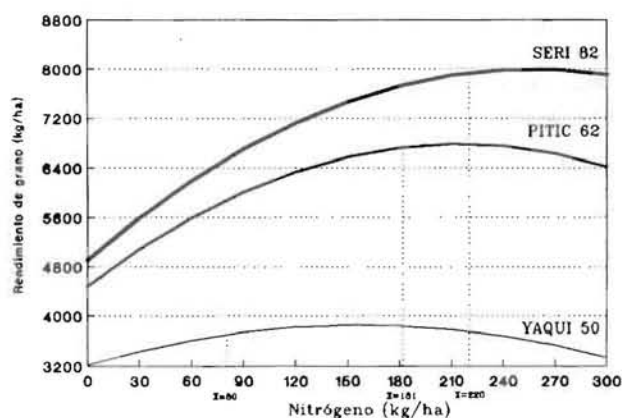


Figura 1. Respuesta de tres variedades de trigo a niveles de nitrógeno. Clano, México, CIMMYT, 1987.

Estos datos de trigo bajo riego en México, demuestran como el máximo económico de N es diferente entre variedades. La variedad Yaqui 50 rindió 3680 kg/ha con 80 kg de N/ha o 46 kg de grano/kg de nitrógeno aplicado. Al mismo nivel de aplicación (80 kg/ha) la variedad Seri 82 rindió 6570 kg/ha o 82 kg de grano/kg de N aplicado. Estas variedades semi enanas no son solamente más productivas sino que son también más eficientes en el uso de nutrientes como el N.

Otro aspecto de estas variedades de trigo semi enanas fue que respondieron a niveles más altos de fertilización con N. Por ejemplo, como se observa en la Figura 1, las dosis económicas de N para Yaqui 50, Pitic 62 y Seri 82 fueron 80, 181 y 220 kg/ha respectivamente, produciendo rendimientos de 3680, 6780 y 7940 kg/ha respectivamente.

Si no fuera por estos incrementos en el potencial del rendimiento sería difícil de imaginar cual hubiese sido la situación alimenticia mundial hoy en día.

Los altos rendimientos de las variedades semi enanas en India financiaron la infraestructura para incorporar áreas a la producción de trigo bajo riego. Argentina no siguió la estrategia típica de la Revolución Verde. Los rendimientos de trigo no se elevaron rápidamente en ese país debido a la estrategia de mantener el precio del trigo bajo y el precio del fertilizante alto desalentando así el uso de los fertilizantes. De trabajos realizados en los albores de los 80 han demostrado que el fertilizante puede incrementar significativamente el rendimiento de trigo en Argentina.

Necesidades de alimento, fertilizantes y el ambiente

Uno de los principales obstáculos para la producción es la falta de nutrientes esenciales para el crecimiento y producción del cultivo.

La FAO estima que en Africa se remueven alrededor de 10 veces más nutrientes de lo que se adiciona al suelo a través de fertilizantes orgánicos y fertilizantes minerales.

La mayoría de suelos en países en desarrollo son bajos en fósforo (P) y N. En sistemas de cultivos intensivos, que cada vez se incrementan más, el satisfacer solamente las demandas de P y N gradualmente disminuyen las reservas de potasio (K), azufre (S) y en algunos casos otros nutrientes como el zinc (Zn). Todos estos nutrientes son necesarios para mantener altos niveles de producción.

A medida que se incrementa el uso de los fertilizantes, también aumenta la preocupación de sus efectos en el ambiente. Por lo tanto, la principal pregunta para todos nosotros involucrados en agricultura, es como obtener incremento en la producción de alimentos, acción en la cual sabemos que los fertilizantes juegan un papel cada vez

más importante, y como al mismo tiempo mantener y aún mejorar la calidad del ambiente.

Esta discusión se centrará en los dos elementos mayores, N y P. Es importante indicar que el potencial de contaminación ambiental de los fertilizantes en los países en desarrollo no tiene la magnitud que tiene en los países desarrollados, debido al bajo consumo de fertilizantes y a la gran brecha en rendimientos que todavía tienen muchos cultivos debido precisamente al bajo consumo de fertilizantes. Por esta razón, en el contexto de los países en desarrollo la preocupación es menor. El principal objetivo es incrementar el uso de fertilizantes y la meta de incrementar la producción de alimentos es y seguirá siendo la primera prioridad.

Nitrógeno

La preocupación de que el N pase a ser un problema de contaminación, es un fenómeno de los últimos 20 años. El problema se centra principalmente en el contenido de nitrato (NO_3^-) en el agua utilizada para beber. Por lo tanto, la principal preocupación es el movimiento del N a los sitios de suplemento de agua.

El objetivo primordial de la aplicación de fertilizantes es la absorción de nutrientes por la planta. El N al ser absorbido y utilizado por el cultivo para formar rendimiento no causa contaminación ambiental. Por lo tanto, la mejor estrategia, desde el punto de vista agronómico y ambiental, es aplicar suficiente N para producir rendimiento óptimo. Sin embargo, la eficiencia de absorción del fertilizante nitrogenado es rara vez superior al 50% cuando se aplica a cultivos anuales. Esto no significa que el resto del fertilizante pasa al agua de drenaje porque el ciclo de nitrógeno en el suelo es muy complejo y varios de sus componentes no han sido cuantificados para muchos sistemas de cultivo hasta el momento. Esta es una de las principales razones por las cuales existen una diversidad de datos. Esta variabilidad puede ser fuente de gran confusión para personas que no están familiarizadas con los sistemas de producción agrícola.

En nuestra opinión, el N puede ser usado para producir altos rendimientos de los cultivos sin dañar el ambiente. La clave para esto, como se indicó anteriormente, es el eficiente uso de N. Este principio se presenta adecuadamente en la Figura 2.

Estos datos se basan en cinco años de experimentos en el campo utilizando fertilizantes marcados con isótopos que se aplicaron al maíz. Los altos niveles de N (220 kg/ha), relacionados con niveles altos de producción (9000 kg/ha), indican muy bajo potencial de contaminación. La fertilización en cantidades mayores a las necesarias para maximizar el rendimiento incrementan apreciablemente la cantidad de N que puede lixiviarse en el suelo.

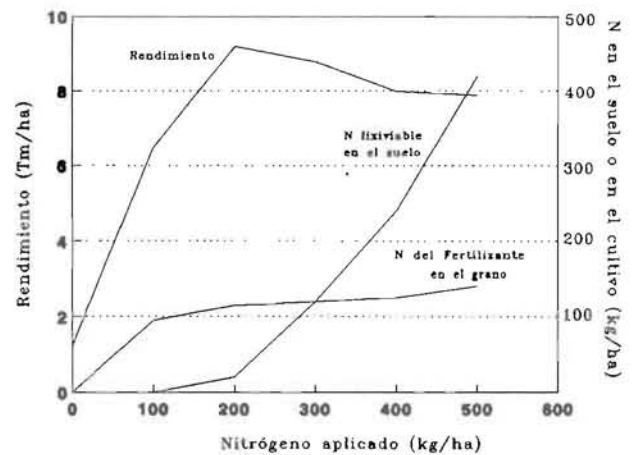


Figura 2. Relación entre el rendimiento de maíz, cantidad de N aplicado, N recuperado en el grano y N remanente en el suelo.

Muchos de los datos que han sido utilizados en contra de los fertilizantes nitrogenados en la agricultura fueron obtenidos donde existió uso excesivo e ineficiente del elemento. Investigaciones en Minnesota han demostrado que la pérdida de NO_3^- -N a través de los tubos de drenaje, después de 3 años de cultivo continuo de maíz, fueron de 19, 25, 59 y 120 kg de N/ha por año para niveles de aplicación de 20, 112, 224 y 448 kg N/ha, respectivamente. Sin embargo, en este caso la dosis recomendada de N para maíz era de 112 kg de N/ha y esta dosis incrementó la pérdida de N a través de los tubos de drenaje solamente en una pequeña cantidad (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de la dosis de N en las pérdidas de NO_3^- -N a través de los tubos de drenaje en el cultivo del maíz, 1973-1975.

| Tratamiento kg N/ha | Media de la pérdida de NO_3^- kg N/ha | | |
|------------------------|---|------|------|
| | 1973 | 1974 | 1975 |
| 20 | 5 | 17 | 19 |
| 112 | 6 | 22 | 25 |
| 224 | 4 | 30 | 59 |
| 448 | 6 | 54 | 120 |

El método para que los rendimientos altos, el uso de fertilizantes y el mantener la calidad del ambiente sean compatibles, consiste en utilizar prácticas de manejo de cultivo que favorezcan los rendimientos altos. Considere el cultivo del trigo en el cual existen muchas prácticas de manejo probadas que incrementan el uso eficiente de N y al hacer esto se reduce el potencial de contaminación de este elemento.

Interacción del N con otros nutrientes

Los datos de la interacción de N y P de un grupo de experimentos (n = 18) en trigo en Argentina se presentan en las Tablas 2 y 3. En este ejemplo existe poca respuesta a P cuando se aplica solo y buena respuesta al N. Sin embargo, cuando se combinaron los dos la eficiencia se incrementó marcadamente, como con el tratamiento 30-20, dando una eficiencia de 20 kg de grano/kg de nutriente aplicado (Tabla 3). Aún a niveles altos de uso de fertilizantes para las condiciones de Argentina, como el tratamiento 90-60, la eficiencia es todavía alta al lograr 12 kg de grano/kg de nutriente y con niveles de rendimiento de 4760 kg/ha. La importancia de entender la interacción de estos nutrientes se demuestra al comparar la eficiencia de los tratamientos 120-0 y 90-20, que son bastante similares a la cantidad total de nutrientes aplicados (120 vs 110 kg). La diferencia en eficiencia es de 4.45 kg de grano/kg de nutriente (Tabla 3).

Tabla 2. Media de rendimientos de trigo a diferentes niveles de N y P₂O₅ en la Pampa Húmeda, 1982.

| N kg/ha | P ₂ O ₅ kg/ha | | | | |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 0 | 2.960 | | 3.080 | | 3.070 |
| 30 | | 3.960 | | 4.270 | |
| 60 | 3.850 | | 4.410 | | 4.528 |
| 90 | | 4.530 | | 4.760 | |
| 120 | 4.140 | | 4.710 | | 4.790 |

Tabla 3. Media de la eficiencia de varias combinaciones de N y P₂O₅.

| N kg/ha | P ₂ O ₅ kg/ha | | | | |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 0 | | | 3.08 | | 1.30 |
| 30 | | 20.08 | | 14.58 | |
| 60 | 14.78 | | 14.54 | | 11.20 |
| 90 | | 14.29 | | 12.00 | |
| 120 | 9.84 | | 10.94 | | 0.13 |

Aplicaciones fraccionadas

Mientras más tiempo se encuentre el N aplicado en el suelo sin que sea utilizado por la planta es más susceptible a la lixiviación. El suplemento de N debe ser igual a las necesidades del cultivo. Esta es la razón por la cual las aplicaciones fraccionadas son más eficientes que las aplicaciones de todo el N a la siembra.

Interacción con la humedad del suelo

La relación entre los rendimientos, la cantidad de N aplicado y las condiciones de humedad en el suelo se establecieron hace mucho tiempo. Un ejemplo de esta relación se presenta en la Figura 3. En el tratamiento B (tratamiento con riego) cuando el porcentaje de humedad disponible fue de 49, la aplicación de 120 kg de N/ha incrementó los rendimientos a 3750 kg/ha. En el tratamiento D (tratamiento sin riego), la aplicación de 120 kg N/ha incrementó los rendimientos solamente a 1750 kg/ha. El incremento de rendimientos por kg de N aplicado en condiciones óptimas de humedad fue más que el doble (31.25 kg) que el incremento obtenido en el suelo más seco que fue de 14.6 kg.

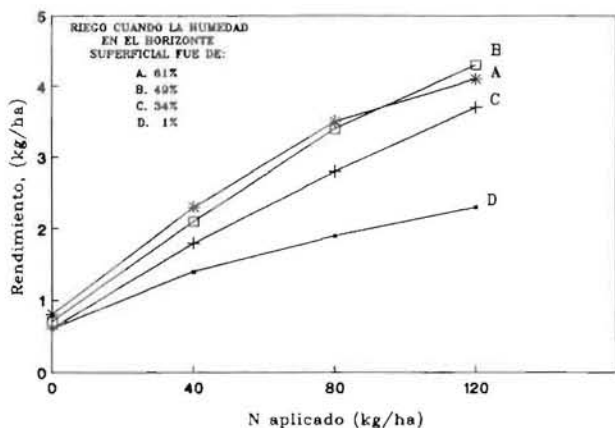


Figura 3. Relación entre el rendimiento y la cantidad de N aplicado bajo diferentes condiciones de humedad del suelo.

Interacción del fertilizante con el control de malezas

La interacción de la respuesta del fertilizante con el control de malezas es aparente en un ejemplo de un estudio conducido con trigo en Chile. El rendimiento obtenido sin fertilizante y sin control de malezas fue de 1690 kg/ha. Cuando se aplicó 128 kg de N/ha pero sin control de malezas el rendimiento se incrementó a 2500 kg/ha. Sin embargo, cuando se aplicó a un adecuado control de malezas y al mismo nivel de fertilización, el rendimiento se incrementó a 4580 kg/ha. El incremento, el rendimiento por kg de N aplicado fue de 6.3 kg en el tratamiento sin control de malezas comparado con 22.6 kg con el tratamiento en el cual se controlaron malezas.

Interacción de fertilizante con las enfermedades

Investigaciones conducidas en Uruguay encontraron interacción entre la variedad, y el control de enfermedades con el uso de fertilizantes. Una variedad de bajo potencial como El Dorado, aun con fungicida, responde solamente a una baja dosis de N. La dosis óptima económica con fungicida fue de 67 kg de N/ha para obtener un rendimiento de 1900 kg/ha. Por otro lado, se encontró una buena interacción entre fungicida y el N en la variedad Cardenal que tiene un potencial de rendimiento más alto. El máximo rendimiento de esta variedad, sin fungicida, fue de 3400 kg/ha mientras que con fungicida el rendimiento fue de 4900 kg/ha (44% más o 250% más que la variedad el Dorado con fungicida). Este incremento en rendimiento significa que se ha incrementado la absorción y por lo tanto la eficiencia de N.

Fósforo

La mayoría del P perdido de suelos agrícolas se debe a la escorrentía superficial. El P retenido fuertemente por el suelo, su movimiento a través del perfil (excepto en muy pocos casos) es insignificante y no existe peligro de contaminación de la tabla de aguas por lo tanto no es una amenaza al ambiente. Los clásicos experimentos conducidos en Rthamstead demuestran que el P se ha movido solamente a una profundidad de 45 cm después de aplicaciones anuales de 35 toneladas métricas/ha de estiércol de corral desde 1845.

Control de erosión

Debido a que la mayor amenaza de contaminación con P es producto de la remoción del suelo con la escorrentía superficial, cualquier medida que se tome para evitar erosión reducirá el riesgo de contaminación con P proveniente de suelos agrícolas. Durante los últimos 20 años se han hecho significativos progresos en el desarrollo de tecnología para sembrar cultivos en sistemas de labranza reducida o cero labranza. Existen varias razones de tipo económico y técnico que explican la propagación de esta tecnología, y ahora se puede decir con seguridad que existe en el mundo una tendencia a utilizar sistemas que reduzcan la labranza del suelo.

A medida que se desarrollan y adoptan los sistemas de labranza reducida o labranza cero, es consenso general que una de las principales ventajas de estos sistemas es el control de la erosión. La efectividad de estos sistemas está directamente relacionada con la cantidad de residuo que se mantiene en la superficie del suelo. El efecto del incremento de residuo sobre las pérdidas por erosión se presentan en la Tabla 4. Aún una pequeña cantidad de residuo sobre la superficie puede reducir apreciablemente la erosión. Una cantidad de 8.96 TM/ha de residuo, que puede ser fácilmente obtenida de un cultivo de trigo que rinda razonable, reduce la erosión 40 veces en comparación con el suelo descubierto.

El efecto de los diferentes métodos de labranza sobre suelos altamente erodables (latosoles rojos) en Paraná, Brasil se presentan en la Figura 4.

En estos suelos se puede obtener dramática reducción de erosión, de hasta 90%, utilizando labranza cero.

Por esta razón la tendencia a utilizar sistemas de labranza reducida conducirá por si sola al incremento del uso de P sin incrementar el riesgo de contaminación ambiental por este elemento.

Estos sistema de labranza reducida no solamente disminuirán los peligros ambientales, sino que también permitirán más agricultura intensiva que permitan incrementar la producción de alimentos y prevengan el deterioro del suelo por uso excesivo.

Tabla 4. Efecto del residuo de trigo sobre la erosión en un suelo con 15 % de pendiente.

| Residuo (t/ha) | Pérdida por erosión (t/ha) |
|----------------|----------------------------|
| 0 | 62.3 |
| 1.12 | 19.4 |
| 2.24 | 11.5 |
| 4.48 | 2.5 |
| 8.98 | 1.5 |

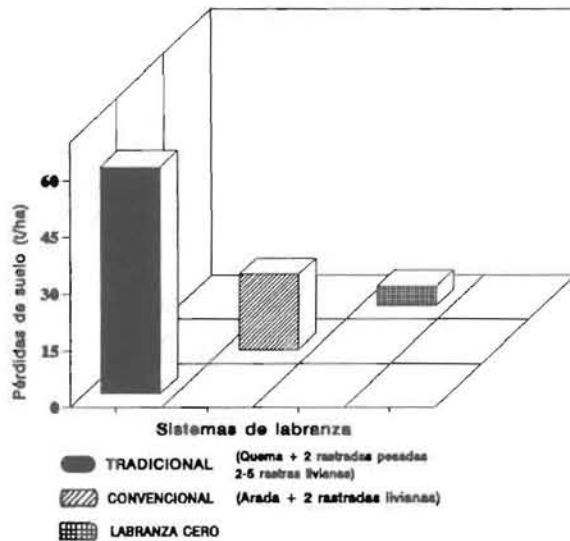


Figura 4. Pérdida de suelos por erosión en relación a los sistemas de labranza en un Oxisol (Latosol rojo). Paraná-Brasil, 1984.

CONCLUSIONES

Es claro que habrá una mayor necesidad de producción de alimentos debido al incremento poblacional y al incremento de la capacidad adquisitiva. El recurso tierra es finito y una expansión horizontal de este recurso no es posible. Por esta razón la creciente necesidad de alimentos debe ser satisfecha con los incrementos del rendimiento por hectárea. Los fertilizantes jugarán un papel muy importante en la producción de estos alimentos. El uso de fertilizantes, los altos rendimientos y la seguridad ambiental son compatibles a través del buen manejo de los recursos. La degradación ambiental no será el resultado del incremento de la producción agrícola si los fertilizantes se usan adecuadamente. De hecho, la alternativa de no

utilizar fertilizantes puede tener consecuencias más graves para el ambiente.

COMENTARIOS FINALES DEL AUTOR

Mi punto de vista de la interacción de la producción agrícola y el ambiente proviene de mi experiencia trabajando por muchos años en países en desarrollo y de la observación del papel que han jugado los fertilizantes en el gigantesco incremento de la producción de alimentos desde los inicios de la década de los 60. Mis conceptos se condicionan también a mi perspectiva del futuro que claramente indica que el incremento de la población y el incremento del poder adquisitivo llevarán a una demanda cada vez más crecientes de alimentos. Esto a su vez nos llevará a preocuparnos del ambiente y de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas necesarios para satisfacer la necesidad de alimentos.

