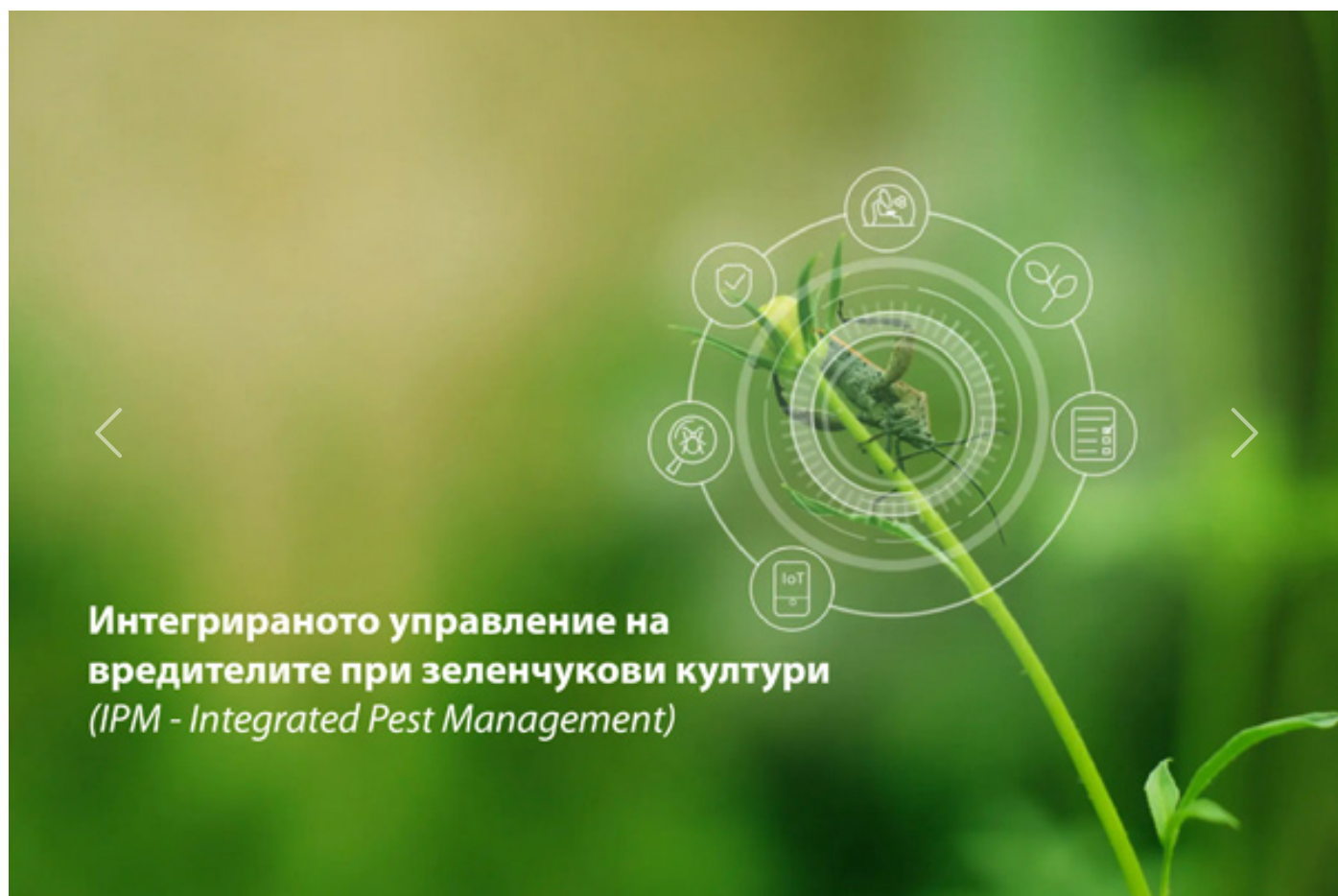


Manejo Integrado de Plagas en Cultivos de Hortalizas – Un Nuevo Enfoque con Tradiciones

Автор(и): проф. д-р Винелина Янкова, Институт за зеленчукови култури "Марица" – Пловдив, ССА; проф. д-р Стойка Машева, ИЗК "Марица", ССА

Дата: 14.07.2025 Брой: 7/2025



El Manejo Integrado de Plagas (MIP - *Integrated Pest Management*) es un enfoque integral y ecológico para el manejo de plagas en sistemas agrícolas. Implica la integración estratégica de múltiples métodos de control – prácticas culturales, biológicas y químicas– para mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral de daño económico. Como resultado, se minimizan los riesgos para la salud humana y ambiental. El MIP presta especial atención a las medidas preventivas, el monitoreo y las decisiones basadas en umbrales de daño establecidos. Los principios principales del MIP incluyen la prevención de problemas de plagas mediante prácticas culturales como la rotación de cultivos; el monitoreo continuo de las poblaciones de plagas y sus enemigos naturales; el uso de umbrales de daño económico al tomar decisiones de manejo; la aplicación de

una combinación de métodos de control biológicos, físicos y químicos; y la evaluación de la efectividad de los tratamientos realizados. Al incorporar conocimientos multidisciplinarios y un enfoque basado en sistemas, el MIP tiene como objetivo optimizar la producción agrícola, preservando los servicios ecosistémicos y mitigando las consecuencias nocivas de la aplicación convencional de plaguicidas.

Las prácticas sostenibles de control de plagas dentro del MIP son cruciales para abordar los desafíos que plantean la creciente necesidad de alimentos, la conservación de los bio-recursos nacionales y la mitigación de los efectos adversos del cambio climático. Las prácticas convencionales de control de plagas, que implican el uso intensivo de plaguicidas, conllevan numerosos desafíos ecológicos, económicos y sociales. Estos incluyen la aparición de resistencia a los plaguicidas, la alteración de las comunidades de macrobioagentes beneficiosos, la contaminación del suelo y el agua, y la posible exposición de trabajadores y consumidores a productos químicos peligrosos. Por el contrario, el MIP ofrece un modelo más sostenible para el control de plagas, limitando los tratamientos con plaguicidas a umbrales justificados económica y ecológicamente. Al reducir la dependencia de los plaguicidas químicos, el MIP promueve la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas, fortalece la estabilidad de los sistemas agrícolas, aporta beneficios económicos a los agricultores mediante la reducción de los costos de los insumos y el aumento de los rendimientos, al tiempo que mejora la seguridad alimentaria y la calidad de los productos para los consumidores.

El MIP no solo aborda el impacto directo de las plagas en las plantas cultivadas, sino que también contribuye al desarrollo sostenible, incluida la conservación de los recursos naturales, la protección de la salud pública y la promoción del bienestar social y económico.

Principios principales del Manejo Integrado de Plagas:

1. Enfoque bioecocenológico. La agrobiocenosis es un organismo vivo. Las relaciones entre sus componentes son dinámicas. La introducción del MIP tiene como objetivo preservar el equilibrio biológico en los ecosistemas, basándose en las relaciones antagónicas entre organismos dañinos y beneficiosos. El enfoque está en el control, no en la erradicación de la plaga. La destrucción completa de las plagas es imposible, y tal intento puede ser costoso y peligroso para el medio ambiente.



Bajo este programa, el control comienza con el establecimiento de los Niveles de Daño Económico (NDE). Le siguen la selección y aplicación de medidas de control. Estos umbrales incluyen no solo las plagas, sino también la ubicación específica a la que se refieren, ya que pueden variar para diferentes regiones. Al mantener las poblaciones de plagas a un nivel aceptable, se elimina la presión selectiva. Esto reduce el riesgo de desarrollar resistencia a los productos fitosanitarios químicos (PPPs).

2. Enfoque económico. En la combinación patosistema o plaga/cultivo, es importante evaluar los umbrales de daño y de acción. El umbral de acción es el nivel máximo de desarrollo de la enfermedad o plaga por debajo del cual las pérdidas no tienen significado económico. Al alcanzarlo, deben tomarse medidas para prevenir la multiplicación epifitótica o calamitosa. Este umbral es una herramienta importante en el control integrado y puede variar según la eficacia de las alternativas de control y su duración de acción.

3. Selección adecuada de agentes químicos. El MIP utiliza plaguicidas selectivos que son tóxicos para las plagas y no tóxicos o débilmente tóxicos para las especies beneficiosas. La selectividad puede ser: Fisiológica - determinada por la estructura activa del PPP y su mecanismo de acción; Ecológica - determinada por la biología y ecología de las plagas y especies beneficiosas; Tecnológica - determinada por los métodos y enfoques de tratamiento (tratamiento localizado, aplicación con sistemas de riego por goteo, fertirrigación, tratamiento de semillas, uso de PPPs granulares, mezclas de plaguicidas, dosis reducidas en combinación con preparaciones microbianas). La evaluación de riesgos para la aplicación de PPPs químicos en programas MIP

está determinada por: la caracterización e identificación de agentes de control biológico; riesgos para la salud; riesgos ambientales; eficacia de los PPPs. El MIP utiliza los plaguicidas más selectivos que cumplirán su propósito siendo los más seguros para las especies beneficiosas, la calidad del aire, el suelo y el agua; se realizan tratamientos locales, no totales, y se aplica la pulverización de bajo volumen.

Componentes del MIP

El MIP se basa en una combinación de estrategias, que incluyen métodos de prevención y control cultural, herramientas de monitoreo y toma de decisiones, y control biológico y químico. Los métodos de prevención y control cultural incluyen la rotación de cultivos, mantener los cultivos libres de malezas, los cultivos intercalados y el uso de variedades resistentes. El objetivo es crear condiciones menos favorables para el desarrollo de poblaciones de plagas. Las herramientas de monitoreo y toma de decisiones (NDE, exploración y técnicas de muestreo) ayudan a los agricultores a evaluar las poblaciones de plagas y determinar cuándo es necesaria la intervención. Los métodos de control biológico, incluido el uso de enemigos naturales, la conservación y el aumento de especies beneficiosas, el control genético y el control biológico clásico, aprovechan el poder de los depredadores/parásitos para mantener las poblaciones de plagas bajo control. Los métodos de intervención química (bioplaguicidas, uso selectivo/dirigido de plaguicidas y nanotecnologías) se utilizan juiciosamente para controlar las plagas cuando otros métodos son insuficientes. Al integrar estas diversas estrategias, el MIP puede manejar exitosamente las plagas reduciendo los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

1. Métodos de Prevención y Control Cultural

La *rotación de cultivos* es una estrategia fundamental para el manejo preventivo de plagas dentro del MIP. Implica el cultivo secuencial de diferentes cultivos en un campo determinado durante diferentes estaciones de crecimiento. La efectividad de la rotación de cultivos en la supresión de poblaciones de plagas se debe a los siguientes mecanismos: separación espacio-temporal de los cultivos hospedadores; inclusión de cultivos no hospedadores que funcionan como barreras o cultivos trampa; estimulación de especies beneficiosas al aumentar su biodiversidad. La efectividad de la rotación de cultivos como estrategia del MIP depende de la selección y organización juiciosas de los cultivos en una secuencia temporal, la diversidad de cultivos incluidos en el esquema de rotación, la duración del ciclo de rotación y la inclusión estratégica de cultivos de cobertura o abonos verdes. Se ha descubierto que la rotación de cultivos no hospedadores con cultivos hospedadores (hortalizas) en una secuencia de rotación estratégica limita eficazmente la frecuencia y la actividad dañina de fitopatógenos transmitidos por el suelo y nematodos fitoparásitos en un espectro diverso de cultivos. La

inclusión de cultivos leguminosos en las rotaciones también puede suprimir las poblaciones de malezas a través de efectos alelopáticos y competencia por los recursos, al tiempo que mejora la fertilidad del suelo.

Cultivos de especias en sistemas de cultivos intercalados en la producción de hortalizas

El *cultivo intercalado* de diferentes cultivos es una estrategia eficaz de control cultural. Implica el cultivo simultáneo de múltiples especies de cultivos en un solo campo. Esta práctica preventiva se basa en las interacciones ecológicas entre diferentes especies de plantas para crear agroecosistemas que limiten la propagación de plagas y promuevan la actividad de los enemigos naturales. Los mecanismos del cultivo intercalado son complejos. Abarcan factores como la competencia por recursos, las barreras físicas, la alelopatía y la manipulación del hábitat. La efectividad del cultivo intercalado como estrategia de manejo de plagas depende de la selección juiciosa de cultivos acompañantes, su precisa configuración espacial y el momento ideal para su establecimiento.



Un ejemplo de tal coexistencia es el cultivo de plantas aromáticas como la albahaca o la menta como cultivos intercalados. Estas repelen o enmascaran las señales olfativas volátiles utilizadas por las plagas para localizar sus plantas hospedadoras, reduciendo así la tasa de infestación de plagas. Además de su impacto directo en las poblaciones de plagas, el cultivo intercalado también puede mejorar la resiliencia y el rendimiento general

de los agroecosistemas al aumentar la fertilidad del suelo, optimizar la eficiencia del uso del agua y reducir la influencia de los estresores abióticos.

Las *prácticas de saneamiento*, que incluyen la eliminación y destrucción de material vegetal infestado de plagas, residuos de cultivos y otras fuentes de inóculo de plagas de los campos y áreas circundantes, también son prácticas de control cultural. Reducen las poblaciones de plagas emergentes y previenen su propagación dentro y entre las temporadas de crecimiento, minimizando así la necesidad de intervenciones correctivas. Más allá de estas medidas a nivel de campo, las prácticas de saneamiento también incluyen la limpieza y desinfección de equipos agrícolas, instalaciones de almacenamiento y vehículos de transporte para limitar la introducción y propagación de plagas desde fuentes externas.

El *cultivo de variedades resistentes* es una estrategia central para el control cultural de plagas. Aprovecha la diversidad genética de los cultivos para minimizar los efectos adversos de plagas y enfermedades en los cultivos. El uso de variedades resistentes en los programas MIP tiene como objetivo reducir la dependencia de plaguicidas, minimizar las pérdidas de rendimiento y mejorar la resiliencia general de los cultivos.

2. Monitoreo y Toma de Decisiones

El monitoreo y muestreo regular son fundamentales para la toma de decisiones en los programas MIP.



También se utilizan diversas herramientas y técnicas para monitorear las poblaciones de plagas y sus efectos adversos en las plantas cultivadas, incluyendo: inspección visual, uso de redes protectoras para ventiladores, trampas pegajosas, trampas de feromonas y tecnologías de teledetección. Las técnicas de teledetección incluyen fotografía aérea, imágenes satelitales y vehículos aéreos no tripulados. Estas se utilizan cada vez más para monitorear el estado de los cultivos y detectar brotes de plagas tempranamente en grandes escalas espaciales. La integración de diversas herramientas y técnicas de monitoreo, combinada con un muestreo adecuado, permite tomar decisiones basadas en datos sobre la necesidad y el momento de las intervenciones de manejo de plagas. A medida que avanza la investigación relacionada con la inteligencia artificial, se exploran las posibilidades de su uso en la toma de decisiones del MIP (para el desarrollo de modelos predictivos basados en aprendizaje automático y redes neuronales, para la optimización de la infraestructura de monitoreo; para la mejora de modelos predictivos).

Los umbrales de daño económico son herramientas esenciales para tomar decisiones sobre el tratamiento de cultivos. Determinan cuándo las medidas de control de plagas están económicamente justificadas. Este enfoque minimiza las aplicaciones superfluas de plaguicidas, reduciendo el impacto ambiental y la carga económica asociada con el manejo de plagas.

3. Control Biológico

Los enemigos naturales, incluidos parasitoides, depredadores y patógenos, representan un componente vital del control biológico de plagas dentro de los programas MIP.



Dichos organismos beneficiosos pueden permitir la regulación de las poblaciones de plagas a través de diversos mecanismos, incluida la depredación directa, el parasitismo y la infección, a menudo manteniendo las densidades de plagas por debajo de los umbrales de daño económico. La integración exitosa de enemigos naturales en el MIP requiere una comprensión completa de su biología e interacción con las plagas objetivo y el entorno del cultivo. La influencia de los depredadores en las poblaciones de plagas depende de su tasa de alimentación, respuesta funcional, preferencias de presa y otros componentes ecológicos. Los parasitoides son insectos que ponen sus huevos en el hospedador, eliminándolo a medida que se desarrollan las larvas del parasitoide. Los patógenos, incluidos virus, bacterias, hongos microscópicos y nematodos, infectan y causan enfermedades en las poblaciones de plagas, lo que lleva a una reducción del crecimiento, la reproducción y la supervivencia.

El control biológico clásico implica el establecimiento de enemigos naturales de las plagas. Esta estrategia tiene como objetivo lograr la supresión de plagas a largo plazo y de forma sostenible, restaurando el equilibrio ecológico entre la plaga y sus depredadores naturales en la zona. Esto mitiga los efectos adversos de las plagas invasoras en los agroecosistemas. La selección de enemigos naturales adecuados se basa en los siguientes criterios: especificidad del hospedador, adaptabilidad climática, potencial reproductivo y eficiencia de búsqueda. La especificidad del hospedador es importante para minimizar el riesgo de efectos no deseados en especies nativas y para garantizar la seguridad ecológica del programa de control biológico.

La inclusión de enemigos naturales en los programas MIP se basa en la conservación y el aumento de las poblaciones existentes y la introducción de nuevas especies a través del control biológico por conservación. Se centra en modificar el entorno del cultivo para favorecer la supervivencia y la eficacia de los agentes biológicos, proporcionando fuentes de alimento alternativas, refugio y sitios de hibernación. La conservación y el aumento de los depredadores naturales son dos estrategias clave dentro del marco más amplio del control biológico. Las técnicas de conservación y aumento se utilizan a menudo junto con otras tácticas del MIP, como el control químico y cultural, para lograr un manejo de plagas sostenible y rentable. Esto incluye diversas prácticas, como proporcionar fuentes de alimento alternativas, crear refugio para organismos que hibernan y minimizar las aplicaciones de plaguicidas de amplio espectro que pueden afectar negativamente a los organismos beneficiosos.

4. Control Químico

Entre los diversos componentes del MIP, el control químico es el que ha experimentado las últimas y más recientes actualizaciones. Estas incluyen los últimos avances en el uso selectivo y dirigido de plaguicidas, el manejo de la resistencia, los bioplaguicidas y compuestos naturales, y el uso de nanotecnologías.

5. Uso Selectivo y Dirigido de Plaguicidas

La aplicación juiciosa y precisa de plaguicidas, dirigida a plagas específicas, constituye un elemento vital en los enfoques del MIP, que enfatiza la implementación estratégica de medidas de control químico. Este enfoque requiere una comprensión profunda de los ciclos de vida de las plagas, las interacciones ecológicas y las fluctuaciones poblacionales, así como la fenología de los cultivos y las complejas relaciones dentro de los ecosistemas agrícolas. La investigación molecular ha contribuido significativamente a este esfuerzo al arrojar luz sobre los mecanismos subyacentes que determinan la selectividad de los insecticidas.

6. Estrategias de Manejo de la Resistencia

Estas tienen como objetivo prevenir o retrasar la aparición de resistencia a los plaguicidas en las poblaciones de plagas. La aparición de resistencia se debe a la presión selectiva ejercida por las aplicaciones repetidas de plaguicidas, que favorecen la supervivencia y reproducción de individuos resistentes sobre los susceptibles. La rotación de plaguicidas con diferentes modos de acción reduce la presión selectiva sobre mecanismos de resistencia específicos y ayuda a mantener un acervo genético diverso de individuos susceptibles en la población de plagas. La aplicación de plaguicidas en sus dosis completas recomendadas es otra parte

importante de la estrategia de manejo de la resistencia, ya que las dosis subletales pueden facilitar la supervivencia y reproducción de individuos resistentes, acelerando así la aparición de resistencia.

7. Bioplaguicidas y Productos de Origen Natural

Los bioplaguicidas y los productos naturales ofrecen alternativas más ecológicas y sostenibles a los plaguicidas sintéticos convencionales. Los productos de origen natural se extraen o aíslan de materiales naturales y pueden sufrir alguna modificación química para mejorar su eficacia o estabilidad. Los plaguicidas microbianos provienen de bacterias, hongos, virus y nematodos que son patógenos para especies de plagas específicas. Por ejemplo, los productos derivados de *Bacillus thuringiensis*, que contienen esporas bacterianas y proteínas cristalinas, son tóxicos para ciertas plagas. Diversas formulaciones derivadas del hongo *Trichoderma viride* y los aceites esenciales son activos contra patógenos que dañan las plantas cultivadas.

Se está llevando a cabo una investigación activa a nivel mundial para descubrir y caracterizar nuevos compuestos bioactivos de fuentes naturales y optimizar los sistemas de formulación y administración.



Ajenjo Común (*Artemisia absinthium*) ha sido utilizado como planta medicinal desde la antigüedad

En estudios recientes sobre fitotoxicidad y entomotoxicidad, se evaluaron aceites esenciales de romero y artemisia contra la plaga del tomate *Bemisia tabaci*.

8. Nanotecnologías.

Las nanotecnologías son un campo emergente con potencial para diseñar herramientas de control químico nuevas y mejoradas dentro del MIP. Los nanoplaguicidas ofrecen varias ventajas potenciales sobre las formulaciones de plaguicidas convencionales: mayor eficacia, reducción de los efectos ambientales y entrega dirigida a plagas o tejidos vegetales predeterminados. Ejemplos de nanomateriales utilizados en la preparación de nanoplaguicidas incluyen nanopartículas poliméricas, nanoportadores a base de lípidos y nanopartículas inorgánicas como el dióxido de silicio y el dióxido de titanio.

El desarrollo y tratamiento con nanoplaguicidas en el MIP requiere un enfoque multidisciplinario que combine la experiencia de campos como la química, la ciencia de materiales, la agronomía, la toxicología, los evaluadores de riesgos, los reguladores y las ciencias sociales. Las prioridades y actividades de investigación actuales en esta área incluyen el diseño y la síntesis de nuevos nanomateriales con funcionalidades específicas, la optimización de nanoformulaciones y métodos de entrega, y la evaluación de su eficacia, seguridad y destino ambiental.



El uso del extracto de neem es muy valorado por sus aplicaciones medicinales, cosméticas y agrícolas

Se ha desarrollado un nuevo nanocompuesto bioplaguicida, que encapsula azadiractina, un compuesto natural con acción insecticida extraído de las semillas del árbol de neem. Muestra una acción más rápida y mayor

eficacia que los insecticidas convencionales. La microscopía confocal revela una biodistribución mejorada dentro del cuerpo del insecto, y el nanocompuesto muestra una mayor estabilidad a los rayos UV debido a su nanoestructura inherente y la vitamina E. Este avance en el manejo sostenible de plagas destaca el potencial de enfoques más respetuosos con el medio ambiente para el control de plagas agrícolas mediante una combinación de biotecnologías y nanotecnologías.

Beneficios de la Sostenibilidad de los Sistemas MIP

Se expresan en varias direcciones:

1. Sostenibilidad Ecológica

Al priorizar métodos no químicos y la aplicación juiciosa de plaguicidas basada en los NDE y el monitoreo de plagas, el MIP tiene como objetivo mantener las poblaciones de plagas por debajo de niveles económicamente dañinos, minimizando la dependencia de tratamientos químicos. Este enfoque conduce a una reducción en el volumen total de plaguicidas aplicados y fomenta el uso de compuestos selectivos y benignos, mitigando los impactos adversos en organismos no objetivo, ecosistemas y la salud humana. El MIP emplea un enfoque combinado, mezclando tácticas de control cultural, biológico y físico, complementadas con la aplicación estratégica de plaguicidas de riesgo reducido (es decir, bioplaguicidas y productos de origen natural). Estas alternativas, incluidos los microbioinsecticidas, los extractos botánicos y las feromonas, exhiben una toxicidad más baja, una persistencia más corta y menos efectos no deseados en comparación con los plaguicidas sintéticos típicos. Su inclusión en los programas MIP puede mejorar la sostenibilidad general de los enfoques de protección de plantas al reducir los riesgos de contaminación ambiental, proteger a los enemigos naturales y la vida silvestre, y promover la resiliencia del ecosistema.

2. Sostenibilidad Económica

Los beneficios económicos del MIP provienen de la reducción de los costos de manejo de plagas, la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos y el aumento de la rentabilidad y competitividad de la producción agrícola. El MIP permite a los agricultores evaluar cuidadosamente las consecuencias económicas, ambientales y sociales de diversas técnicas de manejo de plagas. El uso juicioso de plaguicidas, basado en umbrales de daño económico, monitoreo de plagas y sistemas de apoyo a la decisión, puede reducir significativamente la cantidad de productos químicos necesarios para mantener las poblaciones de plagas por debajo de niveles dañinos. El manejo alternativo de plagas (control cultural, control biológico) proporciona alternativas rentables al control químico. El MIP también mejora la eficiencia económica de la producción agrícola al optimizar el uso de

recursos como la tierra, el agua y la mano de obra a través de técnicas de agricultura de precisión y la integración con otras prácticas agrícolas sostenibles. Las pérdidas de cultivos debido a plagas representan una limitación importante para la productividad agrícola, con un estimado del 40% de la producción mundial de cultivos perdida anualmente a causa de las plagas.

3. Sostenibilidad Social

El MIP puede contribuir a la sostenibilidad social al mejorar la seguridad y la calidad de los alimentos, que son aspectos esenciales de la salud y el bienestar humanos. Las prácticas del MIP priorizan el uso de métodos no químicos de control de plagas y el uso juicioso de plaguicidas, reduciendo así el potencial de residuos de plaguicidas en los alimentos y los riesgos asociados para la salud del consumidor. Además, al reducir los daños causados por plagas y enfermedades, el MIP puede ayudar a mantener el valor nutricional, la apariencia y la vida útil de los productos agrícolas, mejorando aún más su calidad y comercialización. A través de él, la seguridad alimentaria puede mejorarse minimizando el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos asociadas con la contaminación microbiana.

Desafíos y Oportunidades

A pesar de la bien establecida importancia del MIP para la sostenibilidad ambiental, económica y social, existen diversas barreras, incluidos factores técnicos, económicos, institucionales y culturales, que dificultan su adopción exitosa por parte de los agricultores. Identificar y superar estas barreras es crucial para promover la aplicación más amplia del MIP y realizar su promesa para la protección sostenible de las plantas. Una barrera técnica clave para la adopción del MIP es la complejidad inherente y la naturaleza intensiva en conocimiento de las prácticas del MIP, que requiere una inversión significativa en educación, experimentación y adaptación por parte de los agricultores. Para superar esta barrera, el conocimiento y las habilidades del MIP deben desarrollarse y difundirse a través de enfoques apropiados. La integración del conocimiento tradicional y local con la investigación científica puede contribuir al desarrollo de estrategias más adecuadas y aceptables, adaptadas a diferentes contextos agroecológicos y socioculturales.

Los obstáculos económicos, incluidos los mayores costos iniciales y los riesgos percibidos asociados con la adopción del MIP, también pueden limitar su implementación por parte de los agricultores. Para superar las barreras económicas, es importante desarrollar e implementar políticas e incentivos que apoyen la adopción de prácticas del MIP, como subsidios, créditos e instrumentos de mercado. Por ejemplo, la Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea proporciona pagos agroambientales a los agricultores que adoptan el MIP y otras

prácticas agrícolas sostenibles, reconociendo su contribución a los bienes públicos y los servicios ecosistémicos.

Las barreras culturales y sociales también pueden limitar la adopción de prácticas de sistemas por parte de los agricultores. En muchos casos, los agricultores pueden ser reacios a cambiar sus prácticas establecidas de manejo de plagas, especialmente si perciben el MIP como una amenaza para su identidad, autonomía o estatus social.

El MIP no es un enfoque independiente, sino un componente integral de los sistemas agrícolas sostenibles que tienen como objetivo optimizar el uso de los recursos naturales, mejorar los servicios ecosistémicos y aumentar la resiliencia y adaptabilidad de los agroecosistemas. La integración del MIP con otras prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura de conservación, la agroforestería y la agricultura orgánica, puede crear sinergias y beneficios mutuos que mejoran la sostenibilidad y eficiencia general de los sistemas agrícolas.

Las limitaciones laborales representan otro desafío para la adopción del MIP, ya que el sector agrícola enfrenta una creciente escasez de mano de obra y el aumento de los costos laborales. El MIP a menudo requiere prácticas de monitoreo, exploración y manejo más intensivas en comparación con los métodos convencionales de control de plagas. Esta mayor demanda de mano de obra puede ser una barrera significativa para los productores que ya tienen dificultades para encontrar y pagar a los trabajadores. Otro desafío práctico son las limitaciones de los bioplaguicidas. Si bien los bioplaguicidas son una herramienta importante en el MIP, depender únicamente de ellos no es factible. Son más caros, requieren dosis de aplicación más altas y tienden a proporcionar solo una supresión parcial de plagas en lugar de un control completo.

El MIP surge como un paradigma prometedor y sostenible para la protección de las plantas, ofreciendo una alternativa viable a la aplicación excesiva e indiscriminada de plaguicidas químicos. Al integrar sinérgicamente una amplia gama de estrategias de control preventivas, biológicas, culturales y químicas, el MIP se esfuerza por mantener las poblaciones de plagas por debajo de los umbrales de daño económico, al tiempo que mitiga los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

Referencias

1. Atanasov N., M. Vitanov, E. Loginova, E. Ilieva, 2005. Protección integrada de cultivos de invernadero contra enfermedades y plagas. Sofía–Videnov&son y Editorial PantaNeo, 159.

2. Bogatsevska N., Y. Stancheva, H. Boteva, St. Masheva, E. Loginova, V. Harizanova, H. Samaliev, D. Hristova, D. Karadzhova, V. Nikolova, V. Aleksandrov, T. Toshkova, D. Grozdanova, 2008. Manual para el manejo integrado de plagas en cultivos de hortalizas. NSSP. Ministerio de Agricultura y Bosques. Sofía. 238.
3. Batz, P., Will, T., Thiel, S., Ziesche, T. M., Joachim, C. 2023. De la identificación a la previsión: el potencial del reconocimiento de imágenes y la inteligencia artificial para el monitoreo de plagas de pulgones. *Frontiers in Plant Science*, 14.
4. Dara, S. K., 2019. El nuevo paradigma del manejo integrado de plagas para la era moderna. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1), 12.
5. Kruidhof, H. M., Elmer, W. H., 2020. Métodos culturales para el manejo de plagas y enfermedades en invernaderos. *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*, 285– 330.
6. Rydhmer, K., Bick, E., Still, L., Strand, A., Luciano, R., Helmreich, S., Beck, B. D., Grønne, C., Malmros, L., Poulsen, K., 2022. Automatización del monitoreo de insectos mediante sensores no supervisados de infrarrojo cercano. *Sci. Rep.* 12 (1), 2603.