

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



# **ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ.**

**Τσιτσόπουλος Κωνσταντίνος**

Φλώρινα, 2023

### **Δήλωση περί μη λογοκλοπής.**

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο «Ολοκληρωμένη καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών της θερμοκηπιακής μελιτζάνας» που συντάχθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας και παραδόθηκε το μήνα ..... του 2023. Η αναφερόμενη εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά.

Όνομα (κεφαλαία)

AM

Υπογραφή:

ΤΣΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

FG31044



Ημερομηνία:

### **Ευχαριστίες**

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Φίλιππο Μπαντή για το χρόνο που διέθεσε και την καθοδήγηση του για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης και στην κ. Ευανθία Εξάρχου, την καθηγήτρια με την οποία δεν κατέστη δυνατό να ολοκληρώσω την εργασία μου για λόγους που συνδέονται με την λειτουργία της σχολής μου ως ΑΕΙ.

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	iv
Κατάλογος Πινάκων .....	v
Περίληψη .....	vi
Abstract.....	viii
1. Εισαγωγή.....	9
2. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση στην γεωργική παραγωγή.....	3
2.1 Ιστορική αναδρομή και υφιστάμενη κατάσταση .....	3
2.2 Υπάρχοντα πρότυπα ολοκληρωμένης διαχείρισης σε κηπευτικά.....	12
2.2.1 Χημικός έλεγχος.....	15
2.2.2 Βιολογικός έλεγχος.....	15
2.2.3 Ανθεκτικότητα του φυτού ξενιστή .....	16
2.2.4 Πολιτιστικά μέτρα .....	16
2.2.5 Μηχανικός έλεγχος.....	16
2.2.6 Υγειονομικός έλεγχος.....	16
2.2.7 Φυσικός έλεγχος.....	17
2.3 Νομοθετικό πλαίσιο .....	17
2.3.1 Κανονισμοί της ΕΕ .....	17
3. Η καλλιέργεια της μελιτζάνας.....	19
3.1 Παραγωγή μελιτζάνας σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο.....	19
3.2 Οικονομικά στοιχεία της θερμοκηπιακής παραγωγής μελιτζάνας σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο.....	26
3.2.1 Η θέση της μελιτζάνας στην Ελλάδα.....	27
4. Θερμοκηπιακές καλλιέργειες .....	27
4.1 Έλεγχος παρασίτων.....	27
4.2 Το περιβάλλον του θερμοκηπίου .....	30
4.3 Ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών στα θερμοκήπια .....	32
4.4 Παραγωγή φυσικών ενθρονημάτων έλεγχου παρασίτων στα θερμοκήπια .....	35

4.5	Βιολογικός έλεγχος παρασίτων στα θερμοκήπια .....	36
4.6	Ολοκληρωμένη φυτοπροστασία στη μελιτζάνα θερμοκηπίου.....	39
4.6.1	Στρατηγικές διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών .....	39
	Συμπεράσματα .....	44
	Βιβλιογραφία .....	46
	Ελληνόγλωσση.....	46
	Ξενόγλωσση .....	47

### **Κατάλογος Πινάκων**

<b>Πίνακας 1:</b>	Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας/ήπειρο για το έτος 2013 (FAO, 2016) .....	26
<b>Πίνακας 2:</b>	Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας/χώρα για το έτος 2013 (FAO, 2016) .....	26
<b>Πίνακας 3:</b>	Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας στην Ελλάδα χώρα για το έτη 2009- 2013 (FAO, 2016).....	27

## Περίληψη

Οι αποδόσεις των καλλιεργειών στις ανεπτυγμένες χώρες έχουν αυξηθεί σημαντικά από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Οι περισσότερες από αυτές τις αυξήσεις οφείλονται στην ανάπτυξη νέων ποικιλιών καλλιεργειών που ανταποκρίνονται καλά στα ανόργανα λιπάσματα και στον πολύ βελτιωμένο έλεγχο επιβλαβών οργανισμών, ασθενειών και ζιζανίων. Ωστόσο, αυτό το μοντέλο καλλιέργειας έχει οδηγήσει σε πολύ αυξημένη χρήση χημικών και προβλέπεται ότι εάν δεν υιοθετηθούν νέες πρακτικές χαμηλότερης εισροής, η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων θα συνεχίσει να αυξάνεται. Αυτές οι εντατικές πρακτικές καλλιέργειας και η βαριά χρήση χημικών έχουν δημιουργήσει μια ποικιλία οικονομικών, περιβαλλοντικών και οικολογικών προβλημάτων. Η γεωργία είναι ένα δυναμικό σύστημα που αλλάζει συνεχώς σε μεταβαλλόμενες πρακτικές παραγωγής καλλιεργειών. Έτσι και η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων πρέπει να αλλάζει συνεχώς για να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις διαχείρισης παρασίτων. Στον ορισμό του FAO (2021), η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων (IPM) είναι μια προσέγγιση οικοσυστήματος για την παραγωγή και την προστασία των καλλιεργειών που συνδυάζει διαφορετικές στρατηγικές και πρακτικές διαχείρισης τόσο για την καλλιέργεια υγιών καλλιεργειών όσο και την ελαχιστοποίηση της χρήσης φυτοφαρμάκων.

Ως εκ τούτου, η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων χρησιμοποιεί τον καλύτερο συνδυασμό τακτικών ελέγχου για ένα δεδομένο πρόβλημα παρασίτων σε σύγκριση με την απόδοση της καλλιέργειας, το κέρδος και την ασφάλεια άλλων εναλλακτικών λύσεων. Η έμφαση δίνεται στον έλεγχο, όχι στην εξάλειψη. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων θεωρεί πως η ολοκληρωτική εξολόθρευση ενός πληθυσμού παρασίτων είναι συχνά αδύνατη και η προσπάθεια μπορεί να προκαλέσει μεγάλο οικονομικό κόστος και αρκετούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Ο αρχικός στόχος των προγραμμάτων είναι να γίνει καθορισμός σε αποδεκτά επίπεδα παρασίτων, που ονομάζονται κατώφλια δράσης, και να εφαρμοστούν έλεγχοι εκεί που ξεπερνιούνται τα όρια. Η ολοκληρωμένη διαχείριση αποτελεί έναν τρόπο διαχείρισης των καλλιεργειών που ο στόχος είναι τόσο το οικονομικό όφελος των παραγωγών, όσο και η παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας, σε συνδυασμό με φιλικές ως προς το περιβάλλον μεθόδους. Με άλλα λόγια, παρέχει ασφάλεια στην παραγωγή ποιοτικών αγροτικών προϊόντων, σεβόμενη το περιβάλλον και τηρώντας τις απαιτήσεις και τις υπάρχουσες προδιαγραφές. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει σεβασμός στην υγεία του καταναλωτή όσο και το περιβάλλον. Συνεπώς, οι παραγωγοί έχοντας ως στόχο το εισόδημα αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, βρίσκουν εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής, συνδυάζοντας συμβατική και βιολογική γεωργία. Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων (IPM) έχει γίνει αποδεκτή και έχει ενσωματωθεί στις δημόσιες πολιτικές και κανονισμούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί μια ολιστική επιστήμη της Ολοκληρωμένης διαχείρισης

επιβλαβών οργανισμών. Ως εκ τούτου, τα τρέχοντα προγράμματα μπορεί συχνά να είναι λιγότερο αποτελεσματικά από το άθροισμα των μεμονωμένων ενεργειών προστασίας των καλλιεργειών που εφαρμόζονται χωριστά.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην βιβλιογραφική καταγραφή της Ολοκληρωμένης καταπολέμησης Εχθρών και Ασθενειών στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια της μελιτζάνας, έτσι ώστε να πραγματοποιείται συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία καθώς και να λάβει χώρα μια ευρύτερη ενημέρωση των στρατηγικών ολοκληρωμένης διαχείρισης σε κηπευτικά θερμοκηπίου. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την πέμπτη θέση στην Ευρώπη, αναφορικά με την παραγωγή και την καλλιεργούμενη έκταση της μελιτζάνας, ενώ καταλαμβάνει την έκτη θέση αναφορικά με την απόδοση της μελιτζάνας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει την 30<sup>η</sup> θέση σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τη 27<sup>η</sup> σε παραγωγή και την 18<sup>η</sup> σε απόδοση καλλιέργειας της μελιτζάνας (FAO, 2016).

## **Abstract**

Crop yields in developed countries have increased significantly since the mid-20th century. Most of these increases are due to the development of new crop varieties that respond well to inorganic fertilizers and much improved control of pests, diseases and weeds. However, this crop model has led to much increased use of chemicals and it is predicted that unless new low-input practices are adopted, the use of fertilizers and pesticides will continue to increase. These intensive farming practices and the heavy use of chemicals have created a variety of economic, environmental and ecological problems. Agriculture is a dynamic system that is constantly changing in changing crop production practices. Thus, integrated pest management should constantly change to meet the challenges of pest management. In the FAO definition (2021), integrated pest management (IPM) is an ecosystem approach to crop production and protection that combines different management strategies and practices to both cultivate healthy crops and minimize pesticide use.

Therefore, integrated pest management uses the best combination of control tactics for a given pest problem compared to crop yield, profit and safety of other alternatives. The emphasis is to control and not to eliminate. Integrated pest management argues that eradicating an entire pest population is often impossible and the effort can be costly and environmentally hazardous. The initial mission of the programs is to determine acceptable levels of pests, called action thresholds, and to implement controls where the thresholds are exceeded. Integrated management is a way of managing crops that aims at both the economic benefit of producers and the production of high-quality products, the production of which does not burden the environment. In other words, integrated management ensures the production of quality agricultural products, respecting the environment and meeting the requirements and existing standards. In this way it respects both the health of the consumer and the environment. Therefore, with integrated management, producers aiming at both income and environmental protection, find alternative production methods, between conventional and organic farming.

The concept of Integrated Pest Management (IPM) has been accepted and integrated into public policies and regulations in the European Union, but a holistic science of Integrated Pest Management has not yet been developed. Therefore, current IPM programs can often be less effective than the sum of individual crop protection measures applied separately.

The present dissertation aims at a literature review of the Integrated Control of Pests and Diseases in the greenhouse cultivation of eggplant, in order to comply with the current legislation as well as to take a broader update of integrated management strategies. Greece ranks fifth in Europe in terms of eggplant production and cultivated area, while it ranks sixth in terms of eggplant yield. Globally, Greece ranks 30th in arable land, 27th in production and 18th in eggplant yield (FAO, 2016)



## 1. Εισαγωγή

Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξήθηκε από 2,5 δισεκατομμύρια το 1950 σε 6,1 δισεκατομμύρια το έτος 2000. Μέχρι το έτος 2050 ο παγκόσμιος πληθυσμός εκτιμάται ότι θα φτάσει τα 9,1 δισεκατομμύρια (μεταξύ 7,7 και 10,6 δισεκατομμυρίων, ανάλογα με τις εκτιμήσεις). Αυτό σημαίνει ότι ο πληθυσμός της Γης υπερδιπλασιάστηκε, από το 1950 στο 2000, και πιθανότατα θα αυξηθεί ελαφρώς λιγότερο τα 50 χρόνια από το 2000 έως το 2050. Επί του παρόντος, ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 1,2%, δηλαδή 77 εκατομμύρια ανθρώπους ετησίως. Έξι χώρες αντιπροσωπεύουν το ήμισυ αυτής της ετήσιας αύξησης: Ινδία, Κίνα, Πακιστάν, Νιγηρία, Μπαγκλαντές και Ινδονησία. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), ο πληθυσμός των πιο ανεπτυγμένων περιοχών (1,2 δισεκατομμύρια) θα αλλάξει ελάχιστα ενώ το 2050, επειδή τα επίπεδα γονιμότητας θα παραμείνουν χαμηλά (Carvalho, 2006).

Από την άλλη, ο πληθυσμός των λιγότερο ανεπτυγμένων περιφερειών προβλέπεται να αυξηθεί από 4,9 δισεκατομμύρια το 2000, σε 8,2 δισεκατομμύρια το έτος 2050, υποθέτοντας ότι θα συμβεί κάποιος βαθμός μείωσης της γονιμότητας. Επομένως, παρά την προβλεπόμενη πτώση του ρυθμού αύξησης του πληθυσμού, που συμβαίνει τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, πιθανότατα το 95% της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού θα πραγματοποιηθεί στις αναπτυσσόμενες χώρες. Περιοχές με πολύ μέτρια ακαθάριστα εγχώρια προϊόντα (ΑΕΠ) όπως η υποσαχάρια Αφρική, θα καταχωρήσουν τον υψηλότερο ρυθμό αύξησης του πληθυσμού. Η διάρκεια ζωής αυξάνεται επίσης. Για το χρονικό διάστημα 1995–2000, το προσδόκιμο ζωής κατά τη γέννηση σε πιο ανεπτυγμένες περιοχές υπολογίστηκε στα 75 χρόνια και στις λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές στα 63 έτη. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο αριθμός των ηλικιωμένων, 60 ετών και άνω, θα τριπλασιαστεί από τώρα έως το έτος 2050, δηλαδή θα αυξηθεί από 806 εκατομμύρια σε 2 δισεκατομμύρια (Carvalho, 2006).

Αξίζει να τονιστεί, πως σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος από το 1960 προς τη βελτίωση της διατροφής και της επισιτιστικής ασφάλειας. Έκτοτε, η παγκόσμια ακαθάριστη αγροτική παραγωγή αυξήθηκε ταχύτερα από τον παγκόσμιο πληθυσμό, με μια μέση θετική αύξηση της κατά κεφαλήν τροφής. Παρ'όλα αυτά, η πρόοδος που επιτεύχθηκε ήταν πολύ διαφορετική μεταξύ των χωρών. Ενώ η επισιτιστική ασφάλεια βελτιώθηκε σημαντικά στην Ανατολική Ασία, έγινε μη ικανοποιητική στην υποσαχάρια Αφρική και τη Νότια Ασία, όπου ο αριθμός των ανθρώπων που υποφέρουν από πείνα αυξήθηκε δραματικά. Υπάρχουν πολλές αιτίες για αυτό, όπως η πολιτική αστάθεια και οι πόλεμοι, οι ξηρασίες και η έλλειψη νερού, η εγκατάλειψη της γεωργίας από τους μεταναστευτικούς πληθυσμούς και η αυξημένη

ερημοποίηση. Αυτές οι αιτίες πιθανότατα θα παραμείνουν στο εγγύς μέλλον (Carvalho, 2006).

Η αύξηση της κατά κεφαλήν παραγωγής τροφίμων θα μπορούσε να επιτευχθεί με έναν από τους πολλούς τρόπους ή με συνδυασμό αυτών, όπως η αύξηση της έκτασης της γεωργικής γης και η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών μέσω της χρήσης αγροχημικών, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Σε όλες αυτές τις δοκιμαστικές λύσεις έχει αποκτηθεί ήδη εμπειρία παγκοσμίως. Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι ενθαρρυντικά, αλλά μερικά είναι αμφιλεγόμενα. Στις μέρες μας, το 50% της φυτικής παραγωγής καταστρέφεται από ασθένειες στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων θεωρείται κοινή πρακτική παγκοσμίως. Τα έντομα, εκτός από την καταστροφή των καλλιεργειών φέρουν ασθένειες επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Επιπροσθέτως, εκτός από την άμεση βλάβη που προκαλούν τα έντομα λειτουργούν και ως φορείς πολλών ιογενών ασθενειών και μικροβιακών λοιμώξεων. Έτσι, η χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων θεωρείται η πιο κοινή τεχνική για τον έλεγχο παρασίτων σε παγκόσμιο επίπεδο (George, 2009). Οι περιορισμοί στη βιωσιμότητα της χρήσης εντομοκτόνων και λιπασμάτων περιλαμβάνουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τα αγροοικοσυστήματα (π.χ. ευεργετικά έντομα) και το ευρύτερο περιβάλλον (π.χ. είδη που δεν στοχεύουν, τοπία και κοινότητες). Οι αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, τα αγροοικοσυστήματα και το περιβάλλον αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα μη σωστής χρήσης των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων (Devine & Furlong, 2007).

Τα μέσα του 20ού αιώνα έφεραν τον γεωργικό μετασχηματισμό και την «Πράσινη Επανάσταση». Νέες ποικιλίες καλλιεργειών και φυλές ζώων σε συνδυασμό με αυξημένη χρήση ανόργανων λιπασμάτων, παρασκευασμένων φυτοφαρμάκων και μηχανημάτων - οδήγησαν σε απότομη αύξηση της παραγωγής τροφίμων από τη γεωργία παγκοσμίως. Ωστόσο, αυτή η περίοδος εντατικοποίησης της γεωργίας συνοδεύτηκε από σημαντική βλάβη στο περιβάλλον. Αυτό επέβαλε κόστος στις οικονομίες και έκανε τα γεωργικά συστήματα λιγότερο αποδοτικά υποβαθμίζοντας αγαθά και υπηρεσίες του οικοσυστήματος. Η επιθυμία της γεωργίας να παράγει περισσότερα τρόφιμα χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ακόμη και για να συμβάλει θετικά στο φυσικό και κοινωνικό κεφάλαιο, έχει αντικατοπτριστεί σε πολλές εκκλήσεις για πιο βιώσιμη γεωργία (Pretty, 2018).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ, 1990) έχει υπολογίσει ότι περίπου 20.000 άνθρωποι πεθαίνουν ετησίως από έκθεση σε φυτοφάρμακα, αλλά αυτές οι χημικές ουσίες προστατεύουν επίσης τις αποδόσεις, τα κέρδη και τη δημόσια υγεία. Ορισμένα εντομοκτόνα έχουν αποδειχθεί ότι καταστρέφουν τους φυσικούς εχθρικούς πληθυσμούς σε ορισμένα συστήματα (Matlock & delaCruz, 2002), αλλά σε άλλα, ιδιαίτερα με μερικά από τα πιο καινοτόμα εντομοκτόνα, φαίνεται ότι υπάρχουν ελάχιστες επιπτώσεις (Naranjo, Ellsworth & Hagler, 2004). Τα εντομοκτόνα είχαν βαθιές επιδράσεις σε αρπακτικούς πληθυσμούς πτηνών σε ορισμένες περιπτώσεις (Sibly, Newton & Walker, 2000). Στον αντίποδα, άλλα έχουν χρησιμοποιηθεί σε φαινομενικά ευαίσθητα οικοσυστήματα για δεκαετίες χωρίς ενδείξεις επιπτώσεων σε

οργανισμούς μη στόχους (Resh, Lénêque & Statzner, 2004). Ορισμένα έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο έντονα που η εξέλιξη της αντίστασης έχει θέσει σε κίνδυνο τη χρήση τους μέσα σε γενιές (Zhaoetal., 2002), αλλά για άλλους, η αντίσταση παραμένει σπάνια ή διαχειρίζεται εύκολα. Σε σχέση με το τελευταίο σημείο, είναι ενδιαφέρον ότι παρόλο που η αντίσταση μπορεί να είναι ένας περιορισμός στην αποτελεσματικότητα του πεδίου, σπάνια σηματοδοτεί το τέλος όλων των χρήσιμων εφαρμογών για αυτό το χημικό. Από τα 544 είδη που απαριθμούνται ως ανθεκτικά από την ανθεκτική στα φυτοφάρμακα βάση δεδομένων αρθροπόδων, σχεδόν το 30% εμφανίζονται στον κατάλογο εξαιτίας μιας μοναδικής μη επιβεβαιωμένης αναφοράς που αντικατοπτρίζει, στην καλύτερη περίπτωση, μια μοναδική παρατήρηση ενός μόνο πληθυσμού. Επιπλέον, ακόμη και για αυτά τα είδη όπως το κουνούπι κίτρινου πυρετού (*Aedesegypti*), η βαμβακερή λευκομούγα (*Bemisiatabaci*) και η γερμανική κατσαρίδα (*Blattellagermanica*), όπου η αντίσταση έχει τεκμηριωθεί σε εκατοντάδες δημοσιεύσεις, τα παραδοσιακά εντομοκτόνα εξακολουθούν να παίζουν εξέχοντα ρόλο στον έλεγχο τους (Devine & Furlong, 2007).

Παρά την αυξανόμενη επίγνωση των κινδύνων που ενέχει η χρήση τους, η περιοχή που έχει υποστεί επεξεργασία με εντομοκτόνα στον ανεπτυγμένο κόσμο παρέμεινε στατική την τελευταία δεκαετία. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, περίπου 6.000.000 εκτάρια αροτραίας καλλιέργειας καλλιεργήθηκαν ετησίως μεταξύ 1990 και 2003 (Devine & Furlong, 2007). Αυτό ισοδυναμεί με το ένα τέταρτο της συνολικής ξηράς της χώρας αυτής. Τα στατιστικά στοιχεία αντικατοπτρίζουν πολλαπλές εφαρμογές στους ίδιους τομείς. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι γενικά, ακόμη και σε ανεπτυγμένες χώρες με ισχυρή περιβαλλοντική νομοθεσία και ενεργές ομάδες πίεσης, η χρήση εντομοκτόνων δεν είναι σε ύφεση.

Ο Pimentel (2005) αναφέρει ότι η χρήση φυτοφαρμάκων στις ΗΠΑ αποδίδει περίπου 4 \$ ανά 1 \$ που επενδύεται για τον έλεγχο των παρασίτων. Η ελκυστικότητα των συμβατικών μεθόδων διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών είναι επομένως σαφής. Ωστόσο, το κόστος αυτό δεν περιλαμβάνει το κοινωνικό ή οικολογικό κόστος της γεωργίας. Το ετήσιο περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος που σχετίζεται με τη χρήση γεωργικών φυτοφαρμάκων στις ΗΠΑ ανέρχεται σε 10 δισεκατομμύρια δολάρια και 2 δισεκατομμύρια δολάρια για επιτήρηση νερού και καθαρισμό φυτοφαρμάκων μόνο. Δεδομένου ότι τα έσοδα από τις καλλιέργειες και τα ζώα των ΗΠΑ είναι περίπου 200 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 4% των εσόδων της γεωργίας (Färe, Grosskopf & Weber, 2006). Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η κυβέρνηση εκτίμησε το κόστος που σχετίζεται με τη ρύπανση των γεωργικών υδάτων σε 1–2% της συνολικής γεωργικής αξίας. Το περιβαλλοντικό και υγειονομικό κόστος της χρήσης φυτοφαρμάκων το 1996 στο Ηνωμένο Βασίλειο ήταν ισοδύναμο με εκείνο της απώλειας των οικοτόπων και της διάβρωσης του εδάφους, αλλά πολύ χαμηλότερο από αυτό των εκπομπών αερίων, της τροφικής δηλητηρίασης και της βρετανικής σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας βοοειδών (ΣΕΒ) (Prettyetal., 2000).

Υπάρχει ευρέως διαδεδομένη η αντίληψη ότι η έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών και Ασθενειών ήταν ή θα είναι επιτυχής στη μείωση της χρήσης

φυτοφαρμάκων. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών αναφέρεται σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή και χρήση τακτικών ελέγχου παρασίτων, συντονισμένο μεμονωμένα ή αρμονικά σε μια στρατηγική διαχείρισης που βασίζεται σε αναλύσεις κόστους/οφέλους που λαμβάνουν υπόψη τα συμφέροντα και τις επιπτώσεις στους παραγωγούς, την κοινωνία και το περιβάλλον (Kogan, 1998). Έτσι, φαίνεται να αποτελεί μονόδρομο αφού στηρίζεται σε μια βιώσιμη προσέγγιση για την πρόληψη και την παρακολούθηση των καλλιεργειών, η οποία προσπαθεί να ενσωματώσει και να συνδυάσει φυσικές, χημικές και βιολογικές τεχνικές καταπολέμησης παρασίτων. Μία από τις κύριες υπογραμμίσεις της είναι η μείωση των χημικών εισροών (Devine & Furlong, 2007).

Αξίζει να επισημανθεί ωστόσο πως η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών μπορεί να αποτελεί μια από τις λιγότερα τοξικές λύσεις, ωστόσο δεν αποκλείει τη χρήση χημικών παρασιτοκτόνων. Τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται με φειδώ και μόνο ως τελευταία επιλογή, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στην πραγματικότητα, και ιδιαίτερα για καλλιέργειες υψηλής αξίας, όπως τα λαχανικά, τα συνθετικά φυτοφάρμακα παραμένουν μια σημαντική γραμμή άμυνας στα περισσότερα προγράμματα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (Devine & Furlong, 2007).

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην βιβλιογραφική καταγραφή της Ολοκληρωμένης καταπολέμησης Εχθρών και Ασθενειών στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια της μελιτζάνας, έτσι ώστε να πραγματοποιείται συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία καθώς και να λάβει χώρα μια ευρύτερη ενημέρωση των στρατηγικών ολοκληρωμένης διαχείρισης σε κηπευτικά θερμοκηπίου.

Η Ελλάδα καταλαμβάνει την πέμπτη θέση στην Ευρώπη, αναφορικά με την παραγωγή και την καλλιεργούμενη έκταση της μελιτζάνας, ενώ καταλαμβάνει την έκτη θέση αναφορικά με την απόδοση της μελιτζάνας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει την 30<sup>η</sup> θέση σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τη 27<sup>η</sup> σε παραγωγή και την 18<sup>η</sup> σε απόδοση καλλιέργειας της μελιτζάνας (FAO, 2016).

## **2. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση στην γεωργική παραγωγή**

### **2.1 Ιστορική αναδρομή και υφιστάμενη κατάσταση**

Η ολοκληρωμένη διαχείριση επιβλαβών οργανισμών (IPM) μια ενδιαφέρουσα ιστορία, με ποικίλους ορισμούς, καθώς έχει εφαρμοστεί κάτω από μια σειρά διαφορετικών σημασιών. Ο όρος αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως «ολοκληρωμένος έλεγχος» από τον Bartlett (1956, όπ. αναφ. στους Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013) και αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Stern και τους συνεργάτες του (1959, όπ. αναφ. στους Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013). Αναφορικά με την έννοια της ενσωμάτωσης της χρήσης βιολογικών και άλλων ελέγχων με συμπληρωματικούς τρόπους, ο όρος διευρύνθηκε αργότερα για να συμπεριλάβει τη συντονισμένη χρήση όλων των

βιολογικών, πολιτισμικών και τεχνητών πρακτικών (vandenBoschandStern, 1962, όπ. αναφ. στους Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013). Ο όρος Ολοκληρωμένη Διαχείριση επιβλαβών οργανισμών (IPM) κάτω από διάφορους συγγραφείς έχει υποστηρίξει την αρχή της ενσωμάτωσης, της πλήρους σειράς πρακτικών διαχείρισης παρασίτων με στόχους παραγωγής σε μια συνολική συστημική προσέγγιση. Ωστόσο, δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτός ορισμός του (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Ο Orr (2003) διατύπωσε την έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης-IPM ως μια μέθοδο εξορθολογισμού της χρήσης φυτοφαρμάκων για την πρόληψη ή την καθυστέρηση της αναζωπύρωσης πληθυσμών παρασίτων, που είχαν γίνει ανθεκτικά στα φυτοφάρμακα και για την προστασία των ωφέλιμων εντόμων. Σήμερα, οι ανησυχίες για τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων στην τροφική αλυσίδα και στο περιβάλλον έχουν οδηγήσει σε εναλλακτικούς ορισμούς που αποκλείουν τη χρήση συμβατικών φυτοφαρμάκων. Ωστόσο, υπάρχουν ευρείες συμφωνίες σχετικά με τις βασικές αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών-IPM. Αυτά περιλαμβάνουν (Orr, 2003):

- ✓ Ένα ολοκληρωμένο σύστημα λόγω των μεθόδων ελέγχου που θεωρούνται ως τεχνολογίες συνιστωσών και όχι εναλλακτικές.
- ✓ Ένα ολοκληρωμένο σύστημα που δίνει έμφαση στη διαχείριση παρασίτων, μέσα σε ένα ισορροπημένο σύστημα, ενώ η στρατηγική ελέγχου προτείνει άμεση παρέμβαση με μικρή ανησυχία για τη βιωσιμότητα.

Αρχικά, το IPM μπορεί να οριστεί ως ένα ευέλικτο και ολιστικό σύστημα. Αυτό βλέπει το αγρό-οικοσύστημα ως ένα αλληλένδετο σύνολο, που χρησιμοποιεί μια ποικιλία βιολογικών, γενετικών, φυσικών και χημικών τεχνικών που συγκρατούν τα παράσιτα κάτω από οικονομικά επιζήμια επίπεδα με ελάχιστη διαταραχή στο καλλιεργητικό οικοσύστημα και στο περιβάλλον (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013). Στον ορισμό του FAO (2021), η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων (IPM) είναι μια προσέγγιση οικοσυστήματος για την παραγωγή και την προστασία των καλλιεργειών που συνδυάζει διαφορετικές στρατηγικές και πρακτικές διαχείρισης τόσο για την καλλιέργεια υγείων καλλιεργειών όσο και την ελαχιστοποίηση της χρήσης φυτοφαρμάκων. Ως εκ τούτου, η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων χρησιμοποιεί τον καλύτερο συνδυασμό τακτικών ελέγχου για ένα δεδομένο πρόβλημα παρασίτων σε σύγκριση με την απόδοση της καλλιέργειας, το κέρδος και την ασφάλεια άλλων εναλλακτικών λύσεων.

Άλλοι ορισμοί της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων περιλαμβάνουν μια αποτελεσματική και περιβαλλοντικά ευαίσθητη προσέγγιση στη διαχείριση παρασίτων που βασίζεται σε έναν συνδυασμό πρακτικών κοινής λογικής. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων θα μπορούσε να είναι μια ευρεία οικολογική προσέγγιση για τη δομική και γεωργική καταπολέμηση παρασίτων που ενσωματώνει φυτοφάρμακα/ζιζανιοκτόνα σε ένα σύστημα διαχείρισης που ενσωματώνει μια σειρά πρακτικών για τον οικονομικό έλεγχο ενός παρασίτου. Επιπλέον, η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων επιχειρεί να αποτρέψει την προσβολή, να παρατηρήσει μοτίβα προσβολής όταν αυτά συμβαίνουν και να επέμβει (χωρίς δηλητήρια) όταν κάποιος

κρίνει απαραίτητο. Τέλος, είναι η έξυπνη επιλογή και χρήση ενεργειών καταπολέμησης παρασίτων που εξασφαλίζει ευνοϊκές οικονομικές, οικολογικές και κοινωνιολογικές συνέπειες (Sandler, 2008).

Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων δεν είναι μια νέα φιλοσοφία. Η ιδέα υπήρχε από τη δεκαετία του 1920, όταν αναπτύχθηκε το πρόγραμμα διαχείρισης παρασίτων βαμβακιού. Στο πλαίσιο αυτού του συστήματος, η καταπολέμηση των εντόμων επιβλέπονταν από ειδικευμένους εντομολόγους και οι εφαρμογές εντομοκτόνων βασίστηκαν σε συμπεράσματα που προέκυψαν από την περιοδική παρακολούθηση πληθυσμών παρασίτων και φυσικών εχθρών. Αυτό θεωρήθηκε ως εναλλακτική λύση στα προγράμματα εντομοκτόνων. Ο εποπτευόμενος έλεγχος βασίζεται σε μια καλή γνώση της οικολογίας και στην ανάλυση των προβλεπόμενων τάσεων στους πληθυσμούς παρασίτων και φυσικών εχθρών. Στον εποπτευόμενο έλεγχο, (ολοκληρωμένος έλεγχος) αναζητείται και προσδιορίζεται ο καλύτερος συνδυασμός χημικών και βιολογικών ελέγχων για ένα δεδομένο έντομο. Τα χημικά εντομοκτόνα χρησιμοποιούνται με τρόπο που διαταράσσει λιγότερο τον βιολογικό έλεγχο. Οι χημικοί έλεγχοι εφαρμόζονται μόνο αφού η τακτική παρακολούθηση υποδεικνύει ότι ένας πληθυσμός παρασίτων είχε φτάσει σε ένα οικονομικό όριο. Επομένως, μια τέτοια μεταχείριση απαιτείται για να αποτραπεί ο πληθυσμός από το να φτάσει σε επίπεδο οικονομικής ζημίας όπου οι οικονομικές απώλειες θα υπερέβαιναν το κόστος των τεχνητών μέτρων ελέγχου (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Τυπικά, ο κύριος στόχος των προγραμμάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων είναι τα παράσιτα γεωργικών εντόμων. Παρόλο που, αρχικά αναπτύχθηκαν για τη διαχείριση γεωργικών παρασίτων, τα προγράμματα αυτά αναπτύσσονται τώρα για να περιλαμβάνουν ασθένειες, ζιζάνια και άλλα παράσιτα που ενδέχεται να παρεμβαίνουν στους στόχους διαχείρισης τοποθεσιών όπως οικιστικές και εμπορικές κατασκευές, χλοοτάπητες και οικιακούς και κοινοτικούς κήπους. Τα προγράμματα χρησιμοποιούν τρέχουσες, περιεκτικές πληροφορίες για τους κύκλους ζωής των παρασίτων και την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον. Αυτές οι πληροφορίες, σε συνδυασμό με τις διαθέσιμες μεθόδους καταπολέμησης των παρασίτων, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των παρασίτων με τα πιο οικονομικά μέσα και με τον λιγότερο δυνατό κίνδυνο για τους ανθρώπους, την ιδιοκτησία και το περιβάλλον (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Η IPM εκμεταλλεύεται όλες τις κατάλληλες επιλογές διαχείρισης παρασίτων, συμπεριλαμβανομένης της συνετής χρήσης φυτοφαρμάκων. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων (IPM) είναι μια φιλοσοφία που περιλαμβάνει τη διαχείριση ενός παρασίτου αντί του ελέγχου ή της εξάλειψης του παρασίτου. Απαιτεί μεγαλύτερη γνώση του παρασίτου, της καλλιέργειας και του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, η στρατηγική της επικεντρώνεται στην αξιοποίηση εγγενών δυνατοτήτων μέσα στα οικοσυστήματα και στην κατεύθυνση των πληθυσμών των παρασίτων σε αποδεκτά όρια αντί στην εξάλειψή τους. Αυτή η στρατηγική αποφεύγει τα ανεπιθύμητα βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα και εξασφαλίζει ένα βιώσιμο μέλλον (Lewisetal., 1997).

Τα προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων θα πρέπει να λειτουργούν με στόχους διαχείρισης παρασίτων και όχι με στόχους διαχείρισης φυτοφαρμάκων. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων είναι ένα ολοκληρωμένο μακροπρόθεσμο πρόγραμμα διαχείρισης παρασίτων που βασίζεται στη γνώση ενός οικοσυστήματος που σταθμίζει τις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνέπειες των παρεμβάσεων. Το θεμέλιο για τη διαχείριση παρασίτων στα γεωργικά συστήματα θα πρέπει να είναι η κατανόηση και η υποστήριξη του πλήρους συνόλου του εδάφους, των φυσικών εχθρών και άλλων συστατικών του συστήματος. Αυτοί οι φυσικοί ρυθμιστές συνδέονται και είναι ανανεώσιμοι και βιώσιμοι. Η χρήση φυτοφαρμάκων και άλλων προσεγγίσεων είναι μη βιώσιμη και θα πρέπει να είναι η τελευταία επιλογή και όχι η πρώτη γραμμή άμυνας. Μια στρατηγική διαχείρισης παρασίτων πρέπει επίσης να επιδιώξει να αντιμετωπίσει τις υποκείμενες αδυναμίες στα οικοσυστήματα ή/και τις αγρονομικές πρακτικές που επέτρεψαν στους οργανισμούς να φτάσουν σε κατάσταση επιβλαβών οργανισμών (Lewisetal., 1997).

Η ενσωμάτωση ή η συμβατότητα μεταξύ των τακτικών διαχείρισης παρασίτων είναι κεντρικής σημασίας για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων. Η απλή ανάμειξη διαφορετικών τακτικών διαχείρισης δεν συνιστά την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων. Η αυθαίρετη ανάμειξη των τακτικών μπορεί στην πραγματικότητα να επιδεινώσει τα προβλήματα των παρασίτων ή να προκαλέσει άλλα ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων αναγνωρίζει ότι δεν υπάρχει θεραπεία όλων στον έλεγχο των παρασίτων (η εξάρτηση από οποιαδήποτε μέθοδο διαχείρισης παρασίτων θα έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα). Η εξάρτηση από μια ενιαία τακτική θα ευνοήσει τα παράσιτα που είναι ανθεκτικά σε αυτή την πρακτική. Στην ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων ο ολοκληρωμένος έλεγχος επιδιώκει να εντοπίσει τον καλύτερο συνδυασμό χημικών και βιολογικών ελέγχων για ένα δεδομένο έντομο. Ο όρος "ολοκληρωμένο" είναι επομένως συνώνυμος με τον όρο "συμβατότητα". Ο προσδιορισμός της σωστής αιτίας του προβλήματος των επιβλαβών οργανισμών (βιολογίας) και της οικολογίας είναι απαραίτητος για τον χειρισμό του περιβάλλοντος προς όφελος της καλλιέργειας και εις βάρος του παρασίτου. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων αναγνωρίζει ότι η εκρίζωση ενός παρασίτου είναι σπάνια απαραίτητη ή ακόμη και επιθυμητή και γενικά δεν είναι δυνατή. Ο πρωταρχικός στόχος στη διαχείριση παρασίτων δεν είναι να εξαιρεθεί ένας οργανισμός παρασίτων αλλά να τεθεί σε αποδεκτά όρια (Lewisetal., 1997).

Έτσι, η έμφαση δίνεται στον έλεγχο, όχι στην εξάλειψη. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων υποστηρίζει ότι η εξάλειψη ενός ολόκληρου πληθυσμού παρασίτων είναι συχνά αδύνατη και η προσπάθεια μπορεί να είναι δαπανηρή και περιβαλλοντικά επικίνδυνη. Η αρχική αποστολή των προγραμμάτων είναι να καθορίσει αποδεκτά επίπεδα παρασίτων, που ονομάζονται κατώφλια δράσης, και να εφαρμόσει ελέγχους όπου ξεπερνιούνται τα όρια. Αυτά τα όρια είναι ειδικά για τα εκάστοτε παράσιτα και την εκάστοτε τοποθεσία, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να είναι αποδεκτό σε μια τοποθεσία να υπάρχει για παράδειγμα ένα ζιζάνιο όπως το λευκό τριφύλλι, αλλά σε μια άλλη τοποθεσία μπορεί να μην είναι αποδεκτό. Επιτρέποντας σε έναν πληθυσμό παρασίτων να επιβιώσει σε ένα λογικό όριο, η πίεση επιλογής μειώνεται. Αυτό

εμποδίζει το παράσιτο να αποκτήσει αντοχή στις χημικές ουσίες που παράγονται από το φυτό ή εφαρμόζονται στις καλλιέργειες. Εάν πολλά από τα παράσιτα θανατωθούν, τότε όποιος έχει αντοχή στη χημική ουσία θα αποτελέσει τη γενετική βάση ενός μελλοντικού και σαφώς πιο ανθεκτικού πληθυσμού. Αν δεν σκοτωθούν όλα τα παράσιτα, απομένουν κάποια μη ανθεκτικά παράσιτα που θα μειώσουν τυχόν ανθεκτικά γονίδια που εμφανίζονται (Ehi-Egomosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Η γεωργία είναι ένα δυναμικό σύστημα που αλλάζει συνεχώς σε μεταβαλλόμενες πρακτικές παραγωγής καλλιεργειών. Έτσι και η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων πρέπει να αλλάζει συνεχώς για να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις διαχείρισης παρασίτων. Κάθε αγρότης εφαρμόζει κάποιο είδος IPM, αρκεί να σημειώσει πρόοδο για την καλύτερη διαχείρισή του. Καθώς ανακαλύπτονται νέες τεχνικές ελέγχου παρασίτων, ο παραγωγός και ο σύμβουλος καλλιέργειας πρέπει να προσαρμόσουν το πρόγραμμα ελέγχου παρασίτων ώστε να αντικατοπτρίζει αυτές τις αλλαγές. Αυτό που θεωρείται καλό πρόγραμμα σήμερα μπορεί να θεωρηθεί αδύναμο πρόγραμμα σε λίγα χρόνια. Επιπλέον, μερικές καλές συμβουλές προς τον παραγωγό και τον σύμβουλο καλλιέργειας είναι να δοκιμάσουν τις νέες αλλαγές σε περιορισμένη κλίμακα, ενώ θα αισθάνονται άνετα με τις προτεινόμενες πρακτικές προτού γίνουν αλλαγές ευρείας κλίμακας (Ehi-Egomosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Οι αποδόσεις των καλλιεργειών στις ανεπτυγμένες χώρες έχουν αυξηθεί σημαντικά από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Οι περισσότερες από αυτές τις αυξήσεις οφείλονται στην ανάπτυξη νέων ποικιλιών καλλιεργειών που ανταποκρίνονται καλά στα ανόργανα λιπάσματα και στον πολύ βελτιωμένο έλεγχο επιβλαβών οργανισμών, ασθενειών και ζιζανίων. Ωστόσο, αυτό το μοντέλο καλλιέργειας έχει οδηγήσει σε πολύ αυξημένη χρήση χημικών και προβλέπεται ότι εάν δεν υιοθετηθούν νέες πρακτικές χαμηλότερης εισροής, η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων θα συνεχίσει να αυξάνεται. Αυτές οι εντατικές πρακτικές καλλιέργειας και η βαριά χρήση χημικών έχουν δημιουργήσει μια ποικιλία οικονομικών, περιβαλλοντικών και οικολογικών προβλημάτων. Οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι η διάβρωση του εδάφους, η οποία προκύπτει από τη μειωμένη διαθεσιμότητα οργανικής ύλης και εδαφοκάλυψης, η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων με γεωργικά χημικά, η καταστροφή και η διαταραχή των οικοτόπων της άγριας ζωής, και αρκετές δυσμενείς επιπτώσεις στα αγροτικά τοπία (Edwards, 1989).

Επιπλέον, η υπερβολική χρήση φυτοφαρμάκων έχει προκαλέσει την ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών παρασίτων και ασθενειών και έχει οδηγήσει σε αυξημένο κόστος για τον έλεγχο τους. Επίσης, το κόστος των αγροχημικών με βάση την ενέργεια αυξάνεται και έχει προκαλέσει σοβαρή οικονομική πίεση στους αγρότες στις ανεπτυγμένες χώρες, ως αποτέλεσμα της υπερπαραγωγής και της πτώσης των τιμών. Κατά συνέπεια, πολλοί αγρότες στις ΗΠΑ τείνουν να μειώσουν τη χρήση αυτών. Στις αναπτυσσόμενες χώρες τα προβλήματα είναι διαφορετικά. Πολλές περιοχές έχουν σχετικά φτωχά εδάφη και μεταβαλλόμενα μοτίβα γεωργίας. Η χρήση αγροχημικών μπορεί να αυξήσει δραματικά τις αποδόσεις για μια περίοδο, αλλά χωρίς καλή



διαχείριση υπάρχει ταχεία φθορά του εδάφους και διάβρωση όταν καλλιεργείται γη για μεγάλες περιόδους (Pimentel&Andow, 1984).

Από τη δεκαετία του 1970 και μετά, υπήρξε μια αυξανόμενη κίνηση προς την εξεύρεση μέσων μείωσης των χημικών και άλλων ενεργειακών εισροών, όπως καλλιέργειες, λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Μεγαλύτερες συνολικές οικονομικές αποδόσεις για τον αγρότη, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν μέσω του χαμηλότερου κόστους των εισροών με, τη συντήρηση ή μόνο ελαφρά μείωση των αποδόσεων, οδήγησαν σε πολύ βελτιωμένη συνολική αποδοτικότητα της γεωργίας. Λιγότερες καλλιέργειες και περισσότερες εναλλαγές, κάλυψη εδάφους και καινοτόμες πολιτιστικές πρακτικές μπόρεσαν να μειώσουν σημαντικά τη διάβρωση του εδάφους. Οι χαμηλότερες εξάλλου εισροές φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων έχουν ως αποτέλεσμα πολύ μειωμένη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και ελαχιστοποίηση άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Wagstaff, 1987).

Η πλειοψηφία των αγροτών και πολλών επιστημόνων της γεωργίας τείνουν να θεωρούν τις διάφορες πρακτικές που αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν ως εντελώς ανεξάρτητες η μία από την άλλη. Για παράδειγμα, σπάνια εξετάζουν πώς οι ποσότητες λιπάσματος που χρησιμοποιούν επηρεάζουν τα παράσιτα, τις ασθένειες ή τα ζιζάνια. Με τον ίδιο τρόπο, ο αντίκτυπος των καλλιεργειών στις ασθένειες των επιβλαβών οργανισμών και τα ζιζάνια δεν είναι συνήθως ένας παράγοντας που καθορίζει τον τύπο της καλλιέργειας που χρησιμοποιεί ένα αγρόκτημα. Ακόμη και στη χρήση φυτοφαρμάκων, όπου έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών, είναι σπάνιο να ληφθεί υπόψη ο αντίκτυπος των ζιζανιοκτόνων σε παράσιτα και ασθένειες, εντομοκτόνα σε ασθένειες ή μυκητοκτόνα σε παράσιτα (Edwards, 1989).

Προς το παρόν, πιθανώς η άμεση απάντηση στην ανάγκη αύξησης της παραγωγής τροφίμων είναι η χρήση αγροχημικών. Τα αγροχημικά περιλαμβάνουν δύο μεγάλες ομάδες ενώσεων: χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Η χρήση χημικών λιπασμάτων αυξήθηκε τρομερά παγκοσμίως από τη δεκαετία του 1960 και ήταν σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για την "πράσινη επανάσταση", δηλαδή τη μαζική αύξηση της παραγωγής που λαμβάνεται από την ίδια επιφάνεια της γης με τη βοήθεια ορυκτών λιπασμάτων (άζωτο, φώσφορος, κάλιο) και την εντατική άρδευση. Αυτή ήταν η ιστορία επιτυχίας των παραγωγών ρυζιού, καλαμποκιού και σιταριού που αυξήθηκαν παγκοσμίως (Carvalho, 2006).

Παρά την αυξημένη παραγωγή, η μαζική χρήση ορυκτών λιπασμάτων προκάλεσε σοβαρή μόλυνση των υδροφορέων, ειδικά με νιτρικά, μειώνοντας την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση (Camargo & Alonso, 2006). Αυτό ισχύει για τεράστιες περιοχές σε ανεπτυγμένες χώρες όπως η Γαλλία, καθώς και σε άλλες αναπτυσσόμενες χώρες. Λιπάσματα διαφορετικού τύπου, όπως λιπάσματα φωσφορικών και υπερφωσφορικών, που παράγονται από φωσφορίτη και φωσφορικό οξύ, έθεσαν προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος με βαρέα μέταλλα, όπως το κάδμιο, και ραδιονουκλίδια της σειράς ουρανίου και θορίου. Επιπλέον, η περίσσεια νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων προκάλεσε σοβαρά προβλήματα ευτροφισμού

των υδάτινων σωμάτων στην Ευρώπη, τη Βραζιλία, την Ταϊλάνδη και τη Μαλαισία. Η χρήση φυτοφαρμάκων, συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων, μυκητοκτόνων, ζιζανιοκτόνων, τρωκτικοκτόνων κ.λπ., για την προστασία των καλλιεργειών από παράσιτα, επέτρεψε τη σημαντική μείωση των απωλειών και τη βελτίωση της απόδοσης καλλιεργειών όπως καλαμπόκι, λαχανικά, πατάτες, βαμβάκι, καθώς και για την προστασία των βοοειδών από ασθένειες και τσιμπούρια και για την προστασία των ανθρώπων από φορείς ελονοσίας (Book, 2004).

Ο κόσμος γνωρίζει μια συνεχή αύξηση της χρήσης φυτοφαρμάκων, τόσο σε αριθμό χημικών όσο και σε ποσότητες, που ψεκάζονται στα χωράφια. Τα φυτοφάρμακα είναι δηλητήρια σκόπιμα διασκορπισμένα στο περιβάλλον για τον έλεγχο των παρασίτων, αλλά δρουν και σε άλλα είδη προκαλώντας σοβαρές παρενέργειες σε είδη μη στόχους. Τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων μολύνουν το έδαφος και το νερό, παραμένουν στις καλλιέργειες, εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα και τελικά καταπίνονται από τον άνθρωπο με τρόφιμα και νερό. Τα παράσιτα εντόμων αναπτύσσουν αντοχή στα εντομοκτόνα και, κατά συνέπεια, οι χημικές εταιρείες συνθέτουν συνεχώς νέες χημικές ουσίες. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν περισσότερες από 800 χημικές ουσίες καταχωρημένες ως φυτοφάρμακα. Ωστόσο, γνωρίζουμε πολύ λίγα για την περιβαλλοντική συμπεριφορά αυτών των χημικών και για την επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία (Carvalho, 2006).

Σύμφωνα με τον International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC, 2010), η ολοκληρωμένη διαχείριση των καλλιεργειών είναι το σύστημα που έχει ως στόχο τον ορθό χειρισμό και τον συνδυασμό όλων των μέσων που υπάρχουν. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό οικονομικό όφελος για τους παραγωγούς και παράλληλα να διασφαλιστεί σε σωστό επίπεδο η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων αλλά και η προστασία ως προς το περιβάλλον. Ουσιαστικά, η ολοκληρωμένη διαχείριση αποτελεί τη διαχείριση της παραγωγής με τον πιο οικονομικό τρόπο που υπάρχει ώστε να επιτευχθεί η παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας η οποία είναι ασφαλή για τον καταναλωτή. Επιπλέον, η παραγωγή τους συμβάλλει στη διατήρηση του περιβάλλοντος (Ρούμπος, 2001).

Η ολοκληρωμένη διαχείριση αποτελεί έναν τρόπο διαχείρισης όπου ο στόχος ως προς τις καλλιέργειες είναι να επιτευχθεί ένα σημαντικό οικονομικό όφελος των παραγωγών και η παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων. Η παραγωγή τους δεν πρέπει να επιβαρύνει το περιβάλλον. Με άλλα λόγια η ολοκληρωμένη διαχείριση διασφαλίζει την παραγωγή ποιοτικών αγροτικών προϊόντων, σεβόμενη το περιβάλλον και τηρώντας τις απαιτήσεις και τις προβλεπόμενες προδιαγραφές. Με τον τρόπο αυτό σέβεται τόσο την υγεία του καταναλωτή όσο και το περιβάλλον. Συνεπώς, με την ολοκληρωμένη διαχείριση οι παραγωγοί στοχεύοντας τόσο στο εισόδημα όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος, βρίσκουν εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής, ανάμεσα στη συμβατική και βιολογική γεωργία (Elliot & Mumford, 2002).

Σύμφωνα με τον Πολυράκη (2003) κύριοι στόχοι της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποτελούν οι εξής:

- Προϊόντα υψηλής ποιότητας
- Προϊόντα τα οποία είναι ασφαλή για τους καταναλωτές
- Προστασία της υγείας των παραγωγών
- Προστασία και διατήρηση της βιοποικιλότητας

. Η κύρια στρατηγική όσο αναφορά την φυτοπροστασία της ολοκληρωμένης διαχείρισης είναι η πρόληψη και ο έλεγχος των εχθρών και ασθενειών. Κεντρικός στόχος είναι η μείωση της ζημιάς που προκαλείται στο περιβάλλον από χημικής καταπολέμησης σκευάσματα. Επιπλέον, τονίζεται η ανάγκη συμμόρφωσης με την Ορθή Γεωργική Πρακτική, Ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων και ταυτόχρονα η ασφάλεια των προϊόντων που παράγονται.

Στην ολοκληρωμένη διαχείριση οι φερομόνες, οι παγίδες και άλλες ελκυστικές ουσίες χρησιμοποιούνται ως μέσα για την φυτοπροστασία. Παρ' όλα αυτά, τον προτείνονται λόγω για την φυτοπροστασία τον έχει η πρόληψη εμφάνισης ασθενειών και εχθρών που βασίζεται στις γεωργικές προειδοποιήσεις. Ο σωστός χρόνος επέμβασης, η παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων αλλά και η ο υπολογισμός της ανεκτής πυκνότητας των εχθρών στην εκάστοτε καλλιέργεια συμβάλουν επίσης στην καταπολέμηση. Για την επιτυχία ενός σχεδίου φυτοπροστασίας ολοκληρωμένης διαχείρισης χρειάζεται έλεγχος σε τακτικά επίπεδα με τον κατάλληλο σχεδιασμό ο οποίος είναι ο εξής (Στεργίου, 2014):

- Κατάλληλα είδη και ποικιλίες καλλιεργούμενων ειδών, ανάλογα με τις μετεωρολογικές και εδαφικές συνθήκες που επικρατούν, έτσι ώστε να καλλιεργείται υψηλή αντοχή ως προς τους εχθρούς και τις ασθένειες.
- Καλλιεργητικά μέτρα και μέτρα για πρόληψη όπως η αμειψισπορά, η αγρανάπαυση και η κατάλληλη επιλογή χρόνου σπορά/φύτευσης και συγκομιδής.
- Χρήση φυτών τα οποία έχουν ρόλο παγίδας ως προς τους εχθρούς.
- Διατήρηση των πληθυσμών των ωφέλιμων εντόμων
- Μηχανική κατεργασία του εδάφους
- Ορθές πρακτικές χρήσης άρδευσης και λιπασμάτων
- Χρήση πολλαπλασιαστικού υλικού με αντοχή και απαλλαγμένο από ιώσεις και μολυσματικές ασθένειες
- Έλεγχος για την διασπορά των ζιζανίων
- Παγίδευση σε σωστό και προβλεπόμενο χρόνο για επιβλαβή έντομα και εξόντωση τους με μηχανική σύνθλιψη
- Εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών που ευνοούν στην προστασία των ωφέλιμων πληθυσμών (φυσικοί εχθροί) των παρασίτων της καλλιέργειας, όπως η ύπαρξη φυτικών φραχτών και οι τόπων φωλιάσματος.
- Απολύμανση του εδάφους με μεθόδους, όπως ηλιοαπολύμανση, απολύμανση με ζεστό νερό και απολύμανση με ατμό
- Απολύμανση του φυτικού υλικού, με στόχο την πρόληψη ως προς την μετάδοση ασθενειών.
- Βιοτεχνολογικές μέθοδοι, όπως η παρεμπόδιση σύζευξης με εξατμιστήρες φερεμόνης (πχ στο ρόδινο σκουλήκι στο βαμβάκι ή στην ευδεμίδα στα αμπέλια).

- Η χημική καταπολέμηση εφαρμόζεται σε περιπτώσεις στις οποίες έχουν αποτύχει όλες οι προσπάθειες με εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης. Αυτό συμβαίνει ώστε να διατηρηθεί η καλλιέργεια αλλά και να μην ζημιωθεί οικονομικά η παραγωγή. Με λίγα λόγια, όταν ένας πληθυσμός εντόμων δεν μπορεί να ελεγχθεί γίνεται χρήση χημικής καταπολέμησης ώστε οι ζημιές της καλλιέργειας να κρατηθούν σε ανεκτά οικονομικά επίπεδα.

Σε κάθε περίπτωση, δεδομένου ότι η εκάστοτε γεωργική εκμετάλλευση φιλοξενεί μεγάλο εύρος ζωντανών οργανισμών, όλες οι φυτοπροστατευτικές δραστηριότητες θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην διαταράσσουν την ομαλή συμβίωση των οργανισμών αυτών και τη βιοποικιλότητα. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει κάθε φυτοπροστατευτικό προϊόν που εφαρμόζεται να κατανέμεται ομοιόμορφα και με ακρίβεια, να αποφεύγεται η εμφάνιση ανθεκτικότητας με εναλλαγή χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων και να τηρούνται σχολαστικά τα μέτρα που προστατεύουν την βιοποικιλότητα της περιοχής (η εφαρμογή των κοκκωδών σκευασμάτων να γίνεται με ενσωμάτωση, να διατηρούνται οι ζώνες ασφαλείας κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων, να αποφεύγεται η ρήψη συσκευασιών στον τόπο εφαρμογής των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και τέλος να εφαρμόζεται φυτοπροστατευτικό προϊόν μόνο την κατάλληλη χρονική περίοδο που δεν επηρεάζει τα ωφέλιμα έντομα. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί σημαντικό παράγοντα ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος και κατ' επέκταση της βιωσιμότητας της γεωργίας (Στεργίου, 2014).

Οι γεωργικές καλλιέργειες φιλοξενούν πλήθος ζωντανών οργανισμών και οι φυτοπροστατευτικές δραστηριότητες θα πρέπει να εφαρμόζονται με τρόπο που δεν διαταράσσει την ομαλή συμβίωση τους ούτε και τη βιοποικιλότητα. Συνεπώς, η κατανομή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων απαιτεί ομοιομορφία, ακρίβεια, τήρηση σχολαστικών μέτρων προστασίας της βιοποικιλότητας και εναλλαγή χρήσης τους για την αποφυγή εμφάνισης ανθεκτικότητας. Επίσης, η χρήση κοκκωδών λιπασμάτων πρέπει να γίνεται με ενσωμάτωση και να διατηρούνται οι ζώνες ασφαλείας κατά την χρήση ζιζανιοκτόνων. Ακόμη, πρέπει να αποφευχθεί η ρήψη συσκευασιών στο τόπο εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων καθώς και η χρήση τους σε ακατάλληλη χρονική περίοδο με στόχο να μην διαταραχθούν οι ωφέλιμοι πληθυσμοί. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας προσφέρει ισορροπία στο φυσικό περιβάλλον που συνεπάγεται την βιωσιμότητα της γεωργίας (Στεργίου, 2014).

Πολλοί εθνικοί και διακυβερνητικοί φορείς έχουν αποφασίσει ρητά ότι το μελλοντικό επίσημο εγκεκριμένο πρότυπο για την προστασία των καλλιεργειών θα είναι η «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων (IPM)». Για παράδειγμα, με οδηγία η Ευρωπαϊκή Ένωση (EU, 2019a) υποχρέωσε όλους τους επαγγελματίες καλλιεργητές φυτών εντός της Ένωσης να εφαρμόζουν τις γενικές αρχές της IPM από το 2014. Σύμφωνα με την ανασκόπηση του Stenberg (2017), τα περισσότερα συγγράμματα ορίζουν την IPM ως ολιστική «προσέγγιση» ή «στρατηγική» για την καταπολέμηση των φυτικών παρασίτων χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες μεθόδους, με ελάχιστες

εφαρμογές χημικών φυτοφαρμάκων. Ο στόχος δεν είναι η εξάλειψη των παρασίτων, αλλά η διαχείρισή τους, διατηρώντας τους πληθυσμούς τους κάτω από τα οικονομικά επιζήμια επίπεδα. Η εφαρμογή αυτού του οράματος στην πράξη θα μείωνε όχι μόνο την έκθεση των αγροτών, των καταναλωτών και του περιβάλλοντος σε τοξικές ενώσεις, αλλά και τα προβλήματα που προκαλούνται από ανθεκτικά στα φυτοφάρμακα παράσιτα. Η εισαγωγή της ιδέας IPM ώθησε την έντονη διερεύνηση διαφόρων δράσεων που θα μπορούσαν να συμβάλουν στα προγράμματα IPM.

Ωστόσο, παρά τον ενθουσιασμό για το IPM, τα περισσότερα συστήματα καλλιέργειας εξακολουθούν να εξαρτώνται από την έντονη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και το IPM απέχει ακόμη πολύ από το να ερευνηθεί ή να εφαρμοστεί αποτελεσματικά, πιθανότατα επειδή δεν έχει εμφανιστεί ακόμη ολιστική επιστήμη του IPM. Οι ιδρυτές του IPM αναγνώρισαν ότι η ενσωμάτωση πολλών μεθόδων για την καταπολέμηση των παρασίτων θα απαιτούσε διεπιστημονικά ερευνητικά προγράμματα, αλλά πολλά διεπιστημονικά ερευνητικά προγράμματα με υποτιθέμενο στόχο τη μελέτη IPM επικεντρώνονται στην πραγματικότητα σε μεμονωμένες μεθόδους φυτοπροστασίας. Για παράδειγμα, οι εντομολόγοι, οι χημικοί οικολόγοι και οι καλλιεργητές μπορεί να εφαρμόσουν μια διεπιστημονική προσέγγιση για τη δημιουργία ποικιλιών με υψηλή έμμεση ανοχή στα παράσιτα, αλλά αυτό δύσκολα μπορεί να θεωρηθεί έρευνα IPM καθώς επικεντρώνεται αποκλειστικά σε ένα στοιχείο διαχείρισης παρασίτων (φυτική εγγενής κληρονομική αντίσταση). Περισσότερες από μία ενέργειες διαχείρισης παρασίτων πρέπει να ληφθούν υπόψη για να πληρούν το «ολοκληρωμένο» κριτήριο της IPM (Stenberg, 2017).

## **2.2 Υπάρχοντα πρότυπα ολοκληρωμένης διαχείρισης σε κηπευτικά**

Η διαδικασία της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών-IPM περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Αρχικά θα πρέπει να γίνει σωστή αναγνώριση ζημιών και υπεύθυνων παρασίτων. Η ταύτιση πρέπει να είναι ο πρώτος στόχος. Όταν η ταυτότητα ενός παρασίτου δεν είναι γνωστή, τότε, μια στρατηγική που έχει δημιουργηθεί για τον έλεγχο του παρασίτου δεν μπορεί να μεταφερθεί από τη μια τοποθεσία στην άλλη, κυρίως, επειδή το είδος ή το στέλεχος του παρασίτου μπορεί να συμπεριφέρεται διαφορετικά. Επομένως, πρέπει να χτιστεί μια σωστή βάση στη συστηματική ταξινόμηση, αιτιολογία και χωρική κατανομή. Οι περιπτώσεις εσφαλμένης ταυτότητας μπορεί να οδηγήσουν σε αναποτελεσματικές ενέργειες. Εάν η βλάβη των φυτών οφείλεται σε υπερβολικό πότισμα, θα μπορούσε να θεωρηθεί λανθασμένα μυκητιασική λοίμωξη, καθώς πολλές μυκητιασικές και ιογενείς λοιμώξεις εμφανίζονται υπό συνθήκες υγρασίας. Αυτό θα μπορούσε να αυξήσει τα έξοδα οδηγώντας για παράδειγμα σε έναν λανθασμένο ψεκασμό (Irwin, 1999).

Επιπλέον, η βιολογία του κύκλου ζωής των παρασίτων και ξενιστών αποτελεί μια σημαντική πληροφορία για τη σωστή Ολοκληρωμένη Διαχείριση Επιβλαβών Οργανισμών. Η κατανόηση της ανάπτυξης και ανάπτυξης των καλλιεργειών είναι μια βασική αρχή της IPM. Η εστίαση και μόνο στο παράσιτο δεν θα ήταν ορθή αφού οι

αλληλεπιδράσεις μεταξύ καλλιέργειας και παρασίτων (καθώς και περιβάλλοντος) είναι πολύ σημαντικές. Για να υιοθετηθεί ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα IPM, θα πρέπει να ερευνηθούν βιβλιογραφικά και άλλες πηγές δεδομένων σχετικά με το παράσιτο, τον κύκλο ζωής του παρασίτου, το εύρος του ξενιστή, τη διανομή, την κίνηση και τη βασική βιολογία. Τη στιγμή που εντοπίζεται ένα παράσιτο, μπορεί να είναι πολύ αργά. Συχνά, υπάρχει ένα άλλο στάδιο του κύκλου ζωής που είναι επιρρεπές σε προληπτικές ενέργειες. Για παράδειγμα, τα ζιζάνια που αναπαράγονται από τους σπόρους του περασμένου έτους μπορούν να προληφθούν με σάπια φύλλα. Επίσης, η εκμάθηση του τι χρειάζεται ένα παράσιτο για να επιβιώσει οδηγεί και στην αντιμετώπισή του.

Επίσης η παρακολούθηση ή δειγματοληψία του περιβάλλοντος για πληθυσμούς παρασίτων αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών. Αφού εντοπιστεί σωστά το παράσιτο, πρέπει να ξεκινήσει η παρακολούθηση. Οι μεθοδολογίες δειγματοληψίας και παρακολούθησης πρέπει να σχεδιάζονται και να δοκιμάζονται για να παρέχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης στιγμιαίων και δυναμικών πτυχών της πυκνότητας, της δραστηριότητας ή της συχνότητας εμφάνισης του παρασίτου. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το περιβάλλον επηρεάζει την ανάπτυξη των παρασίτων και των καλλιεργειών είναι πολύ σημαντική. Η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον επιτρέπει στους συμβούλους των καλλιεργειών να αντιδρούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Οι περιβαλλοντικές επιρροές όπως το στρες ξηρασίας επηρεάζουν τις συστάσεις για τη διαχείριση των παρασίτων. Όταν μια καλλιέργεια βρίσκεται υπό συνθήκες στρες μπορεί να είναι λιγότερο ικανή να αντιμετωπίσει το στρες που προκαλείται από έντομα. Οι πληθυσμοί ζιζανίων που κανονικά δεν θα προκαλούσαν οικονομική απώλεια μπορεί να το κάνουν υπό συνθήκες ξηρασίας όταν ανταγωνίζονται την καλλιέργεια για περιορισμένο νερό. Επίσης, ο καιρός είναι γνωστό ότι επηρεάζει την ανάπτυξη και την επιβίωση των παρασίτων. Ορισμένα καιρικά μοτίβα μπορεί να επηρεάσουν τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων και να εξηγήσουν γιατί ορισμένα ζιζάνια είναι πιο άφθονα κατά τη διάρκεια της υγρής πτώσης ή της άνοιξης (Irwin, 1999).

Σε κάθε Ολοκληρωμένη Διαχείριση Επιβλαβών Οργανισμών θα πρέπει να καθοριστεί το όριο δράσης (οικονομικό, υγειονομικό και αισθητικό). Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν τυποποιημένοι αριθμοί παρασίτων που μπορούν να γίνουν ανεκτοί. Οι σπόροι σόγιας είναι αρκετά ανεκτικοί στην αποφύλλωση, οπότε αν υπάρχουν λίγες κάμπιες στο χωράφι ο πληθυσμός τους μπορεί να μην αυξάνεται δραματικά. Συνεπώς, ενδέχεται να μην απαιτούνται επείγουσες ενέργειες. Αντίθετα, υπάρχει ένα σημείο στο οποίο πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον έλεγχο του κόστους. Για παράδειγμα, ο αγρότης μπορεί να ελέγξει το κόστος στο σημείο που το κόστος της ζημιάς από το παράσιτο είναι μεγαλύτερο από το κόστος του ελέγχου. Αυτό είναι ένα οικονομικό όριο. Η ανοχή των παρασίτων ποικίλλει ανάλογα με τον κίνδυνο για την υγεία (χαμηλή ανοχή) ή απλώς μια αισθητική βλάβη (υψηλή ανοχή σε μια μη εμπορική κατάσταση). Επίσης θα πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή και συνδυασμός των τακτικών διαχείρισης. Η λέξη «ενσωματωμένο» στο IPM αρχικά αναφερόταν στην ταυτόχρονη χρήση ή ενσωμάτωση οποιουδήποτε αριθμού τακτικών σε συνδυασμό, με έμφαση στη διατήρηση ενός

μεμονωμένου είδους παρασίτων κάτω από το επίπεδο οικονομικής βλάβης (Irwin, 1999).

Αρκετές από τις τακτικές είναι συμβατές, αλλά κάποιες όχι. Σίγουρα οι τακτικές του βιολογικού ελέγχου και του νομικού ελέγχου συμβαδίζουν. Η τακτική της αντίστασης του ξενιστή μπορεί να σταθεί μόνη της ή να συνδυαστεί με τις άλλες τακτικές που μόλις αναφέρθηκαν. Ο χημικός έλεγχος είναι γενικά συμβατός με την αντίσταση του ξενιστή. Έτσι, μια στρατηγική διαχείρισης ενσωματώνει μία ή περισσότερες συμβατές τακτικές σε ένα ενιαίο πακέτο. Η αξιολόγηση είναι συχνά ένα από τα πιο σημαντικά βήματα στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παρασίτων. Είναι η διαδικασία αναθεώρησης ενός προγράμματος IPM και των αποτελεσμάτων που έχει δημιουργήσει. Η κατανόηση της αποτελεσματικότητας του προγράμματος IPM επιτρέπει στον διαχειριστή να κάνει τροποποιήσεις στο σχέδιο IPM πριν τα παράσιτα φτάσουν στο όριο δράσης και απαιτήσουν ξανά δράση (Irwin, 1999).

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Επιβλαβών Οργανισμών-IPM είναι μια φιλοσοφία διαχείρισης που τονίζει μια διεπιστημονική προσέγγιση. Τα παράσιτα αλληλεπιδρούν με την καλλιέργεια και το περιβάλλον. Ομοίως, οι κλάδοι διαχείρισης παρασίτων και καλλιεργειών πρέπει να συνεργαστούν για να αναπτύξουν συστάσεις ελέγχου που να αντικατοπτρίζουν αυτές τις αλληλεπιδράσεις. Τα οφέλη της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παρασίτων είναι τεράστια άμεσα για τη γεωργία και έμμεσα στην κοινωνία. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση παρασίτων (IPM) προστατεύει το περιβάλλον μέσω της εξάλειψης των περιττών εφαρμογών φυτοφαρμάκων. Στην IPM, τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται στη μικρότερη αποτελεσματική δόση όταν άλλες μέθοδοι ελέγχου παρασίτων έχουν αποτύχει. Επίσης, χρησιμοποιούνται για να φέρουν έναν οργανισμό παρασίτων σε αποδεκτά όρια με όσο το δυνατόν λιγότερη οικολογική διαταραχή. Εφόσον το πρόγραμμα IPM εφαρμόζει τις πιο οικονομικές τακτικές διαχείρισης παρασίτων, διασφαλίζεται η κερδοφορία για τον καλλιεργητή ή τον αγρότη. Επιπλέον μέσω της IPM μειώνεται ο κίνδυνος απώλειας της καλλιέργειας από ένα παράσιτο. Η εφαρμογή τακτικών διαχείρισης και παρακολούθησης παρασίτων θα διασφαλίσει επίσης τη μείωση της απώλειας ή της ζημιάς των καλλιεργειών από παράσιτα. Μακροπρόθεσμα κοινωνιολογικά οφέλη της IPM θα προκύψουν επίσης στους τομείς της απασχόλησης, της δημόσιας υγείας και της ευημερίας των ατόμων που σχετίζονται με τη γεωργία. (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

Παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, υπάρχουν επίσης ορισμένα μειονεκτήματα. Αρχικά, ένα πρόγραμμα απαιτεί υψηλότερο βαθμό διαχείρισης. Η λήψη απόφασης να μην χρησιμοποιούνται φυτοφάρμακα σε ρουτίνα ή τακτική βάση απαιτεί προηγμένο σχεδιασμό και επομένως υψηλότερο βαθμό διαχείρισης. Αυτός ο σχεδιασμός περιλαμβάνει την προσοχή στα ιστορικά αγροτεμαχίων για την πρόβλεψη των προβλημάτων των παρασίτων, την επιλογή ποικιλιών καλλιεργειών που είναι ανθεκτικές ή ανεκτικές σε ζημιές από παράσιτα, την επιλογή συστημάτων άρσης που θα καταστέλλουν την αναμενόμενη ζημιά των παρασίτων ενώ δίνουν στην καλλιέργεια τη μεγαλύτερη δυνατότητα απόδοσης. Επίσης, ο συνεπής, έγκαιρος και ακριβής

εντοπισμός στο πεδίο απαιτεί χρόνο. Ωστόσο, αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες και αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο των προγραμμάτων IPM. Τέλος, η επιτυχία ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων μπορεί να εξαρτάται από τον καιρό. Ο καιρός μπορεί να περιπλέξει τον σχεδιασμό. Για παράδειγμα, μπορεί να θέλετε να μειώσετε τα ποσοστά ζιζανιοκτόνων και να χρησιμοποιήσετε καλλιέργεια σε σειρά για να διαχειριστείτε την πίεση των ζιζανίων. Ωστόσο, μια παρατεταμένη υγρή περίοδος μπορεί να μειώσει (ή να εξαλείψει) την αποτελεσματικότητα της καλλιέργειας σε σειρά. Επομένως, οι καλοί σχεδιαστές ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων θα έχουν ένα εναλλακτικό σχέδιο για το πότε προκύπτουν αυτά τα προβλήματα (Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013).

Υπάρχουν διαφορετικές τακτικές διαχείρισης παρασίτων για την καταστολή των παρασίτων. Περιλαμβάνουν την αντοχή του ξενιστή, τους χημικούς, βιολογικούς, πολιτιστικούς, μηχανικούς, υγειονομικούς και μηχανικούς ελέγχους. Η κύρια τακτική διαχείρισης παρασίτων περιλαμβάνει τη μεγιστοποίηση των ενσωματωμένων χαρακτηριστικών μείωσης παρασίτων ενός οικοσυστήματος. Μοριακοί ή γενετικοί μηχανισμοί εκδηλώνονται δυνητικά σε μια σειρά από αυτές τις πιο συγκεκριμένες τακτικές. Κάθε κατηγορία, που περιγράφεται παρακάτω, χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό σύνολο μηχανισμών για την καταστολή πληθυσμών.

### **2.2.1 Χημικός έλεγχος**

Η θεραπευτική προσέγγιση της θανάτωσης παρασίτων με τοξικές χημικές ουσίες είναι η κυρίαρχη στρατηγική ελέγχου των παρασίτων για περισσότερα από 50 χρόνια. Τα προβλήματα ασφάλειας και οι οικολογικές διαταραχές συνεχίζουν να προκύπτουν και υπάρχουν νέες εκκλήσεις για αποτελεσματικές, ασφαλείς και οικονομικά αποδεκτές εναλλακτικές λύσεις. Τα συνθετικά χημικά φυτοφάρμακα είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος καταπολέμησης των παρασίτων. Τα τέσσερα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζονται με τα συμβατικά φυτοφάρμακα είναι τα τοξικά υπολείμματα, η αντοχή στα παράσιτα, τα δευτερεύοντα παράσιτα και η αναζωπύρωση των παρασίτων. Η χρήση φυσικών φυτοφαρμάκων και οργανοφωσφορικών αλάτων που είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον ενθαρρύνεται και τα συνθετικά φυτοφάρμακα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο ως έσχατη λύση ή να χρησιμοποιούνται μόνο όπως απαιτείται και συχνά μόνο σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές σε έναν κύκλο ζωής παρασίτων (Lewis, 1997).

### **2.2.2 Βιολογικός έλεγχος**

Περιλαμβάνει τη χρήση άλλων έμβιων όντων που είναι εχθροί ενός παρασίτου για τον έλεγχο του. Μερικές φορές, ο όρος «βιολογικός έλεγχος» έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ πλαίσιο για να συμπεριλάβει ένα πλήρες φάσμα βιολογικών οργανισμών και προϊόντων βιολογικής βάσης, συμπεριλαμβανομένων των φερομόνων, των ανθεκτικών ποικιλιών φυτών και των αυτοκτόνων τεχνικών όπως τα στείρα έντομα. Η IPM στοχεύει κυρίως στην ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται σε βιολογικές και μη χημικές μεθόδους όσο το δυνατόν περισσότερο (Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013).



Μέχρι στιγμής, σχεδόν όλες οι έρευνες IPM σχετικά με τις επιπτώσεις της βοτανικής ποικιλότητας στον βιολογικό έλεγχο έχουν επικεντρωθεί αποκλειστικά στη δυαδική ποικιλότητα. Ωστόσο, η βοτανική ποικιλότητα θα μπορούσε επίσης να υποστεί χειραγώγηση σε φυτικό χαρακτηριστικό ή γονότυπο φυτού. Οι μηχανισμοί με τους οποίους η ενδοειδική ποικιλότητα των φυτών επηρεάζει τους παράγοντες βιολογικού ελέγχου είναι άγνωστοι, αλλά θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν επιπτώσεις στα παράσιτα. Για παράδειγμα, η διακύμανση του χρόνου ανάπτυξης παρασίτων, η οποία μπορεί να βελτιωθεί με την ανάμειξη ανθεκτικών και ευαίσθητων ποικιλιών, μπορεί να καταστείλει τους κύκλους θηρευτή-θηράματος και να μετριάσει τις εστίες παρασίτων (Stenberg, 2017).

### **2.2.3 Ανθεκτικότητα του φυτού ξενιστή**

Περιλαμβάνει την αναπαραγωγή ποικιλιών με επιθυμητά οικονομικά χαρακτηριστικά, αλλά λιγότερο ελκυστικές για παράσιτα, για ωτοκία και επακόλουθη ανάπτυξη εντόμων, ασθενειών ή νηματωδών. Περιλαμβάνει επίσης την αντοχή στην προσβολή/μόλυνση ή τη μείωση των παρασίτων σε επίπεδο που να μην είναι μεγάλος αριθμός κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού (Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013).

### **2.2.4 Πολιτιστικά μέτρα**

Περιλαμβάνει πρακτικές που καταστέλλουν τα προβλήματα των παρασίτων ελαχιστοποιώντας τις συνθήκες που ευνοούν την ύπαρξή τους (νερό, καταφύγιο, τροφή). Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι εγγενείς στη φυτική παραγωγή ενώ καθιστούν το περιβάλλον λιγότερο ευνοϊκό για την επιβίωση, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή ειδών παρασίτων. Εάν ακολουθηθούν με τον κατάλληλο τρόπο, οι πολιτιστικές πρακτικές μπορούν να προσφέρουν σημαντική ανακούφιση από τα παράσιτα. Η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την καλλιέργεια αγροκαλλιιεργειών και οπωροφόρων δέντρων μπορεί να μειώσει τη μελλοντική προσβολή από έντομα. Η καλλιέργεια θα πρέπει να επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατάλληλη για καλλιέργεια στην περιοχή και ανεκτική σε σημαντικές επιβλαβείς ασθένειες της περιοχής (Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013).

### **2.2.5 Μηχανικός έλεγχος**

Είναι η χρήση μηχανημάτων και άλλων εργαλείων για τον έλεγχο των παρασίτων. Περιλαμβάνει γεωργικές πρακτικές όπως το όργωμα, το κόψιμο, το κάψιμο και το βοτάνισμα με τα χέρια. Το κλάδεμα προσβεβλημένων τμημάτων φρούτων και δασικών δέντρων και η φυλλόπτωση σε ορισμένες καλλιέργειες συμβάλλουν στη μείωση του πληθυσμού των παρασίτων (Ehi-Eromosele, Nwinyi & Ajani, 2013).

### **2.2.6 Υγειονομικός έλεγχος**

Οι προληπτικές πρακτικές αποτελούν σημαντικό μέρος ενός προγράμματος IPM. Περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό καθαρισμού του αγρού, φύτευση πιστοποιημένων σπόρων και έλεγχο προσβεβλημένων καλλιιεργειών. Αυτές είναι μέθοδοι που

χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της εισαγωγής ενός παρασίτου στο χωράφι (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

### **2.2.7 Φυσικός έλεγχος**

Η φυσική καταπολέμηση περιλαμβάνει τη βελτίωση των μεθόδων διαχείρισης παρασίτων που απαντώνται στη φύση για την καταπολέμηση των παρασίτων, όπως η χρήση ωφέλιμων εντόμων και ασθενειών. Εδώ, τα εντομοκτόνα θα χρησιμοποιηθούν μόνο όταν είναι οικονομικά εφικτά και είναι προφανές ότι οι φυσικοί εχθροί δεν θα ελέγξουν τα παράσιτα (Ehi-Eromosele, Nwinyi&Ajani, 2013).

## **2.3 Νομοθετικό πλαίσιο**

### **2.3.1 Κανονισμοί της ΕΕ**

Οι ανησυχίες για την υγεία και το περιβάλλον σχετικά με τους κινδύνους που εγκυμονεί η χρήση φυτοφαρμάκων οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση να εισαγάγει μια σειρά μέτρων το 2009 που συνήθως αναφέρεται ως «δέσμη φυτοφαρμάκων», που αποτελείται από τέσσερα νομοθετήματα που σχετίζονται με τη χρήση αυτών. Η Οδηγία για την αειφόρο χρήση των φυτοφαρμάκων παρέχει ένα πλαίσιο δράσης για την προώθηση της υιοθέτησης προσεγγίσεων διαχείρισης παρασίτων με χαμηλές εισροές φυτοφαρμάκων, ιδίως της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων (EU, 2009a). Η Ολοκληρωμένη διαχείριση επιβλαβών οργανισμών, όπως περιγράφεται στην Οδηγία για την Αειφόρο Χρήση, ορίζεται ως ένα σύστημα που βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές: (i) τη χρήση και την ενσωμάτωση μέτρων που αποθαρρύνουν την ανάπτυξη πληθυσμών επιβλαβών οργανισμών (πρόληψη), (ii) την προσεκτική εξέταση όλων των διαθέσιμων μεθόδων φυτοπροστασίας και (iii) τη χρήση τους σε επίπεδα που δικαιολογούνται οικονομικά και οικολογικά.

Από την εισαγωγή της έννοιας το 1959, πολλές μελέτες έχουν προτείνει ότι η υιοθέτηση των αρχών IPM παρέχει περιβαλλοντικά, οικονομικά οφέλη και οφέλη για την υγεία. Παρά τα διάφορα οφέλη που αναμένονται από την IPM, δεν καλλιεργούνται όλες οι χρησιμοποιούμενες γεωργικές εκτάσεις στην Ευρώπη σύμφωνα με τις αρχές της ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (IPM). Συνολικά, ενώ η υιοθέτηση του IPM είναι μάλλον κοινή στους οπωρώνες και στα συστήματα παραγωγής θερμοκηπίου, εξακολουθεί να παραμένει σε μεγάλο βαθμό περιθωριακή στις αροτραίες και χωραφικές καλλιέργειες. Ωστόσο, σύμφωνα με τη νέα ευρωπαϊκή νομοθεσία (EU, 2009b), όλοι οι επαγγελματίες χρήστες φυτοφαρμάκων θα πρέπει να ακολουθούν τις γενικές αρχές της IPM (ήδη από την 1η Ιανουαρίου 2014).

Επιπροσθέτως, ζητήθηκε από τα ευρωπαϊκά κράτη μέλη να καταρτίσουν εθνικά σχέδια δράσης για την υποστήριξη αυτού του στόχου. Παρά τη νομοθετική αυτή πίεση, δεν μπορεί εύλογα να αναμένεται μια άμεση αλλαγή στα πολύ διαφορετικά συστήματα φυτικής παραγωγής στην Ευρώπη. Κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβατικής φάσης, δεν είναι σαφές πόσο εύκολα θα υιοθετηθούν τέτοιες ολοκληρωμένες προσεγγίσεις διαχείρισης παρασίτων και στρατηγικές για συγκεκριμένες καλλιέργειες, ειδικά ενώ εξακολουθούν να υπάρχουν κενά γνώσης και τεχνολογίας. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη

ανομοιογένεια στα εθνικά σχέδια δράσης και στο επίπεδο των δεσμεύσεων των κρατών μελών. Σε αυτό το πλαίσιο, κοινός στόχος πρέπει να είναι η κατανόηση των παραγόντων της αλλαγής και του πόσο γρήγορα μπορεί να επιτευχθεί στο παράδειγμα προστασίας των καλλιεργειών από τη συμβατική σε μια βάση ολοκληρωμένης διαχείρισης.

Οι Lefebvre, Langrell και Gomez-y-Paloma, (2015) στη μελέτη τους καταγράφουν μια σειρά από εύλογα ερωτήματα όπως: Γιατί θα υιοθετούσαν οι ευρωπαίοι αγρότες τέτοιες αρχές εάν δεν υπήρχε υποχρεωτική ρύθμιση; Ακόμη και με την παρουσία εύκολα εφαρμόσιμων εναλλακτικών λύσεων IPM, γιατί να τις υιοθετήσουν οι αγρότες εάν είναι πιο δαπανηρές; Σε περίπτωση υψηλότερου κόστους παραγωγής, θα είναι διατεθειμένοι οι καταναλωτές να πληρώσουν υψηλότερες τιμές για προϊόντα που παράγονται με τέτοιες προσεγγίσεις; Θα ήταν πρόθυμοι οι έμποροι λιανικής να δημιουργήσουν συγκεκριμένα τμήματα αγοράς για προϊόντα IPM; Θα είναι πρόθυμοι οι ασφαλιστές να καλύψουν τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με την υιοθέτηση IPM; Πέρα από τις υποχρεωτικές προσεγγίσεις, σε ποιο βαθμό θα πρέπει να χρησιμοποιούνται δημόσιοι πόροι για την προώθηση της υιοθέτησης IPM; Στο de facto ενδιαμέσο, πώς πρέπει να σχεδιαστούν οι πολιτικές που βασίζονται σε κίνητρα; Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα είναι κομβικές για την επιτυχία της εξέλιξης της γεωργίας προς την αειφόρο χρήση φυτοφαρμάκων.

Μερικοί συγγραφείς έχουν ανασκοπήσει την υπάρχουσα έρευνα στα οικονομικά της διαχείρισης παρασίτων και των πολιτικών φυτοφαρμάκων (Waterfield & Zilberman, 2012). Ωστόσο, η κατανόηση των παραγόντων της υιοθέτησης IPM απαιτεί ένα άλλο βήμα, καθώς το IPM καλύπτει ένα μεγάλο σύνολο αρχών και δεν περιορίζεται αποκλειστικά στη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων. Στις ΗΠΑ ωστόσο, το αμερικανικό συνέδριο έχει υποστηρίξει την ανάπτυξη IPM, παρέχοντας οικονομική υποστήριξη για μεγάλα προγράμματα από τη δεκαετία του εβδομήντα (Swinton & Day, 2003). Κατά συνέπεια, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας που εξετάζει το ερώτημα γιατί ορισμένοι αγρότες υιοθετούν IPM, ενώ άλλοι όχι, αφορά κυρίως τους αγρότες των ΗΠΑ ή, ειδικότερα, εκείνους στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η γεωργία χαμηλών εισροών είναι ο κανόνας (Bonabana-Wabbi & Taylor, 2012). Αντίθετα, με εξαίρεση λίγους συγκεκριμένους τομείς (π.χ. προστατευμένες καλλιέργειες), τα στοιχεία για την έκταση και τους οδηγούς της υιοθέτησης των αρχών IPM από τους ευρωπαίους αγρότες παραμένουν ελλιπή (Hillocks & Cooper, 2012).

Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων (IPM) έχει γίνει αποδεκτή και έχει ενσωματωθεί στις δημόσιες πολιτικές και κανονισμούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί μια ολιστική επιστήμη της Ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών. Ως εκ τούτου, τα τρέχοντα προγράμματα IPM μπορεί συχνά να είναι λιγότερο αποτελεσματικά από το άθροισμα των μεμονωμένων ενεργειών προστασίας των καλλιεργειών που εφαρμόζονται χωριστά. Επομένως, υπάρχει σαφής ανάγκη να διατυπωθούν γενικές αρχές για έναν συνδυασμό παραδοσιακών και

καινοτόμων ενεργειών για τη βελτίωση των προσπαθειών για βελτιστοποίηση λύσεων φυτοπροστασίας.

### 3. Η καλλιέργεια της μελιτζάνας

#### 3.1 Παραγωγή μελιτζάνας σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο

Η μελιτζάνα, *Solanum melongena* L. (*Solanaceae*), με μεγάλη μορφολογική και γενετική ποικιλότητα είναι γνωστή ως μια οικονομικά σημαντική καλλιέργεια λαχανικών, ιδιαίτερα στην Ασία και τις περιοχές της Μεσογείου. Μετά την πατάτα και την ντομάτα, η μελιτζάνα είναι η τρίτη μεγαλύτερη καλλιέργεια της οικογένειας *Solanaceae*. Από άποψη θρεπτικής αξίας, η μελιτζάνα είναι ένα από τα πολύτιμα λαχανικά για την ανθρώπινη υγεία λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε βιταμίνες, μέταλλα και βιολογικά ενεργές ενώσεις. Λόγω της οικονομικής σημασίας της μελιτζάνας και των επιβλαβών παρενεργειών που προκαλούνται από τη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται μια σωστή και ολοκληρωμένη προστασία κατά των παρασίτων (Raeyatetal., 2021).

Η μελιτζάνα είναι μια καλλιέργεια θερμού κλίματος υψηλής οικονομικής σημασίας. Σε πολλές ασιατικές και μεσογειακές χώρες, οι μελιτζάνες είναι απαραίτητα συστατικά των καθημερινών πιάτων, ενώ στην Κεντρική Ευρώπη έχουν γίνει δημοφιλείς μόνο τα τελευταία χρόνια. Οι μελιτζάνες συγκομίζονται σε ανώριμο στάδιο και έχουν χαμηλή αξία αποθήκευσης. Συνεπώς, η πώλησή τους στις τοπικές αγορές απαιτεί κατάλληλη στρατηγική παραγωγής.

Η μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.) είναι ένας καρπός μεγάλης οικονομικής σημασίας σε όλο τον κόσμο και καλλιεργείται κυρίως σε ασιατικές υποτροπικές περιοχές (94% της παγκόσμιας παραγωγής), όπου η δημοτικότητά της χάρισε τον τίτλο του «βασιλιά των λαχανικών». Το Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2015), η Κίνα και η Ινδία είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί μελιτζάνας στον κόσμο (28 και 13 Mt ετησίως, αντίστοιχα). Στην Ευρώπη, η μελιτζάνα καλλιεργείται κυρίως στην Τουρκία (827.000 t), την Ιταλία (220.000 t), την Ισπανία (206.000 t) και τη Ρουμανία (123.000 t/έτος). Είναι ενδιαφέρον ότι η καλλιέργεια μελιτζάνας έχει πλέον επεκταθεί και σε πιο βόρεια μέρη της Ευρώπης. Ο FAO (2015) ανέφερε ότι τόσο η Ουκρανία (96.000 τόνοι το 2013) όσο και η Λιθουανία (2.000 τόνοι το 2013) καλλιεργούν επίσης αυτή τη σοδειά.

Είναι ενδιαφέρον ότι μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο το όνομα «μελιτζάνα», που προέρχεται από τη γαλλική γλώσσα, απέκτησε ευρεία χρήση. Το πιο δημοφιλές όνομα στην Ινδία και την Αφρική είναι το «*brinjal*», του οποίου οι ρίζες βρίσκονται στα σανσκριτικά (Daunay&Janick 2007). Το όνομα «μελιτζάνα» αναφέρεται σήμερα σε τρεις καλλιέργειες που ανήκουν στο γένος *Solanum*, *subgenus Leptostemonum*, που προέρχονται από τον Παλιό Κόσμο: *Solanum melongena* L. (μελιτζάνα), *S. Aethiopicum* L. (κόκκινη μελιτζάνα) και *S. Macrocarpon* L. (Μελιτζάνα *Gboma*). Τα *Solanum aethiopicum* και *S. macrocarpon* είναι εγγενή στην Αφρική, όπου καλλιεργούνται τοπικά για τους βρώσιμους καρπούς και τα νεαρά φύλλα τους (Sεkara,

Cebula&Kunicki, 2007). Το σύμπλεγμα *S. melongena* παρουσιάζει μια σειρά μορφολογικών ενδιάμεσων, από μικρά καρποφόρα ακανθώδη φυτά έως μεγάλα καρποφόρα μη ακανθώδη φυτά. Οι Weese και Bohs (2010) χρησιμοποίησαν δεδομένα αλληλουχίας DNA για να δείξουν ότι οι μελιτζάνες εμφανίστηκαν στην Αφρική και διασκορπίστηκαν σε όλη τη Μέση Ανατολή σε άλλες περιοχές της Ασίας, όπου καλλιεργήθηκαν και εκτράφηκαν για 2.000 χρόνια (Wang, Gao&Knapp, 2008).

Η μακρά ιστορία της αναπαραγωγής είχε ως αποτέλεσμα μια μεγάλη ποικιλία με βρώσιμους καρπούς διαφορετικών μεγεθών, σχημάτων και χρωμάτων. Το είδος εισήχθη στην Ευρώπη κατά τον δωδέκατο αιώνα, όταν οι Άραβες ξεκίνησαν την καλλιέργεια μελιτζάνας στην Ιβηρική χερσόνησο (Daunay&Janick, 2007). Αργότερα, αυτό το φυτό εισήχθη στην Ιταλία και τη Γαλλία καθώς και στην Πολωνία κατά τον δέκατο πέμπτο αιώνα, αλλά αρχικά καλλιεργήθηκε μόνο για διακοσμητικούς και ιατρικούς σκοπούς.

Η κηπευτική και βοτανική βιβλιογραφία του δέκατου όγδοου και του δέκατου ένατου αιώνα αναφέρει τη μελιτζάνα ως καρπό που καλλιεργείται κάτω από έναν ετήσιο κύκλο για φρούτα που είναι είτε κίτρινα είτε κόκκινα στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Στη δεκαετία του 1960, ερασιτεχνικές βουλγαρικές ποικιλίες μελιτζάνας εκλαϊκεύτηκαν στην Πολωνία από τον Doruchowski (1965, όπ. αναφ στο Carusoetal., 2017), ο οποίος συνέστησε τη φύτευση εναλλασσόμενων χωραφιών μελιτζάνας και καλαμποκιού ως ανεμοφράκτη σε τοποθεσίες με νότιο προσανατολισμό. Η έρευνα που διεξήχθη σε αυτό το είδος από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και μετά οδήγησε στην ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών καλλιέργειας τόσο για θερμοκήπια όσο και για θερμαινόμενες σήραγγες, επιτρέποντας στους καταναλωτές να επωφεληθούν από τα πρώτα τοπικά φρούτα.

Τα τελευταία χρόνια, η αναπαραγωγή υβριδικών ποικιλιών ανθεκτικών σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις σε συνδυασμό με τις αυξήσεις της θερμοκρασίας του αέρα επέτρεψαν την καλλιέργεια μελιτζάνας σε ορισμένες περιοχές της Πολωνίας και των γειτονικών χωρών και, κατά συνέπεια, μείωσε τόσο το κόστος παραγωγής όσο και τις τιμές των φρούτων. Λεπτομερείς συστάσεις για καλλιέργεια μελιτζάνας στο χωράφι είναι τώρα διαθέσιμες για τις κλιματολογικές συνθήκες της Κεντρικής Ευρώπης (Carusoetal., 2017).

Η μελιτζάνα (*S. melongena* L.) είναι διπλοειδές είδος ( $2n = 24$ ), και καλλιεργείται ως λαχανικό που δίνει ανώριμους βρώσιμους καρπούς. Είναι πολυετές αλλά συνήθως καλλιεργείται ως ετήσιο και είναι ευαίσθητο στον παγετό. Τα φυτά έχουν ύψος 0,4-1,5 μέτρα. Διακλαδίζονται, με μεγάλα, πλατιά φύλλα, και το στέλεχος είναι συχνά ακανθώδες. Τα λουλούδια είναι τέλεια, αυτογονιμοποιούνται, μωβ ή σε σπάνιες περιπτώσεις λευκά, με ακανθώδη κάλυκα, πεντάφυλλο στεφάνι και κίτρινους στήμονες. Οι μελιτζανί καρποί έχουν μερικές φορές λευκό ή πράσινο χρώμα, αλλά τα πιο δημοφιλή εμφανίζουν διαφορετικές εντάσεις μωβ. Οι καρποί μπορεί να είναι υπόλευκοι έως σκούροι μωβ, ακόμη και μαύροι ή συνδυασμοί αυτών των χρωμάτων σε λωρίδες. Οι φυσιολογικά ώριμοι καρποί είναι καφέ ή κίτρινοι. Το εύρος σχήματος περιλαμβάνει σφαιρικά, επιμήκη, ωοειδή, οβάλ, μακριά και πολλά ενδιάμεσα σχήματα.

Κυμαίνονται από 4–45 εκατοστά σε μήκος και 2–25 εκατοστά σε διάμετρο. Το μέσο βάρος κυμαίνεται από 200-300 γραμμάρια. Οι νεότεροι ασιατικοί τύποι έχουν βάρη 20-40 γραμμάρια (Hassan et al., 2015).

Ο Kürklü και οι συνεργάτες του (1998) συνέστησε θερμοκρασία 30°C για βέλτιστη βλαστική ανάπτυξη και 22°C για αναπαραγωγικές φάσεις με βάση τον αριθμό και το μέγεθος των παραγόμενων φρούτων. Οι Pessaraklı και Dris(2003) υπέδειξαν στη μελέτη τους ότι η ζημιά που προκαλείται από το εύρος θερμοκρασιών 10-15°C μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης της μελιτζάνας. Οι μελιτζάνες μπορούν να ανεχθούν τόσο τη μικρή ξηρασία όσο και τις υπερβολικές βροχοπτώσεις, αλλά η υψηλή θερμοκρασία και οι άφθονες βροχοπτώσεις προωθούν τη βλαστική φάση. Οι μελιτζάνες παράγουν ένα ισχυρό ριζικό σύστημα στο έδαφος που είναι βαθύ, γόνιμο, καλά στραγγισμένο και υψηλό σε οργανική ύλη με τιμές pH 5,5-6,8. Η υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο και η υγρασία πρέπει να αποφεύγονται λόγω της σήψης της ρίζας (Chen et al., 2002).

Οι παράγοντες του κλίματος και του εδάφους επηρεάζουν την ανθοφορία της μελιτζάνας και την καρπόδεση καθώς και το εμπορικό αποτέλεσμα της παραγωγής. Ταυτόχρονα, η μορφολογία και η λειτουργικότητα των λουλουδιών εξαρτώνται από την οντογενετική ανάπτυξη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μελιτζάνα χαρακτηρίζεται από ετερομορφία λουλουδιών, άφθονη ανθοφορία και συχνή πτώση λουλουδιών ή καρπών. Αυτά τα φαινόμενα προκαλούνται από διαφορετικές καταπονήσεις, όπως θερμοκρασίες που είναι είτε υπερβολικές είτε πολύ χαμηλές, ξηρασία, έλλειψη φωτός ή έλλειψη επικονίασης ή λίπανσης (Kikuchi et al., 2008).

Ο αριθμός των ποικιλιών μελιτζάνας έχει επεκταθεί σημαντικά ως αποτέλεσμα της εντατικής επιλογής και εκτροφής που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια αρκετών εκατοντάδων ετών. Καλλιέργειες με μοβ, οβάλ φρούτα παράγονται συνήθως στην Ευρώπη και την Αμερική, ενώ στη Νοτιοανατολική Ασία υπάρχει μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, σχημάτων και μεγεθών μούρων. Οι ποικιλίες μελιτζάνας ομαδοποιούνται συμβατικά ως «*Occidental*», που προτιμώνται στη Βόρεια Αφρική, την Ευρώπη και την Αμερική και ως «*Oriental*» μελιτζάνες, που καλλιεργούνται στην Ανατολική και Νοτιοανατολική Ασία (Cericola et al., 2013). Άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν υψηλή παραγωγικότητα, αντοχή στις ασθένειες, πρόωμη ωριμότητα, συνήθεια γρήγορης ανάπτυξης και ανοχή σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις (Chen et al., 2002).

Το παγκόσμιο εμπόριο επικεντρώθηκε στην αύξηση του αριθμού των εκλεκτών υβριδίων F1 που χαρακτηρίζονται από ελκυστικότητα για τους κτηνοτρόφους, τους προμηθευτές σπόρων και τους καλλιεργητές, λόγω της ετερότητας για την απόδοση και την ποιότητα των καρπών (Cericola et al., 2013). Οι σύγχρονες ποικιλίες μελιτζάνας έχουν αποδειχθεί ότι έχουν οικολογική πλαστικότητα, επομένως είναι δυνατόν να επιλεγούν οι πιο ευνοϊκές ποικιλίες μελιτζάνας για καλλιέργεια σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Ο Gh και οι συνεργάτες του (2012) εισήγαγε με επιτυχία τέσσερις ξένους γονότυπους για να διευρύνει την ποικιλία καλλιέργειας στη δυτική Ρουμανία και, σύμφωνα με αυτούς, το δυναμικό απόδοσης θα πρέπει να είναι

μεγαλύτερο από 30 τόνους/εκτάριο για ικανοποιητικά οικονομικά κέρδη. Πιο συγκεκριμένα, η Sękara (2010, όπ. αναφ στο Caruso et al., 2017) συνέστησε το υβρίδιο «Epic» F1 για παραγωγή αγρού σε εύκρατες κλιματολογικές ζώνες, καθώς αυτή η ποικιλία πέτυχε μέση εμπορεύσιμη απόδοση 40 τόνων/εκτάριο: η πρώιμη παραγωγή (οι πρώτες τέσσερις συγκομιδές) αντιπροσώπευε το 13,5% του συνόλου απόδοσης και αντιπροσωπεύεται από φρούτα πρώτης και δεύτερης κατηγορίας (86% και 10%, αντίστοιχα). Άλλοι συγγραφείς (Markiewicz, Golec & Kujawski, 2008) είχαν αναφέρει στο παρελθόν μέση απόδοση 40-50 t/ha για το 'Epic' F1 και φυτά «Solara» F1 που καλλιεργούνται κάτω από μη θερμαινόμενες σήραγγες αλουμινοχαρτου. Επιπλέον, οι Adamczewska-Sowińska και Krygier (2013) έδειξαν ότι η υψηλή θερμοκρασία και οι επαρκείς βροχοπτώσεις προώθησαν σημαντικά την ανάπτυξη μελιτζάνας σε συνθήκες αγρού στη δυτική Πολωνία: Τα φυτά «Vernal» F1, «Epic» F1 και «Avan» F1 απέδωσαν 19-24 τόνους/ εκτάρια, ενώ η «Κλασική» F1 και τα φυτά 'Black Beauty' απέδωσαν το μισό. Σε άλλη έρευνα (Adamczewska, Sowińska & Kłóta, 2010), οι εμπορεύσιμες αποδόσεις των μελιτζανιών που καλλιεργούνται στο χωράφι έπεσαν σε εύρος 8-18 τόνων/εκτάριο. Σύμφωνα με τους Donzella και τους συνεργάτες του (2000), η χρήση καλλιεργειών παρθενοκαρπικής μελιτζάνας (π.χ., «Talina», «Galine») είναι μια καλή οικονομικά αποδοτική λύση για τη βελτίωση του καρπού και της ανάπτυξης υπό περιβαλλοντικές συνθήκες μη ευνοϊκές για επικονίαση. Τα πλεονεκτήματα της παρθενοκαρπίας περιλαμβάνουν αποτελεσματική, εμπορεύσιμη παραγωγή φρούτων σε αντίξοες θερμοκρασίες. εξοικονόμηση ενέργειας, φυτοορμόνες και κόστος εργασίας κατά τη διάρκεια εκτός εποχής και ανοιχτού καλλιεργήματος και βελτίωση της ποιότητας. Επιπλέον, χωρίς σπόρους έχουν αναλώσιμη σάρκα μεγαλύτερη σε μάζα από αυτή των σπόρων, επομένως είναι πιο ελκυστικά για τους καταναλωτές. Ωστόσο, η χρησιμότητα φυσικών παρθενοκαρπικών ποικιλιών στην καλλιέργεια σε εύκρατο κλίμα χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση (Acciari et al., 2002).

Μια καλλιέργεια μελιτζάνας ξεκινά συνήθως με την καλλιέργεια δενδρυλλίων σε κυψελιδικά δοχεία πολυστυρολίου σε θερμοκήπια γεμάτα τύρφη. Αυτά τα σπορόφυτα μεταφυτεύονται στη συνέχεια στο χωράφι. Η βέλτιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων είναι 24-29 ° C και η χρήση κυψελιδικών δοχείων πολλών δοχείων επιτρέπει τόσο τη μηχανοποίηση των φυτωρίων όσο και τη διατήρηση της ακεραιότητας των ριζών κατά τη μεταμόσχευση σπορόφυτων στο χωράφι (Chen et al., 2002). Το στάδιο σπορόφυτων είναι μια κρίσιμη θεώρηση στην αλυσίδα παραγωγής λαχανικών και η ποιότητα και το σφρίγος των δενδρυλλίων είναι θεμελιώδεις προϋποθέσεις για τη μελλοντική απόδοση των φυτών. Τα σπορόφυτα μελιτζάνας που διατίθενται στο εμπόριο πρέπει να είναι γενετικά και μορφολογικά ομοιόμορφα, οπτικά ελκυστικά και υγιή, με υψηλό φυσιολογικό δυναμικό και αντοχή σε στρεσογόνες συνθήκες αποθήκευσης, μεταφοράς και μεταμόσχευσης (Costa et al., 2013). Ωστόσο, η παραγωγή σπορόφυτων μεγάλης κλίμακας απαιτεί βραχυπρόθεσμη αποθήκευση για να διατηρηθεί η ποιότητα που απαιτείται για τη συνέχεια του εφοδιασμού. Όσον αφορά την καλύτερη προσαρμογή σε στρεσογόνες συνθήκες πεδίου, ο DeGraziak και οι συνεργάτες του (2008) πρότεινε μείωση της αζωτούχου λίπανσης, ο Bozokalfa (2008) πρότεινε άρδευση με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, οι Faltenovich και Welbaum (2008)

πρότειναν τη χρήση μηχανικής καταπόνησης και ο Sękaraka και οι συνεργάτες (2015) τη θεραπεία των βλαστημένων σπορόφυτων μελιτζάνας με διάφορα αβιοτικά στρεσογόνα παράγοντα προκειμένου να προκληθεί μνήμη στρες, βελτιώνοντας την ανοχή χαμηλής θερμοκρασίας.

Οι μελιτζάνες χρειάζονται μια μακρά καλλιεργητική περίοδο περίπου 120 ημερών για την επιτυχή παραγωγή (Chenetal., 2002). Όπως και στην εύκρατη κλιματική ζώνη, η ευνοϊκή περίοδος για την ανάπτυξη μελιτζάνας στο πεδίο είναι σύντομη, η παραγωγή δενδρυλλίων στα φυτώρια του θερμοκηπίου θα πρέπει να ξεκινήσει μέχρι το τέλος Φεβρουαρίου/αρχές Μαρτίου προκειμένου να παραταθεί ο κύκλος της καλλιέργειας. Τα βύσματα σπορόφυτων προχωρημένης ηλικίας (9-10 εβδομάδες μετά τη σπορά) πρέπει να τοποθετηθούν στο χωράφι μετά τον τελευταίο παγετό (περίπου 15 Μαΐου) για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ζημιάς από παγετό που συμβαίνει κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία  $-0,1^{\circ}\text{C}$ . Αυτός ο χρόνος παραγωγής περιγράφεται ότι συμβάλλει στη σημαντική αύξηση της απόδοσης, επειδή τα φυτά εισήλθαν πιο γρήγορα στη φάση παραγωγής και η περίοδος καρποφορίας ήταν αρκετά μεγάλη για να αποκτήσει πρώιμες και υψηλές αποδόσεις. Η τυπική προσαρμογή σε στρεσογόνες εξωτερικές συνθήκες, που επιτυγχάνεται με την υποβολή των σπορόφυτων σε μια διαδικασία σκλήρυνσης, είναι αρκετή για να μετριάσει τις αρνητικές επιπτώσεις της χαμηλής θερμοκρασίας μετά τη μεταφύτευση στο χωράφι. Η διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας περιορίζεται από τον πρώτο φθινοπωρινό παγετό αέρα, αν και οι τελικοί καρποί συλλέγονται στις αρχές Οκτωβρίου λόγω της καθυστέρησης ωριμότητας που προκαλείται από τη μείωση της φωτοπερίοδου και της θερμοκρασίας (Sękarakaetal., 2015).

Μερικές κοινές γεωργικές πρακτικές έχουν προταθεί για τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών για τις μελιτζάνες που καλλιεργούνται στο χωράφι. Η χρήση γλυκού καλαμποκιού ως φράγμα ανέμου για να προστατέψει τα χωράφια μελιτζάνας οδήγησε σε αλλαγές θερμοκρασίας και υγρασίας. αν και η μέση θερμοκρασία δεν αυξήθηκε, οι ημερήσιες και νυχτερινές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μειώθηκαν. Επιπλέον, τέτοιες κλιματικές τροποποιήσεις οδήγησαν σε καλύτερη πρόβλεψη είτε της ανθοφορίας είτε της φάσης καρποφορίας και, κατά συνέπεια, της συγκομιδής των μούρων (Carusoetal., 2017). Οι Adamczewska-Sowińska και Kołota (2010) αξιολόγησαν τη δυνατότητα καλλιέργειας μελιτζάνας σε συνθήκες αγρού στη νοτιοδυτική Πολωνία με τη χρήση ζωντανών και συνθετικών πολτών: το μαύρο φύλλο έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, αλλά το λευκό τριφύλλι με τη μελιτζάνα οδήγησε επίσης σε σημαντικά αυξημένη απόδοση σε σύγκριση με τους ελέγχους.

Η μελιτζάνα επίσης χαρακτηρίζεται από έντονη βλαστική ανάπτυξη. Έτσι, η συνιστώμενη απόσταση στην καλλιέργεια χωραφιού είναι δύο φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο για μη κλαδεμένα φυτά. Το κλάδεμα και το ποντάρισμα δεν εφαρμόζονται για τη διαχείριση της ανάπτυξης των φυτών στην Πολωνία, αν και συνήθως εφαρμόζονται για φυτά κάτω από σήραγγες και θερμοκήπια. Το κλάδεμα ενισχύει είτε το χρώμα είτε την ποιότητα των φρούτων και συνήθως διατηρούνται 3-4 κλαδιά ανά φυτό. Ο



Buczowska (2010) απέδειξε τη θετική επίδραση του κλαδέματος μελιτζάνας που αφήνει 2-4 κλαδιά ανά φυτό στην ποσότητα και την πρόωρη απόδοση. Εντούτοις, η μονή επικάλυψη που πραγματοποιήθηκε μετά την πρώτη συγκομιδή δεν επηρέασε την εμπορεύσιμη απόδοση κάτω από μη θερμαινόμενες σήραγγες. Επιπλέον, οι Michałojć και Buczowska (2012) ανέφεραν ότι η βελτίωση των συνθηκών φωτισμού στο προφίλ των φυτών με το κλάδεμα αύξησε το περιεχόμενο φωσφόρου και ασβεστίου στα φύλλα της μελιτζάνας.

Η ανάπτυξη της μελιτζάνας επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, ιδίως αυτή του αζώτου και του φωσφόρου. Τα ποσοστά λιπάσματος εξαρτώνται κυρίως από τη γονιμότητα και τον τύπο του εδάφους καθώς και από τις απαιτήσεις των φυτών, και από αυτή την άποψη συνιστάται έντονα η ανάλυση του εδάφους. Σε αμμώδη αργιλώδη εδάφη στο Ασιατικό Κέντρο Έρευνας και Ανάπτυξης Λαχανικών, τα τυπικά ποσοστά λιπάσματος για μελιτζάνα είναι 170 kg/ha αζώτου, 70 kg/ha πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) και 180 kg/ha οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ). Η καλλιέργεια έδειξε διαφορετικές αντιδράσεις σε εφαρμογές λιπάσματος 75-300 kg/ha αζώτου, 30-224 kg/ha φωσφόρου και έως 80 kg/ha κάλιο, ανάλογα με τις αγροκλιματικές συνθήκες (Chenetal., 2002 ).

Ο Prabhukai οι συνεργάτες του (2006) μελέτησε τις επιδράσεις των διαφορετικών ποσοστών εφαρμογής αζώτου και φωσφόρου στην καλλιέργεια μελιτζάνας και διαπίστωσε ότι η απόδοση της καλλιέργειας ανά εκτάριο αυξήθηκε σημαντικά αυξάνοντας τις δόσεις αζώτου και φωσφόρου σε 200 και 100 kg/ha αζώτου και φωσφόρου, αντίστοιχα. Οι Adamczewska-Sowińska και Krygier (2008) διαπίστωσαν ότι η χημική σύνθεση των φρούτων μελιτζάνας δεν εξαρτάται από τη μέθοδο λίπανσης με άζωτο. Επίσης, η επιπλέον λίπανση με άζωτο προκάλεσε τροποποιήσεις της αναλογίας βλαστών/ριζών, διαταραχές της επαγωγής μυκορριζικών εδαφών, μειώσεις στη δραστηριότητα των ριζών, θρεπτικές ανισορροπίες και καθυστερήσεις στην ανθοφορία. Αυτή η μελέτη έδειξε επίσης ότι η εφαρμογή χαμηλών ποσοτήτων αζώτου (50-100 kg/εκτάριο) συνιστάται για την παραγωγή μελιτζάνας και πρέπει να εφαρμόζεται από τους καλλιεργητές.

Σύμφωνα με τους Kamili, Zargarkai Chattoo(2002), η εφαρμογή μικροβιακών εμβολιασμών *Azotobacter* και *Azospirillum* μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα 25% εξοικονόμηση χημικού αζώτου χωρίς να επηρεάζει την απόδοση της μελιτζάνας. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής θείου στην αύξηση της πρόσληψης μακρο και μικροθρεπτικών συστατικών, της ανάπτυξης των φυτών και της συνολικής απόδοσης των καρπών υπογραμμίστηκε από τον Abdel Mouty και τους συνεργάτες του (2011). Με βάση τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, και ανάλογα με τις γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, συνιστάται να ακολουθούνται οι κατάλληλες οδηγίες λιπασμάτων με υψηλή απόδοση F1 υβρίδια. Η κοπριά, οι βιολιπασμοί, τα μικροθρεπτικά συστατικά και τα βιοδιεγερτικά έχουν αναφερθεί ότι βελτιώνουν την παραγωγικότητα της μελιτζάνας.

Αξιοσημείωτο είναι ότι τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές αξιολογήσεις σχετικά με την ανάπτυξη, την απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών, όπως επηρεάζονται

από βιοδιεγέρτες, με τα τελευταία να παρουσιάζουν φιλικά προς το περιβάλλον χαρακτηριστικά που ταιριάζουν καλά με τη βιώσιμη και οικολογική γεωργία. Οι Majkowska-Gadomska και Wierzbicka (2013) ανέφεραν ότι η εφαρμογή του συνθετικού βιοδιεγερτικού AsahiSL μείωσε σημαντικά το συνολικό άζωτο αλλά αύξησε την περιεκτικότητα σε κάλιο και χαλκό σε δύο ποικιλίες μελιτζάνας στη βόρεια Πολωνία. Λόγω της εντατικής ανάπτυξης της βιοδιεγερτικής αγοράς και της χρησιμοποίησης βιοδιεγερτικών στην κηπουρική, τέτοιες τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν επιτυχώς και σε μελιτζάνες που καλλιεργούνται σε ανοιχτό πεδίο, προκειμένου να βελτιωθεί η βιωσιμότητα και το στρες των φυτών.

Η μελιτζάνα αναπτύσσεται αργά και δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τα επιθετικά ζιζάνια. Είναι επίσης ευαίσθητη σε επιβλαβή έντομα και ασθένειες. Η αποτελεσματικότητα του χημικού ελέγχου των ζιζανίων ποικίλλει, κυρίως ανάλογα με τα είδη ζιζανίων που υπάρχουν, τον τύπο του εδάφους και τις θερμοκρασίες του αέρα και του εδάφους κατά την εφαρμογή (Chenetal., 2002). Οι ασθένειες και τα παράσιτα της μελιτζάνας περιγράφονται λεπτομερώς από τον Daunay (2008). Στην εύκρατη κλιματική ζώνη, η μελιτζάνα μολύνεται από διάφορες ασθένειες.

Υπάρχουν πολλές αναφορές για σύγχρονες, οικολογικά φιλικές τεχνικές για την καταπολέμηση ασθενειών και παρασίτων, οι οποίες μπορούν να προταθούν για καλλιέργεια μελιτζάνας σε εύκρατα κλίματα ως εναλλακτική ή συμπληρωματική του χημικού ελέγχου. Οι κύριες προτεινόμενες μέθοδοι διαχείρισης κατά των μαρασμών περιλαμβάνουν την εναλλαγή καλλιεργειών, τις ανθεκτικές ποικιλίες, την ηλιακή ακτινοβολία, τη χημική απολύμανση του εδάφους και τα μυκητοκτόνα (Yuceletal., 2007). Η εφαρμογή επιλεγμένων τροποποιήσεων εδάφους (δηλ. απορρίμματα πουλερικών, σκόνη κοκοφοίνικα, τέφρα, πριονίδι) θα μπορούσε να είναι μια φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση και η χρήση τους μπορεί να συνιστάται στους αγρότες τόσο για την πρόληψη των ασθενειών όσο και για τη μεγιστοποίηση την κερδοφορία της παραγωγής μελιτζάνας (Faruqetal., 2014).

Η αυξημένη αντίσταση της μελιτζάνας στα παθογόνα επιτυγχάνεται τυπικά με το μόσχευμα, το οποίο πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά εμπορικά στη δεκαετία του 1950 στην Ιαπωνία (Kubotaetal., 2008). Τα μοσχεύματα αντιπροσωπεύουν το 65% και το 75% της συνολικής παραγωγής μελιτζάνας στη Γαλλία και τις Κάτω Χώρες, αντίστοιχα (Leeetal., 2010). Επίσης, ο Moncada και οι συνεργάτες του (2013) ανέφεραν ότι ο εμβολιασμός στο *Solanum torvum* βελτίωσε το χρώμα του καρπού σε τέσσερις ποικιλίες μελιτζάνας αλλά μείωσε το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο.

Υπάρχουν αντικρουόμενες αναφορές σχετικά με την επίδραση του εμβολιασμού σε διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με την ευαισθησία, την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών στο στρες. Σύμφωνα με τους Fallik και aIllic (2014), οι συνδυασμοί πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά για συγκεκριμένες κλιματολογικές και γεωγραφικές συνθήκες. Τα εμπορικά διαθέσιμα υποκείμενα έχουν επιλεγεί ειδικά για αντοχή και σθένος στις ασθένειες, επομένως χρειάζονται προγράμματα αναπαραγωγής προκειμένου να εντοπιστούν κατάλληλοι συνδυασμοί που έχουν ως αποτέλεσμα υψηλές ιδιότητες ποιότητας φρούτων υπό διάφορες συνθήκες καλλιέργειας.

Οι καρποί της μελιτζάνας μπορούν να συγκομιστούν σε μια σειρά ανώριμων σταδίων πριν από την πλήρη ανάπτυξη των σπόρων, ανάλογα με τις απαιτήσεις της αγοράς. Στα παραδοσιακά κανάλια διανομής, τα φρούτα συλλέγονται κυρίως σε ενδιάμεσες αναπτυξιακές φάσεις και οι μελιτζάνες έχουν όλο και μεγαλύτερη ζήτηση από τους καταναλωτές. Ανεξάρτητα από την αναπτυξιακή φάση, οι καρποί της μελιτζάνας έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Συνεπώς, η ανάπτυξη μεθόδων παραγωγής πρέπει να προσαρμοστεί στις τοπικές αγορές. Όσον αφορά τη διαχείριση καρποφορίας, η καθυστερημένη συγκομιδή αυξάνει την απόδοση οδηγώντας σε μαλακά φρούτα που εμφανίζουν χαμηλότερο ρυθμό αναπνοής αλλά διατηρούν την ποιότητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα όταν αποθηκεύονται στους 10 ° C. Η σύντομη διάρκεια ζωής των φρούτων και η ευαισθησία στη μεταφορά περιορίζουν τη χρήση μελιτζάνας για τη μεταποιητική βιομηχανία και μειώνουν την ελκυστικότητα των φρούτων στις αγορές νωπών λαχανικών (Zargoetal., 2014).

### 3.2 Οικονομικά στοιχεία της θερμοκηπιακής παραγωγής μελιτζάνας σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (2016), η μελιτζάνα καταλαμβάνει την τρίτη θέση των πιο σημαντικών καλλιεργειών κηπευτικών της οικογένειας Solanaceae σε παγκόσμιο επίπεδο (η πρώτη θέση ανήκει στην πατάτα και η δεύτερη στην τομάτα). Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί καταγράφονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, η παραγωγή και η απόδοση της καλλιέργειας της μελιτζάνας για το έτος 2013 σε παγκόσμιο επίπεδο (FAO, 2013).

**Πίνακας 1:** Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας/ήπειρο για το έτος 2013 (FAO, 2016)

	Έκταση (στρ)	Παραγωγή (ton)	Απόδοση (ton/στρ.)
Αφρική	834530	1773373	2,12
Αμερική	114020	255531	2,24
Ασία	17395070	46614794	2,68
Ευρώπη	363500	847333	2,33
Ωκεανία	6700	4031	0,60
Παγκοσμίως	18713820	49495062	2,64

Επιπλέον, σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 2 (FAO, 2013), η Κίνα έρχεται πρώτη σε κατάταξη στην παραγωγή μελιτζάνας. Την δεύτερη και Τρίτη θέση καταλαμβάνουν η Ινδία και Ινδονησία αντίστοιχα ενώ ακολουθούν η Αίγυπτος και το Ιράν. Βάσει ωστόσο των αποδόσεων, η κατάταξη είναι διαφορετική. Έτσι, η Ολλανδία καταλαμβάνει την πρώτη θέση στις ευρωπαϊκές χώρες από άποψη απόδοσης, το Βέλγιο την δεύτερη θέση και η Κύπρος την Τρίτη. Να σημειωθεί εδώ, πως τόσο στην Ολλανδία όσο στο Βέλγιο και την Αυστρία, η μελιτζάνα καλλιεργείται μόνο σε θερμοκήπια.

**Πίνακας 2:** Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας/χώρα για το έτος 2013 (FAO, 2016)

Κατάταξη	Έκταση	Παραγωγή	Απόδοση
1	Κίνα	Κίνα	Ολλανδία
2	Ινδία	Ινδία	Βέλγιο
3	Ινδονησία	Ιράν	Κύπρος
4	Αίγυπτος	Αίγυπτος	Αυστρία
5	Ιράν	Τουρκία	Μεξικό
6	Τουρκία	Ιράκ	Ισραήλ
7	Ιράκ	Ινδονησία	Παλαιστίνη
8	Φιλιππίνες	Ιαπωνία	Ισπανία
9	Σρι Λάνκα	Ιταλία	Κουβέιτ
10	Ακτή Ελεφαντοστού	Φιλιππίνες	Μπαχρέιν

### 3.2.1 Η θέση της μελιτζάνας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας, σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 3 (FAO, 2016), οι καλλιεργούμενες εκτάσεις μειώθηκαν το 2013 σε σχέση με το έτος 2009, αλλά η αντίστοιχη απόδοση για τις εξεταζόμενες χρονιές αυξήθηκε. Η Ελλάδα επίσης, το 2013, κατατάσσεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο στην Πέμπτη θέση όσον αφορά την παραγωγή και την καλλιεργούμενη έκταση μελιτζάνας, ενώ καταλαμβάνει την έκτη θέση αναφορικά με την απόδοση της μελιτζάνας (FAO, 2016).

**Πίνακας 3:** Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση της μελιτζάνας στην Ελλάδα χώρα για το έτη 2009- 2013 (FAO, 2016)

Έτος	Έκταση (στρ)	Παραγωγή (ton)	Απόδοση (ton/στρ.)
2009	30980	67190	2,17
2010	26000	70900	2,73
2011	25000	78000	3,12
2012	22000	73000	3,32
2013	23000	71400	3,10

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει την 30<sup>η</sup> θέση σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τη 27<sup>η</sup> σε παραγωγή και την 18<sup>η</sup> σε απόδοση καλλιέργειας της μελιτζάνας (FAO, 2016).

## 4. Θερμοκηπιακές καλλιέργειες

### 4.1 Έλεγχος παρασίτων

Η προστασία των καλλιεργειών στα ευρωπαϊκά θερμοκήπια έγινε έντονα χημικά προσανατολισμένη λίγο μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο τη δεκαετία του 1950. Αλλά ένα εξαιρετικό κλίμα για γρήγορη αναπαραγωγή παρασίτων και ασθενειών απαιτούσε υψηλές συχνότητες ψεκασμού και, ως εκ τούτου, οδήγησε σε γρήγορη ανάπτυξη αντοχής στα φυτοφάρμακα. Αυτό ξεκίνησε την αναζήτηση εναλλακτικών χημικών φυτοφαρμάκων. Οι πρώτοι φυσικοί εχθροί για τον έλεγχο των παρασίτων στα ευρωπαϊκά λαχανικά θερμοκηπίου έγιναν διαθέσιμοι τη δεκαετία του 1960. Η αλλαγή από χημικό έλεγχο σε πολύ προηγμένα προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (IPM) πραγματοποιήθηκε σε χρονικό διάστημα περίπου 20 ετών. Πλέον, οι καλλιεργητές παγκοσμίως εισάγουν σε ετήσια βάση εκατομμύρια φυσικούς εχθρούς για τον έλεγχο των παρασίτων. Περίπου 100 είδη ευεργετικών

οργανισμών διατίθενται στο εμπόριο για τον έλεγχο όλων των σημαντικών παρασίτων εντόμων και ακάρεων (vanLenteren, 2000).

Στις κύριες καλλιέργειες λαχανικών στη βόρεια Ευρώπη, τα περισσότερα αν όχι όλα τα προβλήματα εντόμων μπορούν τώρα να επιλυθούν χωρίς τη χρήση εντομοκτόνων. Η αλλαγή στην ολοκληρωμένη διαχείριση επιβλαβών οργανισμών (IPM) δεν βασίστηκε στην ιδέα για ένα καθαρότερο ή υγιέστερο περιβάλλον, αλλά βασίστηκε σε σαφή πλεονεκτήματα για τον καλλιεργητή. Η ανάπτυξη του βιολογικού ελέγχου ασθενειών έχει γνωρίσει από το 2000 τις πρώτες πρακτικές επιτυχίες. Οι δραστηριότητες στην έρευνα αναπαραγωγής λαχανικών έχουν στόχο (1) στο συνδυασμό πτυχών της αντίστασης των φυτών ξενιστών με τον βιολογικό έλεγχο, (2) στην επιλογή φυτικών ποικιλιών που είναι σε θέση να προσελκύσουν φυσικούς εχθρούς μετά την επίθεσή τους από οργανισμούς επιβλαβών οργανισμών και (3) στην επιλογή ποικιλιών που παράγουν ένα καλύτερο «περιβάλλον εργασίας» για παράγοντες βιολογικού ελέγχου.

Λόγω των ειδικών πλεονεκτημάτων του βιολογικού ελέγχου για τους καλλιεργητές, οι καλλιέργειες θερμοκηπίου θα παραχθούν χωρίς την ανάγκη χρήσης συμβατικών φυτοφαρμάκων στο εγγύς μέλλον. Ταυτόχρονα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα καθαρότερο περιβάλλον, την ικανοποίηση της ζήτησης των καταναλωτών για τρόφιμα χωρίς φυτοφάρμακα και τη βιώσιμη προστασία των καλλιεργειών.

Ο βιολογικός έλεγχος είναι αξιόπιστη μέθοδος προστασίας των καλλιεργειών και είναι οικονομικά κερδοφόρα προσπάθεια για τους καλλιεργητές θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Η γρήγορη αξιολόγηση και εισαγωγή ορισμένων φυσικών εχθρών σε καταστάσεις όπου ο χημικός έλεγχος ήταν ανεπαρκής, αδύνατος ή ανεπιθύμητος, δίδαξε τους καλλιεργητές και τους ειδικούς προστασίας των καλλιεργειών ότι ο βιολογικός έλεγχος, στα προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών IPM, είναι μια ισχυρή επιλογή στον έλεγχο των παρασίτων (vanLenteren, 2000).

Λίγοι ειδικοί στον βιολογικό έλεγχο προέβλεπαν ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν φυσικούς εχθρούς στα θερμοκήπια, επειδή η καλλιέργεια λαχανικών σε αυτήν την προστατευόμενη κατάσταση είναι πολύ δαπανηρή και οι ζημιές από παράσιτα δεν είναι ανεκτές. Αυτό σημαίνει ότι οι συνήθως καλά εκπαιδευμένοι καλλιεργητές θερμοκηπίου δεν θα διατρέχουν τον κίνδυνο οποιασδήποτε ζημιάς από έντομα, μόνο για ιδεολογικούς λόγους, όπως μειωμένες περιβαλλοντικές παρενέργειες σε σύγκριση με τον χημικό έλεγχο. Εάν ο χημικός έλεγχος λειτουργεί καλύτερα, σίγουρα θα το χρησιμοποιήσουν.

Ωστόσο, παρά τον σοβαρό περιορισμό ότι ο χημικός έλεγχος είναι σχετικά απλός και φθηνός, η υιοθέτηση βιολογικού ελέγχου ήταν εξαιρετικά γρήγορη στα θερμοκήπια πρώτα στη βορειοδυτική Ευρώπη και αργότερα σε άλλες περιοχές θερμοκηπίου (Parrella et al., 1999). Οι καλλιεργητές βλέπουν τώρα σαφώς τα συγκεκριμένα πλεονεκτήματα του βιολογικού ελέγχου στα θερμοκήπια. Παραδείγματα εμπορικά εφαρμοσμένων προγραμμάτων για βιολογικό και ολοκληρωμένο έλεγχο παρασίτων

και ασθενειών σε λαχανικά μπορούν να βρεθούν στους Parrella και συν. (1999). Ο κύριος λόγος για τη χρήση μεθόδων βιολογικού ελέγχου στη δεκαετία του 1960 ήταν η εμφάνιση αντοχής στα φυτοφάρμακα σε αρκετά βασικά παράσιτα στα θερμοκήπια. Στις μέρες μας, άλλα σημαντικά ερεθίσματα περιλαμβάνουν απαιτήσεις από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και καταναλωτές που απαιτούν παραγωγή τροφίμων χωρίς υπολείμματα.

Τα θερμοκήπια προσφέρουν μια εξαιρετική ευκαιρία να καλλιεργηθούν προϊόντα υψηλής ποιότητας σε μεγάλες ποσότητες σε μια μικρή επιφάνεια. Για παράδειγμα, στις Κάτω Χώρες μόνο το 0,5% της έκτασης που χρησιμοποιείται για τη γεωργία καλύπτεται από θερμοκήπια. Σε αυτή τη μικρή έκταση 10.000 εκταρίων, πραγματοποιείται περίπου το 20% της συνολικής αξίας της αγροτικής παραγωγής.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, πραγματοποιείται μια συνεχής αναζήτηση και αξιολόγηση φυσικών εχθρών (παρασιτοειδών, αρπακτικών και παθογόνων παραγόντων) εντόμων και ακάρεων, είτε για να βελτιωθεί ο έλεγχος των παρασίτων είτε για να αναπτυχθεί ο έλεγχος νέων παρασίτων. Τα πιο σοβαρά προβλήματα επιβλαβών οργανισμών προκαλούνται από τα είδη θρίπα, από τις λευκές μύγες *Bemisia* και από διάφορα είδη αφίδων (van Lenteren, 2000b).

Για τον έλεγχο των παρασίτων θρίπα, οι καλλιεργητές είτε αναγκάζονται να εφαρμόσουν εντατικά χημικά φυτοφάρμακα ευρέως φάσματος που ανατρέπουν τα εμπορικά επιτυχημένα προγράμματα IPM του θερμοκηπίου, είτε να χρησιμοποιούν βιολογικό έλεγχο. Ο χημικός έλεγχος των θριπών αποδεικνύεται συχνά εξαιρετικά δύσκολος και δαπανηρός. Παρόλο που είναι γνωστή μια μεγάλη ποικιλία αρπακτικών (ανθοκορίδες, θρίπες και ακάρεα), εντομοπαθογόνοι μύκητες, θρίπες που προσβάλλουν νηματώδη και παρασιτοειδή, τα φθηνά και αποτελεσματικά προγράμματα βιολογικού ελέγχου για θρίπες είναι ακόμα σπάνια (Parrella et al., 1999)

Οι παθογόνοι μύκητες μπορεί να είναι χρήσιμοι ως πρόσθετοι παράγοντες ελέγχου. Τα παρασιτοειδή, αν και οι μόνοι φυσικοί εχθροί των θριπών, δεν έχουν δείξει πολλές δυνατότητες ελέγχου μέχρι σήμερα. Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για τη βελτίωση του βιολογικού ελέγχου των θριπών είναι το ανοικτό σύστημα εκτροφής των εκφυλισμένων *Amblyseius* σε φυτά *Ricinus communis* σε γλάστρες, που φέρουν γύρη. Αυτά τα «φυτά τραπεζίτης» μπορούν να τοποθετηθούν στο θερμοκήπιο (π.χ. γλυκό πιπέρι ή τριαντάφυλλα) για να δημιουργηθούν πρώιμες αποικίες του αρπακτικού σε μια καλλιέργεια που δεν έχει ακόμη γύρη (Parrella et al., 1999)

Οι αφίδες πάντα δημιουργούσαν επιπλοκές στη IPM, καθώς ο πληθυσμός τους μπορεί να αναπτυχθεί τόσο γρήγορα που η εισαγωγή φυσικών εχθρών είναι συχνά πολύ αργή. Πολλά γένη αντιπροσωπεύονται σε θερμοκήπια, το καθένα απαιτώντας ένα συγκεκριμένο σύνολο φυσικών εχθρών για σωστό βιολογικό έλεγχο. Παρά τις πολυάριθμες μελέτες για αφιδοφάγα έντομα (παρασιτοειδή και αρπακτικά) και παθογόνους μύκητες, μόνο λίγα είδη έχουν δείξει δυνατότητες σε θερμοκήπια σε μεγάλη κλίμακα επειδή λίγοι φυσικοί εχθροί έχουν τη δυνατότητα να ταιριάζουν με τους ρυθμούς αναπαραγωγής και ανάπτυξης των αφιδών. Η καλύτερη μέθοδος για να

αποτραπούν οι πληθυσμοί των αφίδων να ξεφύγουν από τον έλεγχο είναι η εισαγωγή των φυσικών εχθρών στο θερμοκήπιο ακόμη και πριν ανακαλυφθούν οι αφίδες. Αυτό μπορεί να γίνει με έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο, εισάγοντας μονάδες ανοικτής εκτροφής στο θερμοκήπιο που αποτελούνται από φυτά σίτου με αφίδες σίτου (που δεν μπορούν να ζήσουν στην καλλιέργεια του θερμοκηπίου) και αρπακτικά ή παρασιτοειδή (van Lenteren, 2000).

Εδώ και είκοσι χρόνια, πραγματοποιήθηκε έντονα αυξημένη δραστηριότητα στον τομέα της αναπαραγωγής αντοχής σε παράσιτα και ασθένειες για καλλιέργειες θερμοκηπίου. Περίπου το 30% όλων των δραστηριοτήτων αναπαραγωγής σημαντικών εταιρειών εκτροφής θερμοκηπίου δαπανάται για αναπαραγωγή αντίστασης. Επιπλέον, η μερική αντίσταση μπορεί συχνά (αλλά όχι πάντα) να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με βιολογικό έλεγχο για να επιτευχθεί ένα επαρκές αποτέλεσμα ελέγχου. Επιπλέον, οι καλλιεργητές και οι ερευνητές βιολογικού ελέγχου ένωσαν τις δυνάμεις τους για να αναπτύξουν φυτικές ποικιλίες, οι οποίες βοηθούν τους φυσικούς εχθρούς να αποδίδουν καλύτερα (Krips et al., 1999).

#### 4.2 Το περιβάλλον του θερμοκηπίου

Τα θερμοκήπια είναι απλά καλυμμένες κατασκευές στις οποίες καλλιεργούνται φυτά. Αρχικά και για εκατοντάδες χρόνια, δημιουργήθηκαν θερμοκήπια για την παραγωγή λουλουδιών και λαχανικών εκτός εποχής. Σε ψυχρότερα εύκρατα κλίματα, τα θερμοκήπια εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται κυρίως για αυτόν τον σκοπό αλλά και για την παραγωγή προϊόντων υψηλότερης ποιότητας. Στα νότια εύκρατα, υποτροπικά και τροπικά κλίματα, ο πρωταρχικός σκοπός των θερμοκηπίων είναι η προστασία των φυτών και η πρόληψη της μετανάστευσης παρασίτων. Αυτές οι κατασκευές κυμαίνονται από πολύ απλή θέρμανση έως ελεγχόμενα από υπολογιστή ανοίγματα τοίχου και στέγης, φωτισμό, άρδευση και θέρμανση. Τα εμπορικά θερμοκήπια κατασκευάζονται από μια ποικιλία δομικών υλικών και υλικών επένδυσης και σε μεγέθη που περικλείουν σχετικά λίγα τετραγωνικά μέτρα έως μεγάλες κατασκευές ενός εκταρίου ή περισσότερο (Weintraubetal., 2017).

Οι συμπαγείς τοίχοι, γυαλί ή πλαστικό, είναι αποτελεσματικοί για τη διατήρηση της θερμότητας και χρησιμοποιούνται καλύτερα σε ψυχρότερα εύκρατα κλίματα. Μια ατυχής εξέλιξη στα βόρεια κλίματα με μικρή διάρκεια ημέρας ήταν η ανάπτυξη και η χρήση λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης. Ενώ αυτά τα φώτα επέκτειναν την καλλιεργητική περίοδο, επέτρεψαν επίσης στα θερμοκήπια να γίνουν θερμοί εκκολαπτήρες για μια ποικιλία παρασίτων αρθρόποδων όλο το χρόνο. Σε μια συνάντηση του Διεθνούς Οργανισμού Βιολογικού Ελέγχου στη Φινλανδία το 2005, πραγματοποιήθηκε μια ειδική συνάντηση με σκοπό να συζητηθεί πώς να αντιμετωπιστεί το *Bemisia tabaci* (*Gennadius*), ένα μεσογειακό παράσιτο σε ζεστές καιρικές συνθήκες. Ο Johansen και οι συνεργάτες του (2011, όπ. αναφ. στους Weintraubetal., 2017) έχουν εξετάσει εκτενώς την ανάπτυξη λαμπτήρων νατρίου, δίδων εκπομπής φωτός και άλλων πηγών ακτινοβολίας για επιδράσεις που

προκαλούνται από φυτά στα αρθρόποδα και πιθανές εναλλακτικές μεθόδους ελέγχου. Οι κατασκευές που καλύπτονται με δίχτυ ή σήτα επιτρέπουν καλύτερο αερισμό και ψύξη από αυτές που καλύπτονται με γυαλί ή πλαστικό. Δεδομένου ότι αυτές οι οθόνες χρησιμοποιούνται σε θερμά εύκρατα έως τροπικά κλίματα, το μέγεθος και το σχήμα της οπής του πλέγματος είναι σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη διατήρηση του αερισμού (Weintraubetal., 2017).

Σε εύκρατες ζώνες, οι διαφορές μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος μπορεί να εξηγήσουν εν μέρει την επιτυχία του βιολογικού ελέγχου στα θερμοκήπια. Τα θερμοκήπια είναι σχετικά απομονωμένες μονάδες, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της κρύας περιόδου. Πριν από την έναρξη μιας περιόδου καλλιέργειας, συνήθως κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το θερμοκήπιο μπορεί να καθαριστεί από επιβλαβείς οργανισμούς και στη συνέχεια να διατηρηθεί απαλλαγμένο από επιβλαβείς οργανισμούς για αρκετούς μήνες. Αργότερα κατά τη διάρκεια της σεζόν, η απομόνωση εμποδίζει τη μαζική μετανάστευση επιβλαβών οργανισμών. Επιπλέον, ένας περιορισμένος αριθμός επιβλαβών οργανισμών εμφανίζεται στα θερμοκήπια, λόγω απομόνωσης και επειδή δεν έχουν εισαχθεί όλα τα παράσιτα ειδικά για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια σε χώρες με θερμοκήπια (vanLenteren, 2000).

Πολλά παράσιτα του θερμοκηπίου δεν μπορούν να επιβιώσουν στο χωράφι το χειμώνα ή να αναπτυχθούν πολύ αργά. Αυτό καθιστά τον βιολογικό έλεγχο ευκολότερο επειδή πρέπει να εισαχθούν οι φυσικοί εχθροί μόνο μερικών ειδών επιβλαβών οργανισμών. Επιπλέον, καλλιέργειες ανθεκτικές σε διάφορες ασθένειες (ιοί και μύκητες) είχαν αναπτυχθεί ήδη για τις σημαντικότερες καλλιέργειες λαχανικών. Ως αποτέλεσμα, ο χημικός έλεγχος των μυκήτων (που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή θνησιμότητα φυσικών εχθρών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των παρασίτων) δεν χρειάζεται να εφαρμόζεται συχνά. Κατά τα τελευταία χρόνια, η καλλιέργεια σε αδρανή μέσα αντί στο έδαφος, έχει μειώσει σημαντικά τις ασθένειες του εδάφους. Ένας άλλος παράγοντας που διευκολύνει την εφαρμογή του βιολογικού ελέγχου στις προστατευόμενες καλλιέργειες είναι ότι μπορούν να οργανωθούν πολιτιστικά μέτρα και προγράμματα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών για κάθε ξεχωριστή μονάδα θερμοκηπίου (vanLenteren, 2000).

Από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος των παρασίτων περιπλέκεται από την καλλιέργεια σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και από τη συνεχή θέρμανση κατά τη διάρκεια κρύων περιόδων. Αυτές οι συνθήκες παρέχουν εξαιρετικές ευκαιρίες για την επιβίωση και ανάπτυξη ενός παρασίτου ή ασθένειας μόλις εισβάλει στο θερμοκήπιο. Ως αποτέλεσμα, τα ποσοστά αύξησης του πληθυσμού είναι συχνά πολύ υψηλότερα από ό, τι στο πεδίο. Ωστόσο, αυτές οι επιπλοκές δεν δημιουργούν ειδικά προβλήματα για τον βιολογικό έλεγχο. Το κλίμα του θερμοκηπίου διαχειρίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές και αυτό καθιστά την πρόβλεψη της ανάπτυξης του πληθυσμού των παρασίτων και των φυσικών εχθρών ευκολότερη και πιο αξιόπιστη από ό, τι σε καταστάσεις πεδίου. Η στιγμή της εισαγωγής των φυσικών εχθρών και ο συνολικός αριθμός τους που θα εισαχθεί ανά διαστήματα μπορούν να ρυθμιστούν, με αποτέλεσμα τον οικονομικό έλεγχο καθ' όλη τη διάρκεια της σεζόν.



Σε θερμά κλίματα, η κατάσταση είναι πιο περίπλοκη. Στη Μεσόγειο για παράδειγμα, τα πλαίσια του θερμοκηπίου είναι συχνά κατασκευασμένα από ξύλο, τα οποία φιλοξενούν παράσιτα και ασθένειες και είναι πολύ δύσκολο να καθαριστούν. Οι καλλιεργητές σε ημι-τροπικές και τροπικές περιοχές είναι συχνά λιγότερο εξειδικευμένοι από εκείνους των εύκρατων ζωνών, καλλιεργούν μια ποικιλία καλλιεργειών σε μια εκμετάλλευση, ενώ ταυτόχρονα μερικές από τις καλλιέργειες μπορεί επίσης να υπάρχουν στο χωράφι. Οι περισσότερες καλλιέργειες καλλιεργούνται στο έδαφος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα νηματωδών και μυκήτων. Συχνά, λίγη προσοχή δίνεται στην υγιεινή της φάρμας. Ο κλιματικός έλεγχος περιορίζεται στο άνοιγμα και το κλείσιμο του θερμοκηπίου, τη χρήση σκιών ή τη λεύκανση του πλαστικού. Το ήπιο κλίμα έξω επιτρέπει στα παράσιτα να αναπτύσσονται όλο το χρόνο και, ως εκ τούτου, η παρουσία των παρασίτων είναι έντονη. Ο εξαερισμός οδηγεί σε συνεχή μετανάστευση οργανισμών μέσα και έξω από το θερμοκήπιο. Το φάσμα των παρασίτων και των ασθενειών είναι πολύ ευρύτερο. Από την άλλη πλευρά, πολλοί φυσικοί εχθροί που εμφανίζονται στο πεδίο μπορούν να εισβάλουν στο θερμοκήπιο και να ασκήσουν φυσικό έλεγχο δωρεάν (Albajes et al., 1999).

#### **4.3 Ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών στα θερμοκήπια**

Είναι ευρέως γνωστό πως η έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών και Ασθενειών ήταν ή θα είναι επιτυχής στη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων. Όπως προαναφέρθηκε, η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών αναφέρεται σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή και χρήση τακτικών ελέγχου παρασίτων, συντονισμένο μεμονωμένα ή αρμονικά σε μια στρατηγική διαχείρισης που βασίζεται σε αναλύσεις κόστους/οφέλους που λαμβάνουν υπόψη τα συμφέροντα και τις επιπτώσεις στους παραγωγούς, την κοινωνία και το περιβάλλον (Kogan, 1998). Με άλλα λόγια, φαίνεται να αποτελεί μονόδρομο αφού στηρίζεται σε μια βιώσιμη προσέγγιση για την πρόληψη και την παρακολούθηση των καλλιεργειών, η οποία προσπαθεί να ενσωματώσει και να συνδυάσει φυσικές, χημικές και βιολογικές τεχνικές καταπολέμησης παρασίτων. Μία από τις κύριες υπογραμμίσεις της είναι η μείωση των χημικών εισροών (Devine & Furlong, 2007).

Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών (IPM) χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα σε όλες τις κύριες καλλιέργειες λαχανικών. Ένα καλό παράδειγμα προγράμματος IPM είναι αυτό για την τομάτα που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει 10 φυσικούς εχθρούς και αρκετές άλλες μεθόδους ελέγχου, όπως αντοχή σε φυτά ξενιστές και έλεγχο του κλίματος. Τα προγράμματα IPM για αγγούρι και μελιτζάνα είναι κάπως πιο περίπλοκα από αυτά για την τομάτα, κυρίως λόγω ενός πλουσιότερου φάσματος παρασίτων και ασθενειών. Μέχρι το 1980 ο βιολογικός και ολοκληρωμένος έλεγχος των παρασίτων εφαρμόστηκε σχεδόν αποκλειστικά στην τομάτα και το αγγούρι, που είναι μακράν οι μεγαλύτερες καλλιέργειες λαχανικών. Σήμερα, η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών χρησιμοποιείται σε πολλές σημαντικές καλλιέργειες λαχανικών (Albajes et al., 1999; van Lenteren, 2000).

Η βιολογική καταπολέμηση των παρασίτων των αρθροπόδων από φυσικούς εχθρούς έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε καλλιέργειες θερμοκηπίου εδώ και δεκαετίες (Pilkingtonetal., 2010). Το προστατευμένο περιβάλλον θερμοκηπιακών καλλιεργειών είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την αποτελεσματική λειτουργία εμπορικά παραγόμενων φυσικών εχθρών και, παγκοσμίως, η πλειονότητα των φυσικών εχθρικών ειδών αρθρόποδων που πωλούνται χρησιμοποιούνται για αύξηση σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες (vanLenteren, 2012). Ωστόσο, παρά την επιτυχία αυτή, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου οι φυσικοί εχθροί των αρθρόποδων δεν χρησιμοποιούνται λόγω υψηλού κόστους ή χαμηλής αποτελεσματικότητας. Οι παράγοντες βιολογικού ελέγχου που βασίζονται σε εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς (ιούς, βακτήρια, μύκητες κ.λπ.), που επίσης αναφέρονται ως μικροβιακά, συχνά προωθείται ως εναλλακτική ή εφεδρική θεραπεία όταν οι φυσικοί εχθροί των αρθρόποδων δεν είναι διαθέσιμοι ή δεν είναι επαρκώς αποτελεσματικοί (Chandleretal., 2011).

Η εφαρμογή των εντομοπαθογόνων πρέπει να είναι συμβατή με τους φυσικούς εχθρούς των αρθρόποδων που χρησιμοποιούνται στο ίδιο σύστημα βιολογικού ελέγχου και, επομένως, οι παρενέργειες των εντομοπαθογόνων έχουν μελετηθεί εκτενώς. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες διερευνούν ολοένα και περισσότερο τις ευρύτερες ιδιότητες των μικροοργανισμών, οι οποίες προτείνουν νέες ευκαιρίες για τη χρήση τους σε συστήματα βιολογικού ελέγχου (Laceyetal., 2015). Για παράδειγμα, αρκετοί εντομοπαθογόνοι μύκητες μπορούν επίσης να αποικίσουν στους φυτικούς ιστούς και να επηρεάσουν τα παράσιτα μέσω του φυτού. Επιπλέον, μικροοργανισμοί που είναι συμβιώματα παρασίτων μπορούν να επηρεάσουν τη αποτελεσματικότητα των φυσικών εχθρών και των εντομοπαθογόνων και συνεπώς τον βιολογικό έλεγχο. Οι καλλιέργειες θερμοκηπίου προσφέρουν μοναδικές ευκαιρίες για το σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση των οικοσυστημάτων μέσω της απελευθέρωσης φυσικών εχθρών των αρθροπόδων και μέσω του χειρισμού του κλίματος του θερμοκηπίου (Zindeletal., 2011).

Στην Ευρώπη το 2010, οι εκτιμώμενες πωλήσεις μικροβίων με βάση εντομοπαθογόνα, όπως βακτήρια, ιοί και μύκητες, ήταν 42 εκατομμύρια ευρώ, εκ των οποίων η πλειονότητα (58 %) θα μπορούσε να αποδοθεί στο *B. thuringiensis*. Τα βακτηριακά εντομοκτόνα πρέπει να καταναλώνονται προκειμένου να επιτευχθεί ο έλεγχος του παρασίτου. Μετά την κατάποση, το έντερο παραλύει λόγω της δράσης των βακτηριακών τοξινών, η σίτιση σταματά και τελικά το παράσιτο πεθαίνει (Vachonetal., 2012). Επίσης, οι εντομοπαθογόνοι μύκητες είναι μια ποικιλία ειδών με ένα κοινό χαρακτηριστικό να μολύνουν και να προκαλούν ασθένειες σε έντομα και άλλα αρθρόποδα. Η πλειονότητα βρίσκεται σε δύο ομάδες: την τάξη *Hypocreales* στο *the phylum Ascomycota* και τη σειρά *Entomophthoromycota* (Humber, 2012).

Σε αντίθεση με άλλους μικροοργανισμούς, οι εντομοπαθογόνοι μύκητες εισβάλλουν χωρίς κατάποση και αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα για τη μόλυνση των εντόμων που τρέφονται με φλοιώματα, όπως οι αφίδες και οι λευκές μύγες, που δεν καταπίνουν μικροοργανισμούς στην επιφάνεια των φύλλων και τα είδη *Lecanicillium* (πρώην

*Verticillium*) έχουν αναφερθεί ότι είναι αποτελεσματικά, όταν ψεκάζονται ενάντια στους θρίπες, τις αφίδες, τις άσπρες μύγες σε καλλιέργειες θερμοκηπίου. Επί του παρόντος, υπάρχουν πέντε προϊόντα που βασίζονται σε εντομοπαθογόνους μύκητες καταγεγραμμένα στην ΕΕ, όλα βασισμένα σε είδη από το *Hypocreales*. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες της τάξης των *Entomophthorales* είναι γνωστοί για την ικανότητά τους να μειώνουν γρήγορα τους πληθυσμούς των ζενιστών. Αυτό το χαρακτηριστικό, σημαίνει ότι έχουν τη δυνατότητα να είναι πιο αποτελεσματικοί παράγοντες βιολογικού ελέγχου από τα μικροβιακά που διατίθενται στο εμπόριο από την τάξη των *Hypocreales* (Gonzalezetal., 2016).

Αν και η παραγωγή θερμοκηπίου φαίνεται ιδανική για τη χρήση παραγόντων βιολογικού ελέγχου, η εμπειρία έχει διδάξει ότι υπάρχει μια σειρά από αλληλεπιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ενσωμάτωση οργανισμών σε ένα κλειστό σύστημα. Για δεκαετίες, η έρευνα επικεντρώνεται στην κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυτών, των φυτοφάγων και των φυσικών εχθρών των αρθρόποδων. Ωστόσο, είναι πλέον σαφές ότι οι αλληλεπιδράσεις αυτές επηρεάζονται από όλα τα άλλα συστατικά του οικοσυστήματος, και ως αποτέλεσμα, η έρευνα έχει μετατοπιστεί στην κατανόηση της διαχείρισης καλλιεργειών-παρασίτων από την προοπτική των πολυτροφικών αλληλεπιδράσεων. Η συνδυασμένη χρήση μικροβιακού βιολογικού ελέγχου με τη χρήση αρθροποδικών εχθρών πρέπει να λαμβάνει τις άμεσες και έμμεσες επιδράσεις σε κάθε πλευρά. Η κατανόηση της πολυπλοκότητας των οικολογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων παραγόντων βιολογικού ελέγχου είναι από μόνη της ένα θέμα που απαιτεί περαιτέρω έρευνα (Gonzalezetal., 2016).

Όσον αφορά τον βιολογικό έλεγχο, οι μελέτες πρέπει να επικεντρωθούν στην αποκάλυψη άμεσων και έμμεσων επιδράσεων από την εφαρμογή μικροβιακών παραγόντων βιολογικού ελέγχου και μικροβιακών κοινοτήτων εντός των εντόμων (συμβίων) και των φυτών (ενδόφυτα) σε αρθροπόδιους εχθρούς. Αν και οι περισσότερες περιπτώσεις δείχνουν ενδείξεις συμβατότητας μεταξύ διαφορετικών τύπων παραγόντων, είναι απαραίτητο να εντοπιστούν με ακρίβεια οι βασικές συνθήκες που διασφαλίζουν την επιτυχία του συνδυασμού τους (Gonzalezetal., 2016).

Η βελτιστοποίηση της μικροβιακής αποτελεσματικότητας είναι ένας συνεχής στόχος που έχει επιτευχθεί με νέα σκευάσματα και τεχνικές διατήρησης και με επιλογή συγκεκριμένων και μολυσματικών απομονώσεων με τα πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά για να είναι αποτελεσματικά και να επιμένουν σε συνθήκες θερμοκηπίου. Ο συνδυασμός μικροβίων με τις υπάρχουσες και τις νέες τεχνολογίες είναι ήδη πολλά υποσχόμενος, καθώς ο έλεγχος του κλίματος θερμοκηπίου και οι νέες μέθοδοι παράδοσης είναι ήδη διαθέσιμες. Η χρήση ενδοφύτων και ο χειρισμός συμβιώντων για τη βελτίωση του ελέγχου των παρασίτων θα μπορούσε επίσης να δώσει λύσεις σε πολλά από τα τρέχοντα προβλήματα με τα μικροβιακά. Η κατανόηση των οικολογικών συνεπειών της χρήσης μικροβίων σε συνδυασμό με άλλους βιολογικούς παράγοντες ελέγχου χρειάζεται πιο προσεκτική εξέταση, ιδιαίτερα για συστήματα βιολογικής καλλιέργειας θερμοκηπίου που έχουν εξελιχθεί σε πολύπλοκα οικοσυστήματα με

επίμονους πληθυσμούς φυσικών εχθρικών ειδών πολλαπλών αρθρώπων (Gonzalezetal., 2016).

#### **4.4 Παραγωγή φυσικών εχθρών για τον έλεγχο των παρασίτων στα θερμοκήπια**

Το 1968, όταν ξεκίνησε ο εμπορικός βιολογικός έλεγχος στα θερμοκήπια στην Ευρώπη, δραστηριοποιήθηκαν δύο μικροί εμπορικοί παραγωγοί. Σήμερα η Ευρώπη έχει 26 φυσικούς εχθρούς παραγωγούς, συμπεριλαμβανομένων των τριών μεγαλύτερων στον κόσμο και υπάρχουν περίπου 65 παραγωγοί παγκοσμίως. Αυτές οι τρεις μεγαλύτερες εταιρείες εξυπηρετούν περισσότερο από το 75% της αγοράς βιολογικού ελέγχου θερμοκηπίου. Φαίνεται ότι πολλά περισσότερα είδη παραγόντων βιολογικού ελέγχου είναι διαθέσιμα στην Ευρώπη από ό, τι στη Βόρεια Αμερική ή σε άλλες περιοχές με βιομηχανία θερμοκηπίου όπως η Λατινική Αμερική, Ιαπωνία, Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία. Αυτό προκαλείται από την πολύ μεγαλύτερη ευρωπαϊκή βιομηχανία θερμοκηπίου και μια μακρύτερη ιστορία έρευνας στον βιολογικό έλεγχο του θερμοκηπίου στην Ευρώπη.

Αν και είναι δυνατή η παραγωγή φυσικών εχθρών στο αγρόκτημα, οι περισσότεροι καλλιεργητές τα αγοράζουν από εμπορικούς προμηθευτές. Πολλές από τις εταιρείες μαζικής παραγωγής είναι, ευλόγως, απρόθυμες να παρέχουν πληροφορίες για πολλές πτυχές της μαζικής παραγωγής. Πολλοί από τους φυσικούς εχθρούς που παράγονται για βιολογικό έλεγχο στην προστατευόμενη καλλιέργεια εκτρέφονται στους φυσικούς ξενιστές τους (τα παράσιτα) και τα φυτά ξενιστές. Η εκτροφή καθαρά τεχνητών μέσων (χωρίς οργανικά πρόσθετα) είναι πολύ σπάνια, κυρίως επειδή αυτή η τεχνολογία δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς για μαζική παραγωγή και επειδή αυτός ο τρόπος παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε κακή απόδοση των φυσικών εχθρών όταν εκτίθενται στους ξενιστές στόχους τους. Οι συνθήκες εκτροφής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο όμοιες με τις συνθήκες υπό τις οποίες οι φυσικοί εχθροί θα πρέπει να λειτουργούν σε εμπορικά θερμοκήπια (vanLenteren, 2000).

Η μαζική παραγωγή φυσικών εχθρών γνώρισε πολύ γρήγορη ανάπτυξη τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Οι αριθμοί που παράγονται έχουν αυξηθεί σημαντικά (έως και 50 εκατομμύρια άτομα την εβδομάδα), το φάσμα των διαθέσιμων ειδών έχει διευρυνθεί δραματικά (από 2 το 1970 σε σχεδόν 100 το 2000) και σαφώς έχουν εξελιχθεί οι μέθοδοι μαζικής παραγωγής. Οι εξελίξεις στον τομέα της μαζικής παραγωγής, του ποιοτικού ελέγχου, της αποθήκευσης και της αποστολής και της απελευθέρωσης φυσικών εχθρών έχουν μειώσει το κόστος παραγωγής και έχουν οδηγήσει σε καλύτερη ποιότητα των προϊόντων. Οι καινοτομίες στη μακροπρόθεσμη αποθήκευση, οι μέθοδοι αποστολής και αποδέσμευσης μπορεί να οδηγήσουν σε περαιτέρω αύξηση της ποιότητας του φυσικού εχθρού με ταυτόχρονη μείωση του κόστους του βιολογικού ελέγχου, καθιστώντας έτσι ευκολότερη και πιο οικονομική την εφαρμογή. Εκτός από τις εξελίξεις στον βιολογικό έλεγχο με τους φυσικούς εχθρούς των αρθρώπων βλέπουμε και άλλους τύπους ωφέλιμων οργανισμών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των παρασίτων στα θερμοκήπια. Τα φίδια από την Αμερική χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των αρουραίων και των ποντικών, τα ερπετά από την Ινδονησία για τον

έλεγχο των εντόμων και τα τροπικά πτηνά για τον έλεγχο των λεπιδόπτερων (van Lenteren, 2000b).

Οι εταιρείες που ξεκινούν την παραγωγή φυσικών εχθρών έχουν συνήθως λίγες γνώσεις σχετικά με τα εμπόδια και τις επιπλοκές που σχετίζονται με τη μαζική εκτροφή. Αγνωσούν ακόμη περισσότερο την ανάπτυξη και την εφαρμογή ποιοτικού ελέγχου. Ένα ιδιαίτερο σημείο ανησυχίας είναι η έλλειψη γνώσης σχετικά με τις πηγές μεταβλητότητας της φυσικής συμπεριφοράς του εχθρού και μεθόδων για την πρόληψη της γενετικής αλλοίωσης των φυσικών εχθρών. Η μαζική εκτροφή φυσικών εχθρών πραγματοποιείται συχνά σε μικρές εταιρείες με μικρή τεχνογνωσία και κατανόηση των συνθηκών που επηρεάζουν την απόδοση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε κακούς φυσικούς εχθρούς και αποτυχίες προγραμμάτων βιολογικού ελέγχου. Οι λίγες μεγάλες εταιρείες έχουν εντομολόγους που έχουν αναπτύξει δοκιμές ποιοτικού ελέγχου, αλλά οι μέθοδοι διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και δεν είναι πάντα επαρκείς και ακόμη και όταν οι φυσικοί εχθροί αφήνουν το έντομο σε άριστη κατάσταση, δεν σημαίνει ότι είναι σε άριστη κατάσταση όταν απελευθερώνονται στο θερμοκήπιο. Η αποστολή και ο χειρισμός από τους παραγωγούς, διανομείς και καλλιεργητές μπορεί να οδηγήσει σε αλλοίωση των παραγόντων βιολογικού ελέγχου. Αυτό καθιστά αναγκαία τα ισχυρά προγράμματα ελέγχου ποιότητας.

Από τη δεκαετία του 1990 οι εμπορικοί παραγωγοί παραγόντων βιολογικού ελέγχου και οι επιστήμονες άρχισαν να εργάζονται για την ανάπτυξη και τυποποίηση μεθόδων ποιοτικού ελέγχου. Διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου για φυσικούς εχθρούς έχουν αναπτυχθεί για τα 20 πιο σημαντικά είδη φυσικών εχθρών που εφαρμόζονται εμπορικά σε θερμοκήπια. Τα κριτήρια ποιοτικού ελέγχου σχετίζονται με τον έλεγχο του προϊόντος και βασίζονται σε εργαστηριακές μετρήσεις, οι οποίες είναι συχνά εύκολο να πραγματοποιηθούν (van Lenteren & Nicoli, 2000).

#### **4.5 Βιολογικός έλεγχος παρασίτων στα θερμοκήπια**

Η πρώτη τεκμηριωμένη, επιτυχημένη χρήση βιολογικού ελέγχου σε θερμοκήπια ήταν το 1927 με στόχο τη λευκή μύγα του θερμοκηπίου, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), με αυξητικές απελευθερώσεις των ειδών *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae). Ωστόσο, η ανάπτυξη και η υιοθέτηση συνθετικών φυτοφαρμάκων στα τέλη της δεκαετίας του 1940 οδήγησε σε μείωση της χρήσης βιολογικού ελέγχου έως ότου εμφανίστηκε ανθεκτικότητα στα φυτοφάρμακα στις δεκαετίες του 1960 και του 1970 (Huangetal. 2011). Ως απάντηση στις ανησυχίες για τη διαχείριση της αντοχής, εξετάστηκαν στρατηγικές ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων (IPM), συμπεριλαμβανομένων βιολογικών ελέγχων. Αυτή η οικολογικά βασισμένη προσέγγιση ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικότητας, καθώς τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται λιγότερο συχνά και αντικαθίστανται με προληπτικές στρατηγικές και μεθόδους βιολογικής βάσης. Ωστόσο, η υιοθέτηση της IPM στα θερμοκήπια μπορεί να καθυστερήσει για διάφορους λόγους, όπως η διαθεσιμότητα αποτελεσματικών εντομοκτόνων, ο φόβος εξαγωγής παρασίτων και η

μειωμένη εμπορευσιμότητα φυτών με ορατή ζημιά. Η χρήση από φυτά «τράπεζες» (bankerplants) σε θερμοκήπια είναι μια αρκετά νέα έννοια στην IPM, η οποία περιγράφηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1970 στις ντομάτες χρησιμοποιώντας *Encarsiaformosa* (Gahan) (*Hymenoptera: Aphelinidae*) και τη στρατηγική των παρασίτων με *T. Vaporariorum*. Όπως και με άλλες στρατηγικές βιολογικού ελέγχου, τα φυτά «τράπεζες» (bankerplants) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο χωράφι, αλλά είναι ιδανικά σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα όπου μπορούν να δημιουργηθούν υψηλότερα κέρδη (vanLenteren, 2000, Huangetal. 2011).

Έτσι, ο βιολογικός έλεγχος μπορεί να είναι ευκολότερος στα θερμοκήπια σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο χωράφι, καθώς πολλά παράσιτα αποκλείονται από τη δομή, λιγότερα έντομα εμφανίζονται στα θερμοκήπια και η ανάπτυξη παρασίτων και φυσικών εχθρών είναι πιο προβλέψιμη σε γνωστές θερμοκρασίες. Επίσης, τα παράσιτα και οι φυσικοί εχθροί παρακολουθούνται εύκολα σε κλειστά περιβάλλοντα, γεγονός που βοηθά στον μετριασμό των ζημιών από δαπανηρά παράσιτα (vanLenteren, 2000). Παραλλαγές σε συστήματα με φυτά «τράπεζες» (bankerplants) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο παρασίτων όπως οι θρίπες, οι λευκές μύγες, οι αφίδες και τα ακάρεα. Τα φυτά και άλλες μέθοδοι IPM χρησιμοποιούνται συχνά στα κηπευτικά. Τα φυτά «τράπεζες» (bankerplants) μπορεί να παρέχουν μια πηγή τροφής όπως η γύρη για τη διατήρηση ή την προσέλκυση φυσικών εχθρών. Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση εναλλακτικών ξενιστών που είχαν παρασιτοποιηθεί προηγουμένως, μια αρχική αυξητική απελευθέρωση ωφέλιμων εντόμων ή την προσέγγιση των παρασίτων. Στο τελευταίο, το παράσιτο στόχο εισάγεται σκόπιμα πριν από μια προσβολή και δρα ως εναλλακτική λεία για τον φυσικό εχθρό (Huang et al. 2011). Η στρατηγική "Pest-in-First" μπορεί να είναι επιτυχής όταν χρησιμοποιούνται παρασιτοειδή για τον έλεγχο των λευκών μυγών στα λαχανικά, αλλά μπορεί να μην υιοθετηθεί από τους καλλιεργητές λόγω του φόβου των επιδημιών παρασίτων. Σε όλο τον κόσμο, εκτιμάται ότι 32.000 εκτάρια θερμοκηπίου και εσωτερικών τοπίων διαχειρίζονται με βιολογικό έλεγχο χρησιμοποιώντας 150 είδη φυσικών εχθρών. Παραδοσιακά, οι καλλιεργητές θερμοκηπίου εξαρτώνται από φυτοφάρμακα και δεν έχουν υιοθετήσει τον βιολογικό έλεγχο στις δραστηριότητές τους λόγω της νοοτροπίας μηδενικής ανοχής για παράσιτα και τις σχετικές ζημιές σε καλλωπιστικά και λαχανικά (van Lenteren 2000).

Ωστόσο, ο βιολογικός έλεγχος μπορεί να υιοθετηθεί πιο εύκολα καθώς η χρήση φυτοφαρμάκων έχει χάσει την εύνοια λόγω έλλειψης διαθέσιμων χημικών, ανησυχιών για τη διαχείριση της αντοχής, απαιτούμενη εκπαίδευση των εργαζομένων και χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού, φυτοτοξικότητα ή αποκοπή σε ευαίσθητα φυτά, πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία, υποχρεωτικά διαστήματα επανεισόδου και μετά τη συγκομιδή, καθώς και τη ζήτηση των καταναλωτών για προϊόντα με χαμηλά υπολείμματα φυτοφαρμάκων και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η αντίδραση των καταναλωτών σχετικά με τη χρήση νεονικοτινοειδών και τις αρνητικές επιπτώσεις τους στην υγεία των επικονιαστών άσκησε πίεση στους καλλιεργητές θερμοκηπίου να επισημάνουν φυτά που έλαβαν θεραπεία με νεονικοτινοειδή ή να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικές στρατηγικές διαχείρισης παρασίτων (Rihn & Khachatryan, 2016).Ο

βιολογικός έλεγχος είναι μια επιλογή για εκείνους τους καλλιεργητές θερμοκηπίου που ενδιαφέρονται για τη διαχείριση παρασίτων χαμηλών επιπτώσεων. Τα φυτά «τράπεζες» (bankerplants) παρέχουν ένα αποτελεσματικό πρώτο βήμα στη διαχείριση παρασίτων με ελάχιστες ή καθόλου αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορούν να συνδυαστούν με άλλους βιολογικούς παράγοντες ελέγχου ή φυτοφάρμακα για την επίλυση πολλών προβλημάτων παρασίτων (Prado, Jandricic&Frank,2015). Ο βιολογικός έλεγχος μειώνει τον αριθμό των εφαρμογών φυτοφαρμάκων, μειώνει ή εξαλείφει την πιθανότητα αντοχής στα παράσιτα και ευνοεί την επιβίωση και την αναπαραγωγή ωφέλιμων εντόμων. Τα συστήματα φυτών «τράπεζες» (bankerplants) μπορούν να προσφέρουν εξοικονόμηση κόστους στους καλλιεργητές θερμοκηπίου καθώς μπορεί να είναι λιγότερο ακριβά από πολλαπλές απελευθερώσεις φυσικών εχθρών και ευκολότερη και λιγότερο χρονοβόρα από τις εφαρμογές φυτοφαρμάκων (PaytonMiller&Rebek, 2018).

Λόγω της μειωμένης αποτελεσματικότητας έναντι κοινών παρασίτων, οι επαναλαμβανόμενες εφαρμογές εντομοκτόνων μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένο κόστος θεραπείας. Πολλά χημικά σκευάσματα μπορεί να είναι αναποτελεσματικά έναντι ενός παρασίτου, περιορίζοντας τις επιλογές των καλλιεργητών να εναλλάσσουν φυτοφάρμακα. Οι καλλιεργητές θερμοκηπίου που συνδυάζουν πολλαπλές πρακτικές IPM με επιτυχία θα πρέπει να χρειάζονται φυτοφάρμακα μόνο κατά τη διάρκεια επιδημιών παρασίτων. Τα προγράμματα IPM μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ταιριάζουν σε συγκεκριμένες λειτουργίες θερμοκηπίου, στοχευόμενα παράσιτα και καλλιέργειες. Τα μεγάλα παράσιτα του θερμοκηπίου όπως οι αφίδες μπορεί να είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον καθώς μπορεί να μην ανταποκρίνονται στην διάπυση και να περάσουν απαρατήρητα (van Lenteren 2000). Οι αφίδες είναι διαδεδομένες σε εύκρατες περιοχές, προκαλούν προβλήματα στα θερμοκήπια παγκοσμίως και χρησιμεύουν ως φορείς για πολλούς φυτικούς ιούς. Ο Van Driesche και οι συνεργάτες του (2008) υπέδειξαν ότι οι αφίδες είναι το παράσιτο που χρειάζεται περισσότερο έλεγχο στα θερμοκήπια, απαιτώντας τουλάχιστον τρεις θεραπείες με εντομοκτόνα για καταστολή κατά τη διάρκεια ενός κύκλου καλλιέργειας. Οι Rabasse και Van Steenis (1999) απέδειξαν ότι οι πληθυσμοί των αφίδων αυξάνονται γρήγορα, καθιστώντας τον επαυξητικό βιολογικό έλεγχο δύσκολο. Μερικά παράσιτα πρέπει να υπάρχουν για απελευθερώσεις παραγόντων βιολογικού ελέγχου, αλλά εάν οι πληθυσμοί αυξηθούν πολύ γρήγορα, οι φυσικοί εχθροί δεν είναι σε θέση να διατηρήσουν τα επίπεδα των παρασίτων κάτω από τα κατώφλια επεξεργασίας. Αντίθετα, τα φυτά «τράπεζες» (bankerplants) επιτρέπουν την εισαγωγή φυσικών εχθρών όταν η πυκνότητα πληθυσμού των παρασίτων είναι χαμηλή διατηρώντας το παράσιτο κάτω από τα επίπεδα επεξεργασίας. Συνολικά, τα τραπεζικά φυτά μειώνουν τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και παρέχουν στον καλλιεργητή την ευκαιρία να διαφημίσει με τους πελάτες τους φιλική προς τη γη, χαμηλής επίπτωσης διαχείριση παρασίτων (PaytonMiller&Rebek, 2018).

Συμπερασματικά, υπάρχουν τα γενικά πλεονεκτήματα του βιολογικού ελέγχου, όπως η μειωμένη έκθεση του παραγωγού και του αιτούντος σε τοξικά φυτοφάρμακα, η έλλειψη υπολειμμάτων στο προϊόν που διατίθεται στην αγορά και ο εξαιρετικά

χαμηλός κίνδυνος ρύπανσης του περιβάλλοντος. Αυτά, ωστόσο, δεν απασχολούν ιδιαίτερα τον καλλιεργητή. Πιο σημαντικοί είναι οι συγκεκριμένοι λόγοι που κάνουν τους καλλιεργητές που εργάζονται σε θερμοκήπια να προτιμούν τον βιολογικό έλεγχο (vanLenteren, 2000; PaytonMiller&Rebek, 2018):

- α) Με βιολογικό έλεγχο δεν υπάρχουν φυτοτοξικές επιδράσεις στα νεαρά φυτά
- β) Η απελευθέρωση φυσικών εχθρών απαιτεί λιγότερο χρόνο και είναι πιο ευχάριστη από την εφαρμογή χημικών σε υγρά και ζεστά θερμοκήπια,
- γ) Η απελευθέρωση φυσικών εχθρών συνήθως συμβαίνει λίγο μετά την περίοδο φύτευσης, όταν ο καλλιεργητής έχει αρκετό χρόνο για να ελέγξει για την επιτυχή ανάπτυξη φυσικών εχθρών. Στη συνέχεια, το σύστημα είναι αξιόπιστο για μήνες μόνο με περιστασιακούς ελέγχους, ενώ χημικός έλεγχος απαιτεί συνεχή προσοχή.
- δ) Ο χημικός έλεγχος ορισμένων από τα βασικά παράσιτα είναι δύσκολος ή αδύνατος λόγω αντοχής στα φυτοφάρμακα,
- ε) Με βιολογικό έλεγχο δεν υπάρχει περίοδος ασφάλειας μεταξύ εφαρμογής και συγκομιδής ενώ με χημικό έλεγχο πρέπει οι καλλιεργητές να περιμένουν αρκετές ημέρες προτού επιτραπεί η συγκομιδή ξανά,
- (στ) Ο βιολογικός έλεγχος είναι μόνιμος
- ζ) Ο βιολογικός έλεγχος εκτιμάται από το ευρύ κοινό.

Το κόστος του βιολογικού ελέγχου είναι παρόμοιο με αυτό του χημικού ελέγχου και αυτό, σε συνδυασμό με τα σημεία (α), (β) και (ε), το καθιστά μια ελκυστική προσέγγιση διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών. Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για τρόφιμα χωρίς φυτοφάρμακα διεγείρουν επίσης τη χρήση βιολογικού ελέγχου.

## **4.6 Ολοκληρωμένη φυτοπροστασία στη μελιτζάνα θερμοκηπίου**

### **4.6.1 Στρατηγικές διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών**

Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι η βιώσιμη εντατικοποίηση των γεωργικών συστημάτων προσφέρει ευκαιρίες για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων (Prettyetal., 2018). Ως παράδειγμα σχεδιασμού εντατικών γεωργικών συστημάτων, η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων (IPM) χρησιμοποιεί μη χημικά μέτρα για την καταστολή πληθυσμών παρασίτων και μια σειρά από θεραπευτικές τακτικές διαχείρισης με τη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων ως τελευταία λύση (Barzmanetal., 2015). Ως μέρος της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων, ο βιολογικός έλεγχος έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων σε διάφορα συστήματα καλλιέργειας, ενώ παράλληλα διατηρεί ή αυξάνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών (Xuetal., 2017).

Είναι κοινή πρακτική η προσθήκη συγκεκριμένων φυτών σε ένα σύστημα καλλιέργειας για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των συστημάτων βιολογικού ελέγχου (Karpetal.,



2018). Τα απωθητικά φυτά (RPs), που χρησιμοποιούνται γενικά για να κρατούν τα παράσιτα μακριά από τις καλλιέργειες στην ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων, έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν την ανάγκη για ψεκασμούς συνθετικών εντομοκτόνων σε διάφορα αγροοικοσυστήματα. Τα απωθητικά φυτά έχουν συνδυαστεί με καλλιέργειες, μπορεί να διαταράξουν τον αποικισμό των παρασίτων και να μειώσουν την απόδοση των παρασίτων, προστατεύοντας έτσι τις καλλιέργειες (Bruce, Wadhams & Woodcock, 2005). Επιτόπιες και εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι εκχυλίσματα, αιθέρια έλαια και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) απωθητικών φυτών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη συμπεριφορά των παρασίτων (π.χ. αποικισμός) (Conboy et al., 2020). Κατά συνέπεια, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση αιθέριων ελαίων ως εναλλακτικών στα χημικά φυτοφάρμακα (Benelli et al., 2018). Ωστόσο, οι πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή των ζωντανών απωθητικών φυτών, ιδιαίτερα όσον αφορά το πώς λειτουργούν σε διαφορετικές καλλιέργειες και υπό ποιες συνθήκες εφαρμογής, είναι σπάνιες (Moreno & Racelis, 2015).

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την επαγωγή ή τη βελτιστοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος των φυτών, ένας όρος που προηγουμένως αναφερόταν ως «πράσινος εμβολιασμός». Η καταπολέμηση των παρασίτων μέσω του χειρισμού του ανοσοποιητικού συστήματος των φυτών είναι σχετικά φθηνή, χρησιμοποιεί χαμηλά επίπεδα γενικά καλοηθών φυτικών ενώσεων και μπορεί να αυξήσει την ελκυστικότητα ενός φυτού στους παράγοντες βιοελέγχου. Παρά την έλλειψη εφαρμοσμένης έρευνας σε ένα εμπορικό γεωργικό περιβάλλον ο πράσινος εμβολιασμός εξακολουθεί να προσφέρει τεράστιες δυνατότητες ενσωμάτωσης στα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων και άλλων επιβλαβών οργανισμών. Ως απόκριση στις ενώσεις που προκαλούν άμυνα, τα φυτά μπορούν είτε να προκαλέσουν άμεσα είτε να ενεργοποιήσουν τα έμφυτα αμυντικά μέτρα τους. Το αστάρωμα των φυτών είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο το φυτό εισέρχεται σε μια επαγόμενη κατάσταση ετοιμότητας στην οποία θα ανταποκριθεί πιο γρήγορα και αποτελεσματικά στην επίθεση εντόμων. Αυτή είναι μια πολύ πιο ελκυστική μέθοδος πρόκλησης άμυνας για τους καλλιεργητές, καθώς υπάρχει ελάχιστο ή καθόλου ενεργειακό κόστος κατά τη διάρκεια αυτής της αρχικής κατάστασης, που σημαίνει ότι η απόδοση δεν θα επηρεαστεί εάν το παράσιτο δεν προσβάλει ποτέ με επιτυχία την καλλιέργεια. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις έχουν βρεθεί ότι ενεργοποιούν την άμυνα των φυτών με τη μορφή μειγμάτων ή μεμονωμένων ενώσεων (Conboy et al., 2020).

Επίσης, η αξιολόγηση της επίδρασης των απωθητικών φυτών σε παράσιτα διαφορετικών καλλιεργειών είναι απαραίτητη για να ενισχυθεί η εφαρμογή τους στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση παρασίτων και άλλων επιβλαβών οργανισμών. Η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς (*Myzus persicae*), ευρέως διαδεδομένη σε εύκρατες περιοχές, είναι παράσιτο των προστατευόμενων λαχανικών. Προσβάλλοντας περισσότερες από 40 οικογένειες ειδών φυτών παγκοσμίως προκαλεί σημαντική ζημιά στις καλλιέργειες και μεταδίδει διάφορους φυτικούς ιούς, με αποτέλεσμα σημαντικές οικονομικές απώλειες. Επί του παρόντος, η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς (*Myzus persicae*) καταπολεμάται σχεδόν αποκλειστικά με τη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων (Basset et al., 2014). Ωστόσο, η φθίνουσα διαθεσιμότητα πολλών εντομοκτόνων λόγω

αντοχής που αντανακλά την αυξανόμενη συνειδητοποίηση των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, έχει οδηγήσει στην υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών (Lietal., 2017). Επιτόπιες και εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια και/ή οι πτητικές οργανικές ενώσεις των απωθητικών φυτών επηρεάζουν αρνητικά τις αφίδες (Benellietal., 2019).

Μια αξιοσημείωτη μελέτη είναι αυτή του Xie και των συνεργατών του (2012), η οποία στόχευε να αξιολογήσει την επίδραση των απωθητικών φυτών κατά της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς (*Myzus persicae*), και να διερευνήσει την εφαρμογή και τη διαχείριση απωθητικών φυτών στον τομέα αυτό. Οι απωθητικές επιδράσεις τεσσάρων απωθητικών φυτών, των ειδών, της μέντας (*Mentahaplocalyx*), της ροβίτσας (*Vigna radiata*), του σέλινου (*Apiumgraveolens*) και του κόλιανδρου (*Coriandrumsativum*) δοκιμάστηκαν στην πράσινη αφίδα της ροδακινιάς (*Myzus persicae*), που συνήθως προσβάλλει την μελιτζάνα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής της σε βιολογικά θερμοκήπια.

Η διασπορά με λειτουργικά φυτά είναι μια πολλά υποσχόμενη φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση για τη μείωση των προσβολών από παράσιτα. Ωστόσο, πολλές μελέτες έχουν αξιολογήσει την επίδραση των απωθητικών φυτών μόνο σε σύντομο χρονικό διάστημα. Κατά συνέπεια, οι πληροφορίες σχετικά με την δράση των απωθητικών φυτών, κατά τη διάρκεια διαφορετικών περιόδων ανάπτυξης των καλλιεργειών στο χωράφι, είναι ελάχιστες (Dadaetal., 2020). Έτσι, η προαναφερόμενη μελέτη του Xie και των συνεργατών του (2012) διερεύνησε το δυναμικό των απωθητικών φυτών σε όλη την περίοδο ανάπτυξης για καλλιέργειες σε εμπορικά θερμοκήπια με χρήση ολοκληρωμένων μεθόδων διαχείρισης των παρασίτων. Χρησιμοποιώντας τον ίδιο βιολογικό χημικό ψεκασμό, διαπιστώθηκε ότι η αφθονία της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς (*Myzus persicae*) ποικίλλει ανάλογα με το είδος των απωθητικών φυτών και την περίοδο ανάπτυξης. Η θεραπεία με σέλινο και κόλιανδρο μείωσε την προσβολή από την πράσινη αφίδα της ροδακινιάς (*Myzus persicae*) την κύρια συγκομιδή της μελιτζάνας.

Η κατανομή των περιόδων δραστηριότητας είναι χρήσιμη κατά τη σύγκριση μεταξύ ετών, μεταξύ -δυναμική ξενιστών ή μεταξύ οικοτόπων, που εξετάζει τον αριθμό των παρασίτων σε μια ολόκληρη εποχή για να αναλύσει τις τάσεις στη δυναμική του πληθυσμού, όταν η πιθανότητα σφάλματος είναι υψηλή (Zhangetal., 2014). Για παράδειγμα, ο Zhang και οι συνεργάτες του (2020) διαπίστωσαν ότι διαφορετικά φυτά παγίδευσης έχουν διαφορετικά αποτελέσματα στις περιόδους δραστηριότητας των παρασίτων. Οι ίδιοι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι διαφορετικά απωθητικά φυτά, έχουν διαφορετικές επιδράσεις στη δραστηριότητα και την πυκνότητα της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς (*Myzus persicae*). Επίσης διαπίστωσαν πως αν και η επεξεργασία του σέλινου και του κόλιανδρου απέτυχε να μειώσει αποτελεσματικά τη διάρκεια της κύριας δραστηριότητας της μελιτζάνας, η πυκνότητα των παρασίτων ήταν σημαντικά χαμηλότερη από τον μάρτυρα, γεγονός που θα μείωνε το μέγεθος της ζημιάς στη φυτεία της μελιτζάνας.

Το φως θεωρείται ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών του θερμοκηπίου. Στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, τα επίπεδα ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια του χειμώνα μπορεί να είναι ανεπαρκή για τη διατήρηση των επιπέδων παραγωγής και της ποιότητας του προϊόντος, λόγω των χαμηλών εντάσεων φωτός και των σύντομων φωτοπεριόδων. Η δυνατότητα του συμπληρωματικού φωτισμού για την προώθηση της παραγωγής εκτός εποχής στην περιοχή της Μεσογείου βρίσκεται υπό διερεύνηση. Σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, το φυσικό φως μπορεί να συμπληρωθεί με τεχνητό φωτισμό. Την τελευταία δεκαετία, ο φωτισμός LED έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος ως ενεργειακά αποδοτική συμπληρωματική πηγή φωτός στην κηπουρική του θερμοκηπίου που μπορεί να αλλάξει γρήγορα σε ένταση και φασματική σύνθεση. Η φασματική σύνθεση δεν επηρεάζει μόνο τη φυσιολογία της καλλιέργειας αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει τη βιολογία των παθογόνων παρασίτων και των φυσικών τους εχθρών, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα μέσω της επίδρασης στην επαγόμενη αντοχή των φυτών. Τα πλεονεκτήματα του φωτισμού LED είναι η υψηλή απόδοση με την οποία μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως, η χαμηλή εκπομπή θερμότητας και η μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα LED μπορούν να εκπέμπουν φως στενού εύρους ζώνης επιτρέποντας το σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση ενός αποκλειστικού φάσματος φωτός για την ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, πριν χρησιμοποιηθεί το πλήρες δυναμικό των LED ως πηγής φωτός για την παραγωγή φυτών σε θερμοκήπια, πρέπει να ποσοτικοποιηθούν οι αποκρίσεις των φυτών στη φασματική σύνθεση του φωτός καθώς και οι επιπτώσεις στη βιολογία των παθογόνων παρασίτων και των φυσικών εχθρών τους (AnjaDielemanetal., 2021).

Για τον έλεγχο των ασθενειών του μαρασμού *Verticillium*, φυτά έχουν καλλιεργηθεί χρησιμοποιώντας υποκαπνιστικά εδάφους και εμβολιάζονται σε ανθεκτικά υποκείμενα (Bletsos, Thanassoulorouλος & Rourakias, 2003). Ωστόσο, είναι δύσκολο να ελεγχθεί πλήρως αυτή η ασθένεια επειδή η *V. dahliae* παράγει μικροσκληρωτίες που μπορούν να επιβιώσουν στο έδαφος και στα φυτικά υπολείμματα για αρκετά χρόνια, και δεν υπάρχουν ποικιλίες που να είναι πλήρως ανθεκτικές στη μαρασμό *Verticillium*. Επιπλέον, τα υποκαπνιστικά του εδάφους έχουν επιβλαβή επίδραση στο περιβάλλον και στον άνθρωπο (Fradin & Thomma, 2006). Ως εκ τούτου, χρειάζονται νέες σταθερές προσεγγίσεις διαχείρισης για τον έλεγχο των ασθενειών του μαρασμού *Verticillium*.

Ο βιολογικός έλεγχος με τη χρήση ωφέλιμων μικροοργανισμών έχει προσελκύσει την προσοχή ως φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος για τον έλεγχο των ασθενειών του μαρασμού *Verticillium* (Deketelaereetal., 2017) και τα ενδοφυτικά βακτηριακά γένη, όπως *Pseudomonas*, *Bacillus* και *Paenibacillus*, είναι γνωστό ότι είναι αποτελεσματικά ως παράγοντες βιολογικού ελέγχου (BCAs) κατά του μαρασμού *Verticillium* στη μελιτζάνα (Kefalogiannietal., 2017). Το *Ralstonia solanacearum* είναι ένα βακτηρίδιο που μεταδίδεται από το έδαφος και προκαλεί βακτηριακό μαρασμό στη μελιτζάνα. Τα βακτηριακά στελέχη ταξινομούνται παγκοσμίως με βάση τους φυλλότυπους (Genin&Denny, 2012). Επιπλέον, τα στελέχη ταξινομούνται σε πέντε βακτηριακές ομάδες με βάση τις διαφορές στη μολυσματικότητα τους σε τέσσερα είδη *Solanum* (*S. melongena*, *S. mammosum*, *S. integrifolium* και *S. torvum*). Τα άγριου τύπου στελέχη

υφίστανται αυθόρμητα φαινοτυπική μετατροπή (PC) (ρευστή στη μη ρευστή αποικία) (Mori et al., 2012). Η φαινοτυπική μετατροπή θεωρείται ότι εμφανίζεται λόγω μεταλλάξεων στο γονίδιο *phcA*, το οποίο ρυθμίζει την έκφραση των παραγόντων λοιμογόνου δράσης. Τα μεταλλαγμένα PC έχουν πολλά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με παράγοντες λοιμογόνου δράσης, όπως μειωμένη παραγωγή εξωκυτταρικού πολυσακχαρίτη, μειωμένες δραστηριότητες ενδογλυκανάσης και μεθυλεστεράσης πηκτίνης και ενισχυμένη δραστηριότητα και κινητικότητα πολυγαλακτουρονάσης και παρά το γεγονός ότι έχουν την ικανότητα να αποικίζουν τον ιστό ξενιστή, είναι είτε ασθενώς λοιμογόνοι είτε μη λοιμογόνοι (Genin & Denny, 2012). Σε προηγούμενες μελέτες, ο προ-ενοφθαλμισμός φυτών με μεταλλαγμένα PC έχει δείξει αποτελέσματα ελέγχου του βακτηριακού μαρασμού στη μελιτζάνα (Nakahara et al., 2016) και *Verticillium* μαρασμού στη μελιτζάνα (Maehara et al., 2017). Στον βιολογικό έλεγχο του βακτηριακού μαρασμού με χρήση μεταλλαγμάτων PC, τα αποτελέσματα ελέγχου διέφεραν ανάλογα με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για τον προ-ενοφθαλμισμό μεταλλαγμάτων PC και τις διαφορές στα βακτηριακά στελέχη μεταλλαγμάτων PC (Nakahara et al., 2016).

Στον βιολογικό έλεγχο του μαρασμού *Verticillium* στη μελιτζάνα, ο εμβολιασμός με υψηλές συγκεντρώσεις ενός μεταλλάγματος PC οδήγησε σε αποτελεσματικό έλεγχο (Maehara et al., 2017). Ωστόσο, δεν είναι σαφές εάν υπάρχουν διαφορές στις μεθόδους προ-ενοφθαλμισμού ή/και στα μεταλλαγμένα PC στον έλεγχο της μαρασμού *Verticillium*. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να εξεταστούν αποτελεσματικές μέθοδοι εμβολιασμού για μεταλλαγμένα PC και να επιλεγούν αποτελεσματικά μεταλλαγμένα PC για τον έλεγχο του μαρασμού *Verticillium* στις μελιτζάνες. Επιπλέον, απαιτείται πολύς χρόνος και χώρος για την επιλογή αποτελεσματικών BCA κατά του μαρασμού *Verticillium* σε θερμοκήπια και χωράφια και η επίδραση βιολογικού ελέγχου ποικίλλει ανάλογα με το περιβάλλον καλλιέργειας, όπως η θερμοκρασία (Maehara et al., 2017).

Στη μελέτη των Nakahara, Mori και Matsuzoe (2021), ο εμβολιασμός με μεταλλαγμένα PC αμέσως πριν από τη μόλυνση με *V. dahliae* ήταν η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τον έλεγχο του μαρασμού *Verticillium* στις μελιτζάνες. Οι αποτελεσματικότητες βιολογικού ελέγχου διέφεραν ανάλογα με τα 27 μεταλλάγματα PC στη δοκιμή του θαλάμου ανάπτυξης. Ορισμένα μεταλλαγμένα PC, τα οποία εμφάνισαν υψηλή αναστολή *in vitro*, δεν έδειξαν αποτελεσματικό βιολογικό έλεγχο του μαρασμού *Verticillium* σε μελιτζάνες *in vitro*, υποδηλώνοντας με αυτόν τον τρόπο τη συμμετοχή διαφορετικών παραγόντων από την αναστολή ανάπτυξης του *V. dahliae* στην καταστολή του μαρασμού *Verticillium* από μεταλλάκτες PC. Οι ίδιοι συγγραφείς επέλεξαν τρία αποτελεσματικά μεταλλαγμένα PC για τη δοκιμή θερμοκηπίου. Το 8107PC βρέθηκε ότι είναι το πιο αποτελεσματικό στην καταστολή του μαρασμού *Verticillium* στη μελιτζάνα.

## Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έλαβε χώρα η βιβλιογραφική καταγραφή της Ολοκληρωμένης καταπολέμησης Εχθρών και Ασθενειών στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια της μελιτζάνας, έτσι ώστε να πραγματοποιείται συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία καθώς και να λάβει χώρα μια ευρύτερη ενημέρωση των στρατηγικών ολοκληρωμένης διαχείρισης σε κηπευτικά θερμοκηπίου.

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών μπορεί να αποτελεί μια από τις λιγότερα τοξικές λύσεις, ωστόσο δεν αποκλείει τη χρήση χημικών παρασιτοκτόνων. Τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται με φειδώ και μόνο ως τελευταία επιλογή, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στην πραγματικότητα, και ιδιαίτερα για καλλιέργειες υψηλής αξίας, όπως τα λαχανικά, τα συνθετικά φυτοφάρμακα παραμένουν μια σημαντική γραμμή άμυνας στα περισσότερα προγράμματα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (Devine & Furlong, 2007).

Η μελιτζάνα, *Solanum melongena* L. (*Solanaceae*), με μεγάλη μορφολογική και γενετική ποικιλότητα είναι γνωστή ως μια οικονομικά σημαντική καλλιέργεια λαχανικών, ιδιαίτερα στην Ασία και τις περιοχές της Μεσογείου. Μετά την πατάτα και την ντομάτα, η μελιτζάνα είναι η τρίτη μεγαλύτερη καλλιέργεια της οικογένειας *Solanaceae*. Από άποψη θρεπτικής αξίας, η μελιτζάνα είναι ένα από τα πολύτιμα λαχανικά για την ανθρώπινη υγεία λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε βιταμίνες, μέταλλα και βιολογικά ενεργές ενώσεις. Λόγω της οικονομικής σημασίας της μελιτζάνας και των επιβλαβών παρενεργειών που προκαλούνται από τη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται μια σωστή και ολοκληρωμένη προστασία κατά των παρασίτων (Raeyatetal., 2021).

Αν και η παραγωγή θερμοκηπίου φαίνεται ιδανική για τη χρήση παραγόντων βιολογικού ελέγχου, η εμπειρία έχει διδάξει ότι υπάρχει μια σειρά από αλληλεπιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ενσωμάτωση οργανισμών σε ένα κλειστό σύστημα. Για δεκαετίες, η έρευνα επικεντρώνεται στην κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυτών, των φυτοφάγων και των φυσικών εχθρών των αρθροπόδων. Ωστόσο, είναι πλέον σαφές ότι οι αλληλεπιδράσεις αυτές επηρεάζονται από όλα τα άλλα συστατικά του οικοσυστήματος, και ως αποτέλεσμα, η έρευνα έχει μετατοπιστεί στην κατανόηση της διαχείρισης καλλιεργειών-παρασίτων από την προοπτική των πολυτροφικών αλληλεπιδράσεων. Η συνδυασμένη χρήση μικροβιακού βιολογικού ελέγχου με τη χρήση αρθροποδικών εχθρών πρέπει να λαμβάνει τις άμεσες και έμμεσες επιδράσεις σε κάθε πλευρά. Η κατανόηση της πολυπλοκότητας των οικολογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων παραγόντων βιολογικού ελέγχου είναι από μόνη της ένα θέμα που απαιτεί περαιτέρω έρευνα.

Όσον αφορά τον βιολογικό έλεγχο, οι μελέτες πρέπει να επικεντρωθούν στην αποκάλυψη άμεσων και έμμεσων επιδράσεων από την εφαρμογή μικροβιακών παραγόντων βιολογικού ελέγχου και μικροβιακών κοινοτήτων εντός των εντόμων (συμβίων) και των φυτών (ενδόφυτα) σε αρθροπόδιους εχθρούς. Αν και οι

περισσότερες περιπτώσεις δείχνουν ενδείξεις συμβατότητας μεταξύ διαφορετικών τύπων παραγόντων, είναι απαραίτητο να εντοπιστούν με ακρίβεια οι βασικές συνθήκες που διασφαλίζουν την επιτυχία του συνδυασμού τους.

Η βελτιστοποίηση της μικροβιακής αποτελεσματικότητας είναι ένας συνεχής στόχος που έχει επιτευχθεί με νέα σκευάσματα και τεχνικές διατήρησης και με επιλογή συγκεκριμένων και μολυσματικών απομονώσεων με τα πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά για να είναι αποτελεσματικά και να επιμένουν σε συνθήκες θερμοκηπίου. Ο συνδυασμός μικροβίων με τις υπάρχουσες και τις νέες τεχνολογίες είναι ήδη πολλά υποσχόμενος, καθώς ο έλεγχος του κλίματος θερμοκηπίου και οι νέες μέθοδοι παράδοσης είναι ήδη διαθέσιμες. Η χρήση ενδοφύτων και ο χειρισμός συμβιόντων για τη βελτίωση του ελέγχου των παρασίτων θα μπορούσε επίσης να δώσει λύσεις σε πολλά από τα τρέχοντα προβλήματα με τα μικροβιακά. Η κατανόηση των οικολογικών συνεπειών της χρήσης μικροβίων σε συνδυασμό με άλλους βιολογικούς παράγοντες ελέγχου χρειάζεται πιο προσεκτική εξέταση, ιδιαίτερα για συστήματα βιολογικής καλλιέργειας θερμοκηπίου που έχουν εξελιχθεί σε πολύπλοκα οικοσυστήματα με επίμονους πληθυσμούς φυσικών εχθρικών ειδών πολλαπλών αρθρώσεων (Gonzalezetal., 2016).

Οι περισσότερες έρευνες ολοκληρωμένης διαχείρισης με βάση την οικολογία επικεντρώθηκαν στην ενσωμάτωση της βοτανικής ποικιλότητας με τον βιολογικό έλεγχο. Ενώ η ενσωμάτωση του βιολογικού ελέγχου είναι πολύ σημαντική, οι περισσότερες από τις κατηγορίες αλληλεπιδράσεων IPM σαφώς περιλαμβάνουν επιπτώσεις ή επί της αντοχής των φυτών. Έτσι, υπάρχουν πολλές ανεξερεύνητες ευκαιρίες για τη βελτίωση της ολοκληρωμένης διαχείρισης μέσω της αναπαραγωγής, αλλά και πολλές προκλήσεις. Οι ερευνητές της IPM έχουν δώσει σχετικά λίγη προσοχή στους ρόλους της φυτικής γενετικής μέχρι στιγμής, αλλά αυτό πρέπει να αλλάξει εάν η IPM θέλει να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητές της. Οι γεωργοί, με τη σειρά τους, θα πρέπει να ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε μελλοντικά προγράμματα IPM σε μεγαλύτερο βαθμό. Η βέλτιστη λύση μπορεί να μην είναι πάντα η μεγιστοποίηση της αντοχής των φυτών, αλλά η βελτιστοποίησή της από μια ολιστική προοπτική ολοκληρωμένης διαχείρισης (Stenberg, 2017).

Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων (IPM) έχει γίνει αποδεκτή και έχει ενσωματωθεί στις δημόσιες πολιτικές και κανονισμούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί μια ολιστική επιστήμη της Ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών. Ως εκ τούτου, τα τρέχοντα προγράμματα IPM μπορεί συχνά να είναι σημαντικά λιγότερο αποτελεσματικά από το άθροισμα των μεμονωμένων ενεργειών προστασίας των καλλιεργειών που εφαρμόζονται χωριστά. Επομένως, υπάρχει σαφής ανάγκη να διατυπωθούν γενικές αρχές για συνδυασμό παραδοσιακών και καινοτόμων ενεργειών Ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών, για τη βελτίωση των προσπαθειών για βελτιστοποίηση λύσεων φυτοπροστασίας.

Οι γεωργοί θα πρέπει να επωφεληθούν από το πλαίσιο IPM, επειδή για παράδειγμα ένας αποτελεσματικός βιολογικός έλεγχος μπορεί να βοηθήσει στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας των φυτών αποδυναμώνοντας τη φυσική επιλογή για την αντιμετώπιση

-αντοχή σε παράσιτα. Επιπλέον, λόγω της εξάρτησης των επιπτώσεων των δράσεων σε άλλα επίπεδα από τα προγράμματα αναπαραγωγής φυτών, οι γεωργοί αναπόφευκτα φέρουν υψηλή ευθύνη για το αποτέλεσμα των προγραμμάτων IPM και πρέπει να εξετάσουν την καταλληλότητα των ποικιλιών τους στα επικρατούντα πλαίσια IPM. Με την Ολοκληρωμένη διαχείριση, η ερευνητική κοινότητα έχει μεγάλη ευθύνη να αντιμετωπίσει τα περίπλοκα επιστημονικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν για να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητές της. Η ενσωμάτωση δράσεων σε όλα τα στοιχεία εντός του οικολογικού τομέα θα απαιτήσει έντονη επίπονη βασική έρευνα, αλλά πιθανότατα θα παράσχει πολυάριθμα ισχυρά αποτελέσματα που θα αυξήσουν τη βιωσιμότητα της γεωργίας. Η νέα επιστήμη της IPM έχει την εγγενή ικανότητα να επιτρέψει την αποτελεσματική και βιώσιμη παραγωγή τροφίμων για να τροφοδοτήσει τον αυξανόμενο πληθυσμό του κόσμου και να αντικαταστήσει ένα μεγάλο ποσοστό τοξικών φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται σήμερα.

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνόγλωσση**

Πολυράκης, Γ. Θ. (2003). Περιβαλλοντική Γεωργία, Αθήνα: Εκδόσεις Ψύχαλου.

Ρούμπος, Ι. (2001). Ολοκληρωμένη Παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Περιοδικό Γεωπονικά, τεύχος, 391, 31-36.

Στεργίου, Φ. (2014). Ολοκληρωμένη και Βιολογική Γεωργία: Προβλήματα Εφαρμογής και Προτεινόμενες Λύσεις, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/26185/1/%CE%9C.%CE%95.-%CE%A3%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%BF%CF%85%20%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%B5%CE%B9%CE%BD%CE%A E.pdf>

Χρίστος Μ. Ολυμπίου (2001). Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στα Θερμοκήπια Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε Αθήνα.

Μίνως Ε. Τζανακάκης ENTOMΟΛΟΓΙΑ (2005) University Studio Press Α.Ε Θεσσαλονίκη.

## Ξενόγλωσση

- Acciarri, N., Restaino, F., Vitelli, G., Perrone, D., Zottini, M., Pandolfini, T. & Rotino, G. L. (2002). Genetically modified parthenocarpic eggplants: improved fruit productivity under both greenhouse and open field cultivation. *BMC biotechnology*, 2(1), 1-7.
- Abdel-Mouty, M.M., Mahmoud, A.R., EL-Desuki, M.& Rizk, F.A. (2011). Yield and fruit quality of eggplant as affected by organic and mineral fertilizers application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7, 196–202.
- Adamczewska-Sowińska, K., & Kołota, E. (2010). Yielding and nutritive value of field cultivated eggplant with the use of living and synthetic mulches. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 9(3), 191-199.
- Adamczewska-Sowińska, K., & Krygier, M. (2013). Yield quantity and quality of field cultivated eggplant in relation to its cultivar and the degree of fruit maturity. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 12(2), 13-23.
- Anja Dieleman, J., Marjolein Kruidhof, H., Weerheim, K., & Leiss, K. (2021). LED Lighting strategies affect physiology and resilience to pathogens and pests in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11, 2087.
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for sustainable development*, 35(4), 1199-1215.
- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., & Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect biochemistry and molecular biology*, 51, 41-51.
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., & Maggi, F. (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial crops and products*, 122, 308-315.
- Bletsos, F., Thanassouloupoulos, C., & Roupakias, D. (2003). Effect of grafting on growth, yield, and Verticillium wilt of eggplant. *HortScience*, 38(2), 183-186.
- Benelli, G., Pavel, R., Zorzetto, C., Sánchez-Mateo, C. C., Santini, G., Canale, A., & Maggi, F. (2019). Insecticidal activity of the essential oil from *Schizogyne sericea* (Asteraceae) on four insect pests and two non-target species. *Entomologia Generalis*, 9-18.
- Bonabana-Wabbi, J., & Taylor, D. B. (2012). A limited dependent variable analysis of integrated pest management adoption in Uganda. *Journal of Agricultural Science and Technology. A*, 2(10A), 1162.



- Book, G. Y. (2004). An overview of our changing environment.
- Bozokalfa, M. K. (2008). Irrigation temperature effects on seedling growth and transplant quality of tomato, pepper and eggplant. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (1), 120-124.
- Bruce, T. J., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (2005). Insect host location: a volatile situation. *Trends in plant science*, 10(6), 269-274.
- Buczowska, H. (2010). Effect of plant pruning and topping on yielding of eggplant in unheated foil tunnel. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 9(3), 105-115.
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment international*, 32(6), 831-849.
- Caruso, G., Pokluda, R., Sękara, A., Kalisz, A., Jezdinský, A., Kopta, T., & Grabowska, A. (2017). Agricultural practices, biology and quality of eggplant cultivated in Central Europe. A review. *Horticultural Science*, 44(4), 201-212.
- Carvalho, F. P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental science & policy*, 9(7-8), 685-692.
- Cericola, F., Portis, E., Toppino, L., Barchi, L., Acciarri, N., Ciriaci, T. & Lanteri, S. (2013). The population structure and diversity of eggplant from Asia and the Mediterranean Basin. *PloS one*, 8(9), e73702.
- Chandler, D., Bailey, AS., Tatchell, GM., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, WP. (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 366, 1987–1998
- Chen, N. C., Kalb, T., Talekar, N. S., Wang, J. F., & Ma, C. H. (2002). Suggested cultural practices for eggplant. *AVRDCTraining Guide*, 1-8.
- Conboy, N. J., McDaniel, T., George, D., Ormerod, A., Edwards, M., Donohoe, P. & Tosh, C. R. (2020). Volatile organic compounds as insect repellents and plant elicitors: an integrated pest management (IPM) strategy for glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Journal of chemical ecology*, 46(11), 1090-1104.
- Costa, E., Durante, L. G. Y., Santos, A. D., & Ferreira, C. R. (2013). Production of eggplant from seedlings produced in different environments, containers and substrates. *Horticultura Brasileira*, 31, 139-146.
- Dada, T. E., Liu, J., Johnson, A. C., Rehman, M., & Gurr, G. M. (2020). Screening barrier plants to reduce crop attack by sweet potato weevil (*Cylas formicarius*). *Pest management science*, 76(3), 894-900.
- Daunay, M. C. (2008). Eggplant. In *Vegetables II* (pp. 163-220). Springer, New York, NY.

- Daunay, M. C., & Janick, J. (2007). History and iconography of eggplant. *Chronica Horticulturae*, 47(3), 16-22.
- De Grazia, J., Tittonell, P. A., & Chiesa, A. (2006, December). Nitrogen fertilization of Eggplant (*Solanum melongena* L. var. *esculentum*) transplants and their impact on crop growth after transplanting. In *IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling* 782(pp. 185-192).
- Deketelaere, S., Tyvaert, L., França, S. C., & Höfte, M. (2017). Desirable traits of a good biocontrol agent against *Verticillium* wilt. *Frontiers in microbiology*, 8, 1186.
- Devine, G. J., & Furlong, M. J. (2007). Insecticide use: Contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human values*, 24(3), 281-306.
- Donzella, G., Spena, A., & Rotino, G. L. (2000). Transgenic parthenocarpic eggplants: superior germplasm for increased winter production. *Molecular breeding*, 6(1), 79-86.
- Edwards, C. A. (1989). The importance of integration in sustainable agricultural systems. *Agriculture ecosystems & environment*, 27(1-4), 25-35.
- Ehi-Eromosele, C. O., Nwinyi, O. C., & Ajani, O. O. (2013). *Integrated pest management*. Intech Open.
- Elliot, S. L., & Mumford, J. D. (2002). Organic, integrated and conventional apple production: why not consider the middle ground? *Crop protection*, 21(5), 427-429.
- EU, (2009a). Directive 2009/127/EC amending Directive 2006/42/EC with regard to machinery for pesticide application. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=%20OJ:L:2009:310:0029:0033:en:PDF>
- EU, (2009). Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=%20OJ:L:2009:309:0071:0086:en:PDF>
- Fallik, E., & Ilic, Z. (2014). Grafted vegetables—the influence of rootstock and scion on postharvest quality. *Folia Horticulturae*, 26(2), 79-90.
- Faltenovich, S., & Welbaum, G. E. (2006, December). Controlling vegetable transplant height using osmotically active compounds. In *IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling* 78(pp. 293-298).
- FAO, (2013). FAOSTAT data 2013. Available at: [www.faostat.org](http://www.faostat.org)

- FAO, (2015). Statistical Database. Available at: [www.faostat.org](http://www.faostat.org)
- FAO, (2021). Available at: <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/ipm/en/>
- Färe, R., Grosskopf, S., & Weber, W. L. (2006). Shadow prices and pollution costs in US agriculture. *Ecological economics*, 56(1), 89-103.
- Faruq, A. N., Islam, M. T., Bhuiyan, M. Z. R., Mamun-ur-Rashid, M., Amin, M. R., & Hoque, S. (2014). Efficacy of soil application with *Trichoderma harzianum* T22 and some selected soil amendments on Fusarium wilt of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Applied Science Reports*, 8(2), 69-74.
- Fradin, E. F., & Thomma, B. P. (2006). Physiology and molecular aspects of Verticillium wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Molecular plant pathology*, 7(2), 71-86.
- Genin, S., & Denny, T. P. (2012). Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* species complex. *Annual review of phytopathology*, 50, 67-89.
- George, D. (2009). Current Status of Crop Biotechnology in Africa. *Environmental Impact of Genetically Modified Crops*. CABI Publishing, Wallingford, 360-382.
- Gh, P., Berar, V., & Balint, M. (2012). Research concerning the behaviour of some eggplant genotypes in field conditions at the Didactic and Research Station in Timisoara (Romania). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 16(2), 45-48.
- Gonzalez, F., Tkaczuk, C., Dinu, M. M., Fiedler, Z., Vidal, S., Zchori-Fein, E., & Messelink, G. J. (2016). New opportunities for the integration of microorganisms into biological pest control systems in greenhouse crops. *Journal of Pest Science*, 89(2), 295-311.
- Hassan, I., Jatoi, S. A., Arif, M., & Siddiqui, S. U. (2015). Genetic variability in eggplant for agro-morphological traits. *Science Technology and Development*, 34, 35-40.
- Hillocks, R. J., & Cooper, J. E. (2012). Integrated pest management—can it contribute to sustainable food production in Europe with less reliance on conventional pesticides? *Outlook on Agriculture*, 41(4), 237-242.
- Huang, N., Enkegaard, A., Osborne, L. S., Ramakers, P. M., Messelink, G. J., Pijnakker, J., & Murphy, G. (2011). The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(3), 259-278.
- Humber, R. A. (2012). Entomophthoromyota: a new phylum and reclassification for entomophthoroid fungi. *Mycotaxon*, 120(1), 477-492.

- Irwin, M. E. (1999). Implications of movement in developing and deploying integrated pest management strategies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 97(4), 235-248.
- Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., & Wickens, J. B. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), E7863-E7870.
- Kamili, I.A., Zargar, M.Y. & Chattoo, M.A. (2002). Effect of microbial inoculants, chemical nitrogen and their combination on brinjal (*Solanum melongena*). *Vegetable Science*, 29, 87–89.
- Kefalogianni, I., Gkizi, D., Pappa, E., Dulaj, L., Tjamos, S. E., & Chatzipavlidis, I. (2017). Combined use of biocontrol agents and zeolite as a management strategy against *Fusarium* and *Verticillium* wilt. *BioControl*, 62(2), 139-150.
- Kikuchi, K., Honda, I., Matsuo, S., Fukuda, M., & Saito, T. (2008). Stability of fruit set of newly selected parthenocarpic eggplant lines. *Scientia Horticulturae*, 115(2), 111-116.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual review of entomology*, 43(1), 243-270.
- Kubota, C., McClure, M. A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G., & Roskopf, E. N. (2008). Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. *HortScience*, 43(6), 1664-1669.
- Kürklü, A. (1998). Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(4), 341-348.
- Lacey, LA., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, DI., Frutos, R., Brown bridge, M. & Goettel, MS. (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal Invertebr Pathol*, 132, 1–41
- Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L., & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 93-105.
- Lefebvre, M., Langrell, S. R., & Gomez-y-Paloma, S. (2015). Incentives and policies for integrated pest management in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 27-45.
- Lewis, W. J., Van Lenteren, J. C., Phatak, S. C., & Tumlinson, J. H. (1997). A total system approach to sustainable pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(23), 12243-12248.
- Li, H., Cheng, F., Wei, Y., Lydy, M. J., & You, J. (2017). Global occurrence of pyrethroid insecticides in sediment and the associated toxicological effects on

- benthic invertebrates: an overview. *Journal of hazardous materials*, 324, 258-271.
- Maehara, A., Nakahara, H., Mori, T., & Matsuzoe, N. (2017). Biological control of Verticillium wilt in eggplant using a Ralstonia solanacearum non-pathogenic mutant strain. *Horticultural Research (Japan)*, 16(4), 497-502.
- Majkowska-Gadomska J.&Wierzbicka B. (2013). Effect of the biostimulator Asahi SL on the mineral content of eggplants (*Solanum melongena* L.) grown in an unheated plastic tunnel. *Journal of Elementology*, 18, 269–276
- Markiewicz, B., Golcz, A., & Kujawski, P. (2008). Effect of plant nutritional status on the yield of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in organic substrates. Part I. Nitrogen, phosphorus, potassium. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 7(2), 11-20.
- Matlock Jr, R. B., & de la Cruz, R. (2002). An inventory of parasitic Hymenoptera in banana plantations under two pesticide regimes. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93(1-3), 147-164.
- Michałojć, Z., & Buczkowska, H. (2011). Yield and Eggplant Fruit Quality (*Solanum melongena* L.) Dependent on Plant Training and Nitrogen Fertilization. *Ecological Chemistry and Engineering. A*, 18(1), 73-81.
- Moncada, A., Miceli, A., Vetrano, F., Mineo, V., Planeta, D., & D'Anna, F. (2013). Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae*, 149, 108-114.
- Moreno, C. R., & Racelis, A. E. (2015). Attraction, repellence, and predation: Role of companion plants in regulating *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphidae) in organic kale systems of south Texas. *Southwestern Entomologist*, 40(1), 1-14.
- Mori, T., Inada, T., Ogawa, K., Matsusaki, H., & Matsuzoe, N. (2012). Phenotypic conversion of *Ralstonia solanacearum* in water extract of *Solanum toxicarium*. *Journal of Plant Pathology*, 535-542.
- Nakahara, H., Mori, T., Sadakari, N., Matsusaki, H., & Matsuzoe, N. (2016). Selection of effective non-pathogenic *Ralstonia solanacearum* as biocontrol agents against bacterial wilt in eggplant. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123(3), 119-124.
- Nakahara, H., Mori, T., & Matsuzoe, N. (2021). Screening of phenotypic conversion mutant strains of *Ralstonia solanacearum* for effective biological control of Verticillium wilt in eggplant. *Crop Protection*, 142, 105530.
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., & Hagler, J. R. (2004). Conservation of natural enemies in cotton: role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. *Biological Control*, 30(1), 52-72.

- Orr, A. (2003). Integrated pest management for resource-poor African farmers: Is the emperor naked? *World Development*, 31(5), 831-845.
- Parrella, M. P., Hansen, L. S., & Van Lenteren, J. C. (1999). Glasshouse environments. In *Handbook of biological control*(pp. 819-839). Academic Press.
- Payton Miller, T. L., & Rebek, E. J. (2018). Banker plants for aphid biological control in greenhouses. *Journal of Integrated Pest Management*, 9(1), 9.
- Pessaraki, M.M.&Dris, R. (2003). Effects of pruning and spacing on the yield and quality of eggplant. *Food, Agriculture and Environment*, 1, 215–216.
- Pilkington, L.J., Messelink, G., van Lenteren, J.C., & Le Mottee, K. (2010). Protected Biological Control—Biological pest management in the greenhouse industry. *Biol Control*, 52, 216–220
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In *Integrated pest management*(pp. 47-71). Springer, Dordrecht.
- Pimentel, D., & Andow, D. A. (1984). Pest management and pesticide impacts. *International Journal of Tropical Insect Science*, 5(3), 141-149.
- Prabhu, M., Veeraragavathatham, D., Srinivasan, K., & Natarajan, S. (2006). Effect of nitrogen and phosphorus on earliness and yield of brinjal hybrid COBH 1. *Agricultural Science Digest*, 26(3), 218-220.
- Prado, S. G., S. E. Jandricic, and S. D. Frank. 2015. Ecological interactions affecting the efficacy of *Aphidius colemani* in greenhouse crops. *Insects*. 6: 538–575.
- Pretty, J. (2018). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science*, 362 (6417).
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441-446.
- Pretty, J. N., Brett, C., Gee, D., Hine, R. E., Mason, C. F., Morison, J. I. L. & van der Bijl, G. (2000). An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural systems*, 65(2), 113-136.
- Rabasse, J. M., & van Steenis, M. J. (1999). Biological control of aphids. In *Integrated pest and disease management in greenhouse crops* (pp. 235-243). Springer, Dordrecht.
- Raeyat, Z., Razmjou, J., Naseri, B., Ebadollahi, A., & Krutmuang, P. (2021). Evaluation of the Susceptibility of Some Eggplant Cultivars to Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae). *Agriculture* 2021, 11, 31.

- Resh, V. H., Lévêque, C., & Statzner, B. (2004). Long-term, large-scale biomonitoring of the unknown: assessing the effects of insecticides to control river blindness (onchocerciasis) in West Africa. *Annual Reviews in Entomology*, 49(1), 115-139.
- Rihn, A., & Khachatryan, H. (2016). Does consumer awareness of neonicotinoid insecticides influence their preferences for plants? *HortScience*, 51(4), 388-393.
- Sandler, H. A. (2008). Challenges in integrated pest management for Massachusetts cranberry production: A historical perspective to inform the future. *Crop Protection Research Advances*. New York, NY: Nova Science Publishers, 21-55.
- Sekara, A., Kalisz, A., Pohl, A., Gaweda, M., & Baczek-Kwinta, R. (2015). The effect of abiotic stresses applied in the juvenile phase of eggplant on the chemical composition of seedlings and fruits. *The effect of abiotic stresses applied in the juvenile phase of eggplant on the chemical composition of seedlings and fruits*, 26-43.
- Sekara, A., Cebula, S., & Kunicki, E. (2007). Cultivated eggplants—origin, breeding objectives and genetic resources, a review. *Folia Horticulturae*, 19(1), 97-114.
- Sibly, R. M., Newton, I., & Walker, C. H. (2000). Effects of dieldrin on population growth rates of sparrowhawks 1963–1986. *Journal of Applied Ecology*, 37(3), 540-546.
- Stenberg, J. A. (2017). A conceptual framework for integrated pest management. *Trends in plant science*, 22(9), 759-769.
- Swinton, S. M., & Day, E. (2000). *Economics in the design, assessment, adoption, and policy analysis of IPM* (No. 1099-2016-89279).
- Vachon, V., Laprade, R., & Schwartz, J. L. (2012). Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: a critical review. *Journal of invertebrate pathology*, 111(1), 1-12.
- Van Driesche, R. G., Lyon, S., Sanderson, J. P., Bennett, K. C., Stanek III, E. J., & Zhang, R. (2008). Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Florida Entomologist*, 91(4), 583-591.
- van Lenteren, J. C. (2000). A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? *Crop protection*, 19(6), 375-384.
- Van Lenteren, J. C. (2000b). Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In *Biological control: measures of success* (pp. 77-103). Springer, Dordrecht.
- Van Lenteren, J. C., Nicoli, G., Heinz, K. M., & Parella, M. P. (2004). Quality control of mass-produced beneficial insects. *Biocontrol in protected culture*, 503-526.

- Van Lenteren, J.C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol* 57, 1–20
- WHO (World Health Organization) (1990). WHO: Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture. Geneva: World Health Organization.
- Wagstaff, H. (1987). Husbandry methods and farm systems in industrialized countries which use lower levels of external inputs: a review. *Agriculture, ecosystems & environment*, 19(1), 1-27.
- Wang, J. X., Gao, T. G., & Knapp, S. (2008). Ancient Chinese literature reveals pathways of eggplant domestication. *Annals of botany*, 102(6), 891-897.
- Waterfield, G., & Zilberman, D. (2012). Pest management in food systems: an economic perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 223-245.
- Weese, T. L., & Bohs, L. (2010). Eggplant origins: out of Africa, into the Orient. *Taxon*, 59(1), 49-56.
- Weintraub, P. G., Recht, E., Mondaca, L. L., Harari, A. R., Diaz, B. M., Bennison, J., & Siebert, M. W. (2017). Arthropod pest management in organic vegetable greenhouses. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1).
- Xie, H. C., Chen, J. L., Cheng, D. F., Zhou, H. B., Sun, J. R., Liu, Y., & Francis, F. (2012). Impact of wheat–mung bean intercropping on English grain aphid (Hemiptera: Aphididae) populations and its natural enemy. *Journal of economic entomology*, 105(3), 854-859.
- Xu, Q., Hatt, S., Lopes, T., Zhang, Y., Bodson, B., Chen, J., & Francis, F. (2018). A push–pull strategy to control aphids combines intercropping with semiochemical releases. *Journal of pest science*, 91(1), 93-103.
- Yucel, S., Elekcioolu, Y. H., Can, C., Soout, M. A., & Ozarslandan, A. (2007). Alternative techniques to control wilts in vegetables. *Turkish Journal of Agriculture*, 31, 47-53.
- Zaro, M. J., Keunchkarian, S., Chaves, A. R., Vicente, A. R., & Concellón, A. (2014). Changes in bioactive compounds and response to postharvest storage conditions in purple eggplants as affected by fruit developmental stage. *Postharvest Biology and Technology*, 96, 110-117.
- Zhang, X. M., Yang, N. W., Wan, F. H., & Lovei, G. L. (2014). Density and seasonal dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) Mediterranean on common crops and weeds around cotton fields in northern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(10), 2211-2220.
- Zhang, X. M., Lövei, G. L., Ferrante, M., Yang, N. W., & Wan, F. H. (2020). The potential of trap and barrier cropping to decrease densities of the whitefly



*Bemisia tabaci* MED on cotton in China. *Pest management science*, 76(1), 366-374.

Zhao, J. Z., Li, Y. X., Collins, H. L., Gusukuma-Minuto, L., Mau, R. F. L., Thompson, G. D., & Shelton, A. M. (2002). Monitoring and characterization of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to Spinosad. *Journal of Economic Entomology*, 95(2), 430-436.

Zindel, R., Gottlieb, Y., & Aebi, A. (2011). Arthropod symbioses: a neglected parameter in pest-and disease-control programmes. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 864-872.