ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ - ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

"Μελέτη της επίδρασης του ζεόλιθου στην ανάπτυξη εγχώριας ποικιλίας αγγουριού και στην συμπεριφορά νεονικοτινοειδών εντομοκτόνων σε υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια για τον έλεγχο του αλευρώδη"

Τομπουλίδης Παύλος

Άρτα 2018

Εκπαιδευτικό Ίδρυμα / Τμήμα	Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Τμήμα Χημείας ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών: «Αγροχημεία, Βιολογικές καλλιέργειες & Αρωματικά Φυτά»
Τίτλος	**Μελέτη της επίδρασης του ζεόλιθου στην ανάπτυξη εγχώριας ποικιλίας αγγουριού και στην συμπεριφορά νεονικοτινοειδών εντομοκτόνων σε υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια για τον έλεγχο του αλευρώδη**
Φοιτητής	Τομπουλίδης Παύλος
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	Πατακιούτας Γεώργιος ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Τμ. Τεχν. Γεωπόνων ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ	**1.** Αλμπάνης Τριαντάφυλλος, καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων **2.** Καρράς Γεώργιος, καθηγητής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, ΤΕΙ Ηπείρου **3.** Πατακιούτας Γεώργιος, αναπλ.καθηγητής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, ΤΕΙ Ηπείρου
Τόπος Έτος	ΑΡΤΑ 2018

Εικόνες εξωφύλλου:

Καλλιέργεια αγγουριού στο θερμοκήπιο υδροπονίας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου (Φωτογραφία: Τομπουλίδης Παύλος)

Ζεόλιθος (πηγή: www.agropress.org.rs/lat/rubrike/agroekologija-i-zastita-zivotne-sredine/ekologija-zemljista/item/2176-vredi-li-koristiti-zeolit)

Αλευρώδης - *trialeurodes vaporariorum* (πηγή: www.biolib.cz/en/image/id125540/)

Κάνε κάτι.

Αν πιάσει, κάνε περισσότερο.

Αν όχι, κάνε κάτι άλλο.

Theodore (Teddy) Roosevelt, Jr
(1858-1919)

Περίληψη

Στις μέρες μας, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση σε τρόφιμα παγκοσμίως δημιουργεί ανάγκες πλήρωσης των αγορών με περισσότερα προϊόντα κατά τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από την εποχή που ευδοκιμούν. Αυτό επιτυγχάνεται με τεχνητές συνθήκες περιβάλλοντος σε θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, ανάλογα την καλλιέργεια, όπου η παραγωγή αγαθών είναι εφικτή όλη τη χρονιά.

Ο κλάδος αυτός της γεωργίας που ασχολείται με την παραγωγή αγαθών στα θερμοκήπια μεγαλώνει συνεχώς, δημιουργώντας ανάγκες για πιο ποιοτική, οικονομική και αυξημένη παραγωγή, ώστε να είναι βιώσιμη για τους παραγωγούς. Μια από τις μεθόδους που εφαρμόζεται, ώστε να επιτυγχάνονται οι παραπάνω στόχοι είναι και αυτή της υδροπονίας. Στα συστήματα αυτά, ανάλογα την καλλιέργεια, γίνεται χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων και θρεπτικών στοιχείων για την καλύτερη δυνατή παραγωγή με σεβασμό στο περιβάλλον και τον καταναλωτή. Στα σύγχρονα υδροπονικά συστήματα η λίπανση γίνεται με θρεπτικά διαλύματα, μέσω των αυτοματοποιημένων συστημάτων που διαθέτουν, όπως επίσης και η εφαρμογή των φυτοφαρμάκων σε πολλές περιπτώσεις προσβολής των φυτών από κάποιο παθογόνο μικροοργανισμό ή άλλο επιβλαβή οργανισμό. Αυτή η μέθοδος καλλιέργειας κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς σημειώνεται σημαντική μείωση της χρήσης των λιπασμάτων, όπως επίσης και της χρήσης των φυτοφαρμάκων λόγω του τρόπου με τον οποίο εφαρμόζονται όπου είναι στοχευμένος για τις λιγότερες πιθανές απώλειες.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διερευνηθεί η επίδραση του ζεόλιθου στην καλλιέργεια τοπικής ποικιλίας αγγουριάς Παλαιοκάτουνου, σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα, σε συνδυασμό με την δραστική ουσία thiamethoxam για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση ενός πολύ σημαντικού και επιζήμιου εχθρού της αγγουριάς, του αλευρώδη των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*). Επίσης, αντικείμενο διερεύνησης αποτέλεσε η κινητικότητα και η υπολλειματικότητα της δραστικής ουσίας thiamethoxam μετά από την εφαρμογή της στην καλλιέργεια της αγγουριάς και η αποτελεσματικότητά της ενάντια στον Αλευρώδη σε σχέση με τη χρήση των υποστρωμάτων του ζεόλιθου και του περλίτη, σε διάφορες αναλογίες μεταξύ τους. Η δραστική ουσία thiamethoxam που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια της αγγουριάς ανήκει στην ομάδα των νεονικοτινοειδών εντομοκτόνων, η οποία φέρεται να ευθύνεται για τη μείωση των πληθυσμών της μέλισσας και πλέον γίνεται συζήτηση για αποκλειστική και πλέον χρήση μόνο σε θερμοκήπια.

Λέξεις κλειδιά: Υδροπονία, Νεονικοτινοειδή, Thiamethoxam, Αλευρώδης των θερμοκηπίων, Ζεόλιθος.

Abstract

Nowadays, the ever-growing demand for food in the world creates the need to fill the markets with more products throughout the year, independently of the time they thrive. This is achieved by artificial environmental conditions in greenhouses, depending on the crop, where the production of goods is possible throughout the year.

This department of agriculture engaged in the production of greenhouse goods is constantly growing, creating needs for more quality, economic and increased production to make it sustainable for producers. One of the applied methods to achieve the above objectives is also that of hydroponics. In these systems, depending on the crop, different substrates and nutrients are used to produce the best possible production with respect to the environment and the consumer. In modern hydroponic systems, fertilization is done with nutrient solutions through their automated systems, as well as the application of pesticides in many cases of infestation of plants by a pathogenic microorganism or other harmful organism. This method of cultivation is constantly gaining points as there is a significant reduction in the use of fertilizers as well as in the use of pesticides due to the way they are applied where it is targeted for the least possible losses.

This diploma thesis was conducted in order to investigate the effect of zeolite on the cultivation of a local variety of cucumber Palaiokatounou in an open hydroponic system in combination with the active substance thiamethoxam to control and treat a very important and damaging enemy of cucumber, the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). Also the object of investigation was the mobility and the residuality of the active substance thiamethoxam after its application in the cultivation of cucumber and its effectiveness against the greenhouse whitefly in relation to the use of the substrates of zeolite and perlite in various proportions to each other. The active substance thiamethoxam applied to cucumber cultivation belongs to the group of neonicotinoid insecticides, which is said to be responsible for the reduction of the bee population and is now being discussed for exclusive use only in greenhouses.

Key words: Hydroponic, Neonicotinoid, Thiamethoxam, *Trialeurodes vaporariorum*, Zeolite.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες» που αποτελεί σύμπραξη του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με το Α.Τ.Ε.Ι Ηπείρου.

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας είναι η «Μελέτη της επίδρασης του ζεόλιθου στην ανάπτυξη κηπευτικών εγχώριας ποικιλίας αγγουριού και στην συμπεριφορά (υπολλειματικότητα) νεονικοτινοειδών εντομοκτόνων σε υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια για τον έλεγχο του αλευρώδη».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Πατακιούτα Γεώργιο -αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Ηπείρου- για τις πολύτιμες συμβουλές του και την γενικότερη βοήθεια του στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Καρρά Γεώργιο, Καθηγητή του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Ηπείρου και ιδιαίτερα τον κ. Αλμπάνη Τριαντάφυλλο, Καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, για την συνεχή υποστήριξη του κατά τη διάρκεια του αναλυτικού μέρους του πειράματος που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο φαρμακολογίας του ΤΕΙ Ηπείρου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μάντζο Νικόλαο - Εργαστηριακό διδακτικό προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π.), για τη συνεχή καθοδήγησή του σε όλες τις φάσεις της εργασίας και την κα. Υφαντή Παρασκευή - Εργαστηριακό διδακτικό προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π.), για την βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους, το οποίο έλαβε χώρα στο θερμοκήπιο υδροπονίας του ΤΕΙ Ηπείρου.

Επίσης, να ευχαριστήσω τις φίλες και συμφοιτήτριές μου Λαμπράκη Ελένη και Κατσουλάκου Σταυρούλα που έκαναν τις ημέρες στο θερμοκήπειο πιο ευχάριστες.

Ευχαριστώ επίσης και την εταιρεία Zeoprofit Hellas για την προμήθεια του ζεόλιθου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα στην καλλιέργεια της αγγουριάς.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Περίληψη 4
Abstract..... 5
Ευχαριστίες..... 6
Περιεχόμενα..... 7
Κατάλογος εικόνων 10
Κατάλογος πινάκων 11
Κατάλογος διαγραμμάτων.....13
Κεφάλαιο 1ο.....14
Υδροπονία και υδροπονικά συστήματα 14
1.1 Ορισμός 14
1.2 Ιστορία 15
1.3 Παγκόσμια εξάπλωση υδροπονικών καλλιεργειών 16
1.4 Η υδροπονία στην Ελλάδα.....19
1.5 Υδροπονικά συστήματα και μέθοδοι υδροπονικών καλλιεργειών 19
1.5.1 Καλλιέργεια σε ανόργανα αδρανή υποστρώματα 19
1.5.1.1 Καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά 19
1.5.1.2 Καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά 20
1.5.2 Καλλιέργεια σε οργανικό υπόστρωμα.....20
1.5.2.1 Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά 20
1.5.2.2 Καλλιέργεια σε φυσικά οργανικά υποστρώματα 21
1.5.3 Καλλιέργεια χωρίς στερεό υπόστρωμα.....21
1.5.3.1 Καλλιέργεια σε ρέον θρεπτικό διάλυμα 21
1.5.3.2 Καλλιέργεια σε ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα.....23
1.6 Συστήματα κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος 24
1.6.1 Κλειστά υδροπονικά συστήματα.....24
1.6.2 Ανοικτά υδροπονικά συστήματα.....25
Κεφάλαιο 2ο.....27
Η υδροπονική καλλιέργεια της αγγουριάς.....27
2.1 Ταξινόμηση και βοτανικά χαρακτηριστικά 27
2.2 Καλλιεργητικές τεχνικές.....28
2.2.1 Σπορά και φύτευση 28
2.2.2 Εδαφοκλιματολογικές συνθήκες 28

2.2.3 Υποστύλωση και κλάδεμα 29
2.2.4 Εχθροί και ασθένειες της αγγουριάς 29
2.3 Θρεπτικό διάλυμα στην υδροπονική καλλιέργεια της αγγουριάς.....30
2.4 Έλεγχος του αλευρώδη σε υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών 34
2.4.1 Βιολογία.....34
2.4.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά 35
2.4.3 Προβλήματα στην καλλιέργεια.....36
2.4.4 Έλεγχος του Αλευρώδη 37
Κεφάλαιο 3ο.....39
Φυτοφάρμακα-Νεονικοτινοειδή-thiamethoxam 39
3.1 Φυτοφάρμακα και εφαρμογή σε υδροπονική καλλιέργεια 39
3.1.1 Τα φυτοφάρμακα και η πορεία τους στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα 41
3.1.2 Τοξικότητα των φυτοφαρμάκων 42
3.2 Τα νεονικοτινοειδή φυτοφάρμακα 42
3.3 Ιδιότητες Thiamethoxam 45
3.3.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του Thiamethoxam 45
3.3.2 Φάσμα δράσης του Thiamethoxam 47
3.3.3 Ανώτατα όρια καταλοίπων του thiamethoxam.....49
Κεφάλαιο 4ο.....53
Πειραματικά υποστρώματα.....53
4.1 Διογκωμένος περλίτης 53
4.2 Ζεόλιθος.....55
4.2.1 Ο Ελληνικός ζεόλιθος 58
4.2.1.1 Ορυκτολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου 59
4.2.1.2 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό αστικών λυμάτων 59
4.2.1.3 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βαφείου 60
4.2.1.4 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βυρσοδεψείου 61
4.2.1.5 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στα υδατικά συστήματα 61
4.2.1.6 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στις γεωργικές καλλιέργειες.....62
4.2.1.7 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών 63

Κεφάλαιο 5ο.....65
Πειραματικός σχεδιασμός - Υλικά και μέθοδοι.....65
5.1 Το θερμοκήπιο υδροπονίας.....65
5.2 Το υδροπονικό σύστημα του θερμοκηπίου και η λειτουργία του.....66
5.3 Θρέψη φυτών.....67
5.4 Καλλιέργεια αγγουριάς.....68
5.5 Υποστύλωση - κλάδεμα αγγουριάς.....69
5.6 Μεταχειρίσεις - αναλογίες υποστρωμάτων.....69
5.7 Πειραματική προσέγγιση.....71
5.7.1 Χρονική περίοδος του πειράματος.....71
5.7.2 Εφαρμογή thiamethoxam.....72
5.7.3 Συχνότητες δειγματοληψιών διαλύματος απορροής.....73
5.7.4 Μετρήσεις πληθυσμού του Αλευρώδη.....74
5.8 Αναλυτική προσέγγιση - Υλικά κα μέθοδοι.....75
5.8.1 Αντιδραστήρια - Υλικά - Διαλύτες - Εξοπλισμός.....75
5.8.2 Συνθήκες λειτουργίας του χρωματογράφου - χρόνοι κατακράτησης...76
5.8.3 Μέθοδος υγρής-στερεής εκχύλισης.....77
5.8.4 Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων θρεπτικού διαλύματος και διαλύματος απορροής.....77
5.9 Στατιστική ανάλυση.....78
5.10 Προσδιορισμός των υπολειμμάτων της δραστικής ουσίας thiamethoxam78
Κεφάλαιο 6ο.....79
Αποτελέσματα - Συζήτηση.....79
6.1 Συμπεριφορά του thiamethoxam στο διάλυμα απορροής.....79
6.1.1 Συμπεριφορά του thiamethoxam μετά την 1η εφαρμογή του.....79
6.1.2 Συμπεριφορά του thiamethoxam μετά την 2η εφαρμογή του.....81
6.2 Διακύμανση του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη στην καλλιέργεια αγγουριού.....83
6.3 Επίδραση των μεταχειρίσεων στους βλαστούς αγγουριού.....86
6.4 Επίδραση των μεταχειρίσεων στις ρίζες αγγουριού.....87
6.5 Επίδραση των μεταχειρίσεων στην παραγωγή καρπών αγγουριού.....88
Κεφάλαιο 7ο.....90
Συμπεράσματα.....90
Ξένη Βιβλιογραφία.....91

Ελληνική Βιβλιογραφία.....95
Πηγές Internet.....96
Πηγές εικόνων Internet 97

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Ο αριθμός των δημοσιεύσεων που σχετίζονται με τα υδροπονικά συστήματα ανά χώρα από το 1965 έως το 2014. Γραφική απεικόνιση του αριθμού των δημοσιεύσεων που σχετίζονται με τα υδροπονικά συστήματα από το 1965 έως το 2014 (Seungjun and Jiyoung, 2015).....16
Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση της υδροπονικής καλλιεργητικής τεχνικής N.F.T. (πηγή: www.hydroponics.name).....22
Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση της υδροπονικής καλλιεργητικής τεχνικής N.G.S. (πηγή: www.biocultivos.net) 22
Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση συστήματος αεροπονίας (πηγή:www.howtogrowmarijuana.com) 24
Εικόνα 5: Σχηματική απεικόνιση κλειστού υδροπονικού συστήματος (πηγή:www.alagro.gr).....25
Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση ανοικτού υδροπονικού συστήματος (πηγή:www.alagro.gr).....26
Εικόνα 7: Φυτό αγγουριάς (πηγή:ask.extension.org) 27
Εικόνα 8: Αγγουριά (καρπός, άνθη, φύλλα, έλικες) (πηγή:www.healthbenefitstimes.com).....27
Εικόνα 9: Η μεταβολή της διαθεσιμότητας των απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων σε συνάρτηση με την τιμή του pH (πηγή: Truog, 1946→ επανασχεδιάστηκε για το PDA: Potash Development Association) 32
Εικόνα 10: Ο βιολογικός κύκλος ζωής του Αλευρώδη (πηγή: www.slideshare.net) 35
Εικόνα 11: Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων - ενήλικο (*Trialeurodes vaporariorum*) (πηγή: www.skalagreen.com).....35
Εικόνα 12: Διογκωμένος περλίτης (πηγή:nurserylive.com) 53
Εικόνα 13: Περλίτης Perloflor Hydro 53
Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του ζεόλιθου (πηγή: www.gordeszeolite.com) 56
Εικόνα 15: Ζεόλιθος της εταιρείας Zeoprofit Hellas 56
Εικόνα 16: Ζεόλιθος (πηγή: www.ebay.ie) 56
Εικόνα 17: Κεφαλή υδροπονικού συστήματος 66
Εικόνα 18: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου.....66
Εικόνα 19: Σπορείο με φυτά αγγουριάς 22 ημερών (Φωτογραφία: Τομπουλίδης Παύλος) 68
Εικόνα 20: Σύστημα υποστύλωσης με κατακόρυφο σπάγκο (το κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύει τον σπάγκο).....69
Εικόνα 21: Σχηματική απεικόνιση μεταχειρίσεων 71

Εικόνα 22: Φυτοπροστατευτικό προϊόν (εντομοκτόνο) ACTARA 25 WG της εταιρείας Syngenta (πηγή: www.ebay.co.uk).....73
Εικόνα 23: Θέσεις μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη (οι αριθμοί 2, 4, 6, 8 σε κόκκινο κύκλο είναι οι θέσεις μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη).....75

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Παγκόσμια εξάπλωση των υδροπονικών καλλιεργειών κατά τα έτη 1980-2001 (πηγή: Hassall and Associates Pty Ltd, 2001).....17
Πίνακας 2: Θερμοκρασίες που εφαρμόζονται από την αρχή έως το τέλος της καλλιέργειας της αγγουριάς (Grower guide No 15, 1982).....29
Πίνακας 3: Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001).....30
Πίνακας 4: Οι κυριότεροι μύκητες που προσβάλλουν την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001).....30
Πίνακας 5: Ο κυριότερος ιός που προσβάλλει την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001).....30
Πίνακας 6: Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα υδροπονικών καλλιεργειών (Σάββας, 2016).....31
Πίνακας 7: Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία (πηγή: ΥΓΦΠΠ, 2014).....31
Πίνακας 8: Συνιστώμενες συνθέσεις διαλύματος τροφοδοσίας (Δ.Τ.) και διαλύματος ριζοστρώματος (Δ.Ρ.), καθώς και οι εκτιμώμενες συγκεντρώσεις απορρόφησης (Σ.Α.) για καλλιέργειες αγγουριάς σε ανοιχτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα (πηγή: Σάββας, 2012).....33
Πίνακας 9: Μετάδοση ιών του γένους Criniviruses μέσω διάφορων ειδών Αλευρώδη (Wintermantel, 2004).....37
Πίνακας 10: Παράγοντες που επηρεάζουν την υπολλειματικότητα ενός φαρμάκου 40
Πίνακας 11: Παραδείγματα κλωνοποιημένων υπομονάδων ακετυλοχολίνης.....44
Πίνακας 12: Παράδειγμα νεονικοτινοειδή φυτοφαρμάκου (imidacloprid) για τον κίνδυνο επίδρασης στον πληθυσμό των μελισσών (πηγή: EFSA, 2018).....44
Πίνακας 13: Φυσικές και χημικές ιδιότητες του thiamethoxam (πηγή: FAO, 2014) .45
Πίνακας 14: Το Φάσμα δράσης του Thiamethoxam (πηγή: ΥΠΑΑΤ, 2017) 47
Πίνακας 15: Ανώτατα όρια υπολειμμάτων του thiamethoxam για την ομάδα προϊόντων “Λαχανικά, νωπά ή κατεψυγμένα” (πηγή: Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2017).....50
Πίνακας 16: Τυπικές χημικές ιδιότητες του περλίτη (πηγή: Mueena and Shweta, 2016).....54
Πίνακας 17: Τυπικές φυσικές ιδιότητες του περλίτη (πηγή: Mueena and Shweta, 2016).....54
Πίνακας 18: Στοιχεία του φυσικού ζεόλιθου του κλινοπτιλολιτικού τύπου (πηγή: Rehakova *et. al*., 2004).....57

Πίνακας 19: Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο τύπου-HEU (ευλανδίτης-κλινοπτιλόλιθος) τοφικών σχηματισμών Έβρου (πηγή: Τσιραμπίδης και Φιλιππίδης, 2013) 59
Πίνακας 20: Ορυκτολογική σύνθεση του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου ΕΛΦΥΖΕ (Filippidis, 2010) 59
Πίνακας 21: Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012) 60
Πίνακας 22: Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βαφείου (ΑΥΑΒΑ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012) 60
Πίνακας 23: Ποιοτικά χαρακτηριστικά σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βυρσοδεψείου (ΑΥΑΒΥ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012) 61
Πίνακας 24: Ικανότητα απομάκρυνσης κυανοβακτηρίων με τη χρήση του ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).....62
Πίνακας 25: Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ), Διαυγές Νερό (ΔΝ) μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ και Νερό Έκπλυσης της Ζεολυματολάσπης (ΝΕΖ) (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012 62
Πίνακας 26: Αύξηση παραγωγής και βελτίωση ποιότητας των αγροτικών προϊόντων με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012 63
Πίνακας 27: Ποιοτικά χαρακτηριστικά τομάτας με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).....63
Πίνακας 28: ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012) 63
Πίνακας 29: Ο τύπος του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια του αγγουριού στο στάδιο της ανάπτυξης από 24/3/2015 έως 24/5/2015 67
Πίνακας 30: Ο τύπος του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια του αγγουριού στο στάδιο της καρποφορίας από 25/5/2015 έως 23/7/2015 68
Πίνακας 31: Οι μεταχειρίσεις της καλλιέργειας αγγουριάς, οι αναλογίες των υποστρωμάτων και οι αντίστοιχοι μάρτυρες 70
Πίνακας 32: Οι 3 μεταχειρίσεις του πειράματος και οι αντίστοιχοι μάρτυρες 70
Πίνακας 33: Χρονοδιάγραμμα εργασιών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.....71
Πίνακας 34: Εφαρμογές της δραστικής ουσίας thiamethoxam στην καλλιέργεια του αγγουριού 73
Πίνακας 35: Χρόνος - ημέρες δειγματοληψιών του διαλύματος απορροής 1ης και 2ης εφαρμογής για την ανίχνευση των υπολειμμάτων του thiamethoxam.....73
Πίνακας 36: Μετρήσεις πληθυσμού Αλευρώδη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος 74
Πίνακας 37: Πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης.....76

Πίνακας 38: Οι εξισώσεις και ο συντελεστής συσχέτισης R^2 όπως υπολογίστηκε μέσω του Microsoft Excel της μελετούμενης δραστικής ουσίας thiamethoxam σε εκχυλίσματα νερού απορροής.....78
Πίνακας 39: Συγκεντρώσεις του thiamethoxam (μ.ο.) mg/L ανά μεταχείριση μετά την 1η εφαρμογή της δραστικής ουσίας 79
Πίνακας 40: Συγκεντρώσεις του thiamethoxam (μ.ο.) mg/L ανά μεταχείριση μετά την 2η εφαρμογή της δραστικής ουσίας 82
Πίνακας 41: Χρονοδιάγραμμα μετρήσεων πληθυσμού του Αλευρώδη και των εφαρμογών της δραστικής ουσίας thiamethoxam.....84
Πίνακας 42: Μέσοι όροι του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη 84
Πίνακας 43: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των βλαστών 86
Πίνακας 44: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των ριζών 87
Πίνακας 45: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (Kg/μεταχείριση) των καρπών 88

Κατάλογος διαγραμμάτων

Γράφημα 1: Καμπύλη κινητικής του thiamethoxam στο διάλυμμα απορροής 80
Γράφημα 2: Καμπύλη κινητικής του thiamethoxam στο διάλυμμα απορροής 82
Γράφημα 3: Διακύμανση του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα, ανά φύλλο, ανά φυτό). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p=0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία. 85
Γράφημα 4: Επίδραση των μεταχειρίσεων στο μέσο νωπό βάρος των βλαστών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία. 86
Γράφημα 5: Επίδραση των μεταχειρίσεων στο μέσο νωπό βάρος των ριζών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία. 87
Γράφημα 6: Επίδραση των μεταχειρίσεων στη μέση παραγωγή καρπών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία. 88

Κεφάλαιο 1ο

Υδροπονία και υδροπονικά συστήματα

1.1 Ορισμός

Με τον όρο υδροπονία (Hydroponics) ή εκτός εδάφους καλλιέργεια εννοούμε οποιαδήποτε καλλιέργεια φυτών απουσία φυσικού εδάφους ή ειδικά μείγματα εδάφους. Συναντάται και ως τεχνητή καλλιέργεια ή ανέδαφος γεωργία στις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση οργανικών ή άλλων αδρανών υποστρωμάτων για τη μηχανική στήριξη των φυτών.

Η υδροπονία σαν όρος δεν είναι και ο μοναδικός καθώς μπορούμε να την απαντήσουμε και ως υδροκαλλιέργεια (water culture). Στην Ελληνική δεν υπάρχει διάκριση ανάμεσα στους δυο όρους και αποδίδονται ως υδροκαλλιέργεια. Σύμφωνα όμως με τη διεθνή βιβλιογραφία ο όρος “water culture” αναφέρεται σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, ο όρος “Hydroculture” σε καλλιέργειες ανθοκομικών φυτών που αναπτύσσονται σε φυτοδοχεία με αδρανές υλικό που τροφοδοτούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα με θρεπτικό διάλυμα (Καρράς, 2003).

Η υδροπονική καλλιέργεια κερδίζει συνεχώς έδαφος παγκοσμίως καθώς καταφέρνει να παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι της παραδοσιακής καλλιέργειας όπως την καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την ποιοτική αύξηση της παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Στα θετικά είναι και η εγκατάσταση καλλιέργειας σε περιοχές ανεξαρτήτου ποιότητας εδαφών παράγοντας σημαντικός για μία καλλιέργεια.

Φυσικά ένα τέτοιο σύστημα καλλιέργειας εξοικονομεί μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιούμενου νερού καθώς περιορίζει τις απώλειές του από την επιφάνεια και βοηθά στην σωστή και επαρκή άρδευση του φυτού. Η καλλιέργεια εκτός εδάφους σε αυτό περιορίζει τις ασθένειες που προέρχονται από αυτό με σημαντική μείωση στη χρήση απολυμαντικών σκευασμάτων και μεθόδων. Με τη μέθοδο της υδροπονίας και ειδικά κλειστού συστήματος που θα εξετάσουμε στα επόμενα κεφάλαια αποφεύγεται η ρύπανση του εδάφους και πιο ειδικά του υδροφόρου ορίζοντα. Για τους καλλιεργητές βέβαια ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η μείωση του κόστους καλλιέργειας καθώς περιορίζεται η χειρωνακτική εργασία, η κατεργασία εδάφους μηδενίζεται (δεν απαιτείται) και μειώνει και απλουστεύει τις σκληρές καλλιεργητικές φροντίδες της εκάστοτε καλλιέργειας.

Ωστόσο τα υδροπονικά συστήματα παρουσιάζουν και μειονεκτήματα όπου χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής καθώς σε ελεγχόμενο περιβάλλον τα περιθώρια λάθους στενεύουν π.χ. αν υπάρξει κάποια προσβολή στο ριζικό σύστημα (μη τήρηση κατάλληλων μέτρων) μπορεί να καταστρέψει ή να καταστήσει μη εμπορεύσιμη την καλλιέργεια και τα προϊόντα της. Απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις από τον καλλιεργητή για να φτάσει το μέγιστο στην εκμετάλλευση την καλλιέργειά του. Η υδροπονική καλλιέργεια απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση

των επιπτώσεων των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

1.2 Ιστορία

Μεσαιωνικές αντιλήψεις που έφτασαν έως τον 18^{ο} αιώνα ήθελαν τα φυτά να τρέφονται μόνο με νερό και το έδαφος να είναι το μέσο για την στήριξη τους. Η υδροπονία ξεκίνησε μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα να ερευνάται για την θρέψη των φυτών. Επιστημονικά οι βάσεις της υδροπονίας τέθηκαν από τους Γερμανούς φυσιολόγους Sachs και Knop κατά την περίοδο 1860 έως 1900 (Καρράς, 2003). Οι ερευνητές αυτοί ήταν οι πρώτοι οι οποίοι προσπάθησαν να προσδιορίσουν το είδος και την ποσότητα των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων που χρειάζονταν για την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών σε καλλιέργεια με παρασκευασμένα ανόργανα θρεπτικά διαλύματα με τα στοιχεία να κυμαίνονται σε πυκνότητα από 0,1%-0,6%. Ήταν το έναυσμα για να προσδιοριστούν τα πρώτα 10 απαραίτητα ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

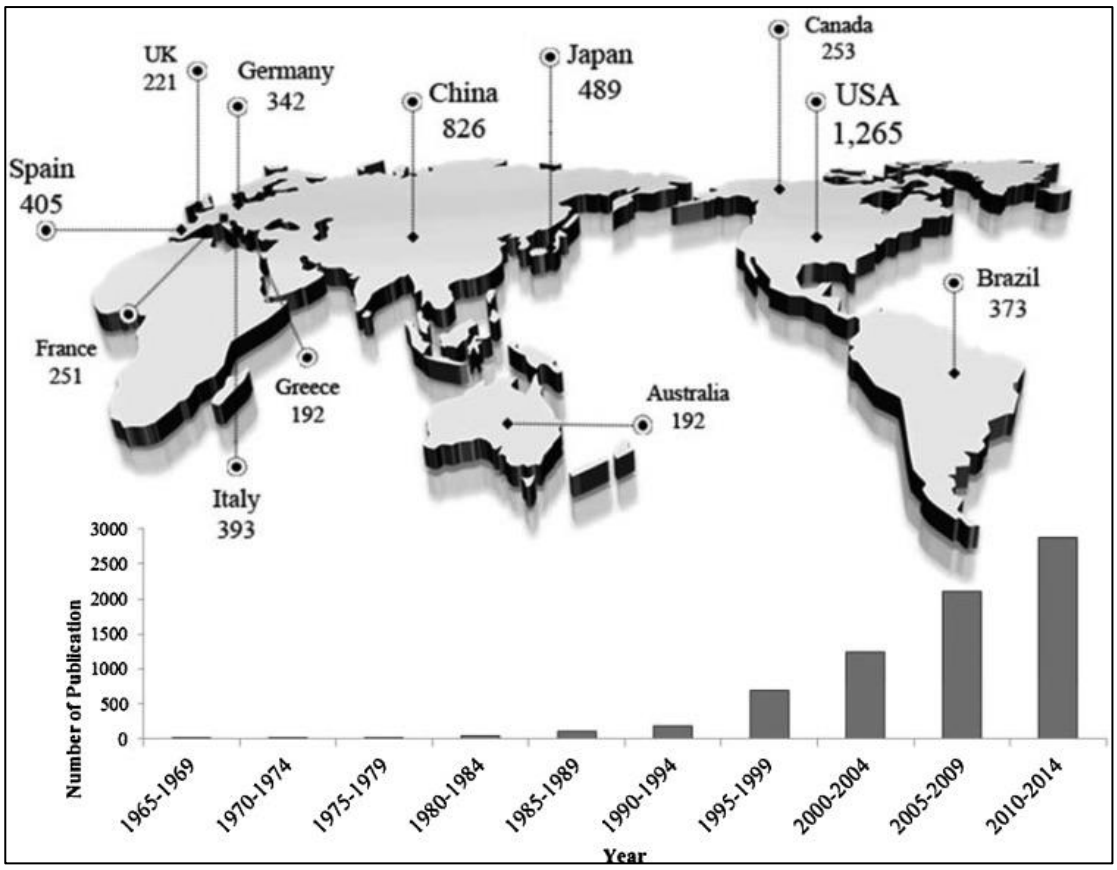
Στα χρόνια που ακολούθησαν ξεκίνησαν και οι έρευνες πάνω στο υπόστρωμα των καλλιεργειών για να προσδιοριστούν καλύτερα οι φυσικές ιδιότητές του. Βέβαια ο πειραματισμός μετά τους Sachs και Knop συνεχίστηκε και γύρω στο 1920 ο Hoagland απεφάνθει πώς οι συγκεντρώσεις στοιχείων από 0,48%-1,45% έδιναν πολύ καλά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών.

Με την έρευνα γύρω από τις υδροπονικές καλλιέργειες να προχωρά φτάνουμε στο σημείο όπου επιχειρήθηκε και η πρώτη καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα και συγκεκριμένα από τον Gericke (1929) χωρίς όμως ιδανικά αποτελέσματα καθώς υπήρχε πρόβλημα στον επαρκή αερισμό των ριζών. Άλλοι επιστήμονες συνέχισαν στα χνάρια του Gericke και προς τα τέλη της δεκαετίας του ‘30 επιχειρήθηκε εμπορική εκμετάλλευση από καλλιεργητές που όμως εγκαταλείφθηκε εξαιτίας του κόστους των χημικών στοιχείων που χρησιμοποιούσαν όπως και την πολυπλοκότητα της καλλιέργειας την εποχή εκείνη.

Μετά τον Β’ Παγκόσμιο πόλεμο στις Η.Π.Α. αλλά και κατά τη διάρκειά του για να καλυφθούν οι ανάγκες σε τρόφιμα η υδροπονία βρίσκει μερική εφαρμογή στην παραγωγή.

Στην Ευρώπη και ιδίως στη Βόρεια Ευρώπη και την Ολλανδία η υδροπονική καλλιέργεια ξεκίνησε να απασχολεί τους παραγωγούς ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1960. Η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού υψηλού επιπέδου στα θερμοκήπια των χωρών αυτών επέβαλε τη μεταπήδηση σε συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους, ώστε τα εδαφογενή παθογόνα και η γονιμότητα του εδάφους, καθώς και η καλή θρέψη των φυτών, να μην αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων (Σάββας, 2014).

Η υδροπονία τα τελευταία χρόνια έχει ανέβει σημαντικά σε παραγωγή έναντι των υπολοίπων τύπων καλλιέργειας και συνεχίζει να εξελίσσεται προδιαγράφοντας ένα καλύτερο μέλλον στον τομέα της γεωργίας. Αυτό έχει γίνει αντιληπτό και από τις εργασίες που έχουν δημοσιευθεί παγκοσμίως όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1 που ακολουθεί.



Εικόνα 1: Ο αριθμός των δημοσιεύσεων που σχετίζονται με τα υδροπονικά συστήματα ανά χώρα από το 1965 έως το 2014. Γραφική απεικόνιση του αριθμού των δημοσιεύσεων που σχετίζονται με τα υδροπονικά συστήματα από το 1965 έως το 2014 (Seungjun and Jiyoung, 2015)

1.3 Παγκόσμια εξάπλωση υδροπονικών καλλιεργειών

Η συνολική έκταση των καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε υδροπονικά συστήματα παγκοσμίως, εκτιμάται ότι το 2001 έφτασε περίπου τα 25.000 ha και αναφέρεται κυρίως σε συστήματα καλλιεργειών, όπως:

* σε υπόστρωμα πετροβάμβακα
* σε υπόστρωμα περλίτη
* σε υπόστρωμα χαλικιού
* σε υπόστρωμα άμμου
* σε ρέον θρεπτικό διάλυμα (τύπου NFT)
* σε ρέον θρεπτικό διάλυμα (τύπου DFT)
* σε επιπλέουσα υδροπονία (Floating)
* σε ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα (αεροπονία) κ.λπ.

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η παγκόσμια υδροπονική παραγωγή, τα χρησιμοποιούμενα υδροπονικά συστήματα και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις (ha) κατά τα έτη 1980-2001.

Πίνακας 1: Παγκόσμια εξάπλωση των υδροπονικών καλλιεργειών κατά τα έτη 1980-2001 (πηγή: Hassall and Associates Pty Ltd, 2001)

Χώρα	Έτος	Έκταση (ha)	Υδροπονικό σύστημα	Κύριες καλλιέργειες
Ολλανδία	1987	3.500	Πετροβάμβακας	Ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, μελιτζάνα, φασόλια, μαρούλι, δρεπτά άνθη
	2001	10.000	Πετροβάμβακας	Ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, μελιτζάνα, φράουλα, μαρούλι, ραπανάκι, τριαντάφυλλο, ζέρμπερα, χρυσάνθεμο, φρέζια, γαρύφαλλο
Ισπανία	1996	1.000		
	2001	4.000	Περλίτης, άμμος, πετροβάμβακας	Μαρούλι, αγγούρι, πιπεριά, ντομάτες
Καναδάς	1987	100	Πετροβάμβακας, πριονίδι, NFT	Ντομάτα, αγγούρι, μαρούλι
	2001	2.000	Πετροβάμβακας, περλίτης	Ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά
Γαλλία	1996	1.000	Πετροβάμβακας	Αγγούρι, πιπεριά, ντομάτα, μελιτζάνα, δρεπτά άνθη
Ιαπωνία	1984	293	Πετροβάμβακας, Floating, NFT	Ντομάτα, κρεμμύδι, μαρούλι, πεπόνι, αγγούρι
	1999	1.000	DFT, NFT, χαλίκι, πετροβάμβακας	Ντομάτα, μιτσούμπα (ιαπωνικός μαϊντανός), κρεμμύδι, φράουλα, μαρούλι, αγγούρι, τριαντάφυλλο, γαρύφαλο, χρυσάνθεμο
Ισραήλ	1996	650	Περλίτης, άμμος, αεροπονία	
Βέλγιο	1996	600	Πετροβάμβακας	
Γερμανία	1996	560	Πετροβάμβακας	
Νέα Ζηλανδία	1996	200		
	2001	550	NFT, ελαφρόπετρα, πριονίδι	Δρεπτά άνθη, φράουλα, ντομάτα, πιπεριά, αγγούρι, μαρούλι, πεπόνι, τσίλι, ασιατικά λαχανικά

Χώρα	Έτος	Έκταση (ha)	Υδροπονικό σύστημα	Κύριες καλλιέργειες
Αυστραλία	1996	500	NFT, πριονίδι, πετροβάμβακας, άμμος, περλίτης,	
Αγγλία	1988	392	Πετροβάμβακας	Ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά
	2001	460	NFT, πετροβάμβακας, περλίτης	Ντομάτα, αγγούρι, δρεπτά άνθη
Νότια Αφρική	1984	75	Διάφορα μέσα καλλιέργειας	Ντομάτα, αγγούρι, μαρούλι, άνθη
	1996	420	Πριονίδι, φλοιός	
Ιταλία	1990	50		Τριαντάφυλλο, ντομάτα, ζέρμπερα, φράουλα
	1999	400		
ΗΠΑ	1984	228	Περλίτης, χαλίκι, άμμος, NFT	Ντομάτα, αγγούρι, μαρούλι
	1999	400		
Φινλανδία	1996	370		
Κορέα	1987		NFT, πετροβάμβακας	Ντομάτα, αγγούρι, μαρούλι
	1996	274	Περλίτης, NFT, DFT, πετροβάμβακας, αεροπονία	
Μεξικό	1996	15		
	1999	120		Ντομάτα, αγγούρι
Κίνα	1987	5	Χαλίκι	Ντομάτα, αγγούρι, μαρούλι, πεπόνι, πιπεριά, pak choi (κινέζικο λάχανο), chive (σχοινόπρασο), λουλούδια
	1999	120		Ντομάτα, αγγούρι, πεπόνι, σέλινο, πιπεριά, μαρούλι, φράουλα
Ελλάδα	1996	33		
	1999	60	Πετροβάμβακας, περλίτης, NFT	Ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, μαρούλι
Βραζιλία	1999	50	NFT	Μαρούλι, ρόκα, νεροκάρδαμο
Ταιβάν	1996	35		
Σιγκαπούρη	1996	30		
Συνολική έκταση	Τέλη του 1980		5.000 έως 6.000 ha	
	2001		20.000 έως 25.000 ha	

1.4 Η υδροπονία στην Ελλάδα

Η όλο και αυξανόμενη παραγωγή προϊόντων παγκοσμίως από υδροπονικές καλλιέργειες δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστη και την Ελλάδα. Η ζήτηση αυτή σε παραγόμενα προϊόντα από υδροπονικές καλλιέργειες προϋποθέτει από πλευράς παραγωγών να εκσυγχρονίσουν τα υφιστάμενα συστήματα ή και να τα μετατρέψουν, ώστε να πληρούν τις κοινοτικές προδιαγραφές (καλλιεργούμενες εκτάσεις, επενδύσεις, προσωπικό, εξοπλισμός κ.λπ.). Από τις 923.000 αγροτικές εκμεταλλεύσεις που υπάρχουν σήμερα στην Ελλάδα οι 423.000 δεν πληρούν τους όρους των κοινοτικών προδιαγραφών (Κατσάνος, 2015). Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις υδροπονικές καλλιέργειες και από τους παραγωγούς αλλά και από εταιρείες, γεωπόνους και κρατικούς φορείς. Δυστυχώς δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία αλλά υπολογίζεται ότι η εκτός εδάφους καλλιέργεια κηπευτικών και δρεπτών ανθέων στα ελληνικά θερμοκήπια υπερβαίνει τα 1.500 στρέμματα σε ένα σύνολο θερμοκηπιακών καλλιεργειών που προσεγγίζει περίπου τα 55.000 στρέμματα (Σάββας, 2014).

1.5 Υδροπονικά συστήματα και μέθοδοι υδροπονικών καλλιεργειών

Τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται με βάση το υπόστρωμα της καλλιέργειας που καθορίζει την κατηγορία αυτής και ακολούθως την μέθοδο που εφαρμόζεται (Μαυρογιαννόπουλος, 2006). Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των φυτών μπορεί να είναι χημικώς αδρανή ανόργανης προέλευσης ή ενεργώς χημικά οργανικής προέλευσης. Τα ανόργανης προέλευσης υποστρώματα μπορεί να είναι φυσικά όπως η άμμος, η ελαφρόπετρα, ο βερμικουλίτης, ο ζεόλιθος, κ.λπ. ή διογκωμένα ορυκτά όπως ο περλίτης, η διογκωμένη άργιλος, ο πετροβάμβακας κ.λπ.

Τα οργανικής προέλευσης υποστρώματα διακρίνονται σε φυσικά οργανικά υποστρώματα με χρήση τύρφης, φλοιών δένδρου, ίνες από καρύδα κ.λπ. και στα διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά όπως είναι η πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη κ.λπ. Σημείωση, το οργανικό υπόστρωμα επειδή δεν είναι εντελώς αδρανές από ορισμένους ερευνητές απαντάται σαν ένα ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας χωρίς έδαφος.

Στα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας που δεν χρησιμοποιείται στερεό μέσο ανάπτυξης, το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται είτε σε κανάλια συνεχούς ροής (NFT) ή σε δεξαμενές (DFT) είτε στον αέρα (αεροπονία) και ψεκάζεται με θρεπτικό διάλυμα. Όλα τα παραπάνω συστήματα είναι απαραίτητα κλειστά γιατί απουσιάζει το μέσο στήριξης της ρίζας.

1.5.1 Καλλιέργεια σε ανόργανα αδρανή υποστρώματα

1.5.1.1 Καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά

Η καλλιέργεια αυτή περιλαμβάνει καλλιέργειά σε άμμο, σε σάκους ελαφρόπετρας, σε λεκάνες με χαλίκια ή κροκάλες,σε βερμικουλίτη και σε ζεόλιθο (σε ανάμιξη). Η άμμος είναι ανόργανο πορώδες υλικό, συνήθως με pH 7, αναλόγως εάν είναι χαλαζιακής ή

ασβεστολιθικής προέλευσης. Πριν τη χρήση της απαιτείται ξέπλυμα με άφθονο νερό για την απομάκρυνση των αλάτων και αποστείρωση για να είναι απαλλαγμένο το υπόστρωμα από παθογόνα. Έχει χαμηλό πορώδες, χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, χαμηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα και χρησιμοποιείται συνήθως σε κλειστά υδροπονικά συστήματα (Σάββας, 1998).

Η ελαφρόπετρα είναι πορώδες υλικό, με ουδέτερο pH και με χαμηλή αγωγιμότητα. Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα είναι αποτέλεσμα των διαφυγόντων αερίων κατά την απότομη ψύξη της λάβας. Το καταλληλότερο κοκκομετρικό κλάσμα ελαφρόπετρας για υδροπονικές καλλιέργειες είναι αυτό μεταξύ 0-4mm (Σάββας, 1998).

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υλικό. Η χημική του σύσταση ποικίλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Στην υδροπονία χρησιμοποιείται χαλίκι διάφορων κοκκομετριών και κυμαίνεται μεταξύ 5-20mm. Έχει μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού. Η καλλιέργεια σε χαλίκι συνίσταται μόνο σε κλειστό υδροπονικό σύστημα (Σάββας, 1998).

Ο βερμικουλίτης είναι υλικό με υψηλό ενεργό πορώδες, μεσαία ικανότητα συγκράτησης νερού και χαμηλή αεροπερατότητα. Χρησιμοποιείται κυρίως ως επικάλυψη σε σπορόφυτα.

Τέλος, ο ζεόλιθος είναι πορώδες αργιλοπυριτικό ορυκτό με μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και με επαρκή ικανότητα διάθεσης νερού. Χρησιμοποιείται συνήθως με κάποιο άλλο υπόστρωμα και όχι μόνος του. Περισσότερα και πιο αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.

1.5.1.2 Καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά

Η καλλιέργειά αυτή περιλαμβάνει χρήση περλίτη, διογκωμένης αργίλου και πετροβάμβακα.

Ο περλίτης και συγκεκριμένα ο διογκωμένος περλίτης που χρησιμοποιείται στην υδροπονία είναι κοκκώδες υλικό, με χαμηλή ανταλλακτική ικανότητα και μεσαία έως μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Χρησιμοποιείται συνήθως σε μείγματα σποράς (Σάββας, 2016). Περισσότερα και πιο αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4.

Η διογκωμένη άργιλος έχει pH περίπου 7, είναι αδρανές υλικό χωρίς ρυθμιστική και ανταλλακτική ικανότητα. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μείγματα για καλύτερο αερισμό και στράγγιση.

Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό με μεγάλη ικανότητα διάθεσης νερού. Χρησιμοποιείται συνήθως σε κύβους για παραγωγή σπορόφυτων και την ύστερη εγκατάστασή τους σε πλάκες στο θερμοκήπιο (Σάββας, 2016).

1.5.2 Καλλιέργεια σε οργανικό υπόστρωμα

1.5.2.1 Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά

Τα διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά διακρίνονται στην πολυστερίνη και στην πολυουρεθάνη.

Η πολυστερίνη γνωστή και ως φελιζόλ χρησιμοποιείται κυρίως ως βάση για την τοποθέτηση σάκων μείγματος για την καλλιέργειά ή απευθείας των φυτών.

Η πολυουρεθάνη και αυτή όπως και η πολυστερίνη χρησιμοποιείται ως βάση και κάποιες φορές αντικαθιστά και το έδαφος δηλαδή τοποθετείται το μείγμα επάνω σε πλάκες.

1.5.2.2 Καλλιέργεια σε φυσικά οργανικά υποστρώματα

Γίνεται χρήση οργανικών υποστρωμάτων τύρφης, ίνες καρύδας και φλοιός δένδρων.

Η τύρφη προέρχεται από ελώδης περιοχές και είναι το αποτέλεσμα αποδόμησης της υδροχαρούς βλάστησης που αναπτύσσεται σε αυτές.

Έχει τρείς τύπους: την ξανθιά, την σκούρα και την μαύρη. Η ξανθιά και η μαύρη επειδή έχουν χαμηλό pH χρειάζονται και μια μικρή ποσότητα δολομίτη για να ρυθμιστεί (Σάββας, 2016).

Χρησιμοποιείται στην παραγωγή σπορόφυτων αλλά και ως μείγμα με άλλα κοκκώδη υποστρώματα.

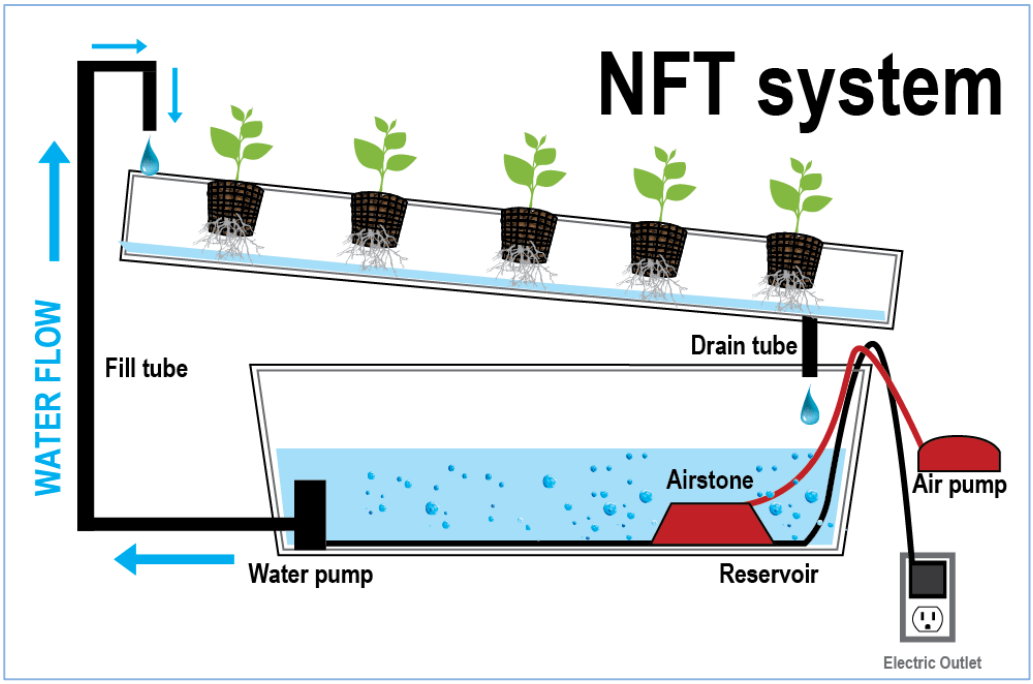
Οι ίνες καρύδας όπως και ο φλοιός των δένδρων έχουν παρόμοια χρήση, καθώς χρησιμοποιούνται με ανάμειξη με άλλα κοκκώδη υποστρώματα για τον καλύτερο αερισμό των ριζών και την σταδιακή ολοκλήρωση της αποδόμησής τους που ευνοεί το υπόστρωμα.

1.5.3 Καλλιέργεια χωρίς στερεό υπόστρωμα

1.5.3.1 Καλλιέργεια σε ρέον θρεπτικό διάλυμα

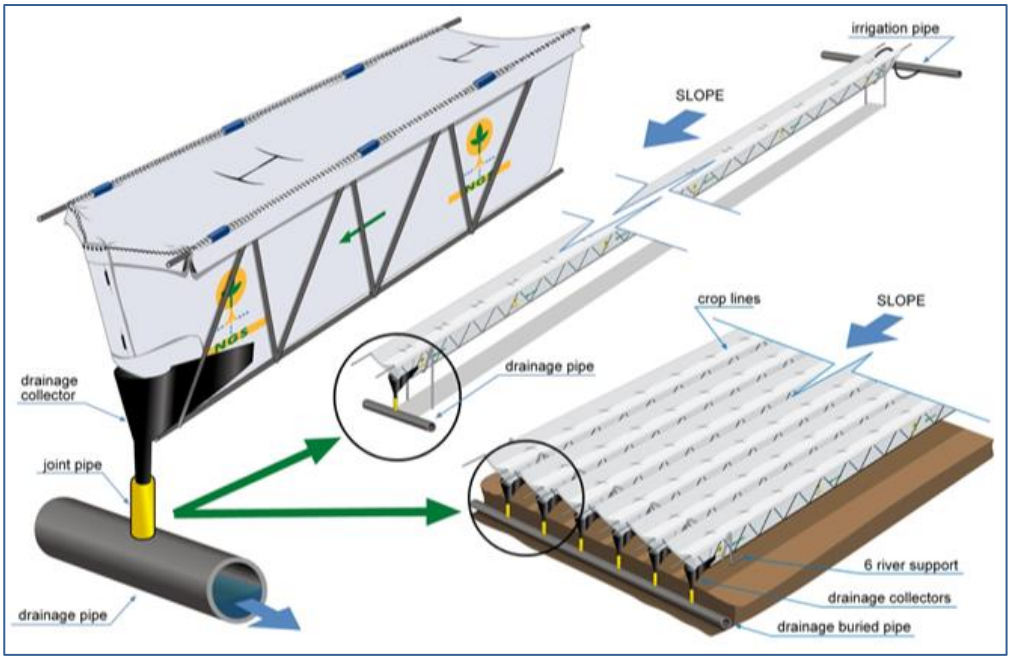
Διακρίνεται στις τεχνικές N.F.T. (Nutrient Film Technique, καλλιέργεια σε λεπτό στρώμα θρεπτικού διαλύματος) και N.G.S. (New Growing System, νέο σύστημα καλλιέργειας).

Η N.F.T. είναι μια τεχνική υδροπονικής καλλιέργειας κατά την οποία μία μικρή ποσότητα θρεπτικού διαλύματος ρέει κατά μήκος ενός ειδικά διαμορφωμένου καναλιού (σωλήνα) μέσα στο οποίο βρίσκονται οι ρίζες του φυτού. Σε ένα ιδανικό σύστημα το ύψος του ανακυκλούμενου διαλύματος στο εσωτερικό του σωλήνα πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανάπτυξη μιας δυνατής ρίζας στο κάτω μέρος του καναλιού, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας βρίσκεται στον αέρα εξασφαλίζοντας επαρκή αερισμό. Σημαντικό είναι ότι στην κατασκευή θα πρέπει να υπάρχει μια μικρή κλίση ώστε το απορρέον θρεπτικό που εισέρχεται από την μία άκρη και λίγο πιο υψωμένη θέση να καταλήγει στην απορροή χωρίς να δημιουργούνται στάσιμα σημεία και να καταλήγει με τη σειρά του στη δεξαμενή (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση της υδροπονικής καλλιεργητικής τεχνικής N.F.T. (πηγή: www.hydroponics.name)

Στη μέθοδο N.G.S. η καλλιέργειά γίνεται σε πολλαπλά κανάλια με περίπου τρία διαφορετικά επίπεδα. Τα κανάλια είναι μακριά με χαρακτηριστικό το άσπρο εξωτερικό χρώμα και το μαύρο εσωτερικό. Όλα συνδέονται μεταξύ τους και έχουν ελαφριά κλίση 1,5%. Το θρεπτικό διάλυμα εισέρχεται από το ανώτερο επίπεδο και καταλήγει σταδιακά στο κατώτερο και στη συνέχεια στη δεξαμενή. Η ρίζα αναπτύσσεται σε όλα τα επίπεδα με αποτέλεσμα καλύτερη οξυγόνωση και ανάπτυξη (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση της υδροπονικής καλλιεργητικής τεχνικής N.G.S. (πηγή: www.biocultivos.net)

1.5.3.2 Καλλιέργεια σε ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα

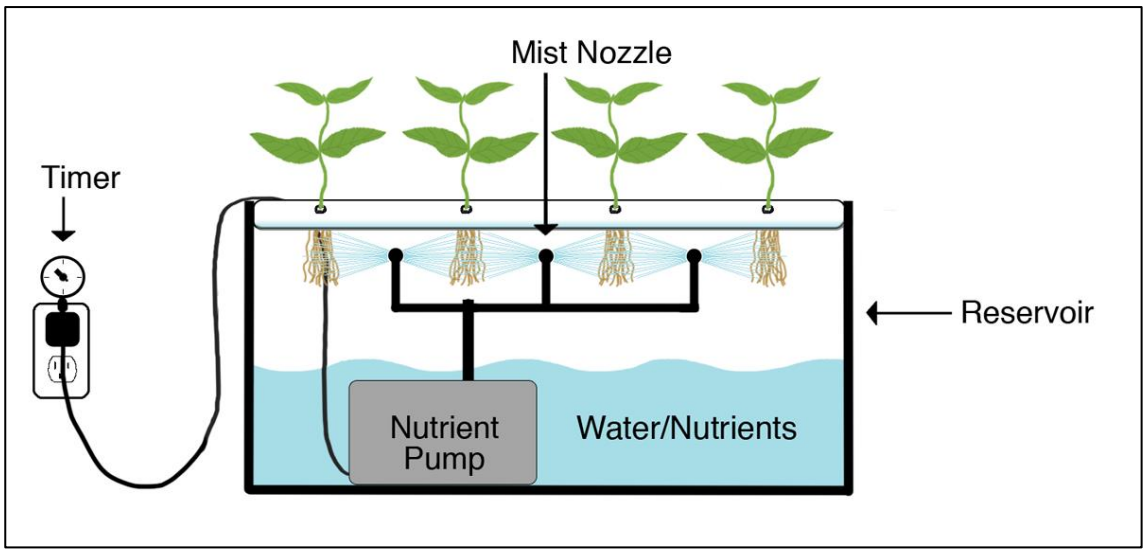
Η καλλιέργεια αυτή ονομάζεται αεροπονία. Σε αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας τα φυτοδοχεία που χρησιμοποιούνται είναι είτε κενά κιβώτια ή επιμήκεις σωλήνες ή και ακόμα μικρά πλαστικά γλαστρίδια με διάτρητο πυθμένα. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο ριζικό σύστημα το οποίο αιωρείται μέσα στα φυτοδοχεία, διατηρώντας συνεχώς υγρή τη ρίζα και παρέχοντας στα φυτά τις απαιτούμενες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων (Εικόνα 4). Τα φυτοδοχεία που χρησιμοποιούνται για να αναπτυχθούν οι γυμνές ρίζες των φυτών, είναι τελείως κλειστά από πάνω αλλά υπάρχει η δυνατότητα να ανοίγουν όταν χρειάζεται. Για την επιτυχία μιας αεροπονικής καλλιέργειας, κρίσιμος παράγοντας είναι το μέγεθος της ψεκαζόμενης σταγόνας, όπου θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40-50μm (0,04-0,05mm). Η εφαρμογή της κατάλληλης πίεσης και η χρήση των κατάλληλων ακροφυσίων μπορούν να δώσουν το επιθυμητό μέγεθος της σταγόνας που είναι απαραίτητο στην αεροπονική καλλιέργεια (Σάββας, 2012)

Τα πλεονεκτήματα της αεροπονίας είναι (Σάββας, 2012):

* Ο πολύ καλός αερισμός του ριζικού συστήματος σε συνδυασμό με την ικανοποιητική διαθεσιμότητα θρεπτικού διαλύματος στο ριζόστρωμα.
* Η απαλλαγή από το κόστος της αγοράς υποστρώματος ή της προετοιμασίας του εδάφους.
* Η δυνατότητα απομόνωσης του ριζικού συστήματος από το εξωτερικό περιβάλλον με συνέπεια την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας προσβολής του από παθογόνους μικροοργανισμούς.
* Η ευκολία ρύθμισης της θερμοκρασίας στο ριζόστρωμα μέσω ρύθμισης τη θερμοκρασίας του χορηγούμενου θρεπτικού διαλύματος.

Τα μειονεκτήματα της αεροπονίας είναι (Σάββας, 2012):

* Συχνές αναλύσεις και εκτεταμένες αναπροσαρμογές στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος μετά από κάθε ανάλυση (συσσώρευση ιόντων Na και Cl).
* Κίνδυνος καταστροφής της καλλιέργειας σε περίπτωση που είτε η αντλία, είτε η κεφαλή υδρολίπανσης, είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη λόγω διακοπής ψεκασμού των ριζών με θρεπτικό διάλυμα για μεγάλο χρονικό διάστημα.
* Κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Γι’ αυτό το λόγο, κρίνεται σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκατάστασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος.



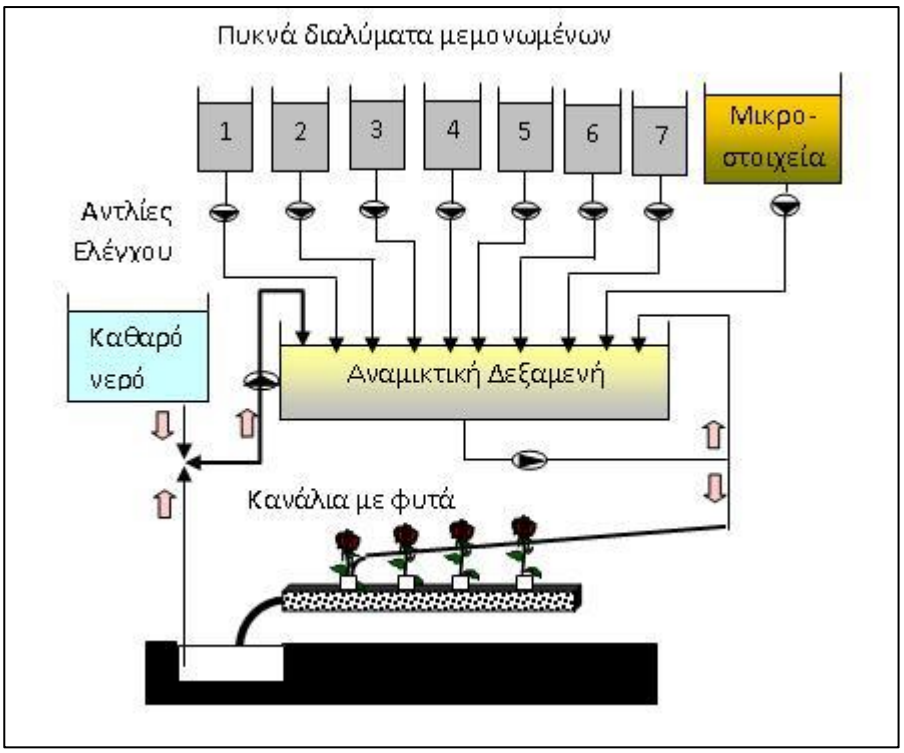
Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση συστήματος αεροπονίας (πηγή:www.howtogrowmarijuana.com)

1.6 Συστήματα κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος

Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε κλειστά και ανοιχτά. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα εισάγεται στα κανάλια με την καλλιέργεια και αυτό που απορρέει συλλέγεται, διορθώνεται και επαναχρησιμοποιείται ενώ στα ανοιχτά η απορροή του θρεπτικού διαλύματος απορρίπτεται στο περιβάλλον (Σάββας, 2012).

1.6.1 Κλειστά υδροπονικά συστήματα

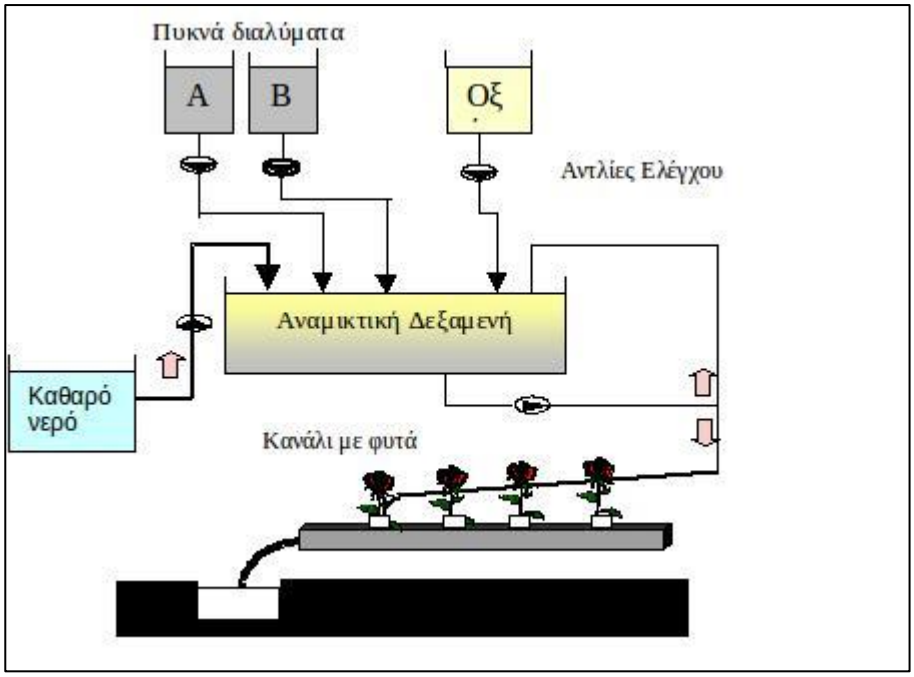
Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα διοχετεύεται στα φυτά και εκείνο που περισσεύει συλλέγεται σε δεξαμενή και επαναχρησιμοποιείται αφού προηγουμένως ελεγχθεί το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα και εμπλουτιστεί σε θρεπτικά στοιχεία (Εικόνα 5). Στα πλεονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων πρέπει να αναφερθούν, η εξοικονόμηση νερού και η κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων λιπάσματος, μικρότερο δηλαδή κόστος καλλιέργειας αλλά και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Απαιτεί όμως υψηλό κόστος επένδυσης για την προμήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Η αύξηση της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί σε κλειστό υδροπονικό σύστημα και να οδηγήσει σε ωσμωτικά φαινόμενα στο περιβάλλον των ριζών και τοξικότητα σε ορισμένα στοιχεία γεγονός που οδηγεί σε υποβάθμιση της ανάπτυξης των φυτών. Ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων που προσβάλουν το ριζικό σύστημα των φυτών είναι μεγαλύτερος στα κλειστά υδροπονικά συστήματα. Το μειονέκτημα όμως αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την εφαρμογή κατάλληλου συστήματος απολύμανσης πριν την επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 5: Σχηματική απεικόνιση κλειστού υδροπονικού συστήματος (πηγή:www.alagro.gr)

1.6.2 Ανοικτά υδροπονικά συστήματα

Στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα μετά την εφαρμογή του στα φυτά απορρίπτεται και καταλήγει στο περιβάλλον (Εικόνα 6). Με το σύστημα αυτό παρατηρείται απώλεια σε λιπάσματα καθώς το θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείτε. Επίσης η απορρόφηση του νερού είναι μεγαλύτερη από την απορρόφηση των ιόντων στις ρίζες το οποίο διορθώνεται με μία εξίσωση αυτών των δυο μέσω της συχνότητας άρδευσης (μείωση της συχνότητας άρδευσης-μεγαλύτερη προσρόφηση ιόντων). Γενικά είναι ευκολότερο σαν σύστημα από το κλειστό ως προς τη διαχείριση αλλά λιγότερο οικονομικό ως προς το νερό και τις θρεπτικές ουσίες που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση ανοικτού υδροπονικού συστήματος (πηγή:www.alagro.gr)

Κεφάλαιο 2ο

Η υδροπονική καλλιέργεια της αγγουριάς

Η καλλιέργεια της αγγουριάς στο θερμοκήπιο είναι ευρύτατα διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο. Μετά την ντομάτα, το αγγούρι είναι το δεύτερο σε σπουδαιότητα καλλιεργούμενο λαχανικό τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Η έκταση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών αγγουριού στην Ελλάδα κυμαίνεται στα 10.000 στρέμματα περίπου και αντιστοιχεί περίπου στο 20% της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνουν τα θερμοκήπια στη χώρα μας (Σάββας, 2009).

2.1 Ταξινόμηση και βοτανικά χαρακτηριστικά

Η αγγουριά (*Cucumis sativus* L.) ανήκει στην οικογένεια Cucurbitaceae των κολοκυνθοειδών. Διαφέρει όμως από τα άλλα είδη κολοκυνθοειδών γιατί είναι το μόνο είδος του γένους *Cucumis* με 2n=2x=14 χρωμοσώματα, ενώ άλλα είδη του γένους *Cucumis* έχουν x=12 χρωμοσώματα. Η αγγουριά έχει μελετηθεί γενετικά περισσότερο από κάθε άλλο κολοκυνθοειδές (Ολύμπιος, 2001).

Το φυτό της αγγουριάς είναι ετήσιο, έρπων, με ποώδης βλαστούς που αναπτύσσονται συνεχώς μέχρι και τα 4 μέτρα μήκος (Εικόνα 7). Οι βλαστοί του φέρουν τρίχες και παράγουν έλικες που επιτρέπουν στο φυτό να αναρριχηθεί. Τα φύλλα της αγγουριάς είναι μεγάλα, τρίλοβα ή πεντάλοβα, γωνιώδη με τρίχες, με μακρύ μίσχο και από τις μασχάλες τους αναπτύσσονται νέοι βλαστοί. Η ρίζα της είναι κοντή με πλευρική ανάπτυξη Ο καρπός που προκύπτει είναι κυλινδρικού σχήματος, μακρύς ή κοντός, λείος ή με μικρές άκανθες, γωνιώδης ή κυκλικός και χρώματος πράσινου ή λευκοπράσινου (Εικόνα 8) (Ολύμπιος, 2001).

Εικόνα 7: Φυτό αγγουριάς (πηγή:ask.extension.org)

Εικόνα 8: Αγγουριά (καρπός, άνθη, φύλλα, έλικες) (πηγή:www.healthbenefitstimes.com)

Με τα σημερινά δεδομένα χρησιμοποιούνται δύο ειδών ποικιλίες-υβρίδια αγγουριάς. Στην πρώτη είναι θηλυκές δεν παράγουν αρσενικά άνθη και αναπτύσσουν καρπούς παρθενοκαρπικά χωρίς γονιμοποίηση συνήθως οι περισσότερες από αυτές τις ποικιλίες καλλιεργούνται σήμερα στα θερμοκήπια. Στη δεύτερη ομάδα είναι οι ποικιλίες ανάμεικτης άνθησης όπου έχουμε αρσενικά και θηλυκά άνθη μαζί στο ίδιο φυτό. Το φυτό δηλαδή είναι δίκλινο, μόνοικο και σταυρογονιμοποιούμενο με την επικονίαση να γίνεται με τα έντομα και κυρίως με τις μέλισσες (Ολύμπιος, 2001).

2.2 Καλλιεργητικές τεχνικές

Οι καλλιεργητικές τεχνικές διαφέρουν ανάλογα τη μέθοδο καλλιέργειας που χρησιμοποιείται στο θερμοκήπιο.

2.2.1 Σπορά και φύτευση

Όλα ξεκινούν με τη σπορά της ποικιλίας αγγουριού που έχει επιλεχθεί. Στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια επιλέγονται ποικιλίες κατάλληλες τις οποίες μπορούν να σπαρθούν από τον Ιανουάριο (Ciufolini, 1980).

Η σπορά γίνεται είτε σε δίσκους σποράς (από πλαστικό ή φελιζόλ) όπου έχει τοποθετηθεί τύρφη, η οποία έχει προηγουμένως ποτιστεί πάρα πολύ καλά, είτε σε κιβώτια με τύρφη τα οποία είναι και αυτά καλά ποτισμένα όπως και σε ατομικά γλαστράκια. Οι συνθήκες που επικρατούν σε ένα θερμοκήπιο μπορούν να δώσουν ικανοποιητική βλάστηση των σπόρων όμως για καλύτερα αποτελέσματα συνιστάται η χρήση ή δημιουργία ειδικού χώρου ώστε να υπάρχουν άριστες συνθήκες και πιο γρήγορη βλάστηση νεαρών φυταρίων έτοιμα προς εγκατάσταση στη νέα καλλιέργεια. Ένας ειδικά διαμορφωμένος χώρος πρέπει να παρέχει σταθερή θερμοκρασία νύχτα και μέρα, να αερίζεται τακτά και να παρέχει με ειδικό φωτισμό στα φυτά το φως που χρειάζονται συγκεκριμένα τις ημέρες με μειωμένο φυσικό φως.

Στη συνέχεια και μετά τη σπορά έχουμε το στάδιο κατά το οποίο οι σπόροι βλαστάνουν και μας δίνουν δυο κοτυληδονόφυλλα όπου θα παραμείνουν στα σποριοδοχεία τους μέχρι να αναπτυχθούν τα πρώτα πραγματικά φύλλα. Όταν φτάσουν περίπου τα 10-15εκ. τότε μπαίνουμε στο στάδιο της μεταφύτευσης. Η μεταφύτευση μπορεί να γίνει σε διαφορετικά υποστρώματα ανάλογα την μέθοδο της καλλιέργειας δηλαδή, είτε σε αμμώδες έδαφος, είτε σε υγρό ρέον διάλυμα μέσα σε κανάλια, είτε σε σάκους πετροβάμβακα, είτε σε γλάστρες με συγκεκριμένο υπόστρωμα ή μίγμα υποστρωμάτων κ.λπ.

2.2.2 Εδαφοκλιματολογικές συνθήκες

Η αγγουριά απαιτεί έδαφος καλά αεριζόμενο, πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, να στραγγίζει ικανοποιητικά αλλά και να συγκρατεί υγρασία και το pH να κυμαίνεται μεταξύ 6-7. Στις υδροπονικές καλλιέργειες γίνεται στοχευμένη χρήση λιπασμάτων για την αποτελεσματικότερη λίπανση της καλλιέργειας (εκτενέστερη αναφορά στο υποκεφάλαιο 2.3).

Το φυτό της αγγουριάς το συναντάμε τους θερμούς μήνες οπότε έχει ανάγκη από υψηλές θερμοκρασίες 18-30°C για να αναπτυχθεί και να δώσει υψηλές αποδόσεις

(Olympios and Hanan, 1992). Χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ζημίες στην καλλιέργεια όπως και στην ανάπτυξη των φυτών και στην παραγωγή.

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί δίδονται οι κατάλληλες θερμοκρασίες για τη καλλιέργεια της αγγουριάς.

Πίνακας 2: Θερμοκρασίες που εφαρμόζονται από την αρχή έως το τέλος της καλλιέργειας της αγγουριάς (Grower guide No 15, 1982)

Φάση Ανάπτυξης	Θερμοκρασία (ºC)		
	Νύκτας	Ημέρας	Εξαερισμού
Βλάστηση	27	27	-
Ανάπτυξη στο σπορείο	19	21	27
Μεταφύτευση (ανάλογα την εποχή)	19	21	27
Ως το τέλος της καλλιέργειας	16	19	24

Η υγρασία του αέρα, για καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή, συνιστάται από 70%-80% ή και ελάχιστα παραπάνω (Bakker, *et al*., 1987).

2.2.3 Υποστύλωση και κλάδεμα

Για την υποστύλωση στην καλλιέργεια αγγουριάς υπάρχουν διάφορα συστήματα όπως το σύστημα “ομπρέλα”, κεκλιμένα συστήματα, σύστημα V, με κατακόρυφο σπάγκο κ.λπ. Για την αποφυγή των φυτών της αγγουριάς να έρπουν στο έδαφος αναπτύσσονται κατακόρυφα με υποστύλωση. Υποστυλώνονται σε όρθια θέση και ο κεντρικός βλαστός αφήνεται να αναπτυχθεί μέχρι το ύψος του οριζόντιου σύρματος, το οποίο βρίσκεται 1,80-2m πάνω από το έδαφος. Τα φυτά αναπτύσσονται γύρω από πλαστικό σπάγκο, ο οποίος με το ένα άκρο δένεται στη βάση των φυτών με σταθερότητα και με το άλλο άκρο δένεται στο οριζόντιο σύρμα.

Το κλάδεμα της αγγουριάς εξαρτάται από τον αριθμό των καρπών επάνω στους βλαστούς και από τη ζωηρότητα του φυτού. Οι μη καρποφόροι βλαστοί θα πρέπει να αφαιρούνται διευκολύνοντας τον αερισμό και τον φωτισμό του φυτού, όπως επίσης θα πρέπει να πραγματοποιείται και αραίωση καρπών καθώς η υπερβολική καρποφορία μπορεί να μειώσει το μέγεθος των καρπών, υποβαθμίζοντας την ποιότητά τους και επίσης μπορεί να δράσει ανασταλτικά κατά την βλαστική ανάπτυξη του φυτού.

2.2.4 Εχθροί και ασθένειες της αγγουριάς

Οι συνθήκες μέσα στο θερμοκήπιο βοηθούν στην ανάπτυξη εχθρών και ασθενειών της αγγουριάς.

Στους Πίνακες 3, 4, 5 που ακολουθούν, αναφέρονται ονομαστικά οι κυριότεροι εχθροί και οι ασθένειες της αγγουριάς (Ολύμπιος, 2001). Ο αλευρώδης που αποτελεί και αντικείμενο του πειράματος θα παρουσιαστεί εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 2-υποκεφάλαιο 2.4.

Πίνακας 3: Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001)

Ελληνική ονομασία	Επιστημονική ονομασία
Η κόκκινη αράχνη	*Tetranychus urticae*
Ο αλευρώδης	*Trialeurodes vaporarium*
Αφίδες	*Aphis gossypii*
Θρίπες	*Thrips tabaci*
Νηματώδεις	*Meloidogyne spp.*

Πίνακας 4: Οι κυριότεροι μύκητες που προσβάλλουν την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001)

Ελληνική ονομασία	Επιστημονική ονομασία
Κατά τον πολλαπλασιασμό	
Πύθιο	*Pythium spp.*
Φυτόφθορα	*Phytophthora spp.*
Ριζοκτόνια	*Rhizoctonia solani*
Κατά την ανάπτυξη και καρποφορία	
Σκληρωτινίαση	*Sclerotinia sclerotiorum*
Βοτρύτης	*Botrytis cinerea*
Ωίδιο	*Sphaerotheca fuliginea*
Κλαδοσπορίωση	*Cladosporium cucumerinum*
Φουζαρίωση	*Fusarium oxysporum*
Περονόσπορος	*Pseudoperonospora cubensis*
Ανθράκωση	*Colletotrichum spp.*
Καπνιά	

Πίνακας 5: Ο κυριότερος ιός που προσβάλλει την αγγουριά (πηγή: Ολύμπιος, 2001)

Ελληνική ονομασία	Επιστημονική ονομασία
ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς	Cucumber mosaic virus, CMV

2.3 Θρεπτικό διάλυμα στην υδροπονική καλλιέργεια της αγγουριάς

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, ανεξάρτητα της μεθόδου που χρησιμοποιείται, η λίπανση γίνεται μέσω θρεπτικών διαλυμάτων τα οποία παρασκευάζονται σε κατάλληλο εξοπλισμό στο θερμοκήπιο όπου γίνεται η αραίωση και ο διαχωρισμός σε πυκνά και αραιά θρεπτικά διαλύματα. Το θρεπτικό διάλυμα διαφέρει ανάλογα την καλλιέργεια αλλά και το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται σε αυτήν για το όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα στην ανάπτυξη και την παραγωγή.

Ένα θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει αρχικά να περιέχει τα απαραίτητα χημικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών. Τα μακροστοιχεία και τα ιχνοστοιχεία που κρίνονται απαραίτητα είναι τα N, P, K, Ca, Mg, S και τα Cu, Mn, Fe, B, Zn Mo, αντίστοιχα.

Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και η χημική μορφή με την οποία απαντώνται στα θρεπτικά διαλύματα και απορροφούνται από τη ρίζα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα υδροπονικών καλλιεργειών (Σάββας, 2016)

Μακροστοιχεία	Χημική μορφή	Ιχνοστοιχεία	Χημική μορφή
Άζωτο (N)	NO_3^-, NH_4^+	Χαλκός (Cu)	Cu^{2+}
Φώσφορος (P)	$H_2PO_4^-$	Μαγγάνιο (Mn	Mn^{2+}
Κάλιο (K)	K^+	Σίδηρος (Fe)	Fe^{2+}
Ασβέστιο (Ca)	Ca^{2+}	Βόριο (B)	H_3BO_3
Μαγνήσιο (Mg)	Mg^{2+}	Ψευδάργυρος (Zn)	Zn^{2+}
Θείο (S)	SO_4^{2-}	Μολυβδαίνιο (Mo)	MoO_4^{2-}

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία είναι απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα, ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος προστίθεται σε μορφή χηλικών ενώσεων για την αποφυγή ιζημάτων. Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία (ΥΓΦΠΠ, 2014).

Πίνακας 7: Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία (πηγή: ΥΓΦΠΠ, 2014)

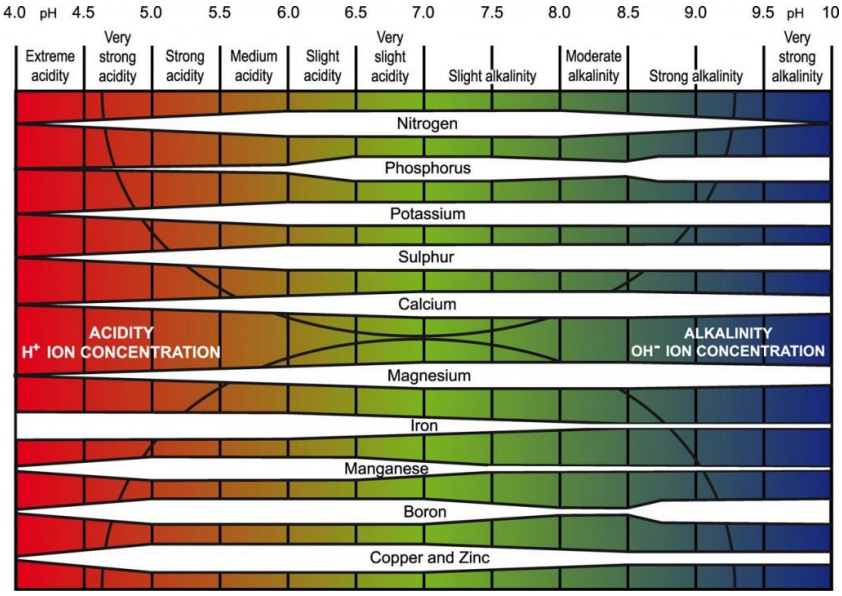
Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό Βάρος
Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N:35	80,0
Νιτρικό ασβέστιο	$5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O]NH_4NO_3$	N:15,5, Ca:19	1080,5
Νιτρικό κάλιο	KNO_3	N:13, K:38	101,1
Νιτρικό μαγνήσιο	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	N:11, Mg:9	256,3
Νιτρικό οξύ	HNO_3	N:22	63,0
Φωσφορικό μονοαμμώνιο	$NH_4H_2PO_4$	N: 12, P:27	115,0
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P:23, K:28	136,1
Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	P:32	98,0
Θειικό κάλιο	K_2SO_4	K:45, S:18	174,3
Θειικό μαγνήσιο	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Mg:9,7, S:13	246,3
Χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe:6-13	-
Θειικό μαγγάνιο	$MnSO_4 \cdot H_2O$	Mn:32	169,0
Θειικός ψευδάργυρος	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	Zn:23	287,5
Θειικός χαλκός	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Cu:25	249,7
Βόρακας	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	B:11	381,2
Βορικό οξύ	H_3BO_3	B:17,5	61,8
Οκταβορικό νάτριο	$Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$	B:20,5	412,4
Μολυβδαινικό αμμώνιο	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	Mo:54	1163,3
Μολυβδαινικό νάτριο	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	Mo:40	241,9

Στα θρεπτικά διαλύματα, εκτός από τα διάφορα λιπάσματα και τις μεταξύ τους αναλογίες, σημαντικό επίσης είναι το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC=Electrical Conductivity). Τα δύο αυτά μεγέθη μπορούν να μετρηθούν εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα (αγωγιμόμετρο, πεχάμετρο) και γι' αυτό χρησιμοποιούνται

ευρύτατα για τον καθημερινό έλεγχο της καταλληλότητας και της ποιότητας των θρεπτικών διαλυμάτων (ΥΓΦΠΠ, 2014).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ικανότητα ενός ηλεκτρολυτικού διαλύματος που βρίσκεται μέσα σε έναν κύβο πλευράς ίσης με τη μονάδα του μήκους να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα, αν αυτό τεθεί υπό διαφορά δυναμικού μέσω δύο ηλεκτροδίων (Μαυρογιαννόπουλος, 2006). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων, που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για τη συνολική τους συγκέντρωση και επηρεάζεται πρακτικά μόνο από τις συγκεντρώσεις των κύριων θρεπτικών στοιχείων και όχι από τα ιχνοστοιχεία, λόγω της πολύ μικρότερης συγκέντρωσης τους. Η μονάδα μέτρησης της EC που έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS/m και η συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο διάλυμα (C; meq/l) σχετίζεται κατά προσέγγιση με την EC (dS/m), με τη βοήθεια της σχέσης: $C \approx EC \times 10$, όπου C είναι η συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο νερό σε meq L^{-1} και EC η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε dS m^{-1} (Σάββας, 2012).

Το pH του θρεπτικού διαλύματος εκφράζει το μέτρο της περιεκτικότητα του σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή την ενεργό οξύτητά του και είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Το pH ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα διάλυμα ($pH=-\log[H^+]$). Όταν το pH είναι χαμηλότερο ή υψηλότερο από κάποιες τιμές-όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (π.χ. P, Fe, Mn σε αλκαλικό pH, pH>7), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ σε πολύ όξινο pH (pH<5) καθίστανται πιο ευδιάλυτα με κίνδυνο φυτοτοξικότητας (π.χ. Mn, Al). Για τα περισσότερα είδη κηπευτικών το pH του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5 (Σάββας, 1998). Η μεταβολή της διαθεσιμότητας των απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων σε συνάρτηση με την τιμή του pH απεικονίζεται στην Εικόνα 9 που ακολουθεί.



Εικόνα 9: Η μεταβολή της διαθεσιμότητας των απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων σε συνάρτηση με την τιμή του pH (πηγή: Truog, 1946→ επανασχεδιάστηκε για το PDA: Potash Development Association)

Για να επιτευχθεί μία σωστή σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν διάφοροι παράμετροι όπως το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξης, το είδος του υποστρώματος, η εποχή εγκατάστασης της καλλιέργειας κ.λπ. (Adams, 2002).

Η σύνθεση για να είναι σωστά καθορισμένη θα πρέπει να ακολουθούνται τιμές στόχοι για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του διαλύματος: τιμή pH στο διάλυμα (pH_t), επιθυμητές συγκεντρώσεις μακροστοιχείων σε μmol L^{-1} (Ci, όπου i=K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NO_3^-, NH_4^+, $H_2PO_4^-$ και SO_4^{2-}) και οι επιθυμητές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε μmol L^{-1} (C_J, όπου J=Cu, Mn, Fe, B, Zn και Mo).

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την EC του θρεπτικού διαλύματος (Et) με τη σχέση

$$Et = \Sigma ci+ + 1,462 / 9,819$$

Όπου ΣC_I^+ είναι το άθροισμα των συγκεντρώσεων (meq L^{-1}) όλων των μακροκατιόντων στο θρεπτικό διάλυμα, μαζί με τη συγκέντρωση Na^+ στο νερό άρδευσης.

Οπότε

$\Sigma c_i^+ = [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [NH_4^+] + [Na^+]$ (Σάββας, 2012).

Η επιλογή της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος θεωρείται παράγοντας πρωταρχικής σημασίας για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας. Το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει, ανάλογα με τη σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού, να εξατομικεύεται για την κάθε καλλιέργεια πριν χρησιμοποιηθεί. Όταν το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων προέρχεται από γεωτρήσεις, φράγματα ή φυσικές πηγές, είναι σίγουρο ότι περιέχει σημαντικές ποσότητες ανόργανων ιόντων. Γι' αυτό, από τις ποσότητες λιπασμάτων που ενδείκνυται να προστεθούν, θα πρέπει να αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο νερό. Επομένως, για να παρασκευαστεί ένα θρεπτικό διάλυμα με μια δεδομένη σύνθεση, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η χημική σύσταση του νερού άρδευσης (ΥΓΦΠΠ, 2014). Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συνιστώμενες συνθέσεις διαλύματος τροφοδοσίας και διαλύματος ριζοστρώματος, καθώς και οι εκτιμώμενες συγκεντρώσεις απορρόφησης για καλλιέργειες αγγουριάς σε ανοιχτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Πίνακας 8: Συνιστώμενες συνθέσεις διαλύματος τροφοδοσίας (Δ.Τ.) και διαλύματος ριζοστρώματος (Δ.Ρ.), καθώς και οι εκτιμώμενες συγκεντρώσεις απορρόφησης (Σ.Α.) για καλλιέργειες αγγουριάς σε ανοιχτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα (πηγή: Σάββας, 2012)

Επιθυμητά χαρακτηριστικά*	Διαβροχή υποστρώματος	Βλαστικό στάδιο			Στάδιο καρποφορίας		
		Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.	Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.
EC	2,40	2,20	1,95	2,50	2,10	1,85	2,70
pH	5,60	5,60	-	5,30-6,40	5,60	-	5,20-6,40

Επιθυμητά χαρακτηριστικά*	Διαβροχή υποστρώματος	Βλαστικό στάδιο			Στάδιο καρποφορίας		
		Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.	Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.
[K^+]	6,30	6,20	6,00	6,40	7,20	6,40	8,00
[Ca^{2+}]	5,00	4,15	3,50	6,00	3,40	2,90	5,50
[Mg^{2+}]	2,00	1,60	1,10	2,3	1,40	1,00	2,50
[NH_4^+]	0,80	1,40	1,60	<0,5	1,40	1,50	1,50
[SO_4^{2-}]	1,90	1,30	1,00	2,20	1,40	1,00	2,60
[NO_3^-]	15,60	14,75	13,10	17,00	13,75	12,00	17,20
[$H_2PO_4^-$]	1,20	1,25	1,20	1,00	1,15	1,20	1,00
[Fe]	20,00	15,00	15,00	25,00	15,00	15,00	25,00
[Mn]	12,00	10,00	10,00	8,00	10,00	10,00	7,00
[Zn]	6,00	5,00	5,00	7,00	5,00	5,00	8,00
[Cu]	0,80	0,80	0,80	1,30	0,80	0,70	1,50
[B]	40,00	25,00	25,00	50,00	25,00	25,00	50,00
[Mo]	0,50	0,50	0,50	-	0,50	0,50	-
[K]: ([K]+[Ca]+[Mg])	0,47	0,52	0,57	0,44	0,60	0,62	0,50
[Ca]: ([K]+[Ca]+[Mg])	0,38	0,35	0,33	0,40	0,28	0,28	0,34
[Mg]: ([K]+[Ca]+[Mg])	0,15	0,13	0,10	0,16	0,12	0,10	0,16
([NH_4]+[NO_3]): [K]	2,60	2,60	2,45	2,65	2,10	2,10	2,15
[NH_4]: ([NH_4]+[NO_3])	0,05	0,09	0,11	-	0,09	0,11	-

*Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) δίνεται σε dS m^{-1}, οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων σε mmol L^{-1}, των ιχνοστοιχείων σε μmol L^{-1} και οι αναλογίες των μακροστοιχείων σε γραμμομοριακή βάση.

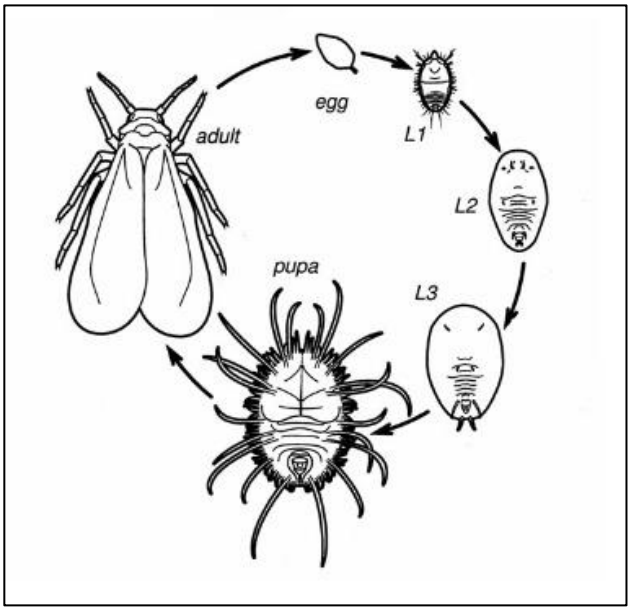
2.4 Έλεγχος του αλευρώδη σε υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών

2.4.1 Βιολογία

Ο Αλευρώδης ή η άσπρη μύγα των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*) έχει πλέον εδραιωθεί στο οικοσύστημα των θερμοκηπίων και είναι ένα οικονομικά σημαντικό έντομο το οποίο προσβάλει διάφορα είδη θερμοκηπιακών λαχανικών και ιδιαίτερα την ντομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill.), το αγγούρι (*Cucumis sativus* L.), το μαρούλι (Lactuca sativa L.), τη φράουλα (*Fragaria ananassa* Duch.), το σκουός (*Cucurbita pepo* L.), το κολοκύθι (*Cucurbita pepo* L. / *C. maxima* Duch.), καθώς και διάφορα είδη καλλωπιστικών φυτών (Choi *et al.*, 2003; Wintermantel, 2004).

Είναι πολυφάγο είδος και ανήκει στην οικογένεια Aleurodidae (Hemiptera-Homoptera). Ο βιολογικός κύκλος ζωής του Αλευρώδη έχει 6 στάδια: το αυγό, το 1ο, 2ο, 3ο και 4ο νυμφικό στάδιο και το τέλειο (Εικόνα 10). Εμφανίζεται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων όπου εκεί τα θηλυκά γεννούν 5-15 κίτρινα προς διαυγή αυγά, μεμονωμένα ή διατεταγμένα σε κύκλους όταν το θηλυκό δεν ενοχλείται κατά την ωοτοκία. Τα θηλυκά μπορεί να γεννήσουν μέχρι και 150 αυγά μέσα σε μια μεγάλη χρονική περίοδο. Η επώαση του Αλευρώδη διαρκεί 10-13 ημέρες και το προνυμφικό στάδιο ολοκληρώνεται σε 2-2$_{1/2}$ μήνες. Οι προνύμφες του 1ου σταδίου είναι ευκίνητες, καθώς αναζητούν κατάλληλα σημεία διατροφής στα φύλλα. Αφού τρυπήσουν την επιδερμίδα των φύλλων με τα στομάτια τους, οι προνύμφες χάνουν τα πόδια τους και μπαίνουν στην περίοδο «προσκόλλησης». Κατά την περίοδο αυτή ακολουθούν τρεις απεκδύσεις που

αντιστοιχούν στα τρία επόμενα προνυμφικά στάδια (2ο, 3ο και 4ο νυμφικό στάδιο). Το ακμαίο εξέρχεται από την πάνω πλευρά του κελύφους του αυγού, από μια σχισμή σε σχήμα 'Τ' (Πατακιούτας, 2001).



Εικόνα 10: Ο βιολογικός κύκλος ζωής του Αλευρώδη (πηγή: www.slideshare.net)

2.4.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Ο Αλευρώδης είναι φυτοφάγο έντομο με μυζητικά στοματικά μόρια. Είναι στερνόρυγχο, δηλαδή το ρύγχος του εκφύεται στην κάτω επιφάνεια της κεφαλής κοντά στα ισχία των πρόσθιων ποδιών. Τα ενήλικα έχουν 2 ζεύγη άσπρων στρογγυλεμένων φτερών που αναδιπλώνονται κατά την ανάπαυση σαν στέγη και τα οποία είναι μεμβρανώδη (Εικόνα 11). Ένα φυσικό χαρακτηριστικό του Αλευρώδη είναι η ύπαρξη του «αγγειακού στόμιου» το οποίο αποτελεί το χώρο παραγωγής των κολλωδών ουσιών και έκκρισης αυτών. Επίσης ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του Αλευρώδη είναι και οι κηρώδεις εκκρίσεις όπου σκεπάζουν όλο το σώμα του, σε όλα τα στάδια της ζωής του, εκτός από το στάδιο του αυγού (Πατακιούτας, 2001).

Εικόνα 11: Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων - ενήλικο (*Trialeurodes vaporariorum*) (πηγή: www.skalagreen.com)

2.4.3 Προβλήματα στην καλλιέργεια

Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων προσβάλλει πολλά είδη λαχανικών και φυτών, εντός και εκτός θερμοκηπίου και έχει αναφερθεί ότι τρέφεται με πάνω από 275 είδη φυτών σε όλο τον κόσμο (Poprawski, 2000). Αναπτύσσεται σε πολλά είδη καλλιεργειών καθώς επίσης και σε πολλά είδη ζιζανίων που απαντώνται κοντά ή περιμετρικά των θερμοκηπίων, ιδίως σε φυτά των οικογενειών Asteraceae, Cucurbitaceae, Malvaceae και Solanaceae (Wintermantel, 2004). Τρέφεται μέσω του στοματικού του μορίου το οποίο διαπερνά τους φυτικούς ιστούς και απομυζά τους κυτταρικούς χυμούς του φυτού. Παράγει συχνά μια μεγάλη ποσότητα εκκριμάτων πλούσια σε σάκχαρα, τα οποία ονομάζονται μελιτώματα και βοηθούν την ανάπτυξη της «καπνιάς», που με τη σειρά της μειώνει τη φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού. Μπορεί επίσης να παραμορφώσει τα φύλλα των φυτών, πράγμα που σημαίνει ότι θα ήταν επιζήμιο για την εμπορία τέτοιων φυτών, ακόμη και αν ο Αλευρώδης έχει εξαλειφθεί (Martin *et al.*, 2000).

Σε έντονες προσβολές τα φύλλα των φυτών πέφτουν πρόωρα και παρατηρείται μια γενική εξασθένιση των φυτών που μπορεί να οδηγήσει και στην ξήρανσή τους. Γενικά παρατηρείται αισθητή μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη μεγάλη σημασία της καραντίνας ως μέσου πρόληψης για την αποτροπή της εισαγωγής περισσότερων ειδών Αλευρώδη στην Ευρώπη και στις Μεσογειακές χώρες. Με το συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο εμπόριο φυτών, είτε ως λαχανικά προς κατανάλωση, είτε ως διακοσμητικά φυτά, αρκετά είδη Αλευρώδη έχουν ήδη επεκταθεί σημαντικά προς διάφορες χώρες και αναμένεται ότι αυτή η τάση θα συνεχιστεί, παρά τις προσπάθειες απομόνωσης αυτών των ειδών (Martin *et al.*, 2000).

Ένα μεγάλο πρόβλημα, επίσης, είναι ότι ο Αλευρώδης μπορεί να μεταφέρει και να μεταδώσει σημαντικές ιώσεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μια σειρά σοβαρών συμπτωμάτων και προβλημάτων στις καλλιέργειες (Bedford *et al.*, 1994). Η πλειοψηφία των γνωστών ιών που είναι φορείς διάφορα είδη του Αλευρώδη μεταδίδονται κυρίως από βιοτύπους του είδους *Bemisia tabaci.* Οι πιο γνωστοί ιοί που μεταδίδονται μέσω του *Bemisia tabaci* είναι εκείνοι του γένους Begomovirus (Οικ. Geminiviridae) και οι περισσότεροι ιοί μεταδίδονται από τον βιοτύπο Β του *Bemisia tabaci.* Εκτός από τους ιούς του γένους Begomovirus, ο *Bemisia tabaci* μεταδίδει έναν μικρό αριθμό ιών των γενών Carlavirus, Ipomovirus (Οικ. Potyviridae) και Crinivirus (Οικ. Closteroviridae). Το μόνο γένος Αλευρώδη εκτός από το γένος Bemisia που αναγνωρίζεται ως φορέας ιώσεων είναι το γένος Trialeurodes. Σε αντίθεση με τον μεγάλο αριθμό ιών που μεταδίδονται από το γένος Bemisia, μόνο ορισμένοι ιοί έχουν βρεθεί ότι μεταδίδονται από το γένος Trialeurodes και όλοι αυτοί οι ιοί ανήκουν στο γένος Crinivirus. Το γένος Crinivirus περιέχει ιούς που μεταδίδονται τόσο από το γένος Bemisia όσο και από το γένος Trialeurodes (Πίνακας 9) (Wintermantel, 2004).

Πίνακας 9: Μετάδοση ιών του γένους Criniviruses μέσω διάφορων ειδών Αλευρώδη (Wintermantel, 2004)

Ιοί του γένους Criniviruses	Είδος Αλευρώδη - φορέας*
Abutilon yellows virus (AYV)	T.a.
Beet pseudo yellows virus (BPYV)	T.v.
Cucurbit yellow stunting disorder virus (CYSDV)	B.t.B., B.t.A.
Lettuce chlorosis virus (LCV)	B.t.B.
Lettuce infectious yellows virus (LIYV)	B.t.A.
Strawberry pallidosis associated virus (SPaV)	T.v.
Sweet potato sunken vein virus (SPSVV)	B.t.B.
Tomato chlorosis virus (ToCV)	B.t.B., T.a., B.t.A., T.v.
Tomato infectious chlorosis virus (TICV)	T.v.

*T.a. (*Trialeurodes abutilonea*); T.v. (*Trialeurodes vaporariorum*); B.t.B. (*Bemisia tabaci*, βιοτύπος B); B.t.A. (*Bemisia Tabaci*, βιοτύπος A).

2.4.4 Έλεγχος του Αλευρώδη

Ο έλεγχος του Αλευρώδη μπορεί να αντιμετωπιστεί με ένα συνδυασμό καλλιεργητικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων (ολοκληρωμένη καταπολέμηση). Κρίνεται σκόπιμο να λεχθεί ότι ο αλευρώδης εμφανίζει πολύ εύκολα ανθεκτικότητα κυρίως στα εντομοκτόνα που δρουν σε ορισμένα στάδια του βιολογικού του κύκλου (ακμαία και προνύμφες) (Πατακιούτας, 2001).

Οι καλλιεργητικές μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι οι εξής:

- Καταστροφή των ζιζανίων-ξενιστών του αλευρώδη μέσα και έξω από το θερμοκήπιο.
- Χρησιμοποίηση εντομοστεγών δικτύων στα παράθυρα αερισμού του θερμοκηπίου.
- Σε θερμοκήπια που ελέγχεται η θερμοκρασία, μείωση της στους 10-12°C περιορίζει την εξέλιξη του εντόμου.
- Παγίδευση των ακμαίων με ειδικές κίτρινες κολλητικές παγίδες (ομοιόμορφα κατανεμημένες στο θερμοκήπιο).
- Έλεγχος και έγκαιρη απομάκρυνση προσβεβλημένων φυταρίων.

Οι βιολογικές μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι οι εξής:

Εξαπόλυση στους συνιστώμενους πληθυσμούς του παρασιτοειδούς υμενοπτέρου *Encarsia Formosa*. Οι πρώτες εξαπολύσεις του παρασιτοειδούς πρέπει να γίνονται όταν διαπιστώνεται πολύ μικρός πληθυσμός του *Trialeurodes vaporarioroum* (έως 1 ενήλικο άτομο/φυτό) και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 18°C.

Το θηλυκό του *Encarsia Formosa* που έχει μήκος 0,6 mm, εναποθέτει τα αυγά του μεμονωμένα στα πιο ενηλικιωμένα στάδια του αλευρώδη, π.χ. στην νύμφη του αλευρώδη όταν αυτή βρίσκεται σε προχωρημένο νυμφικό στάδιο. Η προνύμφη του παρασιτοειδούς ζει στο εσωτερικό της νύμφης του αλευρώδη. Οι νύμφες μετά την εναπόθεση των αυγών στο εσωτερικό τους αρχίζουν να μαυρίζουν.

Οι χημικές μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι οι εξής):

Όταν χρειαστεί να κάνουμε χημικές επεμβάσεις, τα φυτοφάρμακα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο κατάλληλο στάδιο του αλευρώδη (στο στάδιο του αυγού και της νύμφωσης ο αλευρώδης είναι πλήρως ανθεκτικός). Η εφαρμογή τους σε θερμοκήπια να γίνεται κυρίως τις πρωϊνές ή απογευματινές ώρες με σχολαστικό ψεκασμό όλων των φυτών. Επίσης πρέπει να ακολουθείται εναλλαγή των εντομοκτόνων με δραστικές ουσίες που έχουν διαφορετικό μηχανισμό δράσης στο έντομο και χρησιμοποίηση αυτών που επιβεβαιωμένα έχουν αποτελεσματική δράση σε περισσότερα στάδια του βιολογικού κύκλου του. Τα διάφορα φυτοφάρμακα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην καλλιέργεια του αγγουριού είναι:

* διάφορες πυρεθρίνες όπως cypermethrin, deltamethrin, permethrin, bifentrin κ.α.
* δραστικές ουσίες που ανήκουν σε άλλες κατηγορίες, όπως pyriproxyfen, methomyl, acetamiprid, dichlorvos, pymetrozine, dimethoate, oxamyl, άλατα λιπαρών οξέων (fatty acid potassium salt), τα νεονικοτινοειδή imidacloprid, thiacloprid, thiamethoxam, καθώς και νέες δραστικές ουσίες όπως το flonicamid (ανήκει στη νέα χημική ομάδα pyridinecarboxamide), το spiromesifen κ.άλ.

Κεφάλαιο 3ο

Φυτοφάρμακα-Νεονικοτινοειδή-thiamethoxam

3.1 Φυτοφάρμακα και εφαρμογή σε υδροπονική καλλιέργεια

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 1107/2009 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα ορίζονται ως τα προϊόντα, με τη μορφή με την οποία παραδίδονται στον χρήστη (σκευάσματα), που αποτελούνται οι δραστικές ουσίες, αντιφυτοτοξικά ή συνεργιστικά ή περιέχουν τέτοιες ουσίες και προορίζονται για μία από τις ακόλουθες χρήσεις (Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2009):

* να προστατεύουν τα φυτά ή τα φυτικά προϊόντα από κάθε είδους επιβλαβείς οργανισμούς ή να προλαμβάνουν τη δράση των οργανισμών αυτών
* να επηρεάζουν τις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών (εξαιρούνται τα λιπάσματα και γενικά οι θρεπτικές ουσίες)
* να διατηρούν τα φυτικά προϊόντα (εξαιρούνται ουσίες που κατατάσσονται στα συντηρητικά)
* να καταστρέφουν ανεπιθύμητα φυτά ή μέρη φυτών
* να επιβραδύνουν ή να προλαμβάνουν την ανεπιθύμητη ανάπτυξη φυτών

Η δράση τους ανάλογα την ουσία που περιέχουν μπορεί να είναι στοχευμένη ή να έχουν ένα ευρύ φάσμα αποτελεσματικότητας σε παραπάνω από μία ομάδα φυσικών εχθρών.

Με βάση τα παραπάνω τα γεωργικά φάρμακα διακρίνονται σε ορισμένες βασικές ομάδες όπως: εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα, ακαρεοκτόνα, βακτηριοκτόνα, νηματοδοκτόνα, τρωκτικοκτόνα, ρυθμιστές αυξήσεως των φυτών, κ.λπ. Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αποτελούν και τις σημαντικότερες κατηγορίες γεωργικών φαρμάκων με τη μεγαλύτερη εφαρμογή σε όλον τον κόσμο.

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες χημικές ομάδες φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται ευρέως στις παραπάνω κατηγορίες.

α) Εντομοκτόνα: οργανοφωσφορικοί εστέρες, νεονικοτινοειδή, καρβαμιδικά οξέα, πυρεθρινοειδή, αβερμεκτίνες, ρυθμιστές ανάπτυξης εντόμων (IGR), έλαια, κ.λ.π..

β) Μυκητοκτόνα: φθαλιμίδια, καρβαμιδικές ενώσεις, δικαρβοξιμιδικά, εστέρες αλειφατικών οξέων, καρβοξαμιδικά, βενζιμιδαζολικά, φαινυλαμίδια, ιμιδαζολικά, πυριμιδινικά, τριαζολικά, χαλκούχα, κ.λπ.

γ) Ζιζανιοκτόνα: θειαδαζολικά, φαινυλοφθαλιμίδια, οξαδιαζόλες, πυριδαζινόνες, τετραζολινόνες, φαινοξυαλκανοικά (ορμονικά), διπυριδίλια, ιμιδαζολίνες, ουρακίλες, παράγωγα σουλφονυλουριών, χλωρο-τριαζίνες, χλωροακεταμίδια κ.λπ.

Τα εμπορικά σκευάσματα τυποποιούνται σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τον φορέα της δραστικής ουσίας, την ύπαρξη τασιενεργών ουσιών και τον τρόπο εφαρμογής. Οι κυριότερες μορφές συσκευασίας των φυτοφαρμάκων είναι σε γαλακτωματοποιήσιμα συμπυκνώματα, βρέξιμες σκόνες, βρέξιμοι κόκκοι, σκόνες επίπασης, υδατοδιασπειρόμενοι κόκκοι, εναιώρημα, υδατοδιαλυτά, αιωρήματα μικροκαψουλών, πήγματα, αέρια υπό πίεση, κ.άλ.

Ο τρόπος εφαρμογής των φυτοφαρμάκων επηρεάζει την δράση τους όπως και την διάσπασή τους στο περιβάλλον. Η εφαρμογή τους γίνεται είτε με ψεκασμούς φυλλώματος, είτε με ριζοπότισμα στο έδαφος, είτε με εφαρμογή μέσω θρεπτικού διαλύματος στις υδροπονικές καλλιέργειες. Η κατάληξη των φυτοφαρμάκων ακολουθεί διαφορετική πορεία με βάση το σύστημα καλλιέργειας, δηλαδή σε ένα συμβατικό σύστημα για να φτάσει το φυτοφάρμακο στο φυτό έρχεται πρώτα σε επαφή με το περιβάλλον-έδαφος και τον χώρο γύρω από το φυτό (εφαρμογή στο έδαφος) ή με το υπέργειο τμήμα (σε ψεκασμούς φυλλώματος) ενώ σε μια υδροπονική μπορεί να ακολουθήσει δύο οδούς. Εάν αφορά ανοικτό υδροπονικό σύστημα, το φυτοφάρμακο προστίθεται στο θρεπτικό διάλυμα σε κατάλληλη αναλογία, στη συνέχεια κυκλοφορεί στο υπόστρωμα καλλιέργειας, μετά μια ποσότητα απορροφείται μέσω των ριζιδίων στο φυτό και το υπόλοιπο καταλήγει στο περιβάλλον. Εάν αφορά εφαρμογή σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, ακολουθείται η ίδια διαδικασία κια πορεία, δεν καταλήγει όμως στο περιβάλλον αλλά επανακυκλοφορεί στη δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος.

Τα φυτοφάρμακα υφίστανται κάποιες μεταβολές μετά την εφαρμογή τους οι οποίες και καθορίζουν την τύχη τους στο περιβάλλον. Οι διαδικασίες που ευθύνονται για αυτές τις μεταβολές είναι οι εξής: Η φωτοδιάσπαση, η εξάτμιση, ο σχηματισμός νεφελωμάτων, η επιφανειακή απώλεια, η προσρόφηση, η εκρόφηση, η χημική διάσπαση, η έκπλυση, η ριζική διάσπαση, η μικροβιακή διάσπαση και η πρόσληψη από τα φυτά. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την υπολλειματικότητα ενός φυτοφαρμάκου φαίνονται στον Πίνακα 10 που ακολουθεί.

Πίνακας 10: Παράγοντες που επηρεάζουν την υπολλειματικότητα ενός φαρμάκου

Έδαφος	-Προέλευση -Μηχανική σύσταση -Χημική σύσταση -Κολλοειδή της αργίλου -Κλίση -pH -Οργανική ουσία -Θερμοκρασία -Υγρασία -Μικροβιακή χλωρίδα -Προσθετικά εδάφους
Κλίμα	-Βροχόπτωση -Θερμοκρασία -Φως
Φυτοφάρμακο	-Φυσικές ιδιότητες -Χημικές ιδιότητες -Τύπος σκευάσματος -Δόση εφαρμογής -Μέθοδος εφαρμογής -Παρουσία άλλου γεωργικού φαρμάκου -Επανάληψη εφαρμογής
Φυτό	-Είδος -Παρουσία ή απουσία φυτού

3.1.1 Τα φυτοφάρμακα και η πορεία τους στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα

Η εφαρμογή των φυτοφαρμάκων στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα γίνεται είτε με ψεκασμό φυλλώματος είτε με προσθήκη τους στο θρεπτικό διάλυμα. Ο χρόνος των επεμβάσεων με εντομοκτόνα ποικίλει π.χ. η πρώτη εφαρμογή μπορεί να καθυστερήσει μέχρις ότου εμφανιστούν τα πρώτα σημεία της προσβολής (Stubbs, 1986) όμως δεν ισχύει και για τους εχθρούς που βρίσκονται υπόγεια και χρειάζονται προληπτικές επεμβάσεις οι οποίες μπορούν να αποφευχθούν με ένα καλά απολυμασμένο υπόστρωμα. Στην περίπτωση ψεκασμού του φυλλώματος το φυτοφάρμακο με τη φωτοσύνθεση εισέρχεται στα ηθμώδη αγγεία και εν συνεχεία και στα υπόλοιπα όργανα του φυτού. Είναι ορατός ο κίνδυνος της εξάτμισης στην περίπτωση που υπάρχει μεγάλη φυλλική επιφάνεια στο φυτό όπως και η φωτοδιάσπαση όπου το φάρμακο βάλλεται από τις ακτίνες του ήλιου και τα μόρια του αλληλεπιδρούν με το ηλιακό φως. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε ορισμένες χημικές ουσίες (φαινυλουρίες) η επαφή με τον ήλιο τις κάνει πιο τοξικές δηλαδή τα προϊόντα διάσπασης μπορεί να είναι ίδιας τοξικότητας με τις αρχικές ενώσεις (Steen *et al*., 2001). Στην προσθήκη του φυτοφαρμάκου στο θρεπτικό διάλυμα έχουμε την εφαρμογή σε υπόστρωμα. Το φάρμακο ακολουθεί την οδό του νερού στο φυτό και κινείται ανάμεσα στους φυτικούς ιστούς (χαρακτηριστικό γνώρισμα διασυστηματικών φυτοφαρμάκων) όπου εκεί μετά την δράση του διασπάται, αδρανοποιείται ή εκροφάται. Η απορρόφηση ποσότητας του φαρμάκου εξαρτάται και από το ρυθμό διαπνοής του φυτού που παίζει ρόλο στην ποσότητα νερού που απορροφά. Εδώ η εξάτμισή είναι από λίγη έως μηδαμινή καθώς εκτός το ότι η εφαρμογή βρίσκεται χαμηλά στη βάση του φυτού με αποτέλεσμα την κάλυψη της όποιας επιφάνειας του υποστρώματος από τα φύλλα. Η φωτοδιάσπαση επίσης είναι περιορισμένη καθώς τα μόρια του φυτοφαρμάκου που αλληλεπιδρούν με το φως βρίσκονται σε μικρή επιφάνεια του υποστρώματος. Μετά την εφαρμογή και την όποια απορρόφηση από το φυτό το φυτοφάρμακο απομακρύνεται με την έκπλυση και στην περίπτωση που γίνεται η καλλιέργεια σε δοχεία από την απορροή στο περιβάλλον. Ανάλογα το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται δύναται να υπάρχει και μικροβιακή χλωρίδα που μπορεί να έχει αναπτυχθεί από ελλιπή μέτρα απολύμανσης όπου οι μικροοργανισμοί απορροφούν και διασπούν την δραστική ουσία. Σημαντικό επίσης και εδώ είναι το γεγονός ότι μετά την εφαρμογή έχει παρατηρηθεί δυσμενής επίδραση στη σύνθεση και το ύψος των μικροβιακών πληθυσμών, στη δράση των μικροβίων, στη διάσπαση της οργανικής ουσίας στους κύκλους των N, S και P καθώς και στη μικροβιακή σύνθεση της ριζόσφαιρας (Καρράς, 2003).

Το είδος, η ένταση και η συχνότητα των καλλιεργητικών φροντίδων μεταβάλλει τόσο τις βιολογικές όσο και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζοντας την πορεία της χημικής ουσίας σε αυτό (Gaynor *et al.*, 1998).

Για κάθε μια από τις μεταβολές που υφίστανται ουσιαστικά μετά την εφαρμογή, αλλάζουν την αρχική χημική σύσταση του φυτοφαρμάκου και τα υποπροϊόντα που προκύπτουν είναι υπεύθυνα και αυτά για την ρύπανση του περιβάλλοντος δηλαδή των ποταμών, των λιμνών, των θαλασσών, του εδάφους με ότι αυτό συνεπάγεται για την υγεία όχι μόνο των ανθρώπων αλλά κάθε οργανισμού που ζει στον πλανήτη. Έτσι, η

ωφέλεια που είχε η ανθρωπότητα από την ανακάλυψη των φυτοφαρμάκων σκιάζεται από τους κινδύνους που παρουσιάζονται από τη χρήση τους (Μπαλαγιάννης, 1991).

3.1.2 Τοξικότητα των φυτοφαρμάκων

Δυστυχώς παρατηρούνται πολλά φαινόμενα τοξικότητας σε μέρη όπου έχει γίνει ή γίνεται συστηματική χρήση φυτοφαρμάκων. Με τον όρο τοξικότητα εννοούμε την ικανότητα μιας ουσίας να προκαλεί βλάβη σε έναν ζωντανό οργανισμό (Παπαχρήστος, 2004). Η τοξικότητα προσδιορίζεται με την μέση θανατηφόρο δόση (LD50) η οποία μας δείχνει την δυνατότητα ότι μια ποσότητα τοξικής ουσίας είναι ικανή να προκαλέσει το θάνατο στο 50% μιας ομάδας οργανισμών ή ενός είδους. Η δόση (LD50) εκφράζεται σε mg/kg δηλαδή το ποσό της δόσης ανά κιλό του οργανισμού που την δέχεται. Η μέση θανατηφόρος δόση εξαρτάται από τον τρόπο έκθεσης ενός οργανισμού σε αυτήν. Εάν έχει γίνει λήψη από το στόμα (Α.Ο. LD50), εάν έχει γίνει εισπνοή της ουσίας (LC50), είτε εάν έχει γίνει απορρόφηση με επαφή στο δέρμα (LD50). Επίσης η δόση η οποία προκαλεί το αναμενόμενο αποτέλεσμα (όχι θάνατο) στο 50% των πειραματόζωων εκφράζεται ως ED50 (Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, 1991β). Όλα αυτά παίζουν ρόλο στην παρουσία της τοξικής ουσίας σε έναν οργανισμό αλλά σημαντικό επίσης είναι και το χρονικό διάστημα στο οποίο έχει εκτεθεί ο οργανισμός αυτός π.χ. εάν εμφάνισε οξεία τοξικότητα ή εάν είχε εκτεθεί σε αρκετό χρονικό διάστημα και επομένως έχουμε χρόνια τοξικότητα όπου υπάρχει συσσώρευση της τοξικής ουσίας.

3.2 Τα νεονικοτινοειδή φυτοφάρμακα

Τα νεονικοτινοειδή είναι εντομοκτόνα τα οποία δρουν μέσω επαφής, κατάποσης και έχουν διασυστηματική δράση (Guzsvany and Madzgalj, 2007). Έχουν μέτρια υδατοδιαλυτότητα, δεν ιονίζονται σε φυσιολογικές τιμές pH ούτε υδρολύονται εύκολα. Είναι βιοδιασπώμενες και ο μεταβολισμός τους περιλαμβάνει κυρίως αντιδράσεις αποτοξίκωσης τριών σταδίων: α) μικρή περίοδο δηλητηρίασης σε σχεδόν θανατηφόρες δόσεις για έντομα και θηλαστικά, β) συνεργατικές επιδράσεις της αποτοξικοποίησης του αναστολέα στην εντομοκτόνο δράση και γ) ισχύ των μεταβολιτών που σχετίζονται με το μητρικό συστατικό της ακετυλοχολίνης (Tomizawa and Casida, 2003). Επιδρούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα του εντόμου ως ανταγωνιστές του μετασυναπτικού νικοτινικού υποδοχέα της ακετυλοχολίνης (Zhang *et al.*, 2000) όπου υποκαθιστά τα ιονικά κανάλια του κυττάρου και ευθύνεται για την έγκαιρη μεταφορά των νευρικών ώσεων. Είναι εκλεκτικά ως προς τη δράση τους και έχουν ήπια επίδραση στα θηλαστικά (Yamamoto and Casida, 1999). Περιλαμβάνει έναν αρκετά μεγάλο αριθμό εντόμων που καταπολεμούν, όπως τον αλευρώδη των θερμοκηπίων αλλά και της υπαίθρου, αφίδες του βαμβακιού, αφίδες των εσπεριδοειδών, αφίδες των καλλωπιστικών, το δορυφόρο της πατάτας κ.λπ. Επίσης, εκτός από τα μυζητικά και τα μασητικά έντομα που καταπολεμούν, παρουσιάζουν σημαντική δράση εναντίον των λεπιδόπτερων, των θυσανόπτερων και των κολεόπτερων (Mastuda et al., 1999; Yamamoto and Casida, 1999; Yamamoto *et al*., 1998; Tomizawa *et al*., 2000). Τα νεονικοτινοειδή είναι αλκένια που δημιουργήθηκαν από συζυγιακούς δεσμούς ηλεκτρονίων (Kagabu, 1997). Τέτοια πολικά, μη πτητικά

μόρια έχουν υψηλή διαλυτότητα στο νερό και χαμηλό συντελεστή κατανομής σε σχέση με άλλα μη πολικά εντομοκτόνα (Kagabu, 1996).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα νεονικοτινοειδή αντιδρούν με την ακετυλοχολίνη η οποία 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). Οι υποδοχείς της ακετυλοχολίνης είναι πρωτεΐνες που καλύπτουν την μετασυναπτική μεμβράνη. Δύο μόρια ακετυλοχολίνης χρειάζονται για την ενεργοποίηση των διόδων των ιόντων. Φυσιολογικά εφόσον η ακετυλοχολίνη μεταφέρει το αρχικό ερέθισμα υδρολύεται από την ακετυλοχολινεστεράση που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά της μετασυναπτικής μεμβράνης (Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, 1991α). Τα νεονικοτινοειδή λοιπόν ενώνονται με την ακετυλοχολίνη και την αντικαθιστούν διακόπτοντας την μεταφορά νευρικών ώσεων στα πρώτα στάδια με αποτέλεσμα το θάνατο του εντόμου. Αντίθετα οι ανταγωνιστές της ακετυλοχολίνης στα θηλαστικά έχουν δείξει λιγότερη εντομοκτόνο δράση (Nauen *et al*., 1999).

Οι γεωργικές χρήσεις των νικοτινοειδών είναι πολλές και η συγκεκριμένη κατηγορία εντομοκτόνων αποκτά με τα χρόνια όλο και περισσότερες (Elbert and Nauen, 2004). Αυτό συμβαίνει καθώς δεν υπάρχει διασταυρούμενη ανθεκτικότητα επειδή παρουσιάζουν μεγάλη εκλεκτικότητα και δράση εναντίον τον εντόμων στόχων και είναι ήπια προς τα θηλαστικά κάνοντάς τα το κυριότερο λόγο αντικατάστασης διαφόρων ειδών εντομοκτόνων με τα νικοτινοειδή (Jones *et al*, 2007). Σημαντικό επίσης είναι και το γεγονός ότι αρκετά φυτοφάρμακα είναι υπεύθυνα για την μείωση των πληθυσμών της μέλισσας παγκοσμίως. Σε αυτήν την κατεύθυνση τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες πάνω στα νεονικοτινοειδή και την επίδρασή τους στους πληθυσμούς της μέλισσας. Το Imidacloprid σε υψηλές δόσεις (> 3ng) οδήγησε τις μέλισσες σε ακινησία και τρόμο το οποίο έχει επαναληφθεί και σε προηγούμενα πειράματα δηλαδή σε δόση των 2.5ng (Lambin *et al.*, 2001). Επίσης σε υψηλότερες δόσεις Clothianidin (>1ng) δεν παρατηρήθηκε πρόβλημα στην πτητική ικανότητα των μελισσών (Schneider *et al.*, 2012).

Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι τα νικοτινοειδή όπως το Thiamethoxam και το Imidacloprid μπορούν να ελέγξουν τους πληθυσμούς εντόμων που είναι ξενιστές και μεταδίδουν ασθένειες και ιώσεις. Σε σακχαρότευτλα όπου εφαρμόστηκε το Thiamethoxam είχαν αποτελεσματική προστασία από τον ιό Beet Wild Yellow Virus που μεταδίδεται μέσω της *Myzus persicae* (Dewar and Read, 1990). Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το Imidacloprid και το Clothianidin στοχεύουν σε διαφορετικές υπομονάδες υποδοχέων ακετυλοχολίνης που εντοπίζονται σε προ-νευρώνες και νευρώνες των μελισσών αν και ακόμη είναι άγνωστες οι φυσιολογικές και κυτταρικές τους δράσεις (Schneider *et al*, 2012). Οι επιστήμονες έχουν αναγνωρίσει ότι υπάρχει χαμηλή και υψηλή συγγένεια μεταξύ τμημάτων της ακετυλοχολίνης και των νεονικοτινοειδών (Lind *et al*, 1998). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα περαιτέρω έρευνα για την αναγνώριση πολλαπλών υπομονάδων της ακετυλοχολίνης μέσω της μοριακής κλωνοποίησης και επιβεβαίωσης της ποικιλίας ακετυλοχολίνης στα έντομα (Gunderlfinger, 1992).

Κάποιες από τις υπομονάδες που έχουν κλωνοποιηθεί βλέπουμε στον Πίνακα 11 που ακολουθεί.

Πίνακας 11: Παραδείγματα κλωνοποιημένων υπομονάδων ακετυλοχολίνης

Κλωνοποιημένη υπομονάδα ακετυλοχολίνης	Επιστημονική ομάδα
Drosophila melanogaster	Schultz *et al*., 1998
Logusta migratoria	Hermsen *et al*., 1998
Myzus persicae	Huang *et al*., 1999

Η κατανόηση και η γνώση της πολυπλοκότητας της ακετυλοχολίνης χρήζει περαιτέρω έρευνας και σίγουρα η ηλεκτροφυσιολογία θα έχει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση και στον τρόπο δράσης των νεονικοτινοειδών (Ihara *et al*., 2006).

Στην ΕΕ τα νικοτινοειδή που έχουν εγκριθεί για χρήση στην φυτοπροστασία είναι το Clothianidin, το Imidacloprid, το Thiamethoxam, το Acetamiprid και το Thiacloprid. Ένας σημαντικός παράγοντας που ερευνάται είναι η χρήση τους και η επίδρασή τους στον πληθυσμό των μελισσών (Πίνακας 12). Γι' αυτό το λόγο, το 2013 η ΕΕ εξέδωσε τον κανονισμό με αριθ. 485/2013 ο οποίος περιορίζει την χρήση των φυτοφαρμάκων Thiamethoxam, Imidacloprid και Clothianidin στους επεξεργασμένους σπόρους όπως και την απαγόρευσή τους σε ελκυστικές καλλιέργειες μελισσών (αραβόσιτος, ελαιοκράμβη, ηλίανθος κ.λπ.) σύμφωνα με την εκτίμηση κινδύνου της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (ΕΑΑΤ) το 2012 (EFSA, 2012). Εξαίρεση σε αυτήν την απαγόρευση είναι η χρήση τους σε καλλιέργειες εντός θερμοκηπίων, σε συγκεκριμένες καλλιέργειες μετά την ανθοφορία και στα χειμερινά σιτηρά (Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2013).

Πίνακας 12: Παράδειγμα νεονικοτινοειδή φυτοφαρμάκου (imidacloprid) για τον κίνδυνο επίδρασης στον πληθυσμό των μελισσών (πηγή: EFSA, 2018)

Νεονικοτινοειδή	Τύπος μέλισσας	Καλλιέργεια	Διαδρομή έκθεσης	Κίνδυνος
Imidacloprid	Μελιτοφόρες μέλισσες	Ελαιοκράμβη (χειμώνας και άνοιξη)	Υπολείμματα σε νέκταρ και γύρη από επεξεργασμένη καλλιέργεια	Χαμηλός
Imidacloprid	Μελιτοφόρες μέλισσες	Ελαιοκράμβη (χειμώνας και άνοιξη)	Υπολείμματα από τη μετακίνηση της σκόνης	Υψηλός
Imidacloprid	Αγριομέλισσες	Ελαιοκράμβη (χειμώνας και άνοιξη)	Υπολείμματα σε νέκταρ και γύρη από επεξεργασμένη καλλιέργεια	Υψηλός

Η ΕΑΑΤ αξιολογεί τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί για την αναθεώρηση των περιορισμών, με την αξιολόγηση να λήγει το 2018, χωρίς να αποκλείει και περαιτέρω έρευνα (EFSA, 2018).

3.3 Ιδιότητες Thiamethoxam

3.3.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του Thiamethoxam

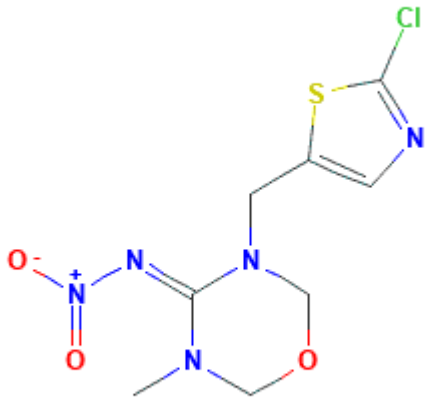
Το Thiamethoxam είναι άοσμο κρυσταλλικό συστατικό με Σημείο Τήξεως τους 139.1°C. Η χημική ένωση έχει χαμηλή μοριακή μάζα, έχει σχετικά υψηλή υδατοδιαλυτότητα 4,1 g/l στους 25°C και χαμηλό συντελεστή κατανομής P_{ow} -0,13 σε pH 6,8. Δε διίσταται σε εύρος τιμών pH από 2 έως 12, αυτό σημαίνει ότι το pH δεν έχει καμία επίδραση στην υδατοδιαλυτότητα της ένωσης σε τιμές pH από 4 έως 10. Αυτές οι ιδιότητες ευνοούν μια γρήγορη και επαρκή πρόσληψη από τα φυτά όπως και τη διασυστηματική δράση της ένωσης. Σε αυτή τη διασυστηματική δραστηριότητα όλα τα μέρη του φυτού που κατατάσσονται ακροπεταλικά της εφαρμογής μπορούν να προστατευτούν. Υδρολυτικά το Thiamethoxam είναι πολύ σταθερό σε pH 5 με χρόνο ημιζωής μεγαλύτερο του ενός έτους σε θερμοκρασία δωματίου και σταθερό σε pH 7 με εκτιμώμενο χρόνο ημιζωής 200-300 ημέρες σε θερμοκρασία δωματίου. Είναι περισσότερο ασταθές σε pH 9, με χρόνο ημιζωής μερικές μέρες (Maienfisch *et al*., 2001).

Αποικοδομείται ταχέως παρουσία φωτός με χρόνο ημιζωής μία ώρα. Δεν έχει παρατηρηθεί αποσύνθεση ή αλλοίωση της δραστικής ουσίας ύστερα από αποθήκευση στους 54°C για περίοδο δύο μηνών, σε θερμοκρασία όμως μεγαλύτερη των 150°C λαμβάνει χώρα εξωθερμική αποσύνθεση. Σε εργαστηριακές εξετάσεις αποικοδομείται με αργό ρυθμό. Ο χρόνος ημιζωής κυμαίνεται από 34 έως 75 ημέρες υπό ευνοϊκές συνθήκες, αλλά μπορεί να αυξηθεί κατά τρεις φορές κάτω από δυσμενείς συνθήκες. Σε συνθήκες αγρού η αποικοδόμηση πραγματοποιείται γρηγορότερα εξαιτίας της αυξημένης μικροβιακής δραστηριότητας και της έκθεσης στο φως (Maienfisch *et al*., 2001). Στον Πίνακα 13 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του thiamethoxam.

Πίνακας 13: Φυσικές και χημικές ιδιότητες του thiamethoxam (πηγή: FAO, 2014)

Κοινή ονομασία (ISO)	**Thiamethoxam**
Κώδικας ανάπτυξης	CGA 293343
Χημική ονομασία κατά IUPAC	(E,Z)-3-(2-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-4imine
CIPAC No	637
CAS No	153719-23-4
EEC No	428-650-4
Ελάχιστη καθαρότητα	980 g/kg
Μοριακός τύπος	$C_8H_{10}ClN_5O_3S$
Μοριακό βάρος	291,7 g/mol

Χημικός τύπος



Σημείο τήξεως	139,1°C (=421,3 K) (Καθαρότητα: 99,7%)
Σημείο ζέσεως	Η θερμική διάσπαση αρχίζει στους 147°C (πριν η θερμοκρασία φτάσει στο σημείο ζέσεως) (Καθαρότητα: 99,7%)
Εμφάνιση	Ελαφρώς ωχρή ψιλή σκόνη (Καθαρότητα:99,7%)
Σχετική πυκνότητα	$1,57*10^3$kg/m^3στους 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°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: 4,1g/l στους 25°C (Καθαρότητα: 99,7%)
Διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες	(Καθαρότητα: 98,2%) Ακετόνη: 48g/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 υψηλός εύφλεκτο (Καθαρότητα: 98,2%)
Εκρηκτικές ιδιότητες	Δε θεωρείται εκρηκτικό (Καθαρότητα: 98,2%)

UV/VIS προσρόφηση (max.)	Στα 255nm το ε= 16800/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 (DT_{50})	2,3 έως 3,1 ημέρες (25°C σε αποστειρωμένο περιβάλλον σε υδατικά ρυθμιστικά διαλύματα με pH 5) (Καθαρότητα:97,3%)

3.3.2 Φάσμα δράσης του Thiamethoxam

Το Thiamethoxam είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο και ανήκει στην τάξη των νεονικοτινοειδών. Το φάσμα δράσης του περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό εντόμων κυρίως όμως σε μασητικά και μυζητικά έντομα. Η δράση του έγκειται στο γεγονός ότι δεσμεύει τους υποδοχείς της ακετυλοχολίνης στις συνάψεις του κεντρικού νευρικού συστήματος των εντόμων (MacBean, 2010).

Εφαρμόζεται με ψεκασμό φυλλώματος, με ριζοπότισμα και με στάγδην άρδευση.

Το Φάσμα δράσης σύμφωνα με την υπ' αριθμό πρωτ. 129361/3-6-2009 του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για το Thiamethoxam έπειτα από την τελευταία τροποποίηση με αριθ. 14103 (22-5-2017) της οριστικής άδειας διάθεσης του προϊόντος παρουσιάζεται στον Πίνακα 14 που ακολουθεί (ΥΠΑΑΤ, 2017).

Πίνακας 14: Το Φάσμα δράσης του Thiamethoxam (πηγή: ΥΠΑΑΤ, 2017)

ΜΗΛΑ, ΑΧΛΑΔΙΑ	Αφίδες (Aphis pomi, Dysaphis Plantaginea)	37,5	20-25	100-150	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ (ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΑ ΛΕΜΟΝΙΑ ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΑ)	Αφίδες (Toxoptera aurantii, Aphis gossypii, Aphis spiraecola, Myzus persicae)	3	12-15	100-200	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	1
	Φυλλοκνίστη (Phyllocnistis citrella)	50	20-25	100-200	Ψεκασμός φυλλώματος το καλοκαίρι στοχεύοντας στους νέους τρυφερούς βλαστούς. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	1
ΒΑΜΒΑΚΙ	Αφίδες (Aphis gossypii)	15		50-80	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (ΑΓΓΟΥΡΙ ΤΟΜΑΤΑ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΠΙΠΕΡΙΑ ΚΑΡΠΟΥΖΙ ΠΕΠΟΝΙ ΚΟΛΟΚΥΘΙ)	Αφίδες (Aphis gossypii Aphis fabae Macrosiphum euphorbiae Myzus persicae Nasanovia ribisnigri)	30	15-20	50-150	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	2

	Αλευρώδεις (Trialeurodes vaporariorum Bemisia tabaci)	45	20-30	50-150	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	1
	Αφίδες	40			Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση πριν από τη πρώτη άνθηση με μεσοδιάστημα 7-10 ημέρες με την έναρξη της προσβολής.	2
	Αλευρώδεις	80			Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση πριν από τη πρώτη άνθηση.	1
ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ (ΤΟΜΑΤΑ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΠΙΠΕΡΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙ)	Αφίδες (Aphis gossypii Aphis fabae Macrosiphum euphorbiae Myzus persicae Nasanovia ribisnigri Hyperomycus lactucae)	20	15-20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	2
ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ (ΑΓΓΟΥΡΙ ΚΑΡΠΟΥΖΙ ΠΕΠΟΝΙ ΚΟΛΟΚΥΘΙ)	Αφίδες (Aphis gossypii Aphis fabae Macrosiphum euphorbiae Myzus persicae Nasanovia ribisnigri Hyperomycus lactucae)	20	15-20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΤΟΜΑΤΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	Αφίδες (Macrosiphum euphorbiae, Aphis gossypii) Αλευρώδεις (Trialeurodes vaporariorum) Σιδηροσκούληκες (Agriotes sp.).	40			Ριζοπότισμα/στάγδην άρδευση.	1
ΠΑΤΑΤΑ	Αφίδες (Myzus persicae Macrosiphum Euphorbiae Aphis nastrurtii)	10		50-80	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	2
	Δορυφόρο της πατάτας (Leptinotarsa decemlineata)	8			Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	2
ΚΑΛΛΩΠΙΣΤΙΚΑ	Αφίδες (Myzus gossypii Myzus persicae Myzus nicotiane Rhopalosiphum padi Macrosiphum rasae)	20	20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
	Αλευρώδεις (Trialeurodes vaporariorum Bemisia tabaci)	30	20-30	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2

ΚΑΠΝΟΣ	Αφίδες (Myzus persicae)	30	20-30	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής.	2
		60-80			Ριζοπότισμα/ στάγδην άρδευση.	1
ΑΜΠΕΛΙ	Τζιτζικάκια (Empoasca sp)	20	20	50-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ ΝΕΚΤΑΡΙΝΙΑ	Αφίδες (Aphis sp., Myzus persicae, Hyalopterus sp.)	20	15-20	60-100	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΚΕΡΑΣΙΑ	Αφίδες (Myzus cerasi, Aphis sp., Ragoletis cerasi)	45	20-30	100-150	Ψεκασμός φυλλώματος με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας.	2
ΔΑΜΑΣΚΗΝΙΑ	Αφίδες (Aphis sp., Brachycaudus helichrysi, Hyalopterus pruni, Myzus sp.)	30	20	100-150	Ψεκασμός φυλλώματος, με την έναρξη της προσβολής. Εφαρμογές μετά την περίοδο της ανθοφορίας	2
ΧΡΗΣΕΙΣ ΗΣΣΟΝΟΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ **ΜΠΡΟΚΟΛΟ ΚΟΥΝΟΥΠΙΔΙ (Υ)***	Αφίδες (Aphis sp., Brevicoryne brassicae, Lipaphis erysimi, Myzus persicae) Κάμπιες (Heliothis armigera, Pieris brassicae, Plusia sp., Plutella xylostella, Spodoptera spp.)	12-15		50-150	Ψεκασμός φυλλώματος με την με την έναρξη της προσβολής	2 εφαρμογές κάθε 12 ημέρες

Παρατηρήσεις:

1) Το εύρος της δόσης είναι ανάλογο της πυκνότητας του πληθυσμού των εντόμων.

2) Διάρκεια προστασίας: 21 ημέρες για ψεκασμό φυλλώματος/30-45 ημέρες για εφαρμογή από εδάφους και ειδικά για τον καπνό 60 ημέρες.

3) Η μέγιστη δόση στα λαχανικά με ψεκασμό φυλλώματος δεν πρέπει να ξεπερνά τα 40γρ/στρ. ανά εφαρμογή.

4) Για την αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρασιού και των προϊόντων μεταποίησης της πατάτας, ο χρόνος της τελευταίας επέμβασης από τη συγκομιδή να είναι 7, 28 και 14 ημέρες αντίστοιχα.

5) Να μην εφαρμόζεται το σκεύασμα όταν οι μέλισσες είναι σε φάση έντονης κινητικότητας.

6) Να μην εφαρμόζεται το σκεύασμα κατά την περίοδο της άνθισης.

7) Να μην εφαρμόζεται το σκεύασμα σε περίπτωση που εμφανίζεται μελίτωμα (π.χ. περισσότερο από 4 αφίδες ανά φύλλο).

*(Υ) 8) Δεν έχει τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητα και δεν έχει γίνει έλεγχος για ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες, από τη χρήση του σκευάσματος στο μπρόκολο και το κουνουπίδι. Για τις ακόλουθες χρήσεις ο κάτοχος της άδειας δε φέρει ευθύνη για πιθανές αποτυχίες που αφορούν την αποτελεσματικότητα ή τη φυτοτοξικότητα από τη χρήση του σκευάσματος.

3.3.3 Ανώτατα όρια καταλοίπων του thiamethoxam

Τα ανώτατα όρια υπολειμματικότητας του thiamethoxam ορίζονται στον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αριθ. 396/2005 για τα ανώτατα όρια υπολειμμάτων (MRLs) φυτοφαρμάκων μέσα ή πάνω στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης και την τελευταία τροποποίηση με αριθ. 2017/671 για τα ανώτατα

όρια καταλοίπων για τις ουσίες clothianidin και thiamethoxam μέσα ή πάνω σε ορισμένα προϊόντα (Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2017).

Σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης και με αριθ. 2017/671 τα ανώτατα όρια υπολειμμάτων του thiamethoxam ισχύουν για ομάδες προϊόντων οι οποίες είναι οι εξής:

* Καρποί, νωποί ή κατεψυγμένοι (εσπεριδοειδή, ακρόδρυα, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, μούρα και μικροί καρποί, διάφοροι άλλοι καρποί).
* Λαχανικά, νωπά ή κατεψυγμένα (ριζωματώδη-κονδυλώδη λαχανικά, βολβώδη λαχανικά, καρποφόρα λαχανικά, κράμβες-εκτός από ρίζες κράμβης και καλλιέργειες νεαρών φύλλων κράμβης, φυλλώδη λαχανικά-βότανα και βρώσιμα άνθη, ψυχανθή, λαχανικά με στέλεχος, μανιτάρια-βρύα και λειχήνες, φύκη-προκαρυωτικοί οργανισμοί).
* Όσπρια
* Ελαιούχοι σπόροι και ελαιούχοι καρποί
* Δημητριακά
* Τέια, καφές, αφεψήματα βοτάνων, κακάο και χαρούπια
* Λυκίσκος
* Μπαχαρικά (μπαχαρικά σπόροι, καρποί καρυκεύματα, φλοιός μπαχαρικών, ριζώδη και ριζωματώδη μπαχαρικά, οφθαλμοί ανθέων, στίγμα ανθέων, επίσπερμο).
* Φυτά για την παραγωγή ζάχαρης
* Προϊόντα ζωικής προέλευσης-χερσαία ζώα (ιστοί από χοίρους-βοοειδή-πρόβατα-αίγες-ιπποειδή-πουλερικά-άλλα εκτρεφόμενα χερσαία ζώα, γάλα, αυγά πτηνών, μέλι και άλλα προϊόντα μελισσοκομίας, αμφίβια και ερπετά, χερσαία ασπόνδυλα ζώα, άγρια χερσαία σπονδυλωτά ζώα).

Στον Πίνακα 15 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ανώτατα όρια υπολειμμάτων του thiamethoxam που ισχύουν για την ομάδα προϊόντων “Λαχανικά, νωπά ή κατεψυγμένα”.

Πίνακας 15: Ανώτατα όρια υπολειμμάτων του thiamethoxam για την ομάδα προϊόντων “Λαχανικά, νωπά ή κατεψυγμένα” (πηγή: Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2017)

Λαχανικά (νωπά ή κατεψυγμένα)	**Ανώτατα όρια υπολειμμάτων (mg/kg)**	**Λαχανικά (νωπά ή κατεψυγμένα)**	**Ανώτατα όρια υπολειμμάτων (mg/kg)**
Ριζωματώδη και κονδυλώδη λαχανικά			
α) πατάτες	0,07	**γ) άλλα ριζωματώδη και κονδυλώδη λαχανικά εκτός από τα ζαχαρότευτλα**	
β) τροπικά ριζωματώδη και κονδυλώδη λαχανικά		Κοκκινογούλια	0,01
Μανιόκα/κάσσαβο	0,01	Καρότα	0,3

Γλυκοπατάτες	0,01	Ραπανοσέλινα/Γογγύλι (ρέβα)	0,01
Ίγναμα (κόνδυλος της διοσκουρέας)	0,01	Χρένα	0,01
Μαράντα η καλαμοειδής	0,01	Ηλίανθος ο κονδυλόριζος	0,01
Άλλα	0,01	Παστινάκη η εδώδιμη	0,01
Βολβώδη λαχανικά		Ρίζα μαϊντανού (πετροσέλινο το σαρκόρριζο)	0,01
Σκόρδα	0,01	Ραπάνια/Ραφανίδες	0,01
Κρεμμύδια	0,01	Λαγόχορτα	0,01
Ασκαλώνια	0,01	Γουλιά (είδος κράμβης)	0,02
Φρέσκα κρεμμύδια και βολβίνα (σκορδόχορτο)/ σιμπούλα	0,01	Γογγύλια	0,01
Άλλα	0,01	Άλλα	0,01
Καρποφόρα λαχανικά			
α) σολανώδη		**γ) κολοκυνθοειδή με μη βρώσιμο φλοιό**	
Ντομάτες	0,2	Πεπόνια	0,15
Γλυκοπιπεριές/Πιπεριές	0,7	Κολοκύθες	0,01
Μελιτζάνες	0,2	Καρπούζια	0,15
Μπάμιες	0,01	Άλλα	0,01
Άλλα	0,01	**δ) γλυκό καλαμπόκι**	0,02
β) κολοκυνθοειδή με βρώσιμο φλοιό		**ε) άλλα καρποφόρα λαχανικά**	0,01
Αγγούρια	0,5		
Αγγουράκια	0,01		
Κολοκύθια	0,5		
Άλλα	0,01		
Κράμβες (εκτός από ρίζες κράμβης και καλλιέργειες νεαρών φύλλων κράμβης)			
α) ανθοκράμβες		**γ) φυλλώδεις κράμβες**	
Μπρόκολα	0,3	Κινέζικα λάχανα	0,02
Κουνουπίδια	0,02	Μη κεφαλωτή κράμβη	0,02
Άλλα	0,01	Άλλα	0,02
β) κεφαλωτές κράμβες		**δ) γογγυλοκράμβες**	0,01
Λαχανάκια Βρυξελλών	0,02		
Λάχανα	0,02		
Άλλα	0,02		
Φυλλώδη λαχανικά, βότανα και βρώσιμα άνθη			
α) μαρούλια και σαλατικά		**γ) αμπελόφυλλα και παρεμφερή είδη**	0,01
Λυκοτρίβολο	0,01	**δ) Νεροκάρδαμο**	0,01
Μαρούλια	5	**ε) ραδίκια witloof / αντίβ**	0,01

Σκαρόλες (πικρίδα)/πλατύφυλλα αντίδια	5	**στ) βότανα και βρώσιμα άνθη**	
Κάρδαμο και άλλα βλαστάρια και φύτρες	0,01	Φραγκομαϊντανός	0,02
Γαιοκάρδαμο	0,01	Σχοινόπρασο	0,02
Ρόκα	0,01	Φύλλα σέλινου	0,02
Κόκκινο σινάπι	0,01	Μαϊντανός	0,02
Καλλιέργειες νεαρών φύλλων (συμπεριλαμβανομένων ειδών κράμβης)	0,01	Φασκόμηλο	0,02
Άλλα	0,01	Δενδρολίβανο	0,02
β) σπανάκι και παρεμφερή (φύλλα)		Θυμάρι	0,02
Σπανάκι	0,01	Βασιλικός	1,5
Ανδράκλα	0,01	Δάφνη/δαφνόφυλλα	0,02
Σέσκουλα/φύλλα τεύτλων	0,01	Δρακόντιο/Εστραγκόν	0,02
Άλλα	0,01	Άλλα	0,02
Ψυχανθή		**Λαχανικά με στέλεχος**	
Φασόλια (με τον λοβό)	0,3	Σπαράγγια	0,01
Φασόλια (χωρίς λοβό)	0,02	Άγριες αγκινάρες	0,01
Μπιζέλια (με τον λοβό)	0,3	Σέλινο	1
Μπιζέλια (χωρίς λοβό)	0,02	Μάραθο Φλωρεντίας	0,01
Φακές	0,02	Αγκινάρες	5
Άλλα	0,01	Πράσα	0,01
Μανιτάρια, βρύα και λειχήνες		Ραβέντι	0,01
Καλλιεργούμενα μανιτάρια	0,01	Φύτρα μπαμπού	0,01
Άγρια μανιτάρια	0,01	Καρδιές φοινίκων	0,01
Βρύα και λειχήνες	0,01	Άλλα	0,01
Φύκη και προκαρυωτικοί οργανισμοί	0,01		

Κεφάλαιο 4ο

Πειραματικά υποστρώματα

Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές αναλογίες ως υπόστρωμα ο διογκωμένος περλίτης και ο ζεόλιθος. Παρακάτω παρουσιάζονται ξεχωριστά τα χαρακτηριστικά τους.

4.1 Διογκωμένος περλίτης

Είναι λευκό, ηφαιστειακό, αργιλοπυριτικό και υαλώδες πέτρωμα το οποίο περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσότητα 2%-6% (Gruda *et al.*, 2013). Μετά την εξόρυξή του το πρωτογενές υλικό θερμαίνεται στους 1000 ^{o}C (Olympios and Hanan, 1992) όπου διογκώνεται και μεγαλώνει σε μέγεθος από δέκα έως είκοσι φορές σε σχέση με τον αρχικό του όγκο. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξαέρωσης του νερού και της ανάμειξής του με αέρα (Hanna, 2005). Μέσα από αυτή την διεργασία προκύπτει ένα κοκκώδες ελαφρύ υλικό με πλούσιο πορώδες (Σάββας, 2016) (Εικόνα 12). Ο περλίτης που χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα στην καλλιέργεια της αγγουριάς ήταν της εταιρείας ISOCON A.E. με μέγεθος κόκκων 0,5-2,5mm (Εικόνα 13).

Εικόνα 12: Διογκωμένος περλίτης (πηγή:nurserylive.com)

Εικόνα 13: Περλίτης Perloflor Hydro

Στον Πίνακα 16 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τυπικές χημικές ιδιότητες του περλίτη.

Πίνακας 16: Τυπικές χημικές ιδιότητες του περλίτη (πηγή: Mueena and Shweta, 2016)

Σύνθεση στοιχείων			Περιεκτικότητα %
Silicon	Πυρίτιο	Si	33,8
Aluminium	Αλουμίνιο	Al	7,2
Potassium	Κάλιο	K	3,5
Sodium	Νάτριο	Na	3,4
Iron	Σίδηρος	Fe	0,6
Calcium	Ασβέστιο	Ca	0,6
Magnesium	Μαγνήσιο	Mg	0,2
Mica	Μαρμαρυγία	-	0,2
Oxygen	Οξυγόνο	O	47,5
Χημική σύνθεση			**Περιεκτικότητα %**
Silicon dioxide	Διοξείδιο του πυριτίου	SiO_2	72,08
Alumina	Οξείδιο αργιλίου	Al_2O_3	12,92
Titanium dioxide	Διοξείδιο τιτανίου	TiO_2	0,9
Iron oxide	Τριοξείδιο σιδήρου	Fe_2O_3	1,5
Magnesium oxide	Οξείδιο μαγνησίου	MgO	0,63
Quick lime	Οξείδιο ασβεστίου	CaO	0,88
Caustic soda	Οξείδιο νατρίου	Na_2O	3,76
Potassium oxide	Οξείδιο καλίου	K_2O	4,33
Bound water	Δεσμευμένο κρυσταλλικό νερό	H_2O	3

Λόγω της χημικής και ορυκτολογικής του σύστασης, ο περλίτης έχει ασήμαντη ανταλλακτική ικανότητα μετά τη διόγκωσή του στους 1000 ^oC και επομένως θεωρείται χημικά αδρανής (Σάββας, 2012). Η ανταλλακτική ικανότητα του περλίτη ανέρχεται σε μόλις 15meq kg^{-1} (Morrison *et. al*., 1960) ενώ η ανταλλακτική ικανότητα του ελληνικού περλίτη ανέρχεται σε 22-24meq kg^{-1} (Gizas *et al*., 2001. Έχει υψηλό πορώδες σαν υλικό, περίπου 70%-85% και μπορεί να συγκρατήσει τριπλάσιο ή τετραπλάσιο νερό σε σχέση με το βάρος του. Εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας παρασκευής του θεωρείται αποστειρωμένο υλικό και έτοιμο για χρήση χωρίς όμως να παραβλέπεται το γεγονός ότι θα πρέπει να είναι αποστειρωμένα και τα δοχεία στα οποία θα τοποθετηθεί προς χρήση. Το μέγεθος τον κόκκων του περλίτη που χρησιμοποιείται και συνιστάται για την υδροπονία είναι 0,5-2,5mm (Σάββας, 2012). Στον Πίνακα 17 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τυπικές φυσικές ιδιότητες του περλίτη.

Πίνακας 17: Τυπικές φυσικές ιδιότητες του περλίτη (πηγή: Mueena and Shweta, 2016)

Ιδιότητα	Τιμή
Χρώμα	Λευκό/γκρι
Φωτεινότητα,% GE	70-80
Πυκνότητα, kg/m3	50-300
Σκληρότητα, Mohs	5,5
Ειδικό βάρος	2,2-2,4
pH	6-8,5
Απορροφητικότητα, % της μάζας	200-600

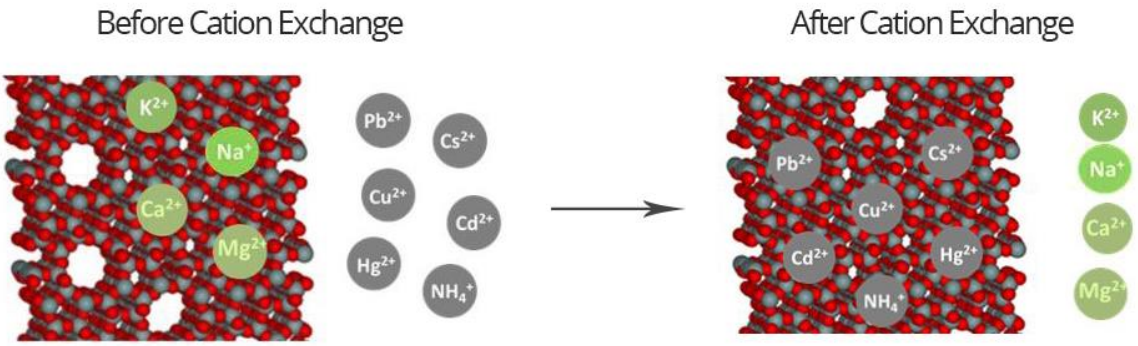
Ιδιότητα	Τιμή
Ικανότητα απορρόφησης ελαίων, g ελαίου/g περλίτη	50-100
Σημείο τήξης, °C	980
Απώλειες καύσης (3 ώρες σε t=900 °C), %	έως και 1,5
Υγρασία, %	έως και 1,0
Μέγιστη αντοχή, MPa	έως και 6,0
Πορώδες,%	70-85
Ποσοστό αέρα, %	80-95
Θερμική Αγωγιμότητα, W/mK	0,043-0,093
Θερμική διάχυση, m2/sec	0,632-0,330

4.2 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος είναι μικροπορώδες, αργιλοπυριτικό ορυκτό με πόρους μοριακών διαστάσεων και διακρίνονται σε φυσικούς (προϊόντα ιζηματογενούς προέλευσης) και συνθετικούς (προϊόντα εργαστηριακής σύνθεσης) (Κατσίγιαννη, 2014). Οι φυσικοί ζεόλιθοι απαντούν σε περισσότερα από 80 είδη. Για τις διάφορες χρήσεις προτείνονται αυτοί που η περιεκτικότητά τους στο πέτρωμα είναι ≥70% κ.β. και αποφεύγονται οι ινώδης ζεόλιθοι (π.χ., εριονίτης, μορδενίτης, σκολεσίτης, μεσόλιθος, νατρόλιθος), ενώ χαμηλότερης ποιότητας προτείνονται για χρήσεις ως δομικά υλικά (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Στην γεωργία χρησιμοποιείται κυρίως ο κλινοπτιλόλιθος ένας φυσικός τύπος ζεόλιθου κρυσταλλικής μορφής αποτελούμενο από δύο τετράεδρα του πυριτίου (SiO_4) και του αργιλίου (AlO_4) που συνδέονται με δεσμούς οξυγόνου. Στο πλέγμα που δημιουργείται υπάρχουν πολλοί κενοί χώροι και κανάλια όπου βρίσκονται κατιόντα (Laurino and Palmieri, 2015). Οι δομές αυτές είναι ηλεκτρικά ουδέτερες όμως στους ζεόλιθους το τετρασθενές πυρίτιο αντικαθίσταται από το τρισθενές αλουμίνιο προκαλώντας ανεπάρκεια θετικής φόρτισης (Mumpton, 1985). Επομένως είναι αρνητικά φορτισμένοι και έλκουν κατιόντα τα οποία και δεσμεύουν στο εσωτερικό τους (Breck, 1974). Έχουν μεγάλη ιοντοανταλλακτική ικανότητα καθώς στη δομή τους έχουν μεγάλους κενούς χώρους από 0,3-0,8nm (Εικόνα 14). Αυτοί οι χώροι επιτρέπουν την είσοδο αλλά και την έξοδο κατιόντων μεγάλων διαστάσεων. Για παράδειγμα οι φυσικοί ζεόλιθοι ανταλλάσσουν ιόντα Na^+ και K^+ με ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} (Laurino and Palmieri, 2015).

Βέβαια, σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον ο κλινοπτιλόλιθος παρουσιάζει μια εκλεκτικότητα ως προς την προσρόφηση των στοιχείων $Cs^+ > NH^+_4 > Pb^{2+} > K^+ > Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > Ba^{2+} > Cu^{2+}, Zn^{2+}$ (Rehakova *et. al.*, 2004).



Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του ζεόλιθου (πηγή: www.gordeszeolite.com)

Η σταθερή δομή του ζεόλιθου τον καθιστά ανθεκτικό στην αποδόμηση και μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για αρκετό χρόνο εφόσον απολυμαίνεται κάθε φορά (Raviv *et al.*, 2002). Μπορεί να δώσει πολύ καλές αποδόσεις στην καλλιέργεια όμως δεν χρησιμοποιείται αυτόνομα ως υπόστρωμα στην καλλιέργεια αλλά με συνδυασμό με άλλα υποστρώματα καθώς η έντονη προσροφητική ικανότητα κατιόντων δημιουργεί ανισορροπίες (Savvas *et al.*, 2004).

Ο ζεόλιθος που χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα στην καλλιέργεια της αγγουριάς ήταν της εταιρείας Zeoprofit Hellas με μέγεθος κόκκων 1,5-2,5mm (Εικόνα 15-16).

Εικόνα 15: Ζεόλιθος της εταιρείας Zeoprofit Hellas

Εικόνα 16: Ζεόλιθος (πηγή: www.ebay.ie)

Στον Πίνακα 18 που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύνθεση των στοιχείων του, η χημική σύνθεση του, οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του και οι ιδιότητες ανταλλαγής των ιόντων του.

Πίνακας 18: Στοιχεία του φυσικού ζεόλιθου του κλινοπτιλολιτικού τύπου (πηγή: Rehakova *et. al*., 2004)

Σύνθεση στοιχείων	
Κλινοπτιλόλιθο	84%
Κριστοβαλίτη	8%
Τάλκη	4%
Πλαγιόκλαστο	3-4%
Ρουτίλιο	0,1-0,3%
Χαλαζία	Ίχνη
Χημική σύνθεση	
SiO2	65,0-71,3%
Al2O3	11,5-13,1%
CaO	2,7-5,2%
K2O	2,2-3,4%
Fe2O3	0,7-1,9%
MgO	0,6-1,2%
Na2O	0,2-1,3%
TiO2	0,1-0,3%
Si/Al	4,8-5,4
Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες	
Θερμοκρασία μαλάκυνσης	1260 ºC
Θερμοκρασία τήξης	1340 ºC
Αντοχή συμπίεσης	33 Mpa
Ειδικό βάρος	2200-2440 kg/m3
Ογκομετρικό βάρος	1600-1800 kg/m3
Χρώμα και οσμή	Γκρι-πράσινο/άοσμο
Πορώδες	24-32%
Μέση διάμετρο πόρων	0,4 nm (4 A˚)
Σχετική πυκνότητα	70%
Φωτεινότητα	70%
Σκληρότητα	1,5-2,5 Mohs
pH	6,8-7,2
Ιδιότητες ανταλλαγής ιόντων	
Συνολική ανταλλαγή	Ca^{2+}: 0,64-0,98 mol/kg
	Mg^{2+}: 0,06-0,19 mol/kg
	K^{+}: 0,22-0,45 mol/kg
	Na^{+}: 0,01-0,19 mol/kg
Μερική ικανότητα ανταλλαγής	NH_4^{+}: 0,70 mol/kg
Συνολική ικανότητα ανταλλαγής	NH_4^{+}: 1,2-1,5 mol/kg

Ο Gul και οι συνεργάτες του, έπειτα από μια έρευνα που διεξήγαγαν, ώστε να αξιολογήσουν τις επιδράσεις του περλίτη και του ζεόλιθου (αναλογίες: 1/0, 3/1, 1/1, 1/3, 0/1, v/v) στην ανάπτυξη και τη θρεπτική κατάσταση των φυτών σε καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca sativa* var. *capitata)*, καθώς και στην ποσότητα των εκροών των

θρεπτικών στοιχείων, συμπέραναν ότι η χρήση του ζεόλιθου οδήγησε σε αυξημένη ανάπτυξη των φυτών, υψηλότερη περιεκτικότητα Αζώτου (N) και Καλίου (K) στους φυτικούς ιστούς και στη μείωση έκπλυσης του Καλίου (K) (Gul *et al*., 2005).

Ζεόλιθος μαζί με περλίτη, σε διάφορες αναλογίες μεταξύ αυτών (1:0, 3:1, 1:1, 1:3, 0:1, v/v) έχουν χρησιμοποιηθεί και σε καλλιέργεια φράουλας και αξιολογήθηκαν ως προς την ποσότητα και την ποιότητα των φρούτων φράουλας (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια φράουλας περιείχε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά με EC 0,9-1,4 dS m^{-1} και pH 5.8. Τα υποστρώματα με αναλογίες περλίτη/ζεόλιθου 3:1 και 1:1 (v/v) παρήγαγαν τον υψηλότερο αριθμό καρπών ανά φυτό, ενώ ο ζεόλιθος 0:1 (v/v) παρήγαγε τον χαμηλότερο αριθμό καρπών. Στην αναλογία υποστρωμάτων περλίτη/ζεόλιθου 1:3 (v/v) ο αριθμός των λουλουδιών, των καρπών, το βάρος των καρπών και η απόδοση/φυτό παρουσίασαν μείωση. Η ανάλυση των φρούτων έδειξε ότι το μέγιστο ξηρό βάρος, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS) και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA) μετρήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη ενώ η υψηλότερη τιμή τιτλοδοτημένων οξέων σημειώθηκε στον ζεόλιθο 0:1 (v/v) και στο μείγμα περλίτη/ζεόλιθου 1:3 (v/v) (Ghazvini *et. al.,* 2007).

Σε καλλιέργεια σπανακιού, όπου στο έδαφος ενσωματώθηκε ζεόλιθος πριν τη σπορά και σε αναλογία 50g m^{-2}, παρατηρήθηκε αύξηση της βλαστικότητας των σπόρων και βελτίωση της παραγωγής, ενώ η εφαρμογή της λίπανσης γινόταν κανονικά μετά το τέλος του σταδίου βλάστησης των σπόρων (Burriesci *et. al.,* 1984).

4.2.1 Ο Ελληνικός ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος με τις περισσότερες και πολύμορφες περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές εφαρμογές είναι ο HEU-type ζεόλιθος (κλινοπτιλόλιθος-ευλανδίτης) (Filippidis, 2010). Ο ζεόλιθος τύπου-HEU, περιέχει μικροπόρους σε πλέγμα 10-μελών και 8-μελών δακτυλίων, διαστάσεων 7,5x3,1 Å, 4,6x3,6 Å και 4,7x2,8 Å (Baerlocher *et al.* 2007). Σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στον τύπο του ζεόλιθου και την περιεκτικότητά του στο πέτρωμα, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στις θέσεις Ρέμα Ντρίστα και Μαύρη Πέτρα στα Πετρωτά Έβρου, Κύριες Τούμπες και Τύμπανο στον Πεντάλοφο Έβρου και πιθανώς κάποιες θέσεις στη Λεκάνη Καρλοβασίου-Μαραθόκαμπου στη Νήσο Σάμο (Πίνακας 19). Στη θέση Ρέμα Ντρίστα Πετρωτών Έβρου το ζεολιθοφόρο κοίτασμα περιέχει κατά μέσο όρο 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU (διακύμανση 84-95% κ.β.) και αποκαλείται ΕΛΦΥΖΕ (Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος). Αυτός ο ΕΛΦΥΖΕ είναι κατάλληλος για χρήση σε πολυάριθμες περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές εφαρμογές (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 19: Περιεκτικότητα σε ζεόλιθο τύπου-HEU (ευλανδίτης-κλινοπτιλόλιθος) τοφικών σχηματισμών Έβρου (πηγή: Τσιραμπίδης και Φιλιππίδης, 2013)

Θέση	Μέση τιμή (% κ.β.)	Ελάχιστο-Μέγιστο (% κ.β.)
Μαύρη Πέτρα Πετρωτών	76	40-90
Ρέμα Ντρίστα Πετρωτών	89	84-95
Κύριες Τούμπες Πενταλόφου	77	40-90
Τύμπανο Πενταλόφου	81	55-95

4.2.1.1 Ορυκτολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου

Ο Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος (ΕΛΦΥΖΕ) κατά μέσο όρο περιέχει 89% κ.β. ζεόλιθο τύπου-HEU (διακύμανση 84-95% κ.β.), 3% κ.β. (μαρμαρυγία + αργιλικά ορυκτά), 5% κ.β. αστρίους και 3% κ.β. (χαλαζία + χριστοβαλίτη) (Πίνακας 20). Οι πινακοειδείς κρύσταλλοι αυτού του ζεόλιθου έχουν μέγεθος 5-25 μm. Χαρακτηριστικά είναι τα shards, τα οποία στο εσωτερικό τους περιέχουν κρυστάλλους ζεόλιθου τύπου-HEU που περιβάλλονται από πολύ λεπτή ζώνη αργιλικών ορυκτών. Ο χημικός τύπος του ζεόλιθου τύπου-HEU είναι $Ca_{1,5}K_{1,4}Mg_{0,6}Na_{0,5}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72}\cdot 20H_2O$. Χημικά ο ΕΛ-ΦΥΖΕ αποτελείται κυρίως από 68,6% κ.β. SiO_2, 11,8% κ.β. Al_2O_3, 2,9% κ.β. K_2O, 2,1% κ.β. CaO, 1,1% κ.β. Na_2O και 0,8% κ.β. MgO. Ο ΕΛΦΥΖΕ έχει την ικανότητα δέσμευσης βακτηρίων, αερίων, ανόργανων, οργανικών και οργανομεταλλικών ενώσεων, καθώς επίσης ρυθμίζει προς το ουδέτερο το pH των όξινων και αλκαλικών υδάτων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 20: Ορυκτολογική σύνθεση του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου ΕΛΦΥΖΕ (Filippidis, 2010)

Στοιχεία	% κ.β.	Στοιχεία	% κ.β.
Ζεόλιθος τύπου-HEU	89	**Συνολικά μικροπορώδη ορυκτά**	92
Μαρμαρυγία και αργιλικά ορυκτά	3		
Αστρίους	5	**Συνολικά μη μικροπορώδη ορυκτά**	8
Χαλαζία και χριστοβαλίτη	3		
Σύνολο	100	**Σύνολο**	100

4.2.1.2 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό αστικών λυμάτων

Η κατεργασία αστικών λυμάτων (αρχικού pH 8,4) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 7,6), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), του διαλυμένου οξυγόνου, του P_2O_5, του NH_4, του NO_3, του Cr, του Mn και του Ni κατά 90-950% (Πίνακας 21). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών. Η ζεολυματολάσπη, είτε παράγεται κατά την κατεργασία αστικών λυμάτων ως ίζημα, είτε με την ανάμειξη ΕΛ-ΦΥΖΕ και

λυματολάσπης, είναι άοσμη και συνεκτική, φιλική προς τα φυτά, το περιβάλλον και τον άνθρωπο, κατάλληλη για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό στις γεωργικές καλλιέργειες, καθώς και για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μίκρο- μέσο- και μάκρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ. Αυτά τα συστατικά δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 21: Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΑΛ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,4	7,6	-10
Χρώμα, mg/L (5)	1311	96	-93
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	266	15	-94
COD: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, mg/L (15)	522	24	-95
Διαλυμένο οξυγόνο, mg/L (0.1)	0,6	6,3	950
P_2O_5, mg/L (0,02)	13,06	0,36	-97
NH_4, mg/L (0,02)	48,50	0,35	-99
NO_3, mg/L (2)	47	4	-91
Cr, mg/L (0,02)	0,20	0,02	-90
Mn, mg/L (0,02)	0,31	0,02	-94
Ni, mg/L (0,02)	0,28	0,02	-93

4.2.1.3 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βαφείου

Η κατεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βαφείου (αρχικού pH 8,6) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 8,0), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), του P_2O_5 και του NH_4 κατά 93-98% (Πίνακας 22). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών. Η ζεολάσπη είναι άοσμη, συνεκτική και κατάλληλη για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μίκρο- μέσο- και μάκρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ. Αυτά τα συστατικά δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 22: Μέσος όρος τιμών ποιότητας σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βαφείου (ΑΥΑΒΑ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΥΑΒΑ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,6	8,0	-7
Χρώμα, mg/L (5)	1264	40	-97
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	127	9	-93

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΥΑΒΑ	ΔΝ	± %
COD: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, mg/L (15)	432	23	-95
P_2O_5, mg/L (0,02)	8,56	0,18	-98
NH_4, mg/L (0,02)	20,05	0,42	-98

4.2.1.4 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στον καθαρισμό βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βυρσοδεψείου

Η κατεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων βυρσοδεψείου (αρχικού pH 8,8) με τον ΕΛΦΥΖΕ (κοκκομετρίας <1,5 mm) έδωσε διαυγές νερό (τελικού pH 7,2), απαλλαγμένο από οσμές και βελτιωμένο στις ποιοτικές παραμέτρους του χρώματος, των αιωρούμενων στερεών και του P_2O_5 κατά 98-99% (Πίνακας 23). Οι τελικές αυτές τιμές του pH και των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών. Η ζεολάσπη είναι άοσμη, συνεκτική και κατάλληλη για ασφαλή απόθεση, εξαιτίας της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μίκρο- μέσο- και μάκρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ. Αυτά τα συστατικά δεν εκπλύνονται με το νερό της βροχής, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 23: Ποιοτικά χαρακτηριστικά σε Αρχικό Υγρό Απόβλητο Βυρσοδεψείου (ΑΥΑΒΥ) και στο Διαυγές Νερό (ΔΝ), μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Παράμετροι (όριο ανίχνευσης)	ΑΥΑΒΥ	ΔΝ	± %
pH (0,1)	8,8	7,2	-18
Χρώμα, mg/L (5)	11200	194	-98
Αιωρούμενα Στερεά, mg/L (5)	1955	24	-99
P_2O_5, mg/L (0,02)	61,97	0,68	-99

4.2.1.5 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στα υδατικά συστήματα

Η προσθήκη του ΕΛΦΥΖΕ στα ύδατα, έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση ανόργανων, οργανικών, οργανομεταλλικών, αερίων, βακτηριδίων (Πίνακας 24), μετάλλων και ραδιονουκλιδίων σε ποσοστό που κυμαίνεται από 20% έως 100%. Ο ΕΛΦΥΖΕ εμπλουτίζει το νερό σε οξυγόνο (οξυγωνούχα ρεύματα) και ρυθμίζει το pH των υδάτων προς το ουδέτερο, αυξάνοντας ή μειώνοντας αυτό, ανάλογα με την οξύτητα ή αλκαλικότητα των υδάτων. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού έκπλυσης που προήλθε από την έκπλυση με απιονισμένο νερό της ζεολυματολάσπης (Πίνακας 25), αποδεικνύουν την καθήλωση των επιβλαβών ουσιών στον ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 24: Ικανότητα απομάκρυνσης κυανοβακτηρίων με τη χρήση του ΕΛΦΥΖΕ (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Κυανοβακτήρια	Συγκέντρωση		
	Αρχική	Μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ	± %
***Colonial Microcystis*, Νερό λίμνης Δοϊράνης (colonies/mL)**	320	157	-51
***Filamentous*, Νερό λίμνης Δοϊράνης (filaments/mL)**	8254	2069	-75
***Chroococcus*, Καλλιέργεια (cells/mL)**	1433751	124373	-91
	478066	36508	-92

Πίνακας 25: Αρχικό Αστικό Λύμα (ΑΑΛ), Διαυγές Νερό (ΔΝ) μετά την κατεργασία με ΕΛΦΥΖΕ και Νερό Έκπλυσης της Ζεολυματολάσπης (ΝΕΖ) (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012

Παράμετροι (Όριο ανίχνευσης)	ΑΑΛ	ΔΝ	± %	ΝΕΖ	± %
pH (0,1)	8,9	7,4	-17	5,6	-37
Χρώμα, mg/L (5)	1470	49	-97	41	-97
Αιωρούμενα στερεά, mg/L (5)	325	<5	-100	<5	-100
Διαλυμένο οξυγόνο, mg/L (0,1)	0,6	6,3	+950	6,3	+950
SO_4, mg/L (0,02)	0,74	<0,02	-100	<0,02	-100
NO_3, mg/L (0,02)	46,50	3,90	-92	3,80	-92
NO_2, mg/L (0,02)	0,11	<0,02	-100	<0,02	-100
Cr, mg/L (0,02)	0,20	<0,02	-100	<0,02	-100
Mn, mg/L (0,02)	0,31	0,02	-94	<0,02	-100
Ni, mg/L (0,02)	0,28	<0,02	-100	<0,02	-100
Cu, mg/L (0,02)	0,05	<0,02	-100	<0,02	-100

4.2.1.6 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στις γεωργικές καλλιέργειες

Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ στις γεωργικές καλλιέργειες, αυξάνει την παραγωγή των γεωργικών προϊόντων κατά 17-66% (Πίνακας 26), βελτιώνει την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων κατά 4-46% (Πίνακας 27), μειώνει τη χρήση λιπασμάτων κατά 56-100%, μειώνει τη χρήση του ύδατος άρδευσης κατά 33-67%, εμποδίζει την έκπλυση και μετακίνηση των επιβλαβών ουσιών από το χερσαίο στο υδάτινο περιβάλλον, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα θερμοκηπίων κ.λπ. (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 26: Αύξηση παραγωγής και βελτίωση ποιότητας των αγροτικών προϊόντων με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012

Αγροτικά προϊόντα	Λίπασμα (kg/στρ.)	Αρδεύσεις		Παραγωγή (kg/στρέμμα)		
		Αριθμός	± %	Χωρίς ΕΛΦΥΖΕ	με ΕΛΦΥΖΕ	± %
Σιτάρι	20	-	-	170		+29
	0	-	-		220	
	10	-	-	70		+57
	0	-	-		110	
Ρύζι	90	-	-	880		+34
	40	-	-		1180	
	120	3	-	800		+50
Καλαμπόκι	0	2	-33		1200	
	0	1	-67		800	±0
Αύξηση παραγωγής						
Τομάτα	48-52%		**Ακτινίδια**		45%	
Σταφύλι	48-66%		**Βαμβάκι**		17%	
Γαρίφαλο	Αύξηση ανθοφορίας: 25%					

Πίνακας 27: Ποιοτικά χαρακτηριστικά τομάτας με προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ σε αγροτικά εδάφη (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Ποιοτικά χαρακτηριστικά τομάτας	χωρίς ΕΛΦΥΖΕ	με ΕΛΦΥΖΕ	± %
Διαλυτά στερεά συστατικά, (%)	4,20	4,35	+4
Βιταμίνη C, (mg/100g)	6,81	8,61	+26
Συνεκτικότητα σάρκας, (kg)	0,619	0,906	+46

4.2.1.7 Χρήση του ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών

Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων αυξάνει την παραγωγή και βελτιώνει την ποιότητα των σχετικών προϊόντων, μειώνει την κατανάλωση τροφής, τις ασθένειες και τη φαρμακευτική αγωγή των ζώων, τη θνησιμότητα των νεογνών, τη δυσοσμία και μετατρέπει την κοπριά σε άοσμο λίπασμα (Πίνακας 28) (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012).

Πίνακας 28: ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων (Φιλιππίδης και Τσιραμπίδης, 2012)

Αγελάδες: 17% αύξηση γαλακτοπαραγωγής
Κοτόπουλα: 7% αύξηση βάρους
Μείωση θνησιμότητας νεογνών
Μετατροπή κοπριάς σε άοσμο λίπασμα
Μείωση φαρμακευτικής αγωγής
Μείωση ασθενειών ζώων
Μείωση δυσοσμίας

Μείωση κατανάλωσης τροφής
Βελτίωση γεύσης και ποιότητας των προϊόντων (κρέας, γάλα, αυγά, κλπ.)

Κεφάλαιο 5ο

Πειραματικός σχεδιασμός - Υλικά και μέθοδοι

Ο σχεδιασμός του πειράματος έγινε με σκοπό να διερευνηθεί η επίδραση ζεόλιθου στην καλλιέργεια τοπικής ποικιλίας αγγουριάς Παλαιοκάτουνου σε συνδυασμό με την δραστική ουσία thiamethoxam για τον έλεγχο του αλευρώδη όπως και της υπολλειματικότητας αυτής, σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα σε διαφορετικά υποστρώματα καλλιέργειας με χρήση περλίτη και ζεόλιθου σε διάφορες αναλογίες.

Το πειραματικό μέρος πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου στη σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων. Συγκεκριμένα, η καλλιέργεια έγινε στο θερμοκήπιο υδροπονίας “Δημήτριος Σάββας” και το αναλυτικό κομμάτι στο εργαστήριο φυτοπαθολογίας.

5.1 Το θερμοκήπιο υδροπονίας

Το θερμοκήπιο όπου πραγματοποιήθηκε το πειραματικό μέρος της μελέτης είναι συνολικής έκτασης 700 τ.μ., με 600 m^2 καλλιεργητικό χώρο και 100 m^2 βοηθητικό χώρο για τα μηχανήματα της εγκατάστασης. Είναι αμφίρρικτο πολλαπλό, καλυμμένο με υαλοπίνακες, με κεντρικό σύστημα θέρμανσης και εξοπλισμένο με σύστημα αυτόματης διαχείρισης της υδρολίπανσης, του κλίματος και της ανακύκλωσης των απορροών. Ο αερισμός γίνεται με πλαϊνά ανοίγματα και ανοίγματα οροφής τα οποία ανάλογα την θερμοκρασία και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ανοιγοκλείνουν κατάλληλα.

Διαθέτει κουρτίνες σκίασης, ώστε να παρέχουν προστασία και να αντανακλούν την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία στο εξωτερικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια κυρίως του καλοκαιριού. Επίσης διαθέτει σύστημα υδρονέφωσης, το οποίο λειτουργεί αυτόματα, είτε όταν αυξάνεται η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου πάνω από κάποιο αποδεκτό όριο, είτε για την αύξηση της σχετικής υγρασίας όταν αυτή έπεφτε κάτω από τα επιθυμητά όρια. Ο καλλιεργούμενος χώρος χωρίζεται σε τρεις ανεξάρτητους, μεταξύ αυτών, τομείς, με 200m^2 έκτασης ο καθένας.

Είναι εξοπλισμένο με αυτοματοποιημένο σύστημα υδρολίπανσης με λειτουργία τόσο σε ανοιχτό όσο και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, ανάλογα την χρήση και τις ανάγκες της εκάστοτε καλλιέργειας.

Τα κυριότερα μέρη του εξοπλισμού από τα οποία αποτελείται η υδροπονική μονάδα του θερμοκηπίου είναι τα εξής:

* Εγκατάσταση παρασκευής θρεπτικού διαλύματος
* Υδροπονική κεφαλή (Εικόνα 17)
* Σύστημα μεταφοράς και εφαρμογής θρεπτικού διαλύματος
* Δίκτυο συλλογής θρεπτικού διαλύματος
* Δεξαμενή συγκέντρωσης θρεπτικού διαλύματος
* Υποδοχείς υποστρωμάτων
* Σύστημα αυτομάτου ελέγχου (Εικόνα 18)

Εικόνα 17: Κεφαλή υδροπονικού συστήματος

Εικόνα 18: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου

Μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή πραγματοποιείται ο έλεγχος των αυτοματισμών και της παρασκευής των θρεπτικών διαλυμάτων, ο οποίος βρίσκεται στο βοηθητικό χώρο του θερμοκηπίου. Διαθέτει λογισμικό της εταιρείας AUTONET, το οποίο έχει δημιουργηθεί για τις εκάστοτε πειραματικές καλλιέργειες στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του ΤΕΙ Ηπείρου.

5.2 Το υδροπονικό σύστημα του θερμοκηπίου και η λειτουργία του

Η παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων γινόταν μέσω του αυτοματοποιημένου συστήματος υδρολίπανσης που διαθέτει το θερμοκήπιο. Ειδικότερα, ο κεντρικός υπολογιστής, μέσω του προγράμματός του και της δυνατότητάς που έχει να μπορεί να φορτώνει εντολές από το Excel (Microsoft Office), δίνει εντολή σε ένα σύστημα με ηλεκτροβάνες και δοχεία με απαραίτητα συστατικά το οποίο δημιουργεί ακριβώς το θρεπτικό διάλυμα που θέλουμε για την θρέψη των φυτών. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς μέσα σε μια κενή στήλη αναμιγνύεται νερό, ένα μέρος αραιού θρεπτικού διαλύματος το οποίο έχει παρασκευαστεί νωρίτερα και προστίθεται με τη βοήθεια ηλεκτρικών δοσομετρικών αντλιών όπως και ένα μέρος πυκνού θρεπτικού διαλύματος το οποίο και αυτό έχει παρασκευαστεί νωρίτερα και που η ποσότητα σε θρεπτικά στοιχεία που έχουν έχει υπολογιστεί ώστε να έχουμε συγκεκριμένη ηλεκτρική αγωγιμότητα και στο τέλος νιτρικό οξύ για να ρυθμιστεί το pH.

Στη συνέχεια εφόσον παραχθεί η απαιτούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος (συνήθως 80lt) το διάλυμα διαχέεται μέσω σωληνώσεων στα κανάλια των πάγκων στα οποία προορίζεται για τη θρέψη των φυτών.

Στη συνέχεια το απορρέον θρεπτικό διάλυμα κατέληγε σε μεγάλα δοχεία συλλογής για την απαραίτητη δειγματοληψία του πειράματος. Το πείραμα έγινε σε ανοιχτό

υδροπονικό σύστημα και έτσι είχαν τοποθετηθεί δοχεία στην απορροή καθώς σε ενδεχόμενο κλειστού θα έπρεπε να γυρνάει το απορρέον θρεπτικό για περαιτέρω επεξεργασία και επαναδημιουργία στην αρχική στήλη ανάμιξης.

5.3 Θρέψη φυτών

Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε διέφερε ως προς τη σύσταση του κατά τη διάρκεια καλλιέργειας του αγγουριού. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος στην αρχή της καλλιέργειας, όπου δόθηκε βάση στην ανάπτυξη των φυτών, παρουσιάζεται στον Πίνακα 29 που ακολουθεί, ενώ κατά το στάδιο της καρποφορίας το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε αναπροσαρμόστηκε, ώστε να καλύψει τις ανάγκες των φυτών και παρουσιάζεται στον Πίνακα 30 που ακολουθεί.

Πίνακας 29: Ο τύπος του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια του αγγουριού στο στάδιο της ανάπτυξης από 24/3/2015 έως 24/5/2015

	Καλλιέργεια αγγουριού			
	Τύπος θρεπτικού διαλύματος: Στάδιο ανάπτυξης			
Selected pumps	**Stock solution**			
	Stock Solution A		**100 lt**	
6A	**Calcium nitrate**	**Νιτρικό ασβέστιο**	**6,690**	**Kg**
	Potassium nitrate	**Νιτρικό κάλιο**	**13,855**	**Kg**
	Ammonium nitrate	**Νιτρικό αμμώνιο**	**1,590**	**Kg**
	Iron chelate	**Χηλικός σίδηρος**	**0,355**	**Kg**
	Stock Solution B		**100 lt**	
7A	**Potassium nitrate**	**Νιτρικό κάλιο**	**0,000**	**Kg**
	Magnesium sulfate	**Θειικό μαγνήσιο**	**3,078**	**Kg**
	Monopotassium phosphate	**Φωσφορικό μονοκάλιο**	**0,000**	**Kg**
	Potassium sulphate	**Θειικό κάλιο**	**1,248**	**Kg**
	Manganese sulphate	**Θειικό μαγγάνιο**	**31**	**gr**
	Zinc sulphate	**Θειικός ψευδάργυρος**	**35**	**gr**
	Copper sulphate	**Θειικός χαλκός**	**4**	**gr**
	Sodium tetraborate	**Βόρακας**	**24**	**gr**
	Ammonium heptamolybdate	**Μολυβδαινικό αμμώνιο**	**2**	**gr**
	Stock Solution of Acid		**100 lt**	
13	**Nitric Acid**	**Νιτρικό οξύ**	**42,21**	**lt**
		Target EC=	**2,20**	**dS/m**
		Target pH=	**5,6**	

Πίνακας 30: Ο τύπος του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια του αγγουριού στο στάδιο της καρποφορίας από 25/5/2015 έως 23/7/2015

	Καλλιέργεια διάφορων κηπευτικών (τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα, αγγουριά, κολοκυθιά, φασολιά)			
	Τύπος θρεπτικού διαλύματος: Στάδιο καρποφορίας			
Selected pumps	**Stock solution**			
	Stock Solution A		**100 lt**	
6A	Calcium nitrate	Νιτρικό ασβέστιο	6,916	Kg
	Potassium nitrate	Νιτρικό κάλιο	0,822	Kg
	Ammonium nitrate	Νιτρικό αμμώνιο	0,128	Kg
	Iron chelate	Χηλικός σίδηρος	0,126	Kg
	Stock Solution B		**100 lt**	
7A	Potassium nitrate	Νιτρικό κάλιο	2,214	Kg
	Magnesium sulfate	Θειικό μαγνήσιο	2,710	Kg
	Monopotassium phosphate	Φωσφορικό μονοκάλιο	1,634	Kg
	Potassium sulphate	Θειικό κάλιο	1,392	Kg
	Manganese sulphate	Θειικό μαγγάνιο	16,90	gr
	Zinc sulphate	Θειικός ψευδάργυρος	8,20	gr
	Copper sulphate	Θειικός χαλκός	2,00	gr
	Sodium tetraborate	Βόρακας	23,84	gr
	Ammonium heptamolybdate	Μολυβδαινικό αμμώνιο	1,20	gr
	Stock Solution of Acid		**100 lt**	
13	Nitric Acid	Νιτρικό οξύ	2,346	lt
		Target EC=	**2,00**	**dS/m**
		Target pH=	**5,6**	

5.4 Καλλιέργεια αγγουριάς

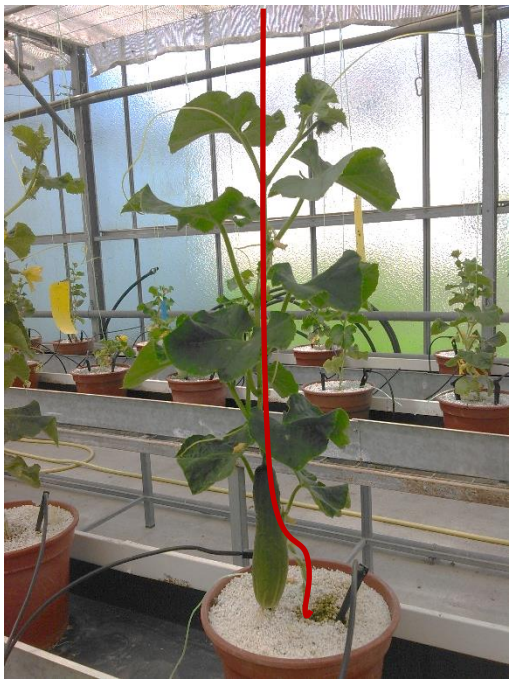
Οι σπόροι αγγουριού της καλλιεργούμενης ποικιλίας Παλαιοκάτουνου αναπτύχθηκαν μέχρι το στάδιο του 4^{ου} πραγματικού φύλλου, σε δίσκους σποράς 45 θέσεων και σε υπόστρωμα τύρφης-περλίτη σε αναλογία 2:1 (Εικόνα 19)

Εικόνα 19: Σπορείο με φυτά αγγουριάς 22 ημερών (Φωτογραφία: Τομπουλίδης Παύλος)

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου τα φυτά ποτίζονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα με νερό αλλά και με θρεπτικό διάλυμα (Τύπος θρεπτικού διαλύματος: Στάδιο ανάπτυξης-Πίνακας 29). Όταν τα φυτά έφτασαν στο στάδιο των 4 πραγματικών φύλλων, μεταφυτεύτηκαν σε γλάστρες των 4 λίτρων.

5.5 Υποστύλωση - κλάδεμα αγγουριάς

Στην παρούσα καλλιέργεια προτιμήθηκε το σύστημα υποστύλωσης με κατακόρυφο σπάγκο (Εικόνα 20). Τα φυτά αναπτύχθηκαν γύρω από πλαστικό σπάγκο, ο οποίος με το ένα άκρο δέθηκε στη βάση των φυτών με σταθερότητα και με το άλλο άκρο δέθηκε στο οριζόντιο σύρμα υποστήριξης του θερμοκηπίου. Όταν τα φυτά έφταναν στο οριζόντιο σύρμα υποστήριξης γινόταν ελαφρά μετακίνηση της βάσης των φυτών πάνω στα κανάλια απορροής των πάγκων του θερμοκηπίου με ταυτόχρονη μετακίνηση των κορυφών των φυτών κατά μήκος του σύρματος υποστήριξης.



Εικόνα 20: Σύστημα υποστύλωσης με κατακόρυφο σπάγκο (το κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύει τον σπάγκο)

Στο συγκεκριμένο πείραμα δεν έγιναν κλαδέματα διαμόρφωσης και καρποφορίας καθώς έγινε χρήση εγχώριας ποικιλίας αγγουριάς και όχι εμπορικής ποικιλίας και προτιμήθηκε η ελεύθερη ανάπτυξη του φυτού.

5.6 Μεταχειρίσεις - αναλογίες υποστρωμάτων

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο μεσαίο τομέα του χώρου καλλιέργειας του θερμοκηπίου και από τις 12 ανεξάρτητες πειραματικές μονάδες που διαθέτει, χρησιμοποιήθηκαν οι 9, με συνολικά 18 κανάλια, όπου τοποθετήθηκαν 180 φυτά αγγουριάς συνολικά (10 φυτά/κανάλι). Ο κάθε πάγκος έφερε 2 κανάλια καλλιέργειας μήκους 5m και πλάτους 0,25m το καθένα.

Εγκαταστάθηκαν τρεις μεταχειρίσεις οι οποίες προέκυψαν από τα υποστρώματα που είχαν επιλεγεί (περλίτης, ζεόλιθος) για την εγκατάσταση της καλλιέργειας και σε αναλογίες μεταξύ αυτών. Πιο αναλυτικά, οι μεταχειρίσεις, οι αναλογίες μεταξύ των υποστρωμάτων και οι αντίστοιχοι μάρτυρες παρουσιάζονται στον Πίνακα 31 που ακολουθεί:

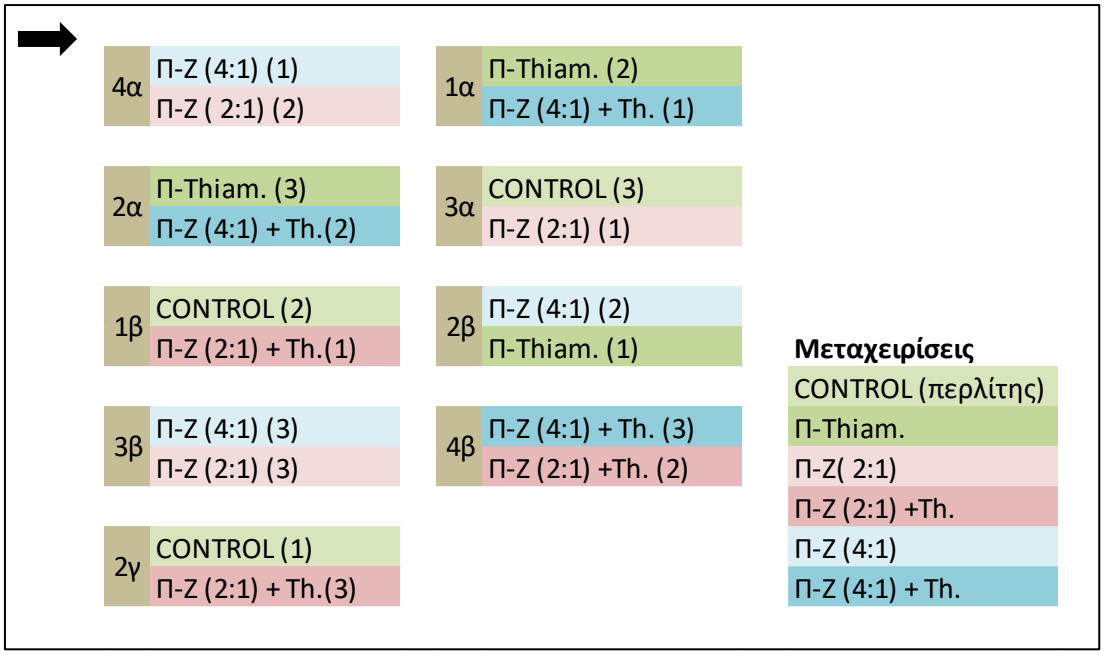
Πίνακας 31: Οι μεταχειρίσεις της καλλιέργειας αγγουριάς, οι αναλογίες των υποστρωμάτων και οι αντίστοιχοι μάρτυρες

Μεταχειρίσεις	Αναλογία	Αριθμός γλαστρών
Περλίτης (μάρτυρας)	100%	30
Περλίτης (thiamethoxam)	100%	30
Περλίτης-Ζεόλιθος 2:1 (μάρτυρας)	2:1	30
Περλίτης-Ζεόλιθος 2:1 (thiamethoxam)	2:1	30
Περλίτης-Ζεόλιθος 4:1 (μάρτυρας)	4:1	30
Περλίτης-Ζεόλιθος 4:1 (thiamethoxam)	4:1	30

Η τοποθέτηση τους έγινε με τυχαιοποίηση στα κανάλια των πάγκων (1α, 2α, 3α, 4α, 1β, 2β, 3β, 4β, 2γ) (Εικόνα 21) ώστε να μπορούμε να πάρουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα από την ανάπτυξη των φυτών καθώς η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία διαφέρει σε διάφορα σημεία του θερμοκηπίου. Συνολικά είχαμε 3 μεταχειρίσεις και τους αντίστοιχους μάρτυρες και από τρεις επαναλήψεις σε κάθε μια μεταχείριση και μάρτυρα ξεχωριστά (Πίνακας 32).

Πίνακας 32: Οι 3 μεταχειρίσεις του πειράματος και οι αντίστοιχοι μάρτυρες

Κωδικό όνομα	Μεταχειρίσεις
CONTROL	Περλίτης (μάρτυρας)
Π-Thiam.	Περλίτης με εφαρμογή thiamethoxam
Π-Ζ(2:1)	Περλίτης-Ζεόλιθος σε αναλογία 2:1 (μάρτυρας)
Π-Ζ (2:1) +Th.	Περλίτης-Ζεόλιθος σε αναλογία 2:1 με εφαρμογή thiamethoxam
Π-Ζ (4:1)	Περλίτης-Ζεόλιθος σε αναλογία 4:1 (μάρτυρας)
Π-Ζ (4:1) + Th.	Περλίτης-Ζεόλιθος σε αναλογία 4:1 με εφαρμογή thiamethoxam



Εικόνα 21: Σχηματική απεικόνιση μεταχειρίσεων

5.7 Πειραματική προσέγγιση

5.7.1 Χρονική περίοδος του πειράματος

Το πειραματικό μέρος της έρευνας, για την επίδραση του ζεόλιθου στην ανάπτυξη εγχώριας ποικιλίας αγγουριού και στην συμπεριφορά (υπολλειματικότητα) του thiamethoxam σε υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια για τον έλεγχο του αλευρώδη, πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο υδροπονίας του ΤΕΙ Ηπείρου και διήρκησε περίπου 6 μήνες. Η διαδικασία του πειράματος ξεκίνησε στις 12/1/2015, όπου έγινε η φύτευση των σπόρων σε δίσκους σποράς και ολοκληρώθηκε στις 24/7/2015, όπου έγινε η αφαίρεση και η συλλογή όλων των φυτών από όλες τις μεταχειρίσεις για την μέτρηση του νωπού βάρους των βλαστών και των ριζών. Επίσης, κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες απορροής, μετρήσεις του νωπού βάρους των καρπών και μετρήσεις του πληθυσμού του Αλευρώδη. Ο Πίνακας 33 που ακολουθεί παρουσιάζει το χρονοδιάγραμμα των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Πίνακας 33: Χρονοδιάγραμμα εργασιών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος

Ημερομηνίες	Εργασίες πειράματος
12/1/2015	Φύτευση σπόρων αγγουριάς
24/3/2015	Μεταφύτευση φυτών αγγουριάς
29/4/2015	1η μέτρηση Αλευρώδη
3/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - Ημέρα Εφαρμογής δ.ο.
4/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 1η ημέρα
5/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 2η ημέρα
6/5/2015	2η μέτρηση Αλευρώδη

Ημερομηνίες	Εργασίες πειράματος
7/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 4η ημέρα
11/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 8η ημέρα
13/5/2015	3η μέτρηση Αλευρώδη / Μ.Ν.Β.Κ.
19/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 16η ημέρα
20/5/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
22/5/2015	4η μέτρηση Αλευρώδη
27/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 24η ημέρα
29/5/2015	5η μέτρηση Αλευρώδη / Μ.Ν.Β.Κ.
3/6/2015	6η μέτρηση Αλευρώδη
4/6/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 32η ημέρα
10/6/2015	7η μέτρηση Αλευρώδη / Δ.Α. 2ης εφ. - Ημέρα Εφαρμογής δ.ο.
11/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 1η ημέρα
12/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 2η ημέρα
14/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 4η ημέρα
17/6/2015	8η μέτρηση Αλευρώδη
18/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 8η ημέρα
22/6/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
24/6/2015	9η μέτρηση Αλευρώδη / Μ.Ν.Β.Κ.
26/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 16η ημέρα
29/6/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
1/7/2015	10η μέτρηση Αλευρώδη
3/7/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
4/7/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 24η ημέρα
6/7/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
10/7/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
12/7/2015	Δ.Α. 2ης εφ., - 32η ημέρα
13/7/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
17/7/2015	Μ.Ν.Β.Κ.
23/7/2015	Αφαίρεση βλαστών
24/7/2015	Αφαίρεση ριζών

Δ.Α.=Δείγμα απορροής
Μ.Ν.Β.Κ.= Μετρήσεις νωπού βάρους καρπών

5.7.2 Εφαρμογή thiamethoxam

Για την φυτοπροστασία και τον έλεγχο του πληθυσμού του αλευρώδη χρησιμοποιήθηκε η δραστική ουσία thiamethoxam με το εμπορικό σκεύασμα Actara 25 WG με σύνθεση 25% thiamethoxam, 98% καθαρότητας -Syngenta Crop Protection AG- (Εικόνα 22) και σε δοσολογία 0,15gr/L ή 150ppm Actara με 36,75ppm καθαρής δραστικής ουσίας. Η κάθε εφαρμογή της δραστικής ουσίας γινόταν ανά φυτό αγγουριάς σε δύο δόσεις των 50ml με ριζοπότισμα (100ml σύνολο), δηλαδή 0,0075gr/δόση και 0,015gr ή 3,675mg καθαρής δραστικής ουσίας στη συνολική συγκέντρωση/φυτό. Στον πειραματικό σχεδιασμό η εφαρμογή του thiamethoxam έγινε δύο φορές με διαφορά 38 ημερών της πρώτης εφαρμογής από την δεύτερη (Πίνακας 34).

Πίνακας 34: Εφαρμογές της δραστικής ουσίας thiamethoxam στην καλλιέργεια του αγγουριού

Εφαρμογές thiamethoxam	Ημερομηνίες εφαρμογών
Εφαρμογή 1	3/5/2015
Εφαρμογή 2	10/6/2015

Εικόνα 22: Φυτοπροστατευτικό προϊόν (εντομοκτόνο) ACTARA 25 WG της εταιρείας Syngenta (πηγή: www.ebay.co.uk)

5.7.3 Συχνότητες δειγματοληψιών διαλύματος απορροής

Για την μελέτη της κινητικής της δραστικής ουσίας thiamethoxam στο διάλυμα απορροής στις μεταχειρίσεις του πειράματος, έγιναν οι εξής δειγματοληψίες ανά εφαρμογή (2 συνολικά εφαρμογές): Ημέρα εφαρμογής,1^{η} ημέρα, 2^{η} ημέρα, 4^{η} ημέρα, 8^{η} ημέρα, 16^{η} ημέρα, 24^{η} ημέρα και 32^{η} ημέρα μετά από την ημέρα εφαρμογής (Πίνακας 35). Για την καλύτερη απορρόφηση του φυτοφαρμάκου γινόταν διακοπή της άρδευσης αργά το απόγευμα της προηγούμενης ημέρας από την ημέρα εφαρμογής και η άρδευση ξεκινούσε 3 ώρες μετά και τη δεύτερη δόση των 50ml.

Πίνακας 35: Χρόνος - ημέρες δειγματοληψιών του διαλύματος απορροής 1ης και 2ης εφαρμογής για την ανίχνευση των υπολειμμάτων του thiamethoxam

Ημερομηνίες	Χρόνος - ημέρες δειγματοληψιών 1ης και 2ης εφαρμογής
3/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - Ημέρα Εφαρμογής
4/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 1η ημέρα
5/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 2η ημέρα
7/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 4η ημέρα
11/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 8η ημέρα
19/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 16η ημέρα
27/5/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 24η ημέρα
4/6/2015	Δ.Α. 1ης εφ. - 32η ημέρα
10/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - Ημέρα Εφαρμογής

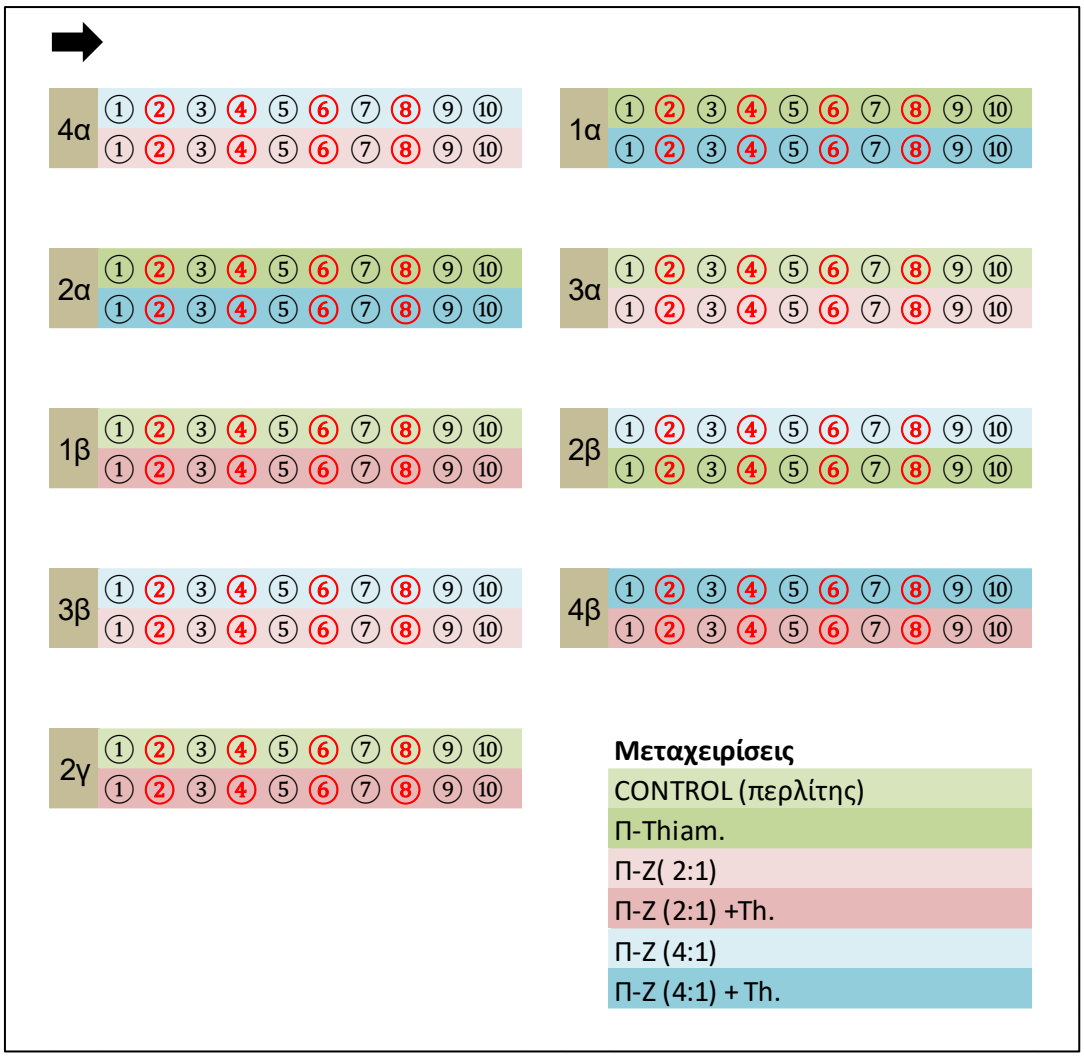
Ημερομηνίες	Χρόνος - ημέρες δειγματοληψιών 1ης και 2ης εφαρμογής
11/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 1η ημέρα
12/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 2η ημέρα
14/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 4η ημέρα
18/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 8η ημέρα
26/6/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 16η ημέρα
4/7/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 24η ημέρα
12/7/2015	Δ.Α. 2ης εφ. - 32η ημέρα

5.7.4 Μετρήσεις πληθυσμού του Αλευρώδη

Μετρήσεις επίσης έγιναν και στον Αλευρώδη (στο στάδιο της προνύμφης, κάτω επιφάνεια των φύλλων), ώστε να καταγραφεί η διακύμανση του πληθυσμού του κατά τη διάρκεια του πειράματος και την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς την επίδραση του ζεόλιθου σε συνδυασμό με τις εφαρμογές της δραστικής ουσίας thiamethoxam για τον έλεγχο του. Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 36 και η Εικόνα 23, όπου παρουσιάζουν τις ημερομηνίες μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και τις ακριβείς θέσεις μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη, αντίστοιχα.

Πίνακας 36: Μετρήσεις πληθυσμού Αλευρώδη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος

Ημερομηνίες	Μετρήσεις πληθυσμού Αλευρώδη (προνύμφες)
29/4/2015	1η μέτρηση Αλευρώδη
6/5/2015	2η μέτρηση Αλευρώδη
13/5/2015	3η μέτρηση Αλευρώδη
22/5/2015	4η μέτρηση Αλευρώδη
29/5/2015	5η μέτρηση Αλευρώδη
3/6/2015	6η μέτρηση Αλευρώδη
10/6/2015	7η μέτρηση Αλευρώδη
17/6/2015	8η μέτρηση Αλευρώδη
24/6/2015	9η μέτρηση Αλευρώδη
1/7/2015	10η μέτρηση Αλευρώδη



Εικόνα 23: Θέσεις μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη (οι αριθμοί 2, 4, 6, 8 σε κόκκινο κύκλο είναι οι θέσεις μέτρησης του πληθυσμού του Αλευρώδη)

5.8 Αναλυτική προσέγγιση - Υλικά κα μέθοδοι

5.8.1 Αντιδραστήρια - Υλικά - Διαλύτες - Εξοπλισμός

Για την υλοποίηση της αναλυτικής διαδικασίας για την ανίχνευση των υπολειμμάτων του thiamethoxam σε δείγματα απορροής της υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

* Μεθανόλη Methanol (pestiscan), καθαρότητας 99.9% της εταιρείας Lab-scan.
* Δις απεσταγμένο νερό HPLC - grade της Merk
* C18 sorbent της Agilent Technologies
* PE frits των 6ml
* SPE tube των 6ml
* Φίλτρο GN-6 Metricel Grid 47mm 0,45μm
* Αέριο άζωτο (N)
* Αναλυτικός ζυγός της Precikta XT120A,D99-09-030.
* Συσκευή δημιουργίας ρεύματος αζώτου
* Μηχανικός αναδευτήρας Vortex

* Θερμαινόμενος μαγνητικός αναδευτήρας VELP Scientifica
* Φιαλίδια των 2ml για χρωματογράφο
* Χρωματογράφος HPLC-DAD (Jasco 2000), αποτελούμενος από τα εξής μέρη:
    1. PU-2089 Plus, Quaternary gradient pump
    2. AS-2055 Plus, Intelligent sampler
    3. UV-2070 Plus, Intelligent UV/VIS Detector
    4.Στήλη C8 - Agilent (4,6mm x 150mm x 5μm)

5.8.2 Συνθήκες λειτουργίας του χρωματογράφου - χρόνοι κατακράτησης

Για την ανάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της Χρωματογραφίας Αντίστροφης Φάσης (Reversed Phase Chromatography), όπου σε αυτή την περίπτωση η στατική φάση είναι η λιγότερο πολική, με συνέπεια να εκλούονται πρώτες οι πιο πολικές ενώσεις.

Για τη σύσταση της κινητής φάσης χρησιμοποιήθηκε η βαθμιδωτή έκλουση (gradient elusion), ώστε να αυξηθεί η απόδοση του διαχωρισμού της προς μελέτη ένωσης. Η βαθμιδωτή έκλουση μειώνει σημαντικά τον 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 που χρησιμοποιήθηκε ήταν μίγμα ακετονιτριλίου και δις απεσταγμένου νερού υγρής χρωματογραφίας. Μετά την έναρξη της έκλουσης, ο λόγος των διαλυτών μεταβαλλόταν κατά τρόπο προγραμματισμένο, όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 37 που ακολουθεί.

Πίνακας 37: Πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης

Time	Flow (ml/min)	Acetonitrile (%)	Water HPLC (%)
0	0,5	10	90
3	0,5	20	80
10	0,5	50	50
18	0,5	10	90

Ο όγκος έκχυσης του δείγματος ήταν 20μl, ο ρυθμός ροής 0,5ml/min και ο UV ανιχνευτής λειτουργούσε στα 253nm.

Η ποσοτική ανάλυση του φυτοφαρμάκου έγινε με τη χρήση εσωτερικού προτύπου (internal standard) και ο υπολογισμός της άγνωστης συγκέντρωσης C στο δείγμα μιας ένωσης X, υπολογίζεται με βάση την εξίσωση:

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

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 εμβαδόν της υπό ανάλυσης ένωσης
C_S= η συγκέντρωση του εσωτερικού προτύπου
ES= το εμβαδόν του εσωτερικού προτύπου
RRF= σχετικός παράγοντας απόκρισης (Relative Response Factor)

Ο συντελεστής RRF υπολογίζεται από διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης της υπό ανάλυσης ένωσης (X) και του εσωτερικού προτύπου (IS), με βάση την εξίσωση:

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

Η μέθοδος προσδιορισμού της συγκέντρωσης του φυτοφαρμάκου με την 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, καθώς και από πιθανές απώλειες στη στήλη του χρωματογράφου.

5.8.3 Μέθοδος υγρής-στερεής εκχύλισης

Κατά τη μέθοδο της υγρής-στερεής εκχύλισης (solid-phase extraction) το υδατικό δείγμα διέρχεται μέσω προσροφητικού υλικού το οποίο συγκρατεί τις προς ανάλυση ενώσεις. Το προσροφητικό υλικό μπορεί να περιέχεται είτε σε μικροστήλες εκχύλισης, είτε σε δίσκους στους οποίους έχει ενσωματωθεί σε πολυμερική μεμβράνη. Στη συνέχεια οι ενώσεις εκλούονται με τη χρήση μικρής ποσότητας οργανικού διαλύτη.

Η μέθοδος υγρής-στερεής εκχύλισης περιλαμβάνει τέσσερα στάδια (Handley and McDowall, 1999): α) Την ενεργοποίηση του προσροφητικού υλικού η οποία γίνεται με ένα ή δύο διαλύτες με σκοπό τον καθαρισμό από ξένες ύλες που μπορεί να υπάρχουν και την διάνοιξη των αλυσίδων C8 και C18 που υπάρχουν για μεγαλύτερη δραστική επιφάνεια. Στη συνέχεια γίνεται προσθήκη νερού HPLC για να απομακρυνθούν οι διαλύτες και να είναι έτοιμο για την διαδικασία ανάλυσης. β) Πέρασμα δείγματος. γ) Διέλευση νερού ή κάποιου διαλύτη για την απομάκρυνση ουσιών από τους αναλύτες που μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στην ανάλυση. δ) Την έκλουση των αναλυτών από το προσροφητικό υλικό με κατάλληλο διαλύτη.

5.8.4 Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων θρεπτικού διαλύματος και διαλύματος απορροής

- Ξεπάγωμα του δείγματος, μεταφορά σε ογκομετρικό κύλινδρο, προσθήκη μαγνήτη και τοποθέτηση στη συσκευή θερμενόμενης μαγνητικής ανάδευσης για 10’.
- Δημιουργία ενός φίλτρου κατακράτησης για το φυτοφάρμακο με τον ακόλουθο τρόπο. Ζύγιση 500mg C18. Στη συνέχεια τοποθέτηση ενός μικρού φίλτρου (PE frits των 6ml) σε ένα στυλάκι (SPE tube των 6ml), προσθήκη 500mg C18 και τοποθέτηση ένα ακόμα μικρού φίλτρου (PE frits των 6ml).
- Εκχύλιση του δείγματος σε κωνική φιάλη με χρήση φίλτρου GN-6 Metricel Grid 47mm 0,45μm (φωτογραφία) στην κορυφή της κωνικής φιάλης.

- Προσθήκη 2ml MeOH και 2ml HPLC Water διαδοχικά για ενεργοποίηση των 500mg C18 που υπάρχουν στο φίλτρο, προσθήκη των 50ml καθαρού δείγματος σιγά σιγά και προσθήκη 2ml HPLC Water.
- Το φίλτρο αφήνεται να στεγνώσει για μία ώρα.
- Τοποθέτηση ενός δοκιμαστικού σωλήνα μέσα στην κωνική φιάλη με τέτοιο τρόπο ώστε το στόμιο της να υποδεχθεί την κατάληξη του φίλτρου και προσθήκη της υπόλοιπης μεθανόλης.
- Προσθήκη 2ml και 2ml σιγά σιγά στο φίλτρο τα οποία καταλήγουν στο δοκιμαστικό σωλήνα.
- Συμπύκνωση των 4ml που έχουν προκύψει (τελικό δείγμα), με αέριο άζωτο μέχρι ξηρού, προσθήκη 600ml MeOH και ανάδευση στη συσκευή Vortex.
- Τοποθέτηση του μείγματος που έχει προκύψει σε φιαλίδια των 2ml και ανάλυση στον χρωματογράφο.

5.9 Στατιστική ανάλυση

Το στατιστικό προγράμματος S.P.S.S. χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραμέτρων ανάπτυξης των φυτών. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που αφορούν την παραγωγή σε καρπό, το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους των φυτών και των ριζών, και του αριθμού των προνυμφών του αλευρώδη, πραγματοποιήθηκε απλή ανάλυση διασποράς (one way ANOVA) ενώ για το διαχωρισμό των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (L.S.D., Least Significant Difference) για επίπεδο σημαντικότητας 5% (p=0.05).

5.10 Προσδιορισμός των υπολειμμάτων της δραστικής ουσίας thiamethoxam

Ο έλεγχος της γραμμικότητας, δηλαδή της συσχέτισης του χρωματογραφικού σήματος και των αντίστοιχων συγκεντρώσεων προτύπων διαλυμάτων του thiamethoxam, που εμβολιάσθηκαν σε τυφλά εκχυλίσματα νερού απορροής, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel και υπολογίσθηκε η εξίσωση της ευθείας παλινδρόμησης (Πίνακας 38).

Πίνακας 38: Οι εξισώσεις και ο συντελεστής συσχέτισης R^2 όπως υπολογίστηκε μέσω του Microsoft Excel της μελετούμενης δραστικής ουσίας thiamethoxam σε εκχυλίσματα νερού απορροής

Εφαρμογές	Εξίσωση	R^2
1η εφαρμογή thiamethoxam	y=44,214x+2,5581	0,9945
2η εφαρμογή thiamethoxam	y=38,49x+15,695	0,9921

Κεφάλαιο 6ο

Αποτελέσματα - Συζήτηση

6.1 Συμπεριφορά του thiamethoxam στο διάλυμα απορροής

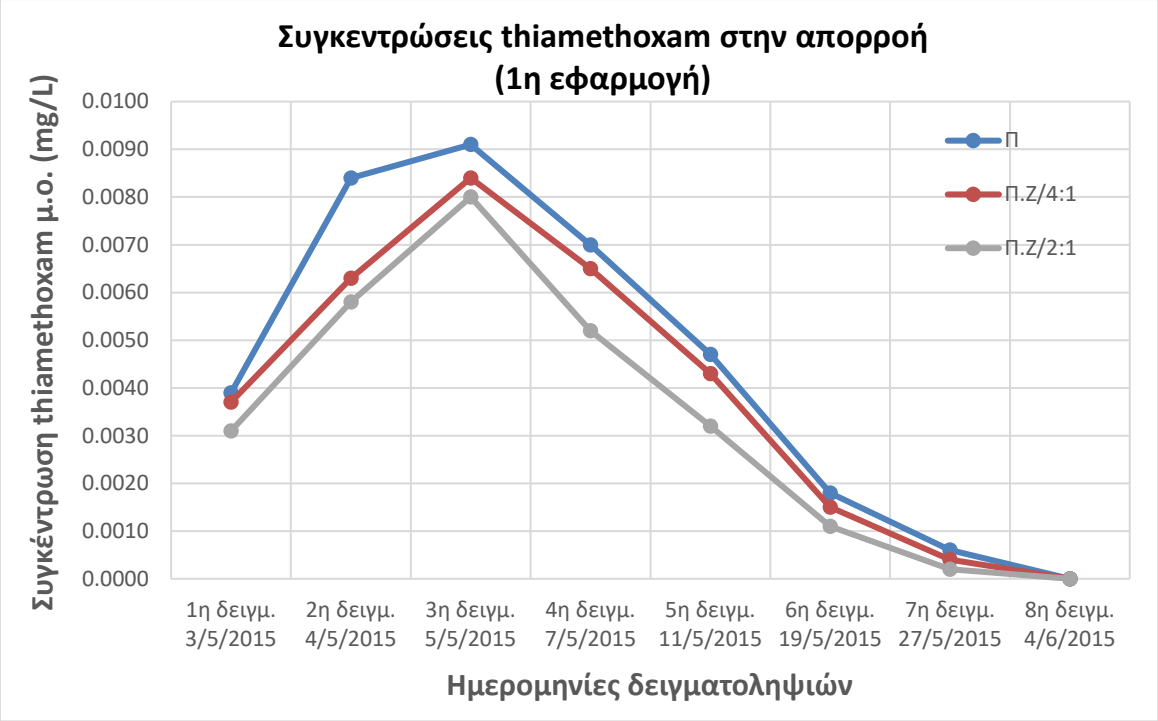
6.1.1 Συμπεριφορά του thiamethoxam μετά την 1η εφαρμογή του

Στον Πίνακα 39 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων του thiamethoxam (mg/L) στο θρεπτικό διάλυμα της απορροής όλων των μεταχειρίσεων για το σύνολο των δειγματοληψιών (8 δειγματοληψίες/μεταχείριση) που πραγματοποιήθηκαν κατά τη χρονική περίοδο 32 ημέρων, από 3/5/2015 (ημέρα 1ης εφαρμογής του thiamethoxam-1η δειγματοληψία) μέχρι και 4/6/2015 (32 ημέρα-8η δειγματοληψία). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 72 δειγματοληψίες και για κάθε δειγματοληψία δίνεται ο μέσος όρος των 3 επαναλήψεων της κάθε μεταχείρισης.

Πίνακας 39: Συγκεντρώσεις του thiamethoxam (μ.ο.) mg/L ανά μεταχείριση μετά την 1η εφαρμογή της δραστικής ουσίας

Χρόνος μετά από την 1η εφαρμογή της δ.ο.			Συγκέντρωση thiamethoxam (μ.ο.) mg/L		
Ημέρες από 1η εφ.	Δειγματοληψίες	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Π	Π.Ζ/4:1	Π.Ζ/2:1
0*	1η δειγμ.	3/5/2015	0,0039	0,0037	0,0031
1	2η δειγμ.	4/5/2015	0,0084	0,0063	0,0058
2	3η δειγμ.	5/5/2015	0,0091	0,0084	0,0080
4	4η δειγμ.	7/5/2015	0,0070	0,0065	0,0052
8	5η δειγμ.	11/5/2015	0,0047	0,0043	0,0032
16	6η δειγμ.	19/5/2015	0,0018	0,0015	0,0011
24	7η δειγμ.	27/5/2015	0,0006	0,0004	0,0002
32	8η δειγμ.	4/6/2015	0 (Δ.Α.)	0 (Δ.Α.)	0 (Δ.Α.)

*Ημέρα εφαρμογής της δραστικής ουσίας thiamethoxam
Δ.Α.=Δεν ανιχνεύτηκε



Γράφημα 1: Καμπύλη κινητικής του thiamethoxam στο διάλυμμα απορροής μετά την 1η εφαρμογή του

Από το Γράφημα 1 διαπιστώνεται ότι οι συγκεντρώσεις της υπολειμματικότητας του thiamethoxam κατά την 1η δειγματοληψία (3/5/2015) που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την 1η εφαρμογή της δραστικής ουσίας στις συλλεγόμενες ποσότητες της 1ης απορροής στο τέλος του κάθε καναλιού άρδευσης (δοχείο απορροής), κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια χαμηλά επίπεδα και στις τρεις μεταχειρίσεις (Π=0,0039mg/L, Π.Ζ/4:1=0,0037mg/L, Π.Ζ/2:1=0,0031mg/L). Κατά την 2η δειγματοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε μετά από 24 ώρες, η συγκέντρωση του thiamethoxam αυξήθηκε πολύ περισσότερο στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη (0,0084mg/L) σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (0,0063mg/L) και με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 (0,0058mg/L). Κατά την 3η δειγματοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε μετά από 48 ώρες παρατηρήθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση υπολειμμάτων thiamethoxam στην μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη (0,0091mg/L) σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (0,0084mg/L) και με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 (0,0080mg/L).

Στις επόμενες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν παρατηρείται μια σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων του thiamethoxam και στις τρεις μεταχειρίσεις. Στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 όπως συνέβη και στις 3 πρώτες δειγματοληψίες, παρατηρήθηκαν οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις thiamethoxam κατά τη διάρκεια των επόμενων δειγματοληψιών, μέχρι και την 7η δειγματοληψία (27/5/2015), σε σχέση με την μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη (Π) που παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις thiamethoxam. Οι συγκεντρώσεις υπολειμμάτων του Thiamethoxam στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 κυμάνθηκαν σε ενδιάμεσα επίπεδα σε σχέση με τις άλλες δυο μεταχειρίσεις.

Τα παραπάνω αποτελέσματα φανερώνουν ότι το Thiamethoxam σε όλες τις μεταχειρίσεις παρουσιάζει τα μεγαλύτερα επίπεδα συγκεντρώσεων στο διάλυμμα απορροής μετά από 48 ώρες από την εφαρμογή του και αυτό είναι αναμενόμενο αφού αν και υδροπονικό σύστημα είναι ανοικτό, συνεχίζουν τα κανάλια στα υποστρώματα στην περιοχή της ριζόσφαιρας να κατακρατούν σημαντικές ποσότητες θρεπτικού διαλύματος με το εφαρμοζόμενο φυτοφάρμακο. Στη συνέχεια όλο και περισσότερη ποσότητα της δραστικής ουσίας thiamethoxam είτε προσλαμβάνεται από τα φυτά είτε ξεπλένεται με το νέο εισερχόμενο στα κανάλια καλλιέργειας θρεπτικό διάλλυμμα, το οποίο αραιώνεται και στη συνέχεια απορρέει εκτός υδροπονικού συστήματος. Μετά την 8^{η} δειγματοληψία (32 ημέρες από την εφαρμογή του φυτοφαρμάκου) σε καμία μεταχείριη δεν ανιχνεύτηκαν υπολείμματά του.

Από την συμπεριφορά του thiamethoxam στις 2 μεταχειρίσεις όπου στο υπόστρωμα υπήρχε και ζεόλιθος σε σχέση με την μεταχείριση όπου εφαρμόστηκε και υπήρχε μόνο περλίτης, φαίνεται ότι ο ζεόλιθος συμπεριφέρεται στο φυτοφάρμακο όπως στα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, δηλ. το δεσμεύει προσροφώντας το και στη συνέχεια το εκροφά σταδιακά, μειώνοντας τις απώλειές του στο διάλυμμα απορροής, όπως πρατηρήθηκε στη δέσμευση και μείωση των απωλειών του Καλίου (K) σε ανάλογη περίπτωση (Gul *et al*., 2005). Η ίδια μελέτη έδειξε ότι η συγκράτηση των θρεπτικών στοιχείων -άρα και οι απώλειες στο διάλυμμα απορροής- είναι πολύ μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του ζεόλιθου στο μίγμα του υποστρώματος. Από την κινητική του Thiamethoxam στις μεταχειρίσεις του πειράματος διαπιστώνεται ίδια συμπεριφορά όπως αυτές των θρεπτικών στοιχείων, δηλ. στην μεταχείριση Π.Ζ/2:1 οι απώλειες της δ.ο. είναι πολύ μικρότερες σε όλη την περίοδο δειγματοληψίας σε σχέση με την μεταχείριση Π.Ζ/4:1 και πολύ μικρότερες σε σχέση με την μεταχείριση του μάρτυρα όπου ως υπόστρωμα υπήρχε μόνο περλίτης.

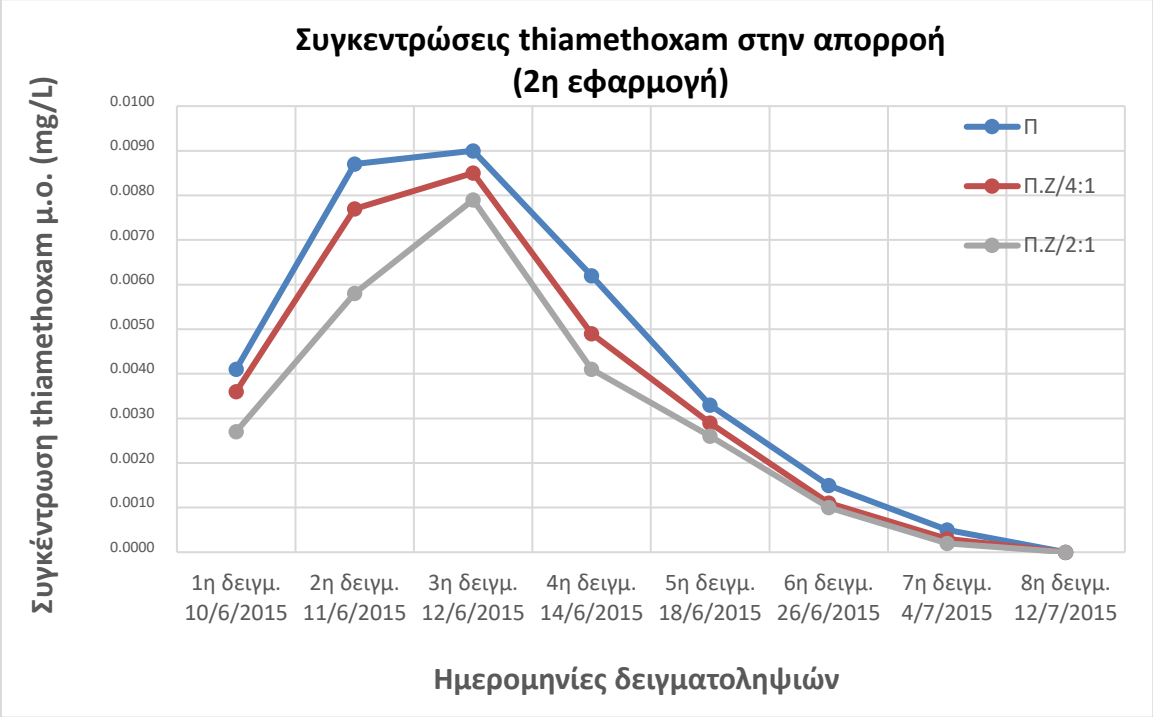
6.1.2 Συμπεριφορά του thiamethoxam μετά την 2^{η} εφαρμογή του

Στον Πίνακα 40 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων του thiamethoxam (mg/L) στο θρεπτικό διάλυμα της απορροής όλων των μεταχειρίσεων για το σύνολο των δειγματοληψιών (8 δειγματοληψίες/μεταχείριση) που πραγματοποιήθηκαν κατά τη χρονική περίοδο 32 ημέρων, από 10/6/2015 (ημέρα 2^{ης} εφαρμογής του thiamethoxam-1^{η} δειγματοληψία) μέχρι και 12/7/2015 (32^{η} ημέρα-8^{η} δειγματοληψία). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 72 δειγματοληψίες και για κάθε δειγματοληψία δίνεται ο μέσος όρος των 3 επαναλήψεων της κάθε μεταχείρισης.

Πίνακας 40: Συγκεντρώσεις του thiamethoxam (μ.ο.) mg/L ανά μεταχείριση μετά την 2η εφαρμογή της δραστικής ουσίας

Χρόνος μετά από την 2η εφαρμογή της δ.ο.				Συγκέντρωση thiamethoxam (μ.ο.) mg/L		
Ημέρες από 2η εφ.	Ημέρες από 1η εφ.	Δειγματοληψίες	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Π	Π.Ζ/4:1	Π.Ζ/2:1
0*	38 ημέρες	1η δειγμ.	10/6/2015	0,0041	0,0036	0,0027
1	39 ημέρες	2η δειγμ.	11/6/2015	0,0087	0,0077	0,0058
2	40 ημέρες	3η δειγμ.	12/6/2015	0,0090	0,0085	0,0079
4	42 ημέρες	4η δειγμ.	14/6/2015	0,0062	0,0049	0,0041
8	46 ημέρες	5η δειγμ.	18/6/2015	0,0033	0,0029	0,0026
16	54 ημέρες	6η δειγμ.	26/6/2015	0,0015	0,0011	0,0010
24	62 ημέρες	7η δειγμ.	4/7/2015	0,0005	0,0003	0,0002
32	70 ημέρες	8η δειγμ.	12/7/2015	0 (Δ.Α.)	0 (Δ.Α.)	0 (Δ.Α.)

*Ημέρα εφαρμογής της δραστικής ουσίας thiamethoxam
Δ.Α.=Δεν ανιχνεύτηκε



Γράφημα 2: Καμπύλη κινητικής του thiamethoxam στο διάλυμμα απορροής μετά την 2η εφαρμογή του

Από το Γράφημα 2 διαπιστώνεται όπως αναμενόταν, παρόμοια συμπεριφορά της κινητικότητας των υπολειμμάτων του Thiamethoxam στο διάλυμμα απορροής με την αντίστοιχη της 1ης εφαρμογής. Έτσι, οι συγκεντρώσεις της υπολειμματικότητάς του κατά την 2η δειγματοληψία (10/6/2015) που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την 2η εφαρμογή της δραστικής ουσίας στις συλλεγόμενες ποσότητες της απορροής στο τέλος του κάθε καναλιού άρδευσης (δοχείο απορροής), επίσης κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια χαμηλά επίπεδα και στις τρεις μεταχειρίσεις, ήτοι Π=0,0041mg/L,

Π.Ζ/4:1=0,0036mg/L και Π.Ζ/2:1=0,0027mg/L. Ίδια συμπεριφορά και κατά την 2η δειγματοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε μετά από 24 ώρες, όπου η συγκέντρωση του thiamethoxam αυξήθηκε περισσότερο στη μεταχείριση με υπόστρωμα μόνο Περλίτη (0,0087mg/L) σε σχέση με τις μεταχειρίσεις με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (0,0077mg/L) και με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 (0,0058mg/L). Κατά την 3η δειγματοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε μετά από 48 ώρες παρατηρήθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση thiamethoxam στην μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη (0,0090mg/L) σε σχέση με τις άλλες 2 μεταχειρίσεις όπου μετρήθηκαν χαμηλότερα επίπεδα.

Στις επόμενες δειγματοληψίες, παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων του thiamethoxam και στις τρεις μεταχειρίσεις. Όπως και στην 1η εφαρμογή, οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις thiamethoxam κατά τη διάρκεια των επόμενων δειγματοληψιών, σημειώθηκαν στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1. Αντίθετα τα υψηλότερα επίπεδα συγκεντρώσεων παρατηρήθηκαν στην μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη (Π) ενώ οι συγκεντρώσεις στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 κυμάνθηκαν σε ενδιάμεσα επίπεδα σε σχέση με τις άλλες δυο μεταχειρίσεις.

Συμπερασματικά, με την ανάλυση των υπολειμμάτων του thiamethoxam και μετά την 2η εφαρμογή του, επιβεβαιώνεται ότι όταν χρησιμοποιείται ζεόλιθος σε ανάμιξη με περλίτη σε υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας, έχει ως αποτέλεσμα δέσμευση μεγαλύτερης ποσότητας του φυτοφαρμάκου στο υπόστρωμα στην ζώνη της ριζόσφαιρας σε σχέση με υποστρώματα χωρίς ζεόλιθο, το οποίο είναι διαθέσιμο σταδιακά στο φυτό για πρόσληψη μέσω των ριζιδίων, μειώνοντας σε κάθε περίπτωση τις απώλειες στο διάλυμμα απορροής που διαφεύγει στο περιβάλλον. Η δεσμευόμενη αυτή ποσότητα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία του ζεόλιθου στο υπόστρωμα σε σχέση με τον περλίτη. Σε κάθε περίπτωση όμως, πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω η διαδικασία προσρόφησης και εκρόφησης του Thiamethoxam από τον ζεόλιθο καθώς και ο τρόπος και η ποσότητα που στη συνέχεια προσλαμβάνεται από το φυτό.

6.2 Διακύμανση του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη στην καλλιέργεια αγγουριού

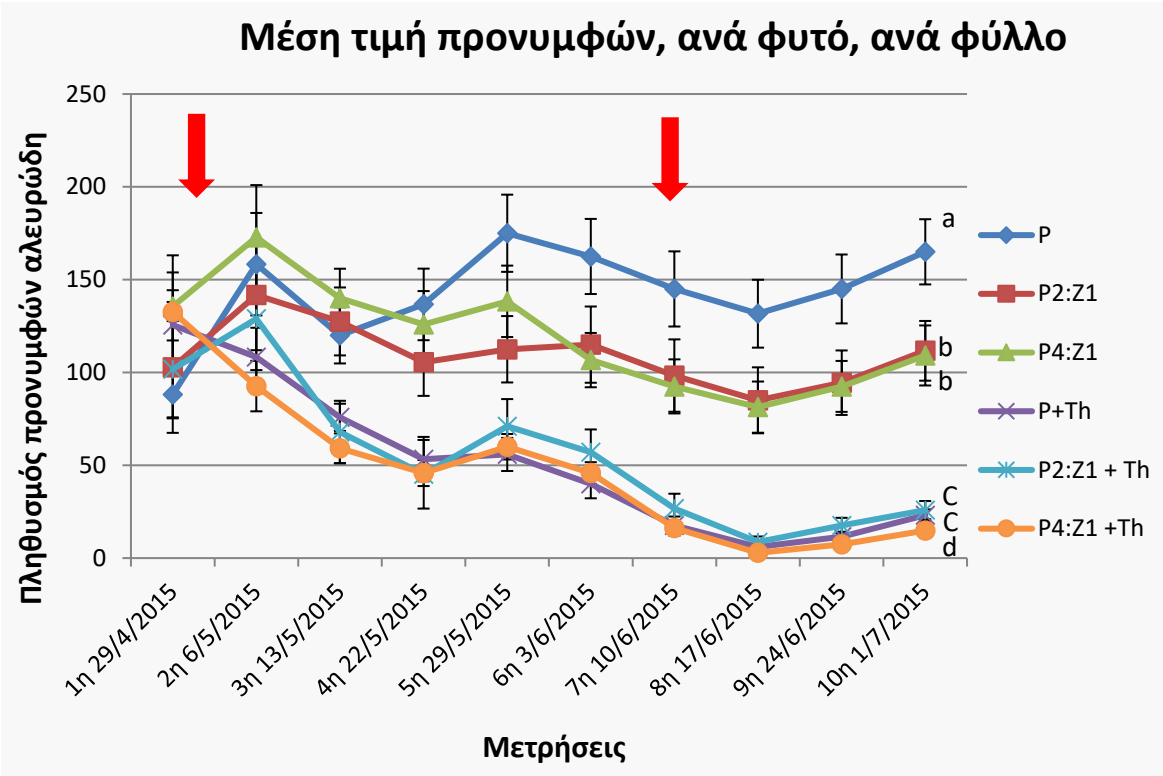
Στον Πίνακα 41 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ημερομηνίες των μετρήσεων του πληθυσμού του Αλευρώδη καθώς και οι ημερομηνίες των εφαρμογών της δραστικής ουσίας thiamethoxam κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στον Πίνακα 42 παρουσιάζονται οι μετρήσεις του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη με τις αντίστοιχες ημερομηνίες καταγραφής, οι μεταχειρίσεις και οι μέσοι όροι του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη.

Πίνακας 41: Χρονοδιάγραμμα μετρήσεων πληθυσμού του Αλευρώδη και των εφαρμογών της δραστικής ουσίας thiamethoxam

Ημερομηνίες	Μετρήσεις πληθυσμού Αλευρώδη και εφαρμογές thiamethoxam
29/4/2015	1η μέτρηση Αλευρώδη
3/5/2015	1η εφαρμογή thiamethoxam
6/5/2015	2η μέτρηση Αλευρώδη
13/5/2015	3η μέτρηση Αλευρώδη
22/5/2015	4η μέτρηση Αλευρώδη
29/5/2015	5η μέτρηση Αλευρώδη
3/6/2015	6η μέτρηση Αλευρώδη
10/6/2015	7η μέτρηση Αλευρώδη
10/6/2015	2η εφαρμογή thiamethoxam
17/6/2015	8η μέτρηση Αλευρώδη
24/6/2015	9η μέτρηση Αλευρώδη
1/7/2015	10η μέτρηση Αλευρώδη

Πίνακας 42: Μέσοι όροι του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη

Ημερομηνίες	29/4/2015	6/5/2015	13/5/2015	22/5/2015	29/5/2015	3/6/2015	10/6/2015	17/6/2015	24/6/2015	1/7/2015
Μεταχειρίσεις	**1η**	**2η**	**3η**	**4η**	**5η**	**6η**	**7η**	**8η**	**9η**	**10η**
P	88,2	158,3	120,0	136,7	175,0	162,5	145,0	131,7	145,0	165,0
P2:Z1	102,7	141,7	127,5	105,5	112,5	115,0	98,3	85,0	94,5	111,7
P4:Z1	135,6	172,8	140,0	125,8	138,3	106,7	92,5	81,3	92,5	109,2
P+Th	125,6	108,3	75,8	53,3	55,8	40,0	17,5	6,0	11,5	23,2
P2:Z1+Th	101,8	128,9	67,9	45,2	71,0	57,0	26,7	8,7	17,5	25,8
P4:Z1+Th	132,7	92,7	59,2	45,8	60,0	45,8	16,2	2,8	7,3	14,8



Γράφημα 3: Διακύμανση του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα, ανά φύλλο, ανά φυτό). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p=0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία.

Πριν την πρώτη εφαρμογή δεν παρατηρείται διαφορά στον πληθυσμό του αλευρώδη στις διάφορες μεταχειρίσεις (LSD p=0.496).

Δέκα μέρες μετά (13/5/2015) την πρώτη εφαρμογή (3/5/2015) του thiamethoxam και έως το τέλος των μετρήσεων (1/7/2015), παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντικά μικρότερος πληθυσμός προνυμφών Αλευρώδη, στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν την εφαρμογή του thiamethoxam (P+Th, P2:Z1+Th, P4:Z1+Th), συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (P, P2:Z1, P4:Z1) όπου δεν εφαρμόστηκε thiamethoxam. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα αναλογίας Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 και εφαρμόστηκε thiamethoxam (P4:Z1+Th) παρουσίασαν κατά την τελευταία μέτρηση στατιστικώς σημαντικά μικρότερη προσβολή από Αλευρώδη (15±2 προνύμφες/φύλλο/φυτό) συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις (P+Th, P2:Z1+Th).

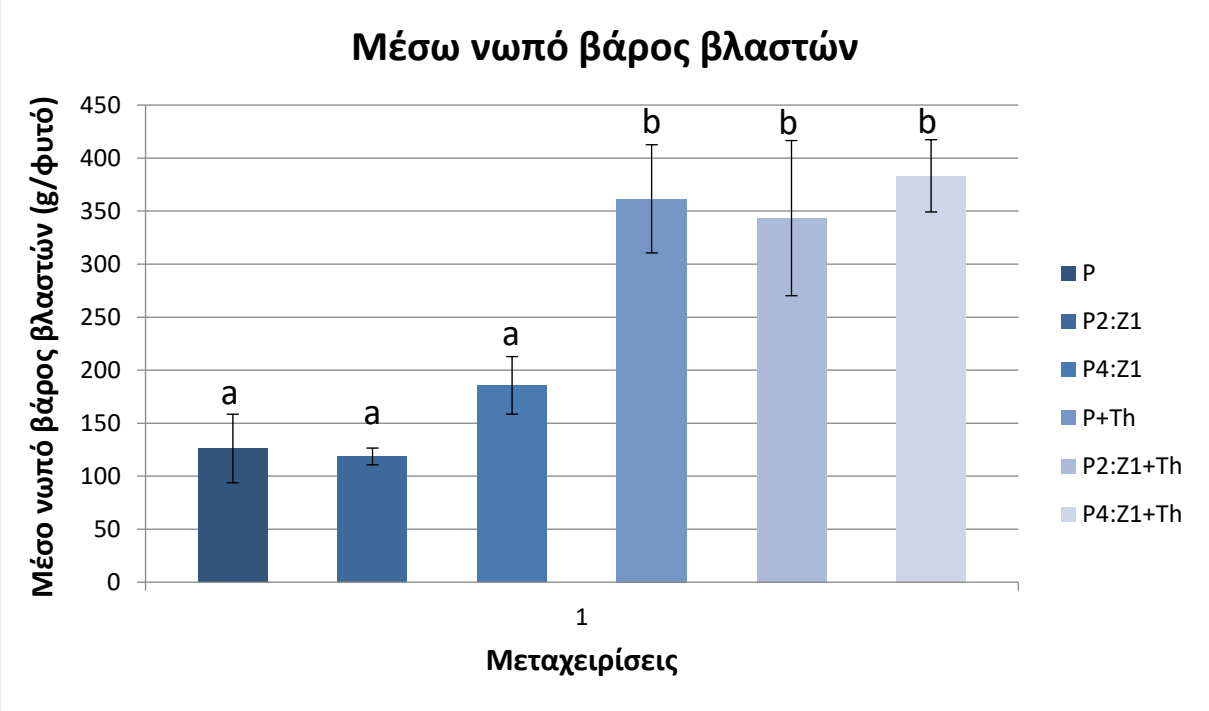
Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο σημαντικά μικρότερος πληθυσμός προνυμφών αλευρώδη που παρατηρήθηκε στα φυτά που δεν εφαρμόστηκε thiamethoxam και αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα Ζεόλιθου (P2:Z1, P4:Z1) συγκριτικά με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη (P) (χωρίς thiamethoxam). Αυτό καταδεικνύει θετική συμπεριφορά του ζεόλιθου (στις χρησιμοποιούμενες αναλογίες του πειράματος) στην σημαντική μείωση των προνυμφών του αλευρώδη σε σχέση με την μεταχείριση που ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μόνο περλίτης. Πιθανόν αυτό να οφείλεται στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών λόγω καλύτερης αξιοποίησης του θρεπτικού διαλύματος, που έμμεσα συνεπάγεται και αύξηση της φυσικής άμυνας των φυτών έναντι του εντόμου αλλά και άλλων φυτοπαρασίτων.

6.3 Επίδραση των μεταχειρίσεων στους βλαστούς αγγουριού

Στον Πίνακα 43 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των βλαστών.

Πίνακας 43: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των βλαστών

Μεταχειρίσεις	P	P2:Z1	P4:Z1	P+Th	P2:Z1+Th	P4:Z1+Th
Μέσω νωπό βάρος βλαστών (g/φυτό)	126,089	118,626	185,695	361,574	343,383	383,246
Std. Error	32,379	7,957	27,129	51,022	73,167	34,079



Γράφημα 4: Επίδραση των μεταχειρίσεων στο μέσο νωπό βάρος των βλαστών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία.

Οι μεταχειρίσεις που δέχθηκαν την επίδραση του thiamethoxam (P+Th=361,574g ±51,022, P2:Z1+Th=343,383g ±73,167, P4:Z1+Th=383,246g ±34,079) παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις χωρίς την επίδραση του thiamethoxam (P=126,089g ±32,379, P2:Z1=118,626g ±7,957, P4:Z1=185,695g ±27,129), κάτι που προφανώς οφείλεται στο μικρότερο βαθμό προσβολής των μεταχειρίσεων αυτών από τον Αλευρώδη, όπως διαπιστώνεται και από την διακύμανση του πληθυσμού των προνυμφών του Αλευρώδη στο Γράφημα 3. Επίσης, θεωρείται σημαντική και η παρουσία του Ζεόλιθου σε συνδυασμό με την επίδραση του thiamethoxam στη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1

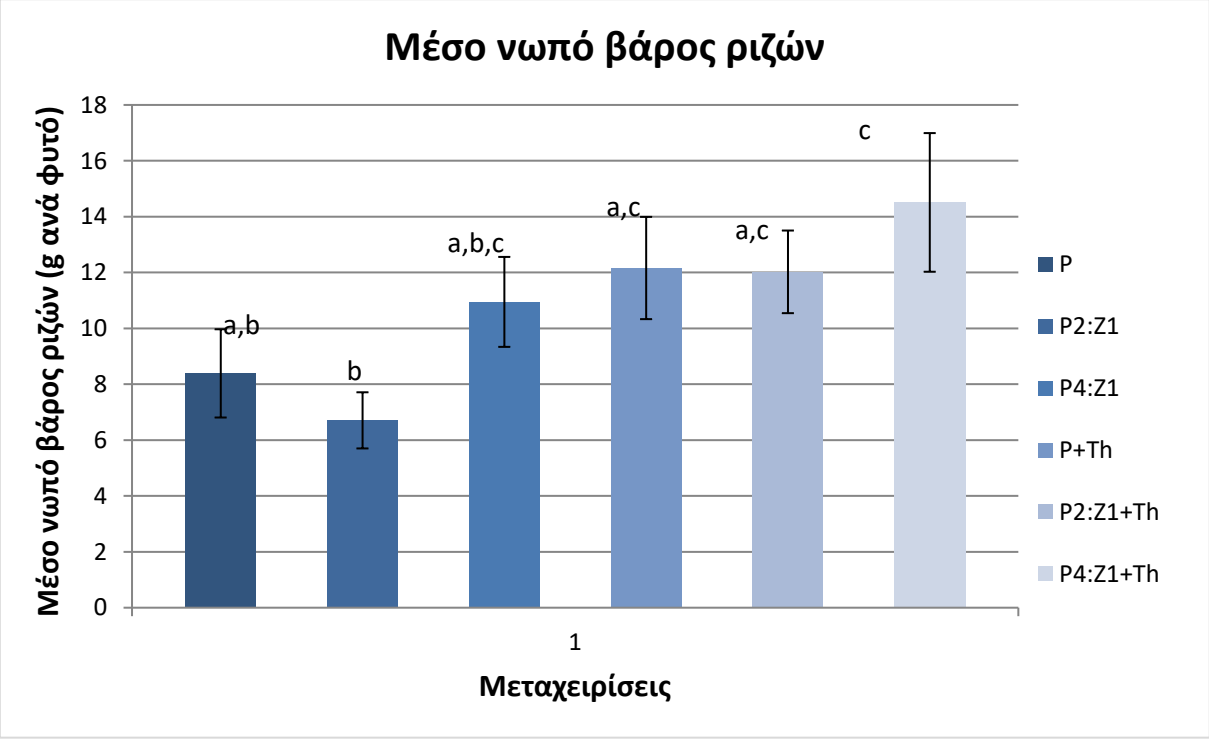
(P4:Z1+Th=383,246g ±34,079), καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερο νωπό βάρος συγκριτικά με τη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 (P2:Z1+Th=343,383g ±73).

6.4 Επίδραση των μεταχειρίσεων στις ρίζες αγγουριού

Στον Πίνακα 44 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των ριζών.

Πίνακας 44: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (g/φυτό) των ριζών

Μεταχειρίσεις	P	P2-Z1	P4-Z1	P+Th	P2-Z1+Th	P4-Z1+Th
Μέσω νωπό βάρος ριζών (g/φυτό)	8,389	6,708	10,949	12,162	12,024	14,510
Std. Error	1,580	1,005	1,610	1,830	1,479	2,482



Γράφημα 5: Επίδραση των μεταχειρίσεων στο μέσο νωπό βάρος των ριζών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία.

Αναφορικά με το μέσο νωπό βάρος της ρίζας παρατηρήθηκε διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (Anova p=0.033). Μεγαλύτερο νωπό βάρος παρουσίασαν οι ρίζες των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 με thiamethoxam (P4:Z1+th=14.51g ±2.5), συγκριτικά με το νωπό βάρος των ριζών των μεταχειρίσεων

με υπόστρωμα Περλίτη (P+th=12,162g ±1,830) και με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 2:1 (P2:Z1+th=12,024g ±1,479) όπου εφαρμόστηκε thiamethoxam.

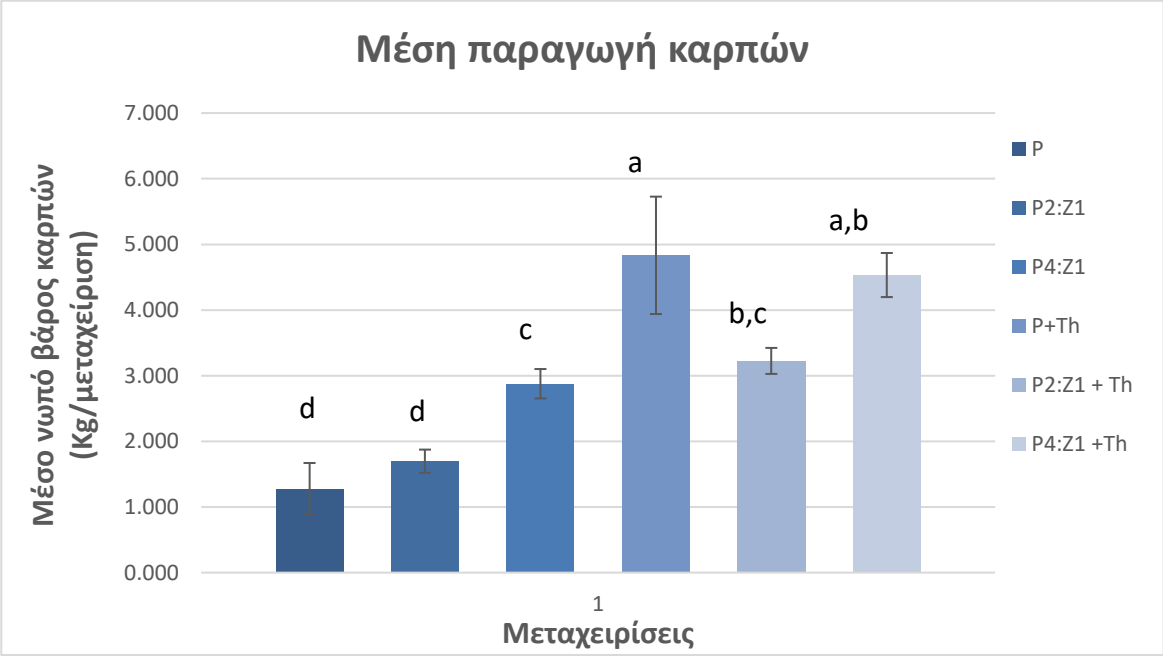
Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το μεγαλύτερο νωπό βάρος των ριζών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (P4:Z1=10,949g ±1,610) συγκριτικά με τη μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου (P2:Z1=6,708g ±1,005) και τη μεταχείριση με υπόστρωμα μόνο περλίτη (P=8,389g ±1,580).

6.5 Επίδραση των μεταχειρίσεων στην παραγωγή καρπών αγγουριού

Στον Πίνακα 45 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (Kg/μεταχείριση) των καρπών.

Πίνακας 45: Μεταχειρίσεις και τα αντίστοιχα μέσα νωπά βάρη (Kg/μεταχείριση) των καρπών

Μεταχειρίσεις	P	P2:Z1	P4:Z1	P+Th	P2:Z1 + Th	P4:Z1 +Th
Μέσω νωπό βάρος καρπών (Kg/μεταχείριση)	1,278	1,697	2,877	4,833	3,225	4,533
Std. Error	0,392	0,177	0,224	0,894	0,198	0,336



Γράφημα 6: Επίδραση των μεταχειρίσεων στη μέση παραγωγή καρπών ανά μεταχείριση (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα). Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (LSD p<0.05). Συντομογραφίες: P: υπόστρωμα περλίτη, Z: υπόστρωμα ζεόλιθος, Th: εφαρμογή thiamethoxam, 2:1 αναλογία, 4:1 αναλογία.

Διαπιστώθηκαν διαφορές αναφορικά με την μέση παραγωγή καρπού ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (Anova p=0.000). Μεγαλύτερη παραγωγή παρατηρήθηκε στα φυτά που εφαρμόστηκε thiamethoxam και αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα Περλίτη (P+Th=4,833Kg ±0,894) και μίγμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (P4:Z1+Th=4,533Kg ±0,336). Στη μεταχείριση Περλίτης-Ζεόλιθος 2:1 με εφαρμογή thiamethoxam (P2:Z1+Th=3,225Kg ±0,198) παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντικά μικρότερη παραγωγή συγκριτικά με τη μεταχείριση Περλίτης με εφαρμογή thiamethoxam (4,833Kg ± 0,894) (LSD p=0,025).

Μεγαλύτερη και στατιστικώς σημαντική παραγωγή συγκριτικά με τις μεταχειρίσεις που δεν εφαρμόστηκε thiamethoxam (P2:Z1=1,697Kg ±0,177, P=1,278Kg ±0,392) παρουσίασε η μεταχείριση με υπόστρωμα Περλίτη-Ζεόλιθου 4:1 (P4:Z1=2,877Kg ±0.224).

Κεφάλαιο 7ο

Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα των μετρούμενων παραμέτρων όπως αναλύθηκαν παραπάνω, για τις συνθήκες του πειράματος όπου διερευνήθηκε η επίδραση του ζεόλιθου στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά φυτών αγγουριάς σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα αλλά και στην συμπεριφορά του thiamethoxam μέσω ριζοποτίσματος, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Ο ζεόλιθος χρησιμοποιούμενος ως υπόστρωμα σε μικρές αναλογίες (4:1), σε ανάμιξη με περλίτη και σε συνδυασμό με την δραστική ουσία thiamethoxam βοηθά στον έλεγχο του Αλευρώδη, καθώς έχει μεγάλη ιοντοανταλλακτική ικανότητα (Laurino and Palmieri, 2015), αυξάνοντας την ικανότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων αλλά και του thiamethoxam, αποδεσμεύοντας τα σταδιακά και ενισχύοντας έμμεσα την φυσική άμυνα των φυτών αγγουριάς.

Με την χρήση του ζεόλιθου σε ανοικτά υδροπονικά συστήματα, μειώνονται σημαντικά οι απώλειες του thiamethoxam στο διάλυμα απορροής και στο περιβάλλον, ενώ αυξάνονται οι διαθέσιμες ποσότητες για απορρόφηση από τα φυτά, επομένως η παρουσία του φυτοφαρμάκου στο θρεπτικό διάλυμα της ριζόσφαιρας παρατείνεται, έχοντας σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στον έλεγχο του αλευρώδη. Τα χαμηλότερα επίπεδα των συγκεντρώσεων του thiamethoxam στο διάλυμα απορροής, ανιχνεύτηκαν στη μεγάλη αναλογία ζεόλιθου-περλίτη (2:1).

Αν και ο ζεόλιθος δεν χρησιμοποιείται αυτόνομα ως υπόστρωμα στην καλλιέργεια αλλά σε συνδυασμό με άλλα υποστρώματα, καθώς η έντονη προσροφητική ικανότητα κατιόντων δημιουργεί ανισορροπίες (Savvas et al., 2004), μπορεί να συνεισφέρει στην αύξηση των αποδόσεων της καλλιέργειας, με καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται σε μικρές αναλογίες (1:4) και όχι 1:1 ή 1:2.

Η παρουσία του ζεόλιθου και ειδικότερα στην μικρότερη αναλογία (4:1) οδήγησε συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις σε αυξημένη ανάπτυξη των φυτών αγγουριάς, την αύξηση της παραγωγής των καρπών και την αύξηση του ριζικού συστήματος, δίνοντας πιο εύρωστα και υγιή φυτά.

Σε κάθε περίπτωση για την ορθολογική εφαρμογή της δραστικής ουσίας thiamethoxam μέσω θρεπτικού διαλύματος σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας κηπευτικών (κλειστό ή ανοιχτό) όταν στο υπόστρωμα χρησιμοποιείται και ζεόλιθος, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση της κατάλληλης δοσολογίας, του αριθμού επεμβάσεων αλλά και του χρόνου εφαρμογής της.

Ξένη Βιβλιογραφία

Adams P., 2002. Nutritional control in hydroponics, p.p. 211-261 in: D. Savvas and H. C. Passam (Eds), Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo publications, Athens, Greece.

Baerlocher C., McCusker L.B. and Olson D. H., 2007. Atlas of Zeolite framework types. Sixth revised edition, Elsevier, Amsterdam.

Bakker J. C., Welles G. W. H. and Van Uffelen J. A. M., 1987. The effect of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumbers. Journal of horticultural science, vol. 62, p.p. 363-370.

Bedford I. D., Briddon R. W., Brown J. K., Rosell R. C. and Markham P. G., 1994. Geminivirus transmission and biological characterization of Bemisia tabaci (Gennadius) biotypes from different geographic regions. The Annals of Applied Biology, vol. 125, p.p. 311-325.

Breck D. W., 1974. Zeolite molecular sieves: structure, chemistry and uses. Wiley, New York.

Burriesci N., Valente S., Ottana R., Cimino G., Zipelli C., 1984. Utilization of zeolites in spinach growing. Zeolites, vol 4.

Choi W. I., Lee E. H., Choi B. R., Park H. M. and Ahn Y. J., 2003. Toxicity of plant essential oils to Trialeurodes vaporariorum (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology vol. 96, issue 5, p.p. 1479-1484.

Ciufolini C., 1980. Λαχανοκομία κηπευτική και ειδική. Εκδόσεις: Ψύχαλου, Αθήνα.

Dewar A. M., Read L. A., 1990. Evaluation of an insecticidal seed treatment, imidacloprid for controlling aphids on sugar beet. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference- Pests and Diseases, vol. 2, p.p. 721-726.

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, p.p. 29-44.

Filippidis A. A., 2010. Environmental, industrial and agricultural applications of Hellenic Natural Zeolite. Hellenic Journal of Geosciences, vol. 45, p.p. 91-100.

Gaynor J. D., Mactarish D. C., Labaj A. B., 1998. Atrazine and Metolachlor residues in Brookston CL following conventional and conservation tillage culture, Chemosphere, vol 36, No 15, p.p. 3199-3210.

Ghazvini R. F., Payvast G. and Azarian H., 2007. Effect of Clinoptilolitic-zeolite and Perlite Mixtures on the Yield and Quality of Strawberry in Soil-less Culture. International journal of agriculture and biology, vol. 9, No. 6, p.p. 885-888.

Gizas G., Savvas D., 2007 and Mitsios I., 2001. Availability of macrocations in perlite and pumice as influenced by the application of nutrient solutions having different cation concentration ratios. Acta Horticulturae, vol. 548 p.p. 277-284.

Grower guide No 15, 1982. Cucumbers. Grower Books, London, p.p. 77.

Gruda N., Qaryouti M. M. and Leonardi, C., 2013. Growing media. In Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. Food and agriculture organization for the United Nations, Plant production and protection paper 217, p.p. 271-301, Rome.

Gul A., Erogul D., Ongun A. R., 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Scientia Horticulturae, vol. 106, p.p. 464-471.

Gundelfinger E. D., 1992. How complex is the nicotinic receptor system of insects?. Trends in Neuroscience, vol. 15, p.p. 206-211.

Guzsvany V., Madzgalj A., 2007. Determination of selected neonicotinoid insecticides by liquid chromatography with thermal lens spectrometric detection, Environmental Chemistry Letters, vol 5, p.p. 203-208.

Handley A.J. and McDowall R.D., 1999. Solid phase extraction (SPE) in organic analysis. In: Extraction Methods in Organic Analysis, Handley A.J. (ed.), CRC Press LLC, Boca Raton, FL, USA, pp. 54–74.

Hanna H. Y., 2005. Properly recycled perlite saves money, does not reduce greenhouse tomato yield and can be reused for many years. HortTechnology vol. 15 p.p. 342-345.

Hassall and Associates Pty Ltd. 2001. Hydroponics as an Agricultural Production System. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Publication No 01/141.

Hermsen B., Stetzer E., Thees R., Heiermann R., Schrattelholz A., Ebbinghaus U., Kretschmer A., Methfessel C., Reinhardt S., Maelicke A., 1998. Neuronal nicotinic receptors in the locust Locusta migratoria-cloning and expression. Journal of Biological Chemistry, vol. 273, p.p. 18394-18404.

Huang Y., Williamson M. S., Devonshire A. L., Windass J. D., Lansdell S. J., Millar N. S., 1999. Molecular characterization and imidacloprid selectivity of nicotinic acetylcholine receptor subunits from the peach-potato aphid Myzus persicae. Journal of Neurochemistry, vol. 73, issue 1, p.p. 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. Journal of Pesticide Science, vol. 31, issue 1, p.p. 35-40.

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. Invertebrate Neuroscience, vol. 7, p.p. 67-73.

Kagabu S., 1996. Studies on the synthesis and insecticidal activity of neonicotinoid compounds. Journal of Pesticide Science, vol. 21, p.p. 237-239.

Kagabu S., 1997. Chloronicotinyl insecticides: discovery, application and future perspective. Critical Reviews in Toxicology, vol. 1, p.p. 75-129.

Lambin M., Armengaud C., Raymond S., Gauthier M., 2001. Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, vol. 48, p.p. 129-134.

Laurino C. and Palmieri B., 2015. Zeolite: “The magic stone”; main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application. Nutricion Hospitalaria, Vol. 32(2) p.p. 573-581.

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). Pesticide Biochemistry and Physiology, vol. 62, p.p. 3-14.

MacBean C, 2010. The e-Pesticide Manual, ed. Thiamethoxam (153719-23-4). 15th Edition, Version 5.0.1. Surrey UK, BCPC (British Crop Protection Council).

Maienfisch P., Angst M., Brandl F., Fischer W., Hofer D., Kayser H., Kobel W., Rindlisbacher A., Senn R., Steinemann A. and Widmer H., 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. Syngenta Crop Protection AG, Research and Technology, CH-4002 Basel, Switzerland.

Martin J. H., Mifsud D. and Rapisarda C., 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. Bulletin of Entomological Research, vol. 90, p.p. 407-448.

Matsuda K., Buckingham S. D., Freeman J. C., Squire M. D., Baylis H. A., Satelle D. B., 1999, Role of the a subunit of nicotinic acetylcholine receptor in the selective action of imidacloprid. Pesticide Science, vol. 55, p.p. 211-213.

Mueena S. and Shweta S., 2016. Study of chemical and physical properties of perlite and it’s application in India. International journal of science technology and management, vol. No5, issue No4.

Mumpton A. F., 1985. Innovative biological technologies for lesser developed countries. Chapter VIII-Using zeolites in agriculture. Workshop Proceedings (Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technology Assessment), p.p. 125-158.

Nauen R., Ebbinghaus U., Tietjen K., 1999. Ligands of the nicotinic acetylcholine receptor as insecticides. Pesticide Science, vol. 55, p.p. 608-610.

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

Olympios C. M., and Hanan J. J., 1992. The effect of temperature, humidity and carbon dioxide enrichment in raising cucumbers (Cucumis sativus) seedings. Acta Horticulturae, vol. 303, p.p. 105-112.

Poprawski T. J., Greenberg S. M. and Ciomperlik M. A., 2000. Effect of host plant on Beauveria bassiana and Paecilomyces fumosoroseus - induced mortality of Trialeurodes vaporariorum (Homoptera: Aleyrodidae). Environmental Entomology, vol. 29, issue 5, p.p. 1048-1053.

Raviv M., Wallash R., Silber A. and Bar-Tal A., 2002. Substrates and their analysis. p.p. 25-102, Chapter 2 in: D. Savvas and H. C. Passam (Eds), Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo publications, Athens, Greece.

Rehakova M., Cuvanova S., Dzivak M., Rimar J., Gaval'ova Z., 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Solid State and Materials Science, vol. 8 p.p. 397-404.

Savvas D., Samantouros K., Paralemos D., Vlachakos G., Stamatakis M. and Vassilatos C., 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes grown on chemically active and inactive inorganic substrates. Acta Horticulturae, vol. 644 p.p. 377-383.

Schneider C. W., Tautz J., Grunewald B., Fuchs S., 2012. RFID Tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behaviour of Apis Mellifera. PLOS One, vol. 7, Issue 1, e30023.

Schulz R., Sawruk E., Mulhardt C., Bertrand S., Baumann A., Phannavong B., Betz H., Bertrand D., Gundelfinger E. D., and Schmitt B., 1998. Dα3, a new functional α subunit of nicotinic acetylcholine receptors from Drosophila. Journal of Neurochemistry, vol. 71, No 2, p.p. 853-862.

Seungjun L., Jiyoung L., 2015. Beneficial bacteria and fungi in hydroponics systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. Scientia Horticulturae, vol. 195, p. 206-215.

Steen R. J. C. A., Van der Vaart J., Hiep M., Van Hattum B., Cofino W. P., Brinkman U. A. T., 2001. Gross fluxes and estuarine behaviour of pesticides in the Schedt Estuany (1995-1997). Environmental pollution, vol. 115, p.p. 65-79.

Stubbs J, 1986. Οι ασθένειες των φυτών του κήπου σας. Εκδόσεις: Π. Κουτσούμπος Α.Ε., Αθήνα.

Tomizawa M., Casida J. E., 2003. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specify of insect and mammalian nicotinic receptors. Annual Review of Entomology, vol. 48, p.p. 339-364.

Tomizawa M., Lee D. L., Casida J. E., 2000, Neonicotinoid insecticides: molecular features conferring selectivity for insect versus mammalian nicotinic receptors. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 48, p.p. 6016-6024.

Truog E., 1946. Soil reaction influence on availability of plant nutrients. Soil Science Society of America Proceedings, vol. 11, p.p. 305-308.

Wintermantel W. M., 2004. Emergence of Greenhouse Whitefly (Trialeurodes vaporariorum) Transmitted Criniviruses as Threats to Vegetable and Fruit Production in North America. APSnet Features. Copyright: The American Phytopathological Society

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

Yamamoto I., Tomizawa M., Saito T., Miyamoto T., Walcott E. C., Sumikawa K., 1998. Structural factors contributing to insecticidal and selective actions of neonicotinoids. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, vol. 37, issue 1, p.p. 24-32.

Zwang A., Kayser H., Maienfisch P., Casida, J., E., 2000. Insect nicotinic acetylcholine receptor: conserved neonicotinoid specificity of [(3H)]imidacloprid binding site. Journal of Neurochemistry, vol. 75, p.p. 1294-1303.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλμπάνης Τ. Α., 1991. Ρύπανση και τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

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

Κατσίγιαννη Α., 2014. Διπλωματική εργασία: «Χρήση του ζεόλιθου για τη δέσμευση και απομάκρυνση τοξικών ουσιών από το περιβάλλον και τον ανθρώπινο οργανισμό». Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2006. Υδροπονικές εγκαταστάσεις. Εκδόσεις: Σταμούλη, Αθήνα.

Μπαλαγιάννης Π. Γ., 1991. Φυτοπροστασία - Φαρμακολογία. Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

Ολύμπιος Χ. Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις: Σταμούλη, Αθήνα.

Παπαδοπούλου-Μουρκίδου Ε, 1991. Διδακτικές σημειώσεις κατά τις παραδόσεις του μαθήματος γεωργικά φάρμακα μέρος 2. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις: Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Παπαδοπούλου-Μουρκίδου Ε., 1991. Διδακτικές σημειώσεις: Γεωργικά φάρμακα, μέρος 1. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις: Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Παπαχρήστος Π. Δ., 2004. Διδακτικές σημειώσεις: Γεωργική φαρμακολογία. Τμήμα φυτικής παραγωγής, ΤΕΙ Ηπείρου.

Πατακιούτας Γ., 2001. Διδακτικές σημειώσεις: Ειδική φυτοπροστασία. Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, ΤΕΙ Ηπείρου.

Πατακιούτας Γ., 2002. Διδακτικές σημειώσεις: Γεωργική Φαρμακολογία. Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής τοπίου, ΤΕΙ Ηπείρου.

Σάββας Δ., 1998. Διδακτικές σημειώσεις: Υδροπονία καλλωπιστικών φυτών. ΤΕΙ Ηπείρου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου. Άρτα.

Σάββας Δ., 2009. Πρόσφατες εξελίξεις και διαφαινόμενες τάσεις στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών. 23ο συνέδριο της Ελληνικής εταιρείας επιστήμης οπωροκηπευτικών. Χανιά, 23-26 Οκτωβρίου 2007, τόμος 13β, σ.741-748.

Σάββας Δ., 2012. Καλλιέργειες εκτός εδάφους: Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις: Αγροτύπος, Αθήνα.

Σάββας Δ., 2014. Εγχειρίδιο Υδροπονίας - Εκπαιδευτικό Κέντρο Υδροπονίας ΙΓΕ. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Αγροτικής Ανάπτυξης. Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών. Συλλογικό έργο, Λευκωσία.

Σάββας Δ., 2016. Γενική Λαχανοκομία. Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα.

Τσιραμπίδης Α. και Φιλιππίδης Α., 2013. Ορυκτοί Πόροι Ελλάδος: Αποθέματα και Αξία. Τομέας Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 46 σελ.

Φιλιππίδης Α. και Τσιραμπίδης Α., 2012. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των Ελληνικών ζεόλιθων, περιβαλλοντικές, βιομηχανικές, αγροτικές και υδατικές χρήσεις του Ελληνικού φυσικού ζεόλιθου: ανασκόπηση. Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ειδικός τόμος 101, σελ. 125-133.

Πηγές Internet

EFSA (European Food Safety Authority), 2012. Neonicotinoids: risks to bees confirmed. Διαθέσιμο στο: www.efsa.europa.eu/en/press/news/180228. Προσπελάστηκε:

EFSA (European Food Safety Authority), 2018. Q&A: Conclusions on neonicotinoids. Parma, Italy. Διαθέσιμο στο: www.efsa.europa.eu/sites/default/files/news/180228-QA-Neonics.pdf. Προσπελάστηκε:

FAO, 2014. FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides. Thiamethoxam, (EZ)-3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine. Διαθέσιμο στο:

www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Thiamethoxam2014.pdf. Προσπελάστηκε:

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2009. «Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 σχετικά με τη διάθεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην αγορά και την κατάργηση των οδηγιών 79/117/ΕΟΚ και 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου». Διαθέσιμο στο: eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32009R1107. Προσπελάστηκε:

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2013. «Κανονισμός (ΕΕ) 485/2013 της επιτροπής της 24ης Μαΐου 2013 για την τροποποίηση του εκτελεστικού κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 540/2011, όσον αφορά τους όρους έγκρισης των δραστικών ουσιών clothianidin, thiamethoxam και imidacloprid και για την απαγόρευση της χρήσης και πώλησης σπόρων που έχουν υποστεί επέμβαση με φυτοπροστατευτικά προϊόντα που περιέχουν αυτές τις δραστικές ουσίες». Διαθέσιμο στο: eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0485&from=EN. Προσπελάστηκε:

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2017. «Κανονισμός (ΕΕ) 2017/671 της επιτροπής της 7ης Απριλίου 2017 για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙΙ του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 396/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τα ανώτατα όρια καταλοίπων για τις ουσίες clothianidin και thiamethoxam μέσα ή πάνω σε ορισμένα προϊόντα». Διαθέσιμο στο: eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0671&from=EN. Προσπελάστηκε:

Κατσάνος Χ., 2015. Άρθρο: «Υδροπονικά Θερμοκήπια: Μια λύση στον ελληνικό γεωργικό κλάδο». Διαθέσιμο στο: www.agro24.gr/agrotika/arthra/ydroponika-thermokipia-lysi-ston-elliniko-georgiko-klado. Προσπελάστηκε:

ΥΓΦΠΠ (Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος), 2014. Εγχειρίδιο Υδροπονίας. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εκπαιδευτικό Κέντρο Υδροπονίας, Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών. Λευκωσία. Διαθέσιμο στο: news.ari.gov.cy/content/Ydrponia_Exeiridio.pdf. Προσπελάστηκε:

ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων), 2017. «Τροποποίηση της με αριθ. 14103 οριστικής άδειας διάθεσης στην αγορά του φυτοπροστατευτικού προϊόντος (εντομοκτόνο) ACTARA 25 WG (δ.ο. thiamethoxam) ως προς την ημερομηνία λήξης της έγκρισης, τα εργοστάσια παρασκευής της δραστικής ουσίας και το φάσμα δράσης». Διαθέσιμο στο: www.minagric.gr/greek/data/ACTARA-25WG-tr17-lhxh-erg-par-do-fasma-14103.pdf#. Προσπελάστηκε:

Πηγές εικόνων Internet

Εικόνα 2: www.hydroponics.name/hydroponics-systems/nutrient-film-technique/
Εικόνα 3: www.biocultivos.net/tecnologías/
Εικόνα 4: www.howtogrowmarijuana.com/aeroponics/
Εικόνα 5: www.alagro.gr/kleista-systhmata/

Εικόνα 6: www.alagro.gr/anoixta-systhmata/
Εικόνα 7: ask.extension.org/questions/222805
Εικόνα 8: www.healthbenefitstimes.com/cucumber/
Εικόνα 10: www.slideshare.net/morgenbeginikeraan/the-most-common-greenhouse-pests-and-their-natural-ennemies
Εικόνα 11: www.skalagreen.com/novi/bela-leptirasta-vas-trialeurodes-vaporariorum/
Εικόνα 12: nurserylive.com/plant-fertilizers/perlite-250-gm-plants-in-india
Εικόνα 14: www.gordeszeolite.com/zeolite--clinoptilolite-
Εικόνα 16: www.ebay.ie/itm/NATURAL-ZEOLITE-AQUARIUM-POND-FILTER-MEDIA-REMOVER-AMMONIA-CLEAR-CRYSTAL-WATER-/182494328409
Εικόνα 22: www.ebay.co.uk/itm/ACTARA-25-WG-Insecticide-Systemic-500-g-/112259730684