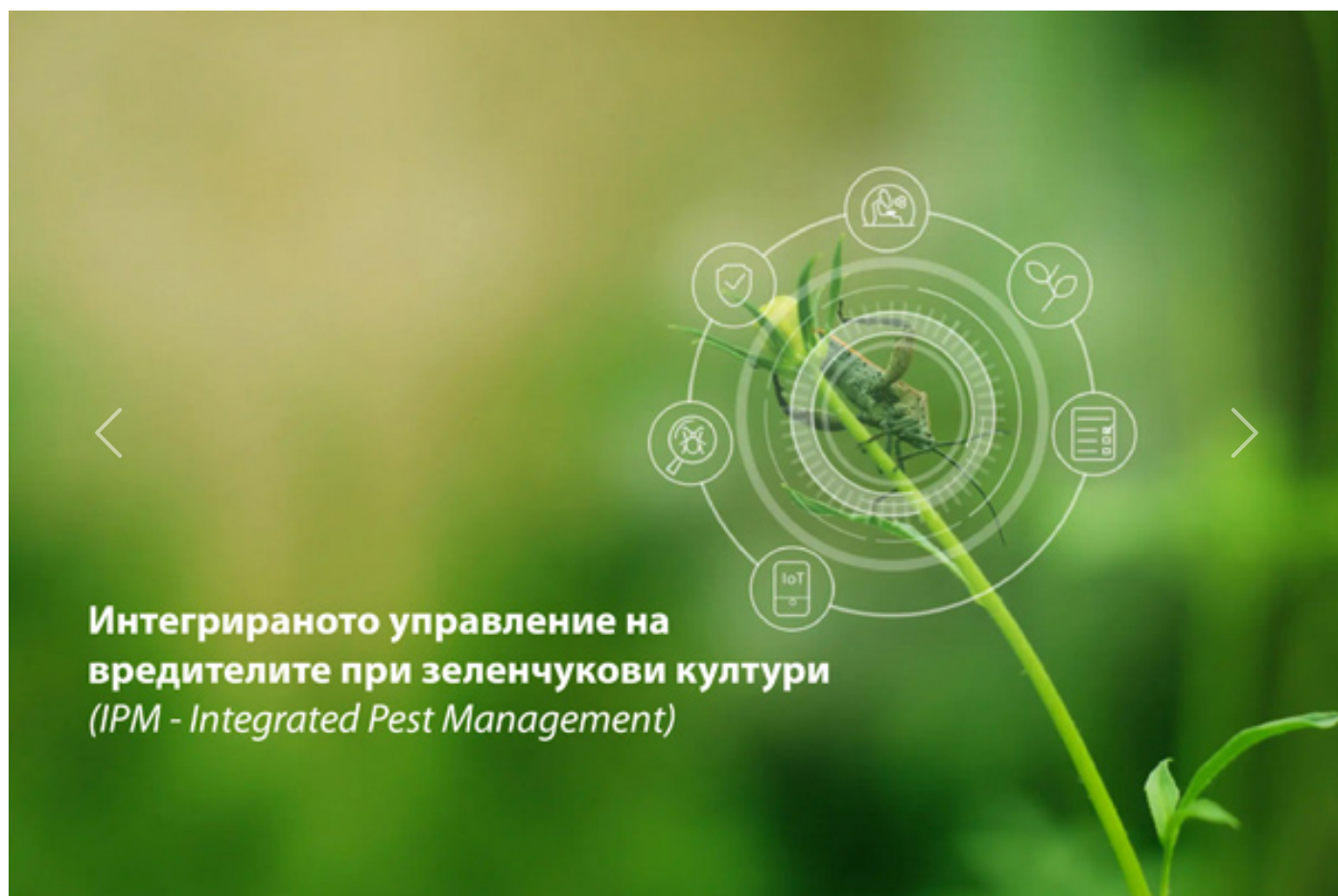


Gestione Integrata dei Parassiti nelle Colture Orticole – Un Nuovo Approccio con Tradizioni

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



La Gestione Integrata dei Parassiti (GIP - *Integrated Pest Management*) è un approccio ecologico e completo alla gestione dei parassiti nei sistemi agricoli. Comporta l'integrazione strategica di molteplici metodi di controllo - pratiche colturali, biologiche e chimiche - per mantenere le popolazioni di parassiti al di sotto della soglia di danno economico. Di conseguenza, i rischi per la salute ambientale e umana sono minimizzati. La GIP presta particolare attenzione alle misure preventive, al monitoraggio e alle decisioni basate su soglie di danno stabilite. I principi fondamentali della GIP includono la prevenzione dei problemi causati dai parassiti attraverso pratiche colturali come la rotazione delle colture; il monitoraggio continuo delle popolazioni di parassiti e dei loro nemici naturali; l'utilizzo di soglie di danno economico quando si prendono decisioni di gestione; l'applicazione di una

combinazione di metodi di controllo biologici, fisici e chimici; la valutazione dell'efficacia dei trattamenti effettuati. Integrando conoscenze multidisciplinari e un approccio basato sui sistemi, la GIP mira a ottimizzare la produzione agricola, preservando i servizi ecosistemici e mitigando le conseguenze dannose dell'applicazione convenzionale di pesticidi.

Le pratiche di controllo sostenibile dei parassiti all'interno della GIP sono cruciali per affrontare le sfide poste dalla crescente necessità di cibo, dalla conservazione delle bio-risorse nazionali e dalla mitigazione degli effetti avversi del cambiamento climatico. Le pratiche convenzionali di controllo dei parassiti, che prevedono l'uso intensivo di pesticidi, portano a numerosi problemi ecologici, economici e sociali. Questi includono l'emergere della resistenza ai pesticidi, l'interruzione delle comunità di macrobioagenti benefici, la contaminazione del suolo e dell'acqua e la potenziale esposizione di lavoratori e consumatori a sostanze chimiche pericolose. Al contrario, la GIP offre un modello più sostenibile per il controllo dei parassiti, limitando i trattamenti con pesticidi a soglie economicamente ed ecologicamente giustificate. Riducendo la dipendenza dai pesticidi chimici, la GIP promuove la biodiversità e la conservazione degli ecosistemi, rafforza la stabilità dei sistemi agricoli, apporta benefici economici agli agricoltori attraverso la riduzione dei costi degli input e l'aumento delle rese, migliorando contemporaneamente la sicurezza alimentare e la qualità dei prodotti per i consumatori.

La GIP non solo affronta l'impatto diretto dei parassiti sulle piante coltivate, ma contribuisce anche allo sviluppo sostenibile, inclusa la conservazione delle risorse naturali, la protezione della salute pubblica e la promozione del benessere sociale ed economico.

Principali principi della Gestione Integrata dei Parassiti:

1. Approccio bioecocenologico. L'agrobiocenosi è un organismo vivente. Le relazioni tra i suoi componenti sono dinamiche. L'introduzione della GIP mira a preservare l'equilibrio biologico negli ecosistemi, basandosi sulle relazioni antagoniste tra organismi nocivi e benefici. L'attenzione è sul controllo, non sull'eradicazione del parassita. La distruzione completa dei parassiti è impossibile, e un tale tentativo può essere costoso e pericoloso per l'ambiente.



Nell'ambito di questo programma, il controllo inizia con la definizione dei Livelli di Danno Economico (LDE). Seguono la selezione e l'applicazione delle misure di controllo. Queste soglie includono non solo i parassiti ma anche la posizione specifica a cui si riferiscono, poiché possono variare per diverse regioni. Mantenendo le popolazioni di parassiti a un livello accettabile, la pressione selettiva viene eliminata. Ciò riduce il rischio di sviluppare resistenza ai prodotti fitosanitari chimici (PFC).

2. Approccio economico. Nel patosistema o nella combinazione parassita/coltura, è importante valutare le soglie di danno e di intervento. La soglia di intervento è il livello massimo di sviluppo della malattia o del parassita al di sotto del quale le perdite non hanno alcun significato economico. Al suo raggiungimento, devono essere intraprese azioni per prevenire moltiplicazioni epifitotiche o calamitose. Questa soglia è uno strumento importante nel controllo integrato e può variare a seconda dell'efficacia delle alternative di controllo e della loro durata d'azione.

3. Scelta corretta degli agenti chimici. La GIP utilizza pesticidi selettivi, tossici per i parassiti e non tossici o debolmente tossici per le specie utili. La selettività può essere: Fisiologica - determinata dalla struttura attiva del PFC e dal suo meccanismo d'azione; Ecologica - determinata dalla biologia ed ecologia dei parassiti e delle specie utili; Tecnologica - determinata dai metodi e approcci di trattamento (trattamento localizzato, applicazione con sistemi di irrigazione a goccia, fertirrigazione, trattamento delle sementi, uso di PFC granulari, miscele di pesticidi, dosi ridotte in combinazione con preparati microbici). La valutazione del rischio per l'applicazione di

PFC chimici nei programmi GIP è determinata da: caratterizzazione e identificazione degli agenti di controllo biologico; rischi per la salute; rischi ambientali; efficacia dei PFC. La GIP utilizza i pesticidi più selettivi che raggiungeranno il loro scopo essendo al contempo i più sicuri per le specie utili, la qualità dell'aria, del suolo e dell'acqua; vengono eseguiti trattamenti localizzati, non totali, e si applica la irrorazione a basso volume.

Componenti della GIP

La GIP si basa su una combinazione di strategie, tra cui metodi di prevenzione e controllo colturale, strumenti di monitoraggio e decisione, controllo biologico e chimico. I metodi di prevenzione e controllo colturale includono la rotazione delle colture, il mantenimento delle colture libere da erbe infestanti, l'intercoltura e l'uso di varietà resistenti. L'obiettivo è creare condizioni meno favorevoli allo sviluppo delle popolazioni di parassiti. Gli strumenti di monitoraggio e decisione (LDE, scouting e tecniche di campionamento) aiutano gli agricoltori a valutare le popolazioni di parassiti e a determinare quando è necessario intervenire. I metodi di controllo biologico, inclusi l'uso di nemici naturali, la conservazione e l'aumento delle specie utili, il controllo genetico e il controllo biologico classico, sfruttano il potere di predatori/parassiti per tenere sotto controllo le popolazioni di parassiti. I metodi di intervento chimico (biopesticidi, uso selettivo/mirato di pesticidi e nanotecnologie) sono utilizzati con giudizio per controllare i parassiti quando altri metodi sono insufficienti. Integrando queste diverse strategie, la GIP può gestire con successo i parassiti riducendo i rischi per la salute pubblica e per l'ambiente.

1. Metodi di Prevenzione e Controllo Colturale

La rotazione delle colture è una strategia fondamentale per la gestione preventiva dei parassiti all'interno della GIP. Implica la coltivazione sequenziale di diverse colture in un dato campo durante diverse stagioni di crescita. L'efficacia della rotazione delle colture nel sopprimere le popolazioni di parassiti è dovuta ai seguenti meccanismi: separazione spazio-temporale delle colture ospiti; inclusione di colture non ospiti che fungono da barriere o colture trappola; stimolazione delle specie utili migliorando la loro biodiversità. L'efficacia della rotazione delle colture come strategia GIP dipende dalla selezione e organizzazione giudiziosa delle colture in una sequenza temporale, dalla diversità delle colture incluse nello schema di rotazione, dalla durata del ciclo di rotazione e dall'inclusione strategica di colture di copertura o sovesci. È stato riscontrato che la rotazione di colture non ospiti con colture ospiti (ortaggi) in una sequenza strategica limita efficacemente la frequenza e l'attività dannosa di fitopatogeni e nematodi parassiti delle piante presenti nel suolo in uno spettro diversificato di colture. L'inclusione di colture leguminose nelle rotazioni può anche sopprimere le popolazioni di erbe infestanti attraverso effetti allelopatici e competizione per le risorse, migliorando contemporaneamente la fertilità del suolo.

Culture aromatiche nei sistemi di consociazione nella produzione orticola

L'*intercoltura* di diverse colture è una strategia efficace di controllo colturale. Implica la coltivazione simultanea di più specie di colture in un unico campo. Questa pratica preventiva si basa sulle interazioni ecologiche tra diverse specie vegetali per creare agroecosistemi che limitano la diffusione dei parassiti e promuovono l'attività dei nemici naturali. I meccanismi dell'*intercoltura* sono complessi. Essi comprendono fattori come la competizione per le risorse, le barriere fisiche, l'allelopatia e la manipolazione dell'habitat. L'efficacia dell'*intercoltura* come strategia di gestione dei parassiti dipende dalla selezione giudiziosa delle colture compagne, dalla loro precisa configurazione spaziale e dal momento ideale per la loro stabilizzazione.



Un esempio di tale coesistenza è la coltivazione di piante aromatiche come il basilico o la menta come intercolture. Queste respingono o mascherano i segnali olfattivi volatili utilizzati dai parassiti per localizzare le loro piante ospiti, riducendo così il tasso di infestazione dei parassiti. Oltre al loro impatto diretto sulle popolazioni di parassiti, l'*intercoltura* può anche migliorare la resilienza complessiva e la resa degli agroecosistemi aumentando la fertilità del suolo, ottimizzando l'efficienza nell'uso dell'acqua e riducendo l'influenza di stress abiotici.

Le *pratiche igienico-sanitarie*, che includono la rimozione e la distruzione di materiale vegetale infestato da parassiti, residui colturali e altre fonti di inoculo di parassiti dai campi e dalle aree circostanti, sono anch'esse

pratiche di controllo colturale. Esse riducono le popolazioni di parassiti emergenti e ne prevengono la diffusione all'interno e tra le stagioni di crescita, minimizzando così la necessità di interventi correttivi. Al di là di queste misure a livello di campo, le pratiche igienico-sanitarie includono anche la pulizia e la disinfezione di attrezzature agricole, strutture di stoccaggio e veicoli di trasporto per limitare l'introduzione e la diffusione di parassiti da fonti esterne.

La *coltivazione di varietà resistenti* è una strategia fondamentale per il controllo colturale dei parassiti. Sfrutta la diversità genetica delle colture per minimizzare gli effetti avversi di parassiti e malattie sulle colture coltivate.

L'uso di varietà resistenti nei programmi GIP mira a ridurre la dipendenza dai pesticidi, minimizzare le perdite di resa e migliorare la resilienza complessiva delle colture.

2. Monitoraggio e Processo Decisionale

Il monitoraggio e il campionamento regolari sono fondamentali per il processo decisionale nei programmi GIP.



Diversi strumenti e tecniche sono utilizzati anche per monitorare le popolazioni di parassiti e i loro effetti avversi sulle piante coltivate, tra cui: ispezione visiva, l'uso di reti protettive per i ventilatori, trappole adesive, trappole a feromoni e tecnologie di telerilevamento. Le tecniche di telerilevamento includono fotografia aerea, immagini satellitari e veicoli aerei senza pilota. Questi sono sempre più utilizzati per monitorare lo stato delle colture e rilevare precocemente le infestazioni di parassiti su ampie scale spaziali. L'integrazione di vari strumenti e

tecniche di monitoraggio, combinata con un campionamento appropriato, consente decisioni basate sui dati riguardo alla necessità e alla tempistica degli interventi di gestione dei parassiti. Con l'avanzamento della ricerca sull'intelligenza artificiale, si stanno esplorando le possibilità del suo utilizzo nel processo decisionale della GIP (per lo sviluppo di modelli predittivi basati su apprendimento automatico e reti neurali, per l'ottimizzazione dell'infrastruttura di monitoraggio; per il miglioramento dei modelli predittivi).

Le soglie di danno economico sono strumenti essenziali per prendere decisioni sul trattamento delle colture. Esse determinano quando le misure di controllo dei parassiti sono economicamente giustificate. Questo approccio minimizza le applicazioni superflue di pesticidi, riducendo l'impatto ambientale e l'onere economico associato alla gestione dei parassiti.

3. Controllo Biologico

I nemici naturali, inclusi parassitoidi, predatori e patogeni, rappresentano una componente vitale del controllo biologico dei parassiti all'interno dei programmi GIP.



Tali organismi benefici possono consentire la regolazione delle popolazioni di parassiti attraverso vari meccanismi, inclusi predazione diretta, parassitismo e infezione, mantenendo spesso le densità dei parassiti al di sotto delle soglie di danno economico. L'integrazione di successo dei nemici naturali nella GIP richiede una piena comprensione della loro biologia e interazione con i parassiti target e l'ambiente colturale. L'influenza dei

predatori sulle popolazioni di parassiti dipende dal loro tasso di alimentazione, risposta funzionale, preferenze di preda e altre componenti ecologiche. I parassitoidi sono insetti che depongono le loro uova nell'ospite, eliminandolo mentre le larve del parassitoide si sviluppano. I patogeni, inclusi virus, batteri, funghi microscopici e nematodi, infettano e causano malattie nelle popolazioni di parassiti, portando a una crescita, riproduzione e sopravvivenza ridotte.

Il controllo biologico classico implica l'introduzione di nemici naturali dei parassiti. Questa strategia mira a ottenere una soppressione a lungo termine e sostenibile dei parassiti ripristinando l'equilibrio ecologico tra il parassita e i suoi predatori naturali nell'area. Ciò mitiga gli effetti avversi dei parassiti invasivi sugli agroecosistemi. La selezione di nemici naturali adatti si basa sui seguenti criteri: specificità dell'ospite, adattabilità climatica, potenziale riproduttivo ed efficienza di ricerca. La specificità dell'ospite è importante per minimizzare il rischio di effetti non bersaglio sulle specie autoctone e per garantire la sicurezza ecologica del programma di controllo biologico.

L'inclusione di nemici naturali nei programmi GIP si basa sulla conservazione e l'aumento delle popolazioni esistenti e sull'introduzione di nuove specie attraverso il controllo biologico conservativo. Si concentra sulla modifica dell'ambiente colturale per favorire la sopravvivenza e l'efficacia degli agenti biologici fornendo fonti di cibo alternative, riparo e siti di svernamento. La conservazione e l'aumento dei predatori naturali sono due strategie chiave all'interno del più ampio quadro del controllo biologico. Le tecniche di conservazione e aumento sono spesso utilizzate in combinazione con altre tattiche GIP, come il controllo chimico e colturale, per ottenere una gestione dei parassiti sostenibile ed economicamente vantaggiosa. Ciò include varie pratiche, tra cui la fornitura di fonti di cibo alternative, la creazione di rifugi per gli organismi svernanti e la minimizzazione delle applicazioni di pesticidi a largo spettro che possono influire negativamente sugli organismi benefici.

4. Controllo Chimico

Tra i vari componenti della GIP, il controllo chimico è quello che ha subito gli aggiornamenti più recenti. Questi includono i più recenti progressi nell'uso selettivo e mirato dei pesticidi, nella gestione della resistenza, nei biopesticidi e nei composti naturali, e nell'uso delle nanotecnologie.

5. Uso Selettivo e Mirato dei Pesticidi

L'applicazione giudiziosa e precisa dei pesticidi, mirata a parassiti specifici, costituisce un elemento vitale negli approcci GIP, che enfatizza l'implementazione strategica delle misure di controllo chimico. Questo approccio richiede una comprensione approfondita dei cicli di vita dei parassiti, delle interazioni ecologiche e delle

fluttuazioni della popolazione, nonché della fenologia delle colture e delle complesse relazioni all'interno degli ecosistemi agricoli. La ricerca molecolare ha contribuito in modo significativo a questo sforzo facendo luce sui meccanismi sottostanti che determinano la selettività degli insetticidi.

6. Strategie di Gestione della Resistenza

Queste mirano a prevenire o ritardare l'insorgenza della resistenza ai pesticidi nelle popolazioni di parassiti. L'insorgenza della resistenza è dovuta alla pressione selettiva esercitata dalle ripetute applicazioni di pesticidi, che favoriscono la sopravvivenza e la riproduzione degli individui resistenti rispetto a quelli sensibili. La rotazione dei pesticidi con diversi meccanismi d'azione riduce la pressione selettiva su specifici meccanismi di resistenza e aiuta a mantenere un pool genetico diversificato di individui sensibili nella popolazione di parassiti. L'applicazione di pesticidi alle loro dosi massime raccomandate è un'altra parte importante della strategia di gestione della resistenza, poiché le dosi subletali possono facilitare la sopravvivenza e la riproduzione di individui resistenti, accelerando così l'insorgenza della resistenza.

7. Biopesticidi e Prodotti di Origine Naturale

I biopesticidi e i prodotti naturali offrono alternative più ecologiche e sostenibili ai pesticidi sintetici convenzionali. I prodotti di origine naturale vengono estratti o isolati da materiali naturali e possono subire alcune modificazioni chimiche per migliorarne l'efficacia o la stabilità. I pesticidi microbici provengono da batteri, funghi, virus e nematodi che sono patogeni per specifiche specie di parassiti. Ad esempio, i prodotti derivati da *Bacillus thuringiensis*, che contengono spore batteriche e proteine cristalline, sono tossici per alcuni parassiti. Diverse formulazioni derivate dal fungo *Trichoderma viride* e gli oli essenziali sono attivi contro i patogeni che danneggiano le piante coltivate.

La ricerca attiva è in corso a livello globale per scoprire e caratterizzare nuovi composti bioattivi da fonti naturali e ottimizzare i sistemi di formulazione e rilascio.



Assenzio Comune (*Artemisia absinthium*) è stato usato come pianta medicinale fin dall'antichità

In recenti studi sulla fitotossicità ed entomotossicità, gli oli essenziali di rosmarino e artemisia sono stati valutati contro il parassita del pomodoro *Bemisia tabaci*.

8. Nanotecnologie.

Le nanotecnologie sono un campo emergente con il potenziale per la progettazione di nuovi e migliorati strumenti di controllo chimico all'interno della GIP. I nanopesticidi offrono diversi potenziali vantaggi rispetto alle formulazioni convenzionali di pesticidi: maggiore efficacia, effetti ambientali ridotti e rilascio mirato a parassiti o tessuti vegetali predeterminati. Esempi di nanomateriali utilizzati nella preparazione di nanopesticidi includono nanoparticelle polimeriche, nanovettori a base lipidica e nanoparticelle inorganiche come il biossido di silicio e il biossido di titanio.

Lo sviluppo e il trattamento con nanopesticidi nella GIP richiedono un approccio multidisciplinare che combina competenze da campi come la chimica, la scienza dei materiali, l'agronomia, la tossicologia, i valutatori del rischio, i regolatori e le scienze sociali. Le attuali priorità e attività di ricerca in questo settore includono la progettazione e la sintesi di nuovi nanomateriali con funzionalità specifiche, l'ottimizzazione delle nanoformulazioni e dei metodi di rilascio, e la valutazione della loro efficacia, sicurezza e destino ambientale.



L'uso dell'estratto di neem è molto apprezzato per le sue applicazioni medicinali, cosmetiche e agricole

È stato sviluppato un nuovo nanocomposito biopesticida, che incapsula l'azadirachtina, un composto naturale con azione insetticida estratto dai semi dell'albero di neem. Mostra un'azione più rapida e una maggiore efficacia rispetto agli insetticidi convenzionali. La microscopia confocale rivela una migliore biodistribuzione all'interno del corpo dell'insetto, e il nanocomposito mostra una maggiore stabilità ai raggi UV grazie alla sua nanostruttura intrinseca e alla vitamina E. Questo progresso nella gestione sostenibile dei parassiti evidenzia il potenziale per approcci più ecologici al controllo dei parassiti agricoli attraverso una combinazione di biotecnologie e nanotecnologie.

Benefici della Sostenibilità dei Sistemi GIP

Si esprimono in diverse direzioni:

1. Sostenibilità Ecologica

Prioritizzando i metodi non chimici e l'applicazione giudiziosa dei pesticidi basata sui LDE e sul monitoraggio dei parassiti, la GIP mira a mantenere le popolazioni di parassiti al di sotto dei livelli economicamente dannosi, minimizzando al contempo la dipendenza dai trattamenti chimici. Questo approccio porta a una riduzione del volume totale di pesticidi applicati e incoraggia l'uso di composti selettivi e benigni, mitigando gli impatti avversi

su organismi non bersaglio, ecosistemi e salute umana. La GIP impiega un approccio combinato, mescolando tattiche di controllo colturale, biologico e fisico, integrate dall'applicazione strategica di pesticidi a rischio ridotto (cioè, biopesticidi e prodotti di origine naturale). Queste alternative, inclusi microbioinsetticidi, estratti botanici e feromoni, mostrano una tossicità inferiore, una persistenza più breve e meno effetti fuori bersaglio rispetto ai tipici pesticidi sintetici. La loro inclusione nei programmi GIP può migliorare la sostenibilità complessiva degli approcci di protezione delle piante riducendo i rischi di contaminazione ambientale, proteggendo i nemici naturali e la fauna selvatica, e promuovendo la resilienza degli ecosistemi.

2. Sostenibilità Economica

I benefici economici della GIP derivano dalla riduzione dei costi di gestione dei parassiti, dall'efficienza migliorata nell'uso delle risorse e dall'aumento della redditività e competitività della produzione agricola. La GIP consente agli agricoltori di valutare attentamente le conseguenze economiche, ambientali e sociali delle varie tecniche di gestione dei parassiti. L'uso giudizioso dei pesticidi, basato su soglie di danno economico, monitoraggio dei parassiti e sistemi di supporto decisionale, può ridurre significativamente la quantità di prodotti chimici necessari per mantenere le popolazioni di parassiti al di sotto dei livelli dannosi. La gestione alternativa dei parassiti (controllo colturale, controllo biologico) fornisce alternative economicamente vantaggiose al controllo chimico. La GIP migliora anche l'efficienza economica della produzione agricola ottimizzando l'uso di risorse come terra, acqua e lavoro attraverso tecniche di agricoltura di precisione e l'integrazione con altre pratiche agricole sostenibili. Le perdite di raccolto dovute ai parassiti rappresentano un vincolo importante per la produttività agricola, con una stima del 40% della produzione globale di colture persa annualmente a causa dei parassiti.

3. Sostenibilità Sociale

La GIP può contribuire alla sostenibilità sociale migliorando la sicurezza e la qualità alimentare, aspetti essenziali per la salute e il benessere umano. Le pratiche GIP danno priorità all'uso di metodi non chimici di controllo dei parassiti e all'uso giudizioso dei pesticidi, riducendo così il potenziale di residui di pesticidi negli alimenti e i relativi rischi per la salute dei consumatori. Inoltre, riducendo i danni causati da parassiti e malattie, la GIP può aiutare a mantenere il valore nutrizionale, l'aspetto e la durata di conservazione dei prodotti agricoli, migliorando ulteriormente la loro qualità e commerciabilità. Attraverso di essa, la sicurezza alimentare può essere migliorata minimizzando il rischio di malattie di origine alimentare associate alla contaminazione microbica.

Sfide e Opportunità

Nonostante l'importanza ben consolidata della GIP per la sostenibilità ambientale, economica e sociale, esistono diverse barriere, inclusi fattori tecnici, economici, istituzionali e culturali, che ostacolano la sua adozione di successo da parte degli agricoltori. Identificare e superare queste barriere è cruciale per promuovere un'applicazione più ampia della GIP e realizzare la sua promessa per una protezione sostenibile delle piante. Una barriera tecnica chiave all'adozione della GIP è la complessità intrinseca e la natura intensiva di conoscenza delle pratiche GIP, che richiede un investimento significativo in istruzione, sperimentazione e adattamento da parte degli agricoltori. Per superare questa barriera, le conoscenze e le competenze sulla GIP devono essere sviluppate e diffuse attraverso approcci appropriati. L'integrazione delle conoscenze tradizionali e locali con la ricerca scientifica può contribuire allo sviluppo di strategie più appropriate e accettabili, adattate a diversi contesti agroecologici e socioculturali.

Gli ostacoli economici, inclusi costi iniziali più elevati e rischi percepiti associati all'adozione della GIP, possono anche limitare la sua implementazione da parte degli agricoltori. Per superare le barriere economiche, è importante sviluppare e implementare politiche e incentivi che supportino l'adozione delle pratiche GIP, come sussidi, crediti e strumenti di mercato. Ad esempio, la Politica Agricola Comune (PAC) dell'Unione Europea fornisce pagamenti agro-ambientali agli agricoltori che adottano la GIP e altre pratiche agricole sostenibili, riconoscendo il loro contributo ai beni pubblici e ai servizi ecosistemici.

Barriere culturali e sociali possono anche limitare l'adozione delle pratiche di sistema da parte degli agricoltori. In molti casi, gli agricoltori potrebbero essere riluttanti a cambiare le loro consolidate pratiche di gestione dei parassiti, specialmente se percepiscono la GIP come una minaccia alla loro identità, autonomia o status sociale.

La GIP non è un approccio autonomo, ma una componente integrante dei sistemi agricoli sostenibili che mirano a ottimizzare l'uso delle risorse naturali, migliorare i servizi ecosistemici e aumentare la resilienza e l'adattabilità degli agroecosistemi. L'integrazione della GIP con altre pratiche agricole sostenibili, come l'agricoltura conservativa, l'agroforestazione e l'agricoltura biologica, può creare sinergie benefiche e co-benefici che migliorano la sostenibilità e l'efficienza complessiva dei sistemi agricoli.

I vincoli di manodopera rappresentano un'altra sfida per l'adozione della GIP, poiché il settore agricolo affronta una crescente carenza di manodopera e costi del lavoro in aumento. La GIP spesso richiede pratiche di monitoraggio, scouting e gestione più intensive rispetto ai metodi convenzionali di controllo dei parassiti. Questa maggiore domanda di manodopera può essere una barriera significativa per i produttori che già faticano a trovare e permettersi lavoratori. Un'altra sfida pratica sono i limiti dei biopesticidi. Sebbene i biopesticidi siano uno strumento importante nella GIP, affidarsi esclusivamente a essi non è fattibile. Sono più costosi, richiedono

dosi di applicazione più elevate e tendono a fornire solo una soppressione parziale dei parassiti anziché un controllo completo.

La GIP emerge come un paradigma promettente e sostenibile per la protezione delle piante, offrendo un'alternativa valida all'applicazione eccessiva e indiscriminata di pesticidi chimici. Integrando sinergicamente un'ampia gamma di strategie di controllo preventivo, biologico, colturale e chimico, la GIP si impegna a mantenere le popolazioni di parassiti al di sotto delle soglie economicamente dannose, mitigando al contempo i rischi per la salute pubblica e per l'ambiente.

Riferimenti

1. Atanasov N., M. Vitanov, E. Loginova, E. Ilieva, 2005. Protezione integrata delle colture in serra da malattie e parassiti. Sofia–Videnov&son and PantaNeo Publishing House, 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. Manuale per la gestione integrata dei parassiti nelle colture orticole. NSSP. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Sofia. 238.
3. Batz, P., Will, T., Thiel, S., Ziesche, T. M., Joachim, C. 2023. Dall'identificazione alla previsione: il potenziale del riconoscimento delle immagini e dell'intelligenza artificiale per il monitoraggio dei parassiti degli afidi. *Frontiers in Plant Science*, 14.
4. Dara, S. K., 2019. Il nuovo paradigma di gestione integrata dei parassiti per l'era moderna. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1), 12.
5. Kruidhof, H. M., Elmer, W. H., 2020. Metodi colturali per la gestione dei parassiti e delle malattie in serra. *Gestione integrata dei parassiti e delle malattie nelle colture in serra*, 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. Automazione del monitoraggio degli insetti tramite sensori non supervisionati nel vicino infrarosso. *Sci. Rep.* 12 (1), 2603.