AVANCES Y TENDENCIAS EN LAS TECNICAS DE FERTILIZACION (Parte III)*

Como consecuencia de consideraciones de varios tipos existe interés sin precedentes en mejorar la eficiencia de los fertilizantes. El colocar el fertilizante en el lugar adecuado de la zona radicular, es tan importante como aplicar la cantidad correcta de nutrientes. Esta es la tercera parte de una serie de tres artículos que discuten las nuevas tendencias en técnicas de fertilización de cultivos desarrollados en los últimos años.

Al momento existen algunas técnicas nuevas de fertilización desarrolladas en los Estados Unidos y Canadá. A continuación se discuten brevemente algunas de ellas con el objeto de presentar las tendencias principales y despertar el interés en innovaciones que podrían probarse en condiciones tropicales. Algunas de estas técnicas están todavía en investigación mientras otras son ya procedimientos comerciales. En algunos casos la experimentación inicial fue hecha solamente con fertilizantes sólidos, pero puede utilizarse para aplicación de fertilizantes líquidos.

Banda profunda durante la labranza

Los subsoladores y cultivadores pueden equiparse para aplicación neumática o por gravedad de fertilizantes sólidos y para aplicación de fertilizantes líquidos.

Las sembradoras de aire, originalmente desarrolladas para colocar semilla, pueden ser usadas para colocar fertilizante ya sea antes de la siembra o conjuntamente con la semilla en la operación de siembra. Muchas de estas unidades no siempre localizan el fertilizante sólido en una banda estrecha. Sin embargo, se pueden hacer modificaciones a la línea de inyección de modo que el fertilizante pueda concentrarse en la banda de aplicación.

Fertilización y siembra en un solo paso

Aun cuando la colocación de cierta cantidad de fertilizante en el surco de siembra no es una técnica nueva, la aplicación del requerimiento total del fertilizante con el equipo de siembra si es diferente. Varias sembradoras de labranza cero tienen la capacidad de colocar simultáneamente el fertilizante con o por debajo de las semillas o en bandas profundas entre las hileras. Existe también la opción de colocar fertilizantes sólidos, líquidos o amoníaco anhidro en banda a una profundidad de aproximadamente 20 cm.

Los discos dobles de apertura, en algunos equipos de labranza cero, causan considerable movimiento del suelo y permiten el crecimiento de malezas en la abertura por donde se colocó el fertilizante. Este problema puede evitarse al sembrar dos hileras juntas, "hileras en pares", con espaciamiento más amplio en el intervalo entre cada par de hileras y la aplicación más profunda del fertilizante entre las hileras dobles del cultivo.

La principal desventaja de la inyección profunda de fertilizante y la colocación de semilla en un solo paso, con equipos que tienen discos dobles para abrir el suelo, es que el equipo debe ser pesado, con un peso de hasta 2 500 kg por cada metro de ancho de la sembradora, para penetrar adecuadamente en suelos duros. Además estas sembradores son caras y la fuerza del tractor para moverlas es alta, alrededor de 46 H.P. por metro de sembradora.

Unidades más simples cuestan menos y tienen requirimientos más bajos de fuerza de tractor.

Inyección puntual de fertilizantes líquidos

Desde 1981 se ha estudiado la inyección puntual de nutrientes, particularmente N, en la Universidad del estado de Iowa (Baker, 1986; Baker et al., 1985, 1989) y recientemente en la Estación Experimental de Lethbridge, Alberta (Janzen y Lindwall, 1987, 1988, 1989; Janzen et al., 1990, 1991).

Esta técnica de fertilización relativamente nueva, utiliza una rueda con agujas para físicamente inyectar, ya sea el amoníaco anhidro o fertilizante líquido, a profundidades que varían entre 10 y 15 cm. Una válvula rotativa en la rueda dispensa las soluciones de fertilizantes por medio de agujas que se introducen en el suelo hasta las profundidades indicadas anteriormente.

* Beaton J. Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo Canadá "PPIC". Saskatoon, Canadá.

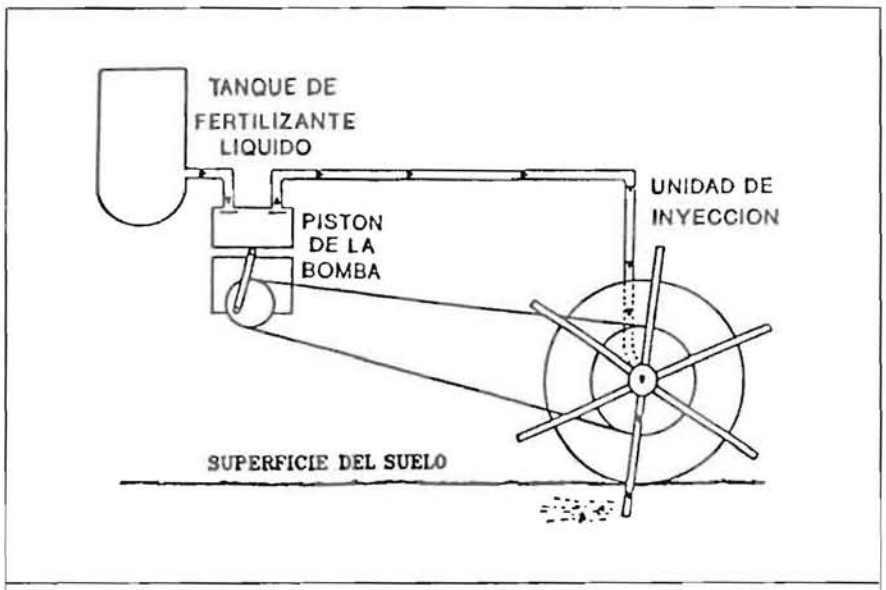

Fig. 1. Esquema de un Inyector puntual de fertilizante.

Se han probado al menos 4 generaciones de inyectores puntuales en la Universidad de Iowa. El diámetro de la rueda de inyección, en el diseño actual, es de 12 cm y las agujas tienen un diámetro exterior de 1.1 cm. El espaciamiento horizontal de punto a punto en la superficie de suelo es de alrededor de 20 cm.

A pesar de algunas dificultades en los primeros prototipos esta técnica de fertilización tiene varias ventajas significativas que incluyen las siguientes:

- El fertilizante puede inyectarse en los sistemas de labranza cero o labranza de conservación o en cultivos perennes para reducir las pérdidas de N (causadas por volatilización de amoníaco), inmovilización de N (por microorganismos y residuos de cultivos en la superficie del suelo) y la estratificación de P y K. Todo esto se logra con un movimiento mínimo de los residuos en la superficie del suelo.
- Localización de nutrientes efectiva y precisa en la zona radicular para satisfacer mejor las necesidades de la planta durante el ciclo de crecimiento.
- Poco o ningún daño a las raíces cuando se usa en cultivos en crecimiento.
- Necesidades menores de combustible y fuerza del equipo debido a que se evita el roce que ocurre con la utilización de cuchillas.

Con este método de aplicación se concentra el fertilizante líquido en pequeñas áreas (bolsas) del suelo. Si se asume una dosis de aplicación de 935 litros/ha de fertilizante líquido y una velocidad de 8 km/hora, se inyectan alrededor de 15 ml de fertilizante líquido cada vez que la aguja penetra en el suelo.

Inyección a alta presión de fertilizantes líquidos

La aplicación de fertilizantes líquidos bajo la superficie del suelo con la ayuda de chorros a alta presión a dado lugar a las técnicas conocidas como nutri-blast 2 000 y banda en impulsos. A continuación se describen brevemente estas técnicas:

Nutri-Blast 2 000

Este sistema de aplicación a alta presión inyecta fertilizantes líquidos claros en el suelo sin la ayuda de cuchillas, discos u otros implementos (Clapp, 1984). Las soluciones de fertilizante se bombean a través de un pequeño orificio a presiones altas que van de 56.2 a 140.6 kg/cm^2. Debido a la presión, las soluciones cortan y atraviezan los residuos y la superficie del suelo y se localizan a una profundidad de 5 a 8 cm. La localización del fertilizante depende de la cantidad del residuo y la densidad del suelo. Los nutrientes se localizan en una banda angosta y continua.

Banda en Impulsos

El principal aspecto de este método es la aplicación de un chorro de fertilizantes líquidos en pulsaciones a alta presión (Rogers, 1987, 1988). El modelo experimental de 3 metros de ancho, desarrollado en Saskatoon Canadá, es capaz de localizar fertilizante a 10 cm de profundidad con un espaciamiento de 15 cm entre puntos de aplicación.

El fertilizante es presurizado a 422 kg/cm^2 y la entrega en pulsaciones se logra al abrir y cerrar el flujo por medio de un control electrónico de una válvula de selenoide. Los requerimientos estimados de energía son de 2.45 kW por m de aplicador.

Muchas de las ventajas de este método de localización de fertilizante son parecidas a aquéllas mencionadas anteriormente para el método de inyección puntual. Estas son:

- No se mueve el suelo lo cual permite conservar humedad.
- El fertilizante puede ser aplicado como y cuando es necesitado por el cultivo. Los nutrientes pueden ser localizados en la zona radicular de cultivos establecidos y este procedimiento permite la aplicación fraccionada de nutrientes en condiciones secas.
- Requiere de menor cantidad de energía lo que permite un ahorro en combustible.

Localización de fertilizantes sólidos en bolsas o en gránulos grandes

Las mejoras logradas en eficiencia del fertilizante nitrogenado, en parcelas experimentales, con la localización bajo la superficie de fuentes amoniacales de N, concentradas en bolsas en un punto bajo la superficie, así como la localización de gránulos grandes, ha desarrollado el interés de producir equipo comercial que pueda localizar el fertilizante en estas formas. Investigadores de la Universidad de Alberta han intentado interrumpir el flujo de fertilizantes granulares sólidos con aplicadores neumáticos para lograr una localización del fertilizante en bolsas, a intervalos determinados (Domier et al., 1985). Se encontró, que se necesitan modificaciones y adiciones al equipo para poder lograr una distribución del fertilizante a las distancias requeridas.

Una diferente forma de concentrar fertilizante en bolsas bajo la superficie del suelo se probó en la Universidad de Alberta. Se avaluó la posibilidad de aplicar gránulos grandes urea, con un peso de 1 a 3 gramos, manufacturados por Norsk Hydro, a través de una sembradora de labranza cero Melroe 701. Esta sembradora fue una de las pocas con capacidad de colocar los gránulos a la distancia y distribución requeridas sin hacer modificaciones costosas al equipo (Mayko, 1988). Los gránulos de 1 gramo fueron los que fluyeron más fácilmente a través de la sembradora.

Fertilización en dosis variables

Es conocido el hecho de que muchos lotes agrícolas no tienen fertilidad uniforme y por esta razón unos sitios son más fértiles que otros y en consecuencia los requerimientos de fertilizantes son también diferentes. Algunas partes del lote pueden tener contenidos adecuados de uno o más nutrientes mientras que otras partes del mismo campo pueden tener varios grados de deficiencia. Se está desarrollando tecnología de aplicación de fertilizantes que haría posible el aplicar dosis variables de nutrientes a medida que el equipo de aplicación se desplaza a través del campo. A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los sistemas más conocidos de aplicaciones de dosis variables que están actualmente en uso y algunos que todavía se encuentra en la fase de desarrollo.

Sistema Chinook

Este es uno de los primeros sistemas que permite hacer ajustes en el campo de la cantidad de semilla y de la cantidad del fertilizante (Beaton, 1985a). El sistema es controlado por una microcomputadora acoplada al tractor, que activa una serie de interruptores que permiten el ajuste de las unidades de medida que controlan el flujo de fertilizante sólido de 2 tanques colocados detrás del subsolador o de los discos. Las dosis de fertilizante a aplicarse en banda profunda pueden ser alteradas de acuerdo a la interpretación que el operador del tractor haga de las diferencias importantes en las propiedades del suelo, topografía, etc.

El sistema Soilection

El sistema soilection combina el uso de computadoras con la información de los cambios de fertilidad del campo (mapa de fertilidad de suelo) y la información de las necesidades específicas del cultivo. Este sistema es capaz de ajustar hasta 8 tipos de suelo en un lote y cambiar el tipo y tasa de fertilizante aplicado al voleo ya que el equipo de aplicación y mezcla está equipado con 6 compartimentos de diferente fertilizante sólido (Anónimo, 1985; Luellen, 1985).

Para usar este sistema es necesario hacer una serie de trabajos preparatorios. Todo se inicia delineando los tipos de suelos y otras características físicas del lote ya sea en un mapa de suelos, fotografía aérea infrarroja y/o mapas cuadriculados. Las fotografías infrarrojas a color que cubren una área de 2.6 km^2 son particularmente útiles.

Se toman muestras de suelos en cada sitio donde existe un cambio significativo en tipo de suelo y se analiza el contenido de nutrientes en estas muestras. Para confirmar la topografía exacta del lote se usan los mapas de suelo y chequeos de campo. Las pendientes y el contenido de materia orgánica son dos factores que ayudan a caracterizar los niveles de nutrientes en cada una de las distintas áreas.

Las partes altas de las colinas aparecen como áreas claras en las fotografías de infrarrojo y estas áreas posiblemente tengan menor productividad debido a baja

fertilidad o suceptibilidad a sequía. Los puntos bajos, en posiciones inferiores de la pendiente, son más obscuros en las fotografías y son generalmente más productivos porque tienen condiciones favorables de humedad y nutrientes.

A continuación se mejora la fotografía infrarroja usando la computadora para producir un mapa del campo digitalizado, usando colores para definir más claramente los tipos de suelo en el lote. Luego de la digitalización se imprime el mapa de campo o se archiva la información en un chip especial de la computadora. Este mapa puede ser llamado a una terminal de computadora acoplada en la cabina del tractor de aplicación. En el futuro el chip de la computadora podrá ser reemplazado con un cassette.

Al solicitarlo, el mapa de campo aparece en el monitor de la computadora en la cabina del tractor. A medida que el tractor se mueve a través del campo su posición aparece en el monitor. La computadora necesita saber todo el tiempo con presición donde se encuentra el aplicador de fertilizante. Al momento esto se logra por medio de un localizador por triangulación que es un sistema comercial que usa radio de FM y tres antenas (una en el equipo de aplicación y dos en los límites del lote) para automáticamente localizar la posición del equipo.

En el futuro podría ser posible el utilizar sistemas de detección global para determinar el sitio donde se encuentra el equipo durante las aplicaciones de fertilizante.

La información sobre tipo de suelo, cultivo y dosis de nutrientes a aplicarse en un campo determinado es alimentada previamente a la computadora. A medida que el equipo de aplicación del fertilizante pasa sobre los diferentes tipos de suelos, el micro procesador envía una señal a cada una de los 6 contenedores del fertilizante. La señal activa el sistema de medición para cada uno de los contenedores, despacha y mezcla la cantidad necesaria de nutrientes para cada tipo de suelo. Cada vez que la computadora reconoce un cambio de tipo de suelo la mezcla de fertilizantes cambia. El área mínima para cambios en las dosis de fertilizante se encuentra limitada al momento a 0.8 ha debido a que no es práctico el ajustar cambios a áreas menores. Las dosis de fertilización no se alteran hasta que se entra en un nuevo tipo de suelo. Sin embargo, es posible programar un cambio gradual de una dosis a otra.

En el futuro será posible adaptar este sistema para incluir también la aplicación de herbicidas. Un sistema de dosis variables de fertilizantes líquidos se usó exitosamente en Illinois en marzo de 1992.

Fertilización en dosis variable utilizando sensores de las propiedades del suelo y del contenido de nutrientes

Se ha desarrollado un sistema denominado el "Doctor del suelo" que es un equipo único que permite analizar las propiedades del suelo a medida que el equipo esta en movimiento y basándose en estos datos prescribe la dosis de fertilizante a aplicarse (Anónimo, 1992; Porgelt, 1992; Murdock, 1991).

Ha sido probado en el campo desde 1987 y fue comercializado en 1990. El modelo más nuevo usa un sistema de sensores con electrodos rodantes que tienen un sistema electrónico que determina las propiedades del suelo. El sensor acoplado a un disco de apertura detecta la cantidad de NO_3 en los primeros 30 cm del suelo y electrónicamente transmite esta información a una computadora en la cabina del tractor, la cual varia automáticamente las dosis de aplicación de N con el tractor en movimiento.

Este equipo detectó adecuadamente el NO_3 en la capa arable del suelo y la fertilización aplicada, de acuerdo a la demanda detectada por el equipo, produjo rendimientos algo más altos de maíz que las aplicaciones convencionales en banda a lo largo del surco, en 2 años de evaluación en Kentucky (Murdock, 1991).

Schreier y Zheng (1986) y Zheng y Schreier (1988) reportaron que las diferencias en ciertas propiedades del suelo como C orgánico, contenido de agua y color pueden ser fácilmente detectadas por sensores que miden reflexión espectral. Estas diferencias pueden ser usadas exitosamente para desarrollar diferentes tratamientos de fertilización en áreas específicas dentro de un lote.

Borget (1992) describió un sensor que utiliza una simple longitud de onda y un sensor que usa varias longitudes de onda para determinar la materia orgánica en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

Beaton, J. D. 1985. Present and future trends in soil fertility management. p. 111-128. In Proceedings Ninth British Columbia Social Science Workshop. February 21-22, 1985. Vancouver, B. C.

Borget, S. C. 1992. Sensor technologies and control strategies for managing variability. In Proceedings Soil Specific Crop Management: A Workshop on Research and Development Issues. A Workshop on Research and Development Issues. April 14-16, 1992 Minneapolis, MN.

Clapp, J.G. Jr. 1984. Nutri-blast 2000: A new concept for clear liquid fertilizer application. p. 34-36. In

Proceedings 1984 Round-Up NFSA's Midyear Dealer Conference. July 25-27, 1984. Chicago , IL.

Domier, K.W., J.J. Mayko, and J. A. Robertson. 1985. Equipment requirements for fertilizer placement in cereals and small grains. Paper No. 85-1502. 1985 Winter Meeting ASAE, Chicago, IL.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1987. Nitrogen fertilization of winter wheat by point-injection of N solution. p. 269. In 1987 Agronomy Abstracts, 79th Annual Meeting Amer. Soc. of Agron. November 29-December 4, 1987. Atlanta, GA.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1988. Nitrogen fertilization of einter wheat. Agriculture Canada, Research Station, Lethbridge, Alta. Weekly Letter No. 2814. January 20, 1988.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1988. Optimum application paramenters for point injection of nitrogen in winter wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1878-1883.

Janzen, H.H., T.L. Roberts., and C.W. Lindwall. 1991. Uptake of point-injected nitrogen by winter wheat as influenced by time of application. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 259-264.

Luellen,W.R. 1985 Fine-tuned fertility: Tomorrow's technology here today. Crops and Soils 38 (2): 18-22.

Mayko, J. J. 1988. Personal communication. Edmonton, Albeta.

Murdock, L.W. 1991. The Soil Doctor - A field trial p. 127-133. In Prodeedings of the Twenty First Morth Central Extension-Industry Soil Fertility Conference. November 13-14, 1991. St. Louis, MO.

Rogers, R.B. 1987. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Rogers, R.B. 1988. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Rogers, R.B. 1992. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Schreier, H., and F. Zheng 1986. Using remote sensing techniques for field applications of variable rates of fertilizers. Report prepared for the Potash & Phosphate Institute. febraury 20, 1986. 47 pp.

Zheng, F., and H. Schreier. 1988. Quantification of soil patterns and field soil fertility using spectral reflection and digital processing of aerial photographs. Fertilizer Research 16: 15-30.