

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΟΓΙΚΗ
ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ**



**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΕΙΤΑΙ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ *Rosa* sp.
ΣΤΑ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΜΕΤΑΛΑΧΥΛ, ΔΙΜΕΤΗΟΑΤΕ ΚΑΙ
DICHLORVOS**

ΚΑΡΡΑ ΑΝΝΑ
Τεχνολόγος Γεωπονίας

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Εξειδίκευσης

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2006



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι γνωστό ότι υπάρχουν δύο τρόποι εφαρμογής των φυτοφαρμάκων είτε αναφερόμαστε σε συμβατική καλλιέργεια είτε σε υδροπονική: α) με ψεκασμό, όπου δεν υπάρχει καμία διαφορά ανάμεσα στις δύο μεθόδους καλλιέργειας, αφού το σύστημα φυτοφάρμακο- περιβάλλον- φυτό δεν αλλάζει και β) μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών.

Σε αυτόν τον τρόπο εφαρμογής υπάρχει διαφορά, αφού στη μεν συμβατική καλλιέργεια το μέσο εφαρμογής του φυτοφαρμάκου είναι το έδαφος, ενώ στην υδροπονική είναι το θρεπτικό διάλυμα.

Η συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων στο έδαφος καθώς και η τύχη τους μετά την εφαρμογή έχει μελετηθεί εκτενώς, αντίθετα η συμπεριφορά και η τύχη φυτοφαρμάκων στην υδροπονία είναι, σύμφωνα πάντα με τη βιβλιογραφία, ένα καινούριο σχεδόν ανέγγιχτο, πλην ορισμένων εξαιρέσεων, πεδίο μελέτης.

Για το λόγο αυτό σε Η.Π.Α. και Καναδά απαγορεύεται δια νόμου η εφαρμογή φυτοφαρμάκων μέσω θρεπτικού διαλύματος, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν συνιστώμενα δασολογικά σχήματα, για κάθε υδροπονική καλλιέργεια, από τις φαρμακευτικές εταιρείες. Η εξεύρεση ενός ασφαλούς δοσολογικού σχήματος είναι αρκετά δύσκολη, αφού η απορρόφηση από τα φυτά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το είδος του φυτοφαρμάκου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες του θερμοκηπίου και το είδος του φυτού. Αντίθετα στην Ευρώπη, αλλά και στη χώρα μας ο τρόπος αυτός εφαρμογής αποτελεί κοινή γεωργική πρακτική με μείωση της συνιστώμενης δόσης για ριζοπότισμα στο έδαφος.

Η πρακτική αυτή περικλείει πολλούς κινδύνους τόσο για τοξικότητα όσο και μη ασφαλή δόση. Η δυσκολία αυξάνει ακόμα περισσότερο στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, αφού κάθε ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος είναι μια νέα δόση εφαρμογής (Καρράς, 2003).

Είναι φανερό ότι στην παραπάνω περίπτωση το φυτοφάρμακο εξακολουθεί να απορροφάται από τα φυτά για όσο διάστημα αυτό παραμένει στο θρεπτικό διάλυμα και επομένως σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο ήμισυς χρόνος αυτού στο μέσο που προστίθεται. Εκτός των γνωστών διεργασιών που επιδρούν



στον ήμισυ χρόνο των φυτοφαρμάκων στο θρεπτικό διάλυμα δεν έχει μελετηθεί ο ρόλος της σύστασης αυτού. Δηλαδή κατά πόσο τα ανιόντα ή τα κατιόντα του διαλύματος επιταχύνουν ή επιβραδύνουν το χρόνο ημίσειας ζωής των φυτοφαρμάκων.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά τριών φυτοφαρμάκων σε θρεπτικό διάλυμα, που χρησιμοποιείται σε υδροπονική καλλιέργεια τριαντάφυλλου, σε συνθήκες pH και E.C. που εφαρμόζονται στην πράξη. Για το περιορισμό απώλειας φυτοφαρμάκου (εξάτμιση, απορρόφηση από τα φυτά κ.τ.λ.) τα διαλύματα τοποθετήθηκαν και μελετήθηκαν μέσα σε σκουρόχρωμες φιάλες.

Η εκπόνηση του παρόντος μεταπτυχιακού διπλώματος πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Ελέγχου και Προστασίας Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Τριαντάφυλλου Αλμπάνη τον οποίο ευχαριστώ για την καθοδήγηση του σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τμήματος Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου κ. Σάββα Δημήτριο για την βοήθεια του και τις συμβουλές του.

Τέλος, ξεχωριστές ευχαριστίες οφείλω στους φίλους και συνεργάτες του εργαστηρίου Δρ. Σακελλαρίδη Φάνη, Δρ. Σακκά Βασίλειο, Δρ. Λαμπροπούλου Δήμητρα, κ. Τσούτση Χαρούλα, κ. Μπότη Βασιλική, κ. Βαλσαμάκη Βασιλική, κ. Αμβράζη Ελπινίκη, κ. Σελίμη Πρεσβεία, κ. Μπεχράκη Νίκο, κ. Μπαρέλο Δημήτρη, κ. Καραμέτση Κωνσταντίνα, τόσο για τη βοήθεια τους όσο και για την άψογη συνεργασία μας.

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΜΑΙΟΣ 2006

Άννα Καρρά



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1. Υδροπονικά Συστήματα Και Καλλιέργεια Τριαντάφυλλου

1.1. Ορισμοί – Ιστορική αναδρομή	1
1.2. Υδροπονικά συστήματα	3
1.2.1. Υδροπονικά συστήματα με βάση την ανακύκλωση του θρεπτικού υλικού	3
1.2.2.1. Το σύστημα με το «κορδόνι»	4
1.2.2.2. Σύστημα DHF (deep flow hydroponics)	5
1.2.2.3. Σύστημα NFT (nutrient film technique)	5
1.2.2.4. Ebb and Flow (πλημμυρίδα και άμπωτη)	6
1.2.2.5. Συστήματα με σταγόνα	7
1.2.2.6. Αεροπονία (aeroponics)	9
1.3 Υδροπονική καλλιέργεια τριαντάφυλλου - υφιστάμενη κατάσταση - προοπτικές	10

Κεφάλαιο 2. Η Τύχη Των Φυτοφαρμάκων Στα Υδροπονικά Συστήματα

2.1. Γενικά.	12
2.2. Τρόπος εφαρμογής φυτοφαρμάκων στην υδροπονία.	13
2.3. Φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία.	14
2.4. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα υδροπονικά συστήματα.	14
2.4.1. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα.	15
2.4.2. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα.	16
2.4.2.1. Έκπλυση και επιφανειακή απώλεια (leaching, run off).	16
2.4.2.2. Εξάτμιση—εξάχνωση (Volatilization).	16
2.4.2.3. Μικροβιακή διάσπαση (microbial decomposition).	16
2.4.2.4. Προσρόφηση (adsorption).	16
2.4.2.5. Φωτοδιάσπαση (Photochemical degradation).	17
2.4.2.7 Η απορρόφηση από τα φυτά (plant uptake-absorption)	18
2.5. Συμπεράσματα	19

Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Το θρεπτικό διάλυμα	21
3.1.1 Θρεπτικό διάλυμα τριαντάφυλλου	21
3.1.3.Περιγραφή των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων	22
3.1.3.1.Μακροστοιχεία	22
3.1.3.2.Ιχνοστοιχεία	24
3.2. Επιλογή φυτοφαρμάκων	25
3.2.1.Metalaxyl	25
3.2.2. Dimethoate	26
3.2.3. Dichlorvos	26
3.3. Περιγραφή του πειράματος	27
3.3.1. Τα θρεπτικά διαλύματα	27
3.3.2. Εφαρμογή φυτοφαρμάκων	27
3.3.3.Δειγματοληψίες και αριθμός δειγμάτων	28



3.4. Ανάλυση δειγμάτων.	29
3.4.1. Αντιδραστήρια – Διαλύτες – Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.	39
3.4.2. Χρωματογραφικές συνθήκες	30
3.4.3. Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων	30
3.4.3 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός	31

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα-Συζήτηση

4.1. Εισαγωγή.	33
4.2. Αποτελέσματα Metalaxyl	33
4.3. Αποτελέσματα Dimethoate	44
4.4. Αποτελέσματα Dichlorvos	55
4.5.Συμπεράσματα	66

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
---------------------	-----------



Κεφάλαιο 1.

Υδροπονικά συστήματα και καλλιέργεια τριαντάφυλλου

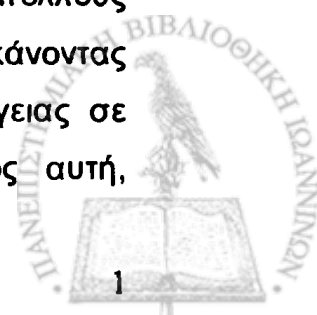
1.1. Ορισμοί – Ιστορική αναδρομή

Ο όρος υδροπονία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 2^ο αιώνα, για να περιγράψει κάθε σύστημα καλλιέργειας όπου τα φυτά αναπτύσσονται σε θρεπτικό μέσο εκτός εδάφους (Gericke, 1937a) . Τα συστατικά που είναι απαραίτητα για τη θρέψη τους χορηγούνται σε αυτά μέσω τεχνητά παρασκευασμένων ανόργανων διαλυμάτων.

Κάποιοι ερευνητές όπως ο Cooper (1979) κάνοντας μια αυστηρή ετυμολογικά ερμηνεία της λέξης «υδροπονία», την προτείνουν μόνο για την περιγραφή καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε θρεπτικό διάλυμα, περιγράφοντας τις καλλιέργειες σε στερεό υπόστρωμα ως «καλλιέργειες εκτός εδάφους». Ωστόσο, οι δύο αυτοί όροι χρησιμοποιούνται από τους περισσότερους επιστήμονες ως συνώνυμοι.

Η ιδέα της καλλιέργειας των φυτών εκτός εδάφους είναι πολύ παλιά και φτάνει ως το προϊστορικό παρελθόν των ανθρώπων. Ένα από τα Επτά Θαύματα του Κόσμου, οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, καθώς και οι πλωτοί κήποι στο Μεξικό ήταν στην πραγματικότητα υδροπονικά συστήματα. Οι επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας σύμφωνα με τον Hewitt, (1966) τέθηκαν από τους Γερμανούς φυσιολόγους Sachs (1860) και Knor (1860). Αυτοί καλλιεργήσαν φυτά σε παρασκευασμένα θρεπτικά διαλύματα όταν προσπάθησαν να προσδιορίσουν το είδος και την ποσότητα των ανόργανων στοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών. Οι έρευνες αυτές που είχαν πρωταρχικό στόχο την διατροφή των φυτών, ήταν και η απαρχή της ανάπτυξης της υδροπονίας.

Οι έρευνες των Sachs και Knor συνεχίστηκαν από πολλούς επιστήμονες. Ο McCall (1916) σύμφωνα με τον Cooper (1979), κάνοντας πειράματα για την θρέψη των φυτών ανέπτυξε μέθοδο καλλιέργειας σε φυτοδοχεία γεμισμένα με άμμο ως αδρανές υλικό. Η μέθοδος αυτή,



καθιερώθηκε διεθνώς με τον όρο "**sand culture**" και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα τόσο σε πειράματα διατροφής των φυτών, όσο και σε εμπορικής κλίμακας καλλιέργειες με διάφορες βελτιώσεις και παραλλαγές.

Ο Gericke (1929), στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, ήταν ο πρώτος που επιχείρησε σε εμπορική κλίμακα να αναπτύξει σύστημα καλλιέργειας αποκλειστικά μέσω θρεπτικών διαλυμάτων. Το σύστημα του όμως, που βασιζόνταν στην ανάπτυξη των ριζών μέσα σε θρεπτικό διάλυμα, παρουσίασε αρκετά μειονεκτήματα με κυριότερο αυτό του αερισμού του διαλύματος ώστε να εξασφαλίζεται το απαραίτητο οξυγόνο για τη λειτουργία του ριζικού συστήματος.

Την επόμενη δεκαετία πολλοί επιστήμονες, (Lourie, 1931; Eaton, 1936; Withrow & Biebel, 1936; Mullard & Stoughton, 1939; Arnon και Hoagland, 1940, cited by Cooper, 1979), ανέπτυξαν υδροπονικά συστήματα παρόμοια με αυτά του Gericke τα οποία όμως δεν βρήκαν ευρεία πρακτική εφαρμογή.

Για πρώτη φορά η υδροπονία βρίσκει μεγάλη πρακτική εφαρμογή στη διάρκεια του Β' παγκόσμιου πόλεμου, για να δικαιωθεί ακόμα μια φορά ο Ηράκλειτος (*Πόλεμος πατήρ πάντων*), στα άγονα νησιά του Ειρηνικού, με σκοπό να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες των Αμερικανικών στρατευμάτων και πολιτών στην περιοχή (Cooper, 1979; Jones, 1982)

Μετά τον πόλεμο τόσο η πρακτική εφαρμογή της υδροπονίας όσο και οι έρευνες συνεχίζονται με αργούς ρυθμούς μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1960. Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 το ενδιαφέρον, για την εφαρμογή της υδροπονίας σε επιχειρηματικές καλλιέργειες σε θερμοκήπια, αναζωπυρώνεται κυρίως στην Αγγλία και Ολλανδία. Στην Αγγλία ο Cooper (1975, 1979), εφαρμόζει με επιτυχία την τεχνική της λεπτής θρεπτικής στιβάδας (Nutrient Film Technique) που υιοθετείται από τους παραγωγούς σε μεγάλη κλίμακα. Στην Ολλανδία ανακαλύπτονται οι θαυμάσιες ιδιότητες του πετροβάμβακα (Verwer, 1976 και 1978) σαν αδρανές υπόστρωμα το οποίο δίνει λύση στο πρόβλημα της κόπωσης των εδαφών από την εντατική καλλιέργεια που συνοδεύονταν από έξαρση των εδαφογενών ασθενειών. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα 50 στρέμματα υδροπονικών καλλιεργειών που υπήρχαν το 1976 (Van Os, 1982), έφτασαν τα 100.000 στρέμματα το 2001, όπου απασχολούνται 40.000 άτομα σύμφωνα με στοιχεία της NDEFRA

(Netherlands Department of Environment, Food and Rural Affairs: cited by Carruthers S., 2002).

Στις μέρες μας η Υδροπονία κερδίζει συνεχώς έδαφος λόγω της κατάργησης μιας σειράς χημικών απολυμαντικών εδάφους, των προβλημάτων από την κόπωση των εδαφών, της έξαρσης των εδαφογενών ασθενειών και των υψηλών αποδόσεων. Παράλληλα υπάρχει σημαντική υποστήριξη από τις σύγχρονες μεθόδους και συσκευές χημικών αναλύσεων που σημείωσαν εξαιρετική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Η πρόοδος αυτή επέτρεψε τον ακριβή ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό θρεπτικών στοιχείων, ακόμα και αυτών που είναι απαραίτητα σε ίχνη στα φυτά. Εκτός όμως από την ακριβή σύνθεση θρεπτικών μιγμάτων που επιτεύχθηκε, δόθηκε και η δυνατότητα τακτικής ανάλυσης και διόρθωσης των θρεπτικών μιγμάτων κατά την χρησιμοποίησή τους, επιτυγχάνοντας έτσι πλήρη έλεγχο στην διαδικασία της θρέψης.

1.2. Υδροπονικά συστήματα

1.2.1.Υδροπονικά συστήματα με βάση την ανακύκλωση του θρεπτικού υλικού

Εδώ η διάκριση γίνεται με βάση το αν το θρεπτικό διάλυμα, που απορρέει από το ριζόστρωμα, μετά από βελτίωση των χαρακτηριστικών του, χρησιμοποιείται ξανά ή όχι και συνεπώς απορρίπτεται στο περιβάλλον. Με βάση αυτό το κριτήριο διακρίνονται:

α. Κλειστό υδροπονικό σύστημα (recirculating system)

Σε αυτό το σύστημα το απορρέον θρεπτικό διάλυμα επαναχρησιμοποιείται.

Το κλειστό υδροπονικό σύστημα θεωρείται οικολογικό και φιλικό προς το περιβάλλον αφού δεν έχουμε διαρροές στο περιβάλλον ούτε φυτοφαρμάκων ούτε νιτρικών από τα λιπάσματα. Έτσι αποφεύγεται η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα είναι η οικονομία νερού και λιπασμάτων λόγω της ανακύκλωσης.



Το μοναδικό μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι σχεδόν πάντα υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης όλης της καλλιέργειας από κάποιο παθογόνο. Για το λόγο αυτό εφαρμόζονται μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος όπως: UV ακτινοβολία, οζονίωση, θέρμανση, τοποθέτηση φίλτρων και μεμβρανών.

β. Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα (open)

Εδώ το απορρέον διάλυμα αποβάλλεται στο περιβάλλον.

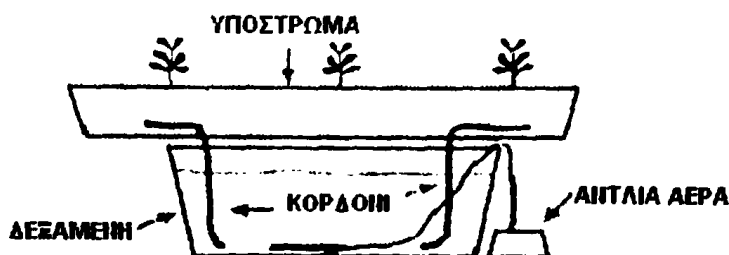
1.2.2. Υδροπονικά συστήματα με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους

Υπάρχουν δεκάδες παραλλαγές και συνδυασμοί των διαφόρων τύπων υδροπονικών συστημάτων, έτσι για την πληρέστερη κατανόηση της παρούσης εργασίας θεωρείται αναγκαία μια σύντομη αναφορά στους βασικότερους από αυτούς.

1.2.2.1. Το σύστημα με το «κορδόνι»

Θεωρείται το πιο απλό σύστημα, το οποίο είναι ερασιτεχνικό και δε χρησιμοποιείται ποτέ για επαγγελματικούς σκοπούς. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.1. είναι ένα παθητικό σύστημα, δηλαδή δεν έχει κινητά μέρη ή μέρη που καταναλώνουν ενέργεια. Αποτελείται από μια δεξαμενή με θρεπτικό διάλυμα (Θ.Δ.) μέσα στην οποία υπάρχει μια αντλία αέρα για εμπλουτισμό με οξυγόνο του Θ.Δ. Πάνω από τη δεξαμενή είναι τοποθετημένη μια λεκάνη με στερεό υπόστρωμα όπου αναπτύσσονται τα φυτά. Το Θ.Δ. περνάει μέσω υφασμάτινων κορδονιών στο στερεό υπόστρωμα.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΡΔΟΝΙ



Σχήμα 1.1. Το σύστημα με το «κορδόνι»

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι τα μεγάλα φυτά ή τα φυτά με αυξημένες σε νερό ανάγκες, απορροφούν Θ.Δ. πιο γρήγορα από ότι το κορδόνι μπορεί να διαθέσει.

1.2.2.2. Σύστημα DHF (deep flow hydroponics)

Το σύστημα αυτό, εφάρμοσε πρώτος ο Gericke (1937a, 1937b, 1938).

Ο διαχωρισμός των συστημάτων αυτών γίνεται ανάλογα με τη θέση των φυτών ως προς το διάλυμα, δηλαδή αν έχουμε εμβάπτιση ολόκληρου του ριζικού συστήματος ή μέρος αυτού. Έτσι έχουμε:

α. Σύστημα RDT (root dipping technique)

Τα φυτά σε αυτό το σύστημα τοποθετούνται σε διάτρητα γλαστράκια τα οποία βρίσκονται σε ειδικές υποδοχές πάνω από το διάλυμα. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται έξω από τα γλαστράκια και εισέρχονται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα για να επιτευχθεί η θρέψη τους.

β. Σύστημα FHS (floating hydroponic systems)

Εφαρμόστηκαν από τον Jensen(1980) στην Αριζόνα και τον Massantini (1976) στην Ιταλία.

ΣΥΣΤΗΜΑ F.H.S.



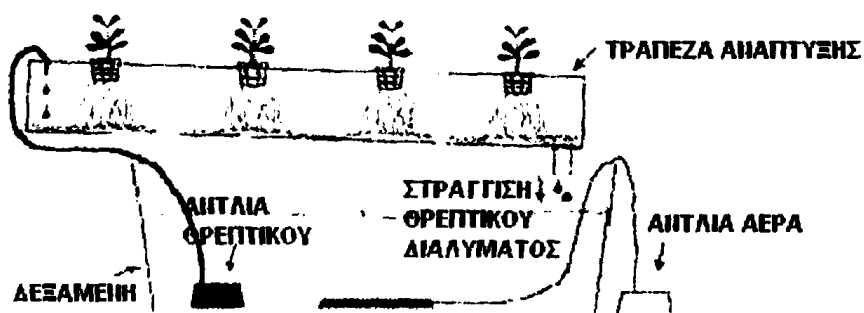
Σχήμα 1.2. Το σύστημα F.H.S.

Αποτελείται από μία δεξαμενή πάνω από την οποία τα φυτά τοποθετούνται σε μια πλατφόρμα συνήθως κατασκευασμένη από διογκωμένη πολυστερίνη (Styrofoam) (Σχήμα 1.2.).

1.2.2.3. Σύστημα NFT (nutrient film technique)

Το σύστημα αυτό, που στα ελληνικά και σε ελεύθερη μετάφραση ονομάζεται τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας, αναπτύχθηκε στην Αγγλία στο Glasshouse Crop Institute από τον Allen Cooper (1975, 1979) (Winsor et al, 1979; Graves, 1983).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΟΙΒΑΔΑΣ (N.F.T.)



Σχήμα 1.3. Το σύστημα N.F.T.

Σε αντίθεση με τα άλλα συστήματα καθαρού θρεπτικού διαλύματος που το διάλυμα έχει βάθος 20-25cm, σε αυτό το σύστημα δεν ξεπερνά το 1cm, είναι trechούμενο και με ρυθμό ροής 1-2l/h (Μαλούρα, 2002). Τα φυτά τοποθετούνται συνήθως σε πλαστικά κανάλια, επιστρωμένα με υλικό που φέρει τριχοειδής ιδιότητες, ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή του διαλύματος σε όλο το κανάλι για τη σωστή ύγρανση των ριζών. Οι ρίζες κατά το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκονται μέσα στο διάλυμα, ένα μέρος τους όμως παραμένει εκτός, κάνοντας δυνατή την πρόσληψη οξυγόνου, το οποίο είναι απαραίτητο για την αναπνοή (Σχήμα 1.3.)

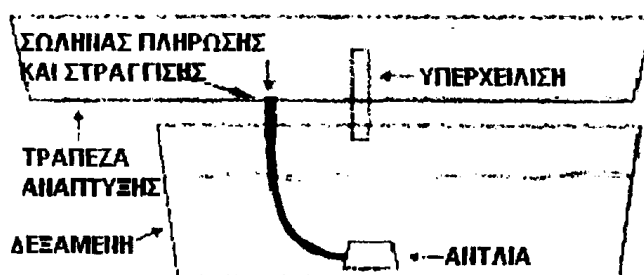
Το NFT χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον τη δεκαετία του '80, όμως επειδή δεν αποδίδει καλά για μεγάλα φυτά ή φυτά βραδείας ανάπτυξης, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή μαρουλιού.

1.2.2.4. Ebb and Flow (πλημμυρίδα και άμπωτη)

Το σύστημα αυτό αποτελείται από λεκάνες με στερεό υπόστρωμα όπου φυτεύονται τα φυτά. Οι λεκάνες αυτές πλημμυρίζουν με θρεπτικό

διάλυμα το οποίο στραγγίζει και επαναχρησιμοποιείται. Με ένα χρονόμετρο το οποίο είναι συνδεδεμένο με μια αντλία μπορούμε να πετύχουμε την «πλημμυρίδα και άμπωτη» σε τακτά χρονικά διαστήματα. Όταν ο χρονοδιακόπτης ανοίγει το διάλυμα πλημμυρίζει τα φυτά και όταν κλείνει στραγγίζει. Αυτό γίνεται αρκετές φορές τη μέρα, το πόσες εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος των φυτών, τη θερμοκρασία, την υγρασία και το είδος του στερεού υποστρώματος. (Σχήμα 1.4.).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΔΑΣ ΚΑΙ ΑΜΠΩΤΗΣ



Σχήμα 1.4. Σύστημα Ebb and Flow

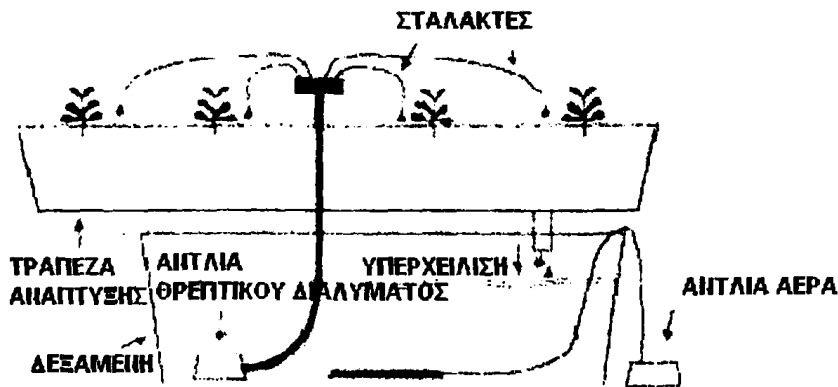
Τα φυτά σε αυτόν τον τύπο τοποθετούνται είτε σε μεγάλες λεκάνες είτε σε ατομικές γλάστρες, που είναι πιο εύκολο να μετακινηθούν. Το μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι οι ρίζες των φυτών μπορεί να στεγνώσουν σε περίπτωση που το χρονόμετρο σταματήσει να λειτουργεί. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας στερεό υπόστρωμα μεγάλης υδατοϊκανότητας (πετροβάμβακας, βερμικουλίτης, ίνες κοκοφοίνικα).

1.2.2.5. Συστήματα με σταγόνα

Αυτός ο τύπος είναι ίσως ο πιο γνωστός και ευρέως χρησιμοποιούμενος στην υδροπονία. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι απλός.

Τα φυτά τοποθετούνται στο μέσο στήριξης είτε σε γλαστράκια είτε σε κανάλια. Μια αντλία ελεγχόμενη από χρονοδιακόπτη, μέσω σταλακτών, παρέχει στη ρίζα του κάθε φυτού το ποσό θρεπτικού διαλύματος που χρειάζεται. Μπορεί να έχουμε ανοιχτό ή κλειστό τύπο (Σχήμα 1.5.).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΣΤΑΛΑΚΤΕΣ



Σχήμα 1.5. Σύστημα με σταλάκτες

Τα κυριότερα συστήματα ανάλογα με το μέσο φύτευσης είναι τα παρακάτω:

α. Συστήματα σε σάκους (bag technique)

Οι σάκοι μπορούν να τοποθετηθούν στο έδαφος ή σε πλαστικά ή μεταλλικά κανάλια (Maloupa et al, 1999) που αυτά με τη σειρά τους τοποθετούνται είτε στο έδαφος είτε σε πάγκους.

Οι σάκοι είναι λευκοί απ' έξω, ώστε να αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία, και μαύροι από μέσα για την αποτροπή λειτουργίας αλγών (Manrogiannopoulos and Papadakis, 1987). Οι διαστάσεις των σάκων είναι ανάλογες με το είδος του φυτού και του υποστρώματος. Στο κάτω μέρος των σάκων γίνεται μία σχισμή για να απορρέει το επιπλέον θρεπτικό διάλυμα.

β. Συστήματα σε λεκάνες καλλιέργειας (trench or trough technique)

Οι λεκάνες καλλιέργειας μπορεί να είναι επιδαπέδιες ή υπερυψωμένες (Jensen, 1991). Το μέγεθος των λεκανών εξαρτάται από το είδος των φυτών με ελάχιστο βάθος τα 30cm. Στον πυθμένα των λεκανών τοποθετείται σωλήνας αποστράγγισης για το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα.

γ. Σύστημα σε φυτοδοχεία (pot technique)

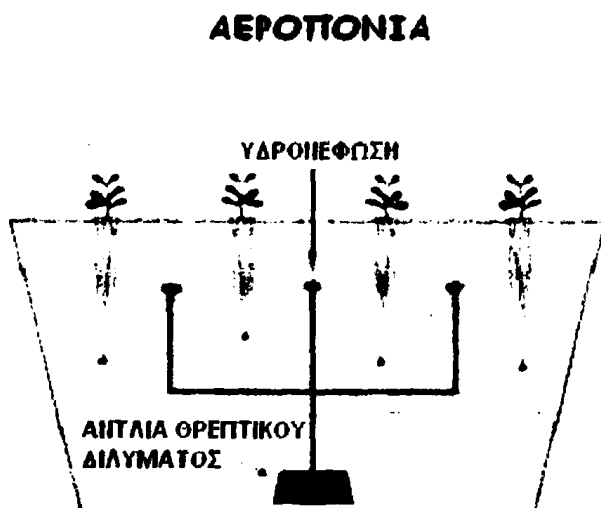
Το σύστημα αυτό είναι μία παραλλαγή των σάκων με αντικατάστασής με φυτοδοχεία (Malupa, 2002). Τα δοχεία συνήθως τοποθετούνται σε

πλαστικά ή μεταλλικά κανάλια δύο σειρών για ανακύκλωση ή απόρριψη του θρεπτικού διαλύματος.

1.2.2.6. Αεροπονία (aeroponics)

Η αεροπονία είναι ίσως το πιο εξελιγμένο τεχνολογικά υδροπονικό σύστημα (Σχήμα 1.6.).

Σύμφωνα με τον Steiner(1976), αεροπονία είναι η μέθοδος κατά την οποία τα φυτά αγκιστρώνονται σε ένα πλαίσιο πάνω από κλειστό δοχείο έτσι ώστε οι ρίζες τους να αιωρούνται μέσα στο δοχείο. Μέσα στο δοχείο υπάρχει ένα σύστημα ψεκασμού υδρονέφωσης με συχνότητα ψεκασμού λίγα δευτερόλεπτα κάθε 2-3 λεπτά (Jensen, 1991). Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται πάνω στη ρίζα διατηρώντας ταυτόχρονα το χώρο του δοχείου κεκορεσμένο σε υγρασία έτσι ώστε το ριζικό σύστημα να είναι πάντα υγρό. Το σύστημα περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Messantini (1973).



Το σύστημα αυτό αποδείχτηκε αντισυμβατικό στην καλλιεργητική πράξη (Jensen and Collins, 1985) και γι' αυτό είχε μικρή εφαρμογή στην παραγωγική διαδικασία.

Σήμερα αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως για φυλλώδη λαχανικά και θεωρείται ιδανική για ριζοβολία μοσχευμάτων (Jensen and Collins, 1985).

1.3 Υδροπονική καλλιέργεια τριαντάφυλλου - υφιστάμενη κατάσταση - προοπτικές

Η τριανταφυλλιά ανήκει στο γένος *Rosa* της οικογένειας *Rosaceae* και είναι το πιο γνωστό και δημοφιλές άνθος ανά την υφήλιο. Χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο ως ολόκληρο φυτό όσο και σαν κομμένο λουλούδι.

Ως κομμένο λουλούδι για ανθοδέσμες και περαιτέρω ανθικές κατασκευές, το τριαντάφυλλο είναι ιδεώδες άνθος λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων του:

A) Ο αριθμός των ποικιλιών της τριανταφυλλιάς είναι τεράστιος (25.000) συνεπώς υπάρχει μια τεράστια ποικιλία ανθέων όσον αφορά το μέγεθος, τον αριθμό, το χρώμα, το σχήμα, το συνολικό μέγεθος του άνθους και το μήκος των ανθικών στελεχών.

B) Τα άνθη της τριανταφυλλιάς συσκευάζονται εύκολα και μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να υποστούν φθορές, αν η συγκομιδή γίνει στο στάδιο του μπουμπουκιού που είναι το κατάλληλο στάδιο κοπής.

Γ) Η διατηρησιμότητα των ανθέων.

Σήμερα η τριανταφυλλιά είναι το πλέον διαδεδομένο καλλιεργούμενο καλλωπιστικό φυτό. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο είναι οι Η.Π.Α. και το Ισραήλ με το μεγαλύτερο ποσοστό των καλλιεργειών να είναι υδροπονικές. Σήμερα στο Ισραήλ το 97% των τριαντάφυλλων παράγεται υδροπονικά με απόδοση 200.000 δολάρια Αμερικής ανά εκτάριο, ένα από τα μεγαλύτερα εισοδήματα στον τομέα της παραγωγικής ανθοκομίας. Στις Η.Π.Α. δε, οι υδροπονικές καλλιέργειες του ίδιου άνθους είναι διπλάσιες από της υπαίθριες.

Η στροφή αυτή στην υδροπονία οφείλεται σε σημαντικούς λόγους:

1. Η απεξάρτηση από το έδαφος και συνεπώς από μια σειρά εδαφογενών ασθενειών. Με την κατάργηση πολλών απολυμαντικών εδάφους αυτό το γεγονός αποκτά ιδιαίτερη σημασία (Savvas, 2002) και η υδροπονία προτείνεται πλέον σαν εναλλακτική λύση (Marfa, 2001; Minuto et al, 2001; Porter and Mattner, 2001).

2. Η εκμετάλλευση και αξιοποίηση εδαφών ακατάλληλων για συμβατικές καλλιέργειες (αμμώδη, αλατούχα κ.τ.λ.), αφού η υδροπονία μπορεί να εφαρμοστεί και στην ύπαιθρο. Στην Αυστραλία το 55,6% των υδροπονικών καλλιεργειών είναι υπαίθριες (Bailey, 1999)

3. Η εξοικονόμηση βασικών συντελεστών παραγωγής, όπως είναι το έδαφος και το νερό. Εκτιμάται ότι για παραγωγή της ίδιας ποσότητας προϊόντων, στην υδροπονία έχουμε 75% μείωση της απαιτούμενης έκτασης και 90% νερού σε σύγκριση με συμβατική καλλιέργεια (Bradley and Maguland, 1999).

4. Στις υδροπονικές καλλιέργειες υπάρχει το πλεονέκτημα της δυνατότητας ρύθμισης του θρεπτικού διαλύματος, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται όσον το δυνατό καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι στο τριαντάφυλλο το μήκος του ανθικού στελέχους (Ehert, Menzies and Helmer, 2005).

5. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για να θεωρηθεί επιτυχής μία μονάδα παραγωγής ανθοκομικών φυτών είναι να έχει παραγωγή και να μπορεί να προγραμματίσει την παραγωγή για συγκεκριμένες μέρες το χρόνο. Ένα μπουκέτο κόκκινα τριαντάφυλλα είναι η πιο δημοφιλής ανθοδέσμη του Αγίου Βαλεντίνου, έτσι ολόκληρα θερμοκήπια προγραμματίζονται για να είναι τα άνθη στο τέλειο στάδιο κοπής εκείνες τις μέρες. Σύμφωνα λοιπόν με το πρόγραμμα της παραγωγής προγραμματίζεται και η καλύτερη δυνατή θρέψη των φυτών.

Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπ' όψη όλα τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι η υδροπονία εκτός του ότι είναι η πλέον οικολογική μέθοδος καλλιέργειας, ειδικά όταν αναφερόμαστε σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, είναι οικονομική για τον παραγωγό άρα και για τον καταναλωτή. Τέλος η υδροπονία είναι μία μέθοδος καλλιέργειας η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που μέχρι τώρα η υπαίθρια καλλιέργεια ήταν αρκετά δύσκολη ή και αδύνατη.

Κεφάλαιο 2.

Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα υδροπονικά συστήματα.

2.1. Γενικά.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το μεγαλύτερο μέρος των υδροπονικών καλλιεργειών πραγματοποιείται εντός θερμοκηπίου, το οποίο όμως εκτός από ιδανικό περιβάλλον για τα φυτά εξασφαλίζει και ιδανικές συνθήκες τόσο για τους ζωικούς εχθρούς τους όσο και για τις ασθένειες τους, τουλάχιστον όσον αφορά εχθρούς και ασθένειες φυλλώματος. Παρ' όλο όμως που λόγω υδροπονίας, δηλαδή απεξάρτησης από το έδαφος, θα ήταν αναμενόμενο, οι καλλιέργειες να απαλλάσσονται από μια σειρά ασθενειών του ριζικού συστήματος, έχουν αναφερθεί και σε αυτή την περίπτωση παθογόνα του ριζικού συστήματος που συναντώνται και στο έδαφος. Έτσι μέχρι σήμερα έχουν αναγνωριστεί 4 ιοί, 3 βακτηρία και 21 μύκητες ως αίτια ασθενειών του ριζικού συστήματος σε υδροπονικές καλλιέργειες (M.E. Stanghellini, S.L Rasmussen, 2002). Τα πιο συνηθισμένα παθογόνα είναι οι μύκητες, μερικοί από τους οποίους είναι *Pythium* sp. (Jenkins and Averre, 1991), *Plasmopara* sp. και *Verticillium* sp. (Stanghellini et al., και Jarvis and Shoemaker, 1978, cited by Paulitz, 1997), *Fusarium* sp. (Liu, 2003), *Phytophthora* sp. (Hofte, 2004).

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η χρήση φυτοφαρμάκων και στην υδροπονία είναι απαραίτητη, όπως ακριβώς και στις συμβατικές καλλιέργειες. Στο κεφάλαιο αυτό, λοιπόν θα γίνει αναφορά στις διαφορές ή ομοιότητες στη χρήση, συμπεριφορά και τύχη των φυτοφαρμάκων που εφαρμόζονται στις υδροπονικές καλλιέργειες σε σχέση με τις καλλιέργειες στο έδαφος.

2.2. Τρόπος εφαρμογής φυτοφαρμάκων στην υδροπονία.

Στις συμβατικές καλλιέργειες δύο είναι οι πλέον συνηθισμένοι τρόποι εφαρμογής φυτοφαρμάκων:

→ Με ψεκασμό και

→ Με εφαρμογή στο έδαφος ώστε να απορροφηθούν από το ριζικό σύστημα του φυτού.

Όσον αφορά τον πρώτο τρόπο εφαρμογής, δεν υπάρχει καμιά διαφορά στην υδροπονία αφού το σύστημα **φυτοφάρμακο - περιβάλλον - φυτό** δεν αλλάζει.

Όσον αφορά το δεύτερο, στην υδροπονία προκειμένου να απορροφηθεί το φυτοφάρμακο από το ριζικό σύστημα, εφαρμόζεται μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Εδώ όμως το σύστημα **φυτοφάρμακο – έδαφος – φυτό**, των συμβατικών καλλιεργειών, αντικαθίσταται με το σύστημα **φυτοφάρμακο - θρεπτικό διάλυμα - φυτό** στην περίπτωση των υδροπονικών συστημάτων σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα και **φυτοφάρμακο - θρεπτικό διάλυμα - αδρανές υπόστρωμα - φυτό** στην περίπτωση των υδροπονικών συστημάτων σε στερεά υποστρώματα.

Οι αλλαγές αυτές στην υδροπονία επιδρούν στην τύχη και τη συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων. Με βάση την υφιστάμενη βιβλιογραφία, η συμπεριφορά αυτή δεν έχει μελετηθεί συστηματικά μέχρι τώρα, εκτός μεμονωμένων περιπτώσεων. Αυτός είναι και ο λόγος που στον Καναδά και στις ΗΠΑ, απαγορεύεται, η χρήση φυτοφαρμάκων μέσω του θρεπτικού διαλύματος σε λαχανοκομικές αλλά και ανθοκομικές υδροπονικές καλλιέργειες (Paulitz, 1997), αφού η απουσία εδάφους, που λειτουργεί ως ρυθμιστής, καθιστά αδύνατο να υπολογιστεί τόσο η τοξικότητα αυτών στο φυτό, όσο και ο ελάχιστος χρόνος επέμβασης πριν την συγκομιδή. Ο κυριότερος λόγος για την έλλειψη στοιχείων που να αφορούν στη συστηματική χρήση φυτοφαρμάκων μέσω του θρεπτικού διαλύματος, κατά τον Paulitz, (1997), είναι οικονομικός, αφού οι εταιρείες παραγωγής φυτοφαρμάκων κρίνουν προς το παρόν ασύμφορη οικονομικά την δοκιμή υφισταμένων και νέων φυτοφαρμάκων στα υδροπονικά συστήματα.

Στην πραγματικότητα όμως, η εφαρμογή φυτοφαρμάκων σε υδροπονικές καλλιέργειες, μέσω θρεπτικού διαλύματος, αποτελεί μια

συνηθισμένη γεωργική πρακτική σε πολλές χώρες της Ευρώπης καθώς και στη χώρα μας, έστω και αν για την πλειονότητα τέτοιων εφαρμογών δεν υπάρχουν επίσημες ενδείξεις και δοσολογίες χρήσης από τους προμηθευτές.

Ο λόγος όμως που εφαρμόζονται τέτοιες πρακτικές είναι η ευκολία εφαρμογής και το μειωμένο κόστος αυτής σε σχέση με τους ψεκασμούς καθώς και η προστασία του προσωπικού από την επαφή με τα φυτοφάρμακα τόσο κατά την διάρκεια εφαρμογής, όσο και από την εξάτμιση αυτών στο χώρο του θερμοκηπίου.

2.3. Φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία.

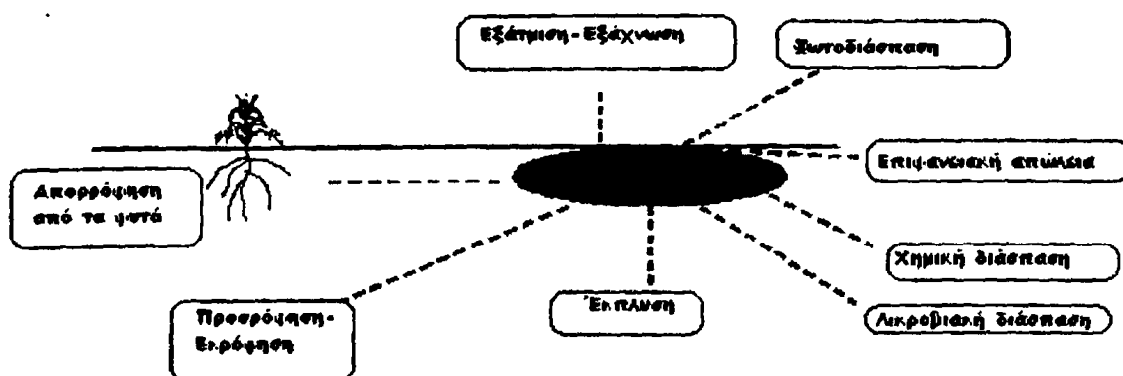
Παραπάνω έγινε σαφές ότι ο τρόπος εφαρμογής των φυτοφαρμάκων στην υδροπονία είναι το ριζοπότισμα, εδώ θα αναφερθούν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν αυτά ώστε να τα καθιστούν αποτελεσματικά για τον έλεγχο και την καταπολέμηση των εκάστοτε εχθρών και ασθενειών. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- ο Να είναι υδατοδιαλυτά ώστε μέσω του ριζικού συστήματος να προσλαμβάνονται εύκολα από τις ρίζες των φυτών.
- ο Να μην υδρολύονται ή ο ρυθμός υδρόλυσης να είναι ελάχιστος σε pH 4-7 (συνήθεις τιμές του θρεπτικού διαλύματος) ώστε να μην καθίστανται ανενεργά σε σύντομο χρονικό διάστημα και
- ο Να έχουν διασυστηματική δράση ώστε να κινούνται μέσω του ανοδικού ρεύματος προς όλα τα φυτικά όργανα.

2.4. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα υδροπονικά συστήματα.

Στην περίπτωση των συμβατικών καλλιεργειών η τύχη των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1. (Αλμπάνης, 1996). Σύμφωνα με το σχήμα αυτό και τον Walker (1982) διακρίνουμε τις παρακάτω διεργασίες:

1. **Φυσικές:** δηλαδή, προσρόφηση, εξάτμιση, έκπλυση, απορροή, καθώς και την απορρόφηση από τα φυτά, και
2. **Χημικές, μικροβιακές και φωτοχημικές:** δηλαδή, που διασπούν, αποσυνθέτουν ή αδρανοποιούν τα φυτοφάρμακα.



Σχήμα 2.1. Οι διαδικασίες που επιδρούν στην τύχη των φυτοφαρμάκων στο έδαφος. (Προσαρμογή από Αλμπάνη, 1996.)

Οι υδροπονικές καλλιέργειες όμως, έχουν βασικές διαφορές σε σχέση με τις συμβατικές στο έδαφος. Έτσι με βάση αναφοράς την τύχη των φυτοφαρμάκων στο έδαφος επιχειρείται να δοθεί η τύχη αυτών στα διάφορα υδροπονικά συστήματα.

2.4.1. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα.

Στην περίπτωση αυτή η τύχη των φυτοφαρμάκων ακολουθεί δύο στάδια.

Το πρώτο στάδιο είναι όμοιο με αυτό των κλειστών υδροπονικών συστημάτων και διαρκεί από την αρχική εφαρμογή του φυτοφαρμάκου μέχρι το πρώτο πότισμα. Δεδομένης της μικρής διάρκειας αυτού του σταδίου, κυρίαρχη δραστηριότητα είναι αυτή της απορρόφησης από τα φυτά, που με τη σειρά της εξαρτάται από το διαθέσιμο στα φυτά νερό (E.A.W.), στην περίπτωση των συστημάτων σε υποστρώματα, ή από το χρόνο παραμονής του θρεπτικού διαλύματος στη ριζόσφαιρα, στην περίπτωση των συστημάτων σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα.

Μετά το πρώτο πότισμα, το απορρέον θρεπτικό διάλυμα και επομένως και το φυτοφάρμακο που δεν απορροφήθηκε, για τις καλλιέργειες στο

καταλήγει είτε απ' ευθείας στο έδαφος του θερμοκηπίου, είτε οδηγείται με κανάλια εκτός αυτού. Στο δεύτερο αυτό στάδιο η τύχη των φυτοφαρμάκων ακολουθεί την ίδια πορεία με αυτή που αναφέρθηκε έδαφος. (Διάγραμμα 2.1.).

2.4.2. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Σύμφωνα με το Σχήμα 2.1. και όσα αναφέρθηκαν για τα κλειστά υδροπονικά συστήματα η κατάσταση παρουσιάζεται ως εξής:

2.4.2.1. Έκπλυση και επιφανειακή απώλεια (leaching, run off).

Είναι φανερό ότι αυτές οι διεργασίες δεν ισχύουν στα Κ.Υ.Σ., αφού το θρεπτικό διάλυμα, εντός του οποίου προστίθεται τα φυτοφάρμακο, κυκλοφορεί σε κλειστό σύστημα σωλήνων και καναλιών και το απορρέον διάλυμα μετά από κάθε πότισμα επανέρχεται συμπληρωμένο και διορθωμένο στα φυτά.

2.4.2.2. Εξάτμιση—εξάχνωση (Volatilization).

Εξαρτάται κυρίως από την τάση ατμών του φυτοφαρμάκου (Vapor Pressure) και την επιφάνεια εφαρμογής. Η διεργασία αυτή είναι σαφώς περιορισμένη σε σχέση με το έδαφος, αφού το διάλυμα προσφέρει πολύ μικρή επιφάνεια για εξάτμιση δεδομένου ότι κινείται σε κλειστό σύστημα. Η μόνη περίπτωση εξάτμισης είναι κατά την διάρκεια παραμονής του φυτοφαρμάκου στα ανοικτά κανάλια απορροής αλλά και σε αυτή την περίπτωση η σκίαση των φυτών στο κανάλι περιορίζει την έντονη εξάτμιση.

2.4.2.3. Μικροβιακή διάσπαση (microbial decomposition).

Στην υδροπονία σαφώς υπάρχει μικροβιακή χλωρίδα αλλά η απουσία εδάφους μειώνει τόσο τον αριθμό όσο και το είδος των μικροοργανισμών που διασπούν τα φυτοφάρμακα (Paulitz, 1997; Crum et al, 1984; Grosh and Crote, 1998; Brand et al., 2001). Αυτή είναι σαφώς μικρότερη στα Κ.Υ.Σ. σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, αφού απουσιάζει το υπόστρωμα επάνω στο οποίο θα μπορούσαν να αναπτυχθούν αποικίες μικροοργανισμών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη μικροβιακή διάσπαση σε σχέση με το έδαφος. Φυσικά σε περιπτώσεις απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος το παραπάνω δεδομένο ανατρέπεται αφού η απολύμανση καταστρέφει σχεδόν

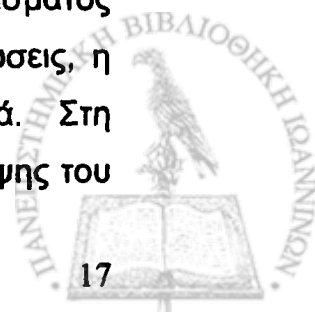
το σύνολο των μικροοργανισμών και η μικροβιακή διάσπαση μηδενίζεται. Σε αυτή την περίπτωση όμως θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διάσπαση του φυτοφαρμάκου που σχετίζεται με τον τρόπο απολύμανσης (παστερίωση, υπεριώδης ακτινοβολία κλπ.). Σε κάθε περίπτωση το θέμα αυτό δεν έχει μελετηθεί μέχρι σήμερα και θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μιας αυτοτελούς μελέτης στο μέλλον.

2.4.2.4. Προσρόφηση (adsorption).

Στην περίπτωση των υδροπονικών συστημάτων σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα δεν υπάρχει προσρόφηση. Στην περίπτωση όμως των συστημάτων σε στερεά αδρανή υποστρώματα είναι δυνατή η προσρόφηση, είτε γιατί τα ίδια διαθέτουν ευθύς εξαρχής μικρής έκτασης ενεργή επιφάνεια είτε γιατί δημιουργήθηκε μια τέτοια κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Ενώ λοιπόν, η προσρόφηση στα αδρανή υποστρώματα αναμένεται να είναι ελάχιστη και πρακτικά δεν λαμβάνεται υπόψη, αντίθετα στα ενεργά υποστρώματα, όπως η τύρφη, η προσρόφηση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τύχη των φυτοφαρμάκων, που σε πολλές περιπτώσεις είναι ισχυρότερη από αρκετούς τύπους εδαφών.

2.4.2.5. Φωτοδιάσπαση (Photochemical degradation).

Στην άμεση φωτόλυση το φυτοφάρμακο απορροφά απ' ευθείας την ηλιακή ακτινοβολία ($\lambda > 260\text{nm}$) η οποία αλληλεπιδρά με τα μόρια που εκτίθενται κατ' ευθείαν στο φως. Στην έμμεση φωτόλυση (φωτοκατάλυση) διάφορα συστατικά (χρωστικές, οργανικές ενώσεις, οξείδια του Ti, Zn, κλπ) απορροφούν το ηλιακό φως και μετατρέπονται σε δραστικές μορφές που είτε μεταφέρουν την ενέργεια στο φυτοφάρμακο και το διασπούν, είτε παράγουν δραστικά ενδιάμεσα (ρίζες οξυγόνου, υπεροξειδίου κλπ), που αντιδρούν με το φυτοφάρμακο και το διασπούν (Goutailler et al, 2001). Για να συμβούν τα παραπάνω θα πρέπει το θρεπτικό διάλυμα να έρθει σε επαφή με το ηλιακό φως. Η μόνη περίπτωση να συμβεί το παραπάνω είναι στα ανοικτά κανάλια απορροής του θρεπτικού διαλύματος, καθώς και την στιγμή του ποτίσματος στην επιφάνεια του υποστρώματος. Και σε αυτές όμως τις περιπτώσεις, η επιφάνεια και τα κανάλια σκιάζονται συνήθως από τα φυτά. Στη φωτοδιάσπαση θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη και το υλικό κάλυψης του



θερμοκηπίου, γυαλί ή πλαστικό, το οποίο φιλτράρει την UV ακτινοβολία. Με βάση τα παραπάνω, αλλά και την μικρή επιφάνεια των καναλιών και των φυτοδοχείων, η φωτοδιάσπαση θεωρείται μια διεργασία με περιορισμένη επίδραση στην τύχη του φυτοφαρμάκου στις υδροπονικές καλλιέργειες.

2.4.2.6. Χημική διάσπαση (chemical decomposition).

Εκτός των διάφορων πιθανών διεργασιών συμπλοκοποίησης, η μόνη χημική διεργασία που κυριαρχεί στα κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι αυτή της υδρόλυσης. Αυτή ορίζεται ως η χημική αντίδραση ενός οργανικού μορίου RX με το νερό, αποτέλεσμα της οποίας είναι το σπάσιμο του ομοιοπολικού δεσμού του με την ομάδα X (αποχωρούσα ομάδα) και το σχηματισμό ενός νέου με την ομάδα OH . Η τελική αντίδραση μπορεί να θεωρηθεί ως αντικατάσταση του X από την ομάδα OH^- (Harris, 1981; Mill and Mabey, 1988):



Η διαδικασία της υδρόλυσης λαμβάνει διάφορους μηχανισμούς και εξαρτάται από τον τύπο του μορίου που φέρει την αποχωρούσα ομάδα X , στο οποίο συμβαίνει η υδρόλυση. Εξαρτάται δηλαδή από το είδος του φυτοφαρμάκου. Αυτός είναι και ο λόγος που στην εφαρμογή φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα επιλέγονται δραστικές ουσίες που δεν έχουν έντονο ρυθμό υδρόλυσης. Επίσης ο βαθμός υδρόλυσης του εκάστοτε φυτοφάρμακου επηρεάζεται έντονα και από το pH του διαλύματος. Στα θρεπτικά διαλύματα, όμως που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία το pH κυμαίνεται από 4 - 7 ανάλογα την καλλιέργεια και παραμένει σταθερό, έτσι ουσιαστικά δεν επηρεάζει την υδρόλυση.

2.4.2.7 Η απορρόφηση από τα φυτά (plant uptake-absorption).

Στην εφαρμογή φυτοφαρμάκων στο έδαφος η ποσότητα εφαρμογής του εξαρτάται από το βαθμό προσρόφησης αυτών στο έδαφος. Σύμφωνα με τον Ελευθεροχωρινό (1996), κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου η απορρόφηση ενός ζιζανιοκτόνου που εφαρμόζεται στο έδαφος, μπορεί να κυμανθεί από 2,5 - 25% της αρχικής ποσότητας, με βάση την ποσότητα του

διαπνεόμενου νερού, και εξαρτάται κύρια από τον βαθμό προσρόφησης αυτού στο έδαφος. Είναι λογικό λοιπόν, εφόσον στην υδροπονία έχουμε απουσία εδάφους, άρα η προσρόφηση είναι σχεδόν μηδενική και η μη προσληφθείσα ουσία παραμένει στο διάλυμα και ξαναδιοχετεύεται στο σύστημα, η ποσότητα που προσλαμβάνεται στα κλειστά υδροπονικά συστήματα να είναι πολύ μεγαλύτερη.

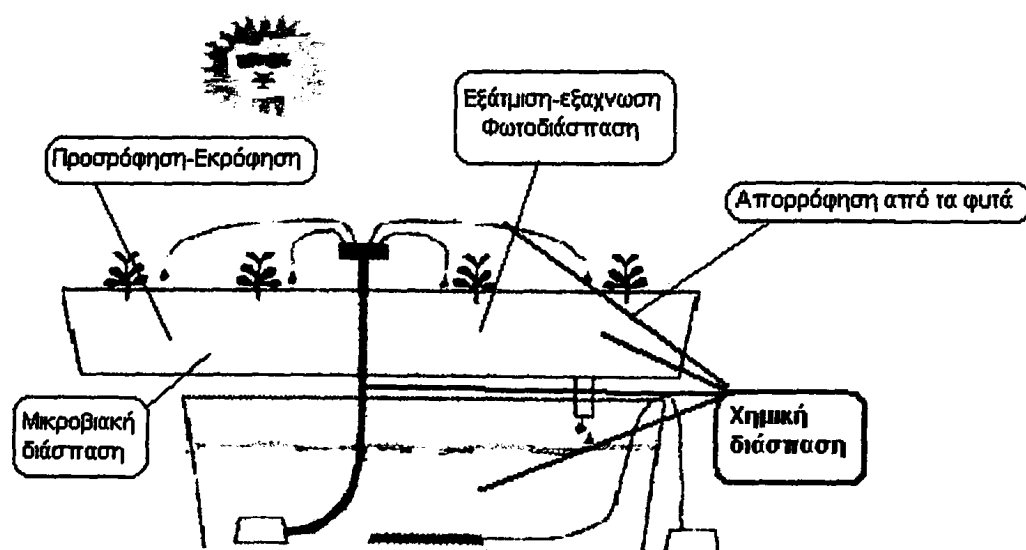
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.3. οι δραστικές ουσίες που επιλέγονται στην υδροπονία έχουν διασυστηματική δράση. Αυτό σημαίνει ότι η ουσία όχι μόνο εισέρχεται στο φυτό από τη ρίζα αλλά μέσω του αγωγού ιστού (ηθμαγγειώδεις δεσμίδες) κινείται και προς άλλα φυτικά όργανα. Στην εφαρμογή φυτοφαρμάκων με ψεκασμό η ικανότητα εισόδου αυτών στους φυτικούς ιστούς από τα φύλλα, εξαρτάται από την ύπαρξη υδρόφιλης και υδρόφοβης ισορροπίας στο μόριο τους ώστε να περάσουν πρώτα από τα κηρώδη υδρόφοβα στρώματα της εφυμενίδας και στη συνέχεια τις υδρόφιλες κυτταρίνες και ημικυτταρίνες της επιδερμίδας. Στην εφαρμογή όμως φυτοφαρμάκων μέσω του θρεπτικού διαλύματος αυτό δεν παίζει σημαντικό ρόλο επειδή η απορρόφηση γίνεται από τη ρίζα και τα ριζικά τριχίδια στερούνται εφυμενίδας (Δημόπουλος, 1998).

Εντός των φυτικών ιστών τα φυτοφάρμακα δεν παραμένουν σταθερά, αλλά είναι δυνατόν να απομακρυνθούν, να διασπαστούν ή να αδρανοποιηθούν. Η ταχύτητα των παραπάνω διεργασιών εξαρτάται από το είδος του φυτού, το παρασιτοκτόνο και το ρυθμό των λειτουργιών του φυτού που με τη σειρά του εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Επομένως, η συγκέντρωση ενός φυτοφαρμάκου στους φυτικούς ιστούς είναι η διαφορά της ποσότητας που εισέρχεται σε αυτούς, και της ποσότητας που απομακρύνεται, διασπάται ή αδρανοποιείται με τους μηχανισμούς που ενεργοποιούνται στο φυτό.

2.5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η τύχη των φυτοφαρμάκων δε διαφέρει από την τύχη αυτών στις καλλιέργειες εδάφους.

Αντίθετα στα κλειστά υδροπονικά συστήματα έχουμε κάποιες σημαντικές διαφορές. Η τύχη λοιπόν, των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα συνοψίζεται στο Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2. Η τύχη των φυτοφαρμάκων στην υδροπονία (Προσαρμογή από Καρρά, 2003).

Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Το θρεπτικό διάλυμα

Το πρώτο ζήτημα όταν πρόκειται να παρασκευαστεί ένα θρεπτικό διάλυμα είναι η σύστασή του. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος αλλάζει σύμφωνα με το είδος του φυτού, με το στάδιο ανάπτυξης του και τέλος με διάφορους εξωγενείς παράγοντες (κλιματολογικές συνθήκες κ.τ.λ.)

Για να παρασκευαστεί ένα θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση του σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου κάθε φορά φυτού. Η σύνθεση του διαλύματος θεωρείται πλήρως καθορισμένη όταν δίδονται επιθυμητές τιμές για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του διαλύματος (Πίνακας 3.1)

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C) σε meqL ⁻¹		Et
pH		
Αναλογία	K:Ca:Mg (meq/meq)	X:Y:Z
Αναλογία	N:K (meq/meq)	R
Αναλογία	[NH ₄ ⁺]/[NH ₄ ⁺]+[NO ₃ ⁻](meq/meq)	Nr
Αναλογία	[H ₂ PO ₄ ⁻]/([SO ₄ ²⁻]+[NO ₃ ⁻]+[H ₂ PO ₄ ⁻]) (meq/meq)	Pr
Συγκεντρώσεις Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo (μmolL ⁻¹)		

3.1.1 Θρεπτικό διάλυμα τριαντάφυλλου

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση φυτών τριανταφυλλιάς στην υδροπονία θα πρέπει να εξειδικεύεται κάθε φορά ανάλογα με την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, την εποχή του έτους κ.τ.λ. Οι αναλογίες όμως, των κύριων θρεπτικών στοιχείων (meq/meq) που επιδιώκονται για το

θρεπτικό διάλυμα της συγκεκριμένης καλλιέργειας είναι σταθερές και είναι οι εξής: N:K=2,8, K:Ca=0,7 και Ca:Mg=2,9.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε ένα υδροπονικό διάλυμα τριανταφυλλιάς θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,6-1,8 dS/m όταν ο καιρός είναι ζεστός και επικρατεί σχετικά υψηλή υγρασία. Σε αντίθετη περίπτωση και όταν ο καιρός είναι νεφελώδης είναι σκόπιμο να ανυψώνεται μέχρι και 2,2 dS/m.

Το pH του θρεπτικού διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο της ανάπτυξης των φυτών πρέπει να είναι μεταξύ των τιμών 6,0-6,5. Για να είναι όμως το pH στα όρια αυτών των τιμών στο χώρο της ριζόσφαιρας το νωπό διάλυμα θα πρέπει να έχει τιμή 5,5-5,7.

Στο παρόν πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 9 θρεπτικά διαλύματα. Ένα με νερό βρύσης που έπαιξε και το ρόλο του τυφλού στο πείραμα, ένα με πλήρες υδροπονικό θρεπτικό διάλυμα για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς, και άλλα 7 διαλύματα με κάθε μακροστοιχείο ξεχωριστά στο καθένα αλλά με τις ίδιες αναλογίες. Τα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρασκευή των διαλυμάτων καθώς και οι αναλογίες τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

3.1.3. Περιγραφή των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων

3.1.3.1. Μακροστοιχεία

1) **Νιτρική αμμωνία.** Είναι ένα λευκό υγροσκοπικό και ευδιάλυτο στο νερό άλας. Λόγω της παρουσίας των ιόντων αμμωνίου μετά την προσθήκη της έχουμε έντονη μείωση του pH, αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

2) **Νιτρικό ασβέστιο.** Είναι σχεδόν το μόνο λίπασμα που χρησιμοποιείται για την προσθήκη ασβεστίου. Το νιτρικό ασβέστιο είναι και αυτό λευκό αλλά το βρίσκουμε σε μορφή κόκκων.

3) **Νιτρικό κάλιο.** Είναι λίπασμα με μικρή διαλυτότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα λιπάσματα αν και είναι υδατοδιαλυτό. Το νιτρικό κάλιο είναι το λίπασμα που μας δίνει το μεγαλύτερο ποσοστό καλίου στα θρεπτικά διαλύματα.

Πίνακας 3.2. Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την σύνθεση θρεπτικού διαλύματος υδροπονίας

ΛΙΠΑΣΜΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ %	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ
Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \text{NH}_4\text{NO}_3$	N:15,5 Ca:19	27,651 Kg/m ³
Νιτρικό κάλιο	KNO_3	N:13 K:38	31,663 Kg/ m ³
Νιτρικό μαγνήσιο	MgNO_3	N:11 Mg:9	6,661 Kg/ m ³
Νιτρική αμμωνία	NH_4NO_3	N:35	9,699 Kg/ m ³
Χηλικός σίδηρος	Διάφοροι τύποι	Fe:6	2,329 Kg/ m ³
Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg:9,7 S:18	4,698 Kg/ m ³
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P:23 K:28	15,933 Kg/ m ³
Θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn:32	66,03 g/ m ³
Θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn:23	96,22 g/ m ³
Θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu:25	18,73 g/ m ³
Solubor (Οκταβορικό Νάτριο)	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	B:20,5	88,78 g/ m ³
Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo:54	8,83 g/ m ³

4) Νιτρικό μαγνήσιο. Το μαγνήσιο χορηγείται στα θρεπτικά διαλύματα μέσω δύο λιπασμάτων του νιτρικού και του θειικού μαγνησίου, όμως ενώ θέλουμε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις μαγνησίου, τα θειικά ιόντα πρέπει να είναι σε μικρές συγκεντρώσεις, έτσι το συγκεκριμένο λίπασμα είναι αυτονόητο ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στη προσθήκη μαγνησίου.

5) Θειικό μαγνήσιο. Αποτελεί την κύρια πηγή θείου για τα θρεπτικά διαλύματα. Υπάρχουν δύο μορφές θειικού μαγνησίου το μονουδρικό θειικό μαγνήσιο που χρησιμοποιείται μόνο ως κοκκώδες λίπασμα στο έδαφος, λόγω

της χαμηλής διαλυτότητας και το επταϋδρικό το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων λόγω της υψηλής διαλυτότητας.

6) Φωσφορικό μονοκάλιο. Είναι η πλέον συνηθισμένη πηγή φωσφόρου στα υδροπονικά διαλύματα, αν και έχει την ιδιότητα, λόγω των ιόντων H_2PO_4 που απελευθερώνει, να μειώνει το pH του διαλύματος.

7) Χηλικός σίδηρος (6% Fe). Ο σίδηρος είναι το μόνο από τα μακροστοιχεία που δεν προστίθεται σε ανόργανη αλλά σε χηλική μορφή (οργανομεταλλικό σύμπλοκο). Η αναγκαιότητα της χρήσης χηλικού σιδήρου οφείλεται στο γεγονός ότι τα ιόντα σιδήρου στα θρεπτικά διαλύματα αντιδρούν με τα άλλα ανιόντα και κυρίως τα φωσφορικά και καταβυθίζονται με αποτέλεσμα να παύουν να είναι διαθέσιμα για τα φυτά ακόμα και όταν προστίθενται σε μορφή ευδιάλυτων αλάτων (FeSO_4). Αιτία γι' αυτό είναι η πολύ μικρή διαλυτότητα των φωσφορικών αλάτων στο νερό.

Ο χηλικός σίδηρος που χρησιμοποιούμε για την λίπανση των φυτών χαρακτηρίζεται από υψηλή διαλυτότητα στο νερό. Τα οργανομεταλλικά χηλικά σύμπλοκα απορροφώνται από τα φυτά είτε με τη μοριακή τους μορφή από τις κορυφές των ριζιδίων είτε μετά από αντιδράσεις ανταλλαγής που συμβαίνουν στην περιοχή της ριζόσφαιρας.

Η σταθερότητα της δομής των χηλικών ενώσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το pH. Σε αλκαλικό περιβάλλον ο σίδηρος απελευθερώνεται υπό μορφή ιόντος και αντικαθιστάται από το Ca στο χηλικό σύμπλοκο με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαθεσιμότητά του.

3.1.3.2. Ιχνοστοιχεία

1) Θειικό μαγγάνιο. Υπάρχουν δύο μορφές θειικού μαγγανίου, το μονοϋδρικό και το τετραϋδρικό και οι δύο αυτές μορφές είναι αρκετά διαλυτές στο νερό. Για την παρασκευή όμως θρεπτικών υδροπονικών διαλυμάτων χρησιμοποιείται το πρώτο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς του σε μαγγάνιο (32% έναντι του τετραϋδρικού 24%). Η χηλική του μορφή χρησιμοποιείται μόνο στο έδαφος αφού στα υδροπονικά διαλύματα πέραν του ότι είναι πιο δαπανηρή δεν προσφέρει και κανένα πλεονέκτημα.

2) Θειικός ψευδάργυρος. Μολονότι στο εμπόριο διατίθενται και χηλικές ενώσεις, λόγω οικονομικού κόστους, στην υδροπονία χρησιμοποιείται κατά κανόνα ο επταϋδρικός θειικός ψευδάργυρος με περιεκτικότητα σε Zn 23%.

Είναι λευκό κρυσταλλικό άλας το οποίο διακρίνεται από υψηλή διαλυτότητα στο νερό και δεν υστερεί σε διαθεσιμότητα στα φυτά σε σύγκριση με της χηλικές ενώσεις.

3) **Θειικός χαλκός.** Στα θρεπτικά διαλύματα χρησιμοποιείται και προτιμάται ο πενταϋδρικός θειικός χαλκός, ο οποίος έχει ικανοποιητική διαλυτότητα και χαρακτηριστικό γαλάζιο χρώμα.

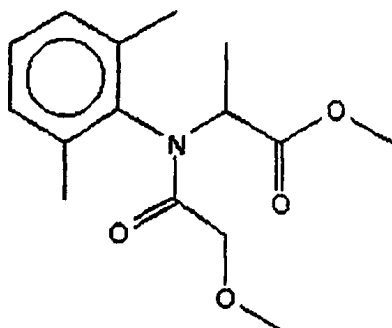
4) **Οκταβορικό νάτριο (Solubor).** Υπάρχουν τρία λιπάσματα βορίου στην αγορά, ο βόρακας, το βορικό οξύ και το solubor. Όμως το τελευταίο έχει καθιερωθεί, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε βόριο και της υψηλής διαλυτότητας του στο νερό, ως το πλέον συνηθισμένο λίπασμα βορίου στα θρεπτικά διαλύματα στην υδροπονία.

5) **Επταμολυβδαινικό αμμώνιο.** Η περιεκτικότητα του σε καθαρό μολυβδαίνιο είναι πολύ υψηλή (54%) και είναι ένα από τα δύο λιπάσματα μολυβδαινίου που διατίθενται στην αγορά, το άλλο είναι το επταμολυβδαινικό νάτριο (40%).

3.2. Επιλογή φυτοφαρμάκων

Οι ενώσεις που θα μελετηθούν στο παρόν πείραμα επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται στην παράγραφο 2.4.

3.2.1. Metalaxyl



Μοριακό βάρος: 279.3

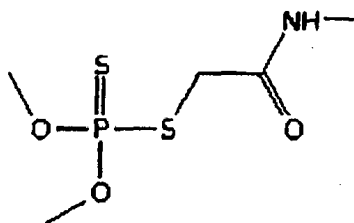
Τάση ατμών: 0.293 mPa στους 20°C

Διαλυτότητα στο νερό: 7.1 g/l στους 20°C

Log K_{ow}: 1,65

Σταθερότητα: Σταθερό πάνω από τους 300°C. Υδρολύεται πολύ εύκολα σε pH 10.

3.2.2. Dimethoate



Μοριακό βάρος: 229.2

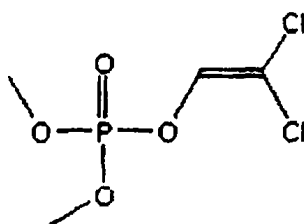
Τάση ατμών: 1 g/100g στους 25 °C

Διαλυτότητα στο νερό: 39 g/l στους 20°C

Log K_{ow}: 5.959

Σταθερότητα: Σε pH 2-7 είναι σχετικά σταθερό, ενώ σε pH 9 ο ήμισυς χρόνος ζωής είναι 12 μέρες.

3.2.3. Dichlorvos



Μοριακό βάρος: 220,98

Τάση ατμών: 0.01 mm Hg στους 30°C

Διαλυτότητα στο νερό: 1 g/100g στους 25°C

Log K_{ow}: 1, 16

Σταθερότητα: Η υδρόλυση είναι αργή στο pH 4 και πολύ γρήγορη στο pH 9.

3.3. Περιγραφή του πειράματος

3.3.1. Τα θρεπτικά διαλύματα

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 9 διαλύματα των οποίων η σύνθεση τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.3). Οι αναλογίες των στοιχείων είναι αυτές που αναφέρθηκαν στον Πίνακα 3.2. Το πλήρες διάλυμα είναι το μόνο στο οποίο υπάρχουν και ιχνοστοιχεία.

Πίνακας 3.3 Χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος

ΔΙΑΛΥΜΑ	ΣΥΝΘΕΣΗ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ
A	Μάρτυρας	Πόσιμο νερό
B	Πλήρες	Όλα τα μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία
Γ	Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$
Δ	Νιτρικό κάλιο	KNO_3
E	Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3
ΣΤ	Χηλικός σίδηρος 6%	
Z	Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
H	Νιτρικό μαγνήσιο	Mg NO_3
Θ	Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4

3.3.2. Εφαρμογή φυτοφαρμάκων

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 3 φυτοφάρμακα σε εμπορικά σκευάσματα και όχι σε πρότυπες ουσίες εφόσον σκοπός της εργασίας είναι να γίνει το πείραμα σε καθαρά υδροπονικές συνθήκες. Τα εμπορικά σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω.

Armetil (Industrias Quimicas del valles s. a., Spain): διασυστηματικό μυκητοκτόνο

Σύνθεση: Metalaxyl 7,5% β/β
Mancozeb 56% β/β
Βοηθητικές ουσίες 28,5% β/β

Rogan (Αγκρόζα Γεωπονική): οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο / ακαραιοκτόνο στομάχου και επαφής.

Σύνθεση: Dimethoate 40% β/ο
Βοηθητικές ουσίες 59,72 % β/β
Διαλύτης Ξυλόλιο

Dedevap (Bayer Cropscience, Germany): εντομοκτόνο / ακαραιοκτόνο

Σύνθεση: Dichlorvos 50.6% β/ο
Βοηθητικές ουσίες 54,6 % β/ο
Διαλύτης 1 methyl- 2 propyl acetate

Τα παραπάνω φυτοφάρμακα εφαρμόστηκαν ταυτόχρονα και στα εννιά (9) δοχεία του πειράματος. Η μέθοδος της ταυτόχρονης εφαρμογής δύο ή και παραπάνω δραστικών ουσιών είναι συνήθης γεωργική πρακτική εφ' όσον:

- ο Είναι συμβατές μεταξύ τους (δεν αντιδρούν μεταξύ τους)
- ο Καταπολεμούν διαφορετικά παθογόνα ή εχθρούς

Οι παραπάνω συνθήκες ισχύουν για τα τρία αυτά φυτοφάρμακα.

Στο πείραμα εφαρμόστηκε η χαμηλή δοσολογία και για τα τρία φυτοφάρμακα, έτσι οι περιεκτικότητες διαμορφώθηκαν ως εξής:

- ο 20μL Rogan, δηλαδή 8ppm Dimethoate
- ο 100μg Armetil, δηλαδή 7,5 ppm Metalaxyl
- ο 20μL Dedevap, δηλαδή 10 ppm Dichlorvos

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστεί ότι ο αρχικός όγκος και για τα εννιά διαλύματα που εξετάστηκαν σε αυτό το πείραμα είναι 1L. Οι αναφερόμενες περιεκτικότητες είναι και πρέπει να θεωρηθούν οι αρχικές ποσότητες.

3.3.3.Δειγματοληψίες και αριθμός δειγμάτων

Στο πείραμα έγιναν 9 δειγματοληψίες και σε κάθε δειγματοληψία από κάθε διάλυμα ελήφθησαν 2 δείγματα. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.4) εμφανίζεται η ημερομηνία της κάθε δειγματοληψίας και η ώρα ή μέρα από την αρχική εφαρμογή των φυτοφαρμάκων.

Πίνακας 3.4. Σχεδιάγραμμα δειγματοληψιών

Δειγματοληψία	Ημερομηνία	Ωρα ή ημέρα από την αρχική εφαρμογή
S1	1/06/2005	0 ώρα
S2	2/06/2005	1 ^η ημέρα
S3	6/06/2005	4 ^η ημέρα
S4	10/06/2005	8 ^η ημέρα
S5	14/06/2005	12 ^η ημέρα
S6	18/06/2005	16 ^η ημέρα
S7	22/06/2005	20 ^η ημέρα
S8	26/06/2005	24 ^η ημέρα
S9	30/06/2005	28 ^η ημέρα

Με βάση τα παραπάνω ο αριθμός των δειγμάτων είναι $2 \times 9 \times 9 = 162$

3.4. Ανάλυση δειγμάτων.

3.4.1. Αντιδραστήρια – Διαλύτες – Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.

Για την ανάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι:

- Πρότυπη ουσία metalaxyl (Riedel de Haën) καθαρότητας 98.7%
- Πρότυπη ουσία dimethoate (Riedel de Haën) καθαρότητας 98,6%
- Πρότυπη ουσία dichlorvos (Riedel de Haën) καθαρότητας 99.7%
- Εξάνιο (Pestiscan) καθαρότητας 95%
- Ηλεκτρικός αναδευτήρας (vortex)
- Ανυδρο θειικό Νάτριο (J. T. Baker)

3.4.2. Χρωματογραφικές συνθήκες

Για τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος Shimadzu 14A εφοδιασμένος με ανιχνευτή θερμιονικής



φλόγας (FTD). Η τριχοειδής στήλη DB-1, που χρησιμοποιήθηκε, με μήκος 30m και εσωτερική διάμετρο 0.32mm, περιείχε dimethylpolysiloxane με πάχος φιλμ 0.5μm. Ως φέρον αέριο χρησιμοποιήθηκε ήλιο (1.5mL/min) και ως make up άζωτο (40mL/L). Τα αέρια του ανιχνευτή ήταν υδρογόνο (4mL/min) και αέρας(120mL/min). Η πηγή των ιόντων στον ανιχνευτή ήταν RbSO₄ προσδεδεμένο σε σπειροειδές σύρμα από πλατίνα 0.2mm.

- ο Θερμοκρασία εισαγωγή: 220 °C
- ο Θερμοκρασιακό πρόγραμμα: 150°C (παραμονή για 2min), με ρυθμό ανόδου 5 °C/min στους 200 °C (παραμονή για 8min), με ρυθμό ανόδου 1 °C/min στους 210 °C (παραμονή για 2 min).
- ο Θερμοκρασία ανιχνευτή: 250 °C

3.4.3. Διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων

Ακολουθήθηκε η παρακάτω πορεία εργασιών:

1. Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων με τα λιπάσματα και τις αντίστοιχες ποσότητες που αναγράφονται στους Πίνακες 3.2 και 3.3.
2. Προσθήκη των φυτοφαρμάκων σε ποσότητες που προαναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3.2.2.
3. Δειγματοληψία 5ml από όλα τα διαλύματα
4. Εκχύλιση των δειγμάτων με υγρή υγρή εκχύλιση (Liquid-liquid extraction) 2 x 5 ml εξάνιο = 10 ml
5. Μετά την ανάδευση για 1min στο Vortex, λαμβάνουμε την υπερκείμενη φάση.
6. Μεταφορά του διαλύματος σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα και ξήρανση με προσθήκη άλατος .
7. Μεταφορά του διαλύματος σε vial των 10ml.
8. Αραίωση του διαλύματος 30% ώστε η συγκέντρωση να είναι στη γραμμική περιοχή απόκρισης του χρωματογράφου.
9. Ποσότητα 1,5μl του δείγματος εκχύνεται στον αέριο χρωματογράφο FTD.

3.4.3 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός

Ο ποιοτικός προσδιορισμός των ενώσεων έγινε βάσει του χρόνου κατακράτησης αυτών με μία απόκλιση ως και 1% από τον χρόνο



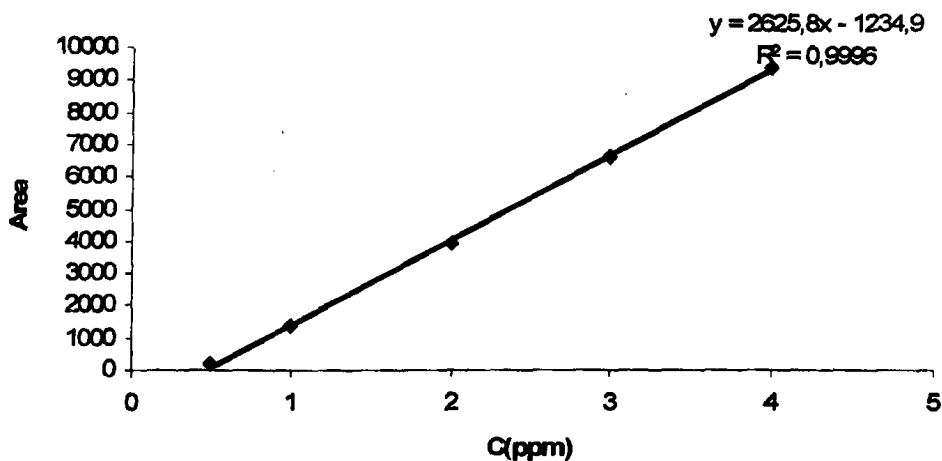
κατακράτησης των πρότυπων ουσιών. Οι χρόνοι κατακράτησης για τα φυτοφάρμακα που εξετάζονται σε αυτή την εργασία είναι οι παρακάτω:

Dichlorvos : 4,77 min

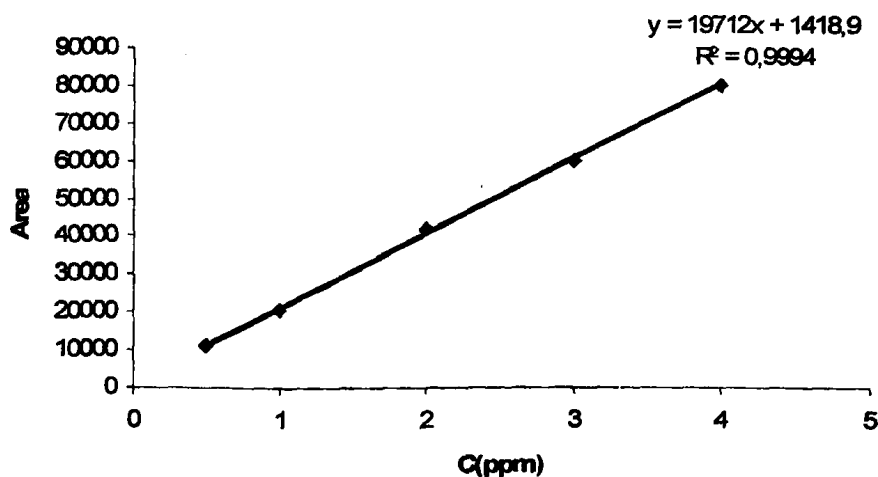
Dimethoate : 13,59 min

Metalaxyl : 20,97 min

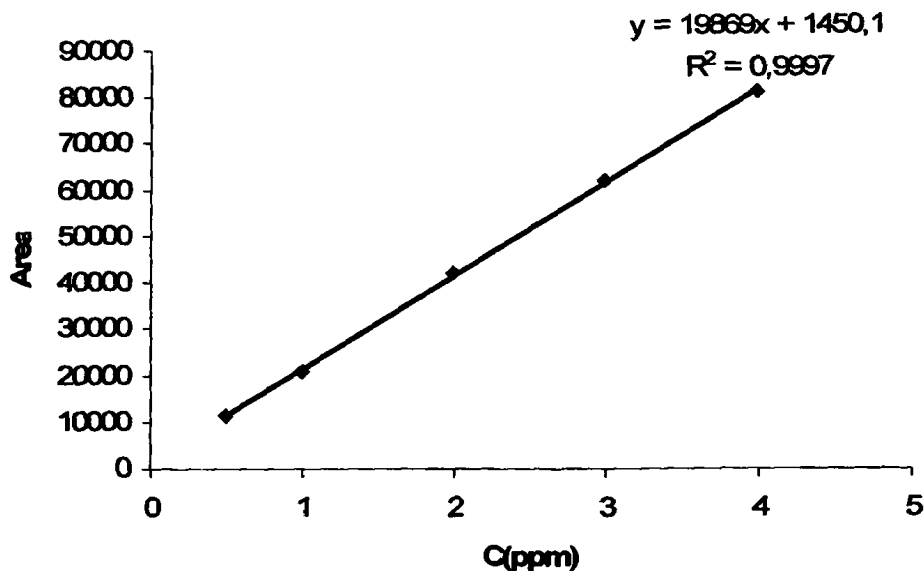
Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ενώσεων έγινε με καμπύλη αναφοράς. Αυτές εμφανίζονται στα παρακάτω γραφήματα.



Γράφημα 3.1. Καμπύλη αναφοράς metalaxyl



Γράφημα 3.2. Καμπύλη αναφοράς dimethoate



Γράφημα 3.3. Καμπύλη αναφοράς dichlorvos

Με βάση τις εξισώσεις α' βαθμού των γραμμών τάσης, έγινε η μετατροπή των εμβαδών των κορυφών σε αντίστοιχες συγκεντρώσεις.

Ο υπολογισμός του ημίσεως χρόνου ζωής έγινε ως κάτωθι:

Η γραμμή τάσης της μείωσης των φυτοφαρμάκων συναρτήσει του χρόνου χαρακτηρίζεται με εκθετική εξίσωση της μορφής:

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (6.1.)$$

Για τον υπολογισμό του ημίσεως του χρόνου ζωής του φυτοφαρμάκου στο θρεπτικό διάλυμα η σχέση (6.1) γίνεται:

$$C/2 = C_0 e^{-kt} \quad (6.2.)$$

Αν η (6.2.) λυθεί με λογαρίθμηση ως προς t , τότε προκύπτει :

$$\ln \frac{1}{2} + \ln C = \ln C - kt$$

$$-t = \frac{\ln \frac{1}{2}}{k}$$

$$-t = 0,693/k \quad (6.3.)$$

Δεδομένου ότι το K δίδεται από την εξίσωση της γραμμής τάσης αντικαθίσταται στην (6.3) και βρίσκεται ο ήμισυς χρόνος ζωής.

Όσον αφορά τις ανακτήσεις των φυτοφαρμάκων από τα διάφορα θρεπτικά διαλύματα, ο Μ.Ο. αυτών ήταν:

Metalaxy I = 82.70%, dimethoate = 66,25% και dichlorvos = 85,20%.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα-συζήτηση

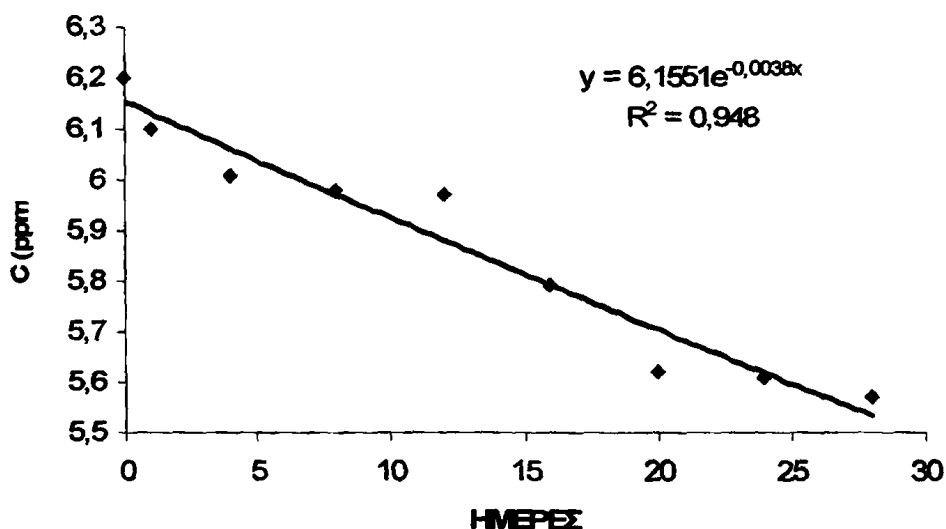
4.1. Εισαγωγή.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ο ήμισυς χρόνος ζωής των φυτοφαρμάκων στο θρεπτικό διάλυμα κλειστών υδροπονικών συστημάτων είναι μικρότερος από αυτόν της υδρόλυσης τους, γεγονός που αποδίδεται σε άλλες διεργασίες εκτός αυτής, με κυριότερες την απορρόφηση αυτών από τα φυτά, τη μικροβιακή διάσπαση, την εξάτμιση την φωτοδιάσπαση καθώς και την επίδραση των ιόντων του θρεπτικού διαλύματος με πιθανές διεργασίες συμπλοκοποίησης, διάσπασης ή αδρανοποίησης (Καρράς, 2003).

4.2. Αποτελέσματα Metalaxyl

Το Metalaxyl και στα 9 διαλύματα έχει αρχική ποσότητα 7,5 ppm. Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται ο βαθμός υδρόλυσης του Metalaxyl σε καθένα από τα 9 διαλύματα ξεχωριστά.

4.2.1. Διάλυμα Α (τυφλό)



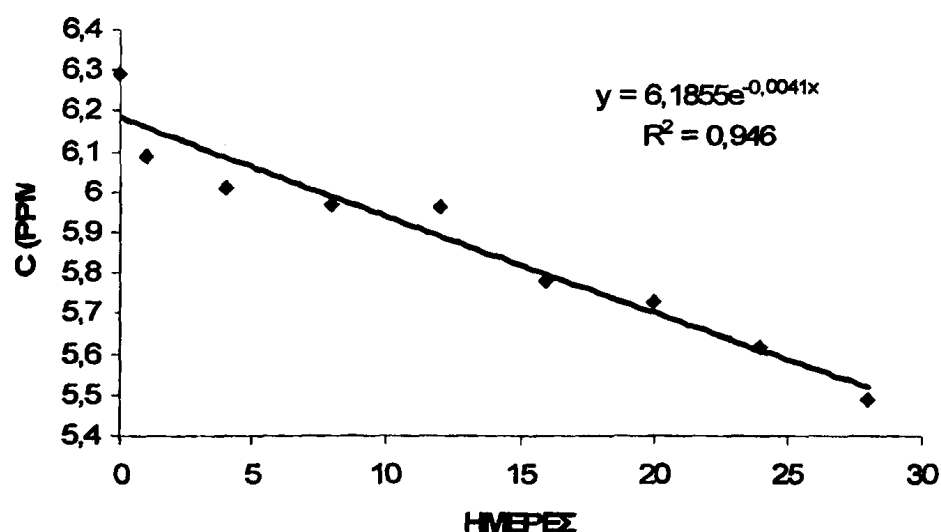
Γράφημα 4.1. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Α στο Metalaxyl

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα διαλύματος Α στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,42	6,36	6,08	6,12	6,14	6,02	5,93	5,72	5,59
Β δείγμα	5,98	5,84	5,94	5,84	5,8	5,56	5,31	5,5	5,55
M.O.	6,2	6,1	6,01	5,98	5,97	5,79	5,62	5,61	5,57
SD	0,31	0,37	0,1	0,2	0,24	0,33	0,44	0,16	0,03

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Α (τυφλό διάλυμα) είναι 182,37 ημέρες .

4.2.2. Διάλυμα Β (πλήρες)



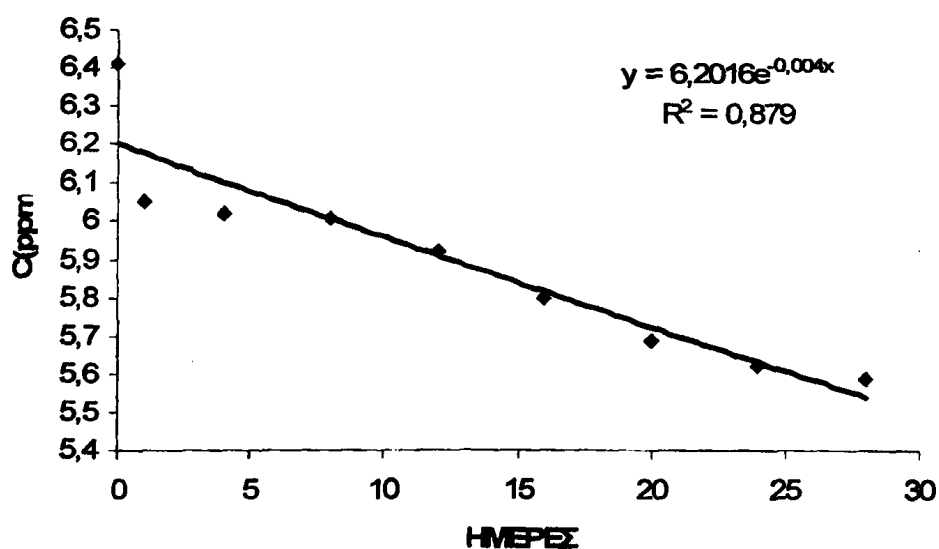
Γράφημα 4.2. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Β στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Β (Πλήρες διάλυμα) είναι 169,02 ημέρες.

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα διαλύματος Β στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,38	6,12	6,08	6,4	6,1	6,02	5,62	5,46	5,5
Β δείγμα	6,2	6,06	5,94	5,54	5,82	5,54	5,84	5,78	5,48
M.O.	6,29	6,09	6,01	5,97	5,96	5,78	5,73	5,62	5,49
SD	0,13	0,04	0,1	0,61	0,2	0,34	0,16	0,23	0,01

4.2.3. Διάλυμα Γ (Νιτρικό ασβέστιο, $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$)



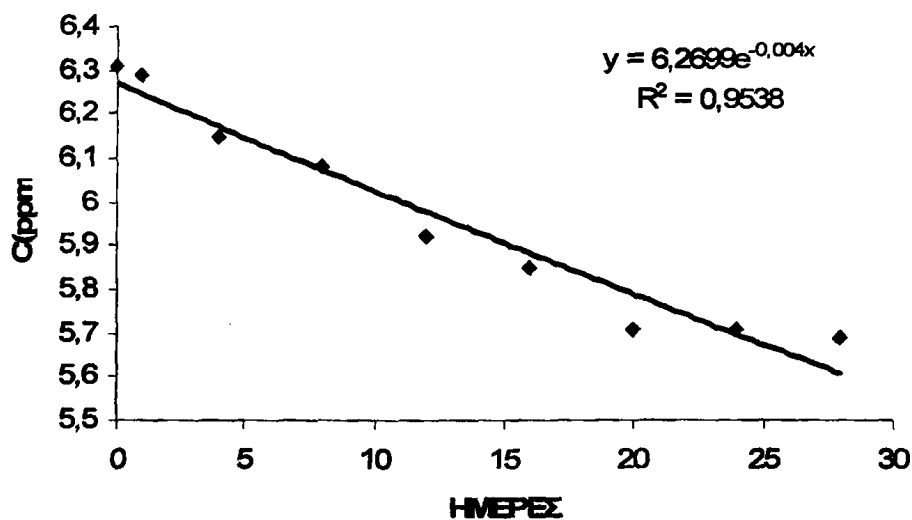
Γράφημα 4.3. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Γ στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Γ (Νιτρικό ασβέστιο, $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$) είναι 173,25 ημέρες.

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα διαλύματος Γ στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
A δείγμα	6,45	6,22	6,12	6,32	5,98	6,04	5,64	5,63	5,61
B δείγμα	6,37	5,88	5,92	5,7	5,86	5,56	5,74	5,61	5,57
M.O.	6,41	6,05	6,02	6,01	5,92	5,8	5,69	5,62	5,59
SD	0,06	0,24	0,14	0,44	0,08	0,34	0,07	0,01	0,03

4.2.4. Διάλυμα Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃)



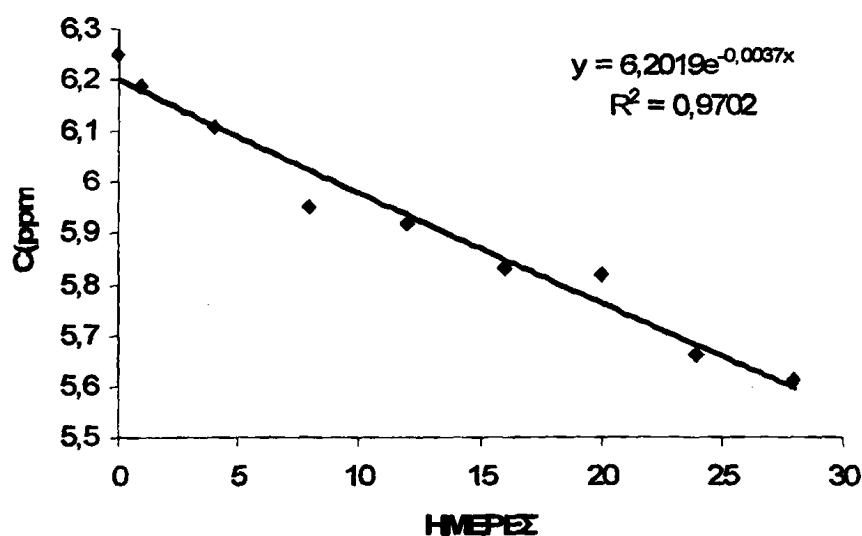
Γράφημα 4.4. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Δ στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃) είναι 173,25 ημέρες.

Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα διαλύματος Δ στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,4	6,29	6,1	6,14	5,93	5,87	5,71	5,68	5,66
Β δείγμα	6,22	6,29	6,2	6,02	5,91	5,83	5,71	5,74	5,72
M.O.	6,31	6,29	6,15	6,08	5,92	5,85	5,71	5,71	5,69
SD	0,13	0	0,07	0,08	0,01	0,03	0	0,04	0,04

4.2.5. Διάλυμα Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3)



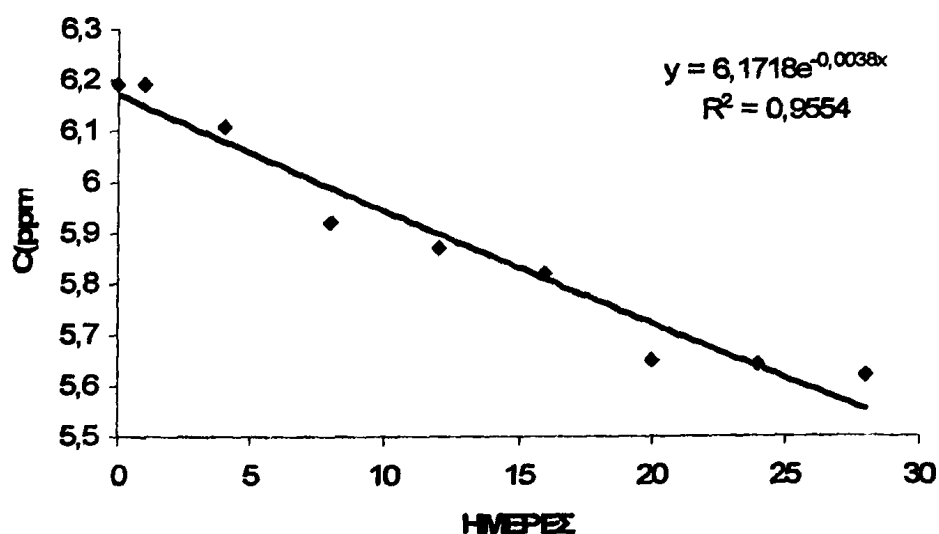
Γράφημα 4.5. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Ε στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3) είναι 187,30 ημέρες.

Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα διαλύματος Ε στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,25	6,17	6,1	5,99	5,92	5,85	5,78	5,7	5,61
Β δείγμα	6,25	6,21	6,12	5,91	5,92	5,81	5,86	5,62	5,61
Μ.Ο.	6,25	6,19	6,11	5,95	5,92	5,83	5,82	5,66	5,61
SD	0	0,03	0,01	0,06	0	0,03	0,06	0,06	0

4.2.6. Διάλυμα ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%)



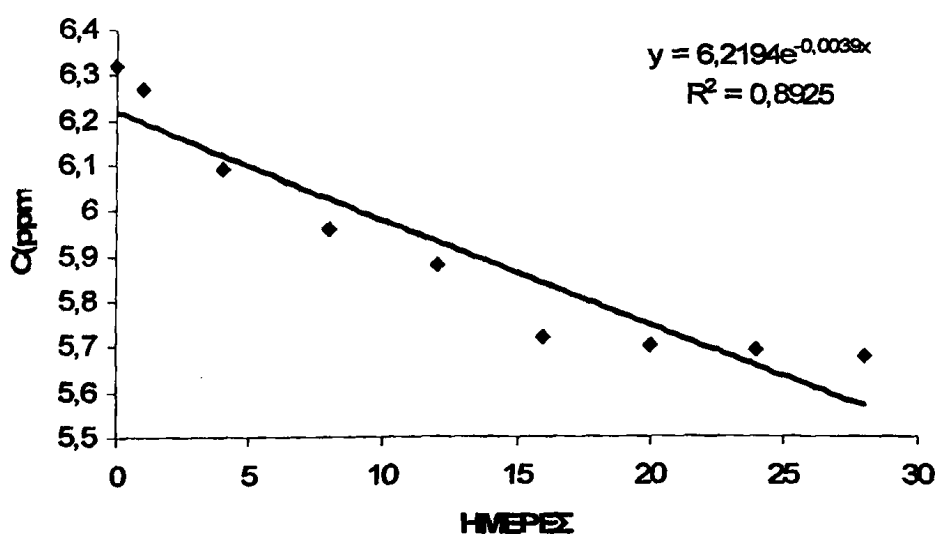
Γράφημα 4.6. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος ΣΤ στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%) είναι 182,37 ημέρες.

Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα διαλύματος ΣΤ στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,14	6,28	6,15	6	5,89	5,84	5,81	5,6	5,67
Β δείγμα	6,24	6,1	6,07	5,84	5,85	5,8	5,49	5,68	5,57
Μ.Ο.	6,19	6,19	6,11	5,92	5,87	5,82	5,65	5,64	5,62
SD	0,07	0,13	0,06	0,11	0,03	0,03	0,23	0,06	0,07

4.2.7. Διάλυμα Ζ (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)



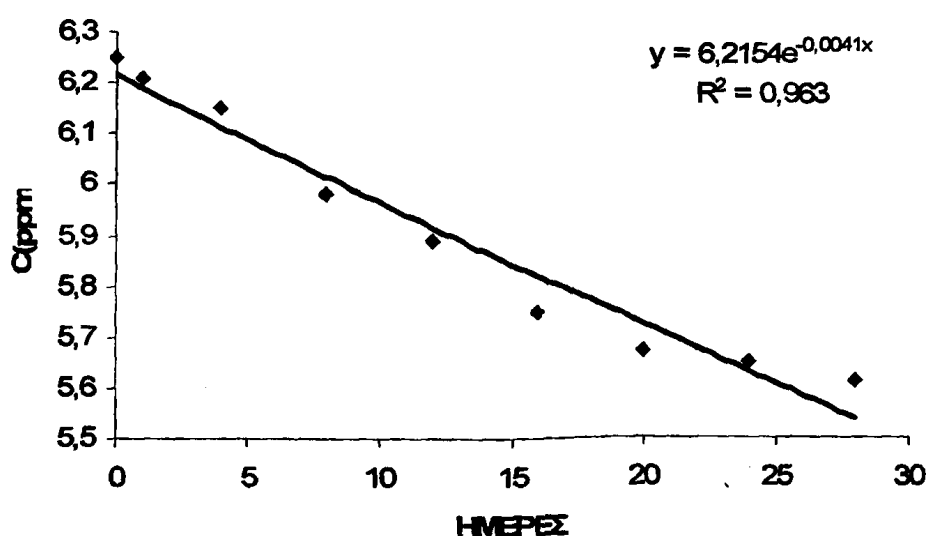
Γράφημα 4.7. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Ζ στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Ζ (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) είναι 177,69 ημέρες.

Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα διαλύματος Ζ στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,41	6,1	6,12	6,04	5,92	5,82	5,79	5,67	5,67
Β δείγμα	6,23	6,44	6,06	5,88	5,84	5,62	5,61	5,71	5,69
Μ.Ο.	6,32	6,27	6,09	5,96	5,88	5,72	5,7	5,69	5,68
SD	0,13	0,24	0,04	0,11	0,06	0,14	0,13	0,03	0,01

4.2.8. Διάλυμα Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃)



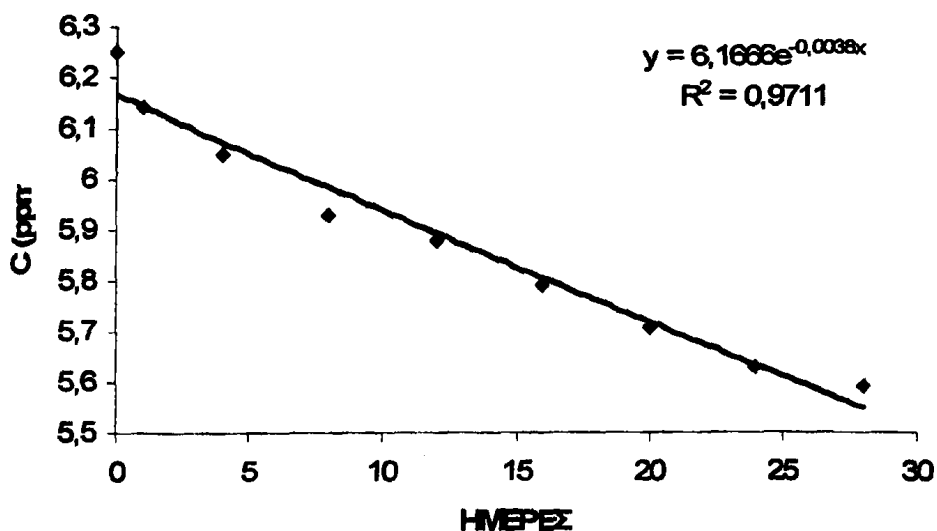
Γράφημα 4.8. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Η στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃) είναι 169,02 ημέρες.

Πίνακας 4.8. Αποτελέσματα διαλύματος Η στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,38	6,19	6,13	6,02	5,9	5,75	5,69	5,68	5,62
Β δείγμα	6,12	6,23	6,17	5,94	5,88	5,75	5,65	5,62	5,6
M.O.	6,25	6,21	6,15	5,98	5,89	5,75	5,67	5,65	5,61
SD	0,18	0,03	0,03	0,06	0,01	0	0,03	0,04	0,01

4.2.9. Διάλυμα Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4)



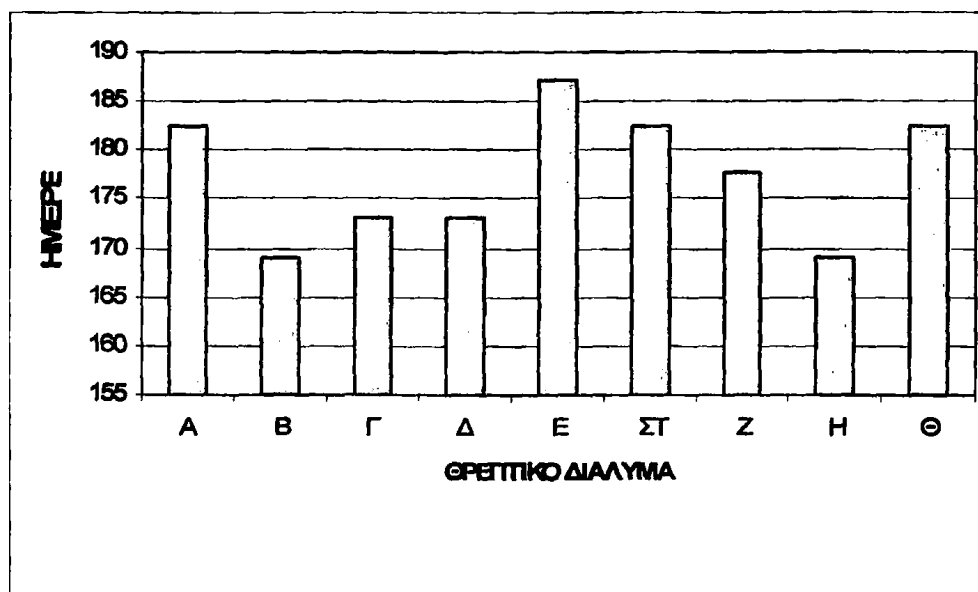
Γράφημα 4.9. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Θ στο Metalaxyl

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του metalaxyl στο Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4) είναι 182,37 ημέρες.

Πίνακας 4.9 Αποτελέσματα διαλύματος Θ στο Metalaxyl

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,28	6,21	6,11	6,01	5,87	5,79	5,68	5,66	5,61
Β δείγμα	6,22	6,07	5,99	5,85	5,89	5,79	5,74	5,6	5,57
Μ.Ο.	6,25	6,14	6,05	5,93	5,88	5,79	5,71	5,63	5,59
SD	0,04	0,1	0,08	0,11	0,01	0	0,04	0,04	0,03

4.2.10. Τελικά αποτελέσματα του Metalaxyl και σε όλα τα διαλύματα



Γράφημα 4.10. Χρόνος ημίσειας ζωής του Metalaxyl ανά κατηγορία φυτοφαρμάκου



Πίνακας 4.10. Συγκεντρωτικός πίνακας χρόνου ημίσιας ζωής του Metalaxyl ανά κατηγορία θρεπτικού διαλύματος.

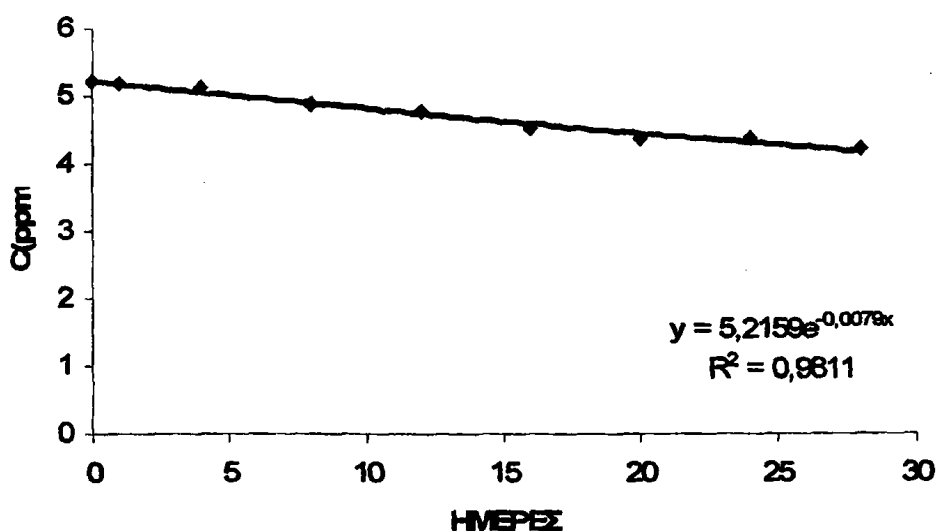
ΔΙΑΔΥΜΑΤΑ																		
HMEPEΣ	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ									
	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.
0	6,2	0,31	6,29	0,13	6,41	0,06	6,31	0,13	6,25	0	6,19	0,07	6,32	0,13	6,25	0,18	6,25	0,04
1	6,1	0,37	6,09	0,04	6,05	0,24	6,29	0	6,19	0,03	6,19	0,13	6,27	0,24	6,21	0,03	6,14	0,1
4	6,01	0,1	6,01	0,1	6,02	0,14	6,15	0,07	6,11	0,01	6,11	0,06	6,09	0,04	6,15	0,03	6,05	0,08
8	5,98	0,2	5,97	0,61	6,01	0,44	6,08	0,08	5,95	0,06	5,92	0,11	5,96	0,11	5,98	0,06	5,93	0,11
12	5,97	0,24	5,96	0,2	5,92	0,08	5,92	0,01	5,92	0	5,87	0,03	5,88	0,06	5,89	0,01	5,88	0,01
16	5,79	0,33	5,78	0,34	5,8	0,34	5,85	0,03	5,83	0,03	5,82	0,03	5,72	0,14	5,75	0	5,79	0
20	5,62	0,44	5,73	0,23	5,69	0,07	5,71	0	5,82	0,06	5,65	0,23	5,7	0,13	5,67	0,03	5,71	0,04
24	5,61	0,16	5,62	0,23	5,62	0,01	5,71	0,04	5,66	0,06	5,64	0,06	5,69	0,03	5,65	0,04	5,63	0,04
28	5,57	0,03	5,49	5,62	5,59	0,03	5,69	0,04	5,61	0	5,62	0,07	5,68	0,01	5,61	0,01	5,59	0,03
1/2	182,37	169,02	173,25	173,25	187,30	182,37	177,69	169,02	182,37	182,37	169,02	182,37	182,37	182,37	182,37	182,37	182,37	182,37
R ²	0,948	0,946	0,879	0,954	0,97	0,955	0,892	0,963	0,971	0,955	0,892	0,963	0,971	0,955	0,892	0,963	0,971	0,971

Το metalaxyl στον μάρτυρα είχε ήμισυ χρόνο ζωής ($t/2$) 182 ημέρες. Στο διάλυμα Ε (NH_4NO_3) παρουσίασε τον μεγαλύτερο $t/2$ (187 ημέρες), ενώ στο Η ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) και το Β (τον μικρότερο (169 ημέρες). Όλοι οι άλλοι χρόνοι κυμάνθηκαν από 169 έως 187 ημέρες.

4.3. Αποτελέσματα Dimethoate

Το Dimethoate και στα 9 διαλύματα έχει αρχική ποσότητα 8 ppm. Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται ο βαθμός υδρόλυσης του Dimethoate σε καθένα από τα 9 διαλύματα ξεχωριστά.

4.3.1. Διάλυμα Α (τυφλό)



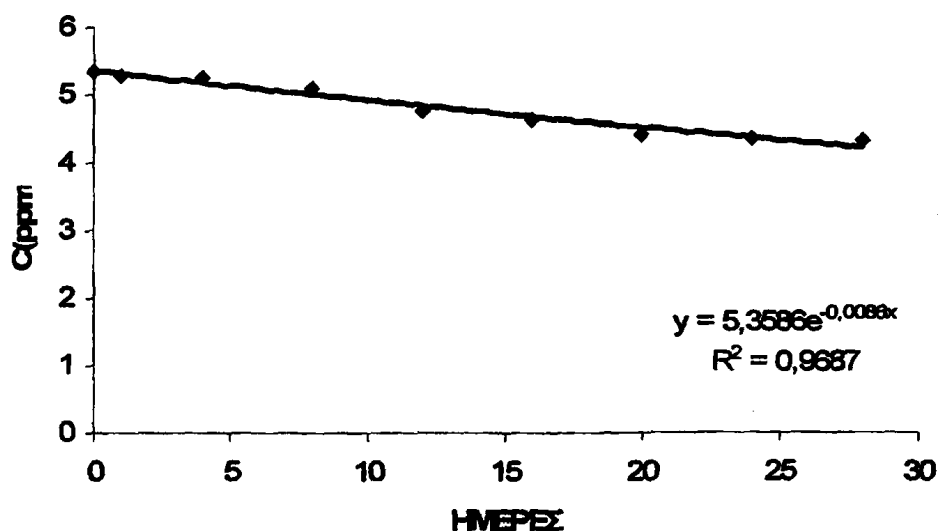
Γράφημα 4.11. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Α στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο διάλυμα Α (τυφλό) είναι 87,72 ημέρες.

Πίνακας 4.11. Αποτελέσματα διαλύματος Α στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	6,22	6,16	6,04	6,02	5,93	8,81	5,64	5,65	5,54
Β δείγμα	6,18	6,04	5,98	5,94	6,01	2,77	5,6	5,57	5,6
M.O.	6,2	6,1	6,01	5,98	5,97	5,79	5,62	5,61	5,57
SD	0,03	0,08	0,04	0,06	0,06	4,27	0,03	0,06	0,04

4.3.2. Διάλυμα Β (πλήρες)



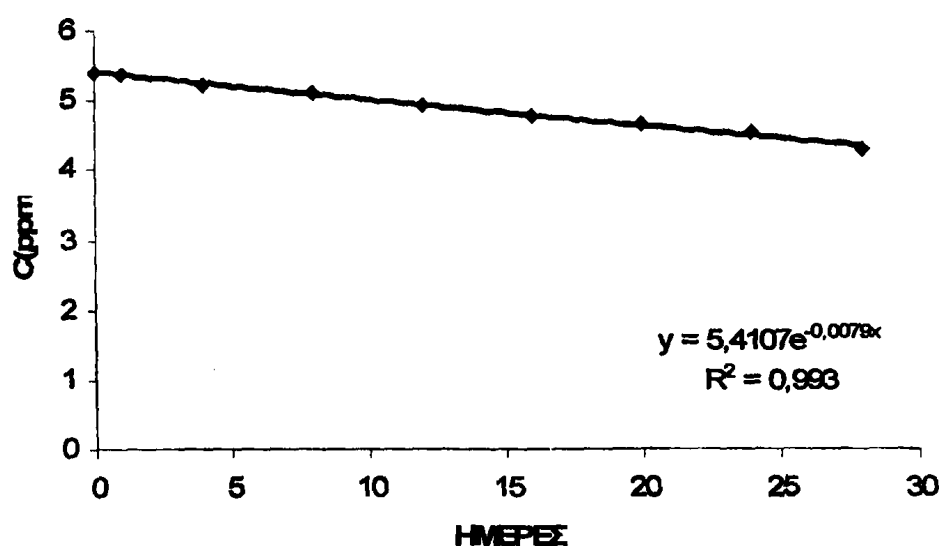
Γράφημα 4.12. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Β στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο διάλυμα Β (πλήρες) είναι 80,58 ημέρες.

Πίνακας 4.12. Αποτελέσματα διαλύματος Β στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	5,37	5,22	5,29	5,12	4,8	4,75	4,44	4,4	4,35
Β δείγμα	5,33	5,36	5,23	5,06	4,68	4,53	4,4	4,28	4,27
Μ.Ο.	5,35	5,29	5,26	5,09	4,74	4,64	4,42	4,34	4,31
SD	0,03	0,1	0,04	0,04	0,08	0,16	0,03	0,08	0,06

4.3.3. Διάλυμα Γ (Νιτρικό ασβέστιο, $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$)



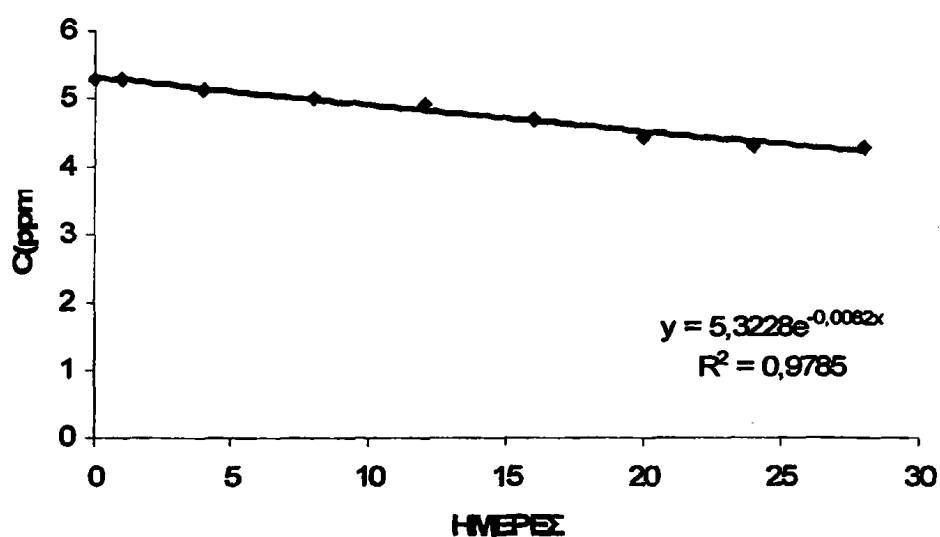
Γράφημα 4.13. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Γ στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Γ ($5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$, Νιτρικό ασβέστιο) είναι 87,72 ημέρες

Πίνακας 4.13. Αποτελέσματα διαλύματος Γ στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
A δείγμα	5,44	5,29	5,15	5,16	4,97	4,81	4,65	4,6	4,3
B δείγμα	5,36	5,45	5,29	5,06	4,87	4,71	4,65	4,46	4,28
M.O.	5,4	5,37	5,22	5,11	4,92	4,76	4,65	4,53	4,29
SD	0,06	0,11	0,1	0,07	0,07	0,07	0	0,1	0,01

4.3.4. Διάλυμα Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃)



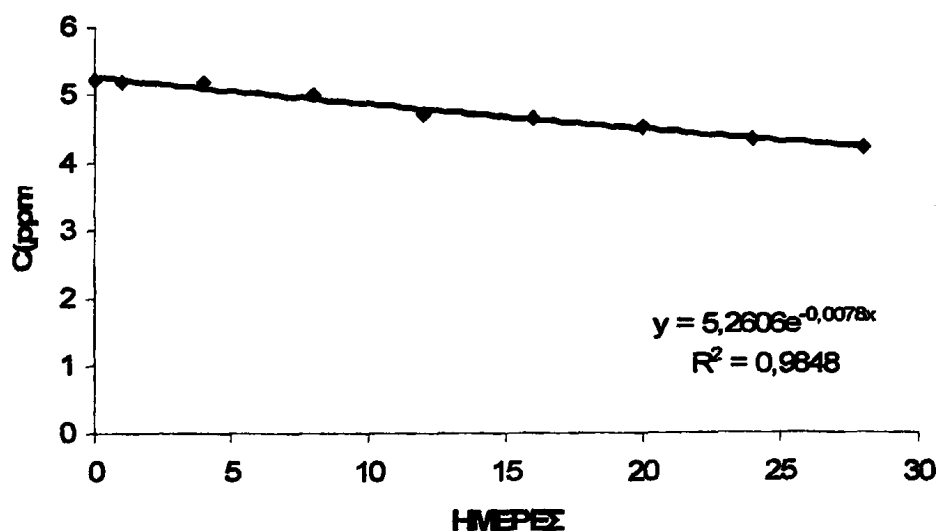
Γράφημα 4.14. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Δ στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃) είναι 84,51 ημέρες

Πίνακας 4.14. Αποτελέσματα διαλύματος Δ στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	5,35	5,35	5,1	5,14	4,95	4,66	4,41	4,37	4,33
Β δείγμα	5,23	5,23	5,14	4,88	4,89	4,72	4,47	4,25	4,25
M.O.	5,29	5,29	5,12	5,01	4,92	4,69	4,44	4,31	4,29
SD	0,08	0,08	0,03	0,18	0,04	0,04	0,04	0,08	0,06

4.3.5. Διάλυμα Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3)



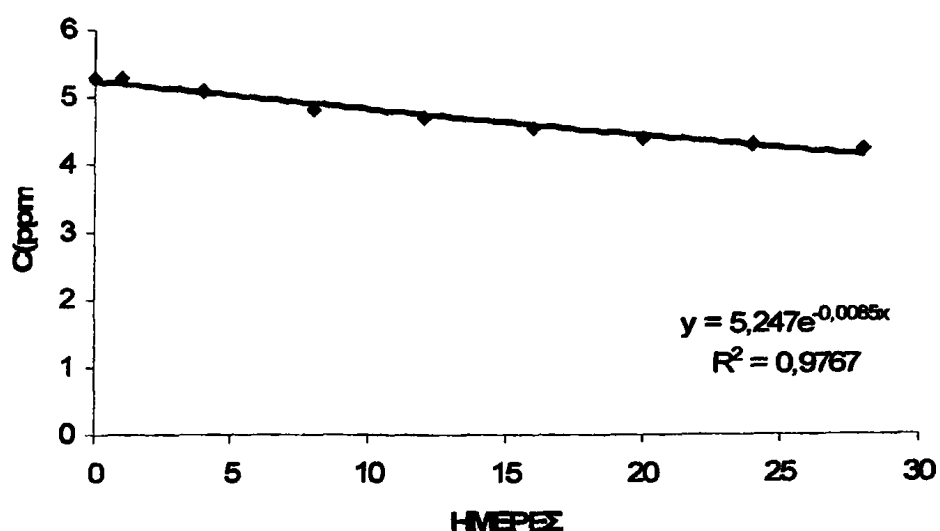
Γράφημα 4.15. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Ε στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3) είναι 88,84 ημέρες.

Πίνακας 4.15. Αποτελέσματα διαλύματος Ε στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	5,24	5,17	5,11	4,99	4,8	4,65	4,54	4,37	4,22
Β δείγμα	5,2	5,21	5,25	4,99	4,62	4,67	4,5	4,31	4,24
M.O.	5,22	5,19	5,18	4,99	4,71	4,66	4,52	4,34	4,23
SD	0,03	0,03	0,1	0	0,13	0,01	0,03	0,04	0,01

4.3.6. Διάλυμα ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%)



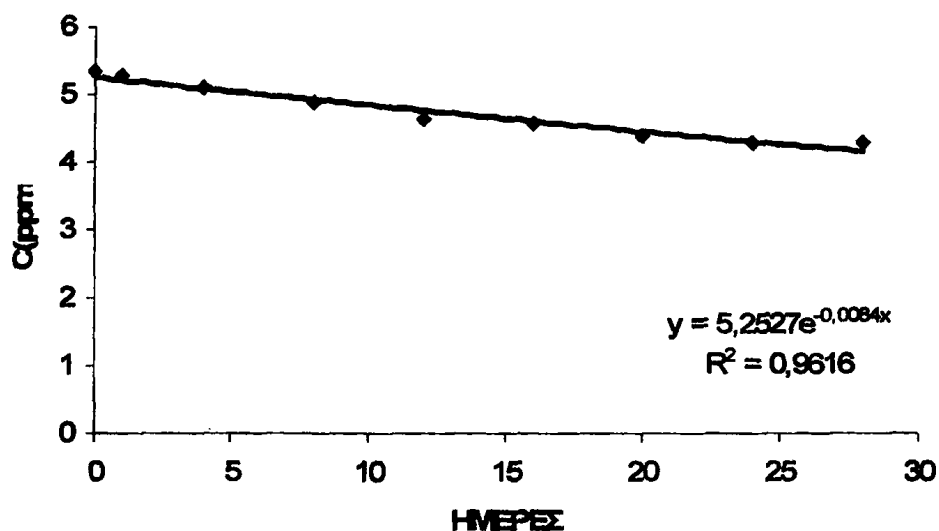
Γράφημα 4.16. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος ΣΤ στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%) είναι 81,53 ημέρες.

Πίνακας 4.16. Αποτελέσματα διαλύματος ΣΤ στο Dimethoate

	0	1	4	8	12	16	20	24	28
A									
δείγμα	5,14	5,28	5,11	4,93	4,78	4,56	4,38	4,32	4,24
B									
δείγμα	5,42	5,3	5,07	4,71	4,6	4,5	4,36	4,26	4,2
M.O.	5,28	5,29	5,09	4,82	4,69	4,53	4,37	4,29	4,22
SD	0,2	0,01	0,03	0,16	0,13	0,04	0,01	0,04	0,03

4.3.7. Διάλυμα Z (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)



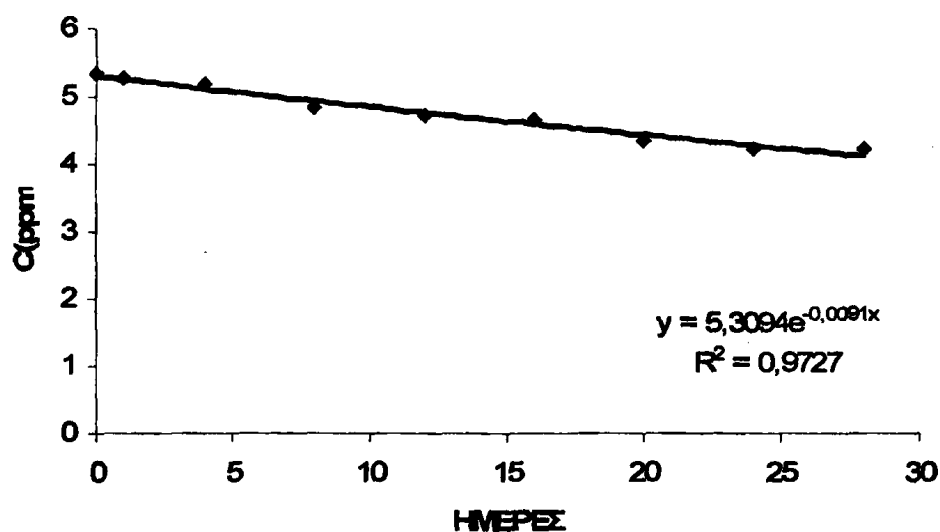
Γράφημα 4.17. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Z στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Z (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) είναι 82,5 ημέρες.

Πίνακας 4.17. Αποτελέσματα διαλύματος Z στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
A δείγμα	5,4	5,18	5,1	4,84	4,72	4,53	4,35	4,32	4,29
B δείγμα	5,26	5,4	5,06	4,88	4,56	4,57	4,41	4,26	4,27
M.O.	5,33	5,29	5,08	4,86	4,64	4,55	4,38	4,29	4,28
SD	0,1	0,16	0,03	0,03	0,11	0,03	0,04	0,04	0,01

4.3.8. Διάλυμα Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃)



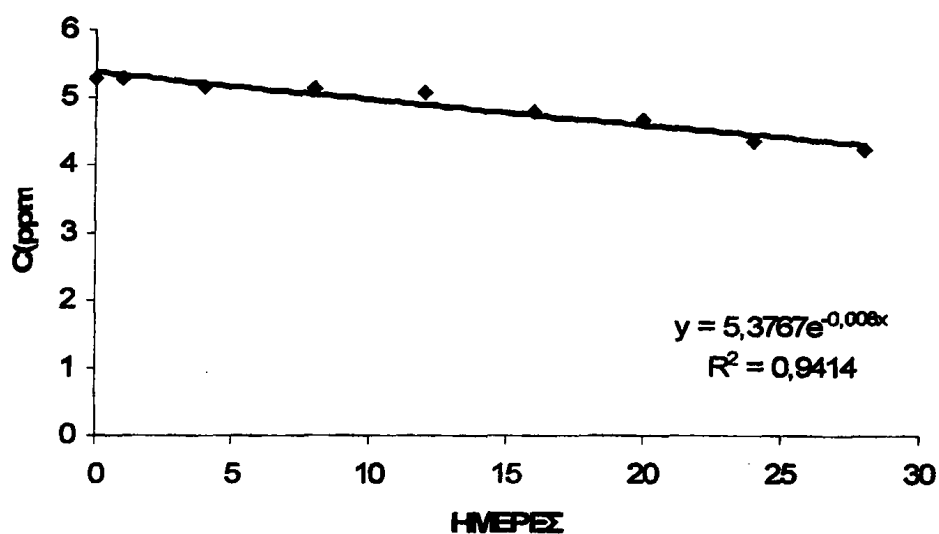
Γράφημα 4.18. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Η στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃) είναι 76,15 ημέρες.

Πίνακας 4.18. Αποτελέσματα διαλύματος Η στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	5,37	5,18	5,11	5,02	4,79	4,74	4,38	4,27	4,25
Β δείγμα	5,29	5,4	5,27	4,66	4,63	4,58	4,32	4,17	4,17
M.O.	5,33	5,29	5,19	4,84	4,71	4,66	4,35	4,22	4,21
SD	0,06	0,16	0,11	0,25	0,11	0,11	0,04	0,07	0,06

4.3.9. Διάλυμα Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4)



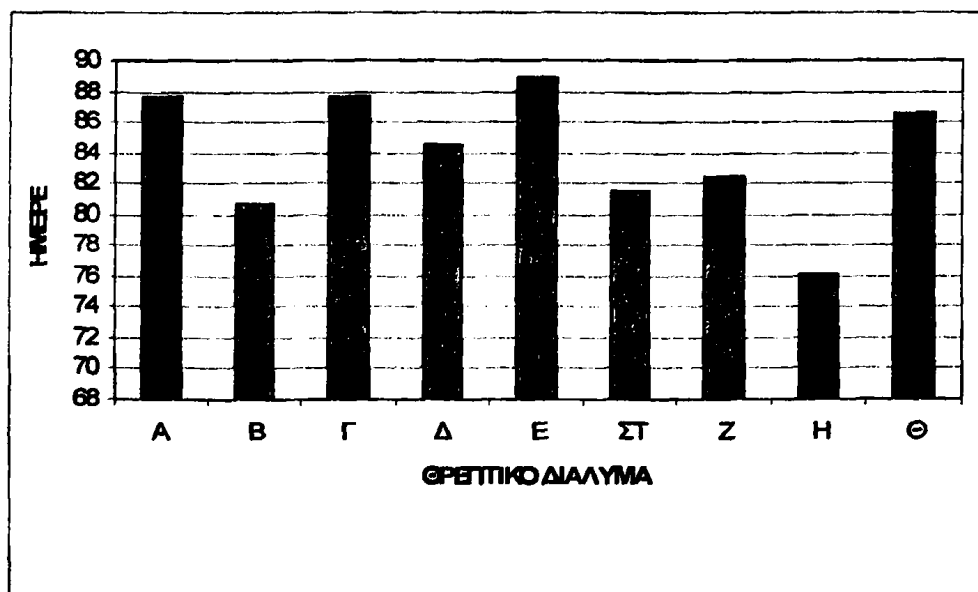
Γράφημα 4.19. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Θ στο Dimethoate

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate στο Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4) είναι 186,62 ημέρες.

Πίνακας 4.19 Αποτελέσματα διαλύματος Θ στο Dimethoate

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	5,38	5,22	5,09	5,01	5,01	4,79	4,66	4,48	4,29
Β δείγμα	5,18	5,32	5,21	5,27	5,09	4,79	4,64	4,18	4,17
M.O.	5,28	5,27	5,15	5,14	5,05	4,79	4,65	4,33	4,23
SD	0,14	0,07	0,08	0,18	0,06	0	0,01	0,21	0,08

4.3.10. Τελικά αποτελέσματα του Dimethoate σε όλα τα διαλύματα



Γράφημα 4.20. Χρόνος ημίσειας ζωής του Dimethoate ανά κατηγορία φυτοφαρμάκου



Πίνακας 4.20. Συγκεντρωτικός πίνακας χρόνου ημίσιας ζωής του Dimethoate ανά κατηγορία θρεπτικού διαλύματος.

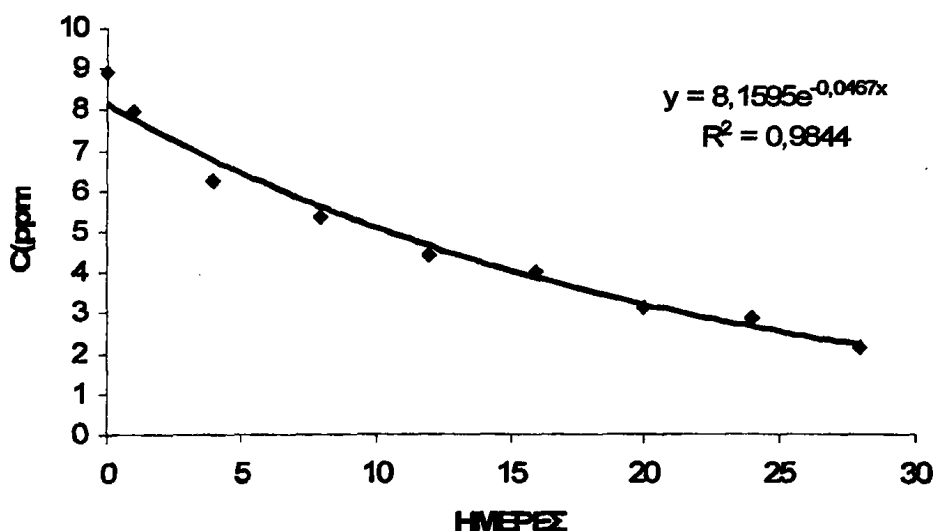
ΗΜΕΡΕΣ	ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ											
	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ			
	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.
0	5,21	0,03	5,35	0,03	5,4	0,06	5,29	0,08	5,22	0,03	5,28	0,2
1	5,19	0,08	5,29	0,1	5,37	0,11	5,29	0,08	5,19	0,03	5,29	0,01
4	5,11	0,04	5,26	0,04	5,22	0,1	5,12	0,03	5,18	0,1	5,09	0,03
8	4,86	0,06	5,09	0,04	5,11	0,07	5,01	0,18	4,99	0	4,82	0,16
12	4,77	0,06	4,74	0,08	4,92	0,07	4,92	0,04	4,71	0,13	4,69	0,13
16	4,53	4,27	4,64	0,16	4,76	0,07	4,69	0,04	4,66	0,01	4,53	0,04
20	4,37	0,03	4,42	0,03	4,65	0	4,44	0,04	4,52	0,03	4,37	0,01
24	4,37	0,06	4,34	0,08	4,53	0,1	4,31	0,08	4,34	0,04	4,29	0,04
28	4,21	0,04	4,31	0,06	4,29	0,01	4,29	0,06	4,23	0,01	4,22	0,03
t/2	87,72	80,58	87,72	84,51	88,85	81,53	82,50	76,15	86,63			
R ²	0,9811	0,9687	0,993	0,9785	0,9848	0,9767	0,9616	0,9727	0,9414			

Το dimethoate στον μάρτυρα είχε ήμισυ χρόνο ζωής ($t/2$) 87 ημέρες. Στο διάλυμα Ε (NH_4NO_3) παρουσίασε τον μεγαλύτερο $t/2$ (89 ημέρες), ενώ στο Η ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) τον μικρότερο (76 ημέρες). Όλοι οι άλλοι χρόνοι κυμάνθηκαν από 80- 87ημέρες.

4.4. Αποτελέσματα Dichlorvos

Το Dichlorvos και στα 9 διαλύματα έχει αρχική ποσότητα 10 ppm. Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται ο βαθμός υδρόλυσης του Dichlorvos σε καθένα από τα 9 διαλύματα ξεχωριστά.

4.4.1. Διάλυμα Α (τυφλό)



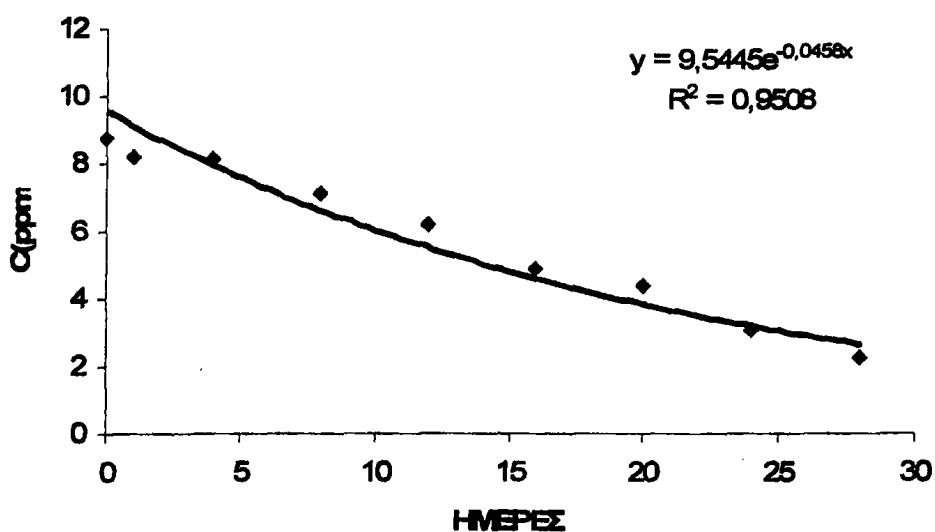
Γράφημα 4.21. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Α στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Α (τυφλό) είναι 14,84 ημέρες.

Πίνακας 4.21. Αποτελέσματα διαλύματος Α στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,7	8,1	6,18	5,91	4,32	3,63	3,16	2,72	2,29
Β δείγμα	9,1	7,84	6,3	4,85	3,66	4,35	3,12	3,06	1,99
M.O.	8,9	7,97	6,24	5,38	3,99	3,99	3,14	2,89	2,14
SD	0,28	0,18	0,08	0,75	0,47	0,51	0,03	0,24	0,21

4.4.2. Διάλυμα Β (πλήρες)



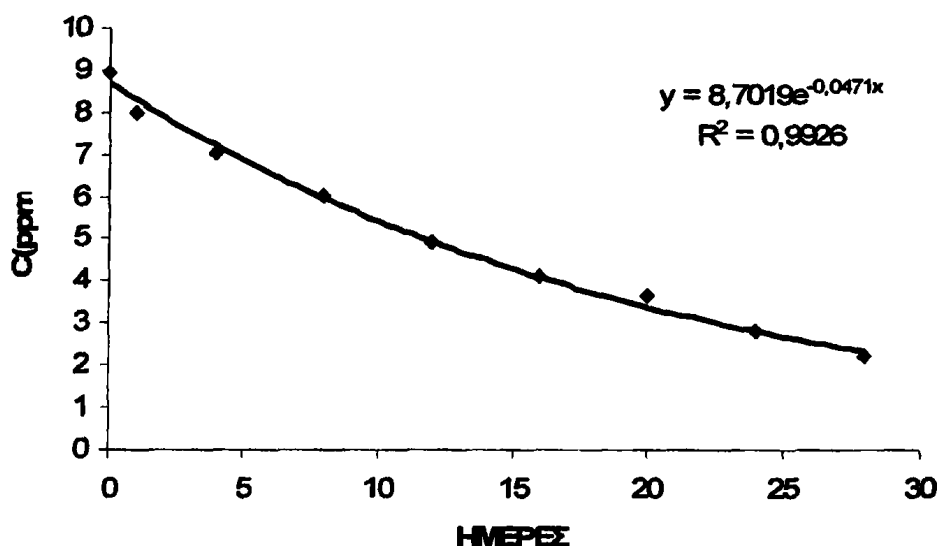
Γράφημα 4.22. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Β στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Β (πλήρες) είναι 15,13 ημέρες.

Πίνακας 4.22. Αποτελέσματα διαλύματος Β στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,58	8,12	8,08	7,4	6,19	4,77	4,42	3,16	2,07
Β δείγμα	8,86	8,26	8,14	6,84	6,15	5,01	4,3	2,98	2,41
M.O.	8,72	8,19	8,11	7,12	6,17	4,89	4,36	3,07	2,24
SD	0,2	0,1	0,04	0,4	0,03	0,17	0,08	0,13	0,24

4.4.3. Διάλυμα Γ ($5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$, Νιτρικό ασβέστιο)



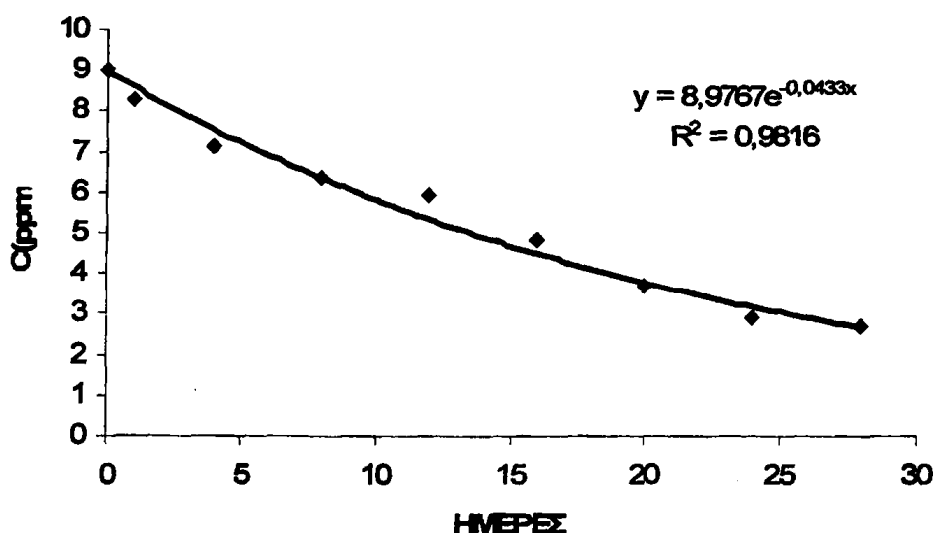
Γράφημα 4.23. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Γ στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Γ ($5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$, Νιτρικό ασβέστιο) είναι 14,71 μέρες.

Πίνακας 4.23. Αποτελέσματα διαλύματος Γ στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,85	8,22	7,12	6,12	4,98	4,01	3,69	2,83	2,21
Β δείγμα	9,07	7,8	6,92	5,9	4,86	4,19	3,69	2,81	2,17
Μ.Ο.	8,96	8,01	7,02	6,01	4,92	4,1	3,69	2,82	2,19
SD	0,16	0,3	0,14	0,16	0,08	0,13	0	0,01	0,03

4.4.4. Διάλυμα Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃)



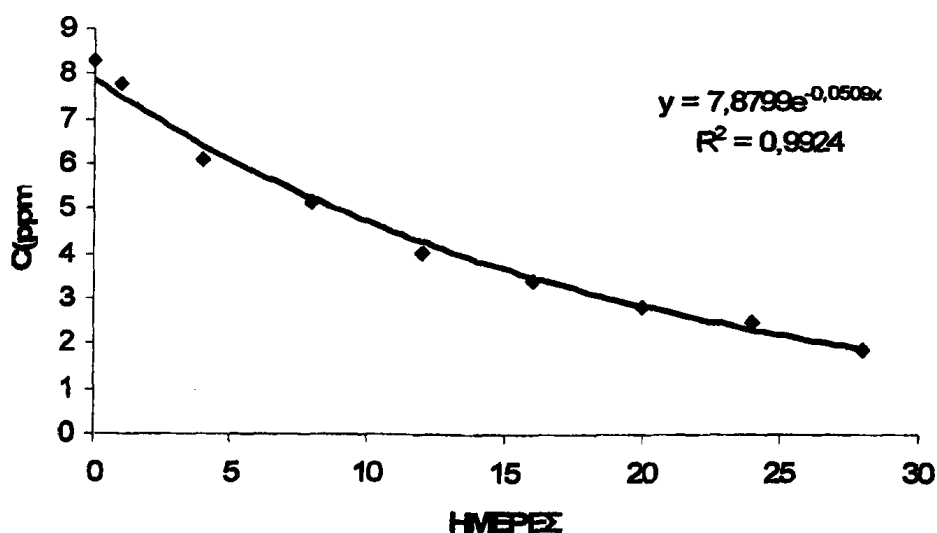
Γράφημα 4.24. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Δ στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Δ (Νιτρικό κάλιο, KNO₃) είναι 16,00 μέρες.

Πίνακας 4.24. Αποτελέσματα διαλύματος Δ στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	9,4	8,29	7,19	6,34	5,93	4,87	3,71	2,98	2,66
Β δείγμα	8,62	8,29	7,11	6,42	5,91	4,83	3,71	2,84	2,72
Μ.Ο.	9,01	8,29	7,15	6,38	5,92	4,85	3,71	2,91	2,69
SD	0,55	0	0,06	0,06	0,01	0,03	0	0,1	0,04

4.4.5. Διάλυμα Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3)



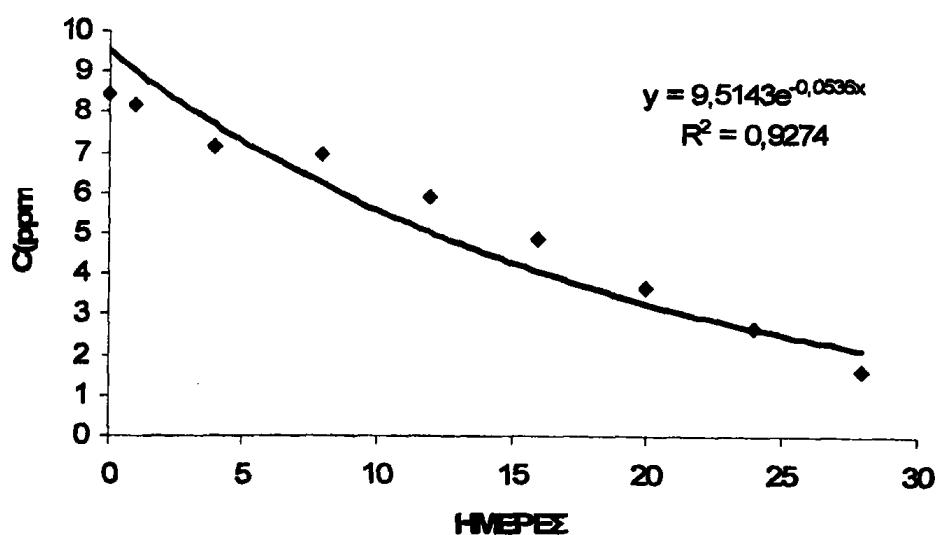
Γράφημα 4.25. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Ε στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Ε (Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3) είναι 13,61 ημέρες.

Πίνακας 4.25. Αποτελέσματα διαλύματος Ε στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,25	7,67	6,1	5,19	3,92	3,45	2,88	2,53	1,95
Β δείγμα	8,39	7,91	6,12	5,11	4,14	3,41	2,76	2,45	1,83
Μ.Ο.	8,32	7,79	6,11	5,15	4,03	3,43	2,82	2,49	1,89
SD	0,1	0,17	0,01	0,06	0,16	0,03	0,08	0,06	0,08

4.3.6. Διάλυμα ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%)



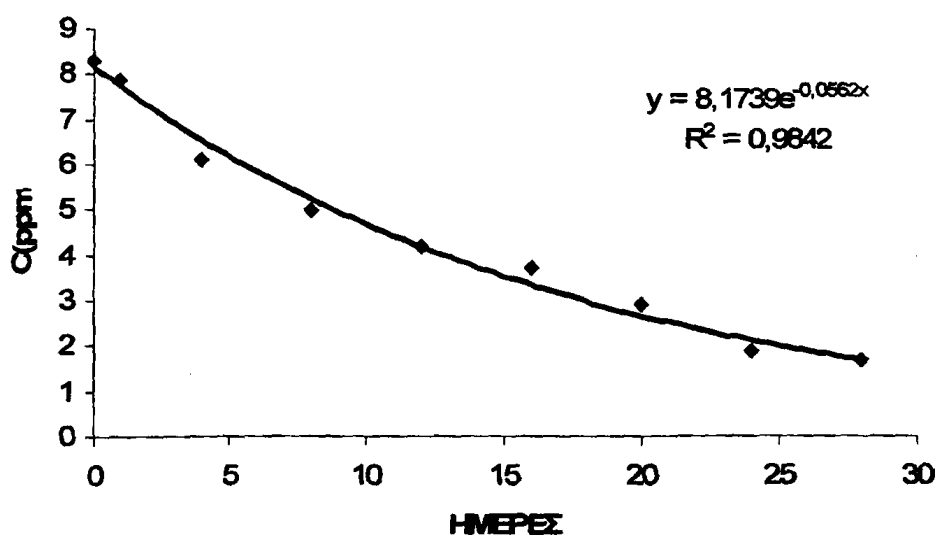
Γράφημα 4.26. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος ΣΤ στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο ΣΤ (Χηλικός σίδηρος 6%) είναι 12,93 ημέρες.

Πίνακας 4.26. Αποτελέσματα διαλύματος ΣΤ στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
A δείγμα	8,14	7,28	7,15	6,89	5,87	4,81	3,67	2,61	1,62
B δείγμα	8,74	9,1	7,07	6,95	5,87	4,83	3,63	2,67	1,62
M.O.	8,44	8,19	7,11	6,92	5,87	4,82	3,65	2,64	1,62
SD	0,42	1,29	0,06	0,04	0	0,01	0,03	0,04	0

4.4.7. Διάλυμα Z (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)



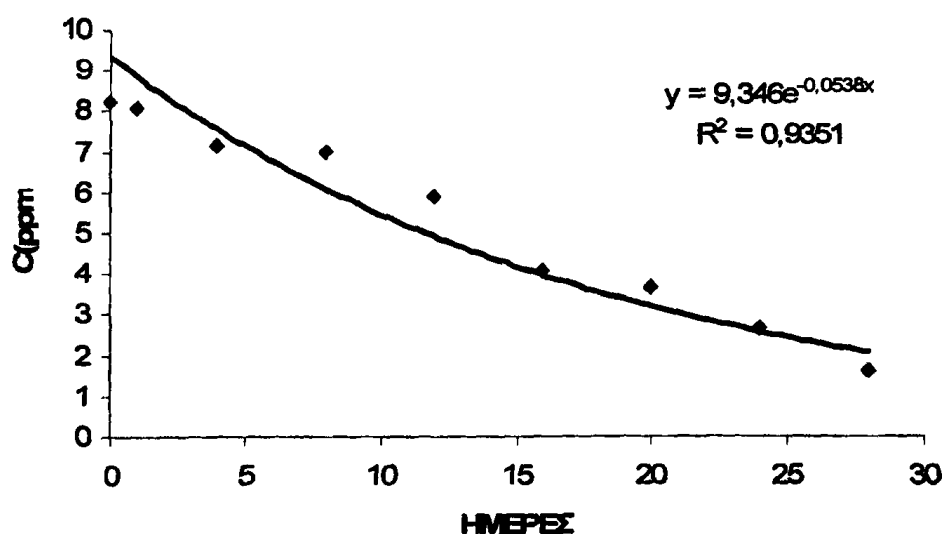
Γράφημα 4.27. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Z στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Z (Θειικό μαγνήσιο, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) είναι 12,33 μέρες.

Πίνακας 4.27. Αποτελέσματα διαλύματος Z στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,45	7,89	6,11	5,04	4,22	3,8	2,79	1,89	1,67
Β δείγμα	8,19	7,85	6,07	4,88	4,14	3,64	3,01	1,89	1,69
Μ.Ο.	8,32	7,87	6,09	4,96	4,18	3,72	2,9	1,89	1,68
SD	0,18	0,03	0,03	0,11	0,06	0,11	0,16	0	0,01

4.4.8. Διάλυμα Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃)



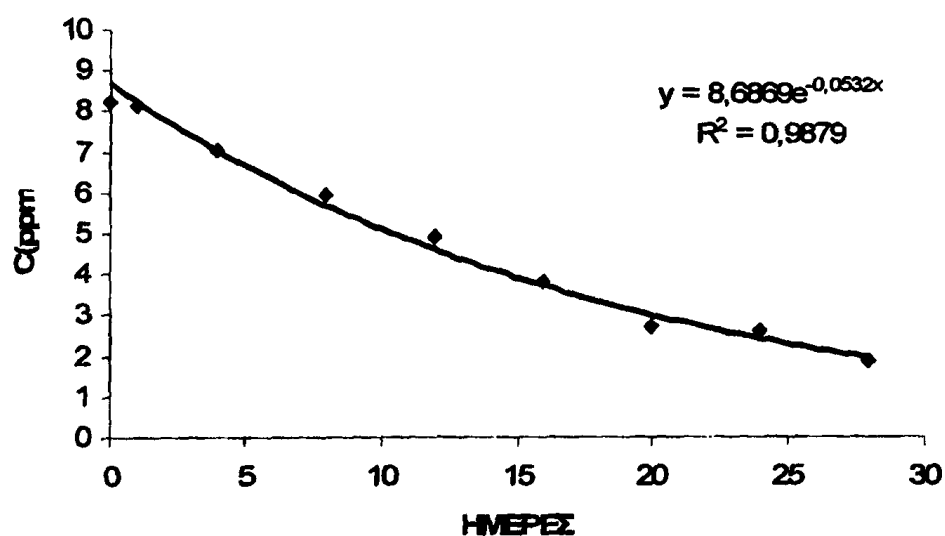
Γράφημα 4.28. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Η στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Η (Νιτρικό μαγνήσιο, Mg NO₃) είναι 12,88 ημέρες.

Πίνακας 4.28. Αποτελέσματα διαλύματος Η στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,48	8,19	7,13	7,03	5,94	3,96	3,63	2,77	1,62
Β δείγμα	8,02	7,93	7,17	6,93	5,84	4,14	3,71	2,53	1,6
M.O.	8,25	8,06	7,15	6,98	5,89	4,05	3,67	2,65	1,61
SD	0,33	0,18	0,03	0,07	0,07	0,13	0,06	0,17	0,01

4.4.9. Διάλυμα Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4)



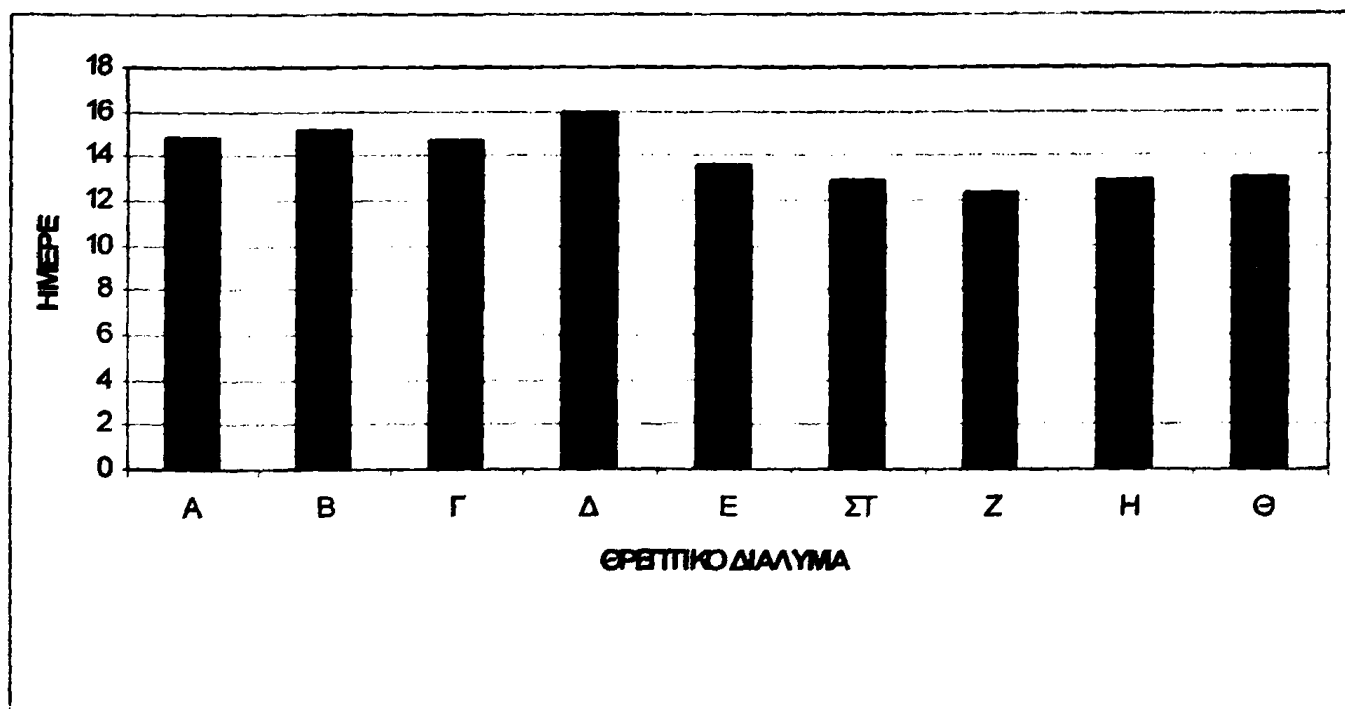
Γράφημα 4.29. Καμπύλη αναφοράς διαλύματος Θ στο Dichlorvos

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos στο Θ (Φωσφορικό μονοκάλιο, KH_2PO_4) είναι 13,03 ημέρες.

Πίνακας 4.29 Αποτελέσματα διαλύματος Θ στο Dichlorvos

Ημέρες	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Α δείγμα	8,28	8,21	7,11	7	4,81	3,79	2,78	2,65	1,61
Β δείγμα	8,22	8,07	6,99	4,86	4,95	3,79	2,64	2,61	2,11
M.O.	8,25	8,14	7,05	5,93	4,88	3,79	2,71	2,63	1,86
SD	0,04	0,1	0,08	1,51	0,1	0	0,1	0,03	0,35

4.4.10. Τελικά αποτελέσματα του Dichlorvos σε όλα τα διαλύματα



Γράφημα 4.30. Χρόνος ημίσειας ζωής του Dichlorvos ανά κατηγορία φυτοφαρμάκου



**Πίνακας 4.30. Συγκεντρωτικός πίνακας χρόνου ημίσιας ζωής του
Dichlorvos ανά κατηγορία θρεπτικού διαλύματος.**

ΗΜΕΡΕΣ	ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ											
	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ			
	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.	ppm	S.D.
0	8,9	0,28	8,72	0,2	8,96	0,16	9,01	0,55	8,32	0,1	8,44	0,42
1	7,97	0,18	8,19	0,1	8,01	0,3	8,29	0	7,79	0,17	8,19	1,29
4	6,24	0,08	8,11	0,04	7,02	0,14	7,15	0,06	6,11	0,01	7,11	0,06
8	5,38	0,75	7,12	0,4	6,01	0,16	6,38	0,06	5,15	0,06	6,92	0,04
12	4,43	0,47	6,17	0,03	4,92	0,08	5,92	0,01	4,03	0,16	5,87	0
16	3,99	0,51	4,89	0,17	4,1	0,13	4,85	0,03	3,43	0,03	4,82	0,01
20	3,14	0,03	4,36	0,08	3,69	0	3,71	0	2,82	0,08	3,65	0,03
24	2,89	0,24	3,07	0,13	2,82	0,01	2,91	0,1	2,49	0,06	2,64	0,04
28	2,14	0,21	2,24	0,24	2,19	0,03	2,69	0,04	1,89	0,08	1,62	0
t/2	14,84	15,13	14,71	16,00	13,61	12,93	12,33	12,88	13,03			
R ²	0,9844	0,9508	0,9926	0,9816	0,9924	0,9274	0,9842	0,9351	0,9879			

Το dichlorvos στον μάρτυρα είχε ήμισυ χρόνο ζωής ($t/2$) 15 ημέρες. Στο διάλυμα Δ (KNO_3) παρουσίασε τον μεγαλύτερο $t/2$ (16 ημέρες), ενώ στο Ζ ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) τον μικρότερο (12 ημέρες). Όλοι οι άλλοι χρόνοι κυμάνθηκαν από 13 έως 15 ημέρες.

4.5. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι οι διαφορές των ημίσεων χρόνων ζωής που προκύπτουν στα διάφορα διαλύματα δεν είναι σημαντικές, δεδομένης και της ευαισθησίας του συγκεκριμένου χρωματογράφου που χρησιμοποιήθηκε και της μεγάλης ημίσειας ζωής των φυτοφαρμάκων. Σημειώνεται επίσης ότι το pH στην τιμή 5.5, που χρησιμοποιείται στο θρεπτικό διάλυμα καλλιέργειας τριαντάφυλλου ελάχιστα ευνοεί την υδρόλυση και πιθανώς άλλες χημικές διεργασίες και τα αποτελέσματα συμφωνούν με την σχετική βιβλιογραφία (Howard, 1989; The Pesticide Manual, 1987).

Έτσι παρ' ότι σχηματίζεται η εντύπωση ότι τα διαλύματα που περιέχουν ιόντα Mg επιδρούν στον $t/2$ των φυτοφαρμάκων, η εξαγωγή ενός τέτοιου συμπεράσματος θεωρείται επισφαλής αφού στο πλήρες θρεπτικό διάλυμα που περιέχει σε μεγαλύτερη ποσότητα ιόντα Mg δεν σημειώνονται ανάλογα αποτελέσματα.

Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας, συμπεραίνεται ότι στα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα και που έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους την μικρή υδρόλυση τους (αλλιώς θα ήταν αναποτελεσματικά λόγω της άμεσης διάσπασης τους), και στο συνηθισμένο pH του θρεπτικού διαλύματος, τα θρεπτικά ιόντα δεν φαίνεται να ασκούν σημαντική επίδραση στον ήμισυ χρόνο ζωής αυτών.

Η διάσπαση επομένως των φυτοφαρμάκων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα εκτός της υδρόλυσης θα πρέπει να αναζητηθεί στις μικροβιακές διεργασίες που αναπτύσσονται σε αυτά.

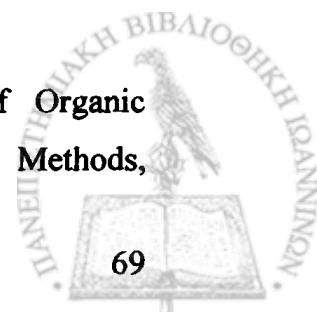
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, P. 2002. Nutritional Control in Hydroponics. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Albanis, T.A., Pomonis, P.J., Sdukos, A.T., and Jorgensen, S.E., 1991. Model of pesticide movement in soil. Modelling in environmental chemistry 381-414. Developments in Environmental Modeling No 17.
- Bailey, G.W., and White J.L., 1970. Residue Rev. 32,29.
- Bailey, N., 1966. Report of Survey of the Australian Hydroponic Growing Industry, Survey of Hydroponics Producers 1977, HRDC, Gordon, NSW.
- Baille, M., 1993. El riego y los cultivos protegidos. Riegow y Drenajes, 69 27-36.
- Benoit, F., and N. Ceustermans, 1995 ; A decade of research on ecologically sound substrates. Acta. Hort., 408: 17-29
- Benoit, F., and N. Ceustermans, 1987. Some qualitative aspects of tomato grown in NFT. Soiless culture, 3(2); 3-7.
- Ben-Zioni, A.Y., Vadia, Y., and Lips, S.H., 1971. Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate reduction products of the shoots. Physiol. Plant., 24: 288-290.
- Bradley, P., and Marulanda, C., 1999. Simplified Hydroponics to Reduce Global Hungry. Acta hort. 554.
- Brand, Th., Wohanka, W., and Alsanius, B.W., 2001. Enzyme activity assays for nutrient solution from closed irrigation systems. Scientia Hort. 92, pp: 329-338.
- Briggs, G. G., Bromilow, R. H., and Evans, A. A., 1982. Relationships Between Lipophilicity and Root Uptake and Translocation of Non-ionised Chemicals in Barley. Pest. Sci., 13, 495 – 504.
- Carruthers S., 2002. Hydroponics as an agricultural production system. Practical Hydroponics and Greenhouses. Issue 63 Mar/Apr-2002.
- Cooper, A.J., 1975. Crop production in recirculating nutrient solution. Sci. Hort. 3: 251-258
- Cooper, A.J., 1979. The ABC of NFT. Grower Books, London
- Could, R.F., 1972. Fate of organic pesticides in the aquatic environment. American Chemistry Society. USA.



- Crum, s.J.H., Runia, W.Th., Leistra, M., and Smelt, J.H., 1984. Behaviour of some pesticides in a nutrient film and in a rock wool system. *Scientia Hort.* 25: 1-9.
- Cuming, B., 1986. Production of Garm Trees. *Inter. Plant Propagators Society Journal.* Vol 36, pp: 208-211.
- D' Angelo, G., and Titone, P., 1988. Determination of thw water and capacity of 25 substrates employed for the cultivation of *Diffenbachia amoena* and *Euphorbia pulcherina*. *Acta Hort.* 221: 175-182.
- da Silva, F.F., 1991. Static and dynamic Characterization of container media for irrigation management. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. The Hebrew University og Jerusalem. (in English)
- da Silva, F.F., Wallach, R., and Chen, Y., 1995. Hydraulic properties of rockwool slabs used as substrates in horticulture. *Acta Hort.* 401: 71-75.
- de Boodt, M., and Verdonck, 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.*, 26: 37-44
- De Jonghe K., De Dobbelaere I., Sarrazyn R., Hofte M, 2005. Control of brown *Phytophthora cryptogea* in the hydroponic forcing of witloof chicory by means of nonionic surfacant. *Crop protection* 24, 771-778.
- Ehert L.D., Menzies G.J., Helmer T., 2005. Production and quality of greenhoys roses in recirculating nutrient systems, *Scientia hopticulturae*, 106 103-113.
- EPA, 1988. Metalaxyl, Chemical Fact Sheet 9/88.
- EPA, 1988. Dichlorvos: Initiation of special review. *Fed. Regist.* 53: 5542-49, 1988.5-11
- EPA. 1991. Dichlorvos: Revocation of tolerance and food additive regulation. *Fed. Regist.* 56: 5788-89, 1991.5-12
- FAO, 1990. Soiless culture for horticultural crop production. FAO - Plant Production and Protection; Paper 101. Rome, Italy.
- Fernandez-Alba, A.R., Guil,L.H., Diaz Lopez, G., and Chisti Yusuf. 2001. Toxicity of pesticides in wastewater: a comparative assessment of rapid bioassays. *Analytica Chimica Acta*, 426,2, 289-301.
- Gast, R.G., 1977. Surface and colloid chemistry. In: Dixon, J.B., Weed, S.B., Kittrick, J.A., Milford, M.H., and White, J.L., (eds). *Minerals in soil environments.*, 1st Edition. Soil. Sci. Soc. Am., Madison, WI., USA. SSSA Book Series No. 1: pp. 27-33.

- Gerhart, K.A., Gerhart, R.C. 1993. Vegetable production in perlite. Perlite Institute. Annual meeting, April 1993, san Diego, California, USA.
- Gericke, W.F., 1937a. Hydroponics - crop production in liquid culture media. Science, 85: 177-178.
- Gericke, W.F., 1937b. Aquaculture, a means of crop production. Am.J. Bot.
- Gericke, W.F., 1938. Crop production without soil . Nature 141: 536-540.
- Gevao, B., Semple, K.T., and Jones, K.C., 2000. Bound pesticide residues in soils: a review. Environmental Pollution 108, 3-14.
- Gizas, G., Savvas, D., 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 Hort. 548, pp: 277-284.
- Goh, K.M., and Haynes, R.J., 1977. Evaluation of potting media for commercial nurseries production of container - growth plants. I. Physical and chemical characteristics of soil and soilless media and their constituents. New Zealand J. Agric. Res., 20:363-370
- Granges, A., 1978. Essai de tomate en culture hydroponique, NFT ou technique de culture sur solution nutritive coulant. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hort. 10: 239- 243.
- Granges, A., 1980. Tomates en culture hydroponique sur NFT. Influence du mode de culture sur la composition chimique des fruits. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hort. 12: 59-63
- Graves, C. J., 1983. The Nutrient Film Technique. Hortic. Rev., 5: 1-44.
- Grosch, R., and Grote, D., 1998. Suppression of *Fytophthora nicotianae* by application of *Bacillus subtilis* in closed soilless culture of tomato plants. Gartenbauwissenschaft. 63:3, 103 -109
- Grote, D., and Busci, C., 1992. Control of *Fytophthora nicotianae* in tomatoes under glasshouse soilless culture conditions. Gartenbauwissenschaft. 57: 4, 183-189.
- Grote, D., and Busci, C., 1998. Chemical control of *Fytophthora nicotianae* on tomato roots with Fosetyl-AL in hydroponics. Gartenbauwissenschaft. 63:2, 78 -87.
- Grote, D., Busci, C., and Schmidt, R., 1992. Studies on the control of *Pythium aphanidermatum* in NFT cultures of tomatoes and cucumbers. Gartenbauwissenschaft. 57: 6, 278-283.
- Harris, J.C., 1981. Rate of hydrolysis. Environmental Behavior of Organic Compounds. In Handbook of Chemichal Property Estimation Methods,

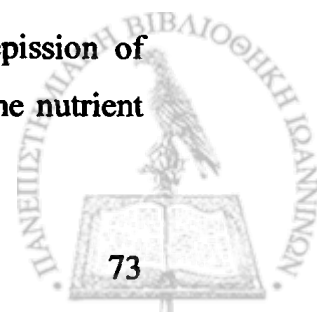


- Lyman W.J., Reehl, W.F., and Rosenblatt, D.H. (Eds). McGraw-hill New York.
- Haynes, R.J., and Goh, K.M., 1978. Evaluation of potting media for commercial nurseries production of container - growth plants. IV. Physical properties of a range of amended peat based media. New Zealand J. Agric. Res., 21: 449-456
- Heiskanen, J., 1993. Variation in water retention characteristics of peat growth media used in tree nurseries. *Silva Fennica*, 27: 77-97
- Hewitt, E.J., 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication No.22 (revised). Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Mailling, Maidstone, Kent, UK.
- Howard, P.H., Ed. 1991. Handbook of environmental fate and exposure data for chemicals. Vol.III: Pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, MI, 10-10.
- Jaune, S., Alonso, R., Batllo, G., and Barceio, D. 1994. Application of solid-phase disk extraction followed by gas and liquid chromatography for the simultaneous determination of the fungicides: captafol, carbendazim, chlorothalonil, ethiomol, folpet, metalaxyl and vinlozolin in environmental waters. *Analytica Chimica Acta*. 293, 1-2, 109-117.
- Jenkins, Jr., S.F. and Averre, C.W., 1983. Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina green houses. *Plant Diseases* 67.9, 968-970
- Jensen, M.H. 1980. Tomorrow's agriculture today. *American Vegetable Grower*. 28, 3:16-19, 62, 63.
- Jensen, M.H. 1991. *Hydroponic Culture for the Tropics: Opportunities and Alternatives*. Food & Fertilizer Technology Centre, Taiwan.
- Jensen, M.H. and Collins, W.L. 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 7: 483-558.
- Jensen, M.H. and Hicks, W.L., 1973. Exciting Future for Sand Culture. *American Vegetable Grower*, 33: 72-74.
- Jimenez, J.J., Bernal, J.L., Del Nozal, M.J., and Rivera, J.M. 1997. Determination of pesticides residues in waters from small loughs by solid - phase extraction and combined use of gas chromatography with electron capture and nitrogen phosphorus detection and high performance liquid chromatography with diode array detection. *Journal of chromatography A*. Volume 778, Issue 1-2, pages 2879-300.

- Johnson, P., Nutrition and hydroponics. Practical Hydroponics & Greenhouses. Is. Nov/Dec – 2002.
- Jones, Jr.J.B., 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. J. Plant Nutr., 5;1003-1030.
- Kidd, H. and James, D. R., Eds. The Agrochemicals Handbook, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, 1991 (as updated)
- Kipp, J.A., Wever, G., de Kreijl, C.,2000. International Substrate Manual. Elsevier, The Netherlands.
- Lee, H.B., and Chau, A.S. 1983. Journal Assoc. of Anal. Chem., 66, 651- 658.
- Ling, C.F., Perez-Melian, G., Jimenez – Conte, F., and Revilla, E.,1990. Determination of carbuforan in a nutrient solution by GLC/NPD and HPLC. Chromatografia 30: 7-8, 421-423.
- Malupa, E. 2002. Hydroponic systems In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Malupa, E., Fakhri, K., Chartzoulakis, K., and Gerasopoulos, 1996. Effects of substrate and irrigation frequency on growth, gas exchange and yield of gerbera cv. Fame Adv. Hortic. Sci., 10: 195-198
- Malupa, E., Gerasopoulos, D., Zervaki, D, and Traka-Mavrona, A., 1999. Evolution of soilless culture technique in Greece. A look into the future. In: Regional Working group Greenhouse Crop Production in the Mediterranean Region. Proc. 1st Meeting FAO Thematic Working Group Soilless Culture. Technical Publication No 3. Halkidiki, Greece. pp46-63.
- Marfa, O., 2001. Closed soilless techniques for cut flower production as an alternative to MB in Mediterranean conditions. Inst. De Recerca i Tecnologia Agroalimentaries, Cabrils, Catalonia, Spain.
- Marfa, O., Martinez, R., Orozco, R., Serrano, L., and Martinez, F.X. 1993. The use of fine grade perlites in lettuce Bag Cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. Acta Hort. 342: 339-348.
- Marucchini, C., Scarponi, L., and Perucci, P. 1988. Agrochemica, 32, 536-540.
- Massantini, F. 1973. L' aeroponica: Realizzazioni Pratiche Studi e Ricerche. In: Proc. 3rd Iner. Congr. Soilless culture. IWOSC Wageningen pp. 83-97

- Massantini, F. 1976. Floating hydroponics: A new method of soilless culture. In: Proc. Intern working group of soilless culture, 4th Inter. Cong. On Soilless culture, Las Palmas, Canary Islands, Spain, pp 91-98.
- Mavrogianopoulos, G., Savvas, D., and Vogli, V., 2002. Influence Of Nacl – Salinity Imposed On Half Of The Root System Of Hydroponically Grown Tomato On Growth, Yield And Tissue Mineral Composition. *J. Hort. Sc. & Biot.* 77(5): 557-564.
- Mavrogianopoulos, G.N., Papadakis, J.G., 1987. The effect of bag size on tomatoes in bags of perlite. *Soiless culture* 3: 71-76
- McFarlane, J. K. and Pfleeger, T., 1990. Effect, Uptake and Disposition of Nitrobenzene in Sveral Terrestrial Plants. *Envir. Toxicol. Chem.*, 9, 513-520.
- Mihuta-Grimm, L., Erb, W.A., and Rowe, R.C., 1990. Fusarium crown and root rot of tomato in greenhouse rock wool systems: sources of inoculum and disease management with benomyl. *Plant Disease* 74: 12, 996-1002.
- Mill. T., Mabey, W., 1988. Hydrolysis of organic chemicals. In *The Hanbook of Environmental Chemistry. Volume 2D: Reaction and Processes.* Hutzinger, O., (Ed). Springer – Verlag, New York.
- Minuto, A., Camponogara, C., Clini, C., Gullino, M.L., and Caribaldi, A., 2001. Alternatives to MB for cut flowers. *Patologia Vegetale*, University of Torino, Italy.
- Monkiedje, A., and Spiteller, m. 2002. Sorptive behavior of thw phenylamide fungicides, mefonoxam and metalaxyl, and their acid metabolite in typical Cameroonian and German soils. *Chemosphere*, 49, 659-668.
- Mumpton, F.A., 1999. La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.*, 96 3463-3471
- Naresh, M., Saharan, G.S., and Kathpal, T.S. 1997. Absorption and degradation of metalaxyl in mustard Plant. *Ecotoxicology and environmental safety.* 37, 119-124.
- NOVARTIS 1998b. Safety Data sheet of Metalaxyl (according to E.E. legislation)
- Oliva, J., Navarro, S., Barba, A., and Navarro, G. 1999. Determination of chlorpyrifos, penconazole, fenarimol, vinclozolin and metalaxyl in grapes, must and wine by on-line microextraction and gaw chromatography. *Journal of Chromatography A*, 833. 43-51.

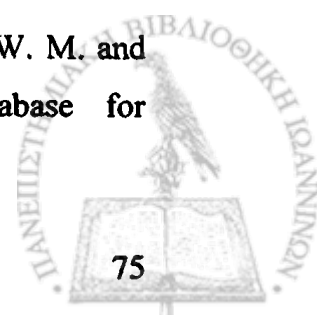
- Oubina, A., Martinez, E., Gascon, J., Barcelo, D., and de Alleluia, I. 1998. Monitoring of insecticides and fungicides in water and sediment samples in the Brazilian environment. *Inter. Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 70,1, 75-91.
- Paludan, N., 1985. Spread of viruses by recirculated nutrient solution in soilless culture. *Tidsskr. Planteavl* 89, 467-474.
- Paulitz, T.C., 1997. Biological Control of Root Pathogens in Soilless and Hydroponic Systems. *HortScience*, Vol. 32(2), pp: 193-196.
- Peterson, S., Mackey, D., and McFarlane, C., 1994. A model of organic chemical uptake by plants from soil and the Atmosphere. *Env. Sci. Tech.* 28, 2259-2266
- Ramos, C., 1993. La hidroponia y el medio ambiente. En: *Cultivos sin suelo*. Ed. Canovas & Diaz. Instituto de Estudios Almerienses y FIAPAQ 363-372 Almeria Spain
- Rattink, H., 1991. Epidemiology of *Fysarium* crown and root rot in artificial substrate systems. *Med.Fac. Landbouww. Rijksuniv.Gent*, 56/2b, 423-430.
- Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., and Bar, A., 2002. Substrates and their analysis. In: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., Medina, S., and Krasnovsky, A., 1999. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soillessculture. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 124: 205-209.
- Raviv, M., Lieth, J.H., Burger, D.W., Wallach, R., 2001. Optimization of transpiration and potential growth rates of "Cardinal" rose with respect to root-zone physical properties. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 126: 638-645.
- RCS, 1987. *The agrochemicals Handbook*. Second Edition, Royal Society of Chemistry, Nottingham, England.
- Renwei, H., Hennion, B., Urruty, L., and Montury, M. 1999. Solid Phase microextraction of pesticide residuew from strawberries. *Food and Contaminants*, Vol.16 No.3. 111-117.
- Runia, W. Th., 1993. A review of possibilities for disinfections of recirculation water from soilless cultures. *Acta Hort.* 382, pp 221- 229.
- Runia,W.Th., Dekker,A., and Houx, N.W.H., 1995. Distribution and epission of oxamyl in a rock wool cultivation system with open grainage of the nutrient solution. *Acta Hort.* 382, pp: 269- 277.



- Sanchez-Brunet, C., Martinez, L., and Tadeo, J.L. 1994. J. of Agric. Food Chem, 42, 2210-2214.
- Savvas, D., and Manos, G., 1999. Automated composition control of nutrient solution in closed soilless culture systems. Journal of Agricultural Engineering Research, 73, 29-33.
- Savvas, D., 2002. General Introduction. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Savvas, D., Manos, G., Kotsiras, A., and Souvaliotis, S., 2002. Effects Of Silicon And Nutrient – Induced Salinity On Yield, Flower Quality And Nutrient Uptake Of Gerbera Grown In A Closed Hydroponic System. J. Appl. Bot. 76: 153-158.
- Schnitzler, W.H., Gruda, N.S. 2002. Hydroponics and Product Quality. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Schroder, F.G. 1994. Technological development, plant growth and root environment of the Plant Plane Hydroponic System. Acta Hort. 361: 201-209
- Schwartz, M., 1968. Guide to Commercial Hydroponics. Israel Universities Press, Jerusalem pp. 1-36.
- Scott, R.P.W., 1996. Chromatographic detectors design, function and operation. Chromatographic Science Series, 73, Marcel Dekker Inc.
- Sharma, D., Awasthi, M.D., 1997. Adsorption and movement of metalaxyl in soils under unsaturated flow conditions. Plant and soil, 195:2, 293-298.
- Silber, A., and Raviv, M., 1996. Effects of chemical surface properties of tuff by growing rose plants. Plant Soil, 186: 353-360
- Silber, A., Bar-Yosef, B., and Chen, Y., 1999. PH-dependent kinetics of tuff dissolution. Geoderma, 93: 125-140
- Smith, D.L., 1987. Rockwool in Horticulture. Grower Books, London, U.K.
- Soledad, M., Sánchez-Martin, M.J., and Sánchez-Camazano, M. 2001. Significance if soil properties in the adsorption and mobility of the fungicide metalaxyl in vineyard soils. J. Agric. Food Chem. 49, 2363-2369.
- Song W., Zhou L., Yang C., Cao X., Zhang L., Liu X. 2004. Tomato Fusarium wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system, Crop protection 23, 243-247.



- Sonneveld, C., 2002. Composition of Nutrient Solutions. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Speck, M., and Dirr, E. 1980. Gas chromatographic determination of Metalaxyl residues in tobacco. *Journal of Chromatography A*, Vol. 20 313-316.
- Stanghellini M.E. and Rasmussen S.L. , 1994, Identification and origin of plant pathogenic microorganisms in recirculating nutrient solutions. *Advances in Space Research* 14 349- 355.
- Sukul, P., and Spiteller, M. 2001. Influence of biotic and abiotic factors on dissipating metalaxyl in soil. *Chemosphere* 45, 941-947.
- Talebi. K., 2002. Effects of two different formulations of metalaxyl on their residues in cucumber. *Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet.* ;67(2):79-83.
- Trapp, S. and Matthies, M., 1995. Generic One-Compartment Model for Uptake of Organic Chemocals by foliar vegetation. *Envir. Sci. Technol.*, 29, 2333-2338.
- Tripathi, R. K., and Singh, U.S.,1983. Metalaxyl: Physiochemical and biological properties. In. *Recent Advances in Plant pathology* (H. Alkhtar, K. Singh, B.P. Singh and V.P. Agnihorti, Eds) pp.201-226.Prin House Luchnow.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1988. Pesticide Fact Sheet: Metalaxyl. Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC,.10-47
- Unver, I., Ataman, Y., Canga, M.R., and Munsuz, N., 1989. Buffering capacities of some mineral and organic substrates. *Acta Hort.* 238: 83-97
- Van der Ende, W., and Breuring, R., 1983. Rozen op Steenwol (2) – Voeding in der steenwolteelt. *Vakblad voor de Bloemisterij*, No 45: 44-45
- Van Os, E.A., 1981. The stationary water growing system opens possibilities to alternative watering methods. *Acta Hort.*, 126: 281-286
- Van Os, E.A., 1982. Dutch developments in soilless culture. *Outlook on Agriculture*,11: 165-171.
- Van Os, E.A., Gieling, Th.H., Ruijs, M.N.A., 2002. Equipment for hydroponic installations. In: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.
- Wauchope, R. D., Buttler, T. M., Hornsby A. G., Augustijn Beckers, P. W. M. and Burt, J. P. 1992. SCS/ARS/CES Pesticide properties database for



environmental decision making. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 123: 1-157, 10-12

Weber, J.B., 1966. American Mineral 51, 1657.

Wilson, P.C., Whitwell, T. and Klaine, S.J., 2000. Metalaxyl and simazine toxicity to and uptake by *Typha latifolia*. Arch Environ Contam Toxicol. Oct;39(3):282-8.

Winsor, G.W., Hurd, R.g., Price, D. 1979. Nutrient Film Technique. Glasshouse Crop Research Institute , Littlehampton.48 pp.

Wohanka, W., 2002. Nutrient Solution Disinfection. In: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Savvas D & Passam H. (Eds): Embryo Publications, Athens.

Wood, A.R., and Laing, M.D., 1993. The control of fungal root pathogens of ornamental foliage plants in hydroculture. Proceedingw of the 8th International on soiless culture. PB: ISOSC, Wageningen; Netherlands.

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

Δημόπουλος, Β., 1998. Φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Εκδόσεις EMBPYO. Αθήνα.

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

Θέριος, Ν.Ι., 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη.

Καρράς, Γ. 2003. Συμπεριφορά Φυτοφαρμάκων κατά την Εφαρμογή τους σε Κλειστό Υδροπονικό Σύστημα. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Τμήμα Χημείας.

Παπαδόπουλος, Γ.Α., 1998. Εδαφολογία, ΤΕΙ Ηπείρου, ΑΡΤΑ.

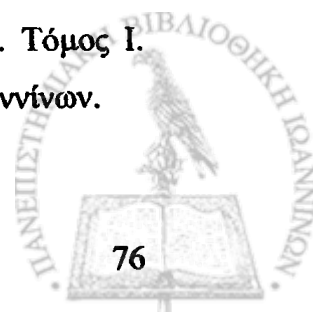
Πατακιούτας, Γ. 2000. «Μελέτη της διάσπασης, κατανομής, και μεταφοράς των υπολειμμάτων νέων φυτοφαρμάκων σε υδατικά και εδαφικά συστήματα». Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Τμήμα Χημείας.

Σάββας, Δ., 1998 Ειδική ανθοκομία 2 Άρτα

Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Άρτα

Σδούκος, Θ. Α. και Πομώνης Φ.Ι., 1998 «Χημικές Διεργασίες Της Χημικής Τεχνολογίας». Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Σδούκος, Θ. Α., 1993. «Φυσικές Διεργασίες της Χημικής Τεχνολογίας». Τόμος Ι. Μηχανική των ρευστών και τεχνική σωματιδίων. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. NIST Chemistry WebBook <http://webbook.nist.gov/chemistry/>.

(Ελήφθησαν οι χημικοί τύποι των χρησιμοποιούμενων φυτοφαρμάκων)