

NUEVOS CRITERIOS EN LA RECOMENDACION DE FERTILIZANTES EN SISTEMAS DE ALTA PRODUCTIVIDAD AGRICOLA EN MEXICO

Altos rendimientos, calidad y rentabilidad han sido objetivos importantes de agricultores líderes en muchas partes del mundo. Sin embargo, la sostenibilidad de la productividad y el mantenimiento de la integridad del medio ambiente que rodea a la industria de los alimentos es el reto que presenta el nuevo milenio. Los investigadores agrícolas han sido especialmente conscientes de la necesidad de incrementar la producción por unidad de área a través del tiempo. La industria genética de semillas y plantas, ante un consumidor más exigente, ofrece variedades e híbridos cada vez más productivos y precoces, adaptados a condiciones adversas buscando siempre obtener alta calidad. Evolución en los criterios utilizados en la determinación de la fertilización es día a día más necesario si se desea incrementar la productividad agrícola del nuevo material genético disponible.

Tradicionalmente, la aplicación de fertilizantes fue basada en la disponibilidad de éstos según los volúmenes de producción e importación de Fertimex y sus distribuidores. Fue muy común encontrar fórmulas generalizadas

según cultivos y regiones productivas como el Valle del Yaqui en Sonora y el Estado de Guanajuato en El Bajío. Se tenían, por ejemplo, recomendaciones para sorgo en el Bajío que incluían la aplicación de 160-60-00 para más de 100,000 hectáreas de este cultivo en la región. Por lo general las fórmulas no incluían K, Mg o balance con S o micronutrientes. La tabla 1 muestra un ejemplo de las fórmulas recomendadas para varios cultivos en diferentes regiones agrícolas de México.

Tabla1. Recomendación de fertilizantes según Fertimex para algunos cultivos y zonas agrícola de México

| Zona Agrícola | Cultivo | Fórmula (riego) | Fórmula (temporal) |
|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| DDR01 Mexicali | Frijol | 50-50-00 | |
| DDR01 Mexicali | Trigo | 250-70-00 | |
| DDR053 Celaya | Frijol | 60-40-00 | 60-40-00 |
| DDR024Villaflores | Maíz | | 142-69-00 |
| DDR067Ameca | Maíz | | 150-60-00 |
| DDR067Ameca | Caña de azúcar | | 250-50-50 |
| DDR071Zapopan | Maíz | 160-60-00 | |

Fuente: Guía de fertilización y combate de plagas. Fertimex (sin fecha).

Por otro lado, la aplicación de fertilizantes por el agricultor no siempre fue la más adecuada, lo que disminuye la eficiencia del fertilizante y por lo tanto la absorción de nutrientes por los cultivos. En México, la forma

tradicional de aplicación de fertilizante ha sido al "voleo" y en la mayoría de los casos no se incorpora el fertilizante como es debido, incrementando así su pérdida. Se estima que la eficiencia (de absorción) del fertilizante nitrogenado en la agricultura tradicional de temporal en México es de alrededor de 45%, desperdiciándose así, más de 50% del fertilizante que se aplica en millones de hectáreas anualmente. De ahí, uno de los factores que ha influido en forma definitiva en la baja productividad de cultivos, es la deficiente aplicación de los fertilizantes. La tabla 2 muestra las grandes diferencias que existen entre los rendimientos actuales y potenciales así como lo limitado del incremento en la productividad después de 28 años.

En la actualidad, las técnicas de aplicación de fertilizantes han demostrado su versatilidad potencial en lo referente a la capacidad de suministro de nutrientes en momentos de alta demanda por los cultivos. Alta capacidad productiva y facilidad de aplicación de fertilizantes, en los momentos que más los requieren los nuevos híbridos y variedades, son la base de los cambios de criterios utilizados en la decisión que involucra "cuándo" y "cuánto" aplicar de cada uno de los nutrientes.

Tabla 2.

| Rendimientos actuales y potenciales de algunos cultivos en México | | | | |
|---|------|------|-----------|------------|
| Cultivo | 1970 | 1998 | Potencial | Diferencia |
| | | | Mton/ha | |
| Maíz | 2.5 | 3.0 | > 18 | > 15 |
| Trigo | 4.5 | 6.5 | > 13 | > 6.5 |
| Frijol | 1.5 | 2.0 | > 6 | > 4 |

Fuente: SAGAR 1970-1998

No hay duda del valor del agua en la producción agrícola, de hecho, a nivel mundial el mayor consumo de agua dulce se da en los sistemas agrícolas. Estimaciones de consumo prevén incrementos significativos en el consumo de agua para el año 2020, duplicando en términos relativos, el consumo de agua que se tenía en 1980 (tabla 3). Actualmente, en México existen problemas muy serios relacionados con el uso inadecuado de mantos acuíferos y reservas superficiales para riego en el centro y norte del país. Esto ha traído como consecuencia un abatimiento del nivel piezométrico de 1.5 a 5.0 metros por año y profundidades de extracción que van más allá de los 200 metros. Esto ha incrementado significativamente los costos de riego y el gasto de energía. Además, la calidad del agua está deteriorándose con incrementos significativos de sodio (Na) y otras sales nocivas para el

crecimiento adecuado de los cultivos.

Tabla 3.

| Consumo de agua en el ámbito mundial durante los últimos 100 años y tipos de uso | | | | | | | |
|--|--------------------------|------|-------|------|------|-------|--------|
| Tipo de Uso | 1900 | 1920 | 1940 | 1960 | 1980 | 2000* | 2020* |
| | Km ³ /por año | | | | | | |
| Doméstico | — | — | — | — | 250 | 500 | (850) |
| Industrial | 30 | 45 | 100 | 350 | 750 | 1350 | (1900) |
| Agrícola | 500 | 705 | 1,000 | 1580 | 2400 | 3600 | (4300) |
| Total | 530 | 750 | 1,100 | 1960 | 3400 | 5450 | (7500) |

Biswas 1996, editado por Echávez, 1998). *Estimado

El gobierno federal y muchos agricultores progresistas han hecho un gran esfuerzo para introducir sistemas de ferti-irrigación en zonas agrícolas donde el recurso agua es cada vez más costoso. Más de 250,000 hectáreas se han incorporado a los sistemas de ferti-irrigación en menos de 4 años y se busca llegar al millón de hectáreas para el año 2001. Se ha intensificado el uso de sistemas que aumenten la eficiencia del fertilizante por metro cúbico de agua utilizada (tabla 4); sin embargo, los costos de inversión pueden limitar su expansión.

Para el caso de México, como lo muestra la tabla 4, la mejor opción es la utilización de ferti-irrigación a campo abierto, lo que aumenta el rendimiento significativamente y disminuye la utilización de agua requerida, incrementando así la eficiencia del uso del agua por el sistema productivo.

La apertura del mercado de los fertilizantes en México ha traído como una de sus consecuencias positivas, la diversificación en los tipos de productos que puede utilizar el técnico de campo y agricultor. Grandes ventajas se han obtenido al poder preparar fórmulas "a la medida" de las necesidades del cultivo, con los nutrientes esenciales, buscando obtener el máximo potencial de rendimiento de las variedades e híbridos modernos. El cambio de criterios al considerar la aplicación de los 13 nutrientes minerales que las plantas extraen de la solución del suelo, en proporciones y momentos diferente a través del ciclo productivo, se está dando ya en la agricultura intensiva que busca mayores rendimientos con calidad de exportación.

Tabla 4

| Sistema de producción de tomate, su rendimiento potencial, volumen de agua consumida y su eficiencia de uso. | | | | |
|--|------------------|---|---|---------------------------|
| Sistema de producción | Rendimiento t/ha | Consumo de agua Miles de m ³ /ha | Eficiencia de Uso Kg/m ³ de Agua | Costo Inversión, US \$/ha |
| Riego de Gravedad | 50 | 15,000 | 3.3 | 0 |
| Ferti-irrigación a campo abierto | 100 | 8,000 | 12.5 | 2,500 |
| Invernadero Almería, España | 250 | 7,000 | 35.7 | 250,000 |
| Invernadero (Holanda) | 600 | 7,500 | 80.0 | 500,000 |

Fuente: INPOFOS, Castellanos 1998.

La utilización de los análisis de suelo, que consideran a la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC), como

un parámetro valioso en los diagnósticos de los balances minerales, es cada vez más reconocido para determinar las necesidades de K en Vertisoles y Andisoles de las zonas agrícolas centrales y del sur de México. Estos suelos presentan características de alta fertilidad; sin embargo, los niveles críticos de respuesta, así como los balances entre Ca, Mg y K no han sido calibrados adecuadamente para máximos rendimientos de híbridos de alto potencial genético. Los laboratorios de diagnóstico no solo han visto incrementada su demanda, sino que son exigidos por técnicos más capaces, que buscan obtener respuestas de trabajos de correlación y calibración de reportes de laboratorio con los rendimientos de campo. Revisión de los niveles críticos de P, K, Mg y S, por ejemplo, son más frecuentes en los institutos de investigación. Investigaciones apoyadas parcialmente por el Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI/PPIC) en El Bajío, han demostrado que con la aplicación de tecnología adecuada, los rendimientos comerciales de Brócoli pueden llegar arriba de las 26 toneladas por hectárea sin disminuir calidad.

Muchas regiones agrícolas muestran deficiencias severas de P y desbalances agudos de Mg y K. La baja cantidad de materia orgánica que presentan la mayoría

de los suelos del País, hace suponer que la demanda de N y S incrementará. Coeficientes de mineralización serán de mucha utilidad como criterios técnicos de campo para poder calcular la cantidad de N disponible (ENR) en los sistemas de labranza de conservación. El banco de México (FIRA) ha contribuido significativamente con el apoyo de proyectos de labranza de conservación. Sin embargo, no existe información de detalle de ENR para sistemas de alta productividad y la cantidad de N disponible o fijada por suelos agrícolas se estima de forma muy inexacta.

La acidez de millones de hectáreas en el Occidente, Centro y Sur del País (Estados de Jalisco, México, Morelos y Chiapas) se ha convertido en un factor limitante de la producción de granos básicos. De hecho, la situación se ha agravado significativamente desde los años 70's como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5.

| Cambios en algunos factores de productividad en suelos de México | | |
|--|-------|-------|
| Factor | 1970 | 1998 |
| Acidez (pH) | > 6.0 | < 5.0 |
| Materia Orgánica (%) | > 2.5 | < 2.0 |
| Desbalances Ca/Mg/K | Bajo | Alto |

Fuente: INPOFOS, Base de Datos 1998.

Los programas de fertilización ya consideran (como criterio importante de decisión) la disponibilidad de P, K y otros nutrientes sobre la base de la acidez y alcalinidad del suelo. Investigación aplicada financiada por INPOFOS (PPI/PPIC) desde 1995 a la fecha, ha demostrado el valor de los análisis de suelo, el encalado y la fertilización balanceada en sistemas de maíz de buen temporal en el sur de México. La tabla 6 muestra el efecto positivo, en términos productivos y económicos de 4 años de pruebas.

Tabla 6.

| Beneficios económicos por el uso de cal agrícola y una fertilización balanceada en maíz. Chiapas, México | | | | | | |
|--|-----------|------------|-------------|----------|--------------|--------------|
| Fertilización N-P-O-K-O-Mg-S | Cal Kg/ha | Rend Kg/ha | Costo US/ha | P.E. Ton | I.B. US\$/ha | I.N. US\$/ha |
| 0-0-0 | No | 2,900 | 270 | 1,999 | 393 | 122 |
| 0-0-0 | 1,000 | 2,750 | 355 | 2,600 | 373 | 177 |
| 180-69-60 | No | 3,700 | 398 | 2,930 | 501 | 103 |
| 180-69-60 | 1,000 | 5,000 | 498 | 3,670 | 678 | 179 |
| 266-92-202-11-22 | 1,000 | 6,000 | 608 | 4,480 | 813 | 205 |

PP=Punto de equilibrio; I.B.=Ingreso bruto; I.N.=Ingreso neto; Cal=Cal agrícola; Rend=rendimiento

Fuente: Proyectos INPOFOS 1995-98, Chiapas

La tabla 6 muestra los beneficios económicos al considerar criterios como la combinación de cal agrícola y fertilización, basada en los análisis de suelo para incrementar rendimientos de maíz en Andisoles ácidos del sur del

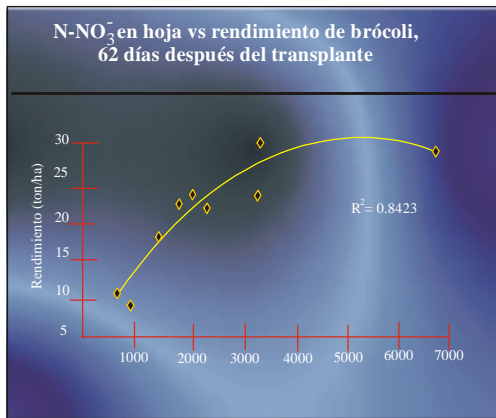
país. El utilizar criterios económicos de inversión de capital que busquen lograr los máximos rendimientos en zonas de temporal es relativamente nuevo.

Tradicionalmente, la agricultura de temporal ha sido de baja inversión (de fertilizante) lo que nunca produjo mejores condiciones de vida para el agricultor. Cambios en los criterios de fertilización, buscando el máximo retorno junto con máximos rendimientos y calidad, han demostrado que pueden cambiar el panorama de la agricultura tradicional en México.

Por otro lado, en la agricultura tecnificada las curvas de absorción de nutrientes, así como los diagnósticos foliares en cultivos tropicales a través del desarrollo de las plantas, son ya una herramienta muy útil en los sistemas de ferti-irrigación de producción intensiva. Estos nuevos criterios brindan la oportunidad de aplicar diferentes proporciones de fertilizante a través del desarrollo del cultivo. Además, son excelentes alternativas cuando se busca evitar posibles daños ocasionados por contaminación de mantos acuíferos con nitratos u otros elementos que por su mal uso, pueden tener efectos negativos en la integridad del medio ambiente.

Investigación de 3 años, financiada por el INPOFOS (PPI/PPIC) en El Bajío, ha demostrado la utilidad de las curvas de absorción cuando se busca alto rendimiento y calidad en cultivos hortícolas como el brócoli. Más investigación será indispensable para una mejor recomendación de los fertilizantes; más rentable, con perspectivas de sostenibilidad.

Gráfica 1



Fuente: Castellanos, 1998.

La gráfica 1 muestra resultados de la relación del rendimiento y la cantidad de nitrato en la hoja. Estos datos de campo han servido para definir dosis de fertilización para máximos rendimientos evitando sobredosis de N y desbalances nutrimentales fisiológicos en la planta. Investigación aplicada en brócoli (Tabla 7) también está rindiendo información valiosa en cuanto a la absorción y remoción de nutrimentos sobre la base de la materia seca acumulada a través

del desarrollo del cultivo. Esta información es básica cuando se quieren implantar nuevos criterios de fertilización para altos rendimientos y calidad.

La fertilización de sitio específico estará basada cada vez más en el desarrollo de los criterios agronómicos mencionados en este escrito. Solo con información respaldada en principios agronómicamente sólidos, que generen utilidades económicas para el agricultor y que respondan positivamente al mantenimiento y la integridad del medio ambiente, se podrá desarrollar un mercado sólido de fertilizantes en México.

Tabla 7

| Tasa de acumulación de materia seca y nutrimentos (Kg/ha/día) en brócoli cv. Legacy durante su ciclo de cultivo en Celaya, Gto. México | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------|-----------|-------------------------------|------------------|-------|-------|
| DDT | Etapas Fenológicas | Materia seca | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Ca | Mg |
| | | | Kg/ha/día | | | | |
| 0-28 | 4-6 hojas | 23.7 | 1.2 | 0.4 | 1.6 | 0.8 | 0.1 |
| 28-42 | 6-12 hojas | 108.2 | 5.2 | 1.5 | 5.9 | 2.6 | 0.5 |
| 42-62 | 12 hojas-IB | 189.4 | 4.1 | 1.2 | 8.5 | 7.1 | 0.3 |
| 62-70 | IB DF | 296.0 | 6.9 | 2.1 | 13.58 | 7.5 | 0.4 |
| 70-81 | DF-PC | 68.8 | 3.1 | 0.6 | 2.0 | 4.0 | 0.5 |
| 81-94 | PC-FC | 29.2 | ----- | 0.7 | 0.7 | ----- | ----- |

DDT=Días después del trasplante IB=Desarrollo del florete PC=Pre cosecha PC=Finalización de cosecha