Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

La integración entre la ingeniería agronómica y las cadenas de suministro: tratamiento de semillas, agricultura de precisión y sostenibilidad en los cultivos de soja y maíz.

La integración entre la ingeniería agronómica y las cadenas de suministro: tratamiento de semillas, agricultura de precisión y sostenibilidad en los cultivos de soja y maíz.

Lucas Marciano Relva - Ingeniero Agrónomo del Centro Auxilium de la Universidad Católica Salesiana.

Resumen

La continua expansión de la demanda mundial de alimentos y biocombustibles impone a la ingeniería agronómica el reto de maximizar la productividad de los cultivos de soja y maíz mediante la optimización de los recursos naturales y tecnológicos. Este artículo científico tiene como objetivo realizar una investigación multidisciplinaria sobre la gestión de los factores de producción en monocultivos a gran escala, analizando la intersección entre la ecofisiología vegetal y la eficiencia de la cadena de suministro. La metodología adoptada consiste en una revisión analítica de la literatura de carácter deductivo, sustentada en los postulados de la ciencia de los materiales agrícolas y la logística de distribución. El alcance del estudio abarca los mecanismos bioquímicos de protección de plántulas mediante el tratamiento de semillas, la dinámica de fertilidad de los suelos tropicales, el impacto de la aplicación de dosis variables guiada por sistemas de posicionamiento global y la necesidad de estructurar la logística en el flujo de insumos sensibles. Los resultados demuestran que la gestión integrada de biosoluciones, cuando se alinea con una red de distribución que garantiza la integridad fisicoquímica de los productos, reduce las pérdidas sistémicas y aumenta la viabilidad del cultivo. Se puede concluir que el dominio de las variables agronómicas, combinado con la eficiencia en el suministro de insumos, constituye el vector central para garantizar la resiliencia productiva y la sostenibilidad económica que requiere una agricultura de alto rendimiento.

Palabras clave: Ingeniería agrícola. Tratamiento de semillas. Agricultura de precisión. Cadena de suministro agrícola. Sostenibilidad.

Abstracto

La continua expansión de la demanda mundial de alimentos y biocombustibles impone a la ingeniería agronómica el reto de maximizar la productividad de los cultivos de soja y maíz mediante la optimización de los recursos naturales y tecnológicos. El objetivo principal de este artículo científico es realizar una investigación multidisciplinaria sobre la gestión de los factores de producción en monocultivos a gran escala, analizando la intersección entre la ecofisiología vegetal y la eficiencia de la cadena de suministro. La metodología adoptada consiste en una revisión bibliográfica analítica deductiva, sustentada en los postulados de la ciencia de los materiales agrícolas y la logística de distribución. El alcance del estudio abarca los mecanismos bioquímicos de protección de plántulas mediante el tratamiento de semillas, la dinámica de fertilidad de los suelos tropicales, el impacto de la aplicación de dosis variables guiada por sistemas de posicionamiento global y la necesidad de estructurar la logística en el flujo de insumos sensibles. Los resultados demuestran que la gestión integrada de biosoluciones, cuando se alinea con una red de distribución que garantiza la integridad fisicoquímica de los productos, reduce las pérdidas sistémicas y aumenta la viabilidad del cultivo. Se concluye que el dominio de las variables agronómicas, combinado con la eficiencia en el suministro de insumos, constituye el vector central para garantizar la resiliencia productiva y la sostenibilidad económica que requiere una agricultura de alto rendimiento.

Palabras clave: Ingeniería agronómica. Tratamiento de semillas. Agricultura de precisión. Cadena de suministro agrícola. Sostenibilidad.

1. Introducción

La ingeniería agrícola opera en el epicentro de las transformaciones destinadas a garantizar la seguridad alimentaria mundial, operando bajo la premisa de que el aumento de la producción agrícola debería

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

Esto puede ocurrir a través de ganancias en productividad vertical, sin expansión indiscriminada a áreas de Vegetación autóctona. Los cultivos de Glycine max (soja) y Zea mays (maíz) constituyen la base. a partir de esta matriz de producción, se requieren paquetes tecnológicos cada vez más sofisticados para expresar su máximo potencial genético. Sin embargo, el entorno de cultivo somete al material botánico a estrés abiótico continuo, como el déficit de agua y las fluctuaciones severas de temperatura, además de los estrés Los factores bióticos están representados por la competencia con plantas invasoras y los ataques de fitopatógenos. Para mitigar estas adversidades es necesario formular estrategias que incluyan tratamiento.

La preparación previa de las semillas, una gestión rigurosa de la nutrición mineral y la adopción de técnicas de monitoreo son factores importantes. espacial. La complejidad de estas intervenciones requiere que el profesional no actúe de forma aislada en campo, pero comprender las variables fisiológicas y químicas que determinan el comportamiento de Plantas bajo diferentes regímenes de manejo. La literatura científica demuestra que la eficiencia en El establecimiento de un cultivo determina su capacidad para interceptar la luz y acumular biomasa en el suelo. etapas fenológicas subsiguientes.

Aunque los avances en la formulación de insumos agrícolas han proporcionado la el desarrollo de moléculas químicas más selectivas y agentes biológicos altamente viables, La transferencia de estas tecnologías de los laboratorios al campo de cultivo se enfrenta a restricciones. orden logístico y operativo. La degradación de los inóculos microbiológicos debido a Almacenamiento inadecuado o retrasos en la entrega de fertilizantes básicos durante el corto período de tiempo Los datos de siembra muestran que la eficacia agronómica depende estrictamente de la infraestructura de suministro. Autores como Ballou (2004) destacan la importancia del flujo de información y materiales en mantener la integridad del producto. Este artículo investiga esta correlación directa entre la La aplicación de la ciencia agronómica en las zonas de cultivo y la infraestructura necesaria para que sea viable. La hipótesis que guía el estudio argumenta que optimizar la productividad en monocultivos a gran escala La ampliación requiere la integración del monitoreo agronómico de precisión con la estandarización de procesos de distribución. Por lo tanto, el objetivo es demostrar que el conocimiento de la fisiología de La gestión de los cultivos, combinada con la gestión de los insumos técnicos, consolida la sostenibilidad del sistema de producción. Reducir las pérdidas económicas y minimizar el impacto ambiental de las actividades agrícolas.

2. Fisiología de la germinación y ciencia del tratamiento de semillas

La semilla constituye la unidad de dispersión y perpetuación de las espermatofitas, albergando la El embrión vegetal y las reservas metabólicas necesarias para el establecimiento autotrófico de la plántula. El proceso de germinación comienza con la imbibición, caracterizada por la rápida absorción de agua que Rehidrata los tejidos y reactiva el metabolismo enzimático, lo que culmina en la elongación de la raíz. a través de la cubierta de la semilla. Durante esta fase inicial, la semilla es extremadamente vulnerable a ataque de microorganismos patógenos que habitan el suelo, como hongos del género Fusarium,

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

Pythium y Rhizoctonia, que causan marchitamiento de plántulas y pudrición de raíces. Tratamiento
El tratamiento de semillas (TS) actúa como una barrera protectora química y biológica que se aplica directamente a la cubierta de la semilla.
la capa protectora del tejido, impidiendo la penetración de las hifas fúngicas y el establecimiento de la infección.
La formulación de soluciones fungicidas implica el uso de moléculas de contacto, que promueven la desinfección.
externas al propágulo y moléculas sistémicas, que son absorbidas por el embrión y translocadas por
xilema, lo que prolonga el período de protección de los tejidos aéreos recién formados.

La elección entre el tratamiento industrial de semillas (IST) y el tratamiento realizado en
El cultivo en la propia explotación requiere un análisis minucioso de la dosis, la homogeneidad y la viabilidad.
de ingredientes activos. El TSI se lleva a cabo en unidades de procesamiento equipadas con maquinaria.
que controlan el volumen del jarabe en proporción exacta al peso del lote, añadiendo polímeros de
Recubrimientos que fijan los ingredientes activos, reducen la liberación de polvo tóxico y mejoran la...
Flujo de semillas en los discos dosificadores de las sembradoras. En contraste, el tratamiento On-
La flexibilidad de Farmofefe en la formulación del cóctel químico permite la adición de productos.
aplicaciones específicas unas horas antes de la siembra. Esta técnica es particularmente ventajosa para la aplicación
de productos de naturaleza biológica, como las bacterias diazotróficas, cuya supervivencia es drásticamente
reducido cuando el tratamiento se realiza con meses de antelación. La ejecución de esta modalidad
Requiere una calibración rigurosa de las mezcladoras de concreto o los transportadores de tornillo para evitar la abrasión.
La mecánica del tegumento y la sobredosis de solventes podrían causar fitotoxicidad en el embrión.

La inserción de agentes biológicos y promotores del crecimiento en los recubrimientos de las semillas.
Esto representa un avance significativo en la inducción de resistencia a los estrés abióticos. Inoculación de
El cultivo de soja con cepas seleccionadas de Bradyrhizobium japonicum establece una relación
relación simbiótica en la que el procariota coloniza el sistema radicular y forma nódulos capaces de convertir el
El nitrógeno molecular atmosférico se convierte en compuestos de amoníaco que pueden ser asimilados por la planta. Este proceso,
Conocida como fijación biológica de nitrógeno (FBN), satisface las elevadas demandas metabólicas del cultivo.
para la síntesis de aminoácidos y proteínas, eliminando la dependencia de los fertilizantes nitrogenados.
Los métodos sintéticos son costosos y requieren mucha energía. En el caso de pastos como el maíz, se recomienda el uso de rizobacterias.
Los promotores del crecimiento vegetal, como Azospirillum brasilense, inducen la producción de
fitohormonas como el ácido indolacético (AIA), que estimula la proliferación de pelos radiculares,
Ampliar el volumen de suelo explorado e incrementar la capacidad de interceptar agua y nutrientes.
soluble.

La eficacia de estas biosoluciones requiere que la formulación del tratamiento tenga en cuenta...
Compatibilidad fisicoquímica entre agentes biológicos y plaguicidas sintéticos. Aplicación
El uso combinado de fungicidas ácidos con inoculantes líquidos puede provocar la lisis celular de los...
bacterias incluso antes de la siembra. El uso de aditivos osmoprotectores y agentes estabilizadores en
La solución tiene como objetivo proteger la integridad de las membranas celulares de los microorganismos durante el proceso de

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

Desecación de polímeros en la semilla. La investigación en el campo de la tecnología de semillas evalúa la tasa de supervivencia bacteriana en las primeras horas posteriores al tratamiento, lo que demuestra que el orden La adición de productos a la máquina de tratamiento altera el resultado. El posicionamiento correcto de la Por lo tanto, el uso de biopesticidas requiere protocolos agronómicos estrictos que garanticen la seguridad de los productos. productos químicos en organismos vivos, asegurando que el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) alcanzar el límite mínimo factible establecido por las normas reglamentarias.

La protección inicial de las plántulas determina la homogeneidad del cultivo, que es variable. lo cual influye directamente en la arquitectura del dosel vegetal y en la capacidad de la vegetación para cerrarse. Entre líneas. Los fallos en la respuesta de emergencia crean brechas que reducen la interceptación de la radiación. Son fotosintéticamente activas y promueven la germinación de malezas fotoblásticas positivas. suministro adecuado de micronutrientes, especialmente molibdeno y cobalto, proporcionado directamente a través de la cubierta de la semilla, asegura el correcto funcionamiento de las enzimas nitrogenasa y nitrato reductasa en Procesos simbióticos. Se observa que la adopción de un programa de tratamiento de semillas Con base científica, constituye una herramienta de gestión que precede a la siembra, actuando contrarrestar preventivamente las restricciones bióticas en el suelo y dar al cultivo el vigor necesario para para establecer un sistema de raíces profundo y resistente, un requisito fundamental para el soporte de Alta productividad en sistemas agrícolas extensivos.

3. Dinámica de nutrientes, fertilidad del suelo y manejo de biosoluciones

Comprender la química del suelo y los fenómenos de adsorción y desorción de iones es fundamental. Un principio fundamental para el manejo de la fertilidad en áreas de producción intensiva. Oxisoles y Los argisoles que predominan en el bioma del Cerrado poseen características mineralógicas específicas. incluyendo altas concentraciones de óxidos de hierro y aluminio, arcillas de baja actividad (caolinita) y pH naturalmente ácido. Estas propiedades le dan al suelo una alta capacidad de fijación. Fósforo, un proceso en el que los aniones fosfato forman compuestos insolubles con hierro y aluminio. precipita, lo que hace que el nutriente no esté disponible para la absorción de las raíces. Según Malavolta (2006), La corrección de la acidez mediante la aplicación de cal eleva el pH y neutraliza el aluminio tóxico. Inhibe el crecimiento de las raíces y aumenta la capacidad efectiva de intercambio catiónico (CIC). La aplicación El yeso agrícola complementa la gestión del suelo al favorecer el descenso del calcio y el sulfato hacia las capas inferiores. capas subsuperficiales del perfil del suelo, mitigando la obstrucción química en profundidad y permitiendo que las raíces buscan agua durante los períodos de escasas precipitaciones.

El suministro de macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) sigue curvas. Las tasas de absorción varían según la fenología del cultivo. El maíz requiere altas tasas de reposición. El nitrógeno es esencial para la síntesis de clorofila y para determinar el número de óvulos en las mazorcas de maíz. La dinámica de El nitrógeno en el suelo es complejo y susceptible a múltiples vías de pérdida; el uso de urea en la fertilización de

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

El recubrimiento puede provocar la volatilización del amoníaco si la enzima ureasa hidroliza la molécula.
se evapora rápidamente de la superficie del suelo seco. Para evitar este proceso, la ingeniería de fertilizantes...
desarrollaron inhibidores de la ureasa y tecnologías de recubrimiento de polímeros que retrasan la liberación
del nutriente, sincronizando la disponibilidad del elemento en el suelo con la tasa de extracción por parte del cultivo.
El manejo del potasio requiere atención a la dinámica de lixiviación en suelos arenosos, lo que exige...
Fraccionamiento de la dosis para evitar que las fuertes lluvias transporten el catión a las capas.
más abajo, lejos de la zona de intercepción de la raíz.

Dentro del campo de la biología del suelo, el concepto de fertilidad ha evolucionado para integrar la actividad
El papel de la microbiota en el ciclo de nutrientes y la mineralización. El uso continuo de prácticas agrícolas.
Las medidas conservacionistas, combinadas con la adopción de soluciones biológicas, promueven el restablecimiento de las redes tróficas.
Condiciones del suelo. Desarrollo de productos basados en Bacillus megaterium u hongos micorrícicos.
Las técnicas arbusculares tienen como objetivo solubilizar fracciones de fósforo fijadas en arcillas o acceder a los microporos.
del suelo inaccesible a los pelos radiculares. La secreción de ácidos orgánicos y fosfatasas por estos
Los microorganismos rompen los enlaces de los fosfatos inorgánicos insolubles, haciendo que los ortofosfatos estén disponibles.
para la solución de la rizosfera. Esta ingeniería microbiológica permite optimizar la eficiencia de la fertilización.
fosfato sintético aplicado en el surco de siembra, convirtiendo una reserva pasiva de nutrientes y
no disponible en un recurso accesible a la planta, lo que se refleja directamente en el ahorro de insumos y
para reducir la dependencia de la extracción de roca fosfática.

La nutrición mineral de las plantas también incluye la regulación de los trastornos fisiológicos.
mediante la aplicación de fertilizantes foliares formulados con micronutrientes complejos o
Quelado con aminoácidos. Durante períodos de alto estrés oxidativo, como los causados por
debido a déficits transitorios de agua o desintoxicación después de la aplicación de herbicidas sistémicos,
El metabolismo del cultivo redirige su energía hacia la producción de especies reactivas de oxígeno.
(ROS). La aplicación de elementos como zinc, cobre y manganeso mediante pulverización foliar actúa
directamente en la activación del sistema enzimático antioxidante de la planta, incluido el superóxido.
Dismutasa. El boro desempeña un papel crucial en la estabilidad de la pared celular y la formación de tubos.
El polen durante la fase de plena floración; la ausencia transitoria de este elemento en el tejido foliar.
Puede provocar la caída de las flores y malformaciones en las vainas de los cultivos de soja.
El posicionamiento técnico de estos fertilizantes especiales en el programa de pulverización garantiza la
Soporte fisiológico necesario para la translocación de carbohidratos.

La gestión de la fertilidad del suelo se ha consolidado como un proceso continuo de construcción.
Un perfil químicamente equilibrado y biológicamente supresor contra patógenos. Reemplazo de
Los nutrientes no satisfacen exclusivamente las necesidades del cultivo siguiente, sino que tienen como objetivo mantener...
Niveles críticos adecuados para sistemas de rotación de cultivos. La paja que dejan las gramíneas de
Las cubiertas, como las especies del género Urochloa, reciclan volúmenes significativos de potasio que son

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

se libera gradualmente durante la descomposición de la materia seca. La estructuración del suelo, promovida
El sistema radicular profundo y fasciculado de estas plantas forrajeras mejora la aireación y la tasa de
Infiltración del agua, evitando la escorrentía superficial y la erosión laminar. Por lo tanto, el agrónomo actúa...
como gestor de este equilibrio termodinámico, calculando las tasas de extracción y exportación de
Los nutrientes presentes en los granos cosechados se utilizan para prescribir fórmulas correctivas que favorecen la longevidad de los...
Los recursos del suelo y el límite productivo de la agroindustria.

4. Implementar la agricultura de precisión y la ciencia de datos sobre el terreno.

La transición de la agricultura a gran escala a los modelos de agricultura de precisión (AP).
Ha reconfigurado los procesos de toma de decisiones en la gestión agronómica de cultivos. El concepto
Se basa en la premisa de que la variabilidad espacial y temporal de las propiedades físicas
La química del suelo y el vigor de las plantas son fenómenos intrínsecos en los ecosistemas cultivados, que
Esto convierte la aplicación de insumos en dosis promedio uniformes en una práctica que genera ineficiencias.
agronómica y económica. La identificación de esta heterogeneidad comienza con el muestreo del suelo.
cuadrícula o zonas de gestión, utilizando receptores del Sistema Global de Navegación por Satélite.
(GNSS) para georreferenciar cada punto de recolección. El análisis geoestadístico de estos datos,
A menudo mediante kriging, permite la generación de mapas de interpolación que resaltan los
gradiente de fertilidad del área. Integración con sensores de conductividad eléctrica aparente,
Remolcada por vehículos todoterreno, revela variaciones en la textura del suelo y en su capacidad de retención de agua.
humedad, ofreciendo un diagnóstico tridimensional del perfil del suelo que se va a cultivar.

La aplicación de tasa variable (VRA) convierte mapas en
Prescripciones digitales para operaciones mecánicas en tiempo real. Monitores de siembra y pulverización.
Vehículos autopropulsados equipados con sistemas hidráulicos de precisión y boquillas de control PWM (Modulación por Ancho de Pulso).
La modulación de ancho recibe los archivos en formato shapefile y modifica el volumen inicial.
Correctores o fertilizantes liberados por metro recorrido. En áreas donde el mapa indica arcilla densa.
y con alta fertilidad, la computadora de a bordo aumenta la población de semillas de maíz por hectárea a
explorar el potencial hídrico; en áreas arenosas y de bajo potencial, la tasa de siembra y la
Las dosis de nitrógeno se reducen automáticamente para prevenir la competencia intraespecífica en
Escenarios de déficit hídrico. Este ajuste automático garantiza que la entrada se posicione adecuadamente.
con la capacidad de carga de cada metro cuadrado de la granja, optimizando el retorno marginal en
Inversión en biotecnología y fertilizantes sintéticos.

La teledetección se ha consolidado como el método más rápido y menos destructivo para...
evaluación de la biomasa del cultivo y la actividad fotosintética a lo largo de su ciclo vegetativo y
Reproductivas. Imágenes orbitales capturadas por satélites de alta frecuencia de revisita o mediante estudios aéreos.
realizado por vehículos aéreos no tripulados (UAV) equipados con cámaras multiespectrales

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

Registran la reflectancia de la luz en las bandas del infrarrojo cercano y el rojo visible. El cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permite la detección de fluctuaciones en la concentración de clorofila de las hojas antes de que el ojo humano identifique el síntoma de clorosis. Áreas de Las parcelas que presentan bajos niveles de reflectancia indican fallos en la germinación y estrés hídrico. compactación aguda del subsuelo o incidencia de plagas masticadoras. A partir de estas imágenes, la Los agrónomos están desplegando equipos de monitoreo directamente en las zonas afectadas, reduciendo así el riesgo. tiempo de prospección en el campo y acelerar la adopción de medidas de control químico curativas o biológico.

Las tecnologías de telemetría a bordo y de piloto automático han transformado la dinámica. Las operaciones mecanizadas reducen la fatiga del operador y garantizan una precisión milimétrica. trayectorias. La dirección automática de los tractores, corregida por antenas de señal RTK (Real Time Kinect). La cinemática permite la implementación del tráfico controlado de máquinas (CMT). En esta técnica, todos Las operaciones de siembra, fumigación y cosecha se realizan exactamente sobre las mismas pistas virtuales. o pistas georreferenciadas, cosecha tras cosecha. Al restringir el pisoteo de neumáticos pesados a líneas de Las rutas de tránsito específicas preservan la estructura porosa del suelo en las franjas de cultivo, evitando... Compactación física que impide el desarrollo del sistema radicular de la soja. Además, la Eliminar las franjas de aplicación superpuestas (superposición) en los pulverizadores evita la formación de secciones. Las plantas reciben dosis dobles de herbicidas, lo que previene la fitotoxicidad que retrasaría la metabolismo de las hojas.

El volumen de datos generados por esta infraestructura tecnológica sitúa al sector agrícola en una era posterior. Big Data. Los monitores de productividad instalados en el elevador de grano de las cosechadoras miden Ajusta instantáneamente el flujo másico y el contenido de humedad del material cosechado cada segundo, generando el Mapas definitivos de cosecha. Estos mapas representan el registro fidedigno de éxito o fracaso. de las intervenciones agronómicas adoptadas durante toda la temporada de cultivo. La interrelación de capas de datos. Productividad final con los mapas originales de aplicación de cal, pendiente y precipitaciones. El crecimiento acumulado y el vigor vegetativo alimentan los algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático. Estos modelos analíticos identifican correlaciones complejas entre variables y recomiendan ajustes. dentro de los límites de la población de plantas y las dosis de fertilización para el ciclo del año siguiente, estableciendo un proceso continuo de mejora productiva basado en datos empíricos y análisis estadísticos. estricto.

5. Manejo integrado de plagas y malezas y sanidad de los cultivos

La integridad del índice de área foliar y el mantenimiento de la salud de los tejidos vasculares de Las plantas son factores clave en la translocación de carbohidratos hacia los órganos reproductivos. (vainas y mazorcas). La presencia de organismos competidores y patógenos en el agroecosistema requiere

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

la implementación de un sistema de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP), que establece métodos
Los métodos de muestreo sistemático de la población definen el momento exacto de la intervención a través del Nivel.
Plan de Acción (PA) y Nivel de Daños Económicos (NDE). Fumigación basada en calendario.
El seguimiento cronológico, o las medidas profilácticas excesivas, están siendo reemplazados por el seguimiento entomológico.
Pruebas continuas mediante golpes con un paño y evaluación de los daños en las hojas. Insectos chupadores, como
Las chinches de la especie Euschistus heros atacan las vainas de soja durante la etapa de llenado de las mismas.
granos, inyectando toxinas que causan malformación de las semillas, reducen el vigor de la germinación y
Favorecen la entrada de hongos necrotróficos que comprometen los estándares de calidad en
Clasificación industrial del producto cosechado.

Los avances en biotecnología han proporcionado a la agronomía cultivares genéticamente modificados que expresan proteínas cristalinas insecticidas derivadas de la bacteria Bacillus thuringiensis (tecnología (Bt). La inserción de estos genes en el genoma de la soja y el maíz confiere resistencia endógena contra larvas principales de lepidópteros defoliadores y barrenadores de tallos, como Spodoptera frugiperda y Helicoverpa armigera. La ingestión de tejido vegetal por orugas susceptibles provoca la unión de La toxina Bt se une a receptores específicos en el intestino medio del insecto, causando una alteración osmótica del mismo. epitelio y la muerte del patógeno. Para retrasar la evolución de la resistencia genética en las poblaciones de insectos a estas toxinas, se recomienda la plantación de Áreas de Refugio: bloques o franjas de cultivares no transgénicos. sembrado proporcionalmente al área total: esto es imperativo. Cruce entre insectos resistentes, que finalmente sobreviven en el cultivo Bt, y los insectos susceptibles, preservados en el área de refugio, asegura la dilución del alelo de resistencia en la población, preservando la vida útil y la durabilidad del tecnología biotecnológica.

El control de malezas enfrenta el complejo desafío de controlar la proliferación de especies botánicas que han desarrollado mecanismos de resistencia a herbicidas de amplio espectro acción, como los inhibidores de enzimas EPSP. El uso ininterrumpido de la misma molécula activa ejercida intensa presión de selección, favoreciendo biotipos de Conyza spp. (hierba pulguera), Digitaria insularis (hierba-amargo) y Amaranthus spp. (bledo), capaz de metabolizar la molécula del herbicida o presentar mutaciones en el sitio diana enzimático. Controlar estos invasores agresivos, que compiten Al requerir vigorosamente agua, luz solar y nitrógeno al comienzo del ciclo de cultivo, esto exige la adopción de Programas de gestión que implican la rotación de mecanismos de acción químicos. La aplicación de herbicidas preemergentes que inhiben las enzimas PPO, ALS o los inhibidores de la división celular. Cuando se aplica directamente al suelo, forma una película protectora residual que impide la germinación del banco de semillas. especies invasoras, ofreciendo un período inicial de control limpio (cierre limpio) hasta que se establezca el dosel. Al sembrar soja, cierre los espacios entre las hileras para evitar que la radiación solar llegue al suelo.

Enfermedades fúngicas epidémicas, especialmente la roya asiática de la soja (Phakopsora). pachyrhizi), requieren programas de fungicidas severos compuestos por mezclas de triazoles y estrobilurinas.

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

y carboxamidas, acompañadas de fungicidas multisitio (protectores) basados en mancozeb o Clorotalonil. El patógeno biotrófico coloniza el tejido foliar y destruye el aparato fotosintético, generando Las pústulas urediniales que atraviesan la epidermis aumentan la tasa de sudoración incontrolada y aceleran La senescencia y la defoliación prematura del cultivo impiden la acumulación final de materia seca en los granos. La estrategia fitosanitaria requiere fumigaciones preventivas o fumigaciones en la primera etapa de la infección. guiados por modelos climáticos y monitoreo de esporas capturadoras de viento instaladas en región. El uso de tecnología de aplicación avanzada, regulando la presión de trabajo, el caudal y la El diámetro de la gota generada por las boquillas de pulverización cónicas o en abanico es vital para la solución fungicida. penetrar la barrera de las hojas en el tercio superior de la planta y depositar con éxito el ingrediente activo en El tercio inferior, donde el microclima húmedo favorece la germinación temprana de las esporas.

El control biológico inundativo se está estableciendo como una herramienta complementaria en el arsenal de Manejo Integrado de Plagas (MIP), mitigando los efectos nocivos de la aplicación continua de insecticidas de amplio espectro que Diezman la fauna de insectos polinizadores y depredadores beneficiosos. La liberación programada de Las avispas microparasitoides del género Trichogramma, utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV), permiten que las avispas Localizan y parasitan los huevos de las polillas plaga incluso antes de que eclosionen las orugas. consonancia, aplicaciones foliares de hongos entomopatógenos como Beauveria bassiana o Metarhizium anisopliae infecta al insecto huésped a través del contacto con la cutícula, germinando y invadiendo su hemocele en condiciones de alta humedad atmosférica. El agrónomo calibra el Integración temporal de estas herramientas; la supresión biológica inicial preserva a los enemigos naturales y Estabiliza la dinámica de la población, mientras que la aplicación de agroquímicos se reserva para aquellos Picos de presión extremos que amenazan con alterar la capacidad metabólica de tolerancia y recuperación. aplicación foliar del cultivo.

6. Cadena de suministro agrícola y gestión logística de los factores de producción

La implementación oportuna y precisa de recomendaciones agronómicas complejas en el campo es intrínsecamente dependiente de la integridad y fluidez de la red de distribución y suministro de insumos. La cadena de suministro agrícola se caracteriza por una marcada estacionalidad, concentración demanda dentro de ventanas de tiempo restringidas por patrones de lluvia y la necesidad de preservar Formulaciones químicas y microbiológicas susceptibles de degradación. Las formulaciones desarrolladas por Los puntos de Ballou (2004) sobre la gestión del flujo de materiales se aplican directamente a la planificación. de los canales de distribución de semillas, fertilizantes y productos biológicos. El retraso en la entrega de lotes de Las semillas pretratadas con polímeros impiden el aprovechamiento de la humedad óptima del suelo. debido a las primeras lluvias de primavera, retrasando la fecha de siembra y cambiando la fase sensible de La floración del maíz de segunda cosecha se produce durante los meses de alto déficit hídrico y riesgo de heladas tempranas. lo que reduce sustancialmente el límite máximo de producción estipulado por la zonificación agrícola en función del riesgo climático.

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

La distribución de insumos de base biológica, como inóculos líquidos que contienen cepas
Las bacterias fijadoras de nitrógeno vivas o los hongos antagonistas de los nematodos imponen severas
Restricciones termodinámicas en la logística de almacenamiento y transporte. La viabilidad celular de estos
Los organismos disminuyen exponencialmente cuando se exponen a temperaturas superiores a ciertos umbrales.
recomendado por los fabricantes o sometido a radiación solar directa en almacenes de concesionarios. La infraestructura
instalaciones de almacenamiento en centros de distribución regionales e instalaciones de almacenamiento en frío establecidas en cooperativas.
Las zonas rurales necesitan mantener un control climático estricto. La falta de capacitación para los equipos
Los errores logísticos operativos en la manipulación de agentes microbianos vivos provocan la destrucción total del producto.
El ingrediente activo se transporta antes de llegar al tanque de mezcla del agricultor.
Bajo el régimen Just-in-Time , se requieren sistemas integrados de previsión de la demanda que conecten los
Informes de planificación agronómica de cultivos para propiedades con capacidad de formulación.
de las industrias agroquímicas y biológicas.

El flujo de macrofertilizantes granulados (cloruro de potasio, superfosfato simple, urea)
Moviliza volúmenes físicos continentales que dependen de redes de integración de carreteras y ferrocarriles y
Transporte por vía fluvial. Los puertos marítimos que reciben la carga de minerales importados deben presentar
Alta tasa de descarga para evitar la congestión en los muelles y las tarifas por exceso de consumo.
Permanecer. Gestionar el transporte de estos materiales pesados hacia el Medio Oeste productor requiere
Análisis de ingeniería de rutas para garantizar la llegada sincronizada de los big bags a los almacenes.
Explotaciones agrícolas. Es fundamental gestionar los inventarios intermedios en distribuidores y minoristas especializados.
para amortiguar la volatilidad de los precios internacionales de las materias primas y abastecer al productor en
Situaciones que requieren una actuación inmediata e imprevista, como la replantación de zonas dañadas por el granizo.
Dimensionamiento adecuado de flotas de transporte por carretera, guiado por algoritmos de
La planificación de rutas evita el tiempo de inactividad de la maquinaria y minimiza los costos operativos del transporte de mercancías (OPEX).
final incrustado en el saco cosechado.

Formación técnica continua para equipos de ventas y representantes que trabajan en
Los distribuidores y las cooperativas actúan como enlace para la transferencia tecnológica entre la investigación científica y...
Los fabricantes y la realidad práctica de la explotación agrícola. La comercialización de herbicidas y fungicidas selectivos.
Los fertilizantes multisitio y de liberación lenta no se caracterizan como una venta de productos en
no solo como un producto en estantería, sino más bien como una prescripción consultiva de soluciones sistémicas basada en el diagnóstico de
Informes de laboratorio sobre suelos y análisis fitopatológicos. Alfabetización de los equipos en la cadena de suministro.
La falta de información sobre el mecanismo de acción de las moléculas químicas impide recomendar soluciones.
sustancias incompatibles que, al mezclarse en el tanque del pulverizador, podrían precipitar compuestos,
obstruir filtros y boquillas, o inactivar el ingrediente activo principal debido a una elevación excesiva del pH.
Agua de preparación. La capacitación transforma los centros de distribución regionales en centros avanzados.
Inteligencia y extensión agronómica, fortaleciendo la seguridad en la toma de decisiones de los productores.

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

El uso de sistemas digitales de planificación de recursos empresariales (ERP) y de gestión de almacenes .

Los sistemas de gestión de almacenes (WMS, por sus siglas en inglés) utilizados por las empresas del sector de suministros agrícolas automatizan el control de las fechas de caducidad.

Análisis químico de plaguicidas almacenados mediante protocolos de separación de principio a fin.

a Salida (FEFO). La complejidad fiscal inherente a la circulación de productos controlados, clasificados como

Las categorías toxicológicas estrictas establecidas por las agencias de vigilancia agrícola y ambiental requieren

Trazabilidad sistémica continua de los lotes comercializados. Digitalización de los pasos logísticos.

Esto reduce drásticamente la frecuencia de devoluciones de productos debido a daños físicos o caducidad.

Eficiencia agronómica, protegiendo los márgenes de beneficio de los distribuidores. Esta sincronicidad estructural en

El suministro de factores de producción garantiza que el arsenal biológico, genético y químico desarrollado

a través de la ingeniería agrícola, se puede llegar al suelo y a las hojas de los monocultivos en su estado puro, asegurando así la

El metabolismo de la biomasa vegetal que sustenta los inmensos flujos de cosecha.

7. Conclusión

Una investigación sistemática y profunda de los mecanismos que rigen el establecimiento, el

El desarrollo vegetativo y la protección de la salud de los cultivos de soja y maíz permiten llegar a ciertas conclusiones.

Aspectos fácticos y estructurales de la ingeniería de producción moderna a gran escala. Un análisis riguroso de

La literatura y los fenómenos ecofisiológicos demuestran de manera concluyente que el aumento continuo de

El potencial productivo ya no depende de intervenciones agronómicas basadas en la intuición empírica.

sino más bien en la adopción de la metrología científica, la monitorización y gestión espectral continua.

Análisis estequiométrico de enmiendas del suelo y plaguicidas. La complejidad del agroecosistema productivo.

Esto requiere que el ingeniero agrónomo actúe como analista termodinámico, calculando las pérdidas.

cambios en la productividad sistémica resultantes de la competencia invasora, evaluando el estrés biótico infligido.

al aumentar las poblaciones de lepidópteros y mitigar el agotamiento de minerales de la capa cultivable de

perfil del suelo.

La etapa de tratamiento de semillas, analizada en detalle a lo largo de las secciones de este estudio, se revela como...

como la principal intervención profiláctica con el mayor retorno sobre el capital invertido, dictando la

homogeneidad arquitectónica del stand y garantía de la vitalidad del tegumento en el entorno hostil.

y las oscuras profundidades de la rizosfera. La cuidadosa selección entre formulaciones industriales automatizadas.

y adaptaciones rurales, realzadas por una delicada inoculación biológica que promueve la simbiosis.

Las lesiones bacterianas en las raíces demuestran que la protección química y hormonal en el momento de la siembra determina el

techo biológico del cultivo. Paralelamente, el estudio fisicoquímico de la dinámica de las reacciones de

La fertilidad mineral certificó que el uso combinado de caliza profunda, yeso lixiviado y liberación

La formación lenta de nitrógeno proporciona el sustrato indispensable para sustentar la acumulación masiva de

Fotoasimilados y proteínas exportados en los granos finales vendidos comercialmente.

La consolidación irrefutable y la penetración masiva de las tecnologías digitales comprendidas bajo el término

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025

El paradigma de la agricultura de precisión ha transformado la variabilidad espacial de las granjas en una Activo manejable. El uso de algoritmos de kriging para el diseño de mapas de prescripción y el La adopción quirúrgica de tasas variables de semillas y nutrientes corrige anomalías topográficas en metros cuadrados, eliminando la costosa e ineficaz práctica de distribución basada en tarifas promedio. uniformes. La integración táctica de señales de telemetría basadas en RTK para el tráfico controlado, combinado con la detección temprana de lesiones fúngicas foliares o déficit de agua estomática a través de la reflectancia de Los drones multiespectrales han elevado la capacidad de intervención de los ingenieros a un grado de precisión superior. Una métrica que elimina la necesidad de rehacer el trabajo, ahorra en formulaciones costosas y evita la deriva no deseada de las gotas. en relación con los complejos permanentes de preservación ambiental ribereña.

El manejo integrado de organismos patógenos invasores ha demostrado que la dependencia El uso exclusivo de erradicación química masiva e ingredientes de amplio espectro ha generado graves problemas. selección de mutaciones genéticas de resistencia en el banco de malezas y en biología reproductiva de las orugas defoliadoras de las espigas y hojas. La preservación vital y prolongada de la eficiencia. El desarrollo biotecnológico de variedades transgénicas que expresan proteínas tóxicas depende estrictamente de y necesariamente implicando la implementación matemática de áreas de refugio aisladas susceptibles y Conservación meticulosa del ecosistema habitado por insectos microparasitoides beneficiosos. introducido por control biológico sistémico. La rotación del mecanismo de acción celular de Las defensas sistémicas paralizan la degradación de la protección enzimática y aseguran que el potencial destructivo La infección fúngica de enfermedades endémicas en las hojas inferiores debe suprimirse durante el período de humedad adecuado.

Un análisis exhaustivo de la cadena de suministro ha demostrado de manera concluyente que el dominio La pericia técnica dentro de las puertas pierde su validez teórica y económica si la infraestructura logística y El almacenamiento de suministros sensibles sucumbe a ineficiencias en la planificación, plazos incumplidos, Rutas mal estructuradas y cuellos de botella en el transporte de larga distancia en carreteras en mal estado. Supervivencia. Desde formulaciones bacterianas en frío hasta la cámara de inoculación y la distribución con precisión milimétrica, Just-in-Time El momento de la administración de lotes densos de macronutrientes depende de la estructura analítica de los sistemas. eficiencia operativa y alta fluidez en la programación de los procesos aduaneros portuarios. La capacitación Formación técnica corporativa sistemática y continua para la alfabetización de la extensa red de centros cooperativos. La distribución difunde la base científica de las recomendaciones sobre el terreno y garantiza una estandarización precisa.

Se puede concluir, por lo tanto, que la ingeniería agronómica aplicada a monocultivos a gran escala Opera en un entorno complejo y multifactorial, donde la biología molecular de las plantas y la ciencia... El procesamiento computacional de datos y el control estadístico logístico están intrínsecamente e inextricablemente vinculados. fusionados e interconectados en el proceso de generación del volumen final de cosechas globales. Control estricto en lo que respecta a las interacciones e intercambios del suelo, el manejo inteligente de los defensores y el despliegue sistémico. Los proyectos de diseño de la cadena de suministro constituyen el pilar de la seguridad nacional continua. El avance de esta ciencia Garantiza y determina la preservación económica del estricto margen de beneficio financiero del productor.

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año V, vol. 2, 2025 | Envío: 02/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicación: 06/09/2025
pavimentando de forma sólida y sostenible los exigentes cimientos del progreso y

Desarrollo ininterrumpido de cosechas vigorosas y continuas que sustentan los mercados mundiales.

exportaciones agrícolas limpias contemporáneas.

Referencias

BALLOU, RH. Logística empresarial: transporte, gestión de materiales y distribución física. Traducido por Hugo TY Yoshizaki. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BORÉM, A. et al. Tecnología de semillas. Viçosa: Editorial UFV, 2015.

EMBRAPA. Agricultura de precisión: resultados desde una nueva perspectiva. Brasilia: Embrapa, 2014.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrición Mineral de Plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

NEVILLE, AM Propiedades del hormigón. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TAIZ, L. et al. Fisiología y desarrollo vegetal. 6ª edición. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.