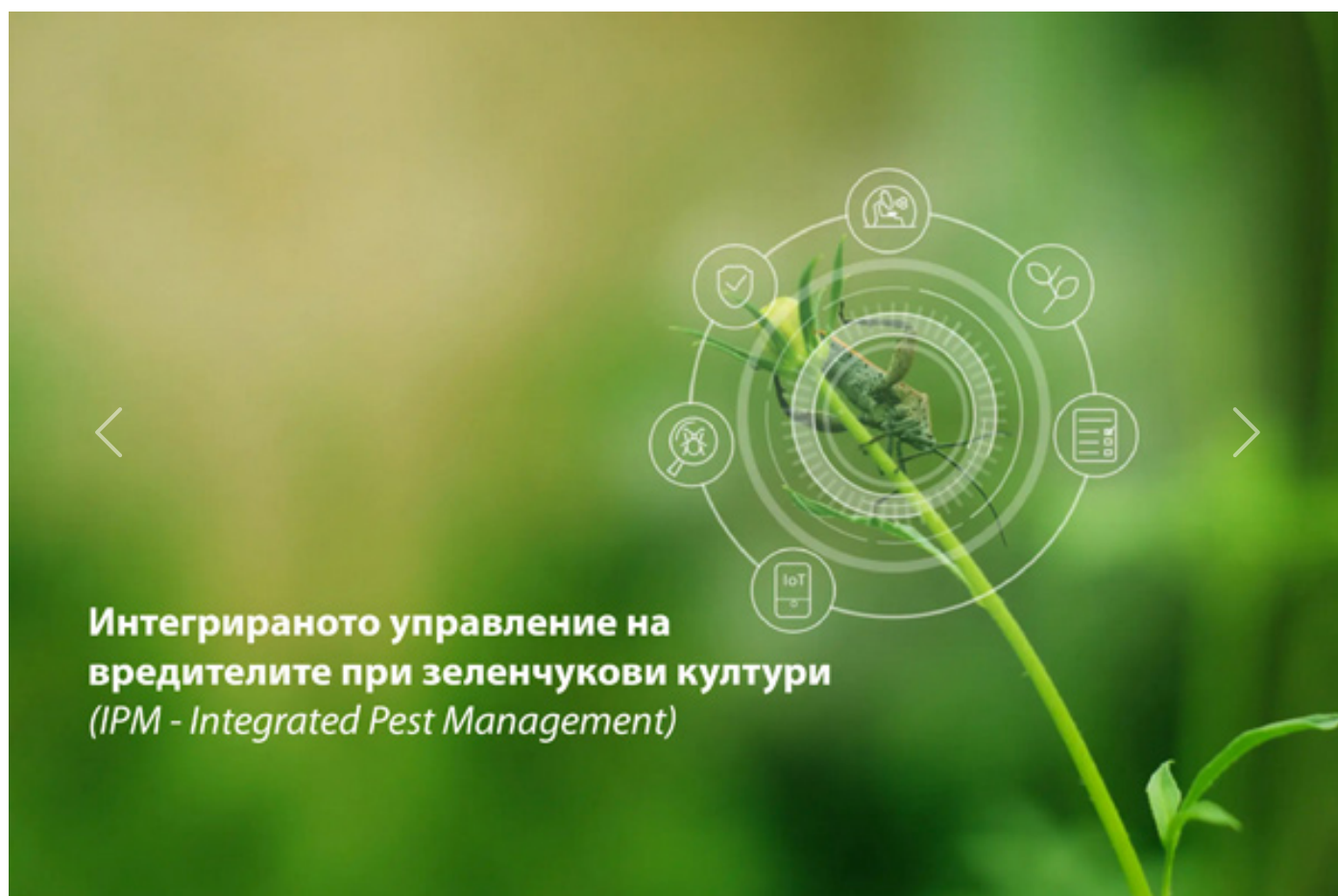


# Gestion intégrée des ravageurs dans les cultures légumières – Une nouvelle approche avec des traditions

**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 Gestion Intégrée des Ravageurs (GIR - *Integrated Pest Management*) est une approche globale et écologique de la gestion des ravageurs dans les systèmes agricoles. Elle implique l'intégration stratégique de multiples méthodes de contrôle - pratiques culturales, biologiques et chimiques - pour maintenir les populations de ravageurs en dessous du seuil de nuisance économique. En conséquence, les risques pour l'environnement et la santé humaine sont minimisés. La GIR accorde une attention particulière aux mesures préventives, à la surveillance et aux décisions fondées sur des seuils de nuisance établis. Les principaux principes de la GIR

comprennent la prévention des problèmes de ravageurs par des pratiques culturales telles que la rotation des cultures ; la surveillance continue des populations de ravageurs et de leurs ennemis naturels ; l'utilisation de seuils de nuisance économique lors des prises de décision de gestion ; l'application d'une combinaison de méthodes de lutte biologique, physique et chimique ; l'évaluation de l'efficacité des traitements effectués. En intégrant des connaissances multidisciplinaires et une approche systémique, la GIR vise à optimiser la production agricole, en préservant les services écosystémiques et en atténuant les conséquences néfastes de l'application conventionnelle de pesticides.

Les pratiques durables de lutte antiparasitaire au sein de la GIR sont cruciales pour relever les défis posés par le besoin croissant de nourriture, la conservation des bio-ressources nationales et l'atténuation des effets néfastes du changement climatique. Les pratiques conventionnelles de lutte antiparasitaire, impliquant l'utilisation intensive de pesticides, entraînent de nombreux défis écologiques, économiques et sociaux. Ceux-ci comprennent l'émergence de la résistance aux pesticides, la perturbation des communautés de macro-bioagents bénéfiques, la contamination des sols et de l'eau, et l'exposition potentielle des travailleurs et des consommateurs à des produits chimiques dangereux. Inversement, la GIR offre un modèle plus durable de lutte antiparasitaire, limitant les traitements aux pesticides à des seuils économiquement et écologiquement justifiés. En réduisant la dépendance aux pesticides chimiques, la GIR favorise la biodiversité et la conservation des écosystèmes, renforce la stabilité des systèmes agricoles, apporte des avantages économiques aux agriculteurs grâce à la réduction des coûts des intrants et à l'augmentation des rendements, tout en améliorant simultanément la sécurité alimentaire et la qualité des produits pour les consommateurs.

La GIR ne s'attaque pas seulement à l'impact direct des ravageurs sur les plantes cultivées, mais contribue également au développement durable, y compris la conservation des ressources naturelles, la protection de la santé publique et la promotion du bien-être social et économique.

### ***Principaux principes de la Gestion Intégrée des Ravageurs :***

**1. Approche bioécocénologique.** L'agrobiocénose est un organisme vivant. Les relations entre ses composants sont dynamiques. L'introduction de la GIR vise à préserver l'équilibre biologique dans les écosystèmes, en se basant sur les relations antagonistes entre organismes nuisibles et bénéfiques. L'accent est mis sur le contrôle, et non sur l'éradication du ravageur. La destruction complète des ravageurs est impossible, et une telle tentative peut être coûteuse et dangereuse pour l'environnement.



Dans le cadre de ce programme, le contrôle commence par l'établissement des Niveaux de Nuisance Économique (EILs). La sélection et l'application des mesures de contrôle suivent. Ces seuils incluent non seulement les ravageurs mais aussi le lieu spécifique auquel ils se réfèrent, car ils peuvent varier selon les régions. En maintenant les populations de ravageurs à un niveau acceptable, la pression de sélection est éliminée. Cela réduit le risque de développer une résistance aux produits phytosanitaires chimiques (PPP).

**2. Approche économique.** Dans le pathosystème ou la combinaison ravageur/culture, il est important d'évaluer les seuils de dommages et d'intervention. Le seuil d'intervention est le niveau maximal de développement de la maladie ou du ravageur en dessous duquel les pertes n'ont pas de signification économique. Une fois atteint, des actions doivent être entreprises pour prévenir une multiplication épiphytotique ou calamiteuse. Ce seuil est un outil important dans la lutte intégrée et peut varier en fonction de l'efficacité des alternatives de contrôle et de leur durée d'action.

**3. Sélection appropriée des agents chimiques.** La GIR utilise des pesticides sélectifs qui sont toxiques pour les ravageurs et non toxiques ou faiblement toxiques pour les espèces bénéfiques. La sélectivité peut être : Physiologique - déterminée par la structure active du PPP et son mécanisme d'action ; Écologique - déterminée par la biologie et l'écologie des ravageurs et des espèces bénéfiques ; Technologique - déterminée par les méthodes et approches de traitement (traitement local, application avec des systèmes d'irrigation goutte à goutte, fertigation, traitement des semences, utilisation de PPP granulaires, mélanges de pesticides, doses

réduites en combinaison avec des préparations microbiennes). L'évaluation des risques pour l'application des PPP chimiques dans les programmes de GIR est déterminée par : la caractérisation et l'identification des agents de lutte biologique ; les risques pour la santé ; les risques environnementaux ; l'efficacité des PPP. La GIR utilise les pesticides les plus sélectifs qui rempliront leur objectif tout en étant les plus sûrs pour les espèces bénéfiques, la qualité de l'air, du sol et de l'eau ; des traitements locaux, et non totaux, sont effectués, et une pulvérisation à faible volume est appliquée.

### ***Composants de la GIR***

La GIR repose sur une combinaison de stratégies, incluant les méthodes de prévention et de contrôle cultural, les outils de surveillance et de prise de décision, ainsi que le contrôle biologique et chimique. Les méthodes de prévention et de contrôle cultural comprennent la rotation des cultures, le maintien des cultures exemptes de mauvaises herbes, la culture intercalaire et l'utilisation de variétés résistantes. L'objectif est de créer des conditions moins favorables au développement des populations de ravageurs. Les outils de surveillance et de prise de décision (EILs, détection et techniques d'échantillonnage) aident les agriculteurs à évaluer les populations de ravageurs et à déterminer quand une intervention est nécessaire. Les méthodes de contrôle biologique, incluant l'utilisation d'ennemis naturels, la conservation et l'augmentation des espèces bénéfiques, le contrôle génétique et le contrôle biologique classique, exploitent le pouvoir des prédateurs/parasites pour maîtriser les populations de ravageurs. Les méthodes d'intervention chimique (biopesticides, utilisation sélective/ciblée de pesticides et nanotechnologies) sont utilisées judicieusement pour contrôler les ravageurs lorsque les autres méthodes sont insuffisantes. En intégrant ces diverses stratégies, la GIR peut gérer avec succès les ravageurs en réduisant les risques pour la santé publique et l'environnement.

#### **1. Méthodes de prévention et de contrôle cultural**

La *rotation des cultures* est une stratégie fondamentale pour la gestion préventive des ravageurs au sein de la GIR. Elle implique la culture séquentielle de différentes cultures sur un même champ au cours de différentes saisons de croissance. L'efficacité de la rotation des cultures dans la suppression des populations de ravageurs est due aux mécanismes suivants : séparation spatiotemporelle des cultures hôtes ; inclusion de cultures non-hôtes fonctionnant comme des barrières ou des cultures pièges ; stimulation des espèces bénéfiques par l'amélioration de leur biodiversité. L'efficacité de la rotation des cultures en tant que stratégie de GIR dépend de la sélection judicieuse et de l'organisation des cultures dans une séquence temporelle, de la diversité des cultures incluses dans le schéma de rotation, de la durée du cycle de rotation et de l'inclusion stratégique de cultures de couverture ou d'engrais verts. Il a été constaté que la rotation de cultures non-hôtes avec des

cultures hôtes (légumes) dans une séquence de rotation stratégique limite efficacement la fréquence et l'activité nuisible des phytopathogènes telluriques et des nématodes parasites des plantes à travers un large éventail de cultures. L'inclusion de cultures légumineuses dans les rotations peut également supprimer les populations de mauvaises herbes par des effets allélopathiques et une compétition pour les ressources, tout en améliorant simultanément la fertilité du sol.

---

## Cultures d'épices dans les systèmes de culture intercalaire en production maraîchère

---

La *culture intercalaire* de différentes cultures est une stratégie de contrôle cultural efficace. Elle implique la culture simultanée de plusieurs espèces végétales sur un même champ. Cette pratique préventive est basée sur les interactions écologiques entre différentes espèces végétales pour créer des agroécosystèmes qui limitent la propagation des ravageurs et favorisent l'activité des ennemis naturels. Les mécanismes de la culture intercalaire sont complexes. Ils englobent des facteurs tels que la compétition pour les ressources, les barrières physiques, l'allélopathie et la manipulation de l'habitat. L'efficacité de la culture intercalaire en tant que stratégie de gestion des ravageurs dépend de la sélection judicieuse des cultures compagnes, de leur configuration spatiale précise et du moment idéal pour leur établissement.



Un exemple de cette coexistence est la culture de plantes aromatiques comme le basilic ou la menthe en cultures intercalaires. Celles-ci repoussent ou masquent les signaux olfactifs volatils utilisés par les ravageurs pour localiser leurs plantes hôtes, réduisant ainsi le taux d'infestation parasitaire. Outre leur impact direct sur les populations de ravageurs, la culture intercalaire peut également améliorer la résilience globale et le rendement des agroécosystèmes en augmentant la fertilité du sol, en optimisant l'efficacité de l'utilisation de l'eau et en réduisant l'influence des facteurs de stress abiotiques.

Les *pratiques d'assainissement*, qui comprennent l'élimination et la destruction du matériel végétal infesté par les ravageurs, des résidus de culture et d'autres sources d'inoculum de ravageurs des champs et des zones environnantes, sont également des pratiques de contrôle cultural. Elles réduisent les populations de ravageurs émergentes et empêchent leur propagation au sein et entre les saisons de croissance, minimisant ainsi le besoin d'interventions correctives. Au-delà de ces mesures au niveau du champ, les pratiques d'assainissement comprennent également le nettoyage et la désinfection des équipements agricoles, des installations de stockage et des véhicules de transport pour limiter l'introduction et la propagation des ravageurs provenant de sources externes.

La *culture de variétés résistantes* est une stratégie essentielle pour le contrôle cultural des ravageurs. Elle exploite la diversité génétique des cultures pour minimiser les effets néfastes des ravageurs et des maladies sur les cultures. L'utilisation de variétés résistantes dans les programmes de GIR vise à réduire la dépendance aux pesticides, à minimiser les pertes de rendement et à améliorer la résilience globale des cultures.

## **2. Surveillance et prise de décision**

Une surveillance et un échantillonnage réguliers sont fondamentaux pour la prise de décision dans les programmes de GIR.



Divers outils et techniques sont également utilisés pour surveiller les populations de ravageurs et leurs effets néfastes sur les plantes cultivées, notamment : l'inspection visuelle, l'utilisation de filets de protection pour les ventilateurs, les pièges collants, les pièges à phéromones et les technologies de télédétection. Les techniques de télédétection comprennent la photographie aérienne, l'imagerie satellitaire et les véhicules aériens sans pilote. Celles-ci sont de plus en plus utilisées pour surveiller l'état des cultures et détecter précocement les épidémies de ravageurs sur de grandes échelles spatiales. L'intégration de divers outils et techniques de surveillance, combinée à un échantillonnage approprié, permet des décisions fondées sur les données concernant la nécessité et le moment des interventions de gestion des ravageurs. À mesure que la recherche liée à l'intelligence artificielle progresse, les possibilités de son utilisation dans la prise de décision en matière de GIR sont explorées (pour le développement de modèles prédictifs basés sur l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones, pour l'optimisation de l'infrastructure de surveillance ; pour l'amélioration des modèles prédictifs).

Les seuils de nuisibilité économique sont des outils essentiels pour prendre des décisions concernant le traitement des cultures. Ils déterminent quand les mesures de lutte antiparasitaire sont économiquement justifiées. Cette approche minimise les applications superflues de pesticides, réduisant l'impact environnemental et le fardeau économique associé à la gestion des ravageurs.

### 3. Lutte biologique

Les ennemis naturels, incluant les parasitoïdes, les prédateurs et les agents pathogènes, représentent un composant vital de la lutte biologique contre les ravageurs au sein des programmes de GIR.



Ces organismes bénéfiques peuvent permettre la régulation des populations de ravageurs par divers mécanismes, incluant la prédation directe, le parasitisme et l'infection, maintenant souvent les densités de ravageurs en dessous des seuils de nuisibilité économique. L'intégration réussie des ennemis naturels dans la GIR nécessite une compréhension approfondie de leur biologie et de leur interaction avec les ravageurs cibles et l'environnement cultural. L'influence des prédateurs sur les populations de ravageurs dépend de leur taux d'alimentation, de leur réponse fonctionnelle, de leurs préférences en matière de proies et d'autres composants écologiques. Les parasitoïdes sont des insectes qui pondent leurs œufs dans l'hôte, l'éliminant au fur et à mesure que les larves de parasitoïdes se développent. Les agents pathogènes, incluant les virus, les bactéries, les champignons microscopiques et les nématodes, infectent et provoquent des maladies au sein des populations de ravageurs, entraînant une réduction de la croissance, de la reproduction et de la survie.

La lutte biologique classique implique l'établissement d'ennemis naturels des ravageurs. Cette stratégie vise à obtenir une suppression des ravageurs à long terme et durable en rétablissant l'équilibre écologique entre le ravageur et ses prédateurs naturels dans la zone. Cela atténue les effets néfastes des ravageurs invasifs sur les agroécosystèmes. La sélection d'ennemis naturels appropriés est basée sur les critères suivants : spécificité d'hôte, adaptabilité climatique, potentiel reproducteur et efficacité de recherche. La spécificité d'hôte est

importante pour minimiser le risque d'effets non-cibles sur les espèces indigènes et pour assurer la sécurité écologique du programme de lutte biologique.

L'inclusion d'ennemis naturels dans les programmes de GIR est basée sur la conservation et l'augmentation des populations existantes et l'introduction de nouvelles espèces par la lutte biologique de conservation. Elle se concentre sur la modification de l'environnement cultural pour favoriser la survie et l'efficacité des agents biologiques en fournissant des sources de nourriture alternatives, des abris et des sites d'hivernage. La conservation et l'augmentation des prédateurs naturels sont deux stratégies clés dans le cadre plus large de la lutte biologique. Les techniques de conservation et d'augmentation sont souvent utilisées en conjonction avec d'autres tactiques de GIR, telles que le contrôle chimique et cultural, pour parvenir à une gestion durable et rentable des ravageurs. Cela inclut diverses pratiques, notamment la fourniture de sources de nourriture alternatives, la création d'abris pour les organismes en hibernation, et la minimisation des applications de pesticides à large spectre qui peuvent affecter négativement les organismes bénéfiques.

#### **4. Lutte chimique**

Parmi les différentes composantes de la GIR, la lutte chimique est celle qui a connu les mises à jour les plus récentes. Celles-ci incluent les dernières avancées en matière d'utilisation sélective et ciblée des pesticides, de gestion de la résistance, de biopesticides et de composés naturels, ainsi que l'utilisation des nanotechnologies.

#### **5. Utilisation sélective et ciblée des pesticides**

L'application judicieuse et précise des pesticides, ciblée sur des ravageurs spécifiques, constitue un élément vital des approches de GIR, qui met l'accent sur la mise en œuvre stratégique des mesures de lutte chimique. Cette approche exige une compréhension approfondie des cycles de vie des ravageurs, des interactions écologiques et des fluctuations de population, ainsi que de la phénologie des cultures et des relations complexes au sein des écosystèmes agricoles. La recherche moléculaire a considérablement contribué à cet effort en éclairant les mécanismes sous-jacents qui déterminent la sélectivité des insecticides.

#### **6. Stratégies de gestion de la résistance**

Celles-ci visent à prévenir ou à retarder l'émergence de la résistance aux pesticides au sein des populations de ravageurs. L'apparition de la résistance est due à la pression de sélection exercée par les applications répétées de pesticides, qui favorisent la survie et la reproduction des individus résistants par rapport aux individus sensibles. La rotation des pesticides avec différents modes d'action réduit la pression de sélection sur les mécanismes de résistance spécifiques et aide à maintenir un pool génétique diversifié d'individus sensibles.

dans la population de ravageurs. L'application de pesticides à leurs doses complètes recommandées est une autre partie importante de la stratégie de gestion de la résistance, car des doses sublétales peuvent faciliter la survie et la reproduction des individus résistants, accélérant ainsi l'apparition de la résistance.

## 7. Biopesticides et produits d'origine naturelle

Les biopesticides et les produits naturels offrent des alternatives plus écologiques et durables aux pesticides synthétiques conventionnels. Les produits d'origine naturelle sont extraits ou isolés de matériaux naturels et peuvent subir une certaine modification chimique pour améliorer leur efficacité ou leur stabilité. Les pesticides microbiens proviennent de bactéries, de champignons, de virus et de nématodes qui sont pathogènes pour des espèces de ravageurs spécifiques. Par exemple, les produits dérivés de *Bacillus thuringiensis*, qui contiennent des spores bactériennes et des protéines cristallines, sont toxiques pour certains ravageurs. Diverses formulations dérivées du champignon *Trichoderma viride* et d'huiles essentielles sont actives contre les agents pathogènes qui nuisent aux plantes cultivées.

Des recherches actives sont en cours dans le monde entier pour découvrir et caractériser de nouveaux composés bioactifs d'origine naturelle et pour optimiser les systèmes de formulation et de livraison.



**Absinthe commune** (*Artemisia absinthium*) est utilisée comme plante médicinale depuis l'Antiquité

Dans des études récentes sur la phytotoxicité et l'entomotoxicité, les huiles essentielles de romarin et d'artémise ont été évaluées contre le ravageur de la tomate *Bemisia tabaci*.

### 8. Nanotechnologies.

Les nanotechnologies sont un domaine émergent avec un potentiel pour la conception de nouveaux outils de lutte chimique améliorés au sein de la GIR. Les nanopesticides offrent plusieurs avantages potentiels par rapport aux formulations de pesticides conventionnelles : efficacité accrue, effets environnementaux réduits et délivrance ciblée aux ravageurs ou aux tissus végétaux prédéterminés. Des exemples de nanomatériaux utilisés dans la préparation des nanopesticides incluent les nanoparticules polymères, les nanovecteurs à base de lipides et les nanoparticules inorganiques telles que le dioxyde de silicium et le dioxyde de titane.

Le développement et le traitement avec des nanopesticides dans la GIR nécessitent une approche multidisciplinaire qui combine l'expertise de domaines tels que la chimie, la science des matériaux, l'agronomie, la toxicologie, les évaluateurs de risques, les régulateurs et les sciences sociales. Les priorités et activités de recherche actuelles dans ce domaine incluent la conception et la synthèse de nouveaux nanomatériaux avec des fonctionnalités spécifiques, l'optimisation des nanoformulations et des méthodes de livraison, et l'évaluation de leur efficacité, sécurité et devenir environnemental.



*L'utilisation de l'extrait de neem est très appréciée pour ses applications médicales, cosmétiques et agricoles*

Un nouveau nanocomposite biopesticide a été développé, encapsulant l'azadirachtine, un composé naturel à action insecticide extrait des graines de l'arbre de neem. Il montre une action plus rapide et une plus grande efficacité que les insecticides conventionnels. La microscopie confocale révèle une biodistribution améliorée dans le corps de l'insecte, et le nanocomposite montre une stabilité aux UV accrue grâce à sa nanostructure inhérente et à la vitamine E. Cette avancée en matière de gestion durable des ravageurs souligne le potentiel d'approches plus respectueuses de l'environnement pour la lutte antiparasitaire agricole grâce à une combinaison de biotechnologies et de nanotechnologies.

## ***Avantages de la durabilité des systèmes de GIR***

Ils s'expriment dans plusieurs directions :

### **1. Durabilité écologique**

En privilégiant les méthodes non chimiques et l'application judicieuse de pesticides basée sur les EILs et la surveillance des ravageurs, la GIR vise à maintenir les populations de ravageurs en dessous des niveaux économiquement nuisibles tout en minimisant la dépendance aux traitements chimiques. Cette approche conduit à une réduction du volume total de pesticides appliqués et encourage l'utilisation de composés sélectifs et bénins, atténuant les impacts négatifs sur les organismes non cibles, les écosystèmes et la santé humaine. La GIR utilise une approche combinée, mêlant tactiques de lutte culturale, biologique et physique, complétée par l'application stratégique de pesticides à risque réduit (c'est-à-dire, les biopesticides et les produits d'origine naturelle). Ces alternatives, incluant les microbioinsecticides, les extraits botaniques et les phéromones, présentent une toxicité plus faible, une persistance plus courte et moins d'effets non ciblés par rapport aux pesticides synthétiques typiques. Leur inclusion dans les programmes de GIR peut améliorer la durabilité globale des approches de protection des plantes en réduisant les risques de contamination environnementale, en protégeant les ennemis naturels et la faune, et en favorisant la résilience des écosystèmes.

### **2. Durabilité économique**

Les avantages économiques de la GIR proviennent de la réduction des coûts de gestion des ravageurs, de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des ressources et de l'augmentation de la rentabilité et de la compétitivité de la production agricole. La GIR permet aux agriculteurs d'évaluer attentivement les conséquences économiques, environnementales et sociales des diverses techniques de gestion des ravageurs. L'utilisation judicieuse des pesticides, basée sur les seuils de nuisibilité économique, la surveillance des ravageurs et les systèmes d'aide à la décision, peut réduire considérablement la quantité de produits

chimiques nécessaires pour maintenir les populations de ravageurs en dessous des niveaux nuisibles. La gestion alternative des ravageurs (contrôle cultural, lutte biologique) offre des alternatives rentables à la lutte chimique. La GIR améliore également l'efficacité économique de la production agricole en optimisant l'utilisation des ressources telles que la terre, l'eau et la main-d'œuvre grâce aux techniques d'agriculture de précision et à l'intégration avec d'autres pratiques agricoles durables. Les pertes de récoltes dues aux ravageurs représentent une contrainte majeure pour la productivité agricole, avec une estimation de 40% de la production agricole mondiale perdue chaque année à cause des ravageurs.

### **3. Durabilité sociale**

La GIR peut contribuer à la durabilité sociale en améliorant la sécurité et la qualité alimentaires, qui sont des aspects essentiels de la santé et du bien-être humains. Les pratiques de GIR privilégient l'utilisation de méthodes de lutte antiparasitaire non chimiques et l'usage judicieux des pesticides, réduisant ainsi le potentiel de résidus de pesticides dans les aliments et les risques sanitaires associés pour les consommateurs. De plus, en réduisant les dommages causés par les ravageurs et les maladies, la GIR peut aider à maintenir la valeur nutritive, l'apparence et la durée de conservation des produits agricoles, améliorant ainsi leur qualité et leur commercialisation. Grâce à elle, la sécurité alimentaire peut être améliorée en minimisant le risque de maladies d'origine alimentaire associées à la contamination microbienne.

#### ***Défis et opportunités***

Malgré l'importance bien établie de la GIR pour la durabilité environnementale, économique et sociale, diverses barrières existent, y compris des facteurs techniques, économiques, institutionnels et culturels, qui entravent son adoption réussie par les agriculteurs. Identifier et surmonter ces barrières est crucial pour promouvoir une application plus large de la GIR et réaliser sa promesse pour une protection durable des plantes. Une barrière technique clé à l'adoption de la GIR est la complexité inhérente et la nature intensive en connaissances des pratiques de GIR, ce qui nécessite un investissement significatif en éducation, expérimentation et adaptation de la part des agriculteurs. Pour surmonter cette barrière, les connaissances et compétences en GIR doivent être développées et diffusées par des approches appropriées. L'intégration des connaissances traditionnelles et locales avec la recherche scientifique peut contribuer au développement de stratégies plus appropriées et acceptables, adaptées aux différents contextes agroécologiques et socioculturels.

Des obstacles économiques, incluant des coûts initiaux plus élevés et des risques perçus associés à l'adoption de la GIR, peuvent également limiter sa mise en œuvre par les agriculteurs. Pour surmonter les barrières économiques, il est important d'élaborer et de mettre en œuvre des politiques et des incitations qui soutiennent

l'adoption des pratiques de GIR, telles que des subventions, des crédits et des instruments de marché. Par exemple, la Politique Agricole Commune (PAC) de l'Union européenne accorde des paiements agro-environnementaux aux agriculteurs qui adoptent la GIR et d'autres pratiques agricoles durables, reconnaissant leur contribution aux biens publics et aux services écosystémiques.

Des barrières culturelles et sociales peuvent également limiter l'adoption des pratiques du système par les agriculteurs. Dans de nombreux cas, les agriculteurs peuvent être réticents à modifier leurs pratiques établies de gestion des ravageurs, surtout s'ils perçoivent la GIR comme une menace pour leur identité, leur autonomie ou leur statut social.

La GIR n'est pas une approche autonome mais un composant intégral des systèmes agricoles durables qui visent à optimiser l'utilisation des ressources naturelles, à améliorer les services écosystémiques et à renforcer la résilience et l'adaptabilité des agroécosystèmes. L'intégration de la GIR avec d'autres pratiques agricoles durables, telles que l'agriculture de conservation, l'agroforesterie et l'agriculture biologique, peut créer des synergies bénéfiques et des co-bénéfices qui améliorent la durabilité et l'efficacité globales des systèmes agricoles.

Les contraintes de main-d'œuvre représentent un autre défi pour l'adoption de la GIR, car le secteur agricole fait face à une pénurie croissante de main-d'œuvre et à l'augmentation des coûts de main-d'œuvre. La GIR nécessite souvent des pratiques de surveillance, de détection et de gestion plus intensives par rapport aux méthodes conventionnelles de lutte antiparasitaire. Cette demande accrue de main-d'œuvre peut constituer un obstacle important pour les producteurs qui peinent déjà à trouver et à payer des travailleurs. Un autre défi pratique réside dans les limites des biopesticides. Bien que les biopesticides soient un outil important dans la GIR, s'y fier uniquement n'est pas réalisable. Ils sont plus chers, nécessitent des doses d'application plus élevées et ont tendance à n'offrir qu'une suppression partielle des ravageurs plutôt qu'un contrôle complet.

La GIR apparaît comme un paradigme prometteur et durable pour la protection des plantes, offrant une alternative viable à l'application excessive et indiscriminate des pesticides chimiques. En intégrant de manière synergique un large éventail de stratégies de lutte préventive, biologique, culturale et chimique, la GIR s'efforce de maintenir les populations de ravageurs en dessous des seuils économiquement nuisibles, tout en atténuant les risques pour la santé publique et l'environnement.

---

## Références

1. Atanasov N., M. Vitanov, E. Loginova, E. Ilieva, 2005. Integrated protection of greenhouse crops from diseases and pests. 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. Handbook for integrated pest management in vegetable crops. NSSP. Ministry of Agriculture and Forests. Sofia. 238.
3. Batz, P., Will, T., Thiel, S., Ziesche, T. M., Joachim, C. 2023. From identification to forecasting: the potential of image recognition and artificial intelligence for aphid pest monitoring. *Frontiers in Plant Science*, 14.
4. Dara, S. K., 2019. The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1), 12.
5. Kruidhof, H. M., Elmer, W. H., 2020. Cultural methods for greenhouse pest and disease management. *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. Automating insect monitoring using unsupervised near-infrared sensors. *Sci. Rep.* 12 (1), 2603.