

TÍTULO DE LA INVENCIÓN

Sistema de aplicación de líquidos adaptable a abonadoras de caña.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere al sector agrícola, y más concretamente a implementos de fertilización, tales como abonadoras para la aplicación de granulados, a las cuales se les adapta sin modificación estructural un sistema para la aplicación simultánea de granulados y suspensiones líquidas.

ANTECEDENTES

La aplicación de fertilizantes en cultivos como la caña de azúcar constituye una práctica fundamental debido a la alta demanda de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, necesarios para sostener las tasas de crecimiento, incrementar la biomasa, la producción de azúcares, y garantizar la estabilidad del rendimiento agrícola. De no aplicarse fertilización, la extracción continua de estos nutrientes ocasiona agotamiento progresivo del suelo y disminución de la productividad. Ante esta necesidad, la mecanización resulta indispensable, y por ello en campo se usan las abonadoras, unos implementos agrícolas, diseñados exclusivamente para distribuir fertilizantes granulados en superficie o en surcos que agilizan labores que de forma manual serían ineficientes y costosas. Entre sus variantes, las abonadoras que abren un canal en el suelo, depositan el fertilizante cerca de la raíz y lo cubren con tierra son las más populares ya que reducen las pérdidas por volatilización de nitrógeno. Sin embargo, estos implementos tienen una limitación crítica; no permiten la aplicación de polvos o la aplicación simultánea de fertilizantes granulados y suspensiones líquidas que contengan microorganismos, microelementos, acondicionadores de suelos o bioestimulantes, lo que obliga a los agricultores a realizar aplicaciones manuales adicionales o a omitir dichos insumos, restringiendo así el potencial agronómico de los cultivos.

La patente US 7 096 805 B1 divulga un sistema de aplicación de fertilizante líquido que se monta justo delante de la protección que cubre el tubo de semillas de la sembradora. El fertilizante fluye por un tubo de caudal reducido cuya dosificación es regulada por una válvula de control proporcional, la cual ajusta el caudal en tiempo real según la velocidad de avance de la máquina. Todo el conjunto se ancla a los puntos de fijación del guardabarros junto al disco abridor y se prolonga hasta situar la boquilla

dentro del surco abierto, inyectando el fertilizante en la zona radicular sin tocar la semilla, lo que elimina el riesgo de “quema” y maximiza la absorción de nutrientes. Funcionalmente, el sistema aprovecha el depósito y la bomba de fertilizante líquido ya instalados en la sembradora, así como sus controles de dosis variable, sin precisar tanque propio ni alterar la estructura del implemento. Esta invención sólo es compatible con sembradoras que dispongan de un circuito de inyección líquida integrado.

La patente US 5 752 453 A divulga un sistema para aplicación de fertilizante sólido o líquido que incorpora un mecanismo completo de apertura y expansión del suelo: un disco cortador de gran diámetro y un disco disgregador menor, montados en un brazo castereado con un buje resiliente que controla la fractura del suelo. El fertilizante se transporta por un conducto de diámetro variable, fijado al brazo de la sembradora mediante múltiples orificios de ajuste, y se libera entre los dos discos, creando un “colchón” de tierra que aísla la semilla del producto aplicado. El sistema se integra al depósito y la bomba de fertilizante existentes, sin requerir tanque ni bastidor adicional, pero exige el reemplazo o adaptación de los estándares y discos de labranza originales. Física y funcionalmente, ofrece control preciso de la profundidad, la posición lateral y la fractura del suelo, a costa de un montaje más complejo y específico del implemento. Esta invención contempla un mecanismo físico de rompimiento del suelo y hace uso del tanque y bombas presentes en el implemento, sin poder funcionar como un sistema independiente.

La patente US 4 825 959 A divulga un sistema de aplicación de fertilizante líquido integrado en un rastrillo de labranza que combina la destrucción de malas hierbas y la fertilización del suelo en una sola pasada. El sistema consiste en un canal protector de acero con sección en “C” que se fija a la superficie inferior cóncava del ala del rastrillo, formando un conducto cerrado que aloja en su interior una tubería de distribución de fertilizante. A intervalos predeterminados, se perforan orificios a través del canal y la tubería, permitiendo la salida del fertilizante directamente en la zona de trabajo sin exponer la tubería a la abrasión del suelo y las piedras. El montaje se realiza con pernos y tuercas en puntos de anclaje existentes, de modo que la cavidad del rastrillo cubre completamente el conjunto canal-tubería para no impedir el flujo de tierra. El fertilizante, procedente de un depósito montado en el almacén del implemento o en un depósito auxiliar, circula por la tubería y sale por los orificios distribuidos a lo largo del ancho del rastrillo, asegurando una cobertura uniforme bajo el suelo suelto trabajado. Esta invención está diseñada para trabajar únicamente con rastrillos de labranza y no tiene en cuenta la posibilidad de aplicar fertilizantes sólidos al mismo tiempo que el líquido.

La patente AU 2015255942 B2 divulga un sistema montado en la sembradora que dosifica líquidos (fertilizantes, pesticidas u otros) directamente en el surco de siembra sin tanques adicionales. Emplea una pieza compactadora con ranuras laterales y un

inyector inclinado que deposita el fluido en la pared del surco a distancia de la semilla. Un colector modular reparte el líquido desde el contenedor a cada inyector, regulando el caudal mediante orificios intercambiables. Un monitor con GPS y sensores ajusta la dosis según mapas de prescripción o condiciones del terreno. El sistema opcionalmente sincroniza la apertura de la válvula con la detección de la semilla para optimizar la colocación, y permite reemplazar componentes para adaptarse a distintos insumos y condiciones. Esta invención sólo es compatible con sembradoras que dispongan de un circuito de inyección líquida integrado.

Aunque estas invenciones representan un avance en agricultura de precisión y demuestran la viabilidad de la dosificación líquida sola, en combinación con fertilizantes granulados o combinada con la siembra de cereales, ninguna contempla un sistema adaptable sin la necesidad de modificaciones estructurales a abonadoras de caña de azúcar que permita la aplicación sincronizada de fertilizantes sólidos y soluciones líquidas con microorganismos, microelementos, acondicionadores de suelos o bioestimulantes. Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia la necesidad de desarrollar un sistema que sea adaptable a abonadoras de caña de azúcar y que contenga todos los elementos necesarios para realizar la aplicación de líquidos al mismo tiempo que la abonadora aplica los fertilizantes granulados, donde ambos insumos sean depositados simultáneamente en el surco abierto por la abonadora justo antes de su cubrimiento.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El sistema de aplicación de líquidos que la invención propone ha sido pensado para resolver una falta de las abonadoras convencionales, ya que permite dosificar fertilizantes granulados y soluciones líquidas en un solo paso de trabajo, sin modificar la estructura original de la máquina ni cambiar las prácticas de fertilización del agricultor. El chasis de la invención se fija a la abonadora mediante reatas de carga con tensado ajustable, de modo que el conjunto puede montarse y desmontarse rápida y fácilmente, sin necesidad de herramientas especiales.

El depósito de líquidos incorpora un sensor de nivel, filtro de sólidos y acoples neumáticos rápidos que facilitan la conexión de las mangueras de conducción y simplifican el mantenimiento.

El sistema cuenta con un módulo de control montado sobre el chasis y en él se alojan las bombas peristálticas, el GPS, los sensores ambientales y el sistema de potencia. Desde este módulo, las bombas peristálticas extraen la suspensión líquida del tanque de almacenamiento y la conducen hasta la salida del fertilizante granulado para inyectarla en el surco abierto por la abonadora justo antes de su cobertura.

La interfaz hombre-máquina (IHM), instalada en la cabina del tractor, integra el control electrónico, la conectividad IoT, el Bluetooth y una pantalla táctil. La IHM recibe señales de un sensor de efecto Hall situado en el eje del sinfín de la abonadora y calcula, en función de la señal del GPS, la dosis de líquido que debe inyectarse. A su vez, la interfaz de la IHM muestra en tiempo real el consumo de líquido, el estado de los sensores, de las bombas peristálticas y permite ajustar los parámetros de dosificación. Además, el sistema registra coordenadas GPS y variables ambientales para generar mapas de aplicación georreferenciados, mejorando la trazabilidad de las labores.

La particularidad más destacada del presente sistema es su capacidad de adaptación a diferentes modelos de abonadoras, y su versatilidad para aplicar soluciones líquidas que incluyen microorganismos, microelementos, acondicionadores de suelo o bioestimulantes. De este modo, ofrece una solución eficiente y económica que elimina labores adicionales en campo y genera las condiciones perfectas para los insumos aplicados en la solución líquida.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los aspectos técnicos relevantes y las ventajas de la presente invención se entenderán mejor con las siguientes figuras numeradas a continuación:

Figura 1: Vista del sistema completo, mostrando el chasis portante, tanque de almacenamiento y el módulo de control.

Figura 2: Vista del módulo de control, detallando el sistema de potencia, las bombas peristálticas, GPS, sensores, conectores de datos a la IHM y los conectores de alimentación

Figura 3: Vista del sistema instalado en la abonadora, haciendo énfasis en el sensor de efecto Hall y la distribución de las mangueras desde el módulo de control hasta las salidas del granulado.

Figura 4: Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.

Figura 5. Diagrama del sistema electrónico del dispositivo.

Figura 6: Interfaz de la pantalla IHM.

Figura 7. Dashboard que permite la elaboración de informes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención corresponde, haciendo referencia a la Figura 1, a un sistema electrónico autónomo y modular concebido para acoplarse a abonadoras empleadas en la fertilización del cultivo de caña de azúcar sin necesidad de realizar modificaciones estructurales al equipo base. Su núcleo consiste en un chasis portante (1) fabricado con acero inoxidable, galvanizado o pintado con recubrimientos anticorrosivos, diseñado en un formato modular que facilita el desmontaje y el reemplazo de cada componente.

Sobre esta estructura se monta un módulo de control (4) y un tanque de almacenamiento (2) cuyas capacidades oscilan entre 20 y 100 litros, manteniendo una proporción uniforme de diseño de chasis que se adapta a la capacidad requerida; el tanque, construido en HDPE de alta resistencia o acero inoxidable, incorpora un sensor de nivel (7) y un acople neumático rápido de 16mm (3) con filtro para evitar el paso de sólidos que puedan obstruir la manguera.

Dicho módulo de control se conforma como una carcasa construida en material plástico o acero inoxidable con grado de protección al polvo y al agua mínima IP65 y resistente a golpes, que en su interior contiene cuatro bombas peristálticas (13) de alta precisión con rangos de dosificación de 0,1 mL/min a 2 L/min, donde el ingreso de líquido desde el tanque se realiza mediante una manguera de 16 mm que llega a un acople neumático rápido de 16mm (5) conduce el fluido a un distribuidor, el cual lo subdivide en cuatro ramas, alimentando cada cabezal de las bombas peristálticas y que a su salida se conectan cada a una acople neumático rápido de 6mm (6) que permitirá conducir el líquido hacia el lugar de inyección en el surco mediante el uso de mangueras (8).

En el módulo de control se encuentra, el sistema de potencia que es reversible y adaptable a fuentes de 12V o 24V (9) y los dispositivos GPS (10) y sensores de temperatura y humedad (11). El sistema incorpora un sensor de efecto Hall (12) que es montable en cualquier punto del eje del sinfín de la abonadora mediante una pinza mecánica ajustable (17), el cual detecta el inicio de la liberación del fertilizante granular y sincroniza el arranque de las bombas peristálticas para la dosificación líquida. Adicionalmente, la señal de GPS permite calcular con precisión la velocidad de avance, la distancia recorrida y el área cubierta, ajustando en tiempo real la dosis aplicada por metro lineal de surco (Figura 4). De este módulo también sale una pantalla IHM (14) que se ubica en la cabina del tractor y que contiene el microcontrolador, el sistema de almacenamiento y los módulos de comunicaciones bluetooth y IoT 3G/4G.

La Figura 5 presenta la arquitectura y conexiones de los módulos funcionales que componen el sistema electromecánico. El módulo central está constituido por un

sistema de microprocesamiento basado en un microcontrolador y que procesa las señales provenientes de los sensores de efecto Hall, nivel, humedad y temperatura. Simultáneamente, el sistema establece comunicación bidireccional mediante protocolos OEM con los módulos de transmisión de datos IoT, el módulo GPS y la pantalla táctil. Asimismo, genera y transmite las señales de control hacia los módulos de potencia que gobiernan el funcionamiento de los motores de las bombas peristálticas.

La arquitectura de conexiones del sistema está diseñada para optimizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando operaciones eficientes y simplificando las intervenciones técnicas en campo.

La instalación se lleva a cabo en la abonadora mediante reatas de carga con tensado ajustable (16), asegurando que la instalación se puede llevar a cabo sin necesidad de herramientas especializadas; el sistema puede montarse también en la parte frontal del tractor. Las conexiones rápidas neumáticas permiten conectar las mangueras que conducen el líquido dosificado por las bombas peristálticas, las cuales son extendidas y fijadas mediante el uso de amarras plásticas a las salidas del fertilizante granulado de la abonadora (18) y el sistema está provisto con conexiones eléctricas para trabajo pesado (15) que facilitan el acople y la protección contra la intemperie.

Al iniciar la operación, el operario debe comprobar la fijación de mangueras y cables antes y llenar el tanque con al menos 20 litros de agua para verificar la estanqueidad del sistema, donde una vez verificada, se procede a adicionar los insumos a ser aplicados en el cultivo. Posteriormente debe encender el sistema, para que a través de la IHM ubicada en la cabina del tractor el operador pueda acceder a todas las funciones de configuración y uso del sistema (Figura 6.). El operador debe primero realizar la purga de las bombas peristálticas y luego configurar los parámetros de aplicación como los son el volumen de líquido, el área a tratar, la distancia entre surcos, la velocidad de trabajo en caso de que se vaya a realizar una aplicación a velocidad constante. En esta pantalla se visualizan en tiempo real la velocidad del tractor, el área aplicada, el volumen dosificado, la distancia recorrida y las alertas de fallos o pérdida de señal. Complementariamente, una aplicación Android permite simular velocidades de avance para calibración y supervisar el sistema durante la operación, con opciones de modos manuales y automáticos.

Los datos de la aplicación se registran en memoria interna en formato CSV y pueden exportarse vía SD card o transmitirse a la nube por el módulo IoT y permiten generar mapas compatibles con plataformas GIS que resumen el área aplicada, la dosis, las condiciones ambientales y la trayectoria espacio-temporal del tractor, facilitando la trazabilidad agronómica y administrativa de la labor (Figura 7.).

Las principales ventajas de la invención se centran en cuatro aspectos complementarios: portabilidad y modularidad, precisión y eficiencia en la dosificación, integración de telemetría y trazabilidad, y sostenibilidad agronómica.

- Aunque el sistema puede ser instalado de manera permanente a la abonadora es concebido como portable y modular, permitiendo que se instale y desinstale sin herramientas específicas y en cuestión de minutos mediante reatas de carga con tensado ajustable, lo que permite el trasladarlo fácilmente entre diferentes abonadoras. El formato modular facilita el mantenimiento al permitir reemplazar individualmente el tanque, las bombas peristálticas o el módulo electrónico sin intervenir el resto del sistema, reduciendo tiempos de inactividad y costos de servicio.
- La precisión y la eficiencia se logran gracias a las bombas peristálticas sincronizadas con el sensor por el microcontrolador. Esta sinergia garantiza que la dosificación líquida sea proporcional al avance real del tractor, sin variaciones por pendientes ni irregularidades del terreno, optimizando el uso de insumos y evitando sobredosificaciones o falta de producto en tramos críticos.
- La integración de comunicaciones IoT 3G/4G, Bluetooth y GPS con un microcontrolador centralizado dota al sistema de capacidades de telemetría y trazabilidad en tiempo real, donde el operario recibe alertas instantáneas de fallos o pérdidas de señal, y los datos de dosis, velocidad, área aplicada y condiciones ambientales se registran automáticamente en CSV y se transmiten a la nube para generar mapas en PDF compatibles con GIS. Esta información facilita la toma de decisiones agronómicas y la rendición de cuentas administrativas, al ofrecer evidencia digital detallada de cada aplicación.
- Desde el punto de vista agronómico, la aplicación directa de soluciones líquidas en la rizósfera protegida por suelo mejora la viabilidad y colonización de microorganismos benéficos, aumenta la absorción de microelementos, maximiza la eficacia de bioestimulantes y aplica en condiciones ideales acondicionadores de suelos.

Este nivel de integración permite sustituir múltiples pasos y equipos por una sola pasada de máquina, reduce el tiempo y costo de operación, garantiza una aplicación precisa y homogénea de diversos insumos en condiciones reales de campo, y ofrece una versatilidad inédita. De este modo, la invención aporta un avance significativo en la mecanización de la fertilización de caña de azúcar, optimizando recursos y mejorando el rendimiento agronómico.