

LA INTERACCION DEL FOSFORO Y OTROS NUTRIENTES

Una interacción se da cuando el nivel de un factor, relacionado con la producción, influye en la respuesta de otro factor. Una interacción positiva ocurre cuando el resultado de utilizar prácticas combinadas, es mayor que la suma del efecto individual de las prácticas utilizadas. Esas interacciones positivas han servido como justificación, con bases científicas, para el desarrollo de los programas "balanceados" de nutrición vegetal. Las interacciones positivas del fósforo (P) con otros nutrientes están bien documentadas. Además, las interacciones con P se han identificado con otros factores de la producción como son, variedades o fechas de siembra

Las interacciones positivas del P con otros nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas han sido documentados, en reportes de investigación, con muchos cultivos. Ciertas prácticas culturales junto con las condiciones del clima pueden ser muy útiles como indicadores de las posibles interacciones en la utilización del P:

Mayores rendimientos ocasionan mayor demanda de nutrientes derivados de las reservas del suelo y de los fertilizantes aplicados. El objetivo es suplir los nutrientes necesarios durante los momentos de mayor absorción de estos por el cultivo.

Los suelos ácidos y el encalado alteran la disponibilidad de nutrientes para las plantas en crecimiento. Un buen encalado puede mejorar la disponibilidad de P en muchos cultivos. El mal encalado o sobre encalado, puede reducir la disponibilidad de P y micronutrientes tales como el hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) o boro (B) y aumentar la disponibilidad de molibdeno (Mo).

El cambio hacia métodos de labranza reducida puede alterar la forma de aplicación de los fertilizantes y muchas veces los resultados pueden ser que el P se acumule en la parte superficial del suelo. Las bajas temperaturas, alta humedad y materia orgánica pueden reducir la disponibilidad y la utilización de P por ciertos cultivos.

Densidades altas de siembra en cultivos como la soya, trigo, cebada, o algodón, dan como consecuencia, por supuesto, un número mayor de plantas por hectárea. Sin embargo el tamaño individual de estas es menor y el volumen de suelo explorado por las raíces se reduce. Así, un suelo más fértil, con mayor cantidad y mejor distribución de P es benéfico para un buen desarrollo del cultivo.

La adaptación agronómica de variedades e híbridos mejorados por la ingeniería genética proveen mayor tolerancia a herbicidas específicos y/o plagas e insecticidas. Los requerimientos de nutrientes utilizando los sistemas de "sitio específico" están siendo evaluados para un mejor manejo del P. Cambios en la topografía y la zona de crecimiento de la raíz pueden ser consecuencia del método de nivelación, labranza mas profunda o de conservación. La pérdida de suelo a través de la erosión debe de ser controlada para aumentar la disponibilidad de P.

La interacción de nutrientes y el fósforo.

Nitrógeno (N). El fósforo y el N están involucrados en funciones vitales para las plantas como lo son: la fotosíntesis, formación de proteína y la fijación (simbiótica) de N. El beneficio principal de la aplicación en banda de fertilizantes con P y N amoniacal es el incremento de absorción de P por las plantas debido a que la solubilidad del P se incrementa. Además, fertilizantes con N-amoniacal aumentan la absorción de P por las plantas, mejorando así el crecimiento del cultivo y la eficiencia del fertilizante fosfatado. Ejemplos de las interacciones N/P se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. La interacción N/P afecta la producción de maíz. (Illinois).

N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Producción Ton/ha	Incremento Ton/ha
0	0	2.583	-----
224	0	3.150	0.567
0	179	3.654	1.071
224	179	7.749	5.166

Tabla 2. La interacción N/P afecta los rendimientos y las ganancias en la producción del trigo (Colorado).

N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Producción kg/ha	Costo de producción Dlrs/ha	Dlrs/ha	Rendimiento neto Dlrs/ha
0	0	2,144	241.97	0.11	-24.70
34	0	2,814	256.77	0.09	29.64
34	34	3,015	275.27	0.09	29.64
67	0	2,546	271.57	0.10	-14.82
67	67	3,886	308.57	0.08	86.46

Estudios en los Estados Unidos de Norteamérica (Kansas tabla 3), muestran el efecto benéfico de una fertilización balanceada con N y P en un sistema de cero labranza en sorgo para grano. El rendimiento de grano se incrementó en más

de 728 kg/ha y el periodo de crecimiento desde la emergencia hasta mediados de floración se recortó en siete días con un uso adecuado de N y P.

Tabla 3. N y P para mejorar la maduración y la producción de sorgo en sistema de cero labranza.

N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Producción Ton/ha	Días a floración
0	34	4.928	67
101	0	4.872	66
101	34	5.656	59

Potasio (K). El P y el K son esenciales en la fotosíntesis, en las enzimas y las reacciones que requieren de energía, en la formación y calidad de semilla, tolerancia al estrés, madures del cultivo, formación de raíz, etc. La investigación de campo a mostrado muchos casos de la interacción P/K, (tablas 4, 5 y 6). Estos, muestran los beneficios económicos y agronómicos cuando se elimina la deficiencia de P y K como factores limitantes de la producción.

Tabla 4. La interacción positiva de P/K puede hacer la diferencia en frijol (Virginia).

P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	Producción Ton/ha	Incremento de producción ton/ha
0	0	1.608	-----
34	0	1.742	0.137
0	134	2.479	0.871
34	134	3.015	1.407

Tabla 5. P y K trabajan juntos para obtener altos rendimientos de trigo (Promedio de 2 variedades).

K ₂ O	kg/ha		
	0	45	90
P ₂ O ₅ kg/ha	Producción Ton/ha		
0	3.348	4.288	2.488
34	5.226	5.628	5.829
67	5.159	5.896	6.097

Tabla 6. La interacción positiva entre P y K incrementa la producción de pasto bermuda (Texas).

P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	Producción kg/ha	Respuesta kg/ha
0	0	6,020	-----
0	336	5,929	-90.72
112	0	7,291	1271
112	336	10,243	4223

La fertilización balanceada es esencial para la producción de maíz para grano. La tabla 7 muestra como el P y el K aumentaron los rendimientos de maíz. Juntos (P y K), aumentaron los rendimientos en 4 ton/ha o entre 2.39 y 2.58 ton/ha mas que cuando cada uno se aplicó solo.

Tabla 7. Interacción positiva incrementa la producción de maíz de grano.

	Producción Kg/ha	Respuesta Kg/ha
N(-PK)	1,119	-----
NK(-P)	8,568	1,449
NP (-K)	8,757	1,638
NPK	11,151	4,032

Azufre (S). Investigación en California muestra el efecto positivo de la interacción P/S en la producción de forraje y en el rendimiento de ovejas debido al incremento de rendimiento y calidad del pasto. El fósforo solo, no tuvo efecto significativo en él aumentó de peso de los borregos, pero la interacción P/S incrementó significativamente la producción.

Magnesio (Mg). El fósforo y el Mg son esenciales para la fotosíntesis y formación de semilla. La absorción de estos nutrientes tiende a declinar cuando los suelos están fríos y muy húmedos, lo que hace más importante su manejo en forma conjunta durante los meses de invierno y cuando hay excesos de humedad.

Micronutrientes. La interacción del fósforo con los micronutrientes ha sido reportado en muchos cultivos. Reportes de la interacción del P con el B, cobre (Cu), Fe, Mn, Mo y Zn se conocen bien. Los suelos con niveles altos de P (de forma natural o a través de la fertilización) deben ser "monitorizados" por posibles interacciones del P y los micronutrientes.

Boro. Las interacciones de P/B ocasionan una reducción en la asimilación del B por plántulas de maíz en suelos ácidos y altos en P. Sin embargo, las fresas no resultan afectadas por la relación P/B.

Cobre. La interacción P/Cu se encontró cuando altos niveles de P incrementaron una aguda deficiencia de Cu en plántulas de cítricos. Esta interacción ocurre en el sitio de absorción, posiblemente con la precipitación del Cu en la superficie de la raíz. Otros estudios han mostrado que la aplicación de P reduce el efecto tóxico de excesos de Cu. Además, el exceso de Cu puede disminuir la absorción de P y Fe.

Hierro. La interacción de P/Fe se presenta en algunas leguminosas (frijol) que se cultivan en suelos con deficiencia o con excesos de P. En ambos casos la absorción de Fe disminuyó. La absorción de Fe en maíz y arroz se reduce en suelos con exceso de Cu, las plantas presentan clorosis férrica severa debida al bloqueo del Cu. Fertilizaciones altas con P sirven, en algunos casos, para liberar el Fe. Hay que tener cuidado con la aplicación de fungicidas en base a cobre ya que estos, pueden bloquear la asimilación de Fe.

Manganeso. La interacción P/Mn puede desarrollarse cuando la disponibilidad de Mn se incrementa debido a altos niveles de P en el suelo. En algunos suelos se cree que esto puede ser debido a los cambios en el pH (acidez) con alta fertilización fosfatada.

Molibdeno. Las interacciones de P/Mo dependen de la naturaleza ácida o alcalina del suelo. En suelos ácidos, el P incrementa la asimilación del Mo, mientras que en suelos alcalinos el P reduce la absorción de Mo. El incremento en la asimilación en suelos ácidos puede ser debido al incremento en la absorción y translocación del ion $H_2PO_4^-$.

Zinc. Estudios de acumulación de nutrientes en maíz han encontrado que los patrones de absorción, traslocación y acumulación de P y Zn son muy similares. Resultados de investigación indican que la tendencia del bloqueo del Zn por el P es de naturaleza fisiológica y no debida a interferencias en el suelo. En sistemas de alta productividad, las interacciones negativas entre micronutrientes se pueden desarrollar. La tabla 8 muestra como una interacción negativa puede convertirse en una positiva con la fertilización apropiada.

Tabla 8. Una forma de evitar la interacción negativa P/Zn con buena fertilización en maíz.

P2O5 kg/ha	Zn kg/ha	Producción Ton/ha
0	0	8.253
90	0	7.947
0	22	6.867
90	22	11.025

Significancia Agronómica

La respuesta del cultivo a las aplicaciones de P pueden mejorarse haciendo ajustes en el momento, dosis y método de aplicación. Todo lo anterior varia con las propiedades físicas y químicas del suelo, el manejo de sistemas de cultivo para altos rendimientos y las condiciones de estrés como la sequía, heladas y deficiencia de nutrientes. Muchas interacciones entre los nutrientes se han encontrado en

cultivos como el maíz, trigo, hortalizas y frutales.

La detección y diagnóstico temprano en la temporada de cultivo de la deficiencia de P y otros nutrientes puede ayudar a disminuir las perdidas en el rendimiento, calidad y ganancias para el agricultor. Inspecciones de campo, junto con análisis de suelo y planta ayudan mucho al proveer datos para correcciones inmediatas y/o para la siguiente temporada de cultivo.



Deficiencia de Fósforo en Caña de azúcar;
Ingenio San Miguel del Naranjo, San Luis
Potosí, México.



Deficiencia de Fósforo en Caña de azúcar;
Ingenio San Miguel del Naranjo, San Luis
Potosí, México.