



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»**

“Συγκριτική μελέτη της συμπεριφοράς και αποτελεσματικότητας του νέου αφιδοκτόνου ACTARA (δ.ο. thiamethoxam), με εφαρμογή του μέσω ριζοποτίσματος και μέσω ψεκασμού φυλλώματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, σε καλλιέργεια τομάτας, για την αντιμετώπιση του αλευρώδη των θερμοκηπίων *Trialeurodes vaporariorum*”

ΔΗΜΗΤΡΑ Ι. ΤΣΟΡΛΙΑΝΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2013





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»**

“Συγκριτική μελέτη της συμπεριφοράς και αποτελεσματικότητας του νέου αφιδοκτόνου ACTARA (δ.ο. thiamethoxam), με εφαρμογή του μέσω ριζοποτίσματος και μέσω ψεκασμού φυλλώματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, σε καλλιέργεια τομάτας, για την αντιμετώπιση του αλευρώδη των θερμοκηπίων *Trialeurodes vaporariorum*”

ΔΗΜΗΤΡΑ Ι. ΤΣΟΡΑΙΑΝΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2013



Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες», το οποίο αποτελεί σύμπραξη του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με το Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας προέκυψε από την διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη προστασίας τόσο της ανθρώπινης υγείας όσο και του περιβάλλοντος, από τη χρήση φυτοφαρμάκων. Για την καλλιέργεια των φυτικών ειδών έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικοί τρόποι, κάποιοι λιγότερο και κάποιοι περισσότερο διαφορετικοί από τη καλλιέργεια του εδάφους. Η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί έναν από αυτούς τους τρόπους και μάλιστα συνιστά έναν σχετικά νέο, αλλά δυναμικό και ταχύτατα εξελισσόμενο τρόπο. Αυτό το καινούργιο πεδίο άνοιξε νέους ορίζοντες σε βασικούς κλάδους της Γεωπονίας όπως η θρέψη, η λίπανση των φυτών αλλά και η φυτοπροστασία. Στον ελεγχόμενο χώρο του θερμοκηπίου δημιουργούνται διαφορετικά δεδομένα σε σχέση με τον αγρό. Επομένως είναι επιτακτική η ανάπτυξη της έρευνας σε αυτό τον τομέα της καλλιέργειας των φυτών.

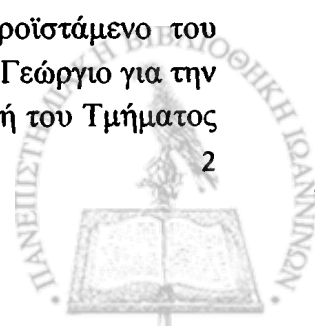
Αναφορικά με τον κλάδο της φυτοπροστασίας στις υδροπονικές καλλιέργειες, προτάθηκε και εν συνεχεία εφαρμόστηκε η χορήγηση της φυτοπροστατευτικής ουσίας μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Με τον τρόπο αυτό μειώθηκε η άμεση επαφή αυτών των ενώσεων με το προσωπικό και ταυτόχρονα η εξάτμιση τους κατά τη διάρκεια της εφαρμογής, η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη στο χώρο του θερμοκηπίου.

Η ύπαρξη διαφορετικών υποστρωμάτων στις υδροπονικές καλλιέργειες μεταβάλλει τη πορεία που ακολουθούν τα φυτοφάρμακα από τη στιγμή της εφαρμογής τους και μετά. Έτσι λοιπόν, ή δεν υφίστανται ή λαμβάνουν χώρα με τελείως διαφορετικό οι φυσικές, χημικές και μικροβιακές διεργασίες που σχετίζονται με τη μεταφορά και τη διάσπαση των αγροχημικών. Επιπλέον η καλλιέργεια φυτικών ειδών σε υποστρώματα επηρεάζει τη χορηγούμενη δοσολογία της φυτοπροστατευτικής ουσίας συμεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο την αποτελεσματικότητα αλλά και την παρουσία της στον περιβάλλοντα χώρο. Αναζητώντας πληροφορίες για τη ποσότητα εφαρμογής και το χρονικό διάστημα από την τελευταία επέμβαση, διαπιστώθηκε ότι οι φαρμακευτικές εταιρίες όχι μόνο δεν έχουν τους αντίστοιχους καταλόγους για τις υδροπονικές καλλιέργειες αλλά επίσημα δεν συνιστούν την εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων μέσω του θρεπτικού διαλύματος.

Η παρούσα εργασία μελετά τη δραστική ουσία Thiamethoxam, η οποία ανήκει στην κατηγορία των Νεονικοτινοειδών. Τα τελευταία αποτελούν μια σημαντική κατηγορία εντομοκτόνων με ευρύ φάσμα εφαρμογών και ανάλογο πεδίο έρευνας. Η υπό μελέτη δραστική ουσία χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση των αφίδων, του φυλλοκνίστη και του αλευρώδη. Στην συγκεκριμένη μελέτη ερευνήθηκε η συμπεριφορά, η κινητικότητα, η υπολλειματικότητα του Thiamethomax καθώς και η αποτελεσματικότητα του έναντι του Αλευρώδη του Θερμοκηπίου (*Trialeurodes vaporariorum*) σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας, σε υπόστρωμα περλίτη και πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο φαρμακολογίας και στο θερμοκήπιο του Τμήματος Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Σκοπός αυτής της διατριβής είναι να δώσει κάποιες πρώτες απαντήσεις, αρχικά για τη συμπεριφορά και την αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης ένωσης αλλά και γενικότερα των φυτοφαρμάκων στις υδροπονικές καλλιέργειες.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Επίκουρο καθηγητή και Προϊστάμενο του Τμήματος Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου κ. Πατακιούτα Γεώργιο για την ιδέα της συγκεκριμένης εργασίας, τη καθοδήγηση και τη βοήθεια του, τον Καθηγητή του Τμήματος



Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Αλμπάνη Τριαντάφυλλο για τη συμβολή του στην πραγματοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας καθώς και τους Καθηγητές κ. Μάνο Γεώργιο του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου και κ. Παπαδόπουλο Γεώργιο του τμήματος Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου για την παραχώρηση των απαραίτητων εργαστηριακών οργάνων για την εκτέλεση και ολοκλήρωση του αναλυτικού μέρους του πειράματος.

Επίσης ένα θερμό ευχαριστώ οφείλω στους συμφοιτητές μου Λώλη Παναγιώτα, Ντάτση Γεωργία, Μαγκλάρα Λεωνίδα και Αναγνώστου Μυρτώ – Γλυκερία καθώς και στις φοιτήτριες του τμήματος Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου Λούτσου Βασιλική και Σακκά Αθανασία για την ουσιαστική συνεργασία που είχαμε.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς, την αδελφή μου, τον άντρα μου και την κόρη μου για την ηθική συμπαράσταση, τη βοήθεια, τη κατανόηση και την υποστήριξη που δείχνουν στις αποφάσεις μου όλα αυτά τα χρόνια.

REPORT: 1500-201-000

1. What is the purpose of the document?

[illegible]

Page 2 of 2

1.1.1. General description of the system

1. State of Texas County of Tarrant City of Fort Worth

[illegible]

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1° Υδροπονία και Υδροπονικά Συστήματα

1.1. Εισαγωγή	7
1.1.1. Ορισμοί	7
1.1.2. Ιστορική Αναδρομή	7
1.1.3. Υφιστάμενη κατάσταση	8
1.2. Συστήματα και Μέθοδοι Υδροπονικών Καλλιεργειών	9
1.2.1. Μέθοδοι καλλιέργειας χωρίς στερεά υποστρώματα	9
1.2.1.1. Καλλιέργεια σε ρέον θρεπτικό διάλυμα	9
1.2.1.1.1. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT)	9
1.2.1.1.2. Καλλιέργεια σε πολλαπλά κανάλια (NGS)	10
1.2.1.1.3. Καλλιέργεια σε λεκάνες θρεπτικού διαλύματος	10
1.2.1.2. Καλλιέργεια σε ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα	11
1.2.1.2.1. Καλλιέργεια με τη μέθοδο της αεροπονίας	11
1.2.2. Καλλιέργεια σε ανόργανα αδρανή υποστρώματα	11
1.2.2.1. Καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά	11
1.2.2.2. Καλλιέργεια σε ανόργανα πορώδη υποστρώματα	12
1.3. Συστήματα κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος	13
1.3.1. Το κλειστό Υδροπονικό Σύστημα (Closed / Recirculating)	13
1.3.2. Το ανοιχτό Υδροπονικό Σύστημα (Open)	13
1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υδροπονικών καλλιεργειών	14

Κεφάλαιο 2° Υποστρώματα – Θρεπτικό Διάλυμα

2.1. Το υπόστρωμα	16
2.1.1. Φυσικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος	16
2.1.2. Χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος	16
2.2. Το θρεπτικό διάλυμα	17

Κεφάλαιο 3° Φυτοφάρμακα και Υδροπονική Καλλιέργεια

3.1. Τρόπος εφαρμογής φυτοφαρμάκων στην υδροπονία	20
3.2. Φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία	20
3.3. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα	20
3.3.1. Φυσικές διεργασίες	21
3.3.2. Χημικές, μικροβιακές και φωτοχημικές διεργασίες	21
3.4. Τα εντομοκτόνα	22
3.5. Κατηγορίες Εντομοκτόνων	23



Κεφάλαιο 4^ο Η καλλιέργεια της τομάτας και η αντιμετώπιση του αλευρώδη των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)

4.1. Η καλλιέργεια της τομάτας στην Ελλάδα και την Ευρώπη	25
4.2. Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο	25
4.3. Περιγραφή της θερμοκηπιακής καλλιέργειας της τομάτας	26
4.4. Κλίμα και έδαφος	27
4.5. Βελτίωση γενετικού υλικού – υβρίδια	28
4.6. Παραγωγή σπόρου	29
4.7. Ασθένειες – ζωικά παράσιτα	30
4.8. Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	32
4.9. Χημική αντιμετώπιση του αλευρώδη	34

Κεφάλαιο 5^ο Φυτικοχημικές ιδιότητες του Thiamethoxam – Αναλυτικές Τεχνικές

5.1. Τα Νεονικοτινοειδή	36
5.1.1. Τρόπος δράσης των Νεονικοτινοειδών	37
5.1.2. Μεταβολική οδός των Νεονικοτινοειδών	38
5.2. Ταυτότητα, Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Thiamethoxam	39
5.3. Το φάσμα δράσης	43
5.4. Μέγιστο Όριο Υπολειμματικότητας (Maximum Residue Limits – MRLs)	47

Κεφάλαιο 6^ο Πειραματικός Σχεδιασμός

6.1. Το θερμοκήπιο	48
6.2. Η πειραματική υδροπονική καλλιέργεια τομάτας	48
6.3. Το Φυτοφάρμακο	48
6.4. Το υπόστρωμα καλλιέργειας	49
6.5. Η λειτουργία του υδροπονικού συστήματος	50
6.6. Το θρεπτικό διάλυμα	51
6.6.1. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος για το πείραμα	52
6.7. Πειραματικός σχεδιασμός – Εφαρμογή του Thiamethoxam	54
6.7.1. Χρόνος	54
6.7.2. Εφαρμογή φυτοφαρμάκου	54
6.7.3. Δειγματοληψίες και αριθμός δειγμάτων	54
6.8. Ανάλυση δειγμάτων	55
6.8.1. Αντιδραστήρια – Διαλύτες – Εξοπλισμός	55



6.8.2. Συνθήκες Λειτουργίας του Χρωματογράφου – Εσωτερικά Πρότυπα	56
6.8.3. Διαδικασία Ανάλυσης Δειγμάτων	58

Κεφάλαιο 7^ο Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

7.1. Συμπεριφορά Thiamethoxam στο θρεπτικό διάλυμα	61
7.2. Συμπεριφορά Thiamethoxam στους φυτικούς ιστούς της τομάτας	63
7.3. Συμπεριφορά Thiamethoxam στα δείγματα καρπού της τομάτας	66
7.4. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Thiamethoxam ενάντια στον αλευρώδη των θερμοκηπίων (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	68
7.5. Γενικά συμπεράσματα πειράματος	71

Βιβλιογραφία	74
---------------------	-----------



Κεφάλαιο 1^ο Υδροπονία και Υδροπονικά Συστήματα

1.1 Εισαγωγή

1.1.1. Ορισμοί

Με την ευρεία έννοια του όρου, **Υδροπονία (Hydroponics)** ή χωρίς έδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Ορισμένες φορές αναφέρεται και ως τεχνητή καλλιέργεια και ανέδαφος γεωργία (soiless culture). Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα, στη περίπτωση που χρησιμοποιούνται οργανικά ή άλλα μη αδρανή υποστρώματα.

Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (Hydroponics). Με τη χρήση της υδροπονίας ως μέσο ανάπτυξης των φυτών, τα φυτά καλλιεργούνται είτε επάνω σε πορώδη αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα, είτε σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα (Μαυρογιαννόπουλος., 2006).

Εκτός του όρου υδροπονία, έχουν επικρατήσει και άλλοι όροι όπως αυτός της **υδροκαλλιέργειας (water culture)**, που στα ελληνικά είναι ταυτόσημος με την υδροπονία. Στη διεθνή βιβλιογραφία όμως ο όρος **water culture** αναφέρεται αποκλειστικά σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε καθαρό διάλυμα, ενώ ο όρος **hydroculture** αναφέρεται σε υδροπονικές καλλιέργειες ανθοκομικών φυτών που αναπτύσσονται σε φυτοδοχεία με αδρανή υλικά, όπως ο περλίτης και η διογκωμένη άργιλος, που τροφοδοτούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα με θρεπτικό διάλυμα (Καρράς., 2003)

Η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί μια επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι επιτυγχάνει βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας και οδηγεί αφενός σε αύξηση της απόδοσης των φυτών και αφετέρου σε βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Εξίσου σημαντική είναι και η δυνατότητα καλλιέργειας φυτών σε περιοχές με κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

1.1.2. Ιστορική Αναδρομή

Από το Μεσαίωνα μέχρι το 18^ο αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρεφόταν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο στήριξη. Οι επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας τέθηκαν από τους Γερμανούς φυσιολόγους Sachs και Knor κατά την περίοδο από το 1860 έως το 1900 (Καρράς., 2003).

Κατά την περίοδο 1860 έως το 1900 στη Γερμανία, η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας. Σύμφωνα με τον Hewit (1966), οι Γερμανοί φυσιολόγοι Sachs (1860) και Knor (1860) ήταν οι πρώτοι που καλλιέργησαν φυτά σε παρασκευασμένα θρεπτικά διαλύματα όταν προσπάθησαν να προσδιορίσουν το είδος και την ποσότητα των ανόργανων στοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών. Η πυκνότητα των διαλυμάτων σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία κυμαινόταν από 0,1- 0,6% και την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν ως απαραίτητα 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.



Μετά το 1900, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (ωσμωτική πίεση, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, οξύτητα).

Το 1914 ο W.E.Tottindham δημοσίευσε μια ερευνητική εργασία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 atm ωσμωτική πίεση με βάση το διάλυμα Knops. Ο Hoagland το 1919 -1920 βρήκε ότι διαλύματα με συγκέντρωση στοιχείων από 0,48 έως 1,45% έδιναν καλό αποτέλεσμα, αρκεί να γινόταν συχνή ανανέωση. Κατά τη περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υπόστρωμα άμμου.

Με τις εργασίες τους το 1923 οι A.L.Bakke και L.W.Erdman αποδεικνύουν ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους. Λίγα χρόνια μετά και συγκεκριμένα το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση υδροπονικών καλλιεργειών στο θερμοκήπιο στις Η.Π.Α. και τη Β. Ευρώπη. Γρήγορα όμως εγκαταλείφθηκε λόγω διαφόρων τεχνικών προβλημάτων καθώς και της υψηλής τιμής των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούσαν.

Η μεγάλη πρακτική εφαρμογή της υδροπονίας ξεκινά από το Β' Παγκόσμιο πόλεμο, με σκοπό να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες των αμερικανικών στρατευμάτων και πολιτών στα νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού (Cooper, 1979, Jones, 1982).

Από το 1950 και μετά ο Steiner ανέπτυξε την τεχνική της καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT), που από το 1966 και έπειτα είχε σημαντική εξάπλωση στη Μ. Βρετανία, με τις προσπάθειες του Cooper. Το 1976 στη Μ. Βρετανία, αναπτύχθηκε η τεχνική της καλλιέργειας με αδρανές υλικό, τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη σήμερα.

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σ' όλο τον κόσμο, πάρα πολλές μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), καθώς και πολλά εθνικά Ινστιτούτα, ασχολούνται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και προωθούν την έρευνα στον τομέα αυτό.

Η υδροπονία κερδίζει συνεχώς έδαφος λόγω της κατάργησης μιας σειράς χημικών απολυμαντικών εδάφους, των προβλημάτων από την κόπωση των εδαφών, της εξάρσης των εδαφογενών ασθενειών και των υψηλών αποδόσεων και κυρίως της δυνατότητας χρήσης των όποιων κατάλληλων χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Παράλληλα υπάρχει σημαντική υποστήριξη από σύγχρονες μεθόδους και συσκευές χημικών αναλύσεων που σημείωσαν εξαιρετική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, ενώ επιτρέπουν τον ακριβή προσδιορισμό των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών, χωρίς να υπάρχει επιβάρυνση τόσο του περιβάλλοντος όσο και της ανθρώπινης υγείας.

1.1.3. Υφιστάμενη κατάσταση

Η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει σήμερα δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου και ιδιαίτερα στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία, περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-82, έφθασαν πάνω από 100.000 στρέμματα σήμερα. Σχεδόν όλα τα παραγόμενα κηπευτικά σ' αυτή τη χώρα παράγονται υδροπονικά. Στη Βόρειο Αμερική εκτιμάται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των καρποφόρων λαχανικών, που καταναλώνονται, παράγονται υδροπονικά, ανεξάρτητα από τη χώρα παραγωγής τους. Κατ'



εκτίμηση, η καλλιεργούμενη έκταση με υδροπονικές μεθόδους σε διάφορες χώρες παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 1.1. Καλλιεργούμενη έκταση σε υδροπονικά συστήματα σε διάφορες χώρες.
(Μαυρογιαννόπουλος, 2006)

Ιαπωνία	120.000 στρέμματα
Αυστραλία	100.000 στρέμματα
Ολλανδία	100.000 στρέμματα
Ισπανία	40.000 στρέμματα
Γαλλία	20.000 στρέμματα
Καναδάς	15.000 στρέμματα
Μ. Βρετανία	8.000 στρέμματα
USA	5.000 στρέμματα
Ιταλία, Βέλγιο, Δανία	5.000 στρέμματα
Ισραήλ	5.000 στρέμματα
Κίνα	1.500 στρέμματα

Η καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα είναι περίπου 2.000 στρ. και γίνεται με τη μέθοδο πετροβάμβακα, μεμβράνης θρεπτικού διαλύματος, σάκων περλίτη, σάκων ελαφρόπετρας, κλπ.

Η συνολική έκταση σ' όλο τον κόσμο εκτιμάται κάπως μικρότερη από 600.000 στρέμματα. Οι κυριότερες εμπορικές μέθοδοι καλλιέργειας είναι: καλλιέργεια σε υπόστρωμα πετροβάμβακα (Rockwool Culture), καλλιέργεια σε σάκους ινών καρύδας, καλλιέργεια σε περλίτη και καλλιέργεια σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT). Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό, είναι η καλλιέργεια σε πριονίδι (π.χ. στον Καναδά). Περιπτώσιακά χρησιμοποιείται σ' όλο τον κόσμο και η καλλιέργεια σε χαλίκι μικρής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό). (Μαυρογιαννόπουλος, 2006)

1.2. Συστήματα και Μέθοδοι Υδροπονικών Καλλιεργειών

Ανάλογα με τη τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό, οι υδροπονικές καλλιέργειες ταξινομούνται σε διάφορα συστήματα και μεθόδους. Οι τρεις κυριότερες μέθοδοι είναι: η καλλιέργεια χωρίς στερεό υπόστρωμα, η καλλιέργεια σε ανόργανο αδρανές υπόστρωμα και η καλλιέργεια σε οργανικό υπόστρωμα.

Επειδή το οργανικό υπόστρωμα δεν είναι εντελώς αδρανές, η καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα δε συμπεριλαμβάνεται από μερικούς ερευνητές στην καθαρή υδροπονία, αλλά θεωρείται ως ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας χωρίς έδαφος.

1.2.1. Μέθοδοι καλλιέργειας χωρίς στερεά υποστρώματα

1.2.1.1. Καλλιέργεια σε ρέον θρεπτικό διάλυμα

1.2.1.1.1. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT)

Εδώ τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια όπου ρέει ένα πολύ ρηχό ρεύμα (2-3mm) ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος με ρυθμό ροής 1-2l/h (Maloupa, 2002). Η ρίζα αναπτύσσεται επάνω στο θρεπτικό διάλυμα χωρίς να υπάρχει κανένα άλλο υπόστρωμα. Η ανάπτυξη της ρίζας οδηγεί στη δημιουργία ενός πλέγματος ριζών στο οποίο συμπλέκονται όλες οι ρίζες των φυτών του καναλιού και αυτό αποτελεί το κάτω στήριγμα των φυτών. Το ρηχό ρεύμα του θρεπτικού διαλύματος περνά κάτω από το ριζικό πλέγμα, ενώ το επάνω μέρος του ριζικού πλέγματος - αν και είναι υγρό - βρίσκεται περισσότερο στον αέρα, γεγονός που του επιτρέπει καλή οξυγόνωση. Το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοτείται από το υψηλότερο σημείο του καναλιού και με τη βαρύτητα καταλήγει στο χαμηλότερο σημείο, απ' όπου με σωληνώσεις επιστρέφει στη δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος.

Για να έχει σωστή απόδοση η παραπάνω μέθοδος, θα πρέπει το κανάλι να έχει ομοιόμορφη κλίση ώστε η ροή του νερού να μην παρουσιάζει ανωμαλίες όπως επίσης το πλάτος του καναλιού να είναι αρκετό προκειμένου το νερό να ρέει ομοιόμορφα σε όλο το μήκος. Η βάση του καναλιού να είναι τελείως επίπεδη και οριζόντια και τέλος η παροχή του θρεπτικού διαλύματος να ρυθμίζεται συνεχώς κατά τέτοιο τρόπο, ώστε στο τέλος των καναλιών να υπάρχει πάντα μια μικρή ροή, χωρίς όμως να υψώνεται η στάθμη του διαλύματος στα κανάλια.

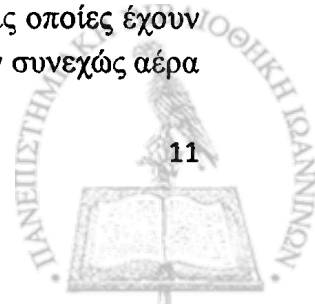
1.2.1.1.2. Καλλιέργεια σε πολλαπλά κανάλια (NGS)

Με τη μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια κατασκευασμένα από πλαστικό φύλλο, λευκό από την έξω πλευρά και μαύρο από την εσωτερική, χωρίς πορώδες υπόστρωμα. Το κάθε κανάλι αποτελείται από τρία τουλάχιστον επίπεδα (το ένα κάτω από το άλλο), τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με μεγάλες οπές. Το κάθε κανάλι κρέμεται από δύο οριζόντια σύρματα που στηρίζονται σε κατακόρυφα στηρίγματα μπηγμένα στο έδαφος, με τέτοιο τρόπο που το κανάλι να έχει μια κλίση 1,5%.

Το θρεπτικό διάλυμα απλώνεται στη βάση του πρώτου επιπέδου και ρέει με τη βαρύτητα στραγγίζοντας ως το κατώτερο επίπεδο, απ' όπου επιστρέφει στο δοχείο του θρεπτικού διαλύματος. Το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται. Η ρίζα αναπτύσσεται στο θρεπτικό διάλυμα διεισδύοντας σε όλα τα επίπεδα. Αυτή η μέθοδος θεωρείται ότι πλεονεκτεί έναντι του NFT, γιατί επιτρέπει καλύτερη οξυγόνωση και υπάρχει η δυνατότητα μεγαλύτερης παροχής νερού από αυτό που απορροφά η ρίζα, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα αερισμού και γι' αυτό δεν απαιτείται συνεχής ρύθμιση της παροχής του νερού.

1.2.1.1.3. Καλλιέργεια σε λεκάνες θρεπτικού διαλύματος

Τα φυτά αναπτύσσονται σε λεκάνες πλάτους 80 εκατοστών και βάθους 20-30 εκατοστών. Οι λεκάνες είναι συνεχώς γεμάτες με θρεπτικό διάλυμα και τα φυτά έχουν συνεχώς εμβαπτισμένη τη ρίζα τους στο διάλυμα. Τα φυτά συνήθως τοποθετούνται σε πλάκες πολυστερίνης στις οποίες έχουν διανοιχτεί οπές για να περάσουν οι ρίζες. Σε αυτό το σύστημα αντλίες αέρα προωθούν συνεχώς αέρα μέσα στο θρεπτικό διάλυμα.



Ο αέρας κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του θρεπτικού διαλύματος με σωλήνες που βρίσκονται στον πυθμένα της λεκάνης και φέρουν οπές κατά διαστήματα. Η συνεχής λειτουργία των αντλιών αέρα εξασφαλίζει την καλή οξυγόνωση της ρίζας, αυξάνοντας τη διάλυση του οξυγόνου στο διάλυμα και κυρίως με τη συσσώρευση φυσαλίδων αέρα στη περιοχή της ρίζας. Σε αυτό το σύστημα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση του pH, γιατί διαλύονται και μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα.

1.2.1.2. Καλλιέργεια σε ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα

1.2.1.2.1. Καλλιέργεια με τη μέθοδο της αεροπονίας

Αεροπονία σύμφωνα με τον Steiner (1976), είναι η μέθοδος κατά την οποία τα φυτά αγκιστρώνονται σε ένα πλαίσιο πάνω από κλειστό δοχείο έτσι ώστε οι ρίζες τους να αιωρούνται μέσα στο δοχείο. Είναι ένα κλειστό σύστημα, όπου τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια σταθερού σχήματος, χωρίς πορώδες υπόστρωμα. Μέσα στο δοχείο υπάρχει ένα σύστημα ψεκασμού υδρονέφωσης με συχνότητα ψεκασμού λίγα δευτερόλεπτα κάθε 2-3 λεπτά (Jensen, 1991). Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται πάνω στη ρίζα διατηρώντας ταυτόχρονα το χώρο του δοχείου κεκορεσμένο σε υγρασία έτσι ώστε το ριζικό σύστημα να είναι πάντα υγρό. Το σύστημα περιγράφηκε πρώτη φορά από τον Messantini(1973). Με το σύστημα αυτό γίνεται άριστη στράγγιση του πλεονάζοντος διαλύματος και επομένως πολύ καλή οξυγόνωση της ρίζας.

Τα κανάλια τοποθετούνται με κλίση 1 - 1,5% και στο επάνω μέρος είναι ανοικτά ή φέρουν οπές όπου τοποθετείται πλάκα πολυστερίνης στην οποία ανοίγονται οπές και τοποθετούνται τα φυτά. Η στήριξη των φυτών στις οπές των κλειστών καναλιών γίνεται με σφουγγάρι πολυουρεθάνης. Η στεγανοποίηση των καναλιών γίνεται με πλαστικό φύλλο. Σε αυτό το σύστημα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση του pH, γιατί διαλύονται και μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα που μειώνει την οξύτητα του διαλύματος.

Κατά κύριο λόγο το κλειστό υδροπονικό σύστημα είναι αυτό που εφαρμόζεται στην αεροπονία για αποφυγή σπατάλης σε θρεπτικό διάλυμα, χωρίς όμως να μην είναι δυνατή η ύπαρξη ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων. Το σύστημα αυτό αποδείχτηκε αντιοικονομικό στην καλλιεργητική πράξη (Jensen and Collins, 1985) και γι' αυτό είχε μικρή εφαρμογή στην παραγωγική διαδικασία.

Σήμερα αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως για φυλλώδη λαχανικά και θεωρείται ιδανική για ριζοβολία μοσχευμάτων (Jensen and Collins, 1985) (Καρράς, 2003). Επίσης η αεροπονία αναπτύσσεται ραγδαία από τη Ν.Α.Σ.Α. με σκοπό την καλλιέργεια στο διάστημα.

1.2.2. Καλλιέργεια σε ανόργανα αδρανή υποστρώματα

Διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες: την καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά και την καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά.

1.2.2.1. Καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά

Περιλαμβάνει την καλλιέργεια σε σάκους με ελαφρόπετρα, την καλλιέργεια σε άμμο, σε λεκάνες με χαλίκια και την καλλιέργεια σε βερμικουλίτη.

Η ελαφρόπετρα χαρακτηρίζεται από πορώδη δομή που προέρχεται από τη διαφυγή αερίων της λάβας κατά την απότομη ψύξη του μείγματος. Το pH της είναι σχεδόν ουδέτερο και η ηλεκτρική



της αγωγιμότητα χαμηλή. Το βάρος της κυμαίνεται μεταξύ 720 kg/m^3 και 550 kg/m^3 . Αποτελείται από οξείδιο του πυριτίου, οξείδιο του αργιλίου, τριοξείδιο του σιδήρου, οξείδιο του ασβεστίου, οξείδιο του μαγνησίου, οξείδιο του καλίου και οξείδιο του νατρίου. Η καλλιέργεια γίνεται σε δοχεία και υπερυψωμένα κανάλια καλλιέργειας, τα οποία δημιουργούνται με πολυστερίνη ή πλαστικό φύλλο στηριγμένο σε μεταλλικό σκελετό.

Η άμμος είναι ανόργανο υλικό με pH 7 (εξαρτάται πολύ από την προέλευση και το μητρικό υλικό). Δε χρησιμοποιείται η άμμος που προέρχεται από ασβεστόλιθο, γιατί με το όξινο θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες διαλυτοποιείται το ασβέστιο. Έχει χαμηλό πορώδες και παρουσιάζει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Έχει χαμηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα. Η άμμος που προέρχεται από ποταμούς δεν περιέχει άλατα, αλλά πριν χρησιμοποιηθεί απαιτείται να αποστειρωθεί. Η καλλιέργεια γίνεται συνήθως με το ανοικτό σύστημα μέσα σε λεκάνες ή αυλάκια που δημιουργούνται στο έδαφος και απομονώνονται από το υπόλοιπο έδαφος με πλαστικό φύλλο.

Στην καλλιέργεια σε λεκάνες με χαλίκια, τα φυτά αναπτύσσονται σε λεκάνες πλάτους 80 - 120 εκατοστών και βάθους 20 - 30 εκατοστών. Όταν η λεκάνη βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και καλλιεργούνται μικρού μήκους φυτά, επιλέγεται το μικρότερο πλάτος της λεκάνης, γιατί διευκολύνονται οι καλλιεργητικές εργασίες. Η τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος γίνεται με συνεχή πλημμυρικά γεμίσματα της λεκάνης μέχρι ύψους 5 εκατοστών από το χείλος και στη συνέχεια, από το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης, στραγγίζει το θρεπτικό διάλυμα πίσω στη δεξαμενή. Συνήθως χρησιμοποιείται χαλίκι από γρανίτη. Η ρίζα αναπτύσσεται συγκρατώντας στην επιφάνεια της νερό σε κάθε πλημμυρίδα. Η συχνότητα της άρδευσης ρυθμίζεται, έτσι ώστε η πλημμυρίδα να ξεκινά μόλις έχει γίνει πλήρης στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος από τη λεκάνη. Η κατάληψη του χώρου της λεκάνης από το νερό και η απόσυρση του δρα και ως αντλία αέρα, διευκολύνοντας την καλή οξυγόνωση της ρίζας.

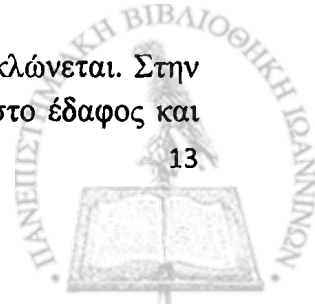
1.2.2.2. Καλλιέργεια σε ανόργανα πορώδη υποστρώματα

Περιλαμβάνει την καλλιέργεια σε πετροβάμβακα και την καλλιέργεια σε σάκους περλίτη.

Ο πετροβάμβακας είναι διογκωμένο ανόργανο υλικό και οι πρώτες ύλες από τις οποίες αποτελείται είναι ο βασάλτης, ασβεστόλιθος και γαιάνθρακας σε αναλογία 4:1:1, έχει βάρος $52 - 75 \text{ kg/m}^3$, στην αρχή της καλλιέργειας αντιδρά αλκαλικά γι' αυτό και χρειάζεται λίγος χρόνος ώσπου να εξουδετερωθεί. Το pH του είναι περίπου 7 ενώ παρουσιάζει πολύ χαμηλή ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Η καλλιέργεια γίνεται σε πλάκες μήκους 0,8 - 1,2 m με διάφορα πλάτη και πάχη, ανάλογα με τη διάρκεια ζωής της καλλιέργειας και το ρυθμό διαπνοής του φυτού. Οι πλάκες έχουν συνήθως περιτύλιγμα από φύλλο πολυαιθυλενίου και τοποθετούνται σε φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης, τα οποία έχουν τοποθετηθεί σε γραμμές που αντιστοιχούν στις γραμμές φύτευσης και λειτουργούν ως μονωτικό μεταξύ του εδάφους και του υποστρώματος (Σάββας, 1998). Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα μπορεί να γίνει με το κλειστό σύστημα ή με το ανοικτό σύστημα. Η τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά γίνεται μέσω σωληνίσκων (σταλάκτες τύπου spaghetti) (Σάββας, 1998). Ένας εναλλακτικός τρόπος ποτίσματος είναι η τοποθέτηση του πετροβάμβακα σε κλειστά κανάλια και η κατάκλιση με θρεπτικό διάλυμα.

Ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται για 1-3 χρόνια και μετά πρέπει να ανακυκλώνεται. Στην περίπτωση που η ανακύκλωση του δεν είναι δυνατή, απορρίπτεται σε βάθος μέσα στο έδαφος και



καλύπτεται με παχύ στρώμα χώματος. Η απόρριψη του σε ανοιχτό χώρο εγκυμονεί κινδύνους για τον άνθρωπο, γιατί όταν στεγνώσει, οι λεπτές του ίνες παρασύρονται από τον άνεμο και αιωρούνται. με αποτέλεσμα την είσοδο τους στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου.

Ο περλίτης είναι ορυκτό, αργιλλοπυριτικό, ηφαιστειογενούς προελεύσεως, με 3-4% κρυσταλλικό νερό. Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διογκωμένοι κόκκοι διαμέτρου 1,5 έως 3mm. Η πυκνότητα τους είναι 128 Kgf/m^3 και μπορεί να συγκρατήσει 3πλάσιο ή 4πλάσιο νερό σε σχέση με τον όγκο του. Το pH στην αρχή είναι 7,0 – 7,5, δεν έχει σημαντική ρυθμιστική ούτε και εναλλακτική ικανότητα και δεν περιέχει άλατα.

Η διαμόρφωση της καλλιέργειας μπορεί να γίνει όπως και στον πετροβάμβακα. Και σε αυτή τη μέθοδο η καλλιέργεια μπορεί να γίνει με ανακύκλωση του διαλύματος ή χωρίς ανακύκλωση. Το μέγεθος των σάκων στις ετήσιες καλλιέργειες υπολογίζεται έτσι ώστε για κάθε φυτό να αντιστοιχούν 9 λίτρα περλίτη για καλλιέργειες με μέσο ρυθμό διαπνοής όπως η τομάτα και 11 λίτρα για φυτά με υψηλότερο ρυθμό όπως το αγγούρι.

1.3. Συστήματα κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος

Εδώ η διάκριση γίνεται ανάλογα με το αν το χρησιμοποιούμενο θρεπτικό διάλυμα που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά το πότισμα, συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται μετά από έλεγχο και διόρθωση των χαρακτηριστικών του ή απορρίπτεται στο περιβάλλον. Για τη διάθεση του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιούνται δύο τρόποι:

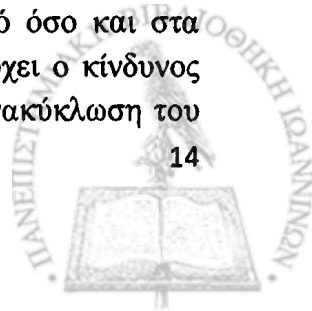
1.3.1. Το κλειστό Υδροπονικό Σύστημα (Closed / Recirculating)

Σε αυτή την περίπτωση το απορρέον θρεπτικό διάλυμα ή θρεπτικό διάλυμα απορροής επαναχρησιμοποιείται. Το θρεπτικό διάλυμα οδηγείται με το σύστημα άρδευσης στα φυτά και αυτό που στραγγίζει από το περιβάλλον της ρίζας τους οδηγείται πίσω στη δεξαμενή, διορθώνεται ως προς το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τέλος ξαναχρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των φυτών. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα το διάλυμα πρέπει να διορθώνεται και ως προς τη σωστή αναλογία των ιόντων του.

Όλα τα ιόντα που προσφέρονται με το θρεπτικό διάλυμα ή απορροφώνται από το ριζικό σύστημα των φυτών ή παραμένουν στο διάλυμα και αυξάνουν συνεχώς την αλατότητα του. Γι' αυτό στο κλειστό σύστημα απαιτείται καλής ποιότητας νερό γιατί τα ιόντα που πιθανόν να περιέχει το νερό δεν απορρίπτονται αλλά συσσωρεύονται στο διάλυμα. Επίσης κρίνεται αναγκαία η συχνή χημική ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος. Αν η συγκέντρωση με χρήσιμα ιόντα είναι μεγάλη, ένα μέρος ή το σύνολο του θρεπτικού διαλύματος απορρίπτεται.

Στα κλειστά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πορώδες υπόστρωμα ή όχι. Όταν χρησιμοποιείται πορώδες υπόστρωμα, η ροή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνήθως ασυνεχής, γιατί το υπόστρωμα παίζει το ρόλο μικρής δεξαμενής θρεπτικού διαλύματος για τη ρίζα. Όταν δε χρησιμοποιείται πορώδες υπόστρωμα, τότε η ροή του θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα είναι συνήθως συνεχής. Ο ρυθμός ροής του θρεπτικού διαλύματος είναι μεγάλος, περίπου διπλάσια ροή νερού στο ριζικό σύστημα από την απορροφούμενη και έτσι δεν παρουσιάζεται έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο ριζικό σύστημα.

Είναι φανερό ότι με το κλειστό σύστημα γίνεται οικονομία τόσο στο νερό όσο και στα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα, αν και απαιτεί ακριβότερο εξοπλισμό. Ωστόσο υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης όλης της καλλιέργειας αν προσβληθεί έστω και ένα φυτό, αφού με την ανακύκλωση του



θρεπτικού διαλύματος το παθογόνο μπορεί να εξαπλωθεί σε όλο το σύστημα. Η απολύμανση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να γίνει με θέρμανση, με τη χρήση ακτινοβολίας, με χημικούς χειρισμούς όπως: εφαρμογή όζοντος, χλωρίου, ιωδίου και με φίλτρα όπως: μεμβράνες και βιολογικά φίλτρα.

1.3.2. Το ανοιχτό Υδροπονικό Σύστημα (Open)

Εδώ το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται και αποβάλλεται στο περιβάλλον. Γενικά, οι απώλειες κατιόντων στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα είναι μεγαλύτερες των κλειστών και περίπου ίδιες με αυτές των αρδευόμενων καλλιεργειών του εδάφους. Τα συστήματα αυτά είναι ευκολότερο να τα διαχειριστεί κάποιος, γιατί το περιβάλλον της ρίζας επηρεάζεται περισσότερο από τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται.

Οποιαδήποτε υπερβολική συγκέντρωση κάποιου ιόντος υπάρξει στην περιοχή της ρίζας, λόγω μειωμένης απορρόφησης, θα παρασυρθεί με το νερό της στράγγισης και θα απομακρυνθεί από το περιβάλλον της ρίζας.

Σχεδόν σε όλα τα ανοιχτά συστήματα χρησιμοποιείται πορώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια και η ροή του θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα είναι ασυνεχής. Στην περιοχή της ρίζας συνήθως επικρατεί υψηλότερη συγκέντρωση των ιόντων από ότι στο διάλυμα τροφοδοσίας, γιατί ο ρυθμός απορρόφησης του νερού είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης των ιόντων.

Για να μην παρουσιαστεί πρόσκαιρη έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο ριζικό σύστημα ούτε μεγάλη σπατάλη, η συχνότητα άρδευσης θα πρέπει να είναι σε άμεση σχέση με το ρυθμό απορρόφησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα. Κατά μέσο όρο στα ανοιχτά συστήματα η ροή του νερού στο ριζικό σύστημα είναι περίπου 30% μεγαλύτερη από την απορροφούμενη. Η σωστή ρύθμιση επομένως της συχνότητας άρδευσης σε αυτά τα συστήματα είναι μεγάλης σπουδαιότητας.

1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υδροπονικών καλλιεργειών

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει, αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως, παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κλπ.) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Εκτός όμως των δυνατοτήτων που παρέχει η μέθοδος αυτή, για καλλιέργεια σε ένα βελτιωμένο περιβάλλον ρίζας, οι υδροπονικές καλλιέργειες παρουσιάζουν και άλλα πλεονεκτήματα, όπως είναι:

- Η απαλλαγή των φυτών από ασθένειες εδάφους και επομένως αποφυγή της επιβάρυνσης της επιχείρησης με το κόστος της απολύμανσης, που είναι συνήθως σημαντικό.
- Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος.
- Η αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με λιπαντικά στοιχεία (ιδιαίτερα στα κλειστά συστήματα).
- Η ευκολότερη τεχνικά ρύθμιση του θερμικού περιβάλλοντος της ρίζας.

- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης.
- Ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους, όπως αυτή της κατεργασίας του εδάφους.
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται βελτίωση του εδάφους, δημιουργία ειδικών εδαφικών μειγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, ζιζανιοκτονία κλπ.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι υδροπονικές καλλιέργειες συνοψίζονται στα εξής.

- Απαιτούνται αρκετά μεγάλες δαπάνες επένδυσης.
- Είναι σχετικά ευαίσθητα συστήματα καλλιέργειας, με υψηλό κόστος χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών.
- Για ένα καλό αποτέλεσμα απαιτούνται περισσότερες από τις συνήθεις γνώσεις του καλλιεργητή.

Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγαλύτερο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση των επιπτώσεων των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Όσο αυξάνει ο πληθυσμός της γης και όσο προχωρεί η αστικοποίηση του πληθυσμού, τόσο θα αυξάνεται η ζήτηση των φρέσκων λαχανικών και φρούτων, απαραίτητων για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών του κάθε ανθρώπου.

Η ανάπτυξη των φυτών απουσία του φυσικού εδάφους, με την πρώτη ματιά θα μπορούσε να αξιολογηθεί αρνητικά, γιατί είναι μια διαδικασία που απομακρύνει την παραγωγή των τροφίμων από το φυσικό περιβάλλον. Αν όμως ληφθεί υπόψη ότι, για να καλυφθούν οι ανάγκες της ανθρωπότητας σε τροφή, αναγκάζεται ο άνθρωπος να εκχερσώνει τεράστιες εκτάσεις δασών, ότι η συνεχής εντατική καλλιέργεια του εδάφους μακροχρόνια συμβάλλει στην καταστροφή αυτού του φυσικού πόρου και ότι, για να γίνει δυνατή η συνεχής καλλιέργεια ενός φυτού στο ίδιο έδαφος, χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες χημικών φυτοφαρμάκων τα οποία συχνά περνούν στα τρόφιμα ζημιώνοντας την υγεία των καταναλωτών, τότε η ανάπτυξη των φυτών εκτός του φυσικού εδάφους, σε πολλές περιπτώσεις, προστατεύει το περιβάλλον και την υγεία.

Η άποψη ότι στην υδροπονία τα φυτά καλλιεργούνται σε ανόργανα χημικά διαλύματα και επομένως είναι κατώτερης θρεπτικής αξίας είναι απλοϊκή, γιατί και στην καλλιέργεια του εδάφους, με εξαίρεση την οργανική καλλιέργεια και εκεί τα φυτά καλλιεργούνται με τη χρήση χημικών λιπασμάτων και μάλιστα στην υδροπονία τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι πολύ πιο καθαρά και απαλλαγμένα βαρέων μετάλλων.

Και στην περίπτωση του εδάφους και στην περίπτωση της υδροπονίας, η ρίζα αποτελεί το φίλτρο ελέγχου της εισόδου των διαφόρων χημικών στοιχείων στα όργανα του φυτού.

Γενικά τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δε διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με το συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος, μάλιστα από τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας αποδεικνύεται ότι περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους.

Κεφάλαιο 2° Υποστρώματα – Θρεπτικό Διάλυμα

Ιδιότητες υποστρωμάτων και θρεπτικού διαλύματος που επηρεάζουν τη συμπεριφορά και την τύχη των φυτοφαρμάκων

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων αλλά και του θρεπτικού διαλύματος επηρεάζουν τη συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων που εφαρμόζονται στις υδροπονικές καλλιέργειες.

2.1. Το υπόστρωμα

Στην υδροπονία ιδανικό υπόστρωμα για όλες τις καλλιέργειες είναι το χημικά αδρανές υπόστρωμα, γιατί μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια η προσφορά των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά και είναι εύκολη η ρύθμιση της θρέψης τους μόνο μέσω του θρεπτικού διαλύματος. (Καρράς., 2003).

Η σταθερή δομή, η ομοιόμορφη σύσταση, η ευκολία στη χρήση, η χαμηλή τιμή αγοράς, το μεγάλο χρονικό διάστημα χρήσης και η απαλλαγή από παθογόνους μικροοργανισμούς και σπόρους ζιζανίων είναι από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το υπόστρωμα, εκτός της χημικής αδράνειας. Η αξιολόγηση των υποστρωμάτων βασίζεται στην ικανότητα τους να αποθηκεύουν νερό και αέρα, αλλά και να εφοδιάζουν με αυτά το φυτό καθώς και στην επίδραση που έχουν στο θρεπτικό διάλυμα.

2.1.1. Φυσικά Χαρακτηριστικά του υποστρώματος

Τα σπουδαιότερα φυσικά χαρακτηριστικά που θα αναφερθούν παρακάτω είναι: η Φαινόμενη Πυκνότητα και το Διαθέσιμο Νερό.

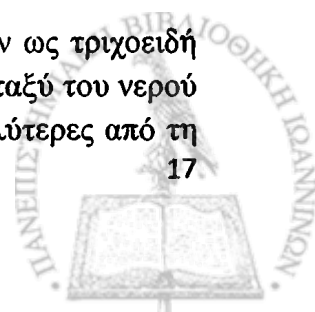
Ως **Φαινόμενη Πυκνότητα ρ_B (Bulk Density)** ορίζεται η μάζα ενός πληθυσμού σωματιδίων ανά μονάδα όγκου. Είναι πάντα μικρότερη από την πραγματική πυκνότητα των ανεξάρτητων σωματιδίων. Η φαινόμενη πυκνότητα και το πορώδες είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη, όμως αυτή η σχέση δεν ισχύει όταν τα σωματίδια έχουν κλειστούς πόρους, όπως στην περίπτωση του περλίτη και της ελαφρόπετρας.

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες επιζητείται μικρή φαινόμενη πυκνότητα, ώστε να είναι εύκολη η τοποθέτηση του υλικού, χωρίς μεγάλη δαπάνη εργασίας. Από την άλλη μεριά στην περίπτωση υδροκαλλιέργειας μεγάλων φυτών σε φυτοδοχεία, η μεγάλη φαινόμενη πυκνότητα είναι απαραίτητη προκειμένου να είναι δυνατή η στήριξη του φυτού.

Ωφέλιμο Πορώδες (Effective Pore Space) είναι ο όγκος που καταλαμβάνει το νερό όταν συνολικά οι πόροι του υποστρώματος είναι κεκορεσμένοι. Το ωφέλιμο πορώδες ισούται με το ολικό όταν αφαιρεθεί ο όγκος των πόρων που δεν έχουν πληρωθεί με νερό (π.χ. όταν κάποιοι πόροι είναι κλειστοί).

Αν μετά τον κορεσμό σε νερό επιτραπεί η ελεύθερη στράγγιση του υποστρώματος, μόνο με τη δράση της βαρύτητας, τότε μια ποσότητα νερού θα παραμείνει σε αυτό. Ο όγκος που καταλαμβάνει αυτό το νερό καλείται **υδροϊκανότητα ή χωρητικότητα σε νερό (Container Capacity or water Holding Capacity)**.

Αυτός ο όγκος εξαρτάται από το πλήθος των μικρών πόρων που λειτουργούν ως τριχοειδή αγγεία, η συγκράτηση του νερού στους πόρους οφείλεται στις δυνάμεις συνάφειας μεταξύ του νερού και των τοιχωμάτων των πόρων και μεταξύ των μορίων του νερού, που είναι μεγαλύτερες από τη



δύναμη της βαρύτητας. Η ισχύς με την οποία συγκρατείται το νερό στους πόρους αντιστοιχεί σε αρνητική πίεση και καλείται **μύζηση**. Από τον όγκο του νερού της υδατοϊκανότητας μέρος αυτού που συγκρατείται με μύζηση μεγαλύτερη των 5 kPa προσλαμβάνεται εύκολα από τα φυτά. Αυτή η ποσότητα είναι το διαθέσιμο νερό για τα φυτά (**Easily Available Water - EAW**) και ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της υδατοϊκανότητας μείον τον όγκο του νερού που συγκρατείται με μύζηση μεγαλύτερη των 5 kPa ανά μονάδα όγκου υποστρώματος. Το ποσό του όγκου του νερού που συγκρατείται με μύζηση μεταξύ 5 – 10 kPa ορίζεται ως **ρυθμιστική ικανότητα ύδατος (Water Buffering Capacity)** και τέλος το νερό που συγκρατείται με πίεση μεγαλύτερη των 10 kPa είναι συνήθως δύσκολα διαθέσιμο για τα φυτά (Καρράς, 2003).

Για να θεωρηθεί ένα υπόστρωμα ως ιδανικό θα πρέπει το διαθέσιμο νερό για τα φυτά να κυμαίνεται σε ποσοστό 20 – 30 % του πορώδους του. Τα φυτά που αναπτύσσονται σε υπόστρωμα με χαμηλό ποσοστό διαθέσιμου νερού, απορροφούν μικρή ποσότητα θρεπτικού διαλύματος ύστερα από κάθε πότισμα άρα και μικρή ποσότητα φυτοφαρμάκου. Στην περίπτωση του το τελευταίο εφαρμόζεται μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Αυτή η ιδιότητα του υποστρώματος σχετίζεται μόνο με την ποσότητα του φυτοφαρμάκου που απορροφάται από τα φυτά σε κάθε πότισμα. Η ποσότητα που θα απορροφηθεί εξαρτάται από τη συχνότητα των ποτισμάτων αλλά και το βαθμό υδρόλυσης του φυτοφαρμάκου.

Αυτό το χαρακτηριστικό αναμφισβήτητα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα, προκειμένου για τον ορθό καθορισμό της χορηγούμενης δόσης φαρμάκου. Στο κλειστό υδροπονικό σύστημα δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα επαναχρησιμοποιείται, αυτό το χαρακτηριστικό δεν είναι μεγάλης σημασίας, αφού το μειονέκτημα της μικρής απορρόφησης αντιμετωπίζεται επιτυχώς με την αύξηση του αριθμού των ποτισμάτων. Στο ανοιχτό υδροπονικό σύστημα η αρχική ποσότητα του φυτοφαρμάκου που απορροφάται από το φυτό σχετίζεται κατά άμεσο τρόπο με το διαθέσιμο για τα φυτά νερό.

2.1.2. Χημικά Χαρακτηριστικά του υποστρώματος

Τα βασικότερα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος είναι το pH και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Το pH των υποστρωμάτων αφορά κυρίως στα μη αδρανή υποστρώματα και αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας τους σε ελεύθερα ιόντα υδρογόνου, άρα μπορεί να επιδράσει στο pH του συστήματος υπόστρωμα – διάλυμα. Αυτό με τη σειρά του ακολουθώντας, ασκεί σημαντική επίδραση στην υδρολυτική διάσπαση του φυτοφαρμάκου και στην προσρόφηση των δισταμένων φυτοφαρμάκων (Καρράς, 2003).

Η **ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (Cation Exchange Capacity – CEC)** χαρακτηρίζει την ενεργή επιφάνεια του υποστρώματος και αποτελεί το μέτρο της ικανότητας των συστατικών του να συγκρατούν κατιόντα μέσω χαλαρής δέσμευσης αυτών σε διάφορες θέσεις αρνητικών φορτίων και να τα αποδίδουν πάλι στο διάλυμα, όταν η συγκέντρωσή τους μειώνεται, ανταλλάσσοντας τα με κάποια άλλα.

Ακόμη και τα αδρανή υποστρώματα διαθέτουν μια μικρή CEC και επομένως μπορούν να προσροφήσουν ποσότητες φυτοφαρμάκων με τους ίδιους μηχανισμούς που απαντώνται στο έδαφος, είτε μέσω φυσικής προσρόφησης (δυνάμεις Van der Waals), είτε μέσω χημικής όπως: με ανταλλαγή κατιόντων, δεσμούς υδρογόνου, αλληλεπίδραση με μεταλλικά κατιόντα κ.α.



Ο μηχανισμός προσρόφησης εξαρτάται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων και των φυτοφαρμάκων όπως: ο χημικός τους χαρακτήρας, η στερεοχημική τους μορφή, η σταθερά διάσπασης, η διαλυτότητα στο νερό, η κατανομή φορτίων στα οργανικά μόρια, το μέγεθος και η πολικότητα των μορίων τους. Αν το υπόστρωμα έχει μεγάλη CEC τότε η προσρόφηση είναι σημαντική και πολλές φορές μεγαλύτερη από αυτή που συναντάται σε πολλούς τύπους εδαφών. Τα αδρανή υποστρώματα παρουσιάζουν ελάχιστη έως μηδενική προσρόφηση των φυτοφαρμάκων. Ακόμη και στην περίπτωση μιας αρχικής προσρόφησης στο υπόστρωμα, με την πάροδο του χρόνου η συγκέντρωση του φυτοφαρμάκου στο θρεπτικό διάλυμα μειώνεται και ακολουθεί εκρόφηση και μέρος της προσροφημένης ποσότητας του φυτοφαρμάκου είναι εκ νέου διαθέσιμη.

2.2. Το θρεπτικό διάλυμα

Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του ποτίσματος. Εδώ το πότισμα ποτέ δε γίνεται με καθαρό νερό, αλλά με θρεπτικό διάλυμα, το οποίο περιέχει όλα τα απαραίτητα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία για την ανάπτυξη του φυτού. Η πρόσληψη των αναγκαίων θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά γίνεται υπό τη μορφή ιόντων, με εξαίρεση το βόριο. Τα λιπάσματα που προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα είναι υδατοδιαλυτά και διίστανται σε ιόντα θρεπτικών στοιχείων.

Οι βασικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την τύχη των φυτοφαρμάκων όταν τα τελευταία εφαρμόζονται στην καλλιέργεια μέσω του θρεπτικού διαλύματος, είναι το pH, η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του.

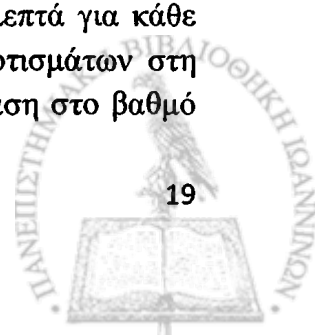
Το pH είναι ο καθοριστικός παράγοντας που σχετίζεται άμεσα με την απορρόφηση όχι μόνο των θρεπτικών στοιχείων αλλά κυρίως των ιχνοστοιχείων από τα φυτά της καλλιέργειας. Η απορρόφηση τους καθίσταται δυσκολότερη όταν το pH έχει υψηλή τιμή και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε τέτοιες τιμές pH τα θρεπτικά στοιχεία είναι δυσδιάλυτα. Τιμή pH που κυμαίνεται σε εύρος από 5.0 έως 6.0 θεωρείται ιδανική τιμή για το επίπεδο της ρίζας.

Επίσης ασκεί καταλυτική δράση τόσο στη χημική διάσπαση των φυτοφαρμάκων, όσο και στην προσρόφηση αυτών και κυρίως των ιονιζόμενων. Το pH επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη και το είδος των μικροοργανισμών που είναι υπεύθυνοι για τη μικροβιακή αποσύνθεση των αγροχημικών.

Η πρώτη τιμή στο pH του θρεπτικού διαλύματος είναι εκείνη που υπάρχει πριν την τροφοδοσία της καλλιέργειας και η δεύτερη εκείνη που υπάρχει στο επίπεδο των ριζών και στο διάλυμα απορροής. Η τελευταία ρυθμίζεται από την αναλογία απορρόφησης ανιόντων – κατιόντων από τη ρίζα (Καρράς, 2003). Η απορρόφηση ενός ανιόντος από τη ρίζα οδηγεί σε αποβολή OH^- ή/και HCO_3^- , ενώ η απορρόφηση ενός κατιόντος προκαλεί αποβολή H^+ , με σκοπό τη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας του θρεπτικού διαλύματος αλλά και των φυτικών χυμών.

Ο ρυθμός απορρόφησης των ανιόντων από τη ρίζα είναι μεγαλύτερος του αντίστοιχου ρυθμού των κατιόντων. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της τιμής του pH στη ρίζα, ακόμη και κατά τιμή που υπερβαίνει τη μία μονάδα σε σχέση με το pH της τροφοδοσίας (Σάββας, 2002).

Το pH του διαλύματος απορροής είναι σημαντικότερο από άποψη χρόνου επίδρασης στη συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων, αφού αυτό της τροφοδοσίας επικρατεί 10 – 15 λεπτά για κάθε πότισμα. Δηλαδή περίπου μισή έως μία ώρα, ανάλογα και με τον αριθμό των ποτισμάτων στη διάρκεια του 24ώρου (Καρράς, 2003). Τιμές pH από 4 – 7 έχουν μικρότερη επίδραση στο βαθμό υδρόλυσης του φυτοφαρμάκου.



Το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας περιλαμβάνει τα ακόλουθα μακροστοιχεία: το άζωτο (N), το φώσφορο (P), το θείο (S), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), και το μαγνήσιο (Mg). Αλλά και τα παρακάτω ιχνοστοιχεία: το σίδηρο (Fe), το μαγγάνιο (Mn), τον ψευδάργυρο (Zn), τον χαλκό (Cu), το βόριο (B), το μολυβδαίνιο (Mo), και τέλος το χλώριο (Cl). Απουσιάζουν όμως μακροστοιχεία όπως ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O) και το υδρογόνο (H). Το φυτό προσλαμβάνει τον άνθρακα ως διοξείδιο μέσω της ατμόσφαιρας, το οξυγόνο από το νερό και τον αέρα και το υδρογόνο από το νερό.

Το είδος του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης, το είδος του υποστρώματος, η θερμοκρασία και η ποιότητα του νερού είναι μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα και την αναλογία των λιπασμάτων στο θρεπτικό διάλυμα. Τις περισσότερες φορές στο θρεπτικό διάλυμα υπάρχουν κατιόντα που σχηματίζουν σύμπλοκα με ιονιζόμενα φυτοφάρμακα μέσω διαφόρων μηχανισμών (Αλμπάνης, 1997). Αν η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος επιδρά στη συμπεριφορά και την τύχη του εφαρμοζόμενου φυτοφαρμάκου είναι αρκετά δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια ο βαθμός της επίδρασης καθώς τα φυτά μπορούν και απορροφούν ορισμένα από τα σύμπλοκα.

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity)** αποτελεί ένα μέτρο περιεκτικότητας του θρεπτικού διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία και ανόργανα άλατα, παρέχει πληροφορίες για τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων, όχι όμως και για το είδος τους. Η προσρόφηση των ιόντων – σε περίπτωση προσρόφησης ιονιζόμενων φυτοφαρμάκων – λόγω ιοντοανταλλαγής με το προσροφητικό υλικό μειώνεται εξαιτίας της αλατότητας (Αλμπάνης, 1996, Καρράς, 2003).

Κεφάλαιο 3° Φυτοφάρμακα και Υδροπονική Καλλιέργεια

3.1. Τρόπος εφαρμογής φυτοφαρμάκων στην υδροπονία

Ο όρος φυτοφάρμακο ή φυτοπροστατευτικό προϊόν χρησιμοποιείται για κάθε ουσία ή μίγμα ουσιών που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση των ασθενειών και των εχθρών των φυτών. Οι δραστικές ουσίες που περιέχουν αυτά τα σκευάσματα προορίζονται για να επηρεάζουν τις βιολογικές διεργασίες των φυτών, διατηρούν τα φυτικά προϊόντα, καταστρέφουν τα ανεπιθύμητα φυτά και να επιβραδύνουν ή να παρεμποδίζουν την ανάπτυξη τους (Πατακιούτας, 2005).

Στις συμβατικές καλλιέργειες δύο είναι οι τρόποι εφαρμογής των φυτοφαρμάκων:

- με ψεκασμό και
- με εφαρμογή στο έδαφος, ώστε να απορροφηθούν από το φυτό μέσω του ριζικού συστήματος.

Ο πρώτος τρόπος εφαρμογής δεν έχει καμία διαφορά στην υδροπονία αφού το σύστημα **φυτοφάρμακο – περιβάλλον – φυτό** παραμένει το ίδιο. Όμως για τον δεύτερο τρόπο εφαρμογής υπάρχουν διαφορές, αφού η εφαρμογή του φυτοφαρμάκου γίνεται μέσω του θρεπτικού διαλύματος, προκειμένου να απορροφηθεί από το ριζικό σύστημα. Επομένως το σύστημα στην περίπτωση των υδροπονικών καλλιεργειών σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα μεταβάλλεται ως εξής: **φυτοφάρμακο – θρεπτικό διάλυμα – φυτό**, ενώ στην περίπτωση των υδροπονικών καλλιεργειών σε στερεά υποστρώματα το σύστημα είναι: **φυτοφάρμακο – θρεπτικό διάλυμα – αδρανές υπόστρωμα – φυτό**. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν την τύχη και την συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων.

3.2. Φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία

Τα γενικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα φυτοφάρμακα ώστε να τα καθιστούν αποτελεσματικά για τον έλεγχο και την καταπολέμηση των εκάστοτε εχθρών και ασθενειών των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

- Να είναι υδατοδιαλυτά ώστε να προσλαμβάνονται εύκολα μέσω του ριζικού συστήματος.
- Να μην υδρολύονται ή ο ρυθμός υδρόλυσης να είναι ελάχιστος σε pH 4-7 (συνήθεις τιμές του θρεπτικού διαλύματος), ώστε να μην καθίστανται ανενεργά σε σύντομο χρονικό διάστημα και
- Να έχουν καλή διασυστηματική ικανότητα ώστε μετά την εφαρμογή τους να κινούνται σχετικά γρήγορα μέσω του ανοδικού ρεύματος προς όλα τα φυτικά όργανα.

3.3. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα η τύχη των φυτοφαρμάκων διακρίνεται σε δύο μεγάλα σύνολα διεργασιών.

1. Τις **φυσικές διεργασίες** που περιλαμβάνουν τη προσρόφηση, την εξάτμιση, την έκπλυση, την απορροή και την απορρόφηση από τα φυτά και
2. τις **χημικές, μικροβιακές και φωτοχημικές** που αφορούν σε διεργασίες που διασπούν, αποσυνθέτουν ή αδρανοποιούν τα φυτοφάρμακα.

3.3.1 Φυσικές διεργασίες

Η έκπλυση, δηλαδή το φαινόμενο της μετακίνησης μιας ουσίας με τη ροή του νερού η οποία μπορεί να γίνει προς κάθε κατεύθυνση, (κυρίως καθοδική προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και τα υπόγεια νερά) και η επιφανειακή απορροή δεν ισχύουν στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, καθώς το θρεπτικό διάλυμα εντός του οποίου προστίθεται το φυτοφάρμακο κυκλοφορεί σε κλειστό σύστημα σωλήνων και καναλιών και το απορρέον διάλυμα μετά από κάθε πότισμα επανέρχεται συμπληρωμένο και διορθωμένο στα φυτά.

Η διεργασία της εξάτμισης – εξάχνωσης, δηλαδή η διεργασία κατά την οποία μικρή ή μεγάλη ποσότητα φυτοφαρμάκου μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα ως αέρια, εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την τάση ατμών του φυτοφαρμάκου και την επιφάνεια εφαρμογής. Και αυτή η διεργασία είναι περιορισμένη σε αυτό το σύστημα, λόγω της μικρής επιφάνειας του διαλύματος που προσφέρεται για εξάτμιση δεδομένου ότι κινείται σε κλειστό σύστημα.

Η μόνη περίπτωση εξάτμισης λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της παραμονής του φυτοφαρμάκου σε ανοιχτό κανάλι απορροής, όμως και εδώ η σκίαση που προσφέρεται από τη φυλλική επιφάνεια των φυτών στο κανάλι περιορίζει την ένταση του παραπάνω φαινομένου.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην υδροπονική καλλιέργεια με τη χρήση στερεών αδρανών υποστρωμάτων, η προσρόφηση, δηλαδή η προσέλκυση και η συγκράτηση των ιόντων ή μορίων μιας ουσίας από την επιφάνεια ενός στερεού σώματος, είναι ελάχιστη αφού τα στερεά αδρανή υποστρώματα έχουν μικρής έκτασης ενεργή επιφάνεια, οπότε πρακτικά, δε λαμβάνεται υπόψη.

Ένα από τα κυριότερα γνωρίσματα των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται σε υδροπονικές καλλιέργειες είναι η διασυστηματική τους δράση. Ο όρος διασυστηματικό χρησιμοποιείται για να περιγράψει το φυτοφάρμακο που εισέρχεται στους φυτικούς ιστούς και κινείται μέσω του ανοδικού ή και του καθοδικού ρεύματος των χυμών προς άλλα σημεία ή φυτικά όργανα.

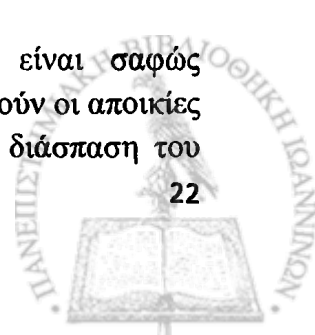
Η είσοδος του φυτοφαρμάκου στο φυτό γίνεται αποπλαστικά, δηλαδή ακολουθεί παθητικά την κίνηση του νερού. Άρα ο ρυθμός της διαπνοής επηρεάζει την ταχύτητα και τη συγκέντρωση του στους φυτικούς ιστούς. Φυτά που παρουσιάζουν έντονο και αυξημένο ρυθμό διαπνοής απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα νερού, επομένως και μεγαλύτερη ποσότητα φυτοφαρμάκου.

Τα φυτοφάρμακα που είναι διασυστηματικά και εφαρμόζονται μέσω ψεκασμού φυλλώματος μπορούν να κινούνται συμπλαστικά. Ακολουθούν την οδό μετακίνησης των προϊόντων της φωτοσύνθεσης μέσω των αγγείων του ηθμού και ανιχνεύονται ακόμη και σε όργανα που δε διαθέτουν στομάτια.

Μετά την είσοδο του στους φυτικούς ιστούς, το φυτοφάρμακο είναι δυνατό να απομακρυνθεί, να διασπαστεί ή να αδρανοποιηθεί. Η ταχύτητα των παραπάνω διεργασιών καθορίζεται από ένα σύνολο παραγόντων όπως: το είδος του φυτού, ο ρυθμός των λειτουργιών του, το είδος του φυτοφαρμάκου. Τελικά η συγκέντρωση ενός φυτοφαρμάκου στους φυτικούς ιστούς είναι η διαφορά της ποσότητας που εισέρχεται σε αυτούς και της ποσότητας που απομακρύνεται ή διασπάται ή αδρανοποιείται μέσω των μηχανισμών λειτουργίας του κάθε φυτού.

3.3.2. Χημικές, μικροβιακές και φωτοχημικές διεργασίες

Η παρουσία μικροβιακής χλωρίδας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα είναι σαφώς περιορισμένη, λόγω της απουσίας του εδάφους στο οποίο θα μπορούσαν να αναπτυχθούν οι αποικίες των μικροοργανισμών. Ανάλογα λοιπόν, εξίσου μειωμένα είναι και η μικροβιακή διάσπαση του



φυτοφαρμάκου. Σε περιπτώσεις απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος το παραπάνω δεδομένο ανατρέπεται αφού η απολύμανση καταστρέφει σχεδόν το σύνολο των μικροοργανισμών και η μικροβιακή διάσπαση μηδενίζεται. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διάσπαση του φυτοφαρμάκου που σχετίζεται με τον τρόπο απολύμανσης (παστερίωση, υπεριώδης ακτινοβολία κλπ).

Στην άμεση φωτόλυση το φυτοφάρμακο απορροφά απ' ευθείας την ηλιακή ακτινοβολία ($\lambda > 260\text{nm}$), η οποία αλληλεπιδρά με τα μόρια που εκτίθενται απ' ευθείας στο φως. Στην έμμεση φωτόλυση διάφορα συστατικά (χρωστικές, οργανικές ενώσεις, οξείδια του Ti, Zn κλπ), απορροφούν το ηλιακό φως και μετατρέπονται σε δραστικές μορφές, που είτε μεταφέρουν την ενέργεια στο φυτοφάρμακο και το διασπούν, είτε παράγουν δραστικά ενδιάμεσα (ρίζες οξυγόνου, υπεροξειδίου κλπ.) που αντιδρούν με το φυτοφάρμακο και το διασπούν (Goutailler et al, 2001). Προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί κάποια από τις παραπάνω διαδικασίες είναι η επαφή του θρεπτικού διαλύματος με το ηλιακό φως, κάτι που δεν ισχύει στο κλειστό υδροπονικό σύστημα. Συμβαίνει στα ανοιχτά κανάλια απορροής καθώς και τη στιγμή του ποτίσματος στην επιφάνεια του υποστρώματος. Και σε αυτές όμως τις περιπτώσεις, η επιφάνεια και τα κανάλια σκιάζονται συνήθως από τα φυτά. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη και το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου (γυαλί ή πλαστικό) το οποίο φιλτράρει την UV ακτινοβολία.

Στο κλειστό υδροπονικό σύστημα κυριαρχεί η διαδικασία της υδρόλυσης, που είναι ο σπουδαιότερος τρόπος χημικής αποσύνθεσης ενός φυτοφαρμάκου. Είναι η χημική αντίδραση ενός οργανικού μορίου RX με το νερό και αποτέλεσμα αυτής, είναι η διάσπαση του ομοιοπολικού δεσμού του με την ομάδα X και το σχηματισμό ενός νέου με την υδροξυλική ομάδα. Εξαρτάται από το είδος του φυτοφαρμάκου. Αυτός είναι και ο λόγος που στα κλειστά υδροπονικά συστήματα επιλέγονται φυτοφάρμακα με μικρό βαθμό υδρόλυσης, ο οποίος επηρεάζεται και από το pH του διαλύματος. Στα θρεπτικά διαλύματα όμως που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία το pH κυμαίνεται ανάλογα με την καλλιέργεια και παραμένει σταθερό, έτσι ουσιαστικά δεν επηρεάζει την υδρόλυση.

3.4. Τα εντομοκτόνα

Τα πρώτα εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν από τους γεωργούς και μέχρι το 1940, ήταν διάφορες ενώσεις με βάση το αρσενικό, ορισμένα κλάσματα του πετρελαίου, η νικοτίνη, το πύρεθρο, η ροτενόνη, το θείο κ.α. Μετά το 2^ο Παγκόσμιο πόλεμο άρχισε η εφαρμογή της χημικής καταπολέμησης των εντόμων, ακάρεων και νηματωδών με τη χρησιμοποίηση των πρώτων συνθετικών οργανικών εντομοκτόνων, από τα οποία το πιο γνωστό ήταν το DDT. Στην Ελλάδα σήμερα κυκλοφορούν πάνω από 100 διαφορετικές δραστικές ουσίες που εμπεριέχονται σε πάνω από 500 ιδιοσκευάσματα εντομοκτόνων (Γιαννοπολίτης, 2005).

Για την αντιμετώπιση των επιβλαβών εντόμων χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι που στηρίζονται σε:

- Μηχανικά μέσα (συλλογή, παγίδες, τεχνητά εμπόδια κ.α.)
- Φυσικά μέσα (κατάκλιση, θερμότητα κ.α.)
- Καλλιεργητικές τεχνικές (αμειψισπορά, καταστροφή αυτοφυών ξενιστών, ρύθμιση του χρόνου σποράς – συγκομιδή, χρήση ανθεκτικών ποικιλιών κ.α.)
- Βιολογικές μέθοδοι
- Χημικά μέσα

Εκτός των παραπάνω, ο έλεγχος του πληθυσμού των εντόμων επιτυγχάνεται και με μια σειρά βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων του περιβάλλοντος που συνιστούν τη φυσική καταπολέμηση. Αυτοί οι παράγοντες, δρουν ανεξάρτητα από την επίδραση του ανθρώπου, επιδρούν ανασταλτικά στην εγκατάσταση και εξάπλωση διαφόρων ειδών εντόμων. Οι αβιοτικοί παράγοντες αφορούν στο κλίμα και στο ανάγλυφο του εδάφους. Στους βιοτικούς παράγοντες συγκαταλέγονται οι διάφοροι ζωικοί εχθροί αλλά και μύκητες, βακτήρια, πρωτοπλάσματα και ιοί που συχνά προκαλούν ασθένειες θανατηφόρες στα επιβλαβή έντομα.

Η χημική καταπολέμηση στηρίζεται στη χρήση φυσικών ή συνθετικών χημικών ουσιών οι οποίες, αυτούσιες ή σε μίγματα προκαλούν με την τοξική τους δράση τη θανάτωση των εντόμων. Η συνεχής χρήση των εντομοκτόνων παρουσιάζει και σημαντικά προβλήματα εκ των οποίων τα σημαντικότερα είναι τα ακόλουθα:

- Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με τα τοξικά υπολείμματα των δραστικών ουσιών των εντομοκτόνων και των τοξικών πολλές φορές μεταβολιτών τους με άμεση επίπτωση τόσο τη μόλυνση των υδάτων και του εδάφους, όσο και την καταστροφή της ωφέλιμης πανίδας.
- Προβλήματα τοξικότητας με άμεση επίπτωση στην υγεία των ανθρώπων και άλλων ανώτερων θηλαστικών ή άλλων ζώων και οργανισμών.
- Εμφάνιση ανθεκτικότητας των επιβλαβών εντόμων σε πολλά εντομοκτόνα, λόγω καταστροφής των ωφέλιμων φυσικών εχθρών τους αλλά και λόγω εμφάνισης ανθεκτικών γενετικά φυλών (Δημόπουλος, 1998, Πατακιούτας, 2002).

3.5. Κατηγορίες Εντομοκτόνων

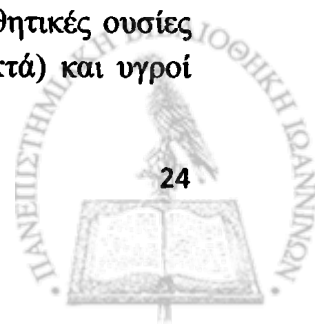
Η ταξινόμηση των εντομοκτόνων μπορεί να γίνει με βάση δύο διαφορετικά κριτήρια και πιο συγκεκριμένα τον τρόπο εισόδου και δράσης τους στον οργανισμό των εντόμων και τη χημική τους σύνθεση ή προέλευση. Έτσι με βάση τον τρόπο εισόδου τους διακρίνονται σε:

- Εντομοκτόνα επαφής
- Εντομοκτόνα στομάχου
- Εντομοκτόνα ασφυκτικά ή καπνογόνου δράσης και
- Πολλαπλής δράσης

Με βάση τη χημική τους σύνθεση ή προέλευση διακρίνονται σε:

- Ανόργανα εντομοκτόνα
- Οργανικά εντομοκτόνα και
- Βιολογικά σκευάσματα

Τα συστατικά ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος είναι: η δραστική ουσία, οι βοηθητικές ουσίες, οι τασιενεργές ουσίες και το αραιωτικό. Η δραστική ουσία είναι το ενεργό συστατικό, που μπορεί να είναι φυσική ή συνθετική χημική ένωση ή κάποιος βιολογικός παράγοντας. Πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά όπως: να παρουσιάζει γενική ή ειδική δράση εναντίων των επιβλαβών οργανισμών, να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο τοξική για τους οργανισμούς μη στόχους, να είναι αποτελεσματική σε χαμηλή δόση, να αποδομείται στο έδαφος σε μη τοξικά προϊόντα σε ασφαλές χρονικό διάστημα και να μην αφήνει υπολείμματα στα γεωργικά προϊόντα. Οι βοηθητικές ουσίες είναι φορείς της δραστικής ουσίας, στερεοί φορείς (συνήθως αργίλλοπυριτικά ορυκτά) και υγροί



φορείς (διάφοροι διαλύτες της δραστικής ουσίας). Χρησιμοποιούνται κατά την τυποποίηση του σκευάσματος.

Τέλος οι τασιενεργές ουσίες είναι προσκολλητικές (βοηθούν την προσκόλληση του ψεκαστικού υγρού στις ψεκαζόμενες επιφάνειες και με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης), διαβρεχτικές ή εξαπλωτικές (μειώνουν την επιφανειακή τάση του ψεκαστικού υγρού ώστε να μην παραμένουν υπό μορφή σταγονιδίων στην κηρώδη επιφάνεια των φύλλων, επιδιώκοντας την πλήρη επαφή των σταγονιδίων με τις ισχυρά υδρόφοβες επιφάνειες των φυτών και των παρασίτων και παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη αφού επιτρέπουν τη μέγιστη δυνατή εξάπλωση των σταγονιδίων στις ψεκαζόμενες επιφάνειες), διασπορικές (μειώνουν τις δυνάμεις συνοχής μεταξύ των στερεών τεμαχιδίων κατά τη διασπορά σκόνης σε υγρό μέσο) και γαλακτοματοποιητικές ουσίες (διευκολύνουν τη διασπορά ελαιωδών συστατικών στο νερό σχηματίζοντας γαλάκτωμα). (Πατακιούτας, 2005).

Όσα εντομοκτόνα έχουν την ιδιότητα να διεισδύουν και να μετακινούνται προς το εσωτερικό των φυτικών ιστών είναι γνωστά και ως διασυστηματικά. Η χρήση των παραπάνω εντομοκτόνων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα (πλημμελής αλλά αποτελεσματικά εφαρμογή, αντιμετώπιση πολλών εντόμων χωρίς να έρθουν σε άμεση επαφή, προστασία νέας βλάστησης) αλλά και μειονεκτήματα (πιθανά υπολείμματα σε φυτικά μέρη που θα δοθούν για κατανάλωση) (Δημόπουλος, 1998, Γιανοπολίτης, 2005).

3.6. Έντομα και Εντομοκτόνα

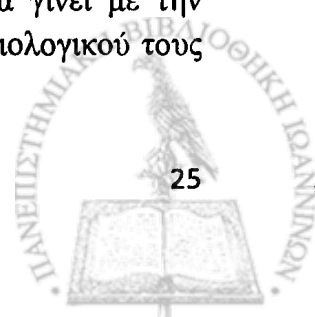
Τα έντομα διέρχονται κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου από διάφορα στάδια, αλλά λιγότερο και άλλα περισσότερο ευαίσθητα στη χημική καταπολέμηση. Για να είναι αποτελεσματική και οικονομικά αποδεκτή η καταπολέμηση ενός εντόμου είναι αναγκαία τόσο η γνώση της βιοοικολογίας του, όσο και η εκλογή μιας δραστικής ουσίας με τις κατάλληλες φυσικοχημικές ιδιότητες.

Το στάδιο της προνύμφης είναι ίσως το πιο κατάλληλο για την εφαρμογή της χημικής καταπολέμησης. Προνύμφες που διαβιούν και τρέφονται στην εξωτερική επιφάνεια του ξενιστή, καταπολεμώνται σχετικά εύκολα με εντομοκτόνα επαφής ή στομάχου. Όταν διαβιούν εξωτερικά αλλά σε προσιτές θέσεις του ξενιστή τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο διασυστηματικό εντομοκτόνο. Στις περιπτώσεις που η προνύμφη εισέρχεται στο εσωτερικό των ιστών αμέσως ή λίγο μετά την εκκόλαψη της μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντομοκτόνα επαφής ή στομάχου πριν εισέλθει στους ιστούς του ξενιστή ή διασυστηματικά μετά την είσοδο της. Αν η προνύμφη εκκολάπτεται απ' ευθείας στο εσωτερικό των ιστών του ξενιστή, τότε η καταπολέμηση μπορεί να γίνει στο στάδιο του ακμαίου ή να καταστραφεί ο ίδιος ο ξενιστής.

Στο στάδιο της νύμφωσης τα έντομα βρίσκονται σε αδράνεια, δε διατρέφονται και συνήθως περιβάλλονται από ανθεκτικό βομβύκιο, γι' αυτό και η χημική καταπολέμηση είναι αδύνατη.

Τα ακμαία έντομα όταν διατρέφονται εις βάρος των καλλιεργούμενων φυτών αντιμετωπίζονται με εντομοκτόνα επαφής, στομάχου ή διασυστηματικά. Όταν κινούνται πάνω στον ξενιστή αλλά χωρίς να διατρέφονται χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα επαφής.

Σε κλειστούς χώρους (αποθήκες) η καταπολέμηση των εντόμων μπορεί να γίνει με την εφαρμογή πτητικών σκευασμάτων τα οποία συνήθως δρουν σε όλα τα στάδια του βιολογικού τους κύκλου (Δημόπουλος, 1998).



Κεφάλαιο 4° Η καλλιέργεια της τομάτας και η αντιμετώπιση του αλευρώδη των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)

4.1. Η καλλιέργεια της τομάτας στην Ελλάδα και την Ευρώπη

Η τομάτα είναι ένα από τα πιο εμπορικά οπωροκηπευτικά, αφού περιλαμβάνεται στα πέντε πρώτα σε διακινούμενες ποσότητες, κατέχοντας μάλιστα τη δεύτερη θέση μετά τις μπανάνες, στο παγκόσμιο εμπόριο οπωροκηπευτικών.

Συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία 2002 – 2004, οι μπανάνες κατέχουν ένα μερίδιο γύρω στο 13% της παγκόσμιας αγοράς οπωροκηπευτικών και οι τομάτες ένα μερίδιο 8%, ενώ ακολουθούν τα μήλα (7,5%), τα σταφύλια (7,5%) και τα πορτοκάλια (5%). Οι τομάτες και τα σταφύλια έχουν τα τελευταία 20 χρόνια αυξήσει ελαφρά το μερίδιο τους, ενώ οι μπανάνες, τα μήλα και ιδιαίτερα τα πορτοκάλια έχουν χάσει έδαφος.

Εξετάζοντας την εξέλιξη της παραγωγής των πέντε αυτών οπωροκηπευτικών μετά το 1980, σε παγκόσμια κλίμακα, γίνεται φανερό ότι η τομάτα παρουσίασε την πιο δυναμική αύξηση. Η παραγόμενη ποσότητα τομάτας διπλασιάστηκε, όπως περίπου συνέβη με τη μπανάνα, ενώ η ποσότητα των παραγόμενων σταφυλιών έμεινε στάσιμη. Τα λαχανικά γενικά, παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση συγκριτικά με τα φρούτα.

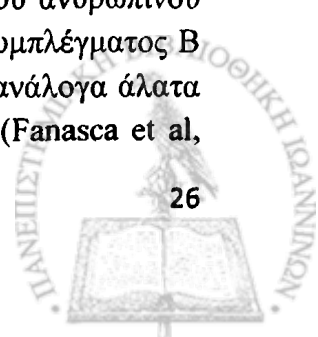
Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ελλάδα καταλαμβάνει μια καλή θέση όσον αφορά την ετήσια παραγωγή τομάτας (συνολικά επιτραπέζιας και βιομηχανικής). Με μέση ετήσια παραγωγή σταθερά γύρω στους δύο εκατομμύρια τόνους έρχεται τρίτη, αν και με σημαντική διαφορά μετά την Ιταλία και την Ισπανία.

Σημαντικές εξαγωγές επιτραπέζιας τομάτας κάνει και η Ολλανδία. Εξαγωγικές, έστω και με μικρότερες ποσότητες, είναι επίσης η Ιταλία, το Βέλγιο – Λουξεμβούργο και η Γαλλία, αλλά όχι η Ελλάδα. Το γεγονός αυτό συνδέεται με την ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση νωπής τομάτας στην Ελλάδα η οποία είναι ετησίως 60-80 χγρ/κάτοικο ενώ δεν υπερβαίνει τα 10-20 χγρ/κάτοικο στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Έτσι, η Ελλάδα έχει αυξημένες απαιτήσεις επιτραπέζιας τομάτας σε σύγκριση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες γι' αυτό το παραγόμενο προϊόν διατίθεται στην εσωτερική αγορά, συνήθως σε καλές τιμές, οι πραγματοποιούμενες εξαγωγές είναι ασήμαντες ενώ γίνονται και κάποιες εισαγωγές ιδιαίτερα σε εναλλακτικούς τύπους τομάτας (κερασοτομάτες, μικρόκαρπες κ.λ.π.) για τις οποίες δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία.

Η επιτραπέζια τομάτα στην Ελλάδα καλλιεργείται ως υπαίθρια σε μια έκταση περίπου 180.000 στρ. και δίνει παραγωγή γύρω στους 580.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 3,2 τόνοι). Καλλιεργείται επίσης σε περίπου 32.000 στρ. στο θερμοκήπιο, με ετήσια παραγωγή 320.000 τόνους (μέση στρεμματική απόδοση 10 τόνοι). Η υπαίθρια καλλιέργεια είναι κατανεμημένη σε μικρά συνήθως αγροτεμάχια σ' όλη σχεδόν τη χώρα ενώ κύρια κέντρα θερμοκηπιακής καλλιέργειας είναι η Κρήτη, η ΝΔ Πελοπόννησος, η Πρέβεζα, η Θεσσαλονίκη, η Χαλκιδική, η Εύβοια κ.α.

4.2. Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο

Η διαιτητική αξία της τομάτας ως λαχανικού συνίσταται στον εφοδιασμό του ανθρώπινου οργανισμού με αρκετές βιταμίνες (κυρίως προβιταμίνη Α, διάφορες βιταμίνες του συμπλέγματος Β και βιταμίνη C), καροτενοειδή και φαινολικές ουσίες με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ανάλογα άλατα (κάλιο, μαγνήσιο, κλπ) και άπεπτες ινώδεις ουσίες χρήσιμες στο πεπτικό σύστημα (Fanasca et al,



2006). Παράλληλα όμως με την διαιτητική του αξία, ο καρπός της τομάτας διαθέτει και άριστες οργανοληπτικές ιδιότητες, υπέροχο άρωμα και ελκυστική εμφάνιση. Χάρη σε αυτές τις ιδιότητες η τομάτα έχει καθιερωθεί σε όλο σχεδόν τον κόσμο ως το πλέον δημοφιλές λαχανικό.

Στην Ελλάδα η τομάτα καταλαμβάνει την πρώτη θέση ανάμεσα σε όλα τα καλλιεργούμενα λαχανικά, τόσο σε έκταση όσο και σε παραγωγή. Όπως σε σχεδόν όλες τις μεσογειακές χώρες, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής τομάτας προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες. Από το σύνολο της καλλιεργούμενης στην Ελλάδα έκτασης για παραγωγή νωπών καρπών τομάτας, εκτιμάται ότι το 8-10% περίπου αντιστοιχεί σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, στην Ελλάδα το 2005 καλλιεργήθηκαν συνολικά 34.849 στρέμματα με τομάτα θερμοκηπίου (Σάββας, 2007). Η παραπάνω έκταση κατανέμεται σε 28.392 στρέμματα με τομάτα ως κύρια καλλιέργεια και σε 6.457 στρέμματα στα οποία η τομάτα ήταν δεύτερη καλλιέργεια.

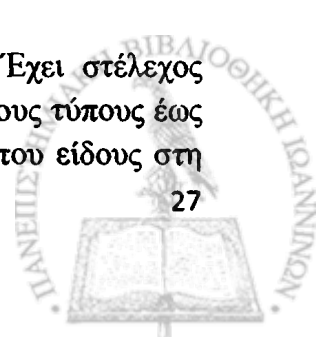
Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η χρήση βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση του εδάφους των θερμοκηπίων υπόκειται σε αυστηρούς περιορισμούς στις ανεπτυγμένες χώρες μετά το 2005 με προοπτική να απαγορευτεί πλήρως σε όλες τις χώρες μέχρι το 2015 (Batchelor, 2004). Οι περιορισμοί αυτοί ήδη έχουν δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στους καλλιεργητές θερμοκηπίων της χώρας μας (Γενειατάκης, 2007), δεδομένου ότι εναλλακτικές απολυμαντικές ουσίες με αποτελεσματικότητα παρόμοια με αυτή του βρωμιούχου μεθυλίου δεν υπάρχουν και δεν φαίνεται ότι μπορούν να βρεθούν στο εγγύς μέλλον. Υπό το βάρος αυτής της κατάστασης, αναζητούνται άλλες λύσεις για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών πέρα από την χημική απολύμανση του εδάφους (Batchelor, 2004). Μία αξιόπιστη εναλλακτική λύση που καθιστά τελείως ως περιττή την απολύμανση του εδάφους, είναι η καλλιέργεια εκτός εδάφους, η οποία στην Ελλάδα είναι γνωστή κυρίως με τον όρο «υδροπονική καλλιέργεια».

Η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία σε πολλές χώρες, ενώ σε ορισμένες χώρες όπως η Ολλανδία αποτελεί σχεδόν την αποκλειστική μέθοδο καλλιέργειας του φυτού αυτού ήδη από την προηγούμενη δεκαετία (de Kreijl, 1995). Εκτός από την υποκατάσταση της χημική απολύμανσης του εδάφους, η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας, καθιστά ευκολότερη και αποτελεσματικότερη την ολοκληρωμένη διαχείριση του συστήματος παραγωγής στο θερμοκήπιο – κλίμα – φυτά, με συνέπεια να συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Τέλος η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας, εάν εφαρμοσθεί σωστά, μπορεί να δώσει υψηλότερες αποδόσεις και πρωιμότερη παραγωγή κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους (Resh, 1997). Ο μόνος παράγοντας που περιορίζει την εξάπλωση της υδροπονικής καλλιέργειας της τομάτας στην Ελλάδα είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας και η ανεπαρκής πληροφόρηση μεταξύ των αγροτών.

4.3. Περιγραφή της θερμοκηπιακής καλλιέργειας της τομάτας

Η τομάτα είναι γνωστή στην Ευρώπη από τον 16^ο αιώνα. Η χρησιμοποίηση της τομάτας στη διατροφή του ανθρώπου άρχισε μόλις από τον 18^ο αιώνα. Μέχρι την εποχή εκείνη πίστευαν πως οι καρποί της ήταν επιβλαβής στην υγεία, γι' αυτό και την καλλιεργούσαν μόνο ως φυτό καλλωπιστικό.

Υπό τις κλιματικές μας συνθήκες η τομάτα είναι φυτό ετήσιο, ποώδες. Έχει στέλεχος διακλαδιζόμενο και το ύψος του κυμαίνεται από 0,50 μ στους νάνους ή αυτοκλάδευτους τύπους έως 1,50 μ. και πλέον αναλόγως κυρίως της ποικιλίας. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων του είδους στη



διπλοειδή μορφή είναι $2n=24$, τον ίδιο δε αριθμό χρωμοσωμάτων έχουν και όλα τα είδη του γένους *Lycopersicum*. Το ριζικό σύστημα είναι πασσαλώδες εφόσον το φυτό προέρχεται από σπόρο που σπάρθηκε απευθείας στη μόνιμη θέση. Υπό τις συνθήκες αυτές οι ρίζες μπορεί να φτάσει γρήγορα το βάθος των 60εκ. επιμηκυνόμενη κατά 2-3εκ. ημερησίως. Των μεταφυτευμένων φυτών η ρίζα αναπτύσσεται περισσότερο πλαγίως και λιγότερο κατακορύφως.

Τα φύλλα εμφανίζονται επί των βλαστών εναλλάξ, είναι σύνθετα και αποτελούνται συνήθως από 7, 9 ή και 11 φυλλάρια. Στην επιφάνεια τους όπως και στους βλαστούς, υπάρχουν αδενώδεις τρίχες, οι οποίες θραυόμενες αναδίδουν τη χαρακτηριστική οσμή του φυτού.

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται ανά 4 έως 12 και πλέον ταξιανθίες απλές, διχαλωτές ή διακλαδιζόμενες. Ο κάλυκας συνίσταται από 5 ή περισσότερα σέπαλα, η στεφάνη επίσης από 5 ή περισσότερα πέταλα, τα οποία πέφτουν μετά τη γονιμοποίηση του άνθους. Οι στήμονες, 5 ή περισσότεροι, είναι μερικώς ενωμένοι στη βάση με τη στεφάνη, αποτελούνται δε από νήματα βραχεία και ανθήρες επιμηκυνόμενες και ενωμένους μεταξύ τους, κατά τρόπο ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από το στύλο, τον οποίο συνήθως καλύπτουν τελείως. Ο ύπερος αποτελείται από πολύχωρη ωοθήκη με πολλά ωάρια και από βραχύ ή μακρό στύλο, το στίγμα του οποίου στην τελευταία αυτή περίπτωση βγαίνει έξω από τον κώνο των ανθέρων. Κάποτε συναντώνται άνθη ανώμαλα με σύνθετο περιάνθιο και ωοθήκη παραμορφωμένη. Αυτών οι στήμονες συνήθως δεν καλύπτουν τον στύλο.

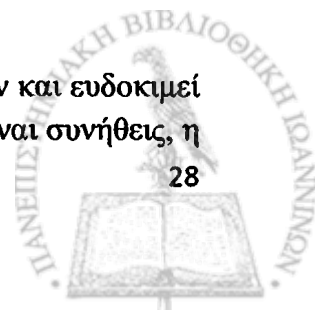
Η άνθηση αρχίζει τις πρωινές ώρες και συνεχίζεται καθ' όλη την ημέρα. Με το άνοιγμα της στεφάνης γίνεται ωρίμανση του στίγματος και μόνο μετά 24 – 48 ώρες αρχίζει η διάρρηξη των ανθέρων και η διάχυση της γύρης (υστερανδρία). Κυρίως γίνεται αυτεπικονίαση και αυτογονιμοποίηση, μερικές φορές όμως μπορεί να γίνει σταυροεπικονίαση με τα έντομα, όπως συμβαίνει πολλάκις σε ποικιλίες με μακρύ στύλο. Το μήκος του στύλου επηρεάζεται και από το μήκος της ημέρας, κατά τον τρόπο που τα άνθη τα οποία σχηματίζονται υπό βραχεία φωτοπερίοδο να έχουν στύλους βραχείς, μακρούς δε υπό μακρά φωτοπερίοδο.

Η βλάστηση της γύρης είναι βραδεία και η γονιμοποίηση των ωαρίων γίνεται δύο περίπου ημέρες μετά την επικονίαση. Από τη γονιμοποίηση του άνθους μέχρι την ωρίμανση του καρπού απαιτούνται αναλόγως της ποικιλίας και των καλλιεργητικών συνθηκών 45 – 60 ημέρες. Ο καρπός είναι πολύχωρη ράγα σε σχήμα που ποικίλει στις διάφορες ποικιλίες, σφαιροειδές, πιεσμένο στους πόλους ή επίμηκες, με περικάρπιο (φλοιό) λείο και λεπτό, μεσοκάρπιο κόκκινο και σπόρους πολυάριθμους, δισκοειδείς, τραχιάς επιφάνειας (σάρκα) χυμώδες ελαιούχους. Το βάρος του καρπού κυμαίνεται αναλόγως κυρίως προς την ποικιλία, από 50 έως 200 συνήθως γραμμάρια. Ως προς το χρώμα, αυτό μπορεί να είναι κόκκινο έως κιτρινοκόκκινο αναλόγως της περιεχόμενης στον καρπό καροτίνης (κίτρινο) και λικοπίνης (κόκκινο), υπάρχουν όμως επίσης ποικιλίες με καρπούς χρώματος εντελώς κίτρινου.

Η μέση σύνθεση του καρπού είναι: σάρκα και χυμός 96-97%, σπόροι 2-3%, φλοιός 1-2%. Η χημική σύσταση του είναι περίπου 93,5% νερό, 1% αζωτούχες ουσίες, λιπαρές ουσίες, 1% κυτταρίνες, 3,5% σάκχαρα και 0,5% τέφρα. Η τομάτα είναι από τα πιο πλούσια προϊόντα σε βιταμίνες. Περιέχει σε μεγάλη ποσότητα τη βιταμίνη C, A, B1, B2, K κ.α.

4.4. Κλίμα και έδαφος

Η τομάτα, φυτό θερμών - εύκρατων κλιμάτων ευρίσκει κατάλληλο περιβάλλον και ευδοκιμεί σε όλα τα διαμερίσματα της χώρας. Σε περιοχές, στις οποίες οι παγετοί της άνοιξης είναι συνήθεις, η



τομάτα καταστρεφόμενη στη θερμοκρασία των -2°C , δεν είναι δυνατό να καλλιεργηθεί σε συνθήκες υπαίθρου παρά μόνο από του τέλους Μαρτίου ή αρχές Απριλίου.

Γενικώς οι καλύτερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη και καρποφορία του φυτού είναι: $22-28^{\circ}\text{C}$ κατά την ημέρα και $15-16^{\circ}\text{C}$ κατά τη νύχτα. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω των 13°C , δεν γίνεται γονιμοποίηση των ανθέων (δεν βλαστάνει η γύρη) και επομένως ούτε καρπόδεση, σε υψηλότερες δε των 32°C προκαλείται ανθόρροια. Για το φύτευμα των σπόρων, θερμοκρασίες γύρω στους 25°C είναι πλέον ευνοϊκές. Ως προς την υγρασία της ατμόσφαιρας, η τομάτα ευνοείται υπό σχετική υγρασία 50-70%.

Στη φωτοπερίοδο, το φυτό φαίνεται να είναι ουδέτερο αν και ένας έντονος φωτισμός επηρεάζει την πρωιμότητα παραγωγής, ευνοώντας την πρώιμη εμφάνιση της πρώτης ταξιανθίας. Έτσι η διατήρηση των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων καθαρών, πρέπει να αποτελεί μια από τις φροντίδες του καλλιεργητή. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας των θερμοκηπίων και θερμοσπορείων σε CO_2 παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της καλλιέργειας. Συνιστούν συνήθως την αύξηση του CO_2 μέχρι της πυκνότητας των 1,000 περίπου ppm.

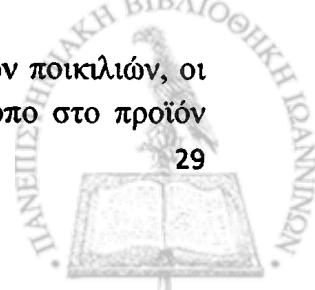
Σε ότι αφορά στο έδαφος, η τομάτα δεν μπορεί να θεωρηθεί ιδιαιτέρως απαιτητική, οπωσδήποτε όμως τα εδάφη μέσης σύστασης, τα βαθιά και διαπερατά, τα πλούσια σε οργανική ουσία, τα γόνιμα και αρδευόμενα μπορούν να υπολογίζονται ως ιδανικά. Η επιθυμητή αντίδραση του εδάφους είναι η ουδέτερη ή η ελαφρώς όξινη (pH 7-8,5). Τα ελαφρά, αμμώδη εδάφη είναι άριστα για πρώιμες καλλιέργειες εάν βελτιώνονται με άφθονη οργανική λίπανση και ποτίζονται κανονικά. Περισσότερο πλούσια των αμμωδών είναι τα αργιλώδη, συνεκτικά εδάφη, τα οποία όμως είναι δύσκολα στην καλλιέργεια και συγκεντρώνουν περίσσεια υγρασίας, επιβλαβούς στα φυτά της τομάτας. Τα εδάφη αυτά είναι γενικώς ψυχρά και τα φυτά κατά την πρώτη περίοδο της ζωής τους δεν αναπτύσσονται γρήγορα.

Η εναλλαγή των καλλιεργειών, η αμειψισπορά, επιβάλλεται και εδώ όπως για όλα τα είδη, κυρίως για την αποφυγή σοβαρών προσβολών από ασθένειες (αδρομυκώσεις), τα αίτια των οποίων διατηρούνται στο έδαφος επί αρκετά συνήθως έτη. Για το λόγο αυτό η τομάτα είναι σκόπιμο να μην επανέρχεται στον ίδιο αγρό πριν περάσουν 4-5 έτη. Φυσικά λαμβάνεται υπόψη πως και άλλα φυτά και κυρίως τα άλλα σολανώδη προσβάλλονται από τις ίδιες ασθένειες. Αυτά δεν πρέπει να παίρνουν μέρος στην αμειψισπορά. Για τυπικό λαχανόκηπο μπορεί να εφαρμοστεί π.χ. η αμειψισπορά: τομάτα + λάχανα – φασόλια + σπανάκι – πεπόνι + μαρούλι – κρεμμύδι + αρακάς. Στη μεγάλη καλλιέργεια μπορεί να ακολουθήσει την τομάτα, σίτος το δεύτερο έτος και αυτόν τριφύλλι ή μηδική, αναλόγως της διάρκειας της αμειψισποράς, η οποία θα κλείσει το τέταρτο ή πέμπτο έτος με σίτο.

4.5. Βελτίωση γενετικού υλικού – υβρίδια

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί και καλλιεργούνται πολυάριθμα υβρίδια τομάτας, τα οποία τείνουν να καταργήσουν τις ποικιλίες που μόλις πριν λίγα χρόνια είχαν θεωρηθεί και ήταν εξαιρετικές. Γιατί πράγματι, αυτά είναι πολύ πιο ενδιαφέροντα συγκρινόμενα με τις ποικιλίες εκείνες. Τα υβρίδια χαρακτηρίζονται σχεδόν όλα, από την αντοχή τους στις πιο σοβαρές ασθένειες της τομάτας (ιώσεις, αδρομυκώσεις) και δίνουν καρπό εξαιρετικής ποιότητας, που αντέχει στη διατήρηση μετά τη συγκομιδή πολύ καλύτερα από ότι οι γνωστές ποικιλίες, είναι δε επίσης πολύ πιο παραγωγικά.

Η δημιουργία ενός υβριδίου (F1) επιτυγχάνεται με τη διασταύρωση καθαρών ποικιλιών, οι αρεστοί χαρακτήρες των οποίων επιδιώκεται να συγκεντρωθούν μ' αυτόν τον τρόπο στο προϊόν



υβριδισμού. Πηγές για την απόκτηση χαρακτήρων (γονιδίων) αντοχής κυρίως σε μερικές ασθένειες είναι κάποια είδη του γένους *Lycopersicum*.

Ως προς την τεχνική της διασταύρωσης, αυτή συνίσταται στην αφαίρεση των στημόνων του μητρικού άνθους με κατάλληλη λαβίδα πριν από το άνοιγμα της στεφάνης (δηλαδή προτού να γίνει αυτεπικονίαση) και στην τεχνητή επικονίαση με την τοποθέτηση γύρης ανθέων του επιθυμητού φυτού-πατέρα επί του στίγματος του ευνουχισμένου άνθους. Για την αποφυγή μεταφοράς επί του άνθους άλλης γύρης, αυτό καλύπτεται με χάρτινο σακίδιο, το οποίο αφαιρείται μόνο μετά το σχηματισμό του καρπού.

Οι σπόροι που λαμβάνονται ύστερα από τέτοιες διασταυρώσεις, σπέρνονται και τα παραγόμενα φυτά αξιολογούνται δοκιμαζόμενα τα επόμενα έτη σε σύγκριση με γνωστές ποικιλίες ή υβρίδια. Η εργασία των διασταυρώσεων είναι πολυδάπανη. Ας σημειωθεί ότι ένας έμπειρος τεχνικός μπορεί να εκτελέσει ημερησίως τόσες διασταυρώσεις, ώστε να πετύχει την παραγωγή σπόρου, όχι περισσότερου από 30 ή 40 γραμμάρια. Αλλά αυτό αφορά την παραγωγή σπόρου ενός υβριδίου προκειμένου να διατεθεί τελικά στην αγορά.

4.6. Παραγωγή σπόρου

Η παραγωγή του σπόρου καθαρών ποικιλιών γίνεται σε ειδικές καλλιέργειες σποροπαραγωγής, στις οποίες εφαρμόζονται όλες οι περιποιήσεις μιας κοινής καλλιέργειας τομάτας. Σε τέτοιες καλλιέργειες η χρησιμοποιούμενη ποικιλία πρέπει να είναι τέλειας καθαρότητας. Στον ίδιο δε αγρό δεν θα καλλιεργούνται άλλες ποικιλίες τομάτας, εκτός εάν απέχουν από την πρώτη 100 τουλάχιστον μέτρα.

Από την έναρξη της άνθησης είναι αναγκαίες οι συνεχείς επισκέψεις στην καλλιέργεια, κατά τις οποίες εξετάζονται τα φυτά ένα προς ένα και εκριζώνονται εκείνα, τα οποία διαφέρουν του τύπου της ποικιλίας, επίσης δε, τα προσβεβλημένα από ασθένειες μεταδιδόμενες με το σπόρο όπως είναι οι βακτηριώσεις, οι ιώσεις κλπ. Η σημαντικότερη εποχή για τον έλεγχο, είναι εκείνη που αρχίζει η ωρίμανση των πρώτων καρπών. Εξετάζονται οι καρποί κυρίως ως προς το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα τους, καθώς και οι χαρακτήρες του φυτού (ύψος π.χ.), του φυλλώματος και των ανθέων. Οι καρποί από τους οποίους θα ληφθεί ο σπόρος, συγκομίζονται εντελώς ώριμοι, πλένονται με άφθονο νερό, κόβονται εγκαρσίως ή πολτοποιούνται και είτε διατηρούνται έτσι μέσα σε δοχείο επί 2-3 ημέρες για να γίνει ζύμωση, μετά την οποία αποχωρίζεται εύκολα ο σπόρος από τη σάρκα, είτε εξάγεται αμέσως ο σπόρος από τους καρπούς και επεξεργάζεται με υδροχλωρικό οξύ. Η επεξεργασία αυτή συνίσταται στην εμβάπτιση του νωπού σπόρου σε διάλυμα 1% υδροχλωρικού οξέος επί 30' της ώρας. Ακολούθως, ο σπόρος πλένεται τριβόμενος μέσα σε υφασμάτινο σακίδιο, ώστε να απαλλαγεί από τη γλοιώδη ουσία που τον περιβάλλει και στεγνώνεται υπό σκιά, απλωμένος σε κατάλληλο χαρτί (απορροφητικό και ανθεκτικό). Όταν έχει στεγνώσει πολύ καλά, τρίβεται με τις παλάμες ή μηχανικώς, απολυμαίνεται με το κατάλληλο φάρμακο (Thiram, Captan κλπ.) και διατηρείται σε χώρο ξηρό και αεριζόμενο.

Για την καταστροφή των βακτηριδίων που προκαλούν ασθένειες στην τομάτα εμβαπτίζουν το σπόρο σε νερό θερμοκρασίας 50°C επί 25' της ώρας, για την αδρανοποίηση δε των ιών στο σπόρο εφαρμόζουν θερμοθεραπεία σε ειδικούς κλιβάνους.

Από ένα χιλιόγραμμο καρπών τομάτας μπορούν να ληφθούν συνήθως 3-4 γραμμάρια ξηρού σπόρου, ένα δε γραμμάριο περιλαμβάνει 300-400 σπόρους. Η βλαστική ικανότητα του σπόρου διαρκεί 4-5 έτη ή και περισσότερο υπό καλές συνθήκες διατήρησης.



4.7. Ασθένειες – ζωικά παράσιτα

Ζημιές στις καλλιέργειες της τομάτας προξενούν όχι μόνο ασθένειες που έχουν ως αιτία διάφορα κρυπτογαμικά παράσιτα, ιούς, καθώς και ζωικά παράσιτα, αλλά και αρκετές παθήσεις οφειλόμενες σε φυσιολογικούς παράγοντες όπως είναι οι παγετοί, το χαλάζι, οι ισχυροί άνεμοι ή οι καυστικές ακτίνες του ήλιου κλπ. Άλλες παθήσεις είναι π.χ. η σήψη της κορυφής των καρπών υπό μη κανονικές συνθήκες υγρασίας του εδάφους και έλλειψη ασβεστίου ή το σκάσιμο των καρπών στη ράχη. Και οι δύο αυτές έχουν σχέση και με την ποικιλία της τομάτας. Ακόμα οι τροφопενίες από έλλειψη διαφόρων λιπαντικών στοιχείων (N, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Mo κλπ.) μπορεί να είναι καταστάσεις σοβαρές, που τελικά επηρεάζουν το αποτέλεσμα της καλλιέργειας. Δεν θα επεκταθούμε όμως. Θα προχωρήσουμε στις μολυσματικές ασθένειες, από τις οποίες οι πιο συνήθεις είναι οι εξής:

Περονόσπορος. Οφείλεται στο μύκητα *Phytophthora infestans*, ο οποίος προκαλεί επί των φύλλων και των βλαστών το σχηματισμό κηλίδων μεγεθυνόμενων. Της προσβολής, δεν διαφεύγουν επίσης οι καρποί με αποτέλεσμα τη σήψη τους. Η δόση της ασθένειας ευνοείται υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας και θερμοκρασίας 18-25°C. Υπό τέτοιες συνθήκες συνιστώνται ψεκασμοί με κατάλληλα μυκητοκτόνα.

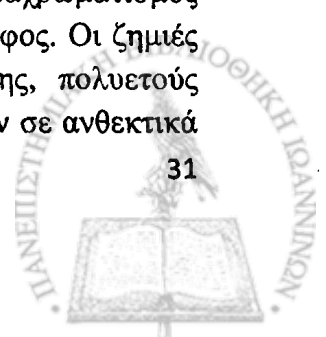
Αλτερναρίαση. Προκαλείται από τον μύκητα *Alternaria solani* και εκδηλώνεται στα φύλλα, τους βλαστούς και τους καρπούς συνήθως κατά το θέρος. Επί των φύλλων εμφανίζονται κηλίδες με ομόκεντρους δακτυλίους σκοτεινού χρώματος, κυκλικούς ή ακανόνιστου σχήματος. Παρόμοιες κηλίδες σχηματίζονται και στους καρπούς, των οποίων προκαλείται η σήψη. Συνιστώνται ψεκασμοί με κατάλληλα (χαλκούχα κλπ) φάρμακα.

Σεπτορίαση. Αιτία της ασθένειας είναι ο μύκητας *Septoria lycopersici*, ο οποίος προκαλεί επί των φύλλων το σχηματισμό μικρών, κυκλικών και συνήθως πολυάριθμων κηλίδων. Η ασθένεια παρατηρείται κατά τις θερμές περιόδους.

Κλαδοσπορίωση. Προκαλείται από το μύκητα *Cladosporium fulvum*. Η ασθένεια εκδηλώνεται με κηλίδες σκοτεινού χρώματος επί των φύλλων και μπορεί να προκαλέσει σοβαρή αποφύλλωση των φυτών. Πολλάκις συγχέεται με τον περονόσπορο και αντιμετωπίζεται όπως εκείνος.

Ωίδιο. Ο μύκητας στον οποίο οφείλεται η ασθένεια, ο *Erysiphe polygoni*, προσβάλλει τα φύλλα και τους βλαστούς επί των οποίων σχηματίζει υπόλευκο επίχρισμα. Καταπολεμείται με θειώσεις ή με ψεκασμούς ωιδιοκτόνων φαρμάκων.

Αδρομυκώσεις. Ασθένειες προκαλούμενες από μύκητες των γενών *Fusarium* και *Verticillium*. Τα προσβαλλόμενα φυτά μαραίνονται και ξηραίνονται γρήγορα γιατί τα παθογόνα φράσσουν τα αγγεία του ξύλου. Χαρακτηριστικό της ασθένειας είναι ο καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου, που διακρίνεται σε πλάγια τομή του κορμού κοντά στο έδαφος. Οι ζημιές από τις αδρομυκώσεις μπορούν να περιοριστούν με την εφαρμογή κατάλληλης, πολυετούς αμειψισποράς και την χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών ή φυτών εμβολιασμένων σε ανθεκτικά



υποκείμενα (KVFN κλπ). Επίσης συνιστάται η χρησιμοποίηση ειδικών φαρμάκων με ριζοποτίσματα.

Σκληρωτινίαση. Ο μύκητας μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές προσβάλλοντας τα φυτά κυρίως στο λαιμό. Καταπολεμείται με απολύμανση του εδάφους και χρησιμοποίηση των κατάλληλων φαρμάκων.

Τήξη των σπορείων. Μερικοί μύκητες προσβάλλουν τα φυτά κυρίως στα σπορεία προκαλώντας την καταστροφή τους. Η ασθένεια προλαμβάνεται με την απολύμανση του εδάφους πριν από τη σπορά, την αποφυγή υπερβολικής υγρασίας στο έδαφος και την εφαρμογή κατάλληλων φαρμάκων.

Βοτρύτης (*Botrytis cinerea*). Προσβάλλει τα στελέχη κυρίως αλλά και τα άνθη και τους καρπούς της τομάτας προκαλώντας τη σήψη τους. Ευνοείται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των 18°C) . Αντιμετωπίζεται με χρησιμοποίηση των κατάλληλων φαρμάκων.

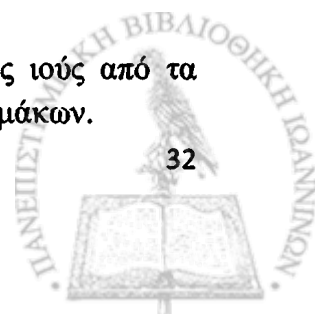
Βακτηριώσεις. Μερικά βακτήρια όπως το *Corynebacterium michiganense* και *Xanthomonas versicatoria* προκαλούν μεταχρωματισμούς και κηλιδώσεις των καρπών. Προσβάλλουν επίσης τα φύλλα και τους βλαστούς επί των οποίων προκαλούν το σχηματισμό ελκών και καρκινωμάτων. Συνιστάται η απολύμανση των σπόρων και ψεκασμοί με χαλκούχα ή ειδικά βακτηριοκτόνα φάρμακα.

Ιώσεις. Οι ιοί προκαλούν αλλοιώσεις διαφόρου μορφής και σοβαρότητας, αναλόγως του είδους τους, της πρωιμότητας προσβολής, της καλλιεργούμενης ποικιλίας και των συνθηκών ανάπτυξης του φυτού. Εκδηλώνονται οι ιώσεις ως μωσαϊκό στα φύλλα, καρούλιασμα και νεκρώσεις των φύλλων, ως νανισμός των φυτών κλπ. με τελικό αποτέλεσμα μια μειωμένη απόδοση. Πρόκειται για ασθένειες μεταδιδόμενες είτε με τα χέρια κατά την εκτέλεση διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών είτε με μερικά άτομα και κυρίως τις αφίδες, είτε με το σπόρο. Σε μεγάλο βαθμό μολύνουν τα φυτά οι καπνιστές με τα χέρια τους. Τα συνιστώμενα μέτρα πρόληψης είναι κυρίως η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, η καταπολέμηση των αφίδων, η έγκαιρη εκρίζωση και καύση των προσβεβλημένων φυτών και η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών. Τα υβρίδια που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι στην πλειονότητα τους ανθεκτικά στον ιό του μωσαϊκού του καπνού.

Τα σπουδαιότερα ζωικά παράσιτα που συνήθως προκαλούν ζημιές στις καλλιέργειες τομάτας είναι τα:

Έντομα εδάφους (*Gryllotalpa*, *Agrotis*, *Melolontha*, *Agriotes*) τα οποία ζουν σε βάρος του υπόγειου τμήματος των φυτών, προκαλούν δε πολλάκις σοβαρές ζημιές κόβοντας τα φυτά στο σπορείο ή στον αγρό. Καταπολεμούνται με δηλητηριασμένα δολώματα ή με διασπορά και κάλυψη στο έδαφος πριν από τη φύτευση (ή τη σπορά) των κατάλληλων φαρμάκων.

Αφίδες (*Aphis* sp.). Μυζούν τους χυμούς των φυτών και μεταφέρουν τους ιούς από τα ασθενή στα υγιή φυτά. Καταπολεμούνται εύκολα με χρησιμοποίηση κατάλληλων φαρμάκων.



Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*). Είναι μικρό άσπρο μυγάκι, ημίπτερο, μυζητικό, το οποίο γίνεται εύκολα αντιληπτό όταν ταραξουμε το φύλλωμα των φυτών. Εναντίον του χρησιμοποιούνται ορισμένα εκλεκτικά εντομοκτόνα, αλλά συνίσταται ιδιαίτερα η βιολογική καταπολέμηση του γιατί αποκτά εύκολα ανθεκτικότητα.

Heliothis armisera. Η κάμψη του λεπιδόπτερου αυτού τρέφεται από τους καρπούς της τομάτας ανοίγοντας μέσα σ' αυτούς στοές. Αντιμετωπίζεται με κατάλληλα εντομοκτόνα.

Κόκκινος Τετράνυχος (*Tetranychus urticae*). Το άκαρι αυτό ζει και μυζά τους χυμούς των άλλων εγκαθιστάμενο στην κάτω επιφάνεια τους. Αναπτύσσεται κυρίως κατά τη θερμή και ξηρή εποχή και μπορεί να προκαλέσει σοβαρότατες ζημιές στην καλλιέργεια. Καταπολεμείται με ακαρεοκτόνα φάρμακα. Επίσης εφαρμόζεται και βιολογική καταπολέμηση.

Νηματώδεις (*Heterodera* sp.). Μικροσκοπικοί σκώληκες οι οποίοι προσβάλλουν τις ρίζες προκαλώντας το σχηματισμό φυματίων – κονδυλωμάτων και την καταστροφή τους. Συνίσταται η εφαρμογή αμειψισποράς (στο ύπαιθρο) με σιτηρά, η απολύμανση του εδάφους των θερμοκηπίων με βρωμιούχο μεθύλιο ή η εφαρμογή νηματωδοκτόνων σε υπαίθριους αγρούς, επίσης δε η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών ή η χρησιμοποίηση φυτών εμβολιασμένων σε ανθεκτικό υποκείμενο.

4.8. Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)

Ο αλευρώδης των θερμοκηπίων (*T. vaporariorum*), η «άσπρη μύγα» όπως πολλές φορές αποκαλείται από τους παραγωγούς, πρωτοπαρατηρήθηκε σαν προσβολή στην τομάτα το 1870 στην Αμερική και από τότε έγινε μια από τις πιο σπουδαίες προσβολές σε πολλά καλλωπιστικά και λαχανικά είδη, στα θερμοκήπια όλου του κόσμου. Το έντομο κατάγεται από την τροπική και υποτροπική Αμερική, πιθανόν από τη Βραζιλία ή το Μεξικό. Σήμερα θεωρείται κοσμοπολίτικο είδος εξαιτίας της γρήγορης εξάπλωσης της σε όλο σχεδόν τον κόσμο.

Αναφέρεται ότι μπορεί να προσβάλλει 250 διαφορετικά είδη φυτών. Συναντάται κυρίως στα θερμοκήπια, προσβάλλοντας το φύλλωμα ιδιαίτερα των *Solanaceae* και *Cucurbitaceae*, αλλά στις παραμεσόγειες χώρες είναι δυνατόν να προκαλέσει και ζημιές σε μεγάλες καλλιέργειες.

Οι αλευρώδεις δεν είναι πραγματικές μύγες. Ανήκουν στην τάξη *Hemiptera* και στην υπόταξη *Homoptera* (τζιτζικάκια, αφίδες, αλευρώδεις και κοκκοειδή) και στην οικογένεια των *Aleurodidae*.

Είναι έντομα με μικρές διαστάσεις (0,8 – 2mm), μαλακό σώμα που σκεπάζεται με μια υπόλευκη κηρώδη ουσία (σκόνη), η οποία τους προσδίδει λευκό χρωματισμό. Οι κηρώδεις εκκρίσεις, αποτελούν χαρακτηριστικό του αλευρώδη σε όλα τα στάδια της ζωής του εκτός από το στάδιο του αυγού. Η κεφαλή τους είναι ευδιάκριτη, με δύο σύνθετους και δύο απλούς οφθαλμούς και μικρού μήκους κεραίες. Φέρουν δύο ζεύγη πτερύγων με ελάχιστες νευρώσεις σε κάθε πτέρυγα ενώ το πρόσθιο ζεύγος πτερύγων είναι πιο σκληρό από το οπίσθιο. Οι πτέρυγες όπως και το υπόλοιπο σώμα καλύπτονται από λευκή κηρώδη ουσία. Όπως και στα υπόλοιπα ημίπτερα έτσι και οι αλευρώδεις έχουν στοματικά μόρια νύσσοντος μυζητικού τύπου με τη μορφή ρύγχους. Ζουν στην



κάτω επιφάνεια των φύλλων και εάν οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι ευνοϊκές, πετούν και προσβάλλουν τα γειτονικά φυτά.

Υπάρχουν έξι στάδια στον κύκλο ζωής του αλευρώδη των θερμοκηπίων: αυγό, πρώτο, δεύτερο, τρίτο, τέταρτο προνυμφικό στάδιο, pupa και τέλειο άτομο. Όλα τα προνυμφικά στάδια είναι ακίνητα και ζουν προσκολλημένα στην κάτω φυλλική επιφάνεια του ξενιστή. Η διάρκεια ζωής από το αυγό έως το στάδιο του τέλειου, εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έτσι σε θερμοκρασία 12°C διαρκεί κατά μέσο όρο 113 ημέρες, σε 18°C 39 ημέρες και σε 30°C 19 ημέρες.

Το θηλυκό του *T. Varoagatorum* γεννάει αυγά στο κάτω μέρος των νεαρών φύλλων στις κορυφές των φυτών κατά μήκος των νευρώσεων σε ομάδες των 20-40 σε ημικύκλιο. Αυτά τα αυγά συνδέονται με τα φύλλα με κοντά καρφάκια (μίσχο). Ο αριθμός των αυγών που γεννάει ένα θηλυκό μπορεί να κυμαίνεται από 150-500, εξαρτάται από την πυκνότητα του πληθυσμού των τέλειων και σε μεγάλο βαθμό και από το φυτό ξενιστή. Τα αυγά είναι άσπρα, ωοειδή, έμμισχα και έχουν μέγεθος περίπου 0,25mm. Μερικές φορές είναι καλυμμένα με ένα είδος σκόνης προερχόμενης από τα φτερά του θηλυκού. Μια ή δύο μέρες μετά την εναπόθεση τους γίνονται καφέ προς μαύρα.

Μετά από 7 – 10 μέρες και σε θερμοκρασία 21°-24° C βγαίνει από το αυγό η προνύμφη. Η νεαρή αυτή προνύμφη έχει ωοειδές σχήμα, πράσινο λαμπερό χρωματισμό, είναι περίπου 0,3mm σε μήκος, έχει καλά ανεπτυγμένα πόδια και κεραίες και είναι ευκίνητη. Χαρακτηρίζεται ως έρπουσα, γιατί είναι το μόνο στάδιο όπου για λίγες ώρες η προνύμφη κινείται καθώς ψάχνει για ταιριαστό μέρος στο φύλλο όπου θα διατραφεί. Όταν εντοπίσει την κατάλληλη θέση εισάγει τα στοματικά της μόρια στο μεσόφυλλο και αφού υποστεί μια μεταμόρφωση, προσηλώνεται στο συγκεκριμένο σημείο όπου και παραμένει για όλη τη διάρκεια της περαιτέρω ανάπτυξης της, μυζώντας χυμούς. Το σώμα της γίνεται ελλειπτικό και ισοπαχές και σκεπάζεται με αλευρώδη ουσία.

Στο δεύτερο προνυμφικό στάδιο, η προνύμφη οριζοντιώνεται στο φύλλο. Επειδή είναι διαφανής δε μπορεί να διακριθεί εύκολα. Σ' αυτό το στάδιο έχει περίπου 0,37mm μήκος, έχει ωοειδές ή ελαφρά επιμηκυμένο σώμα σε σχήμα καρδιάς ή κυκλικό. Κατά την διάρκεια του τρίτου προνυμφικού σταδίου το έντομο είναι 0,51mm, κατά τα άλλα το στάδιο είναι το ίδιο ακριβώς με το δεύτερο στάδιο.

Στο τέταρτο στάδιο τα έντομα είναι στην αρχή επίπεδα και αργότερα γίνονται πιο παχιά. Ο χρωματισμός τους μπορεί να είναι είτε άχρωμος, καθαρός και μπορεί να αντανakλάται το χρώμα της γύρω φυλλικής επιφάνειας, είτε φωτεινός άσπρος. Είναι περίπου 0,73mm και αποταμιεύουν πολύ κερί.

Μόλις φανούν τα κόκκινα μάτια του ενήλικου αλευρώδη, το έντομο ονομάζεται νύμφη. Καθώς ο αλευρώδης μετατρέπεται σε νύμφη παίρνει ένα μουντό άσπρο χρώμα. Η νύμφη χρειάζεται ένα μεγάλο ποσό από αμινοξέα για την ανάπτυξη της και γι' αυτό απομυζεί μεγάλες ποσότητες από τον χυμό των φυτών. Αυτός ο χυμός περιέχει πάρα πολλά σάκχαρα τα οποία γρήγορα εκκρίνονται σαν μελίτωμα. Ειδικά η μεγαλύτερη νύμφη εκκρίνει πολύ μελίτωμα.

Σοβαρές ζημιές προκαλούν οι δύο τελευταίες προνυμφικές ηλικίες γιατί απομυζούν χυμούς από τα φυτά. Οι σημαντικότερες βλάβες που προκαλούν στα φυτά μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- 1) Μύζηση χυμών και εξασθένιση των φυτών.
- 2) Ανάπτυξη του συμπλόκου των μυκήτων που χαρακτηρίζονται ως καπνιά, στα μελιτώδη αποχωρήματα του εντόμου.
- 3) Μετάδοση ιών ή και βακτηρίων.

Τα φύλλα που έχουν στην κάτω επιφάνεια τους μεγάλο πληθυσμό του αλευρώδη αποκτούν στην αρχή ανοικτό πράσινο – κιτρινοπράσινο χρωματισμό. Εκκρίνουν μελιτώδη ουσία που μένει κολλημένη στο πίσω μέρος του σώματος της προνύμφης σε μορφή σταγόνας και αποτελεί την αρχική αιτία για την εγκατάσταση των μυκήτων της καπνιάς, που με την σειρά της μειώνει την αφομοιωτική επιφάνεια και επομένως τη φωτοσύνθεση του φυτού.

Τα προσβεβλημένα φύλλα πέφτουν πρόωρα. Γενικά παρατηρείται αισθητή μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών για τα κηπευτικά. Ο βαθμός πολυφαγίας στα μέλη της Aleurodidae δεν είναι συγκεκριμένος. Αρχικά οι αλευρώδεις αναφέρονται μόνο πάνω σε ξυλώδη αγγειόσπερμα – ξενιστές και είχαν χαρακτηριστεί ολιγοφάγοι. Τα πολυφάγα είδη έχουν πεδίο καταλληλότητας σε διαφορετικά φυτά. Έτσι, ο *T. Varogarium* έχει μεγαλύτερο ρυθμό αναπαραγωγής στην τομάτα απ' ό τι στο *Brassia* sp.

4.9. Χημική αντιμετώπιση του αλευρώδη

Η χημική αντιμετώπιση στηρίζεται σε εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα στη γεωργική πράξη και είναι οργανικές συνθετικές ενώσεις που κατατάσσονται σε διάφορες ομάδες με βάση τη χημική τους δομή ή τον τρόπο δράσης τους. Αυτά είναι τα:

Οργανοχλωριωμένα: Πρόκειται για παράγωγα οργανοχλωριωμένων υδρογονανθράκων, μεγάλης εντομοτοξικής δράσης και διάρκειας, που δρουν κυρίως ως εντομοκτόνα επαφής. Εμφανίζουν μεγάλη υπολειμματική δράση και δεν διασπώνται στη φύση γι' αυτό και η χρήση των περισσότερων έχει σήμερα διεθνώς απαγορευθεί, όπως και στη χώρα μας, αν και δεν φαίνεται να ισχύει το ίδιο για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Μοναδικός αντιπρόσωπος στη χώρα μας είναι το endosulfan, για το οποίο η χρήση του επιτρεπόταν μέχρι το τέλος του 2007.

Δινιτροορθοκρεζόλη (DNCO): Είναι μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου, με μεγάλη αποτελεσματικότητα εναντίον πολλών φυτοφάγων εντόμων καθώς και ακαρεοκτόνων. Είναι πολύ φυτοτοξική και χρησιμοποιείται μόνο για χειμερινές επεμβάσεις σε φυλλοβόλα δένδρα που βρίσκονται σε λήθαργο, για την καταπολέμηση διαχειμαζουσών μορφών εντόμων. Στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε. έχει καταργηθεί.

Πολτοί ορυκτελαίων: Πρόκειται για διάφορα μίγματα υδρογονανθράκων που προκύπτουν κατά τη διαδικασία απόσταξης των κλασμάτων πετρελαίου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός θειώνωσης (UR), τόσο λιγότερο τοξικό είναι το ορυκτέλαιο. Η δράση τους συνίσταται στο ότι περιβάλλουν το σώμα ή τα αυγά των εντόμων με ένα συνεχές στρώμα ελαίου, παρεμποδίζοντας την αναπνοή και προκαλώντας θάνατο δι' ασφυξίας. Στο εμπόριο κυκλοφορούν είτε αμιγείς είτε σε ανάμιξη με κάποιο άλλο εντομοκτόνο. Είναι ακίνδυνοι για τον άνθρωπο και τα ζώα.

Ρυθμιστές ανάπτυξης εντόμων: Αντιπροσωπεύουν μια νέα γενιά εντομοκτόνων που παρεμποδίζουν τη φυσιολογική ανάπτυξη και εξέλιξη των εντόμων. Δεν είναι τοξικά και μπορούν να ενταχθούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Ο χρόνος εφαρμογής των ενώσεων αυτών παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους, γι' αυτό και είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων και η επέμβαση την κατάλληλη στιγμή. Μερικά από



αυτά δρουν σαν παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης και άλλα επηρεάζουν τη λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος των εντόμων.

Νεονικοτινοειδή: Αποτελούν τη νέα γενιά χημικών φυτοπροστατευτικών ουσιών με δράση κυρίως έναντι των εντόμων με στοματικά μόρια νύσσοντος μυζητικού τύπου, όπως είναι και ο αλευρώδης. Οι σημαντικότεροι αντιπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι οι δραστικές ουσίες thiachloprid, thiamethoxam (πειραματιζόμενη δ.ο.), imidacloprid.

Αλατα λιπαρών οξέων: Χαρακτηρίζονται σαν φυσικά εντομοκτόνα και δρουν σαν εντομοκτόνα επαφής, διαρρηγνύοντας την επιδερμίδα των εντόμων. Δεν έχουν υπολειμματική δράση γι' αυτό και μπορούν να ενταχθούν σε προγράμματα συνδυασμένης καταπολέμησης. Μειονέκτημα τους είναι η χρήση μαλακού νερού για τη διάλυση τους.

Στη παρούσα μελέτη ερευνήθηκε η χημική αντιμετώπιση του αλευρώδη με εφαρμογή εντομοκτόνου που ανήκει στην ομάδα των νεονικοτινοειδών. Χρησιμοποιήθηκε το φυτοπροστατευτικό προϊόν με εμπορική ονομασία Actara 25WG.

Κεφάλαιο 5^ο Φυτικοχημικές ιδιότητες του Thiamethoxam – Αναλυτικές Τεχνικές

5.1. Τα Νεονικοτινοειδή

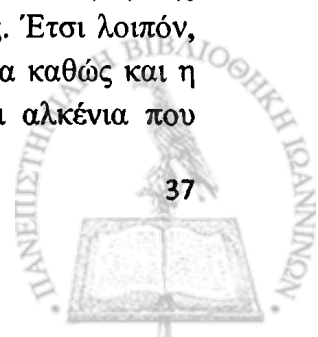
Η ανακάλυψη των νεονικοτινοειδών (neonicotinoids) ή χλωρονικοτινυλίων (chloronicotinyls) ως μία σημαντική τάξη των εντομοκτόνων (στην οποία ανήκει η υπό μελέτη δραστική ουσία), θεωρείται ως ιστορική καμπή στην έρευνα για τα εντομοκτόνα τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Τα νεονικοτινοειδή αντιπροσωπεύουν μία ταχέως αναπτυσσόμενη τάξη εντομοκτόνων, που εισήχθη στην αγορά μετά την εμπορευματοποίηση των πυρεθρουνοειδών (Nauen and Bretschneider., 2002).

Όπως η νικοτίνη, έτσι και όλα τα νικοτινοειδή επιδρούν στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) του εντόμου ως ανταγωνιστές του μετασυναπτικού νικοτινικού υποδοχέα της ακετυλοχολίνης (Bai et al., 1991, Lin and Casida., 1993, Yamamoto., 1996, Chao et al., 1997, Zhang et al., 2000, Nauen et al., 2001, Rill et al., 2007). Έχουν αξιοσημείωτη εκλεκτικότητα και δραστικότητα εναντίον των εντόμων, ενώ παράλληλα είναι ασφαλή για τα θηλαστικά. Ως αποτέλεσμα αυτού του τρόπου δράσης δεν υπάρχει διασταυρούμενη ανθεκτικότητα, όπως συμβαίνει με άλλες τάξεις εντομοκτόνων, και αυτός είναι ο κυριότερος λόγος της σταδιακής αντικατάστασης διαφόρων ειδών εντομοκτόνων από τα νικοτινοειδή (Denholm et al., 2002, Jones et al., 2007).

Τα νεονικοτινοειδή είναι ισχυρά και ευρέου φάσματος εντομοκτόνα τα οποία δρουν μέσω επαφής, κατάποσης και έχουν διασυστηματική δράση (Guzsvany and Madzgalj., 2007). Απορροφώνται στα φυτά από τα φύλλα και τις ρίζες και μεταφέρονται ακροπεταλικά στο φυτό. Καταπολεμούν μυζητικά έντομα, αφίδες και αλευρώδη στα κηπευτικά θερμοκηπίου και υπαίθρου, αφίδες στα εσπεριδοειδή, πυρηνόκαρπα, γιγαρτόκαρπα, βαμβάκι, καπνό, καλλωπιστικά, αλλά και μασητικά έντομα όπως: ο δορυφόρος της πατάτας. Επίσης παρουσιάζουν σημαντική δράση εναντίον των κολεόπτρων, θυσανόπτρων και των λεπιδόπτρων. Λόγω των φυτικοχημικών τους ιδιοτήτων είναι χρήσιμα για ένα μεγάλο φάσμα τεχνικών εφαρμογής όπως: ο ψεκασμός φυλλώματος, οι επενδύσεις σπόρων και η εφαρμογή μέσω του ποτίσματος σε μερικά είδη καλλιεργειών. Εξαιτίας της ήπιας επίδρασης που έχουν στα θηλαστικά (Mastuda et al., 1998, Yamamoto and Casida., 1999, Yamamoto et al., 1998, Tomizawa et al., 2000) μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για τον έλεγχο υπόγειων εντόμων καθώς και για κτηνιατρική χρήση.

Οι φυτικοχημικές ιδιότητες του δακτυλίου και των μη – κυκλικών νεονικοτινοειδών παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη τους. Επιπροσθέτως η φωτοσταθερότητα είναι βασικός παράγοντας για την ικανοποιητική απόδοση αυτής της κατηγορίας εντομοκτόνων στον αγρό. Το Nithiazine (το πρώτο νεονικοτινοειδές που παρασκευάστηκε) είχε υψηλότερη δραστικότητα έναντι του παραθείου στην αντιμετώπιση των ενηλίκων ατόμων της οικιακής μύγας (*Musca domestica*) και 1662 φορές υψηλότερη στη λάρβα του *Helicoverpa zea* στο καλαμπόκι (Soloway et al., 1978, 1979, Kolleneyer et al., 1999, Tomiza and Casida., 2003). Όμως εξαιτίας της μειωμένης φωτοσταθερότητας του Nithiazine σε δοκιμές στον αγρό το σκεύασμα δεν έφτασε στο στάδιο της εμπορευματοποίησης (Soloway et al., 1978, 1979, Kagabu and Medej., 1995, Kagabu., 1997a, Kolleneyer et al., 1999).

Για την πρακτική εφαρμογή των νεονικοτινοειδών η πρόσληψη και η μετακίνηση της δραστικής ουσίας στα φυτά είναι κρίσιμο στοιχείο για την εντομοκτόνο δράση τους. Έτσι λοιπόν, όχι μόνο τα βιοισοστεροχημικά τμήματα αλλά και το συνολικό μοριακό τους τμήμα καθώς και η διαλυτότητα τους στο νερό πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα νεονικοτινοειδή είναι αλκένια που



δημιουργήθηκαν από συζυγιακούς δεσμούς ηλεκτρονίων (Kagabu., 1997a, Guzsany and Madzgalj., 2007). Τέτοια πολικά, μη πτητικά μόρια έχουν υψηλή διαλυτότητα στο νερό και χαμηλό Συντελεστή Κατανομής (Pow) σε σχέση με άλλα μη πολικά εντομοκτόνα (Elbert and Nauen., 2004).

Τα μη – κυκλικά νεονικοτινοειδή είναι λιγότερο λιποφιλικά συγκρινόμενα με αυτά που έχουν δακτύλιο. Η διαλυτότητα της ένωσης αυξάνεται κατά αυτή της σειρά $[=CH-NO_2]>[=N-CN].[=N-NO_2]$ όταν στο μόριο της υπάρχουν τα παραπάνω τμήματα. Τέλος η λιποφιλικότητα αυξάνεται κατά αυτή τη σειρά $S>C>O>H$ (Kagabu., 1996).

Τα πιο λιπόφιλα νεονικοτινοειδή έχουν καλύτερα αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται μέσω των ριζών, γιατί η πρόσληψη τότε είναι περισσότερο αποτελεσματική απ' ό τι στην περίπτωση των υδρόφιλων συστατικών (Briggs et al., 1982).

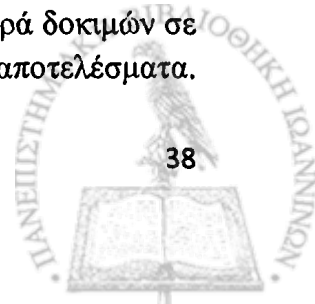
5.1.1. Τρόπος δράσης των Νεονικοτινοειδών

Ο τρόπος δράσης των νεονικοτινοειδών έχει μελετηθεί εδώ και δέκα χρόνια. Δρουν εκλεκτικά στα έντομα – στόχους. Έχουν ανταγωνιστική δράση, γιατί αντιδρούν με την πρωτεΐνη των μετασυναπτικών (νικοτινικών) υποδοχέων της ακετυλοχολίνης που υπάρχουν στις νευρικές συνάψεις του ΚΝΣ, με αποτέλεσμα τη παρεμπόδιση της φυσιολογικής μετάδοσης των νευρικών σημάτων μεταξύ των νευρικών κυττάρων, τη διαρκή υπερδιέγερση, τη πρόκληση νευρικών σπασμών, τη παράλυση και τελικά το θάνατο του εντόμου.

Η ακετυλοχολίνη είναι υποκαταστάτης στα ιονικά κανάλια του κυττάρου και είναι υπεύθυνη για τη γρήγορη μεταφορά των νευρικών ώσεων και είναι ένα πενταμερές trans σύμπλοκο και κάθε υπομονάδα του αποτελείται από έναν εξωκυττάριο τομέα, ο οποίος με τη σειρά του αποτελείται από έναν υποκαταστάτη και τέσσερις trans μεμβράνες (Nauen et al., 2001, Tomizawa and Casida., 2003). Τα νεονικοτινοειδή ενώνονται με την ακετυλοχολίνη και την αντικαθιστούν με αποτέλεσμα τη διακοπή της μεταφοράς των νευρικών ώσεων σε πρώτο στάδιο και τελικά το θάνατο του εντόμου – εχθρού. Αντιθέτως ανταγωνιστές της ακετυλοχολίνης στα θηλαστικά έχουν δείξει λιγότερη εντομοκτόνο δράση (Nauen et al., 1999a). Τα νεονικοτινοειδή ούτε αναστέλλουν τη χολινιστεράση, ούτε σχετίζονται με το κανάλι Na και έτσι έχουν ένα διαφορετικό τρόπο δράσης από τις υπόλοιπες κατηγορίες εντομοκτόνων. Όλα τα νικοτινοειδή δρουν με νανομοριακή συγγένεια στην αντιμετώπιση της οικιακής μύγας του Thiamethoxam, το οποίο επιδεικνύει συγκριτικά χαμηλότερη συγγένεια από το Imidacloprid. Αυτή η χαμηλότερη συγγένεια οφείλεται στην προ – νεονικοτινοειδή φύση του και παρόμοια συμπεριφορά εμφανίζει και το Clothianidin (Nauen et al., 2003, Chen et al., 2005, Raymond – Delpech et al., 2005).

Η βιολογική δραστηριότητα και οι γεωργικές χρήσεις των νεονικοτινοειδών είναι πολλές και αυτή η κατηγορία των εντομοκτόνων αποκτά διαρκώς και περισσότερες (Elbert and Nauen., 2004). Εξαιτίας των μοναδικών ιδιοτήτων τους, υψηλή ενδογενή, υπολειμματική δράση ενάντια στα μυζητικά και μασητικά έντομα και άριστη ακροπεταλική συμπεριφορά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα ευρύ φάσμα εντόμων (Elbert et al., 1990, 1991). Νεονικοτινοειδή όπως το Imidacloprid και το Thiamethoxam ελέγχουν σημαντικά έντομα που είναι ξενιστές, άρα υπεύθυνα για τη μετάδοση ασθενειών ή ιώσεων.

Αυτός ο έλεγχος έχει παρατηρηθεί για τον Barley Yellow Dwarf Virus που μεταδίδεται από τα *Rhopalosiphum padi* και *Sitodion avenae* (Knaust and Roehling., 1992). Σε μια σειρά δοκιμών σε αγρούς της Βόρειας Αγγλίας η χρήση των παραπάνω εντομοκτόνων είχε καλά αποτελέσματα.



Σακχαρότευτλα στα οποία εφαρμόστηκε το Thiamethoxam προστατεύθηκαν επιτυχώς από τον ιό Beet Mild Yellow Virus που μεταδίδεται μέσω της *Myzus persicae* (Dewar and Read., 1992).

Ηλεκτροφυσιολογικές μετρήσεις από αρκετές έρευνες αναφέρουν ότι η ακετυλοχολίνη εκφράζεται ευρέως στο ΚΝΣ του εντόμου τόσο στη μετασυναπτική όσο και την προσυναπτική νευρική ομάδα των κυττάρων, των διανευρώνων ή των διπολικών νευρώνων, των κινητήριων και των αισθητήριων νευρώνων (Goodman and Spitzer., 1980, Harrow and Sattelle., 1983, Sattelle et al., 1983, Breer., 1998, Restifo and White., 1990). Οι Schroder και Flattum (1984) χρησιμοποιώντας εξωκυττάρια ηλεκτροφυσιολογικές διαδικασίες ήταν οι πρώτοι που αναγνώρισαν ότι ο χώρος δράσης του αζωτομεθύλιου του Nithiazine ήταν η χολινεργική σύναψη και ότι ο πρωταρχικός στόχος των νεονικοτινοειδών ήταν η ακετυλοχολίνη (Benson., 1989, Sattelle et al., 1989, Born et al., 1991, Leech et al., 1991, Cheung et al., 1992, Tomizawa and Yamamoto., 1992, 1993, Zwart et al., 1992, Lin and Casida., 1993a, Tomizawa et al., 1996).

Πρόσφατες έρευνες και μελέτες καταδεικνύουν ότι τα νεονικοτινοειδή δρουν ως ανταγωνιστές σε δύο ξεχωριστούς υποτύπους της ακετυλοχολίνης (Buckingham et al., 1997, Gupta and Gajbhiye., 2007), αυτός ο ανταγωνισμός των υποκαταστατών αποκάλυψε την παρουσία υψηλής και χαμηλής συγγένειας τμημάτων της ακετυλοχολίνης με τα νεονικοτινοειδή (Lind et al., 1998, Ihara et al., 2006). Η αναγνώριση πολλαπλών υπομονάδων της ακετυλοχολίνης, μέσω της μοριακής κλωνοποίησης είναι το αποτέλεσμα της υπαρκτής ποικιλίας της ακετυλοχολίνης στα έντομα (Gundelfinger., 1992) Προς το παρόν, το λιγότερο πέντε διαφορετικές υπομονάδες της ακετυλοχολίνης από τη *Drosophila melanogaster* (Schulz et al., 1998), τη *Logusta migratoria* (Hermesen et al., 1998) και τη *Myzus persicae* (Huang et al., 1999) έχουν κλωνοποιηθεί.

Παρά το σημαντικό αριθμό υπομονάδων που έχουν ταυτοποιηθεί μόνο λίγοι λειτουργούν ως υποδοχείς σε ικανοποιητικό βαθμό (Marshall et al., 1990, Amar et al., 1995, Sgard et al., 1998). Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν ότι η γνώση και η κατανόηση της πολυπλοκότητας της ακετυλοχολίνης των εντόμων είναι ακόμη περιορισμένη και ότι η ηλεκτροφυσιολογία θα παίξει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της σπουδαιότητας των συγκεκριμένων υπομονάδων και στον τρόπο δράσης των νεονικοτινοειδών (Ihara et al., 2006).

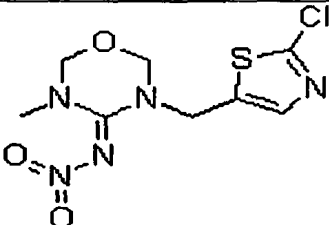
5.1.2. Μεταβολική οδός των Νεονικοτινοειδών

Τα νεονικοτινοειδή έχουν διαφορετική και μέτρια υδατοδιαλυτότητα. Δεν ιονίζονται και δεν υδρολύονται εύκολα σε φυσιολογικές τιμές pH. Οι ενώσεις αυτές υπόκεινται στην καταλυτική δράση των βακτηριδίων, είναι δηλαδή βιοδιασπώμενες και γι' αυτό το λόγο δεν έχει παρατηρηθεί συσσώρευση αυτών των ενώσεων ούτε στα θηλαστικά, ούτε και στην τροφική αλυσίδα (Robert and Hutson., 1999). Ο μεταβολισμός των νεονικοτινοειδών περιλαμβάνει κυρίως αντιδράσεις αποτοξίκωσης, που λαμβάνουν χώρα σε τρία στάδια (Tomizawa and Casida., 2003):

- Μια μικρή περίοδο δηλητηρίασης σε σχεδόν θανατηφόρες δόσεις για τα έντομα και τα θηλαστικά.
- Οι συνεργιστικές επιδράσεις της αποτοξίκωσης του αναστολέα στην εντομοκτόνο δράση.
- Και η ισχύς των μεταβολιτών που σχετίζονται με το μητρικό συστατικό της ακετυλοχολίνης.

Η φαρμακοκινητική των νεονικοτινοειδών έχει ερευνηθεί και από τα αποτελέσματα, προκύπτει ο υψηλός ρυθμός μεταβολισμού και ο σημαντικός ρόλος των ιστών – μη στόχων ως χώρος αποθήκευσης σε λιγότερο ανταποκρίσιμα είδη (Greenwood et al., 2002).

5.2. Ταυτότητα, Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Thiamethoxam

Κοινή Ονομασία (ISO)	Thiamethoxam
Κώδικας Ανάπτυξης (μόνο για νέες δραστικές ενώσεις)	CGA 293343
Χημική ονομασία κατά IUPAC	(E,Z)-3-(-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-[1,3,5]oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine
Χημική ονομασία CA	3-[(2-chloro-5-thiazolyl)methyl]tetrahydro-5-methyl-N-nitro-4H-1,3,5-oxadiazin-4 imine
CIPAC No	637
CAS No	153719-23-4
EEC No	428-650-4
FAO SPECIFICATION	Μη διαθέσιμος
Ελάχιστη καθαρότητα	980g/kg
Μοριακός Τύπος	C ₈ H ₁₀ ClN ₅ O ₃ S
Μοριακό Βάρος	291.7
Χημικός Τύπος	
Σημείο Τήξεως	139.1°C (=412.3 K) (Καθαρότητα: 99.7%)
Σημείο Ζέσεως	Η θερμική διάσπαση αρχίζει στους 147°C (πριν η θερμοκρασία φτάσει στο σημείο ζέσεως) (καθαρότητα: 99.3%)
Εμφάνιση	Ελαφρώς ωχρή ψιλή σκόνη (Καθαρότητα: 99.7%)
Σχετική Πυκνότητα	1.57 · 10 ³ kg / m ³ στους 20°C ανταποκρίνεται σε σχετική πυκνότητα 1.57 (Καθαρότητα: 99.7%)
Τάση ατμών	Σε P[Pa] = -15400.447 / T K + 32.81766 από εφαρμογή των μετρήσεων μεταξύ 90.5 και 121.0°C πίεση ατμών στους 25°C : 6.6·10 ⁻⁹ Pa (κατά προσέγγιση). (Καθαρότητα: 99.7%)
Σταθερά του Νόμου του Henry	4.7 · 10 ⁻¹⁰ Pa·m ³ /mol.
Διαλυτότητα στο νερό	Η διαλυτότητα σε καθαρό νερό προσδιορίστηκε σε: 4.1 g/l στους 25°C (καθαρότητα: 99.7%)
Διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες	(Καθαρότητα: 98.2%) Ακετόνη: 48 g/l Αιθυλικός Εστέρας: 7.0g/l

	Διχλωρομεθάνιο: 110g/l Εξάνιο: <1mg/l Τολουόλιο: 680mg/l Μεθανόλη: 13g/l n-Οκτάνιο: 620mg/l
Συντελεστής Κατανομής (log P_{ow})	P _{ow} : 0.73 ± (0.0029) στους 25°C Log P _{ow} : -0.13 ± (0.0017) στους 25°C (Καθαρότητα: 99.7%)
Σταθερά Διάστασης	Το Thiamethoxam δεν έχει σταθερά διάστασης για εύρος τιμών από 2 έως 12.
Αναφλεξιμότητα	Δε θεωρείται υψηλώς εύφλεκτο (Καθαρότητα: 98.2%)
Εκρηκτικές ιδιότητες	Δε θεωρείται εκρηκτικό (Καθαρότητα: 98.2%)
UV/VIS προσρόφηση (max)	Στα 225nm το ε = 16800 l/mol·cm έχει αυτή την τιμή σε ουδέτερα διαλύματα. Δεν παρατηρείται μέγιστη απορρόφηση ανάμεσα στα 290nm και στα 750nm. (Καθαρότητα: 99.7%)
Φωτοσταθερότητα στο νερό (DT₅₀)	2.3 έως 3.1 ημέρες (25°C σε αποστειρωμένο περιβάλλον σε υδατικά ρυθμιστικά διαλύματα με pH 5) (Καθαρότητα: 97.3%)

Το Thiamethoxam είναι άοσμο κρυσταλλικό συστατικό με Σημείο Τήξεως 139.1°C. Έχει σχετικά υψηλή υδατοδιαλυτότητα 4.1 g/l στους 25°C και χαμηλό συντελεστή κατανομής P_{ow} = 0,13 σε pH 6,8. Δε διίσταται σε εύρος τιμών pH από 2 έως 12, αυτό σημαίνει ότι το pH δεν έχει καμία επίδραση στην υδατοδιαλυτότητα της ένωσης σε τιμές pH από 4 έως 10 (Maienfinch et al., 2001a, Zhou et al., 2006). Αυτές οι ιδιότητες ευνοούν μια γρήγορη και επαρκή πρόσληψη από τα φυτά όπως και τη διασυστηματική δράση της ένωσης (Widmer et al., 1999). Σε αυτή τη διασυστηματική δραστηριότητα όλα τα μέρη του φυτού που κατατάσσονται ακροπεταλικά της εφαρμογής μπορούν να προστατευτούν (Maienfinch et al., 1999a, 2001a). Είναι υδρολυτικά πολύ σταθερό σε pH 5 με χρόνο ημίσειας ζωής μεγαλύτερο του ενός έτους σε θερμοκρασία δωματίου (Maienfinch et al., 2001a). Είναι περισσότερο ασταθές σε pH 9, με χρόνο ημίσειας ζωής μερικές μέρες.

Αποικοδομείται ταχέως παρουσία φωτός με χρόνο ημίσειας ζωής μία ώρα. Δεν έχει παρατηρηθεί αποσύνθεση ή αλλοίωση της δραστικής ουσίας ύστερα από αποθήκευση στους 54°C για περίοδο δύο μηνών. Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 150°C λαμβάνει χώρα εξωθερμική αποσύνθεση. Σε εργαστηριακές εξετάσεις αποικοδομείται με αργό ρυθμό, ενώ σε συνθήκες αγρού η αποικοδόμηση πραγματοποιείται γρηγορότερα εξαιτίας της αυξημένης μικροβιακής δραστηριότητας και της έκθεσης στο φως (Maienfinch et al., 1999a, Maienfinch et al 2001b., Singh et al., 2004, Singh and Kulshrestha., 2005).

Το thiamethoxam δρα μέσω της επαφής και έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της λήψης τροφής από το έντομο, εντός λίγων ωρών από τη στιγμή της επαφής και τελικά το θάνατο. Είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο και ταχέως μετακινούμενο προς τους φυτικούς ιστούς. Περίπου το 15 – 40% της χορηγούμενης δόσης μεταφέρεται στο φύλλωμα σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή. Σε καλλιέργεια τομάτας στον αγρό το 23% της χορηγούμενης δόσης μεταφέρθηκε στο φύλλωμα μέχρι να στεγνώσει η φυτοπροστατευτική ουσία.

Είναι ελαφρώς τοξικό όταν εφαρμόζεται μέσω της στοματικής οδού και χαμηλής τοξικότητας μέσω της δερματικής και αναπνευστικής έκθεσης. Ανήκει στην κατηγορία III από άποψη τοξικότητας για τη στοματική και δερματική έκθεση και στην κατηγορία IV για την αναπνευστική. Δεν είναι ερεθιστικό για το δέρμα, ενώ είναι ελάχιστα ερεθιστικό για τα μάτια. Επιπροσθέτως τα αποτελέσματα των ερευνών ήταν αρνητικά αναφορικά με την πρόκληση μεταλλάξεων και χρωμοσωμικών αλλοιώσεων και ανωμαλιών (Antunes – Kenyon and Kennedy., 2001).

Επιφέρει υπατοκυταρρώδη αδενώματα και καρκινώματα στα αρσενικά και θηλυκά τρωκτικά και παράλληλα συμπληρωματικές έρευνες που εξέτασαν τις επιδράσεις του στον πολλαπλασιασμό των ηπατικών κυττάρων και τις βιοχημικές λειτουργίες του ήπατος των τρωκτικών, παρέχουν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η πρόκληση καρκίνου σχετίζεται με μη γενοτοξικές διεργασίες. Είναι ταξινομημένο ως πιθανόν καρκινογενετικό για τους ανθρώπους και αυτό οφείλεται στα διαρκώς αυξανόμενα περιστατικά των υπατο – αδενωμάτων και καρκινωμάτων στα τρωκτικά. Αν και παρουσιάζει υψηλή τοξικότητα στα ασπόνδυλα των υδάτινων οικοσυστημάτων και τις μέλισσες. (Fidente et al., 2005, Secher and Freuler., 2003) είναι ουσιαστικά μη – τοξικό για τα ψάρια και τα μαλάκια και μερικώς τοξικό για τα πτηνά.

Έχει ιδιότητες και χαρακτηριστικά που συνδέονται με ενώσεις που έχουν ανιχνευθεί στα υπόγεια ύδατα. Η χαμηλή Kow είναι χαρακτηριστική των χημικών ενώσεων που έχουν υψηλή υδατοδιαλυτότητα και χαμηλή βιοσυσσωρευση. Ο μέσος όρος του Koc δείχνει χαμηλό επίπεδο απορρόφησης.

Το thiamethoxam έχει από μέτρια έως υψηλή κινητικότητα σχεδόν σε όλα τα είδη των εδαφών. Η εφαρμογή αυτής της δραστικής ουσίας σε εδάφη που είναι περατά και που ο υδάτινος ορίζοντας είναι επιφανειακός δεν οδηγεί σε μόλυνση των υπόγειων υδάτων γιατί πραγματοποιείται έκπλυση (Antunes – Kenyon and Kennedy., 2001, Guang – Guo and Kookana., 2005, Guzsvany et al., 2006). Η μελέτη και η έρευνα της συμπεριφοράς του Thiamethoxam δείχνουν ότι από τη στιγμή που θα απορροφηθεί από το έδαφος, είναι μικρή η πιθανότητα μετακίνησης της ουσίας στην υδάτινη φάση και έκπλυσης στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (Guang – Guo and Kookana., 2005).

Τα βασικά μονοπάτια αποικοδόμησης είναι:

- Η φωτοαποικοδόμηση στο νερό, με χρόνο ημίσειας ζωής 2,3 – 3,1 ημέρες.
- Η υδρόλυση σε αλκαλικό περιβάλλον με χρόνο ημίσειας ζωής 4,2 – 4,8 ημέρες.
- Η μικροβιακή αποδόμηση σε αερόβιο περιβάλλον υπό αλκαλικές συνθήκες με χρόνο ημίσειας ζωής 8,3 – 16,2 ημέρες.

Στο έδαφος είναι μετρίως ανθεκτικό κατά τη διάρκεια της φωτοαποικοδόμησης με χρόνο ημίσειας ζωής 47 ημέρες. Σε αερόβιες συνθήκες στο έδαφος έχει χρόνο ημίσειας ζωής λιγότερο από 385 ημέρες, ενώ σε αναερόβιες συνθήκες σε πλημμυρισμένο αργιλώδες έδαφος έχει χρόνο ημίσειας ζωής 35,5 ημέρες.

Υδρόλυση

Είναι σταθερό στην υδρόλυση σε όξινα και ουδέτερα ρυθμιστικά διαλύματα. Όμως σε αλκαλικές συνθήκες, η υδρόλυση λαμβάνει χώρα ταχύτατα και οδηγεί στο σχηματισμό των τριών κύριων μεταβολικών προϊόντων. Σε pH 9 και στους 25°C ο χρόνος ημίσειας ζωής κυμαίνεται από 4,2 έως 8,4 ημέρες (Liqing et al., 2006).

Υδατική φωτόλυση

Η αποικοδόμηση στο νερό παρουσία φωτός είναι πρωτεύον μεταβολικό μονοπάτι. Σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH 5 ο χρόνος ημίσειας ζωής της αρχικής ουσίας υπολογίστηκε σε 2,29 – 3,08 ημέρες. Η διάσπαση οδήγησε στο σχηματισμό τουλάχιστον 22 συστατικών (Barn et al., 2000).

Εδαφική φωτόλυση

Είναι μετρίως ανθεκτικό στο έδαφος σε συνθήκες φωτόλυσης. Υπό τεχνητό φως αποικοδομείται με χρόνο ημίσειας ζωής 47 ημέρες και σχηματίζονται συνολικά 14 μεταβολίτες, από τους οποίους μόνο 4 παράγονται σε επαρκείς ποσότητες καθώς και CO₂.

Αερόβιος εδαφικός μεταβολισμός

Το Thiamethoxam και ο βασικός του μεταβολίτης το CGA-355190 είναι ανθεκτικά σε αερόβιες συνθήκες στο έδαφος. Για το Thiamethoxam ο χρόνος ημίσειας ζωής είναι 385 ημέρες, ενώ ύστερα από 1 χρόνο περίπου το 57% της εφαρμοζόμενης δόσης έχει παραμείνει. Σε αργιλώδες έδαφος ο χρόνος ημίσειας ζωής ήταν 408 ημέρες και περίπου το 52% της αρχικής ουσίας εντοπίστηκε μετά το πέρας του πρώτου χρόνου (Karmakar et al., 2006).

Αερόβιος υδρόβιος μεταβολισμός

Διασπάται ταχύτατα εξαιτίας της μικροβιακής δράσης που υπάρχει στο σύστημα ίζημα/νερό, δίνοντας χρόνο ημίσειας ζωής 16,8 ημέρες. Σε νερό λίμνης ο χρόνος ημίσειας ζωής ήταν 21,9 ημέρες και ο κύριος μεταβολίτης που σχηματίστηκε ήταν το CGA-355190.

Αναερόβιος υδρόβιος μεταβολισμός

Σε υδρόβιο περιβάλλον υπό αναερόβιες συνθήκες είναι μετρίως ανθεκτικό με χρόνο ημίσειας ζωής 35,5 ημέρες σε πλημμυρισμένο αμμώδες έδαφος. Η διάσπαση οδήγησε στο σχηματισμό αρκετών μεταβολιτών, δύο εκ των οποίων ξεπέρασαν το 10% της αρχικής δόσης. Το NOA – 407475 έφτασε το 62% της εφαρμοζόμενης δόσης την 120^η ημέρα και την 360^η το ποσοστό είχε μειωθεί στο 57,5%.

Η μεταβολική οδός που έχει προταθεί για τη διάσπαση του Thiamethoxam υπό αναερόβιες συνθήκες στο έδαφος περιλαμβάνει την απώλεια της νιτροομάδας από το μόριο της ένωσης. Η υδρόλυση παίζει μικρό ρόλο στην αποδόμηση του CGA – 293343 σε πλημμυρισμένο έδαφος.

Στο σύστημα ίζημα/ νερό και σε αναερόβιες συνθήκες με χορηγούμενη δόση 0,09 ppm ο χρόνος ημίσειας ζωής του Thiamethoxam υπολογίστηκε στις 44,3 ημέρες. Η αρχική οδός της αποικοδόμησης είναι η μικροβιακή αναγωγή της νιτροομάδας στο NOA – 407475. Το τελευταίο είχε μέσο όρο συγκέντρωσης ίσο με το 66% της αρχικής δόσης, 271 ημέρες μετά την εφαρμογή και μειώθηκε στο 62% στις 365 ημέρες. Το CGA – 355190 που είναι και το προϊόν της υδρόλυσης ανιχνεύθηκε σε ποσοστό μικρότερο του 2%.

Σε νερό λίμνης η αποικοδόμηση ήταν ταχύτερη σε σχέση με το σύστημα ίζημα/νερό με χρόνο ημίσειας ζωής του CGA – 293343 τις 16,6 ημέρες και του Thiamethoxam τις 17. Επειδή το pH του νερού της λίμνης ήταν μεγαλύτερο του 9 η κύρια οδός διάσπασης ήταν η υδρόλυση του δακτυλίου της γουανιδίνης και ο σχηματισμός του NOA – 407475.

Κινητικότητα

Η Koc με τιμή ίση με 70 δείχνει πιθανότατα χαμηλή προσρόφηση, με μέτρια έως υψηλή κινητικότητα στο έδαφος. Η Koc της εκρόφησης ήταν υψηλότερη της προσρόφησης, καταδεικνύοντας ότι μόλις προσροφηθεί στο έδαφος η ουσία, είναι μικρή η πιθανότητα μετακίνησης της προς την υδάτινη φάση, όπου η αποικοδόμηση λαμβάνει χώρα σχετικά γρήγορα ακολουθούμενη από διήθηση στο νερό.

Μεγαλύτερης διάρκειας έρευνα έδειξε υψηλότερη εκρόφηση με την τιμή της Koc να κυμαίνεται από 1301 έως 28837, αποδεικνύοντας το από το στενό δεσμό. Περισσότερα στοιχεία που στηρίζουν αυτή την άποψη, προέκυψαν από μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε κοπριά και άμμο.

Η Kd και η Koc για την άμμο και την κοπριά, αυξήθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Η Koc προσρόφησης στην άμμο, αν και χαμηλή αυξήθηκε κατά 3,2 την 30^η ημέρα της έρευνας. Η Koc της κοπριάς όπου το Thiamethoxam ήταν σχεδόν απόλυτα απορροφημένη την ημέρα εφαρμογής, αυξήθηκε κατά 1,2. Η αρχική Kd της κοπριάς ήταν 10,9 την 9^η ημέρα, ενώ την 7^η είχε τιμή 16,7. Αυτή η αύξηση δε θεωρείται σημαντική, εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία. Η αυξημένη ρόφηση του και στα δύο υποστρώματα, οφείλεται στο χρόνο παραμονής στο έδαφος. Καθώς η συγκεκριμένη δραστική ουσία δεσμεύεται στα εδαφικά στρώματα μικραίνει η πιθανότητα έκπλυσης και διήθησης. Το υψηλότερο ποσοστό του ήταν συγκεντρωμένο στα 6 επιφανειακά εκατοστά του εδάφους.

5.3. Το φάσμα δράσης

Σύμφωνα με την υπ' αριθ. 129361/08-07-2009 Απόφαση του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων το φάσμα δράσης του Thiamethoxam απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1. Το φάσμα δράσης του Thiamethoxam.

Πεδίο Εφαρμογής	Στόχος	Δόσεις σκευάσματος			Τρόπος και χρόνος εφαρμογής	Μέγιστος αριθμός εφαρμογών ανά καλλιεργητική περίοδο
		γρ/ στρέμ μα (max)	γρ/ 100 λίτρα ψεκ. Υγρού	Όγκος ψεκ. Υγρού λίτρα/ στρέμ μα		
Μήλα, Αχλάδια	<u>Αφίδες</u> (<i>Aphis pomi</i> , <i>Dysaphis plantaginea</i>)	37,5	20- 25	100- 150	Ψεκάσμος φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
	<u>Αφίδες</u> (<i>Toxoptera aurantii</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis spiraecola</i> , <i>Myzus persicae</i>)	30	12-15	100- 200	Ψεκάσμος φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	1

<u>Εσπεριδοειδή</u> Πορτοκάλια, Λεμόνια, Μανταρίνια	<u>Φυλλοκνίστης</u> (<i>Phyllocnistis citrella</i>)	50	20-25	100-200	Ψεκασμός φυλλώματος το καλοκαίρι στοχεύοντας στους νέους τρυφερούς βλαστούς	
		80	1γρ/δενδρ ο		Ριζοπότισμα σε νέα μη παραγωγικά δένδρα με την έναρξη της προσβολής	
Βαμβάκι	<u>Αφίδες</u> <i>Aphis gossypii</i>	15		50-80	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
<u>Λαχανικά</u> <u>θερμοκηπίου</u> Αγγούρι Τομάτα Μελιτζάνα Πιπεριά Καρπούζι Πεπόνι Κολοκύθι	<u>Αφίδες</u> (<i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Nasanovia ribisnigri</i>)	30	15-20	50-150	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
	<u>Αλευρώδεις</u> (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> <i>Bemisia tabaci</i>)	40			Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	
	<u>Αφίδες</u>	80			Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση πριν από την πρώτη άνθηση με μεσοδιάστημα 7-10 μέρες με την έναρξη της προσβολής	2
	<u>Αλευρώδεις</u>				Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση πριν από την πρώτη	1

					άνθηση	
Λαχανικά υπαίθρου Αγγούρι Τομάτα Μελιτζάνα Πιπεριά Καρπούζι Πεπόνι Κολοκύθι Μαρούλι	<u>Αφίδες</u> (<i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Nasanovia</i> <i>ribisnigri</i> <i>Hyperomyzus</i> <i>lactucae</i>)	20	15-20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
Τομάτα υπαίθρου	<u>Αφίδες</u> (<i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i> , <i>Aphis gossypii</i>) <u>Αλευρώδεις</u> (<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>) <u>Σιδηροσκώληκες</u> (<i>Agriotes</i> sp.)	40			Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση	1
Πατάτα	<u>Αφίδες</u> (<i>Myzus persicae</i> , <i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i> , <i>Aphis nasturtii</i>)	10		50-80	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
	<u>Δορυφόρος της</u> <u>πατάτας</u> (<i>Leptinotarsa</i> <i>decemlineata</i>)	8				
Καλλωπιστικ ά	<u>Αφίδες</u> (<i>Myzus gossypii</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Myzus nicotiane</i> , <i>Rhopalosiphum</i> <i>padi</i> , <i>Macrosiphum</i> <i>rasae</i>)	20	20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2

	<u>Αλευρώδεις</u> (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i>)	30	20-30	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
Καπνός	<u>Αφίδες</u> (<i>Myzus persicae</i>)	30	20-30	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
		60-80			Ριζοπότισμα κατά τη μεταφύτευση με την έναρξη της προσβολής	1
Αμπέλι	<u>Τζιτζικάκια</u> (<i>Empoasca sp</i>)	20	20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
Ροδακινιά (νεκταρινιά)	<u>Αφίδες</u> (<i>Aphis sp.</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Hyalopterus sp.</i>)	20	15-20	60-100	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
Κερασιά	<u>Αφίδες</u> (<i>Myzus cerasi</i> , <i>Aphis sp.</i> , <i>Ragoletis cerasi</i>)	45	20-30	100- 150	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2
Δαμασκηινιά	<u>Αφίδες</u> (<i>Aphis sp.</i> , <i>Brachycaudus helichrysi</i> , <i>Hyalopterus pruni</i> , <i>Myzus sp.</i>)	30	20	100- 150	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής	2

Παρατηρήσεις:

- 1) Το εύρος της δόσης είναι ανάλογο της πυκνότητας του πληθυσμού των εντόμων
- 2) Διάρκεια προστασίας: 21 μέρες για ψεκασμό φυλλώματος
30-45 μέρες για εφαρμογή από το έδαφος και ειδικά για τον καπνό 60 ημέρες
- 3) Η μέγιστη δόση στα λαχανικά με ψεκασμό φυλλώματος δεν πρέπει να ξεπερνά τα 40 γρ./ στρέμμα ανά εφαρμογή
- 4) Για την αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρασιού και των προϊόντων μεταποίησης της πατάτας, ο χρόνος τελευταίας επέμβασης από τη συγκομιδή να είναι 28 και 14 ημέρες αντίστοιχα

Η δραστική ουσία παραμένει σταθερά ενεργή για χρονικό διάστημα δύο (2) ετών όταν η αρχική συσκευασία είναι απαραβίαστη και διατηρείται σε χώρο ξηρό, δροσερό, καλά αεριζόμενο και με θερμοκρασία από -10°C έως 35°C.

Προκειμένου να μην παρουσιαστούν φαινόμενα ανθεκτικότητας δε συνίσταται η χρήση του ιδίου ή / και άλλου νικοτινοειδούς προϊόντος περισσότερες από δύο (2) φορές ανά καλλιεργητική περίοδο.

Η υπ' αριθ 129361/08-07-2009 Απόφαση του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων χορηγεί οριστική έγκριση διάθεσης στην αγορά του φυτοπροστατευτικού προϊόντος (εντομοκτόνου) ACTARA 25WG.

5.4. Μέγιστο Όριο Υπολειμματικότητας (Maximum Residue Limits – MRLs)

Το μέγιστο όριο υπολειμματικότητας για την ασφαλή χρήση του Thiamethoxam ανά καλλιέργεια καθορίζεται βάσει της υπ' αριθ. 126908/26-09-2005 Απόφαση του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 5.2. Το μέγιστο όριο υπολειμματικότητας του Thiamethoxam ανά καλλιέργεια.

A/A	Προϊόν	(MRLs)
1	Αγγούρι	0,3 mg/Kg
2	Αυγό	0,01 mg/Kg
3	Αχλάδι	0,2 mg/Kg
4	Βαμβακόσπορος	0,05 mg/Kg
5	Γάλα	0,01 mg/Kg
6	Καρπούζι	0,2 mg/Kg
7	Κολοκύθι	0,3 mg/Kg
8	Κρέας	0,01 mg/Kg
9	Λεμόνι	0,2 mg/Kg
10	Μανταρίνι	0,2 mg/Kg
11	Μαρούλι	0,2 mg/Kg
12	Μελιτζάνα	0,2 mg/Kg
13	Μήλο	0,2 mg/Kg
14	Οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου	0,5 mg/Kg
15	Επιτραπέζιες ποικιλίες αμπέλου	0,5 mg/Kg
16	Πατάτα	0,05 mg/Kg
17	Πεπόνι	0,2 mg/Kg
18	Πιπεριά	0,3 mg/Kg
19	Πορτοκάλι	0,2 mg/Kg
20	Ροδάκινο	0,2 mg/Kg
21	Τομάτα υπαίθρου	0,2 mg/Kg

Κεφάλαιο 6^ο Πειραματικός Σχεδιασμός

6.1. Το Θερμοκήπιο

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου και πιο συγκεκριμένα στην πόλη της Άρτας, στο θερμοκήπιο υδροπονίας του Τμήματος Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Το θερμοκήπιο είναι αμφίρρικτο πολλαπλό και το υλικό κάλυψης είναι από γυαλί. Είναι θερμαινόμενο με κεντρικό σύστημα θέρμανσης και εξοπλισμένο με σύστημα αυτόματης διαχείρισης του κλίματος, της υδρολίπανσης και της ανακύκλωσης των απορροών. Ο αερισμός είναι φυσικός και επιτυγχάνεται με πλαϊνά ανοίγματα και ανοίγματα οροφής, ενώ ο δροσισμός επιτυγχάνεται με κουρτίνα περιβάλλοντος και συστήματα ομίχλης. Ο καθαρός χώρος καλλιέργειας είναι 600m², ενώ στο βοηθητικό χώρο έκτασης 100m² είναι τοποθετημένα τα συστήματα αυτόματης διαχείρισης του εσωτερικού κλίματος του θερμοκηπίου και της υδρολίπανσης των φυτών.

Ο έλεγχος των συστημάτων αυτών πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος φέρει εγκατεστημένο λογισμικό της εταιρείας AUTONET, που έχει δημιουργηθεί ειδικά για τις ανάγκες της πειραματικής μονάδας.

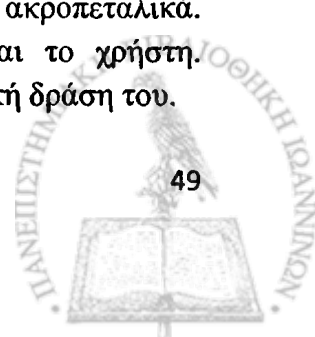
6.2. Η πειραματική υδροπονική καλλιέργεια τομάτας

Η εφαρμογή του εξεταζόμενου εντομοκτόνου έγινε σε καλλιέργεια τομάτας (*Solanum lycopersicum*) ποικιλίας Primadona. Η καλλιέργεια έλαβε χώρα σε αυτοματοποιημένο κλειστό υδροπονικό σύστημα. Η εγκατάσταση περιελάμβανε δύο ανεξάρτητα τμήματα (κανάλια) με τέσσερα ζεύγη σειρών έκαστο. Σε κάθε κανάλι τοποθετήθηκαν 60 φυτά (15 × 4 = 60). Το πρώτο κανάλι (Κανάλι Α) αντιστοιχούσε στο κλειστό υδροπονικό σύστημα όπου εφαρμόστηκε ψεκασμός φυλλώματος και το δεύτερο κανάλι (Κανάλι Β) στο κλειστό όπου έγινε εφαρμογή του εντομοκτόνου μέσω ριζοποτίσματος. Κάθε κανάλι αφορά σε μία επανάληψη, οπότε συνολικά υπάρχουν τέσσερις επαναλήψεις.

6.3. Το Φυτοφάρμακο

Στο πείραμα, το φυτοφάρμακο χρησιμοποιήθηκε σε εμπορικό σκεύασμα και όχι σε πρότυπη ουσία, εφόσον σκοπός της εργασίας είναι να γίνει το πείραμα σε καθαρά υδροπονικές συνθήκες. Το εμπορικό σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται παρακάτω:

- Κοινή ονομασία: ACTARA 25 WG (Syngenta Crop Protection AG Ελβετίας)
- Σύνθεση: Thiamethoxam 25% β/β
Βοηθητικές ουσίες 74,5% β/β
- Τύπος σκευάσματος: Εναιωρηματοποιήσιμοι κόκκοι
- Κατηγορία και τρόπος δράσης: Το Actara είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου της ομάδας των νεονικοτινοειδών. Η εντομοκτόνος δράση του οφείλεται στη δέσμευση των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης στις συνάψεις του περιφερειακού νευρικού συστήματος. Εισέρχεται στα φυτά από τα φύλλα και τις ρίζες και μεταφέρεται ακροπεταλικά. Καταπολεμά μυζητικά και μασητικά έντομα. Σέβεται το περιβάλλον και το χρήστη. Ξεχωρίζει από τα άλλα νεονικοτινοειδή ως προς την ταχεία και αποτελεσματική δράση του.
- Διαθέσιμες συσκευασίες: Βαζάκι 25,40,80,100,200,250,400,500,1000γρ



- Καλλιέργειες: Αγγούρι, Αμπέλι, Αχλαδιά, Βαμβάκι, Δαμασκηλιά, Καλλωπιστικά, Καπνός, Καρπούζι, Κερασιά, Κολοκύθι, Λεμονιά, Μανταρινιά, Μαρούλι, Μηλιά, Μελιτζάνα, Νεκταρινιά, Πατάτα, Πεπόνι, Πιπεριά, Πορτοκαλιά, Ροδακινιά, Τομάτα.

6.4. Το υπόστρωμα καλλιέργειας

Ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε περλίτης. Είναι ορυκτό αργιλοπυριτικό, ηφαιστιογενούς προέλευσης με 3 – 4 % κρυσταλλικό νερό. Είναι ένα άμορφο ηφαιστειακό γυαλί με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό. Βρίσκεται στη φύση και έχει την ασυνήθιστη ιδιότητα να διογκώνεται όταν βρεθεί σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία. Για την παρασκευή του διογκώμενου περλίτη, θερμαίνονται οι κόκκοι του ορυκτού στους 1000°C, όπου λόγω του κρυσταλλικού νερού διογκώνονται.

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διογκωμένοι κόκκοι διαμέτρου 1,5 – 3mm. Όταν φτάσει τους 850 – 900°C, μαλακώνει (δεδομένου ότι είναι γυαλί) και το νερό το οποίο είναι παγιδευμένο στη δομή του, διαφεύγει και δημιουργεί τη διόγκωση του υλικού από 7 έως 15 φορές. Ο διογκωμένος περλίτης έχει εκτυφλωτικό λευκό χρώμα, λόγω της αντανάκλαστικότητας των παγιδευμένων φυσαλίδων. Η φαινόμενη πυκνότητα του αδιόγκωτου περλίτη είναι περίπου 1100 kg/m³ (1.1g/cm³). Αντίστοιχα η πυκνότητα του διογκωμένου είναι μεταξύ των τιμών 30 – 150 kg/m³.

Λόγω της χαμηλής φαινόμενης πυκνότητας του διογκωμένου περλίτη, έχουν αναπτυχθεί πολλές εμπορικές εφαρμογές, στηριγμένες σε αυτή την ιδιότητα. Σε οικοδομικά υλικά χρησιμοποιείται σε ελαφροβαρή κονιάματα, μονωτικά υλικά, θερμο – ηχομονωτικές πλάκες οροφής και ως βοηθητικό υλικό φίλτρων. Σε αγροτικές εφαρμογές κάνει τα φυτοχώματα πιο χαλαρά, επιτρέποντας την είσοδο του αέρα, ενώ έχει αρκετά καλή κατακράτηση νερού. Είναι ιδανικό μέσο για υδροπονικές καλλιέργειες. Επίσης χρησιμοποιείται σε χυτήρια και σε κρυογενικές μονώσεις.

Έχει υψηλό πορώδες 65 – 82%, αλλά ένα μέρος του είναι κλειστό πορώδες. Το βάρος του είναι 94 – 128kg/m³ και μπορεί να συγκρατήσει τριπλάσιο ή τετραπλάσιο νερό σε σχέση με το βάρος του. Το pH στην αρχή είναι 6,5 – 7,5 και δεν έχει σημαντική ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα ιόντων ούτε περιέχει άλατα. Τόσο ο ορυκτοβάμβακας όσο και ο περλίτης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που υφίστανται κατά την παρασκευή τους, θεωρούνται αποστειρωμένα υλικά, απαλλαγμένα μικροοργανισμών.

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή όμως, ώστε να μη μολύνονται κατά τους χειρισμούς της τοποθέτησής τους στο χώρο της καλλιέργειας. Η διαμόρφωση της καλλιέργειας μπορεί να γίνει όπως και στον ορυκτοβάμβακα. Και σε αυτή τη μέθοδο η καλλιέργεια μπορεί να γίνει με ανακύκλωση του διαλύματος ή χωρίς ανακύκλωση. Το μέγεθος των σάκων στις ετήσιες καλλιέργειες υπολογίζεται έτσι ώστε για κάθε φυτό να αντιστοιχούν 9 λίτρα περλίτη για καλλιέργειες με μέσο ρυθμό διαπνοής όπως η τομάτα και 11 λίτρα για φυτά με υψηλότερο ρυθμό όπως το αγγούρι (Σάββας., 2000, Μαυρογιαννόπουλος., 2006).

Ακολουθεί μια τυπική χημική ανάλυση του περλίτη:

- 70 – 75% SiO₂ 12 – 15% Al₂O₃
- 3 – 4% Na₂O 3 – 5% K₂O
- 0,5 – 2% Fe₂ 0,2 – 0,7% MgO
- 0,5 – 1,5% CaO 3 – 5% απώλεια πύρωσης (χημικά δεσμευμένο/ συνδυασμένο νερό).

6.5. Η λειτουργία του υδροπονικού συστήματος

Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι τέτοιος που επιτρέπει την ανεξάρτητη λειτουργία του κάθε τμήματος. Το σύστημα ελέγχεται και κατευθύνεται από τον κεντρικό Η/Υ που βρίσκεται στο βοηθητικό χώρο. Για το κλειστό υδροπονικό σύστημα η θρέψη των φυτών επιτυγχάνεται αφού πραγματοποιηθεί στον υπολογιστή η εισαγωγή των παρακάτω δεδομένων: η συνολική ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος που αναλογεί σε κάθε πότισμα, η αναλογία και το είδος των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH και τέλος η συχνότητα των ποτισμάτων.

Μέσω του υπολογιστή δίνεται εντολή στην αντλία παροχής νερού και γεμίζει το δοχείο παρασκευής θρεπτικού διαλύματος με την ποσότητα κάθε ποτίσματος. Στη συνέχεια οι ηλεκτρικές δοσομετρικές αντλίες οι οποίες βρίσκονται στα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων, προσθέτουν τις προγραμματισμένες ποσότητες λιπασμάτων στο δοχείο παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος. Η αναλογία και οι ποσότητες των στοιχείων έχουν υπολογιστεί ώστε η ηλεκτρική αγωγιμότητα να είναι η επιθυμητή. Ακολουθεί ρύθμιση του pH με σταδιακή χορήγηση νιτρικού οξέος. Η παραπάνω διαδικασία ελέγχεται μέσω του υπολογιστή, βάσει των μετρήσεων του pH στο διάλυμα. Ο αριθμός των εφαρμογών άρδευσης ανά ημέρα ρυθμίζεται με βάση πάγιο προγραμματισμό που έχει εισαχθεί στον υπολογιστή. Το θρεπτικό διάλυμα μέσω των αντλιών προωθείται στα κανάλια.

Το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν έχει ούτε το ίδιο pH, ούτε την ίδια ηλεκτρική αγωγιμότητα αλλά ούτε και την ίδια αναλογία θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με το αρχικό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φυτά απορροφούν συνήθως θρεπτικά στοιχεία σε διαφορετική αναλογία από αυτή του θρεπτικού διαλύματος.

Το διάλυμα απορρόης παραλαμβάνεται από το δοχείο συγκέντρωσης και επιστρέφει στο δοχείο παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος. Ακολουθεί καταγραφή των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών του και ακολουθεί εκ νέου η παραπάνω διαδικασία, με τη συμπλήρωση της απαραίτητης ποσότητας του θρεπτικού διαλύματος και τελικά τη διόρθωση των χαρακτηριστικών του προκειμένου τα τελευταία να φτάσουν στην επιθυμητή τιμή.

6.6. Το θρεπτικό διάλυμα

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος στο πείραμα, εμφανίζονται στον πίνακα 6.1. Το κάθε λίπασμα παρασκευαζόταν αυτόματα σε ξεχωριστό βαρέλι με τη μορφή του πυκνού διαλύματος.

Πίνακας 6.1. Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια της τομάτας του πειράματος.

α/α	Είδος Λιπάσματος		Χημικός τύπος
1	Νιτρικό αμμώνιο	Ammonium nitrate	NH_4NO_3
2	Νιτρικό ασβέστιο	Calcium nitrate	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$
3	Νιτρικό κάλιο	Potassium Nitrate	KNO_3
4	Θεικό μαγνήσιο	Magnesium sulphate	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
5	Νιτρικό μαγνήσιο	Magnesium nitrate	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
6	Φωσφορικό μονοκάλιο	Monopotassium phosphate	KH_2PO_4
7	Νιτρικό οξύ	Nitric acid	HNO_3
8	Χηλικός σίδηρος	Iron chelate	—
9	Θεικό μαγγάνιο	Manganese sulphate	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
10	Θεικός χαλκός	Copper sulphate	CuSO_4
11	Θεικός ψευδάργυρος	Zinc sulphate	ZnSO_4
12	Solubor	Sodium octaborate	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
13	Μολυβδαινικό αμμώνιο	Ammonium heptamolybdate	$(\text{NH}_4)_7\text{Mo}_7\text{O}_{24}$
14	Χλωριούχο νάτριο	Sodium chloride	NaCl
15	Θεικό κάλιο	Potassium sulphate	K_2SO_4

6.6.1. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος για το πείραμα

Στον πίνακα 6.2 δίνεται η περιεκτικότητα του αρχικού διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία. Πραγματοποιήθηκε και σύνθεση συμπληρωματικού διαλύματος καθώς η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία μεταβαλλόταν έπειτα από κάθε πότισμα. Η Ε.Σ. του νερού ήταν 0,58dS/m και το pH 7,63. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 6 δοχεία των 100 λίτρων.

Πίνακας 6.2. Σύσταση αρχικού θρεπτικού διαλύματος στο υδροπονικό σύστημα της καλλιέργειας τομάτας.

Δοχείο Α	100 λίτρων
Νιτρικό ασβέστιο	2,187 κιλά
Δοχείο Β	100 λίτρων
Νιτρική αμμωνία	0,228 κιλά
Δοχείο Γ	100 λίτρων
Χηλικός Fe(6%)	0,140 κιλά
Δοχείο Δ	100 λίτρων
Νιτρικό κάλιο	0,952 κιλά
Δοχείο Ε	100 λίτρων
Θευκό κάλιο	5,247 κιλά
Δοχείο ΣΤ	100 λίτρων
Θευκό μαγνήσιο	4,334 κιλά
Νιτρικό μαγνήσιο	0,000 κιλά
Φωσφορικό μονοκάλιο	2,081 κιλά
Νιτρικό οξύ 68%	2,000 λίτρα
Θευκό μαγγάνιο	14,9 γραμμάρια
Θευκός ψευδάργυρος	11,1 γραμμάρια
Θευκός χαλκός	1,9 γραμμάρια
Solubor	8,9 γραμμάρια
Μολυβδαινικό αμμώνιο	0,9 γραμμάρια

Στον πίνακα 6.3 δίνεται η σύνθεση του συμπληρωματικού διαλύματος που παρασκευάστηκε προκειμένου η περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων να παραμείνει σταθερή, καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Πίνακας 6.3. Σύσταση συμπληρωματικού διαλύματος.

Δοχείο Α	100 λίτρων
Νιτρικό ασβέστιο	2,187 κιλά
Δοχείο Β	100 λίτρων
Νιτρική αμμωνία	0,228 κιλά
Δοχείο Γ	100 λίτρων
Χηλικός Fe(6%)	0,240 κιλά
Δοχείο Δ	100 λίτρων
Νιτρικό κάλιο	0,952 κιλά
Δοχείο Ε	100 λίτρων
Θεικό κάλιο	5,247 κιλά
Δοχείο ΣΤ	100 λίτρων
Θεικό μαγνήσιο	5,665 κιλά
Νιτρικό μαγνήσιο	2,818 κιλά
Φωσφορικό μονοκάλιο	7,077 κιλά
Νιτρικό οξύ 68%	7,696 λίτρα
Θεικό μαγγάνιο	93,3 γραμμάρια
Θεικός ψευδάργυρος	32,8 γραμμάρια
Θεικός χαλκός	0,0 γραμμάρια
Solubor	30,0 γραμμάρια
Μολυβδαινικό αμμώνιο	3,5 γραμμάρια

Ενώ για την παρασκευή του αρχικού πυκνού διαλύματος έγινε προσθήκη 1,9 γραμμαρίων Θεικού χαλκού, στην παρασκευή του συμπληρωματικού διαλύματος δεν πραγματοποιήθηκε προσθήκη Θεικού χαλκού διότι η περιεκτικότητα του συγκεκριμένου ιχνοστοιχείου ήταν ήδη σε υψηλό επίπεδο. Η υψηλή συγκέντρωση οφειλόταν όπως αποδείχθηκε αργότερα, στις αντλίες τροφοδότησης των καναλιών με θρεπτικό διάλυμα. Οι πτερωτές των αντλιών ήταν επιστρωμένες με χαλκό, με αποτέλεσμα ύστερα από την συνεχή χρήση τους να υπάρξει διάβρωση και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων χαλκού στο θρεπτικό διάλυμα και μάλιστα σε πολλαπλάσιες ποσότητες από τις ενδεικνυόμενες για την καλλιέργεια τομάτας. Το πρόβλημα ήταν πολύ μεγάλο στα κανάλια του κλειστού κυκλώματος λόγω της διαρκούς ανακύκλωσης και μη ανανέωσης του θρεπτικού διαλύματος.

6.7. Πειραματικός σχεδιασμός – Εφαρμογή του Thiamethoxam

6.7.1. Χρόνος

Το πρώτο πείραμα αφορούσε τη διερεύνηση της κινητικότητας και της αποτελεσματικότητας της δ.ο. Thiamethoxam (εμπορικό σκεύασμα ACTARA 25 WG), όταν εφαρμόζεται σε θερμοκηπιακή υδροπονική καλλιέργεια τομάτας με εναλλακτικούς τρόπους. Μέσω του θρεπτικού διαλύματος και μέσω ψεκασμού φυλλώματος. Το πείραμα έλαβε χώρα από τις 21/11/2006 (ημέρα της πρώτης εφαρμογής του εντομοκτόνου) και ολοκληρώθηκε 20/12/2006. Ο αρχικός σχεδιασμός του πειράματος περιελάμβανε δύο εφαρμογές του εντομοκτόνου, τελικά όμως πραγματοποιήθηκε μόνο η πρώτη λόγω προβλήματος που παρουσιάστηκε στην καλλιέργεια λόγω της υψηλής συγκέντρωσης χαλκού, εξαιτίας των χρησιμοποιούμενων αντλιών. Στο πείραμα πραγματοποιήθηκαν συνολικά έξι δειγματοληψίες (φυτικών ιστών, διαλύματος απορροής και θρεπτικού διαλύματος ρίζας), ενώ πραγματοποιήθηκαν και δύο δειγματοληψίες καρπού.

6.7.2. Εφαρμογή φυτοφαρμάκου

Η εφαρμογή της δραστικής ουσίας πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα και για τα δύο κανάλια, με διαφορετικό τρόπο εφαρμογής και διαφορετικά δοσολογικά σχήματα.

Στο πείραμα αυτό σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν δύο μεταχειρίσεις:

- Η πρώτη μεταχείριση αφορούσε εφαρμογή του Thiamethoxam σε κλειστό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας τομάτας (Κανάλι Α) με ψεκασμό φυλλώματος.

Το ACTARA 25 WG εφαρμόστηκε με ψεκασμό φυλλώματος, στη δόση των 3,6gr εμπορικού σκευάσματος ανά 12lit νερού που είναι η χωρητικότητα του ψεκαστικού δοχείου (ψεκαστήρας πλάτης) δηλαδή 30gr εμπορικού σκευάσματος ανά 100lit νερού ή 0,075ppm. Κάθε πειραματική μεταχείριση πραγματοποιήθηκε συνολικά σε 4 κανάλια που αντιστοιχούν σε 4 επαναλήψεις, άρα εφαρμόστηκαν 0,01875ppm ανά κανάλι. Μετά το πέρας του ψεκασμού, περισσέψανε 2,5 lit διαλύματος μέσα στο ψεκαστικό δοχείο.

Μετά την εφαρμογή της δραστικής ουσίας, η δειγματοληψία ξεκίνησε μετά το πέρας μιας ώρας. Για το διαχωρισμό των συγκεκριμένων καναλιών από το υπόλοιπο θερμοκήπιο, είχαν τοποθετηθεί νάιλον όπου μετά τον ψεκασμό, αφαιρέθηκαν.

- Η δεύτερη μεταχείριση αφορούσε εφαρμογή Thiamethoxam σε κλειστό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας τομάτας (Κανάλι Β) με ριζοπότισμα.

Στη συγκεκριμένη μεταχείριση εφαρμόστηκε 0,01gr ACTARA/φυτό, δηλαδή 0,15gr/κανάλι, (με 15 φυτά ανά κανάλι) ή 0,625ppm Thiamethoxam ανά κανάλι καλλιέργειας (υπολογίζοντας ότι ο όγκος του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε κάθε κανάλι είναι 60lit). Στο συγκεκριμένο κανάλι εφαρμόστηκε μια μέση δόση, στο 1/3 της συνιστώμενης δοσολογίας μέσω ριζοποτίσματος στο έδαφος (80gr ACTARA/ στρέμμα με 2.500 φυτά το στρέμμα).

6.7.3. Δειγματοληψίες και αριθμός δειγμάτων

Στο πείραμα πραγματοποιήθηκαν συνολικά έξι δειγματοληψίες. Την ημέρα εφαρμογής της δραστικής ουσίας πήραμε φυτικούς ιστούς (παλαιά και νέα βλάστηση) και από τα δύο κανάλια, ενώ δείγμα Διαλύματος Απορροής, πήραμε μόνο από το κανάλι Β. Στη δειγματοληψία της εικοστής πέμπτης μέρας πραγματοποιήθηκε και συλλογή δειγμάτων καρπού.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίδονται οι ημερομηνίες και το είδος της κάθε δειγματοληψίας, από την έναρξη των επεμβάσεων με το Thiamethoxam στις 21 Νοεμβρίου 2006, μέχρι και την αφαίρεση της καλλιέργειας την 29^η ημέρα, λόγω της πολύ υψηλής παρουσίας χαλκού στην τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος.

Πίνακας 6.4. Πραγματοποιούμενες δειγματοληψίες θρεπτικού διαλύματος, διαλύματος απορροής και φυτικών ιστών για την ανίχνευση των υπολειμμάτων Thiamethoxam στο πλαίσιο του πειράματος.

Α/Α	Χρόνος δειγματοληψίας	Ημερομηνία	Είδος δειγματοληψίας	
			Κανάλι Α	Κανάλι Β
	Εφαρμογή Thiamethoxam	21/11/2006		
1	1 ώρα	21/11/2006	N,NL	Δ.Α., L, NL
2	24 ώρες	22/11/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL
3	4 ^η ημέρα	25/11/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL
4	8 ^η ημέρα	29/11/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL
5	18 ^η ημέρα	09/12/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL
6	25 ^η ημέρα	16/12/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL, CR _w , CR	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL, CR _w , CR
7	29 ^η ημέρα	20/12/2006	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL, CR	Δ.Α., Θ.Δ.Ρ., L, NL, CR

Κωδικοί των δειγμάτων που ελήφθησαν για την ανίχνευση των υπολειμμάτων του Thiamethoxam, ανάλογα με το είδος της δειγματοληψίας:

L: Δείγμα παλαιάς βλάστησης

NL: Δείγμα νέας βλάστησης

Θ.Δ.Ρ.: Δείγμα από το Θρεπτικό διάλυμα Ρίζας

Δ.Α.: Δείγμα από το Διάλυμα Απορροής

CR_w: Δείγμα καρπού πλυμένου

CR: Δείγμα καρπού άπλυτου

6.8. Ανάλυση δειγμάτων

6.8.1. Αντιδραστήρια – Διαλύτες – Εξοπλισμός

Για την υλοποίηση των πειραμάτων σχετικά με την ανίχνευση των υπολειμμάτων του Thiamethoxam, χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι:

- Πρότυπη ουσία dichloran (Analytical Master Standard) καθαρότητας 99,5% της riedel de Haen (Seelze-Hanove Germany).
- Μεθανόλη Methanol (pestiscan), καθαρότητας 99,9% της Lab – scan.
- Αιθυλικός αιθέρας Ethylacetate, καθαρότητας 99,8% της Lab – scan.
- Δις αποσταγμένο νερό HPLC – grade (Merk), που χρησιμοποιείται ως συστατικό της κινητής φάσης.
- Ακετονιτρίλιο (Acetonitrile) της HPLC – grade (Merk), που χρησιμοποιείται ως συστατικό της ακίνητης φάσης.

- Sodium Sulfate Anhydrous καθαρότητας 99% της Riedel de Hauen.
- Carbon black (Superclean ENCI – carb 120/400) της Supelco (U.S.A.).
- Αναλυτικός ζυγός του οίκου Precika XT120A, D99-09-030.
- Μηχανικός αναδευτήρας οριζόντιας παλινδρομικής κίνησης (IKA – Stone – Shaker).
- Φυγόκεντρος Biofuge Primo R, Heraeus.
- Συσκευή SPE (Solid – phase extraction).
- Rotary evaporator, Rotavapor R – 114 της BUCHI.
- Μηχανικός αναδευτήρας (Vortex).
- Σφαιρικές φιάλες των 25mm
- Φίλτρα μεμβράνης διαμέτρου πόρων 0,45μm τύπου PTFE (Millex DG, Milipore).
- Συσκευή δημιουργίας ρεύματος αζώτου.
- Χρωματογράφος HPLC – DAD (Jasco 2000), αποτελούμενος από τα ακόλουθα μέρη:
 1. PU – 2089 Plus, Quaternary gradient pump.
 2. As – 2055 Plus, intelligent sampler.
 3. Intelligent UV/VIS Detector, UV – 2070 Plus.
 4. Στήλη C₈ – Agilent (4,6mm x 150mm x 5μm).

6.8.2. Συνθήκες Λειτουργίας του Χρωματογράφου – Εσωτερικά Πρότυπα

Για την ανάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της **Χρωματογραφίας Αντίστροφης Φάσης (Reversed Phase Chromatography)**. Στην περίπτωση αυτή η στατική φάση είναι λιγότερο πολική της κινητής. Η πρώτη αποτελείται κυρίως από silica, τα υδροξύλια της οποίας είναι δεσμευμένα με διάφορες ομάδες όπως τα αλκύλια, ενώ η κινητή φάση αποτελείται από μίγματα πολικών οργανικών διαλυτών με υδατικά διαλύματα ή νερό.

Η τεχνική αυτή οφείλει το όνομα της στο γεγονός ότι τα λιγότερο πολικά συστατικά του δείγματος κατακρατούνται ισχυρότερα από την σχετικά μη πολική στήλη και εκλούνται αργότερα από τα πολικά. Στη Χρωματογραφία Αντίστροφης Φάσης η επιφάνεια της silica καλύπτεται κυρίως με αλκυλομάδες με αλυσίδα 8 ή 18 ατόμων άνθρακα οι οποίες μετατρέπουν την πολική silica σε μη πολική. Αυτό δίνει στη συγκεκριμένη τεχνική μεγαλύτερη δυνατότητα προσέγγισης και μεγαλύτερη ευελιξία εφόσον οι παράγοντες που επηρεάζουν το διαχωρισμό είναι περισσότεροι.

Προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση του διαχωρισμού της προς μελέτης ένωσης χρησιμοποιήθηκε η **βαθμιδωτή έκλυση (gradient elution)** για τη σύσταση της κινητής φάσης. Η βαθμιδωτή έκλυση μειώνει σημαντικά το χρόνο διαχωρισμού χωρίς όμως να μειώνεται η διάκριση των αρχικών κορυφών. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δύο συστήματα διαλυτών, που διαφέρουν σημαντικά ως προς την πολικότητα. Η κινητή φάση ήταν μίγμα ακετονιτριλίου και δις αποσταγμένου νερού. Μετά την έναρξη της έκλυσης, ο λόγος των διαλυτών μεταβαλλόταν κατά τρόπο προγραμματισμένο, με την ακόλουθη διαβάθμιση:

Πίνακας 6.5. Πρόγραμμα Βαθμιδωτής Έκλουσης.

Πρόγραμμα Βαθμιδωτής Έκλουσης (Gradient Elution Programm)				
A/A	Time (min)	Flow (ml / min)	Gradient 1: Acetonitrile (%)	Gradient 2: Water HPLC(%)
1	0	0,5 ml / min	10	90
2	3	0,5 ml / min	20	80
3	7	0,5 ml / min	30	70
4	15	0,5 ml / min	50	50
5	18	0,5 ml / min	10	90

Ο όγκος έκχυσης του δείγματος ήταν 20μl, ο ρυθμός ροής ήταν 0,5 ml / min και τέλος ο ανιχνευτής UV λειτουργούσε στα 255nm. Η ποσοτική ανάλυση του φυτοφαρμάκου έγινε με τη χρήση εσωτερικού προτύπου (internal standard). Ο υπολογισμός της άγνωστης συγκέντρωσης C, στο δείγμα μιας ένωσης X υπολογίζεται, κάνοντας χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$C_X = RRF * E_X * C_S / E_S$$

Όπου:

E = εμβαδόν

S = το εσωτερικό πρότυπο

X = η εκάστοτε υπό ανάλυση ένωση

C_x= η συγκέντρωση της υπό ανάλυσης ένωσης που προκύπτει από τον παραπάνω τύπο

E_x= το εμβαδό της υπό ανάλυσης ένωσης

C_s= η συγκέντρωση του εσωτερικού προτύπου και

E_s= το εμβαδό του εσωτερικού προτύπου

RRF = σχετικός παράγοντας απόκρισης (Relative Response Factor).

Ο συντελεστής RRF υπολογίζεται από διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης της υπό ανάλυση ένωσης (X) και του εσωτερικού προτύπου (IS), βάσει της παρακάτω εξίσωσης:

$$RRF = (E_S * C_X) / (E_X * C_S)$$

Η μέθοδος προσδιορισμού της συγκέντρωσης του φυτοφαρμάκου με τη χρήση του RRF, διορθώνει σφάλματα που προκύπτουν από την διαφορετική απόκριση του ανιχνευτή στις διαφορετικές ενώσεις, από την διαφοροποίηση της ευαισθησίας του ανιχνευτή στις διαφορετικές ενώσεις, από την διαφοροποίηση της ευαισθησίας του ανιχνευτή κατά τη διάρκεια των αναλύσεων (Scott,1996) καθώς και από πιθανές απώλειες στη στήλη του χρωματογράφου.

Στο πείραμα ως εσωτερικό πρότυπο χρησιμοποιήθηκε η δ.ο. Dichloran. Το διάλυμα του εσωτερικού προτύπου παρασκευάστηκε από πρότυπο πυκνό διάλυμα. Η συγκέντρωση του εσωτερικού προτύπου που χρησιμοποιήθηκε στα δείγματα ήταν 5ppm και αντιστοιχούσε με προσθήκη όγκου 2,5μl ανά δείγμα ανάλυσης. Η συγκέντρωση του thiamethoxam στο δείγμα του εσωτερικού προτύπου ήταν 5ppm.

6.8.3. Διαδικασία Ανάλυσης Δειγμάτων

A. Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων φυτικών ιστών (παλαιά και νέα βλάστηση)

1. Συλλογή δειγμάτων παλαιάς και νέας βλάστησης.
2. Τεμαχισμός των δειγμάτων, λήψη 15gr νωπού βάρους και τοποθέτηση τους στον καταψύκτη σε θερμοκρασία -18°C .
3. Ομογενοποίηση των 15gr δείγματος και 15gr άνυδρου Na_2SO_4 σε blender σε μεγάλη ταχύτητα για 2 min.
4. Συλλογή του δείγματος από το blender, τοποθέτηση του σε πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης και προσθήκη 45ml ethylacetate και 0,5ml NaOH.
5. Ανάδευση για 30min στον οριζόντιο αναδευτήρα παλινδρομικής κίνησης στην 5^η ταχύτητα.
6. Τοποθέτηση των δειγμάτων για 12 min στη φυγόκεντρο, στις 3500 στροφές, στους 21°C .
7. Παραμονή των δειγμάτων σε ηρεμία μέχρι να διαχωριστούν οι φάσεις.
8. Μεταφορά της υπερκείμενης οργανικής φάσης του διαλύματος σε σφαιρικές φιάλες των 250ml και ξήρανση αυτών με 15gr άνυδρου θειικού νατρίου (Na_2SO_4) μέσω ηθμού από υαλοβάμβακα.
9. Προσθήκη 40ml ethylacetate και 0,5ml NaOH στο πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης και επανάληψη των σταδίων 5 – 7, με τη διαφορά ότι η ανάδευση στον οριζόντιο αναδευτήρα τη δεύτερη φορά διαρκεί 20min και στη φυγόκεντρο 11min.
10. Εκ νέου μεταφορά της υπερκείμενης φάσης στην ίδια σφαιρική φιάλη και ξέπλυμα στο πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης με 1-2 πιπέτες ethylacetate.
11. Ογκομέτρηση 15 ml ethylacetate και προσθήκη του στη σφαιρική φιάλη του δείγματος μέσω του ηθμού από υαλοβάμβακα.
12. Συμπύκνωση των παραπάνω δειγμάτων σε περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Rotary evaporator) σε θερμοκρασία 60°C μέχρι όγκου 5ml.
13. Ακολουθεί η διαδικασία απομάκρυνσης των χρωστικών ουσιών από το δείγμα (clean up). Σε μια σύριγγα των 10 ml τοποθετείται λεπτή στρώση υαλοβάμβακα, 1gr άνυδρου Na_2SO_4 . Η σύριγγα τοποθετείται σε ογκομετρικό σωλήνα στη κορυφή του οποίου υπάρχει ένα μικρό χωνί. Με τη χρήση πιπέτας πραγματοποιείται μεταφορά του εκχυλίσματος από τη σφαιρική φιάλη στη σύριγγα.
14. Μετά το τέλος της μεταφοράς του εκχυλίσματος ακολουθεί προσθήκη 5ml ethylacetate με άλλες δύο επαναλήψεις.
15. Στη συνέχεια το δείγμα μεταφέρεται εκ νέου για συμπύκνωση στον περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Rotary evaporator) σε θερμοκρασία 60°C μέχρι όγκου 5ml.
16. Συμπύκνωση των δειγμάτων που προκύπτουν με τη βοήθεια ήπιου ρεύματος Αζώτου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι ξηρού και προσθήκη 1ml ακετονιτριλίου (CH_3CN HPLC).
17. Φιλτράρισμα των τελικών δειγμάτων με φίλτρα Millipore 0,45.
18. Ποσότητα 25μl των παραπάνω δειγμάτων χρησιμοποιείται για ανάλυση στον χρωματογράφο HPLC.

Β. Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων Θρεπτικού Διαλύματος Ρίζας και Διαλύματος Απορροής

1. Συλλογή των δειγμάτων Θρεπτικού Διαλύματος Ρίζας και Διαλύματος Απορροής και τοποθέτηση τους στον καταψύκτη σε θερμοκρασία -18°C .
2. Ρύθμιση του pH του συνολικού όγκου του δείγματος (200 ή 500ml) με 2-3 σταγόνες HCL 0,2M από βασικό σε όξινο. Το τελικό pH του δείγματος πρέπει να κυμαίνεται στην περιοχή των τιμών 2,7 – 3,5.
3. Ογκομέτρηση 50ml από τον συνολικό όγκο του δείγματος και τοποθέτηση του σε ειδικό γυάλινο μπουκάλι.
4. Προσθήκη 25 ml ethylacetate και 15gr NaCl.
5. Ανάδευση για 30min στον οριζόντιο αναδευτήρα παλινδρομικής κίνησης στις 6.000 στροφές.
6. Μεταφορά του δείγματος σε χοάνη διαχωρισμού, όπου αφήνεται σε ηρεμία ώστε να διαχωριστούν οι δύο φάσεις.
7. Η υπερκείμενη φάση μεταφέρεται σε σφαιρική φιάλη των 250ml και ξήρανση αυτής με 15gr άνυδρου θειικού νατρίου (Na_2SO_4) μέσω ηθμού από υαλοβάμβακα.
8. Η κάτω φάση μπαίνει πάλι στο γυάλινο μπουκαλάκι, προστίθενται 20ml ethylacetate και ανάδευση πάλι για 30min στον οριζόντιο αναδευτήρα παλινδρομικής κίνησης στις 6.000 στροφές.
9. Επανάληψη των σταδίων 6 και 7.
10. Εκ νέου μεταφορά της υπερκείμενης φάσης στην ίδια σφαιρική φιάλη και ξέπλυμα της χοάνης διαχωρισμού με 3 – 4 πιπέτες ethylacetate.
11. Το δείγμα όγκου 45ml μεταφέρεται για συμπύκνωση στον περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Rotary evaporator) σε θερμοκρασία 60°C μέχρι όγκου 5ml.
12. Συμπύκνωση των δειγμάτων που προκύπτουν με τη βοήθεια ήπιου ρεύματος Αζώτου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι ξηρού και προσθήκη 1ml διαλύτη (0,1ml CH_3CN HPLC και 0,9ml H_2O HPLC).
13. Φιλτράρισμα των τελικών δειγμάτων με φίλτρα Millipore 0,45.
14. Ποσότητα 25μl των παραπάνω δειγμάτων χρησιμοποιείται για ανάλυση στον χρωματογράφο HPLC.

Γ. Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων καρπού πλυμένων και άπλυτων

1. Συλλογή των δειγμάτων καρπού.
2. Διαχωρισμός αυτών και πλύσιμο των μισών καρπών.
3. Τεμαχισμός των δειγμάτων, λήψη 15gr νωπού βάρους και τοποθέτηση τους στον καταψύκτη σε θερμοκρασία -18°C .
4. Ομογενοποίηση των 15gr δείγματος και 15gr άνυδρου Na_2SO_4 σε blender σε μεγάλη ταχύτητα για 2 min.
5. Συλλογή του δείγματος από το blender, τοποθέτηση του σε πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης και προσθήκη 45ml ethylacetate και 0,5ml NaOH.
6. Ανάδευση για 30min στον οριζόντιο αναδευτήρα παλινδρομικής κίνησης στην 5^η ταχύτητα.
7. Τοποθέτηση των δειγμάτων για 11 min στη φυγόκεντρο, στις 3500 στροφές, στους 21°C .
8. Μεταφορά της υπερκείμενης οργανικής φάσης του διαλύματος σε σφαιρικές φιάλες των 250ml και ξήρανση αυτών με 15gr άνυδρου θεικού νατρίου (Na_2SO_4) μέσω ηθμού από υαλοβάμβακα.
9. Προσθήκη 40ml ethylacetate και 0,5ml NaOH στο πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης και επανάληψη των σταδίων 6 – 8, με τη διαφορά ότι η ανάδευση στον οριζόντιο αναδευτήρα τη δεύτερη φορά διαρκεί 20min.
10. Εκ νέου μεταφορά της υπερκείμενης φάσης στην ίδια σφαιρική φιάλη και ξέπλυμα στο πλαστικό μπουκαλάκι φυγοκέντρησης με 1-2 πιπέτες ethylacetate.
11. Ογκομέτρηση 15 ml ethylacetate και προσθήκη του στη σφαιρική φιάλη του δείγματος μέσω του ηθμού από υαλοβάμβακα.
12. Συμπύκνωση των παραπάνω δειγμάτων σε περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Rotary evaporator) σε θερμοκρασία 60°C μέχρι όγκου 5ml.
13. Ακολουθεί η διαδικασία απομάκρυνσης των χρωστικών ουσιών από το δείγμα (clean up). Σε μια σύριγγα των 10 ml τοποθετείται λεπτή στρώση υαλοβάμβακα, 1gr άνυδρου Na_2SO_4 . Η σύριγγα τοποθετείται σε ογκομετρικό σωλήνα στη κορυφή του οποίου υπάρχει ένα μικρό χωνί. Με τη χρήση πιπέτας πραγματοποιείται μεταφορά του εκχυλίσματος από τη σφαιρική φιάλη στη σύριγγα.
14. Μετά το τέλος της μεταφοράς του εκχυλίσματος ακολουθεί προσθήκη 5ml ethylacetate με άλλες δύο επαναλήψεις.
15. Στη συνέχεια το δείγμα μεταφέρεται εκ νέου για συμπύκνωση στον περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (Rotary evaporator) σε θερμοκρασία 60°C μέχρι όγκου 5ml.
16. Συμπύκνωση των δειγμάτων που προκύπτουν με τη βοήθεια ήπιου ρεύματος Αζώτου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι ξηρού και προσθήκη 1ml ακετονιτριλίου (CH_3CN HPLC).
17. Φιλτράρισμα των τελικών δειγμάτων με φίλτρα Millipore 0,45.
18. Ποσότητα 25μl των παραπάνω δειγμάτων χρησιμοποιείται για ανάλυση στον χρωματογράφο HPLC.

Κεφάλαιο 7^ο Αποτελέσματα – Συμπεράσματα Πειράματος

7.1. Συμπεριφορά Thiamethoxam στο θρεπτικό διάλυμα

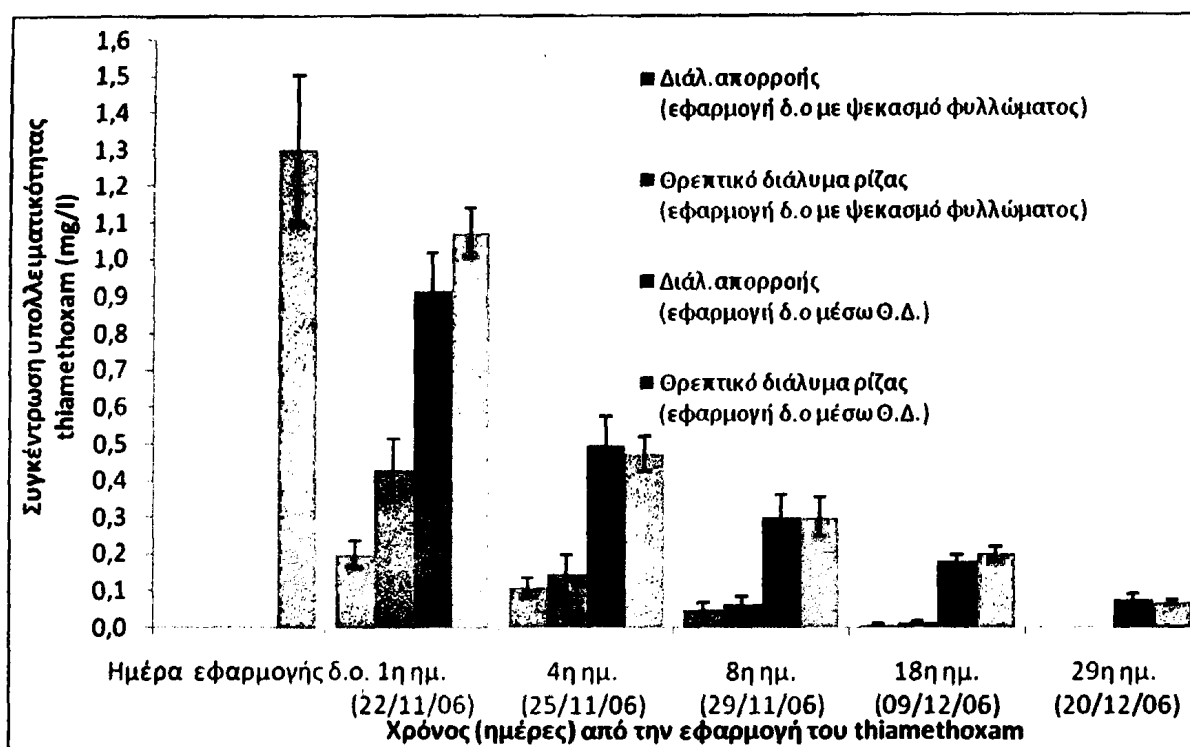
Στον πίνακα 7.1. δίνονται τα αποτελέσματα προσδιορισμού της υπολειμματικότητας του thiamethoxam στο θρεπτικό διάλυμα ρίζας και στο διάλυμα απορροής για κλειστό υδροπονικό σύστημα με ριζοπότισμα (κανάλι Β) και με ψεκασμό φυλλώματος (κανάλι Α), από το σύνολο των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν σε μια χρονική περίοδο 30 ημερών περίπου από την εφαρμογή της δ.ο. στα φυτά τομάτας. Στο σχήμα 7.1. απεικονίζεται η συμπεριφορά του thiamethoxam στις δύο μεταχειρίσεις. Για κάθε δειγματοληψία δίνεται ο μέσος όρος των 4 επαναλήψεων για τα δύο δοσολογικά σχήματα στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις.

Πίνακας 7.1. Συγκεντρώσεις υπολειμμάτων Thiamethoxam (mg/l) στο διάλυμα απορροής και στο θρεπτικό διάλυμα ρίζας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. μέσω ψεκασμού (κανάλι Α) και μέσω ριζοποτίσματος (κανάλι Β). Οι τιμές αφορούν στο μέσο όρο (Μ.Ο.) των τεσσάρων επαναλήψεων των δειγμάτων.

Χρόνος εφαρμογής	Χρόνος από την εφαρμογή της δ.ο. (ημέρες)	Διάλ.απορροής Κανάλι Α	Θρεπτικό διάλυμα ρίζας Κανάλι Α	Διάλ.απορροής Κανάλι Β	Θρεπτικό διάλυμα ρίζας Κανάλι Β
Ημέρα εφαρμογής δ.ο. (21/11/06)	0				1,30
22/11/06	1	0,20	0,43	0,92	1,07
25/11/06	4	0,11	0,15	0,50	0,47
29/11/06	8	0,05	0,07	0,30	0,30
09/11/06	18	0,01	0,01	0,18	0,20
20/12/06	29	0,00	0,00	0,08	0,07

Όπως αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας, το πείραμα δεν ολοκληρώθηκε σύμφωνα με τον προγραμματισμένο σχεδιασμό. Αυτό οφειλόταν στην εμφάνιση φυτοτοξικότητας στην καλλιέργεια, εξαιτίας των αντλιών τροφοδότησης των καναλιών με θρεπτικό διάλυμα, οι πτερωτές των οποίων ήταν επιστρωμένες με χαλκό, όπου λόγω της πολυετούς χρήσης τους, υπήρξε διάβρωση και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων του ιχνοστοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα και μάλιστα σε ποσότητες πολλαπλάσιες από τις ενδεικνυόμενες για την καλλιέργεια τομάτας. Παρά τα προβλήματα αυτά, η συμπεριφορά και η κινητική του thiamethoxam μέσω ψεκασμού και μέσω ριζοποτίσματος στο κλειστό υδροπονικό σύστημα στην καλλιέργεια τομάτας, παρέχει χρήσιμα και ασφαλή συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα των τρόπων εφαρμογής του, σε συνδυασμό και με την καταμέτρηση των προνυμφών του αλευρώδη κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, η οποία αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

Σχήμα 7.1. Συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του thiamethoxam (mg/l) στο θρεπτικό διάλυμα ρίζας και στο διάλυμα απορροής για το κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. με ψεκασμό φυλλώματος και μέσω θρεπτικού διαλύματος, για χρονικό διάστημα 29 ημερών. Σε κάθε εφαρμογή οι μπάρες με το ίδιο γράμμα υποδεικνύουν ότι δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους του Duncan ($P = 0,05$). Οι τιμές αφορούν τον Μ.Ο. των δειγμάτων ($n=4$).



Από το σχήμα 7.1 διαπιστώνεται ότι οι συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στο κανάλι που εφαρμόστηκε ψεκασμός φυλλώματος, κυμάνθηκαν κατά την πρώτη δειγματοληψία – που πραγματοποιήθηκε μία ώρα μετά την εφαρμογή της δ.ο. και αφού υπήρξε απορροή στο τέλος κάθε καναλιού άρδευσης – σε μηδαμινό επίπεδο, ενώ στο θρεπτικό διάλυμα ρίζας του Β καναλιού ανιχνεύτηκε ποσότητα 1,30 mg/l δ.ο.

Όμως από την επόμενη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο κανάλι Α μετά από 24 ώρες, παρατηρήθηκαν χαμηλότερα επίπεδα συγκεντρώσεων στο διάλυμα απορροής (0,20 mg/l) της ρίζας σε σχέση με το θρεπτικό διάλυμα στη ζώνη της ρίζας των φυτών (0,43mg/l) όπως και για όλες τις επόμενες δειγματοληψίες μέχρι την ολοκλήρωσή τους. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι η μέτρηση για το διάλυμα απορροής γινόταν στο τέλος του καναλιού απορροής (εντός του βαρελιού συλλογής) και ύστερα από ομογενοποίηση του εισερχόμενου νέου θρεπτικού διαλύματος με το προϋπάρχον στο κανάλι της καλλιέργειας, γεγονός που οδηγεί στην αραίωση της συγκέντρωσης του Thiamethoxam σε σχέση με τη συγκέντρωση του στο θρεπτικό διάλυμα πλησίον του ριζικού συστήματος των φυτών. Το ίδιο συνέβη βέβαια και στο κανάλι Β όπου υπήρξε εφαρμογή μέσω του θρεπτικού διαλύματος.

Την τέταρτη ημέρα στο διάλυμα απορροής τα υπολείμματα της δ.ο. ήταν στη συγκέντρωση των 0,11mg/l ενώ μετά από 8 ημέρες είχαν μειωθεί στα 0,05mg/l, όταν οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις στο θρεπτικό διάλυμα ήταν 0,15 και 0,07 mg/l, αντίστοιχα.

Διαπιστώνεται επίσης ότι η δ.ο. στο ίδιο κανάλι μειώνεται με σταθερό ρυθμό, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι προσλαμβάνεται από τα φυτά συνεχώς και για μεγάλο χρονικό διάστημα με σταθερό ρυθμό και όχι κατά τις πρώτες ημέρες όπως συμβαίνει με άλλες δ.ο. των νεονικοτινοειδών (imidachlorpid, thiachlorpid). Χαμηλές συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του thiamethoxam ανιχνεύθηκαν ακόμη και μετά από 18 ημέρες τόσο στο διάλυμα απορροής (0,01mg/l), όσο και στο θρεπτικό διάλυμα ρίζας (0,01mg/l).

Όπως επίσης προκύπτει από το παραπάνω γράφημα, στο κανάλι Β όπου η δ.ο. εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος, προσδιορίστηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις του thiamethoxam σε σύγκριση με το κανάλι Α σε όλες σχεδόν τις δειγματοληψίες. Έτσι, κατά την 2^η δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε 24 ώρες από την εφαρμογή της δ.ο. ενώ στο κανάλι Α οι συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του στο διάλυμα απορροής ήταν στα επίπεδα των 0,20 mg/l, οι αντίστοιχες στο κανάλι Β ήταν σχεδόν τετραπλάσιες 0,92 mg/l. Αυτό οφείλεται στο αρκετά μεγαλύτερο δοσολογικό σχήμα που εφαρμόστηκε στο κανάλι Β σε σχέση με το κανάλι Α. Ομοίως και κατά τις 2 επόμενες δειγματοληψίες (4^η, 8^η ημέρα), όπου οι συγκεντρώσεις συνεχίζουν να είναι χαμηλότερες στο κανάλι Α. Στην τελευταία δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε την 29^η ημέρα δεν ανιχνεύθηκαν υπολείμματα της δ.ο. στο κανάλι Α, ενώ οι συγκεντρώσεις της δ.ο. στο κανάλι Β είναι σχεδόν ίδιες με εκείνες του καναλιού Α την 8^η μέρα από την εφαρμογή της δ.ο.

Παρατηρώντας τις συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν στα δύο κανάλια βλέπουμε ότι παρόλο που στο κανάλι Α αυτές είναι πολύ πιο χαμηλές, μειώνονται με ρυθμό μικρότερο απ' ότι μειώνονται οι συγκεντρώσεις στο κανάλι Β, γεγονός που αποδίδεται στις μικρότερες απώλειες της δ.ο. με εφαρμογή της μέσω ψεκασμού φυλλώματος. Για να διερευνηθεί όμως η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια ως προς την υπολειμματικότητα ενός δοσολογικού σχήματος στις μεταχειρίσεις του πειράματος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τόσο η επίδραση της δόσης της δ.ο. στις προνύμφες του αλευρώδη όσο και τα επίπεδα υπολειμμάτων της στους φυτικούς ιστούς της τομάτας και κυρίως στον καρπό της. Τα αποτελέσματα των διερευνήσεων αυτών δίδονται στις επόμενες παραγράφους του κεφαλαίου.

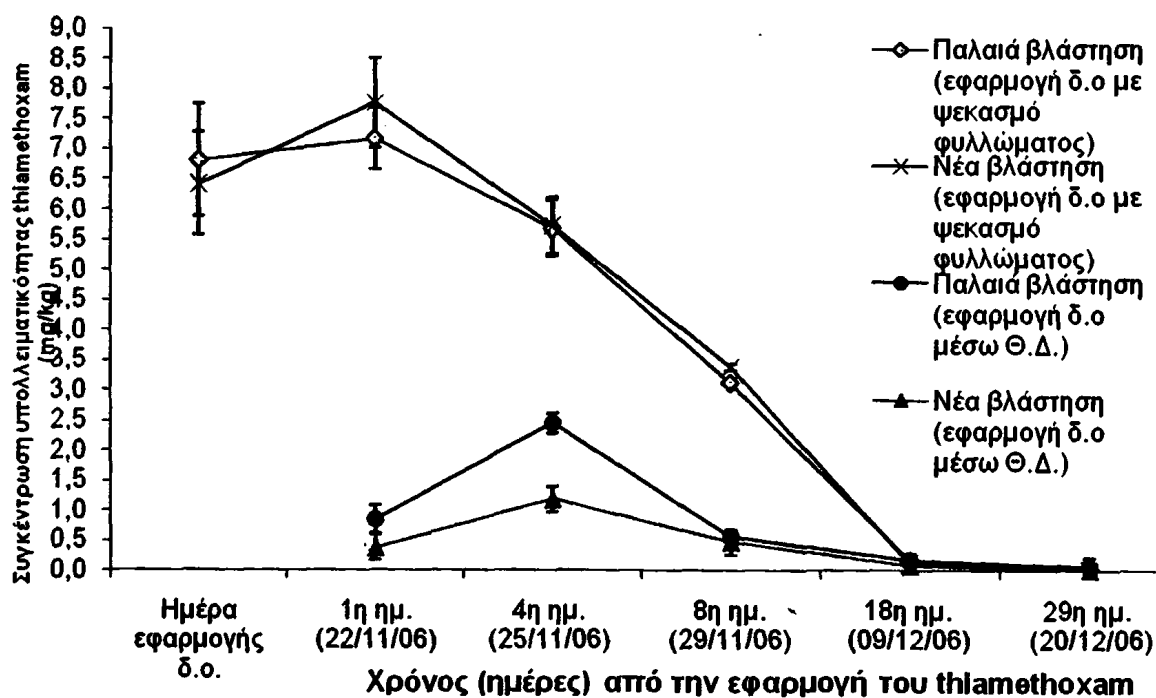
7.2. Συμπεριφορά Thiamethoxam στους φυτικούς ιστούς της τομάτας

Στον πίνακα 7.2 δίνονται τα αποτελέσματα προσδιορισμού της υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στα φύλλα παλιάς και νέας βλάστησης στο κλειστό υδροπονικό σύστημα τόσο με ριζοπότισμα (κανάλι Β) όσο και με ψεκασμό φυλλώματος (κανάλι Α), για τις δύο μεταχειρίσεις, από το σύνολο των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν σε μια χρονική περίοδο 30 ημερών περίπου από την εφαρμογή της δ.ο. στα φυτά τομάτας. Στο σχήμα 7.2. απεικονίζεται η συμπεριφορά του thiamethoxam στις δύο μεταχειρίσεις. Για κάθε δειγματοληψία δίνεται ο μέσος όρος των 4 επαναλήψεων για τα δύο δοσολογικά σχήματα στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις.

Πίνακας 7.2. Συγκεντρώσεις υπολειμμάτων Thiamethoxam (mg/l) στα φύλλα (παλαιάς και νέας βλάστησης) σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. μέσω ψεκασμού (κανάλι Α) και μέσω ριζοποτίσματος (κανάλι Β). Οι τιμές αφορούν στο μέσο όρο (Μ.Ο.) των τεσσάρων επαναλήψεων των δειγμάτων.

Χρόνος εφαρμογής	Χρόνος από την εφαρμογή της δ.ο. (ημέρες)	Παλαιά βλάστηση Κανάλι Α	Νέα βλάστηση Κανάλι Α	Παλαιά βλάστηση Κανάλι Β	Νέα βλάστηση Κανάλι Β
Ημέρα εφαρμογής δ.ο. (21/11/06)	0	6,82	6,42		
22/11/06	1	7,17	7,76	0,85	0,38
25/11/06	4	5,68	5,73	2,45	1,19
29/11/06	8	3,14	3,38	0,57	0,48
09/12/06	18	0,17	0,13	0,16	0,08
20/12/06	29	0,06	0,02	0,07	0,01

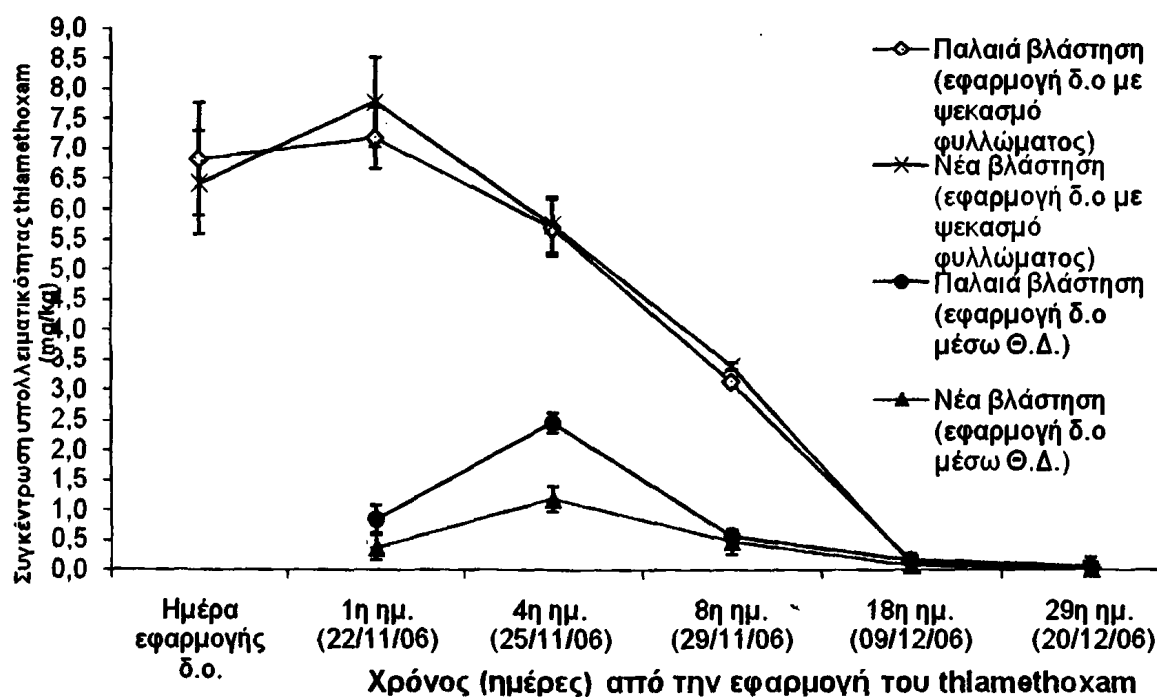
Σχήμα 7.2. Συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του thiamethoxam (mg/l) σε φύλλα παλαιάς και νέας βλάστησης για κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. με ψεκασμό φυλλώματος και μέσω θρεπτικού διαλύματος, για χρονικό διάστημα 29 ημερών. Οι τιμές αφορούν τον Μ.Ο. των δειγμάτων (n=4) και η στατιστική ανάλυση έγινε σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους του Duncan (P = 0,05).



Πίνακας 7.2. Συγκεντρώσεις υπολειμμάτων Thiamethoxam (mg/l) στα φύλλα (παλαιάς και νέας βλάστησης) σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. μέσω ψεκασμού (κανάλι Α) και μέσω ριζοποτίσματος (κανάλι Β). Οι τιμές αφορούν στο μέσο όρο (Μ.Ο.) των τεσσάρων επαναλήψεων των δειγμάτων.

Χρόνος εφαρμογής	Χρόνος από την εφαρμογή της δ.ο. (ημέρες)	Παλαιά βλάστηση Κανάλι Α	Νέα βλάστηση Κανάλι Α	Παλαιά βλάστηση Κανάλι Β	Νέα βλάστηση Κανάλι Β
Ημέρα εφαρμογής δ.ο. (21/11/06)	0	6,82	6,42		
22/11/06	1	7,17	7,76	0,85	0,38
25/11/06	4	5,68	5,73	2,45	1,19
29/11/06	8	3,14	3,38	0,57	0,48
09/12/06	18	0,17	0,13	0,16	0,08
20/12/06	29	0,06	0,02	0,07	0,01

Σχήμα 7.2. Συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του thiamethoxam (mg/l) σε φύλλα παλαιάς και νέας βλάστησης για κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. με ψεκασμό φυλλώματος και μέσω θρεπτικού διαλύματος, για χρονικό διάστημα 29 ημερών. Οι τιμές αφορούν τον Μ.Ο. των δειγμάτων (n=4) και η στατιστική ανάλυση έγινε σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους του Duncan (P = 0,05).



Σύμφωνα με το σχήμα 7.2. διαπιστώνεται ότι στη μεταχείριση με εφαρμογή Thiamethoxam με ψεκασμό φυλλώματος, τα επίπεδα υπολειμματικότητας του στα φύλλα, ανιχνεύτηκαν σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις σε όλη τη διάρκεια του πειράματος, σε σχέση με την εφαρμογή του μέσω θρεπτικού διαλύματος.

Οι συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στο κανάλι Α (στο κανάλι δηλαδή που έχουμε εφαρμογή της δ.ο. με ψεκασμό φυλλώματος), στα φύλλα νέας βλάστηση είναι, ως επί το πλείστον, σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες στα φύλλα παλαιάς βλάστησης. Αντίθετα οι συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στο κανάλι Β (στο κανάλι δηλαδή που έχουμε εφαρμογή της δ.ο. μέσω θρεπτικού διαλύματος), στα φύλλα νέας βλάστησης, είναι σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες στα φύλλα παλαιάς βλάστησης σε όλες τις δειγματοληψίες.

Συγκεκριμένα στο κανάλι Α, στην πρώτη δειγματοληψία που έγινε την ημέρα εφαρμογής της δ.ο. η συγκέντρωση της δ.ο. στη νέα βλάστηση είναι σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με την αντίστοιχη στην παλαιά βλάστηση. Στη νέα βλάστηση είναι της τάξεως των 6,42 mg/kg ενώ στην παλαιά βλάστηση, 6,82 mg/kg. Αντίθετα 24 ώρες μετά την εφαρμογή της δ.ο. ανιχνεύτηκαν επίπεδα υπολειμματικότητας της τάξεως των 7,76 mg/kg στη νέα βλάστηση και 7,17 mg/kg στην παλαιά βλάστηση. Παρατηρείται ότι στη δεύτερη δειγματοληψία η συγκέντρωση του Thiamethoxam στη νέα βλάστηση ανεβαίνει περισσότερο απ' ότι στην παλαιά βλάστηση, αντίθετα απ' ότι συνέβη στην πρώτη δειγματοληψία. Ομοίως την 25-11-06, στην τρίτη δειγματοληψία τα επίπεδα της συγκέντρωσης στη νέα βλάστηση συνεχίζουν να παραμένουν σε υψηλότερα επίπεδα από αυτά της παλαιάς και συγκεκριμένα 5,73 mg/kg και 5,68 mg/kg. Το ίδιο συμβαίνει και στην τέταρτη δειγματοληψία με συγκεντρώσεις 3,38 mg/kg στην νέα και 3,14 mg/kg στην παλαιά βλάστηση. Κατά την πέμπτη δειγματοληψία όμως παρατηρείται μία απότομη πτώση της συγκέντρωσης της υπολειμματικότητας του Thiamethoxam.

Στο κανάλι Β στην πρώτη δειγματοληψία όπου έγινε 24 ώρες μετά την εφαρμογή της δ.ο. παρατηρείται επίσης ότι η συγκέντρωση της δ.ο. στη νέα βλάστηση είναι σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με την αντίστοιχη στην παλαιά βλάστηση με τιμές 0,85mg/kg και 0,38mg/kg αντίστοιχα. Ενώ στη δεύτερη δειγματοληψία τα επίπεδα συγκεντρώσεων αυξήθηκαν περαιτέρω κι έδωσαν τις μέγιστες τιμές τους και για τις δύο δειγματοληψίες, φθάνοντας περίπου στο 2,45mg/kg και 1,19mg/kg αντίστοιχα.

Αυτή η πορεία δικαιολογείται, αφού είναι γνωστό ότι το Thiamethoxam κινείται αποπλαστικά και ακροπεταλικά, δηλ. από την ρίζα μέσω των αγγείων του ξύλου προς την ακραία μεριστωματική βλάστηση των φυτών, η οποία είναι μεταβολικά ενεργή.

Σε όλες τις επόμενες δειγματοληψίες που διενεργήθηκαν στα φύλλα της νέας βλάστησης, παρατηρήθηκε και για τις δύο μεταχειρίσεις (κανάλι Α και κανάλι Β) η ίδια συμπεριφορά, δηλ. συνεχή μείωση με σταθερό ρυθμό των υπολειμμάτων του Thiamethoxam, φθάνοντας κατά τη τελευταία δειγματοληψία που διενεργήθηκε 29 ημέρες μετά την εφαρμογή του σε ελάχιστα ανιχνεύσιμα επίπεδα. Και στις δύο μεταχειρίσεις η ένταση της μεταφοράς της δ.ο. και το χρονικό σημείο στο οποίο θα παρουσιαστεί η μέγιστη συσσώρευση στα φύλλα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από το ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής των φυτών στις συνθήκες του πειράματος.

7.3. Συμπεριφορά Thiamethoxam στα δείγματα καρπού της τομάτας

Στον πίνακα 7.3 που ακολουθεί, δίνονται τα αποτελέσματα προσδιορισμού της υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στον καρπό τομάτας, τόσο στο κανάλι Α όπου η δραστική ουσία εφαρμόστηκε μέσω ψεκασμού φυλλώματος όσο και στο κανάλι Β όπου εφαρμόστηκε μέσω ριζοποτίσματος. Πραγματοποιήθηκαν δύο συνολικά δειγματοληψίες, η πρώτη κατά την 25^η ημέρα από την εφαρμογή της δ.ο. όταν ο καρπός ήταν ακόμη ημιώριμος και η δεύτερη και τελευταία κατά την 29^η ημέρα όταν αυτός ήταν πλέον ώριμος και κατάλληλος για συγκομιδή. Οι δειγματοληψίες αυτές απέβλεπαν στο να διερευνηθεί η ύπαρξη υπολειμμάτων της δ.ο. στον καρπό τομάτας όταν αυτή εφαρμόζεται με τους δύο διαφορετικούς τρόπους όπου κι εφαρμόστηκε, συγκρίνοντας τα με τα επίπεδα υπολειμμάτων που ισχύουν στο προϊόν κατανάλωσης για τη συγκεκριμένη δ.ο., όπου τα ισχύοντα MRLs στην παρούσα φάση του πειράματος ήταν 0,2mg/kg νωπού προϊόντος τομάτας.

Πίνακας 7.3. Συγκεντρώσεις υπολειμμάτων Thiamethoxam (mg/kg) στα φύλλα στον καρπό τομάτας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. μέσω ψεκασμού (κανάλι Α) και μέσω ριζοποτίσματος (κανάλι Β). Οι τιμές αφορούν στο μέσο όρο (Μ.Ο.) των τεσσάρων επαναλήψεων των δειγμάτων.

Χρόνος εφαρμογής	Χρόνος από την εφαρμογή της δ.ο. (ημέρες)	Πλυμένος καρπός (εφαρμογή δ.ο με ψεκασμό φυλλώματος - Κανάλι Α)	Άπλυτος καρπός (εφαρμογή δ.ο με ψεκασμό φυλλώματος - Κανάλι Α)	Άπλυτος καρπός (εφαρμογή δ.ο μέσω Θ.Δ. - Κανάλι Β)
16/12/2006	25 ^η ημέρα	0,04	0,07	0,23
20/12/2006	29 ^η ημέρα	0,01	0,04	0,09

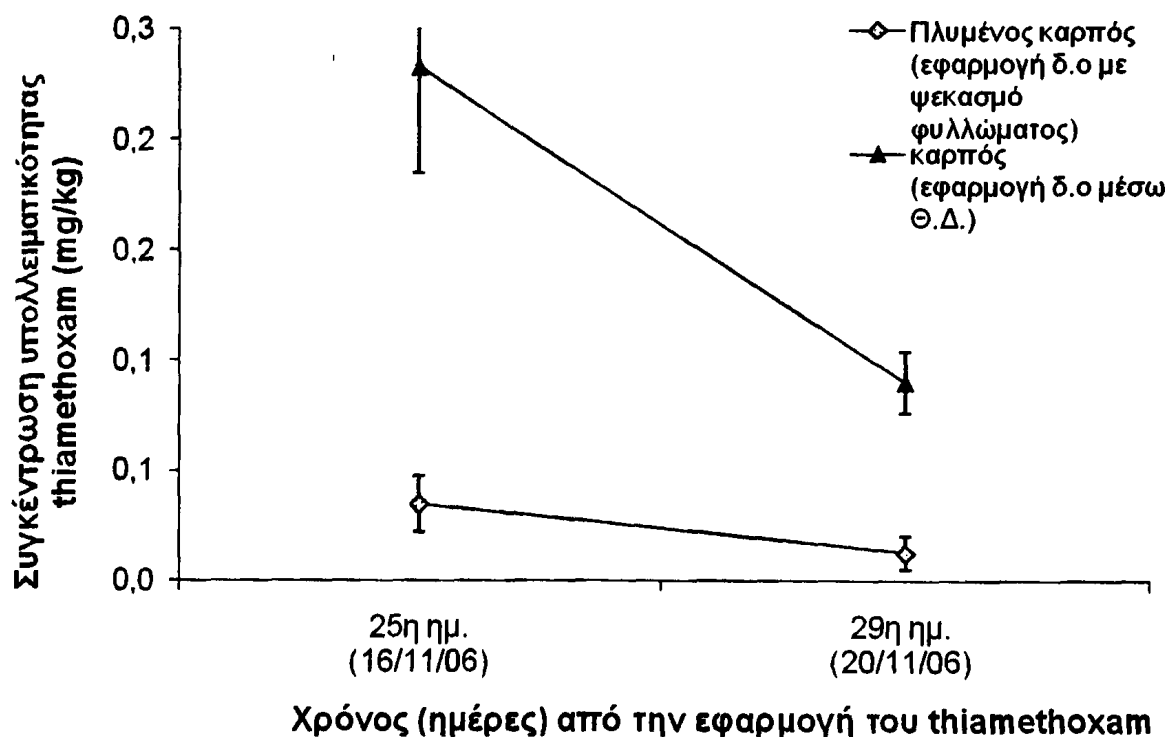
Όπως διαπιστώνεται και στις δύο μεταχειρίσεις του πειράματος όταν ο συγκομισθέν καρπός ήταν σε κατάλληλο στάδιο εμπορίας (ημιώριμος ή ώριμος) και όπως συμβαίνει στη συνήθη πρακτική, τα υπολείμματα του Thiamethoxam, ήταν σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτά του ισχύοντος για την καλλιέργεια της τομάτας MRL εκτός από τη συγκέντρωση της δ.ο. που ανιχνεύτηκε στον καρπό της 25^{ης} ημέρας στο κανάλι Β.

Έτσι, στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στον πλυμένο και άπλυτο άωρο καρπό των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος 25 ημέρες μετά την εφαρμογή του Thiamethoxam, η ποσότητα των υπολειμμάτων του ήταν στην υψηλή τιμή των 0,23mg/kg νωπού βάρους άπλυτου καρπού τομάτας στο κανάλι Β, ενώ στον άπλυτο και πλυμένο καρπό του καναλιού Α ήταν 0,07mg/kg και 0,04mg/kg αντίστοιχα. Στη συνέχεια, την 29^η ημέρα, αν και μόλις 4 ημέρες από την προηγούμενη δειγματοληψία, παρατηρήθηκε μία απότομη πτώση στην τιμή του υπολείμματος στον ώριμο πλέον καρπό του καναλιού Β όπου και ανιχνεύτηκε η υποπολλαπλάσια ποσότητα των 0,09mg/kg ενώ στο κανάλι Α οι τιμές κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα μεν επίπεδα αλλά με ομαλότερη

πτώση. Έτσι στον ώριμο άπλυτο καρπό ανιχνεύτηκε ποσότητα 0,04mg/kg ενώ στον πλυμένο 0,01mg/kg.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα του καναλιού Α, αυτά πιθανόν να οφείλονται στην γρήγορη αποδόμηση και ενζυμική διάσπαση της συγκεκριμένης ουσίας εντός του ώριμου καρπού της τομάτας, αν και η βασική αιτία μείωσης των συγκεντρώσεων υπολειμματικότητας θα πρέπει να αποδοθεί στην αραίωση που υφίσταται λόγω της γρήγορης αύξησης του βάρους του καρπού της τομάτας. Όσον αφορά το κανάλι Β παρατηρείτε ότι παρόλο που χρησιμοποιήθηκε εγκεκριμένη ποσότητα δ.ο., εντούτοις στον άωρο και άπλυτο καρπό η υπολειμματικότητα της ξεπερνά τα ισχύοντα MRLs του Thiamethoxam, με αποτέλεσμα να μην είναι ασφαλής η χρήση του για την καλλιέργεια και κυρίως για τον καταναλωτή. Το γεγονός θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τους παραγωγούς τομάτας σε υδροπονικά γενικά συστήματα, ώστε όταν γίνεται χρήση της συγκεκριμένης δ.ο. να συλλέγετε τουλάχιστον η πρώτη ποσότητα καρπού όταν αυτός είναι απόλυτα ώριμος, ώστε τα υπολείμματα να είναι αν όχι σε μηδενικά επίπεδα, τουλάχιστον σε αρκετά πιο χαμηλά.

Σχήμα 7.3. Συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του thiamethoxam (mg/kg) σε δείγματα καρπού τομάτας για κλειστό υδροπονικό σύστημα με εφαρμογή δ.ο. με ψεκασμό φυλλώματος και μέσω θρεπτικού διαλύματος, για τις δειγματοληψίες της 25^{ης} (άωρος καρπός) και 29^{ης} (ώριμος καρπός) από την εφαρμογή της δ.ο. Οι τιμές αφορούν τον Μ.Ο. των δειγμάτων (n=4) και η στατιστική ανάλυση έγινε σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους του Duncan (P = 0,05).



Συμπερασματικά, σε ότι αφορά τη συμπεριφορά των υπολειμμάτων του Thiamethoxam στους καρπούς και λαμβάνοντας υπόψη ότι το ισχύον MRL του Thiamethoxam είναι 0,2mg/kg, φαίνεται ότι δεν τίθεται θέμα ακαταλληλότητας των καρπών τομάτας, είτε αυτός είναι πλυμένος είτε άπλυτος, σε κλειστό υδροπονικό σύστημα όπου εφαρμόζεται με ψεκασμό φυλλώματος, σύμφωνα με

τις οδηγίες της ετικέτας σχετικά με το απαιτούμενο χρονικό όριο από την τελευταία εφαρμογή και στα προτεινόμενα στο πείραμα δοσολογικά σχήματα, καθώς καμία τιμή των συγκεντρώσεων υπολειμματικότητας της δραστικής ουσίας δεν υπερέβη το MRL. Αντιθέτως ήταν πάρα πολύ χαμηλότερη του Ανώτατου Ορίου Υπολειμματικότητας που έχει θεσπιστεί.

Απασχολεί όμως το γεγονός ότι στο κλειστό υδροπονικό σύστημα όπου η εφαρμογή του Thiamethoxam γίνεται μέσω θρεπτικού διαλύματος και σε μεγάλο αλλά εγκεκριμένο μάλιστα δοσολογικό σχήμα, η υπολειμματικότητα του εμφανίζεται σε απαγορευτικά για την κατανάλωση του καρπού από τον άνθρωπο την 25^η ημέρα. Ο άπλυτος καρπός τομάτας, επιφορτίζεται με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του Thiamethoxam, ειδικά όταν αυτός συγκομίζεται νωρίτερα ως άωρος (ελαφρά πρασινισμένος), γεγονός που υποδεικνύει την αναγκαιότητα για πολύ καλό πλύσιμο των καρπών τομάτας όταν συγκομίζονται για λόγους εξασφάλισης καλύτερης τιμής σε πρωϊμότερο στάδιο και προέρχονται από καλλιέργεια όπου το Thiamethoxam εφαρμόζεται με ψεκασμό φυλλώματος, όπως γίνεται στο σύνολο των περιπτώσεων.

Σε κάθε όμως περίπτωση για να αξιολογηθεί και να προταθεί ένα πειραματιζόμενο δοσολογικό σχήμα ως κατάλληλο, θα πρέπει εκτός της συμπεριφοράς των υπολειμμάτων του στον βρώσιμο καρπό να διερευνηθεί ταυτόχρονα και η αποτελεσματικότητα τους ενάντια στο έντομο εχθρό, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο αλευρώδης των θερμοκηπίων. Τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης δίδονται στις επόμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου, ώστε να υπάρχει πλήρη αξιολόγηση ως προς την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου φυτοφαρμάκου.

7.4. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Thiamethoxam ενάντια στον αλευρώδη των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)

Για την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της δ.ο. Thiamethoxam ενάντια στον αλευρώδη των θερμοκηπίων, όταν αυτό εφαρμόζεται στην καλλιέργεια με ψεκασμό και με ριζοπότισμα μέσω του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: σε κάθε κανάλι μεταχείρισης που περιελάμβανε 15 φυτά τομάτας, πραγματοποιούνταν δειγματοληψία σε φύλλα παλαιάς και νέας βλάστησης από πέντε διαφορετικά φυτά. Η συλλογή των δειγμάτων της βλάστησης γινόταν από το 1^ο, το 4^ο, το 8^ο, το 11^ο και το 15^ο φυτό. Σε κάθε φυτό δειγματοληψίας πραγματοποιούνταν συλλογή από 3 φύλλα παλαιάς και 3 φύλλα νέας βλάστησης. Στον πίνακα 7.4. που ακολουθεί, δίδεται το χρονοδιάγραμμα συνολικά των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7 δειγματοληψίες.

Πίνακας 7.4. Χρονοδιάγραμμα διεξαγωγής των δειγματοληψιών για τις προνύμφες του *T. vaporariorum*.

A/A	Ημερομηνία	Δειγματοληψία
1	17/11/2006	1 ^η Δειγματοληψία πριν την εφαρμογή του Thiamethoxam
2	21/11/2006	Εφαρμογή του Thiamethoxam
3	25/11/2006	2 ^η Δειγματοληψία – 4 ^η ημέρα μετά την εφαρμογή
4	01/12/2006	3 ^η Δειγματοληψία – 10 ^η ημέρα μετά την εφαρμογή
5	07/12/2006	4 ^η Δειγματοληψία – 16 ^η ημέρα μετά την εφαρμογή
6	15/12/2006	5 ^η Δειγματοληψία – 24 ^η ημέρα μετά την εφαρμογή
7	20/12/2006	6 ^η Δειγματοληψία – 29 ^η ημέρα μετά την εφαρμογή

Στον επόμενο πίνακα 7.5. δίδονται τα αποτελέσματα του αριθμού των καταγεγραμμένων προνυμφών του *T. vaporariorum* όπως μετρήθηκαν ανά φύλλο τομάτας στο υδροπονικό σύστημα που εφαρμόστηκε το Thiamethoxam με ψεκασμό φυλλώματος και στο κλειστό υδροπονικό σύστημα που εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα. Η παρατήρηση και η μέτρηση πραγματοποιήθηκαν σε ερευνητικό μικροσκόπιο του Εργαστηρίου Φυτοπροστασίας του τμήματος Α.Α.Τ. του ΤΕΙ Ηπείρου.

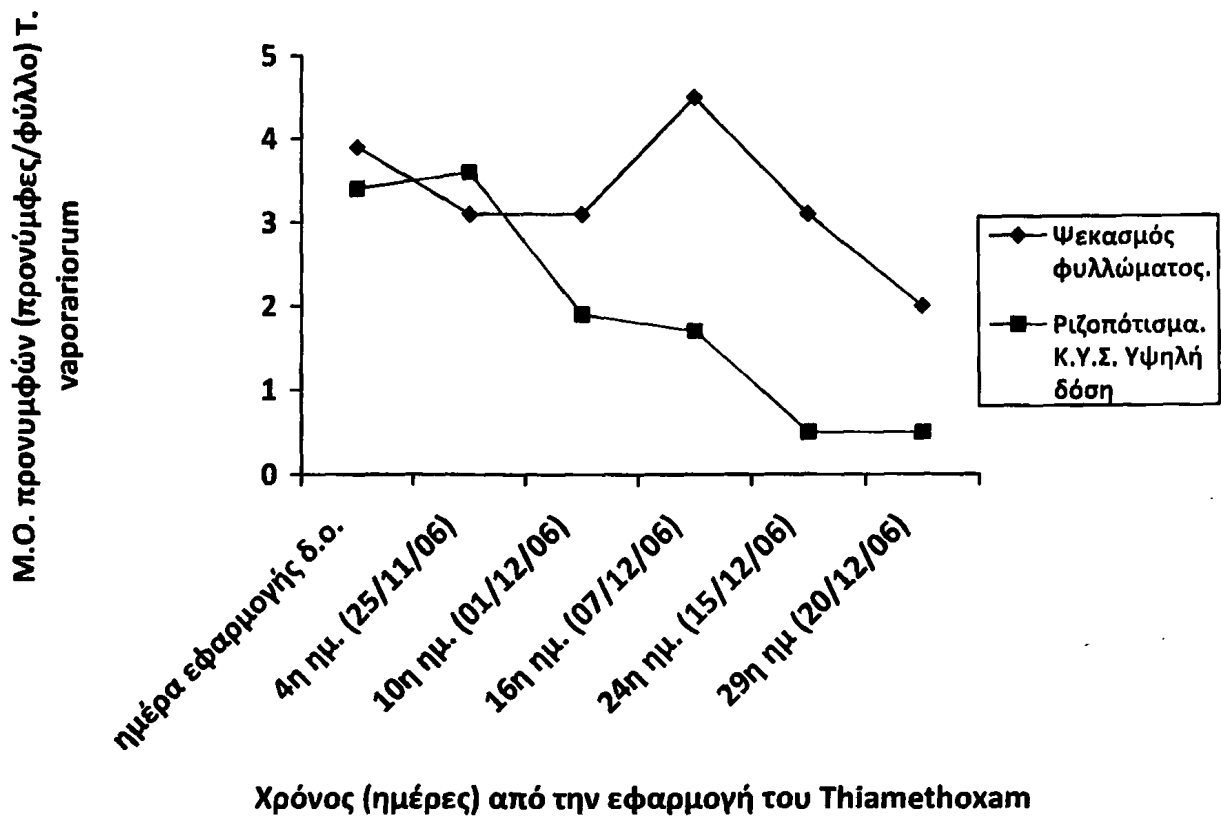
Πίνακας 7.5. Προνύμφες του *T. vaporariorum* ανά φύλλο τομάτας στο κανάλι με ψεκασμό φυλλώματος και με ριζοπότισμα. Οι τιμές αφορούν τον Μ.Ο. (20) συνολικά φυτών (παλαιάς και νέας βλάστησης μαζί) για κάθε μεταχείριση.

Α/Α δειγματοληψίας	Μ.Ο. των προνυμφών του <i>T. vaporariorum</i>		
	Ημέρες από την εφαρμογή της Δ.Ο.	Ψεκασμός φυλλώματος (κανάλι Α)	Ριζοπότισμα (κανάλι Β)
Πριν την εφαρμογή (17/11/06)	—	3,9	3,4
Εφαρμογή Δ.Ο. (21/11/06)	0		
1 ^η μέτρηση (25/11/06)	4	3,1	3,6
2 ^η μέτρηση (01/12/06)	10	3,1	1,9
3 ^η μέτρηση (07/12/06)	16	4,5	1,7
4 ^η μέτρηση (15/12/06)	24	3,1	0,5
5 ^η μέτρηση (20/12/06)	29	2,0	0,5

Όπως προκύπτει από τον συγκεντρωτικό πίνακα, κατά την έναρξη των επεμβάσεων ο πληθυσμός του αλευρώδη δεν κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα για τις δύο μεταχειρίσεις του πειράματος με μικρή όμως διαφορά. Το χαμηλότερο επίπεδο του πληθυσμού παρουσιάστηκε στο κανάλι Β όπου η δραστική ουσία εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος σε υψηλή δοσολογία, ο πληθυσμός ήταν 3,4 προνύμφες / φυλλάριο ενώ στην ίδια δειγματοληψία τα μέσα επίπεδα του αλευρώδη στο κανάλι Α ήταν 3,9. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην αρχική εγκατάσταση του αλευρώδη στο θερμοκήπιο σε ορισμένα σημεία λόγω θέσης και άλλων ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη του. Συνεπώς, για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας θα πρέπει να συγκριθεί ο ρυθμός εξέλιξης των προνυμφών του αλευρώδη και όχι οι απόλυτες τιμές μέτρησης του.

Στο επόμενο σχήμα 7.4. απεικονίζεται η συμπεριφορά των προνυμφών του αλευρώδη στις δύο μεταχειρίσεις.

Σχήμα 7.4. Διακύμανση του πληθυσμού των ζωντανών προνυμφών του αλευρώδη στις μεταχειρίσεις του πειράματος. Ο πληθυσμός του αφορά στον Μ.Ο. των τεσσάρων επαναλήψεων.



Από το παραπάνω γράφημα διαπιστώνεται μια μικρή αύξηση του πληθυσμού των προνυμφών του αλευρώδη, στις 25/11/06 δηλ. τέσσερις μέρες μετά την έναρξη των επεμβάσεων, στη μεταχείριση όπου το Thiamethoxam εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος. Έτσι, από 3,4 προνύμφες ανά φυλλάριο που καταγράφηκαν ως αρχικός πληθυσμός, τέσσερις μέρες μετά την εφαρμογή της δ.ο. ο πληθυσμός μετρήθηκε στα 3,6 άτομα προνυμφών. Η παραπάνω αύξηση είναι λογική και αναμενόμενη καθώς η χορήγηση της δραστικής ουσίας πραγματοποιήθηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος, όπου απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (πολύ μεγαλύτερο των τεσσάρων ημερών) προκειμένου να δράσει το Thiamethoxam. Στην περίπτωση αυτή, η εφαρμοζόμενη ουσία πρέπει να μεταφερθεί στο υπέργειο μέρος του φυτού (στα φύλλα στη συγκεκριμένη περίπτωση) και εν συνεχεία μέσω της τροφής να εισέλθει στο πεπτικό σύστημα των προνυμφών. Αντίθετα, στην ίδια δειγματοληψία, στα φυτά τομάτας όπου το φυτοφάρμακο εφαρμόστηκε με ψεκασμό φυλλώματος, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του πληθυσμού. Έτσι, από 3,9 προνύμφες ανά φυλλάριο αυτές μειώθηκαν στις 3,1.

Στις δειγματοληψίες που ακολούθησαν, για το κλειστό υδροπονικό σύστημα και ειδικά μετά από την 4^η κιόλας ημέρα από την εφαρμογή της δ.ο., φαίνεται ότι η ουσία αρχίζει να δρα αποτελεσματικά και ως εκ τούτου παρατηρείται μείωση του πληθυσμού των προνυμφών. Αυτή η μείωση παρατηρείται ξεκάθαρα στις επόμενες τέσσερις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν κατά την 10^η, 16^η, 24^η, και την 29^η ημέρα από την έναρξη του πειράματος, φθάνοντας στο χαμηλότερο επίπεδο των 0,5 προνυμφών ανά φυλλάριο τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες.

Αντίθετα με τη μεταχείριση όπου το φυτοφάρμακο εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος, τα φυτά τα οποία υπέστησαν ψεκασμό φυλλώματος, παρουσίασαν διαφορετική τάση στην διακύμανση του πληθυσμού του αλευρώδη, διαφοροποιώντας έτσι και την αποτελεσματικότητα του Thiamethoxam. Έτσι μετά την αρχική μείωση του πληθυσμού των προνυμφών στις 3,1 ανά φυλλάριο που παρατηρήθηκε 4 ημέρες από τον ψεκασμό με Thiamethoxam, στη συνέχεια ο πληθυσμός τους παρέμεινε στα ίδια επίπεδα (3,1 προνύμφες) 10 ημέρες μετά την εφαρμογή. Κατά τη μέτρηση όμως που πραγματοποιήθηκε 16 μέρες μετά, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του αλευρώδη, φθάνοντας στα επίπεδα των 4,5 προνυμφών ανά φυλλάριο. Στις δύο τελευταίες δειγματοληψίες όπως και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρατηρήθηκε σημαντική μείωση, όπου ο πληθυσμός των προνυμφών μειώθηκε περίπου στο επίπεδο των 2,2 προνυμφών ανά φυλλάριο.

Η σημαντική μείωση στις προνύμφες του αλευρώδη που παρατηρήθηκε στις δύο μεταχειρίσεις, ειδικά κατά την τελευταία δειγματοληψία, πιθανόν να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες (κυρίως κλιματολογικούς, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία) και λιγότερο στη δράση του φυτοπροστατευτικού προϊόντος. Σε κάθε περίπτωση όμως αν συγκρίνουμε το ρυθμό μείωσης των προνυμφών του αλευρώδη στις δύο μεταχειρίσεις και όχι στις απόλυτες τιμές, εύκολα διαπιστώνουμε ότι στο Κ.Υ.Σ. οι προνύμφες μειώνονται με μεγαλύτερο ρυθμό.

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη τη γενική συμπεριφορά των παρατηρούμενων ζωντανών προνυμφών του αλευρώδη και στις δύο μεταχειρίσεις αλλά πολύ περισσότερο τον ρυθμό μείωσης των προνυμφών στις δύο μεταχειρίσεις του πειράματος, όπου το Thiamethoxam εφαρμόστηκε μέσω του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με υψηλή δοσολογία και σε υδροπονικό σύστημα με ψεκασμό φυλλώματος, η αποτελεσματικότητα της δ.ο. είναι πολύ μεγαλύτερη στο κλειστό σύστημα.

7.5. Γενικά συμπεράσματα πειράματος

- Τα αποτελέσματα του εναλλακτικού τρόπου εφαρμογής της εντομοκτόνου δ.ο. Thiamethoxam, σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας, έδειξαν ότι το δοσολογικό σχήμα των 0,01gr δραστικής ουσίας ανά φυτό μέσω θρεπτικού διαλύματος και των 0,3gr δραστικής ουσίας ανά λίτρο ψεκαστικού υγρού στη μεταχείριση με ψεκασμό φυλλώματος, είχε διαφορετική συμπεριφορά στις δύο μεταχειρίσεις, τόσο ως προς την υπολειμματικότητα της δ.ο. στο θρεπτικό διάλυμα και στους φυτικούς ιστούς (φύλλα, καρπό τομάτας), όσο και ως προς την εντομοτοξική δράση του στις προνύμφες του αλευρώδη.
- Στην εφαρμογή του μέσω θρεπτικού διαλύματος, το Thiamethoxam, χαρακτηρίστηκε από σχετικά μεγάλη παραμονή τόσο στο ανακυκλούμενο διάλυμα απορροής, όσο και στο θρεπτικό διάλυμα της ρίζας των φυτών. Το ίδιο συνέβη και κατά την εφαρμογή του με ψεκασμό φυλλώματος. Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές στο διάλυμα ρίζας ήταν σχετικά μεγαλύτερες συγκριτικά με αυτές του διαλύματος απορροής. Συγκριτικά τα επίπεδα συγκεντρώσεων της δ.ο. στο διάλυμα απορροής και στο θρεπτικό διάλυμα μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις, τριπλάσιες έως και τετραπλάσιες σε ορισμένες δειγματοληψίες. με υψηλότερες εκείνες της εφαρμογής μέσω θρεπτικού διαλύματος. Υψηλότερη δε συκέντρωση της δ.ο. όλων, παρατηρήθηκε στο θρεπτικό διάλυμα του καναλιού B.
- Στους φυτικούς ιστούς (παλαιά και νέα φύλλα τομάτας) και σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν, τα υπολείμματα του Thiamethoxam ήταν πολύ χαμηλότερα στα φυτά όπου αυτό εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος, σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα τιμών, όταν αυτό εφαρμόστηκε με ψεκασμό φυλλώματος. Διαφορετική συμπεριφορά παρουσιάζουν στη μέγιστη πρόσληψη της δραστικής ουσίας από το φυτό, όπου στην εφαρμογή με ψεκασμό φυλλώματος αυτή παρατηρείται 24 ώρες μετά την χορήγηση της δ.ο. ενώ στην εφαρμογή μέσω θρεπτικού διαλύματος 4 ημέρες αργότερα. Ακολούθως και οι δύο μεταχειρίσεις παρουσιάζουν συνεχή μείωση, όπου για την εφαρμογή με ψεκασμό φυλλώματος αυτή είναι σταδιακή, ενώ για την εφαρμογή με ριζοπότισμα αρχικά είναι απότομη και αργότερα και αυτή σταδιακή. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως, η υπολειμματική δράση του, παρείχε ασφαλή προστασία ενάντια στον αλευρώδη.
- Οι συγκεντρώσεις υπολειμματικότητας του Thiamethoxam στον καρπό τομάτας, έδειξαν ότι αυτό μετακινείται και μεταφέρεται και στους βρώσιμους καρπούς τομάτας, σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα υπολειμματικότητας σε σχέση με άλλα μέρη των φυτών τομάτας όσον αφορά την εφαρμογή του με ψεκασμό φυλλώματος, ενώ μέσω θρεπτικού διαλύματος, τα αποτελέσματα ξεπερνάνε τα επιτρεπόμενα MRLs (0,2mg/kg) ειδικά στην πρώτη συγκομιδή, όπου ο καρπός είναι και άπλυτος και κυρίως άωρος συμπεραίνοντας ότι σε άωρους καρπούς ο μεταβολισμός οποιασδήποτε ουσίας είναι βραδύτερος. Η δειγματοληψία που ακολούθησε έδωσε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα από την πρώτη, καθώς ο καρπός συγκομίστηκε σχετικά ώριμος. Πρέπει λοιπόν σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, η πρώτη συγκομιδή τομάτας να αφορά μόνο ώριμο καρπό, είτε η εφαρμογή γίνει με ψεκασμό φυλλώματος είτε μέσω θρεπτικού διαλύματος και με

το συγκεκριμένο δοσολογικό σχήμα. Ενώ ο καταναλωτής για την καλύτερη προστασία του από τα υπολείμματα ακόμη και των διασυστηματικών φυτοφαρμάκων στον καρπό τομάτας, θα πρέπει να πλένει καλά τις τομάτες και να αποφεύγει την κατανάλωση τους όταν αυτές δεν είναι πλήρως ώριμες.

- Η αποτελεσματικότητα της δ.ο. στο κλειστό υδροπονικό σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη του πληθυσμού των προνυμφών του αλευρώδη σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα, ήταν σαφώς μεγαλύτερη όταν αυτή εφαρμόστηκε μέσω θρεπτικού διαλύματος, παρά με ψεκασμό φυλλώματος. Ο πληθυσμός του αλευρώδη παρουσίασε όμως σημαντική μείωση και στις δύο μεταχειρίσεις. Η καλύτερη αποτελεσματικότητα του μέσω θρεπτικού διαλύματος οφείλεται στον τρόπο δράσης του ενάντια στα έντομα τα οποία στοχεύει. Το γεγονός ότι σε αυτή τη μεταχείριση ο πληθυσμός του αλευρώδη παρουσίασε σημαντική μείωση και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα οφείλεται στη σταθερή παρουσία της δραστικής ουσίας εξαιτίας της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Γενικά για να έχει την αυτή αποτελεσματικότητα, θα πρέπει να το Thiamethoxam να εφαρμόζεται μία φορά, σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τουλάχιστον τέσσερις εβδομάδες πριν την έναρξη της συγκομιδής. Εναλλακτικά μπορούν να εφαρμοστούν και χαμηλότερα δοσολογικά σχήματα εφαρμογής. Τέλος συμπεραίνουμε ότι για να αρχίσει να δρα το συγκεκριμένο εντομοκτόνο απαιτείται χρονικό διάστημα τουλάχιστον τεσσάρων ημερών.
- Συμπερασματικά υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες εναλλακτικής εφαρμογής πολλών διασυστηματικών φυτοφαρμάκων μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε πολλές υδροπονικές καλλιέργειες μειώνοντας έτσι σημαντικά τις δυσμενείς επιπτώσεις που αυτά προκαλούν τόσο στους εργαζομένους στο χώρο της καλλιέργειας, όσο και στο περιβάλλον και στους καταναλωτές, λόγω των υπολειμμάτων τους. Σε κάθε περίπτωση όμως, κρίνεται απαραίτητη η συνέχιση της έρευνας για την ολική διερεύνηση της συμπεριφοράς του Thiamethoxam στις υδροπονικές καλλιέργειες. Με τον τρόπο αυτό θα υπολογιστούν με ακρίβεια οι απαιτούμενες και ταυτόχρονα ασφαλείς δοσολογίες καθώς και ο κατάλληλος χρόνος εφαρμογής τους λαμβάνοντας υπόψη το είδος της εκάστοτε καλλιέργειας, τις επικρατούσες συνθήκες στο χώρο καλλιέργειας, αλλά και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εφαρμοζόμενου φυτοφαρμάκου.

Βιβλιογραφία

Αλμπάνης Τ. Α., 1996, Ρύπανση και Τεχνολογία Προστασίας Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Αλμπάνης Τ. Α., 1997, Φυτοφάρμακα - Χρήση, Επιπτώσεις και νομοθεσία, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Βασιλικιώτης Γ. Σ., 1999, Χημεία περιβάλλοντος, Εκδόσεις University Studio Press.

Γιαννοπολίτης Κ. Ν., 2005, Οδηγός Γεωργικών Φαρμάκων, Εκδόσεις Αγρότυπος.

Δημόπουλος Β., 1998, Φυτοπροστατευτικά προϊόντα, Εκδόσεις Έμβρυο.

Ελευθεροχωρινός Η.Γ., 1996, Ζιζανιολογία, Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.

Ζιώγας Ν.Β., Μάρκογλου Ν.Α., 2010, Γεωργική Φαρμακολογία.

Ζωάκη Δ., Παπαχρήστος Δ., 2004, σημειώσεις για το εργαστηριακό μάθημα Ζωικοί Εχθροί, για το Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Καρράς Γ., 2003, Διδακτορική διατριβή: « Συμπεριφορά φυτοφαρμάκων κατά την εφαρμογή τους σε φυτά σε κλειστό υδροπονικό σύστημα», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Κομνηνάκος Ι., 2000, Η καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο, Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε.

Κουϊμτζής Θ., Φυτιανός Κ., Σαμαράς – Κωνσταντίνου Κ., 1998, Χημεία Περιβάλλοντος, Εκδόσεις University Studio Press.

Λόλας Χ.Π., 2007, Ζιζανιολογία, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Μαυρογιαννόπουλος Γ. Ν., 2006, Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

Παναγόπουλος Χ. Γ., 2000, Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

Πατακιούτας Γ., 2005, σημειώσεις για το μάθημα Φυτοφάρμακα & Περιβάλλον για το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Πολυράκης Γ. Θ., 2003, Περιβαλλοντική Γεωργία, Εκδόσεις Ψυχάλου.

Σάββας Δ., 1998, Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα.



- Σάββας Δ., 2000, Παρασκευή Θρεπτικών Διαλυμάτων, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα.
- Σδούκος Θ.Α., Πομώνης Φ.Ι., 1998, Χημικές Διεργασίες της Χημικής Τεχνολογίας, Τόμος Ι. Μηχανική των ρευστών και τεχνική σωματιδίων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Σδούκος Θ.Α., Πομώνης Φ.Ι., 1998, Χημικές Διεργασίες της Χημικής Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Σταμόπουλος Δ. Κ., 1999, Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη.
- Τσαπικούνης Φ., 1996, Βιολογική και Ολοκληρωμένη καταπολέμηση στο θερμοκήπιο, Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε.
- Φιλίος Α., 2003, Τεχνολογία Προστασίας Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Ιων.
- Χουλιάρης Ν., 2002, Γεωργική χημεία, Εκδόσεις Ιων.
- Adams, P., 2002. Nutritional Control in Hydroponics. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Albanis T.A., Pomonis P.J., Sdukos A.T., Jorgensen S.E., 1991. Model of pesticide movement in soil. Modelling in environmental chemistry 381-414. Developments in Environmental Modeling No 17.
- Amar M., Thomas P., Wonnacott S., Lunt G. G., 1995, A nicotinic acetylcholine receptor subunit from insect brain forms a non – desensitizing homo – oligomeric nicotine acetylcholine receptor when expressed in *Xenopus oocytes*, Neurosci Lett. 199, pp 107 – 110.
- Antunes – Keynon S.E., Kennedy G., 2001, Thiamethoxam, a new active ingredient review, Massachusetts Pesticide Broad.
- Bai D., Lummis S. C. R., Leicht W., Breer H., Sattelle D.B., 1991, Actions of imidacloprid and related nitromethylen on cholinergic receptors of an identified insect motor neuron, Pestic Sci 33, pp 197 – 204.
- Bailey N. 1966. Report of Survey of the Australian Hydroponic Growing Industry, Survey of Hydroponics Producers 1977, HRDC, Gordon, NSW.
- Barb J. S. Sparrow F. K., Nian E., 2000, Simultaneous derivarization and trapping volatile products from aqueous photolysis of Thiamethoxam insecticide, J Agric Food Chem 48 pp 4671 – 4675.

Benson J.A. 1989, Insect nicotinic acetylcholine receptors as targets for insecticides, In: McFarlane N. R., Farnham A. W., (Eds.) Progress and Prospects in Insect Control, BCPC Monograph, Vol 43, British Crop Protection Council, pp 59 – 70.

Beulke S., Brown C. D., 2001, Evaluation of methods to derive pesticide degradation parameters for regulatory modeling, Biol Fertil Soils 33, pp 558 – 564.

Bonnemoy F., Lavedrine B., Boulkamh A., 2004, Influence of irradiation on toxicity of phenylure herbicides using Microtox Test, Chemosphere Vol 54, pp 1183 – 1187.

Born L., 1991, The molecular and crystal structure of imidacloprid (phase 2), Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer 44, pp 137 – 144.

Breer H., 1988, Receptors for acetylcholine in the nervous system of insects, Neurotox 88: Molecular Basis of Drug and Pesticide Action, Excerpta Medica Amsterdam, pp 301 – 309.

Briggs G., Bromilow R. H., Evans A.A., 1982, Relationships between lipophilicity and root uptake translocation of non – ionized chemicals by barley, Pestic Sci 13, pp 495 – 504.

Brown C. L., Hock W. K., Sanders D. P., Jarman J. H., 1997, Pesticides and the Environment *The Fate of Pesticides in the Environment and Groundwater Protection*, Extension Agrichemical Fact Sheet Number 8, Pennsylvania State University.

Buckingham S. D., Lapied B., Le Corrone H., Grolleau F., Sattelle D. B., 1997, Imidacloprid actions on insect neuronal acetylcholine receptors, J Exp. Biol 200. pp 2685 – 2692.

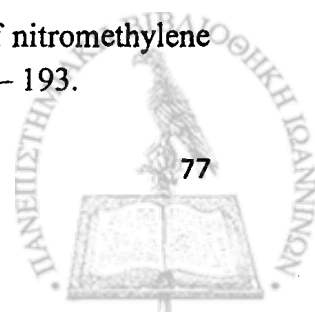
Chao S.L., Dennehy T. J., Casida J. E., 1997, Whitefly (Hemiptera : Aleurodidae) binding site of imidacloprid and related insecticides : a putative nicotinic acetylcholine receptor, J Econ Entomol 90, pp 879 – 882.

Chefetz B., Bilkis Y. I., Polubesova T., 2004, Sorption – desorption behaviour of triazine and phenylurea herbicides in Kishon river sediments, Water Research Vol 38, pp 4383 – 4394.

Chelme – Ayala D., Gamal EI – Din M., Smith D. W., Guest R. K., 2005, Pesticides and herbicides, Water Environment Research, Vol 77, No 6, pp 2021 – 2129.

Chen M. F., Huang J. W., Wong S. S., Li G. C., 2005, Analysis of Insecticide Clothianidin and its Metabolites in Rice with Liquid Chromatography with a UV Detector, Journal of Food and Drug Analysis, Vol 13, No 3, pp 279 – 283.

Cheung H., Clarke B. S., Beable D. J., 1992, A patch clamp study of the action of nitromethylene heterocycle insecticide on cockroach neurons growing *in vitro*. Pestic Sci 34, pp 187 – 193.



Delgano – Moreno L., Sauchez – Moreno L., Pena A., 2007, Assessment of olive cake as soil amendment for controlled release of triazine herbicides, *Science of the Total Environment*, Vol 378, pp 119 – 123.

Denholm I., Devine G., Foster S., Gorman K., Nauen R., 2002, Incidence and management of insecticide resistance to neonicotinoids, *Proc Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases 1*, pp 161 – 168.

Dewar A. M., Read L. A., 1990, Evaluation of an insecticidal seed treatment, imidacloprid, for controlling aphids on sugar beet. *Proc Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases 2*, pp 721 – 726.

Elbert A., Overbeck H., Iwaya K., Tsuboi S., 1990, Imidacloprid a novel systemic nitromethylene analog insecticide for crop protection, *Proc Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases 1*, pp 21 – 28.

Elbert A., Becker B., Hartwig J., Erdelen C., 1991, Imidacloprid : a new system insecticide, *Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer 44*, pp 113 – 116.

Elbert A., Nauen R., 2004, New applications for neonicotinoid insecticides using imidacloprid as an example, In : Horowitz A. R., Ishaaya I., (Eds.), *Novel Approaches to Insect Pest Management in Field and Protected Crops*, Springer, New York, pp 29 – 44.

Eun H., Arao T., Hokakubo S., et al., 2005, Food crop grouping for setting maximum residue limits and facilitating availability of pesticides for minor crop uses Cucurbit vegetables group, *J Pestic Sci*, 30; 145 – 152.

Farenhorst A., 2006, Importance of soil organic matter fractions in soil landscape and regional assessments of pesticide sorption and leaching in soil, *Soil Science Society of America Journal 2006*, Vol 70, pp 1005 – 1012.

Ferrer I., Thurman E. M., 2003, *Liquid Chromatography Mass Spectrometry / Mass Spectrometry MS / MS and Time of Flight MS: Analysis of Emerging Contaminants* American Chemical Society, Washington DC, No 850.

Fidente P., Seccia S., Vanni F., Morrica P., 2005, Analysis of nicotinoid pesticides residues in honey by solid matrix partition clean – up and liquid chromatography – electrospray mass spectrometry, Napoli, Italy.

Gaynor J. D., Mactarish D. C., Labaj A. B., 1998, Atrazine and Metolachlor residues in Brookston CI following conventional and conservation tillage culture, *Chemosphere Vol 36*, No 15, pp 3199 – 3210.



Gerike W.F., 1937a Hydroponics-crop production in liquid culture media. *Science*, 85:177-178

Gerike W.F., 1937b Aquaculture, a means of crop production. *Am. J.Bot.*

Gevaeo B., Semple K.T., Jones K.C., 2000, Bound pesticide residues in soils: a review. *Environmental Pollution* 108, 3-14.

Gizas G., Savvas D., 2007, Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience* (in press).

Goodman C. S., Spitzer N. C., 1980 Embryonic development of neurotransmitter receptors in grasshoppers, In: Satelle D. B., Hall L. M., Hidebrand J. G. (Eds.), *Receptors for Neurotransmitters, Hormones and Pheromones in Insects*, Elsevier Amsterdam, pp 195 – 307.

Greenwood R., Ford. M. G., Scarr A., 2002. Neonicotinoid pharmacokinetics, *Proc Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases* 1, pp 153 - 160.

Guang – Guo Ying and Rai S. Kookana, 2005, Simultaneous determination of imidacloprid and thiamethoxam in soil and water by high performance liquid chromatography with Diode – array detection, *Journal of Environmental Science and Health*, Vol B 39, No 5, pp 730 – 752.

Gundelfinger E. D., 1992, How complex is the nicotinic receptor system of insects?, *Trends Neurosci* 15, pp 206 – 211.

Gupta S., Gajbhiye V.T., 2007, Persistence of Acetamiprid in Soil, *Bull Environ Contam Toxicol* Vol 78, pp 349 – 352.

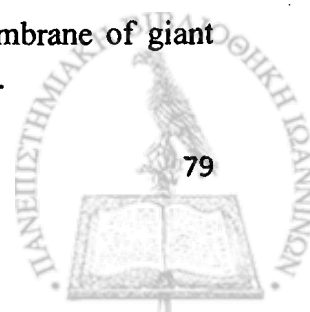
Gustafson D.I., Holden LRJ 990. Nonlinear pesticide dissipation in soil – a new model based on spatial variability(J) – *Environ Sci Tecfanol*, 24:1032 – 1038.

Guzzela L., Pozzari F., Giuliano G., 2005 Herbicide contamination of surficial ground water in Northern Italy, *Environmental Pollution*, Vol 142, pp 344 – 353.

Guzsvany V., Kadar M., Gaal F., Toth K., Bjelica L., 2006, Rapid Differential Pulse Polarographic Determination of Thiamethoxam in Commercial Formulations and some Real Samples, *Microchim Acta* Vol 154, pp 321 – 328.

Guzsvany V., Madzgalj A., 2007, Determination of selected neonicotinoid insecticides by liquid chromatography with thermal lens spectrometric detection, *Environ Chem Lett* Vol 5, pp 203 – 208.

Harrow I. D., Sattelle D. B., 1983, Acetylcholine receptors on the cell body membrane of giant interneurone 2 in the cockroach *Periplaneta Americana*, *J Exp Bil* 105, pp 339 – 350.



Hermesen B., Stetzer E., Thees R., Heiermann R., Schrattenholz A., et al., 1998, Neuronal nicotinic receptors in the locust *Locusta migratoria*, J Biol Chem 273, pp 18394 – 18404.

Hernando A.R., Fernandez-Alba, Rapid Commun. Mass Spectrom.

Huang Y., Williamson M. S., Devonshire A. L., Windass J. D., Lansdell S. J., et al., 1999, Molecular characterization and imidacloprid selectivity of nicotinic acetylcholine receptor subunits from the peach potato aphid *Myzus persicae*, J Neurochem 73, pp 380 – 389.

Ihara M., Brown L. A., Ishida C., Okuda H., Sattelle D. B., Matsuda K., 2006, Actions of imidacloprid, clothianidin and related neonicotinoids on nicotinic acetylcholine receptors on American cockroach neurons and their relationship with insecticidal potency, J Pestic Sci 31 (1), pp 35 – 40.

Jenkins Jr. S.F., Averre C.W., 1983, Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina green Houses. Plant Diseases 67.9,968-970.

Jensen M. H., 1991, Hydroponic culture for the Tropics: Opportunities and Alternatives. Food & Fertilizer Technology Centre, Taiwan.

Jensen M. H., Collins W.L., 1985, Hydroponic vegetable production. Hort. Rev. 7:483-558.

Jones A. K., Brown L. A., Sattelle D. B., 2007, Insect nicotinic acetylcholine receptor gene families: from genetic model organism to vector, pest and beneficial species, Invert Neurosci. 7, pp 67 – 73

Kagabu S., Medej S., 1995, Stability comparison of imidacloprid and related compounds under simulated sunlight, hydrolysis conditions and to oxygen, Biosci. Biotechnol, Biochem. 59 pp 980 – 985.

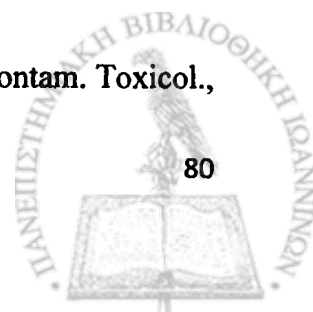
Kagabu S., 1996, Studies on the synthesis and insecticidal activity of neonicotinoid compounds, J Pestic Sci 21, pp 237 – 239.

Kagabu S., 1997a, Chloronicotiny insecticides: discovery, application and future perspective, Rev Toxicol 1, pp 75 – 129.

Kah M., Brown C. D., 2006, Absorption of ionisable pesticides in soils, Ren. Environ. Contam. Toxicol., Vol 188, pp 149 – 217.

Karmakar R., Singh S. B., Kulshrestha G., 2006, Persistence and transformation of Thiamethoxam, a Neonicotinoid insecticide, in Soil of Different Agroclimatic Zones of India, Bull Environ. Contam. Toxicol., Vol 76, pp 400 – 406.

Katagi T., 2006, Behavior of Pesticides in water sediment systems, Ren. Environ. Contam. Toxicol., Vol 187, pp 135 – 144.



Knaust H. J., Poehling H. M., 1992, Studies of the action of imidacloprid on grain aphids and their efficiency to transmit BYD virus, *Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer* 45, pp 381 – 408.

Kollmeyer W. D., Flattum R. F., Foster J. P., Powel J. E., Schroeber M. E., et al., 1999, Discovery of the nitromethylene heterocycle insecticides, In: Yamamoto I., Casida J. E., (Eds.), *Neonicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*, Springer, New York, pp 71 – 89.

Lazowski E. J., Hall J. K., 1991, Triazine herbicide residues in corn production systems, effects of tillage application rate and liming on persistence, *Soil and Tillage Research*, Vol 21, pp 133 – 145.

Leech C. A., Jewess P., Marshall J., Sattelle D. B., 1991, Nitromethylene actions on *in situ* and expressed insect nicotinic acetylcholine receptors, *FEBS Lett* 290, pp 90 – 94.

Lind R. J., Clough M. S., Reynolds S. E., Early F. G. P., 1998, Imidacloprid labels high and low affinity nicotinic acetylcholine receptor – like binding sites in the aphid *Myzus persicae* (Hemiptera : Aphididae), *Pestic Biochem Physiol* 62, pp 3 – 14.

Liqing Z., Guo – Guang L., Dezhi Z., Kun Y., 2006, Hydrolysis of Thiamethoxam, *Bull Environ. Contam. Toxicol.*, Vol 76, pp 942 – 949.

Liu M. Y., Casida J. E., 1993a, High affinity binding of imidacloprid in the insect acetylcholine receptor, *Pestic. Biochem. Physiol.*, pp 40 – 46.

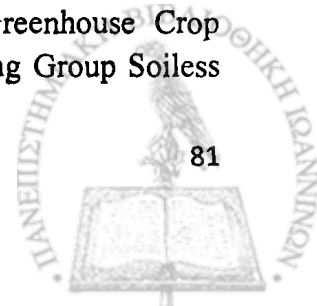
Maienfish P., Angst M., Brandl F., Fisher W., Hofer D., Kayser H., Kobel W., Rindlisbacher A., Senn R., Steinemann A., Widmer H., 2001a, Chemistry and biology of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid, *Pest Management Science*, No 57, pp 906 – 913.

Maienfish P., Brandl F., Kobel W., Rindlisbacher A., Senn R., 1999a, CGA 293,343: a novel broad – spectrum neonicotinoid insecticide, In: Yamamoto I., Casida J. E., (Eds.), *Neonicotinoid insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*, Springer New York, pp 177 – 209.

Maienfish P., Huerlimann H., Rindlisbacher A., Gsell L., Dettwiler H., et al., 2001b, The discovery of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid, *Pest Management Science*, No 57, pp 165 – 176.

Malupa E., 2002, Hydroponic system In: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.

Malupa E., Gerasopoulos D., Zervaki D., Traka-Mavrona A., 1999, Evolution of soilless culture technique in Greece. A look into the future. In: *Regional Working group Greenhouse Crop Production in the Mediterranean Region. Proc. 1st Meeting FAO Thematic Working Group Soilless Culture. Technical Publication No3. Halkidiki, Greece. pp46-63.*



Marshall J., Buckingham S. D., Shingai R., Lunt G. G., Goosey M. W., et al., 1990, Sequence and functional expression of a single α subunit of an insect nicotinic acetylcholine receptor, *EMBO J* 9, 4391 – 4398.

Mastuda K., Buckingham S. D., Freeman J. C., Squire M. D., Baylis H. A., et al., 1999, Role of the α subunit of nicotinic acetylcholine receptor in the selective action of imidacloprid. *Pestic Sci.* 55, pp 211 – 213.

Mihuta-Grimm L., Erb W.A., Rowe R.C., 1990, Fusarium crown and root rot of tomato in greenhouse rock wool systems: sources of inoculums and disease management with benomyl. *Plant Disease* 74:12, 996-1002.

Millar N. S., Deenholm I., 2007., Nicotinic acetylcholine receptors: targets for commercially important insecticides, *Invert Neurosci* Vol 7, pp 53 – 66.

Mol H.G.J., R.C.J. Van Dam R.J., Vreeken O.M.J., Steijger J., *AOAC Int.* 83 (2002)742.

Mol H.G.J., R.C.J. Van Dam R.J., Vreeken O.M.J., Steijger J., *Chromatogr. A* 1015 (2003)119.

Muller K., Magesan G. N., Bolan N. S., 2007, A critical review of the influence of effluent irrigation on the fate of pesticides in soil, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 120, pp 93 – 166.

Nauen R., Ebbinghaus U., Tietjen K., 1999a, Ligands of the nicotinic acetylcholine receptor as insecticides, *Pestic Sci* 55, pp 608 – 610.

Nauen R., Ebbinghaus – Kintscher A., Elbert A., Jeschke P., Tietjen K., 2001, Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides, In: Iishaaya I., (Eds.) *Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance*, Springer New York, pp 77 – 105.

Nauen R., Bretschneider T., 2002, New modes of actions of insecticides, *Pestic Outlook* 12, 241 – 245.

Nauen R., Ebbinghaus – Kintscher A., Salgado V, L., Kausmann M., 2003, Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants, *Pest Biochem Physiol* 76, pp 55 – 69.

Patakioutas G., Savvas D., Matakoulis, Sakellarides T., Albanis T.: Application and Fate of Cyromazine in a closed-cycle Hydroponic cultivation of bean. *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55, 9928-9935.

Pehkonen S. O., Zhang Q., 2002, The degradation of organophosphorus pesticides in natural waters: a critical review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol 32, No 1, pp 17 – 72.

Pflanzenschutz Nachrichten Bayer, 54:281-290. Oliver D.P., Kookana R. S., Quintana B., 2005. Sorption of pesticides in tropical and temperate soils from Australia and the Philippines[J]. *J Agric Food Chem*, 53:6420-6425.

Pico Y.C., Blasco G., Font, *Mass Spectrom. Rev* 23 (2004) 45.

Polati S., Angioi S., Gianotti V., Gosetti F., Gennaro M. C., 2006, Sorption of Pesticides on Kaolinite and Montmorillonite as a Function of Hydrophilicity, *Journal of Environmental Science and Health Part B*, Vol. 41, pp 333 – 344.

Pozo O.J., J.M. Marin, J.V. Sancho, F.J. Hernandez, *J. Chromatogr. A* 992 (2003) 133.

Raymond – Delpech V., Mastuda K., Sattelle B. M., Rauh J. J., Sattelle D. B., 2005, Ion channels: molecular targets of neuroactive insecticides, *Invert Neurosci* 5, pp 119 – 133.

Relyea E. A., 2005, The impact of Insecticides and Herbicides on Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities, *Ecological Application*, Vol 15, No2.

Restifo L. L., White K., 1990, Molecular and genetic approaches to neurotransmitter and neuromodulator systems in *Drosophila*, *Adv Insect Physiol* 22, pp 115 – 129.

Riediker S., Obrist H., Vagra N., Stadler R.H., *J. Chromatogr. A* 966 (2002) 15.

Rill S. M., Garfton – Cardwell E .E., Morse J. G., 2007, Effects of two growth regulators and a neonicotinoid on various life stages of *Aphytis Melinus* (Hemiptera : Aphelinidae), *Bio Control* Springer New York.

Roberts T. R., Hutson D. H., (Eds.), 1999, *Metabolic Pathways of Agrochemicals, Part 2, Insecticides and Fungicides*, Cambridge University Press.

Sancho J.V., Pozo O.J., Zamora T., Grimalt S., Hernandez F., *Agric J., Food Chem.* 51 (2003) 4202.

Sannino A., Bolzoni L., Bandini M.J., *J. Chromatogr. A* 1036 (2004) 161.

Sattelle D. B., Harrow I. D., Hue B., Pelhate M., Gepner J. I., et al., 1983, a – Bungarotoxin blocks excitatory synaptic transmission between cercal sensory neurons and giant interneurons, *J Exp Biol* 107, pp 473 – 489.



Sattelle D. B., Buckingham S. D., Wafford K. A., Sherby S. M., Barky N. M., et al., 1989, Actions of the insecticide 2 (intromethylene) tetrahydro – 1,3 – thiazine on insect and vertebrate nicotinic acetylcholine receptors, *Proc Roy Soc B* 237, 501 – 514.

Savvas D., Adamidis K., 1999, Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH and nutrient concentration ratios. *Journal of Plant Nutrition* 22:1415-1432.

Savvas D., 2002, General Introduction. In: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Savvas D. Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.

Sgard F., Fraser S. P., Katkowska M. J., Djamgoz M. B. A., et al., 1998, Cloning and functional characterization of two novel nicotinic acetylcholine receptors α subunits from the insect pest *Myzus persicae*, *J Neurochem* 71, pp 903 – 912. *Nachrichten Bayer*, 54:261-280

Schoning R., Placke F.J., 2001, Residue analytical method for the determination of residues of YRC 2894 in/on plant materials by HPLC with electrospray ionization and MS/MS-detection [J]. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer*, 54:261-280.

Schroder M. E., Flattum R. F., 1984, The mode of action and neurotoxic properties of the nitromethylene heterocycle insecticides, *Pestic Biochem Physiol* 22, pp 148 – 160.

Schulz R., Sawruk E., Mulhardt C., Bertrand S., Baumann A., et al., 1998, Da3, a new functional α subunit of nicotinic acetylcholine receptors from *Drosophila*, *J Neurochem* 71, pp 853 – 862.

Scriber E. A., Thruman E. M., Zimmerman L. R., 2000, Analysis of selected herbicide metabolites in the surface and ground water of the U.S.A., *The Science of the Total Environment*, Vol 48, pp 157 – 167.

Secher B., Freuler J., 2003, The impact of Thiamethoxam on bumble bee broods (*Bombus terrestris* L.) following drip application in covered tomato crops, *J. Pest Science* Vol 76, pp 74 – 77.

Singh S. B., Foster G. D., Knah S. U., 2004, Microwave assisted extraction for the simultaneous determination of thiamethoxam, imidacloprid and cardendazim residues in fresh hand cooked vegetable samples, *Journal of Agric. Food Chem.*, Vol 52, pp 98 – 110.

Singh S. B., Kulshrestha G., 2005, Residues of Thiamethoxam and Acetamaprid, two Neonicotinoid Insecticides, in / on Orka Fruits (*Abelmoschus esculentus* L), *Environment Contamination and Toxicology* Vol 75, pp 945 – 951.

Singh U.S., Tripathi R.K., 1982, *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology*.



Soloway S. B., Henry A. C., Kollmeyer W. D., Padgett W. M., Powell J. E., et al., 1978, Nitromethylene heterocycles as insecticides, *Pesticide and Venom Neurotoxicology*, Plenum New York, pp 206 – 217.

Soloway S. B., Henry A. C., Kollmeyer W. D., Padgett W. M., Powell J. E., et al., 1978, Nitromethylene insecticides, *Adv Pestic Sci* 2, pp 206 – 217.

Steen R. J. L. A., van der Vaart J., et al., 2001, Grossfluxes and estuarine behaviour of pesticides in the Scheldt Estuary (1995 – 1997), *Environment Pollution*, Vol 115, pp 65 – 79.

Taylor M.J., Hunter K., Hunter K.B., Lindsay D., Le Bouhellec S.J., *J Chromatogr. A* 982 (2002)225.

Thurman E. M., Cromwell A. E., 2000, Atmospheric Transport, Deposition and Fate of Triazine Herbicides and Their Metabolites in Pristine Areas in Isle Royal National Park, *Environmental Science & Technology*, Vol 34, pp 3079 – 3085.

Thurman E. M., Ferrer I., Parry R.J., *J Chromatogr. A* 957 (2002) 3.

Thurman E. M., Ferrer I., Benotti M., Heine C.E., *Anal. Chem.* 76 (2004) 1228.

Tomizawa M., Yamamoto I., 1992, Binding of neonicotinoids and the related compounds to the insect nicotinic acetylcholine receptor, *J. Pestic. Sci.* 17, pp 231 – 236.

Tomizawa M., Yamamoto I., 1993, Structure activity relationships of neonicotinoids and imidacloprid analogs, *J Pestic. Sci.* 18, pp 91 – 98.

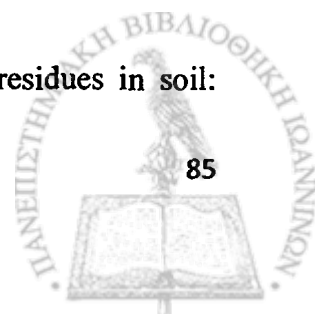
Tomizawa M., Latli B., Casida J. E., 1996, Novel neonicotinoid – aragose affinity column for *Drosophila* and *Musca* nicotinic acetylcholine receptors, *J. Neurochem.* 67, pp 1669 – 1676.

Tomizawa M., Lee D. L., Casida J. E., 2000, Neonicotinoid insecticides: molecular features conferring selectivity for insect versus mammalian nicotinic receptors, *J Agric Food Chem* 48, pp 6016 – 6024.

Tomizawa M., Casida J. E., 2003, Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors, *Annul Rev Entomol* 48, pp 339 – 364.

Vela N., Navarro G., Gimenez M. J., Navarro S., 2004, Gradual fall of s – triazine herbicides in drinking water and waste water samples as influenced by light and temperature, *Water Air and Soil Pollution*, Vol 158, pp 3 – 19.

Verstraete W., Devliegher W., 1996, Formation of non – bioavailable organic residues in soil: Perspectives for site Remediation, *Biodegradation*, Vol 7, pp 471 – 485.



Wauchope R. D., et al., 2002, Review Pesticides Soil Sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability, Pest Management Science, Vol 58, pp 419 – 445.

Widmer H., Steinemann A., Maeinfisch A., 1999, Chemical and Physical Properties of Thiamethoxam, In: Abstracts 218th Am Chem Sci Natl Mtg, p 134.

Yamamoto I., 1996, Agrochemicals, Jpn Vol 68, p 14.

Yamamoto I., Tomizawa M., Saito T., Miyamoto T., Walcott E. C., et al., 1998, Structural factors contributing to insecticidal and selective actions of neonicotinoids, Arch. Insect. Biochem. Physiol. 37, pp 24 – 32.

Yamamoto I., Casida J. E., 1999, Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor, Tokyo springer pp 1 – 300.

Zhang A., Kayser H., Maienfisch P., Casida J. E., 2000, Insect nicotinic acetylcholine receptor: conserved neonicotinoid specificity of Imidacloprid binding site. J. Neurochem 75, pp 1294 – 1303.

Zhou Q., Ding Y., Xiao J., 2006, Sensitive determination of thiamethoxam, imidacloprid and acetamiprid in environmental water samples with solid – phase extraction packed with multiwalled carbon nanotubes prior to high performance liquid chromatography, Anal Bioanal Chem Vol 385, pp 1520 – 1525.

Zwart R., Oortgiensen M., Vijverberg H. P., 1992, The nitromethylene heterocycle 1 – (pyridine – 3 – yl – methyl) – 2 nitromethylene – imidazolidine distinguishes mammalian from insect nicotinic receptor subtypes. Eur. J. Pharmacol 228, pp 165 – 169.