

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**“Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΠΙΑΝΣΗΣ
ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ”**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**“Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ
ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ”**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΩΤΣΙΡΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2000

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
Βοτανική περιγραφή του φυτού	4
Ιστορική αναδρομή υδροπονικών καλλιεργειών	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	9
1.1. Εισαγωγή	9
1.2. Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών	10
1.3. Υλικά υποστρώματα και είδη υποστρωμάτων	11
1.4. Υποδοχείς υποστρωμάτων	17
1.5. Άρδευση - Λίπανση υδροπονικών καλλιεργειών σε υποστρώματα	18
1.6. Στατιστικά στοιχεία	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	21
2.1. Ρόλος θρεπτικών στοιχείων	21
Άζωτο	22
Φώσφορος	22
Κάλιο	24
Ασβέστιο	25
Μαγνήσιο	26
Θείο	26
Σίδηρος	26
Μαγγάνιο	27
Ψευδάργυρος	27
Χαλκός	27
Μολυβδαίνιο	27
Βόριο	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	29
3.1. Μορφές του αζώτου και οι επιδράσεις τους	29
3.2. Μηχανισμοί απορρόφησης αζώτου	32
3.3. Απορρόφηση NO_3^-	32
3.4. Μείωση της απορρόφησης NO_3^- με NH_4^+	33
3.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση NO_3^- και NH_4^+	34

3.6. Διαφορές μεταξύ των ειδών στην απορρόφηση και χρήση NO_3^- και NH_4^+ _____	35
3.7. Τοξικότητα αμμωνίου _____	35
3.8. Φυσιολογικές επιδράσεις των μορφών N _____	35
3.9. Συγκέντρωση NO_3^- _____	36
3.10. Απορρόφηση κατιόντων – ανιόντων _____	37
3.11. Το πρόβλημα της συγκέντρωσης NO_3^- στα φυτά _____	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 _____	38
ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΤΟ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ _____	38
4.1. Τεχνική της καλλιέργειας του αγγουριού στο πετροβάμβακα _____	38
4.2. Λίπανση – θρέψη της αγγουριάς _____	40
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ _____	43
A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ _____	43
B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ _____	44
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ _____	50
Δ. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ _____	70
Δ.1. ΜΗΚΟΣ ΦΥΛΛΩΝ _____	70
Δ.2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΥΛΛΩΝ _____	70
Δ.3. ΠΛΑΤΟΣ ΦΥΛΛΩΝ (ΜΕΓΙΣΤΟ – ΜΕΣΟ) _____	71
Δ.4. ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ _____	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ _____	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ _____	74

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η καλλιέργεια της αγγουριάς στα θερμοκήπια είναι μετά την τομάτα η περισσότερο διαδεδομένη στη χώρα μας. Συνήθως εναλλάσσεται με την τομάτα στο ίδιο θερμοκήπιο.

Η συγκεκριμένη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στους εργαστηριακούς χώρους του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας είχε σαν στόχο τον προσδιορισμό της επίδρασης των διαφόρων αναλογιών NO_3^- και NH_4^+ σε τρία διαφορετικά επίπεδα ολικού Ν στην ανάπτυξη των φυτών αγγουριάς που καλλιεργήθηκαν υδροπονικά σε πλάκες πετροβάμβακα.

Τα επίπεδα του Ν στα θρεπτικά διαλύματα ήταν 100, 200 και 400 ppm και οι αναλογίες $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ήταν: 4 : 0, 3 : 1, 2 : 2, 1 : 3. Το μεγαλύτερο ύψος παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις όπου τα NO_3^- αποτελούσαν τη μόνη πηγή Ν στα 100 και 200 ppm, ενώ κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών το $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ακόμη και σε ποσοστό 50% δεν είχε δυσμενείς επιδράσεις. Η φυλλική επιφάνεια και το μήκος των φύλλων δεν έδειξαν να επηρεάζονται από την αναλογία $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ όπου μόνο στην επέμβαση 1 : 3 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση, ενώ η ίδια συμπεριφορά παρουσιάστηκε και στο πλάτος των φύλλων (μέσο και μέγιστο).

Με την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Αναστάσιο Κώτσιρα, Επιστημονικό Συνεργάτη, για την παρότρυνσή του να ασχοληθώ με τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος. Οι γνώσεις που αποκομίστηκαν από το συγκεκριμένο πείραμα πιστεύω να είναι καθοριστικές για τη μετέπειτα πορεία μου.

Ευχαριστώ ακόμη θερμά τον κ. Πίκη Στυλιανό, σπουδαστή ΘΕ.ΚΑ. για την άψογη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, καθώς και τον κ. Καλογερόπουλο Παναγιώτη, προϊστάμενο Υπηρεσίας Αγροκτήματος για την συμβολή του στην διεξαγωγή αυτού του πειράματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βοτανική περιγραφή του φυτού

Η αγγουριά ανήκει στην οικογένεια *Curcubitaceae* (κολοκυνθοειδή). Το βοτανικό της όνομα είναι *Cucumis sativus*, L. Είναι ετήσιο ποώδες φυτό, το οποίο όταν αναπτύσσεται υπό φυσικές συνθήκες, χωρίς να υποστulώνεται και χωρίς να κλαδεύεται, είναι έρπον ή αναρριχώμενο. Από άποψη φωτοπεριόδου είναι ουδέτερο και επομένως η διάρκεια της ημέρας δεν παίζει κανένα ρόλο στην ανθοφορία και στην καρπόδεση. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων του είναι $2n = 14$, εκτός όμως από τις διπλοειδείς ποικιλίες υπάρχουν και τετραπλοειδείς με $4n = 28$.

Ο βλαστός της αγγουριάς είναι γωνιώδης, πράσινος, δεν ξυλοποιείται και μπορεί να φτάσει τα 10 και πλέον μέτρα σε μήκος στη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου. Είναι όμως ασθενικός και υδαρής με αποτέλεσμα, όταν αναπτύσσεται κατακόρυφα, να μην μπορεί να συγκρατήσει το βάρος του και το βάρος των καρπών που φέρει χωρίς την κατάλληλη υποστύλωση. Γι' αυτό το λόγο η οικολογική προσαρμογή του φυτού είναι η έρπουσα ανάπτυξη ή η αναρρίχησή του σε άλλα φυτά ή φυσικά στηρίγματα. Η αγγουριά έχει έντονη τάση σχηματισμού πλαγίων βλαστών στις μασχάλες των φύλλων της και μάλιστα όχι μόνο πρώτης, αλλά και δευτέρας, καθώς και ανωτέρων τάξεων. Εκτός από τα φύλλα και τους καρπούς, οι βλαστοί της αγγουριάς φέρουν και έλικες, οι οποίοι της παρέχουν τη δυνατότητα να αναρριχάται.

Τα φύλλα της αγγουριάς φύονται κατ' εναλλαγή πάνω στο στέλεχος. Συνήθως είναι μεγάλου μεγέθους, τρίλοβα ή πεντάλοβα, γωνιώδη, απλά με τρίχες και με μακρύ μίσχο. Ειδικά τα πρώτα φύλλα πάνω στον κεντρικό βλαστό μπορούν να ξεπεράσουν τα 30 cm σε μήκος. Τα νεώτερης ηλικίας φύλλα γίνονται μικρότερα και τείνουν να λαμβάνουν περισσότερο οξυλήκτο σχήμα.

Η αγγουριά είναι επιπολαιόριζο φυτό. Το ριζικό της σύστημα αναπτύσσεται κυρίως οριζόντια και μάλιστα σε αρκετή ακτίνα γύρω από την κεντρική πασσαλώδη ρίζα. Αντίθετα όμως με την οριζόντια, η κατά βάθος ανάπτυξη της ρίζας είναι περιορισμένη. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος δεν προχωρεί βαθύτερα από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, που περιλαμβάνεται στα πρώτα 50 cm κάτω από την επιφάνειά του. Γενικά, το ριζικό σύστημα της αγγουριάς δεν επιδεικνύει την ίδια ζωηρότητα ανάπτυξης που εμφανίζει το υπέργειο μέρος του φυτού, με συνέπεια η αναλογία βλαστού προς ρίζα να είναι αρκετά υψηλή (σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει μέχρι και 100:1 ή και παραπάνω).

Τα άνθη της αγγουριάς είναι κίτρινα με πενταμερή κάλυκα και στεφάνη . Η αγγουριά είναι μόνικο - δίκλινο φυτό. Αυτό σημαίνει ότι πάνω στο ίδιο φυτό φέρονται ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άνθη. Τα θηλυκά άνθη διακρίνονται εύκολα από τα αρσενικά, δεδομένου ότι μεταξύ του μίσχου και του σημείο έκφυσης της στεφάνης μεσολαβεί η ωοθήκη σαν μια σαρκώδης συνέχεια του μίσχου, η οποία θυμίζει καρπό αγγουριού σε μικρογραφία. Μετά την καρπόδεση, η ωοθήκη διογκώνεται σιγά -σιγά και επιμηκώνεται λαμβάνοντας όλο και περισσότερο το χαρακτηριστικό σχήμα του αγγουριού, ενώ η κίτρινη στεφάνη μαραίνεται βαθμιαία και πέφτει. Αντίθετα, η στεφάνη των αρσενικών ανθέων φαίνεται να φέρεται απευθείας πάνω στο μίσχο, δεδομένου ότι η ωοθήκη τους είναι ανανάπτυκτη και δεν εξελίσσεται σε καρπό. Σε γενικές γραμμές τα φυτά της αγγουριάς αρχικά τείνουν να σχηματίζουν αρσενικά άνθη κυρίως και σιγά -σιγά, όσο προχωρεί ο σχηματισμός πλαγίων βλαστών πρώτης και ανωτέρας τάξεως, αυξάνεται η συχνότητα σχηματισμού θηλυκών ανθέων. Τα αρσενικά άνθη συνήθως είναι περισσότερα, δεδομένου ότι φέρονται κατά ομάδες στην κάθε μασχάλη φύλλων, ενώ τα θηλυκά συνήθως εμφανίζονται μονήρη ή το πολύ ανά δύο.

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι γενετιστές κατόρθωσαν να δημιουργήσουν πλήρως θηλυκά φυτά αγγουριάς, τα οποία φέρουν μόνο θηλυκά άνθη σε ποσοστό σχεδόν 100%. Πρόκειται για υβρίδια αγγουριάς, τα οποία έχουν την ιδιότητα να καρποδέουν παρθενοκαρπικά, με συνέπεια οι καρποί να μην

περιέχουν σπόρους. Έτσι η γονιμοποίηση, όχι μόνο δεν είναι αναγκαία, αλλά είναι και ανεπιθύμητη, δεδομένου ότι οι προερχόμενοι από γονιμοποίηση καρποί περιέχουν σπόρους, με συνέπεια να είναι σκληρότεροι και επομένως λιγότερο εύγευστοι. Εκτός αυτού, τα αγγούρια των πλήρως θηλυκών υβριδίων, όταν προέρχονται από γονιμοποίηση αναπτύσσουν μια πάχυνση στο κορυφαίο τμήμα τους (δηλαδή στο τμήμα που είναι στον αντίποδα του μίσχου τους), με συνέπεια να αποκτούν ροπαλοειδές σχήμα και να καθίστανται μη εμπορεύσιμα. Γι' αυτό το λόγο στα θερμοκήπια που καλλιεργούνται πλήρως θηλυκά υβρίδια αγγουριάς θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η επικονίαση των θηλυκών ανθέων με γύρη προερχόμενη από άλλα, μικρής άνθησης φυτά αγγουριού.

Ο καρπός της αγγουριάς είναι ράγα ή πέπων, κυλινδρικού σχήματος, μακρής ή κοντής, λείος ή με μικρούς άκαθας, γωνιώδης ή κυκλικός, πράσινος όταν είναι ανώριμος και κίτρινος όταν ωριμάζει. Στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης τα αγγούρια ζυγίζουν μέχρι και 1.500 g. Το μήκος σε ορισμένες ποικιλίες είναι μεγάλο (μέχρι και 40-45 cm), ενώ σε άλλες μικρό (μικρόκαρπες ποικιλίες). Η σάρκα των καρπών είναι λευκή και τρυφερή, αλλά συγχρόνως και τραγανή. Στο στάδιο της συγκομιδής περιέχει 95% νερό, 3,4% υδατάνθρακες, 0,9 πρωτεΐνες και 0,1% λίπη και είναι πλούσια σε βιταμίνη C. Οι σημερινές καλλιεργούμενες ποικιλίες δεν περιέχουν ουσίες που τους προσδίδουν πικρή γεύση όπως οι παλαιότερες.

Οι σπόροι του αγγουριού είναι ωσειδείς, πεπλατυσμένοι, μήκους 7 – 10 mm και πλάτους 4-6 mm, χρώματος λευκού έως λευκοκίτρινου, τρυφεροί αρχικά και σκληροί όταν ωριμάσουν, λόγω του περγαμηνοειδούς τους περιβλήματος. Το βάρος χιλίων σπόρων ανέρχεται στα 30-35 gr.

Ιστορική αναδρομή υδροπονικών καλλιεργειών

Η προσπάθεια ανάπτυξης φυτών εκτός εδάφους αρχικά προωθήθηκε από τις δυνατότητες που παρέχει αυτό το σύστημα, για μελέτη της θρέψης των

φυτών και έχει μια ιστορία πολλών χρόνων σημαδεμένη από σημαντικές ημερομηνίες.

Η αρχή της υδροπονικής καλλιέργειας εντοπίζεται στο 17^ο αιώνα, με πρώτη γνωστή εμπειρία αυτή του Van Helmont, στα 1620, που κατόρθωσε να διατηρήσει ένα κλάδο ιτιάς μέσα σε νερό, βγάζοντας μάλιστα το συμπέρασμα ότι το νερό δημιούργησε όλη τη φυτική ύλη που παράχθηκε, σε αυτό το διάστημα, από τον κλάδο της ιτιάς. Η δοκιμασία επαναλήφθηκε το 1966 από τον Woodward. Το 1758 ο Duchamel Monceau συνέχισε την ιδέα της εκτός εδάφους καλλιέργειας.

Το 19^ο αιώνα, εξαιτίας του Γάλλου Boissingault που συνέλαβε ένα σύστημα καλλιέργειας στην άμμο, χρησιμοποιώντας και διάλυμα ανόργανων στοιχείων, τα μεγάλα ονόματα της φυσιολογίας φυτών και της γεωπονίας (de Candolle, de Saussure, Liebig κ.α.) κατόρθωσαν να εξερευνήσουν σε βάθος τον τομέα της θρέψης φυτών. Οι Γερμανοί Knor και Sach, μελέτησαν την επίδραση των διάφορων στοιχείων στη θρέψη των φυτών.

Ενώ η νέα αυτή μέθοδος καλλιέργειας χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για επιστημονικές εργασίες, οι Αμερικάνοι ερευνητές αρχίζουν πολύ νωρίς να τη βελτιώνουν τεχνικά, ώστε να μπορέσουν να τη μεταφέρουν σε πρακτικό επίπεδο.

Το 1921 οι Pender και Adams εκτελούν δοκιμές καλλιέργειας γαρύφαλλου σε θερμοκήπιο πάνω σε πάγκους.

Το 1928 στο Σταθμό του New Jersey έφτασαν να γίνουν εμπορεύσιμα τα πρώτα ανθοκομικά προϊόντα που προέρχονταν από καλλιέργειες σε υποστρώματα χωρίς χώμα.

Το 1929 ο Gericke επιχειρεί στην Καλιφόρνια να καλλιεργήσει φυτά μέσα σε νερό και δίνει σ' αυτό το είδος της καλλιέργειας την ονομασία «υδροπονική».

Οι πρώτες επιχειρηματικές καλλιέργειες, πάνω σε άμμο και χαλίκια, πραγματοποιούνται το 1936 στο Ohio και στο νησί Wake στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου οι

αμερικανοί χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές καλλιέργειών για τη διατροφή των στρατευμάτων τους στα νησιά του Ειρηνικού.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 παρατηρείται στη Γαλλία μια υπερβολική αισιοδοξία γι' αυτές τις καλλιέργειες. Η έκδοση του βιβλίου «Καλλιέργειες χωρίς χώμα» σημείωσε πολύ μεγάλη επιτυχία. Την ίδια περίοδο επίσης το INVUFLEC κάνει τις πρώτες του μελέτες πάνω σ' αυτό το αντικείμενο και κυρίως στην πραγματοποίηση μιας εγκατάστασης φτηνής και απλής σε λειτουργία. Αυτό έγινε δυνατό χάρη στην έναρξη χρησιμοποίησης του πλαστικού, σε αντικατάσταση των δοχείων από τσιμέντο, ξύλο, άσφαλο, τούβλα κ.τ.λ., που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε και που ήταν δαπανηρή.

Παράλληλα με τις ανωτέρω εξελίξεις στη Γαλλία σημαντικές προσπάθειες γίνονταν στη Γαλλία, Γερμανία, στις Σκανδιναβικές χώρες και στις Η.Π.Α., τελειοποιώντας όλο και περισσότερο τα συστήματα, χρησιμοποιώντας για την παρασκευή υποστρωμάτων κυρίως την τύρφη, τον περλίτη και το βερμικουλίτη.

Το 1955 με την ευκαιρία του 19^{ου} Συνεδρίου Φυτολογίας στο Scheveningen, όλοι οι ερευνητές που ασχολούνταν με την υδροπονία συμφώνησαν για την ίδρυση του International Working Group on Soiless Culture (I.W.G.S.C.), έδρα του οποίου ορίστηκε το Naaldwijk και είχε ως αντικείμενο τη διαπραγμάτευση των ερωτημάτων της υδροπονίας σε διεθνή κλίμακα και την επίσπευση της διαδικασίας για την εφαρμογή των ως τότε αποκτηθεισών γνώσεων, με την αμοιβαία ανταλλαγή πειραματικών αποτελεσμάτων και τη συναρμογή των δοκιμαστικών προγραμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

1.1. Εισαγωγή

Με τον όρο υδροπονική καλλιέργεια (Hydroponics), εννοούμε την εκτός εδάφους καλλιέργεια, που πραγματοποιείται σ' ένα υγρό μέσο, το οποίο παρέχει στο φυτό όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξή του θρεπτικά στοιχεία (Gericke' s καλλιέργειες).

Κατ' επέκταση, ο όρος αυτός όπως και ο Davtyan προτείνει, χρησιμοποιείται για όλες τις κατηγορίες των εκτός εδάφους ή χωρίς έδαφος καλλιεργειών, δεδομένου ότι κοινό γνώρισμα όλων ανεξαρτήτως αυτών των καλλιεργειών, είναι η διοχέτευση κάποιου θρεπτικού διαλύματος στο τεχνητό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται ανεξάρτητα από τη μορφή και τη σύσταση του τελευταίου.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορα σχήματα ταξινόμησης των εκτός εδάφους καλλιεργειών με βάση το υπόστρωμα, τον τρόπο χορήγησης του θρεπτικού διαλύματος, τον αριθμό και το είδος των φάσεων που συμμετέχουν κ.λ.π.

Με βάση την πρόταση του Davtyan, για την ταξινόμηση των υδροπονικών καλλιεργειών, ως «υπόστρωμα» δεν πρέπει να θεωρείται μόνο το στερεό υλικό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών, αλλά το σύνολο των τριών φάσεων που συμμετέχουν στη συγκρότηση του και που είναι:

- α. Το στερεό υλικό.
- β. Το υδατικό διάλυμα των θρεπτικών στοιχείων και
- γ. Ο διαλυμένος μέσα σ' αυτό αέρας.

Συνεπώς με βάση την πρόταση του Davtyan έχουμε τις ακόλουθες μορφές υδροπονικών καλλιεργειών:

- α. **Δύο φάσεων υπόστρωμα (N.F.T.):** Νερό (θρεπτικό διάλυμα) με το διαλυμένο σ' αυτό αέρα.
- β. **Δύο φάσεων υπόστρωμα (Αεροπονική):** Αέρας και νερό (ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα).
- γ. **Τριών φάσεων υπόστρωμα:** Στερεό υλικό, νερό (με τα διαλυμένα θρεπτικά στοιχεία) και αέρας.

1.2. Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Ως βασικότεροι λόγοι της επέκτασης των υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να αναφερθούν οι ακόλουθοι:

1. Η αποδέσμευση των καλλιεργειών από το έδαφος και τα προβλήματά του, όπως είναι οι ασθένειες, η αλατότητα που δημιουργείται με τη συνεχή χρήση του κ.α.
2. Η καλλιέργεια σε μέρη που τα εδάφη είναι ακατάλληλα για καλλιέργεια.
3. Η αποφυγή ορισμένων εργασιών (όργωμα, φρεζάρισμα, σκάλισμα, ζιζανιοκτονία).
4. Οι ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.
5. Οι αυξημένες αποδόσεις που επιτυγχάνονται με τα διάφορα συστήματα των εκτός εδάφους, γενικά, καλλιεργειών , που είναι δυνατόν και να υπερβούν κατά 100% τις αντίστοιχες καλλιέργειες εδάφους.
6. Η δυνατότητα ρύθμισης της θρέψης των φυτών με μεγάλη ακρίβεια και ως εκ τούτου την άμεση απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων, καθώς και η δυνατότητα επηρεασμού της συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων στο τελικό προϊόν.
7. Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος.

8. Η μηχανοποίηση και αυτοματοποίηση της καλλιέργειας.
9. Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τους εργαζόμενους, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης.

Δεν υπάρχει αμφιβολία πως υπάρχουν και προβλήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

1. Το αυξημένο κόστος εγκατάστασής τους.
2. Η εξάρτησή τους από τη συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Το απαιτούμενο υψηλό επίπεδο του καλλιεργητή για τη διαχείριση αυτών των συστημάτων.
4. Η αντίληψη περί χημικών και αφύσικων καλλιεργειών και ως εκ τούτου επικίνδυνων, υποτίθεται, παραγόμενων προϊόντων.

1.3. Υλικά υποστρώματα και είδη υποστρωμάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σαν στερεό υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες, αυτούσια ή σε μίγματα μεταξύ τους, μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευσή τους

	Κατηγορία υλικών	Προέλευση	Τύποι
Ανόργανα	Ορυκτά	Υλικά φυσικά	Χαλίκια, άμμος, πουζολάνη, ελαφρόπετρα
		Υλικά κατεργασμένα	Περλίτης, βερμικουλίτης, διογκωμένη άργιλλος, πετροβάμβακας
		Απόβλητα εργοστασίων	Τεμάχια τούβλων, σκωρίες, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών
		Πλαστικά διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουρεθάνη
Οργανικά	Φυτικά	Φυσικά προϊόντα	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δέντρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κωτταρινικά απόβλητα
		Απόβλητα γεωργ. βιομηχ.	

Με την εξέλιξη των υδροπονικών καλλιεργειών, άρχισε να υποχωρεί η χρήση οργανικών υλικών σαν υπόστρωμα και επεκτάθηκε η χρήση ανόργανων υλικών, είτε αυτούσιων, είτε με την πρόσμιξη οργανικών υλικών και κυρίως τύρφης σε μικρές ποσότητες.

Η στροφή αυτή προς τα ανόργανα υλικά, οφείλεται στο γεγονός ότι είναι απαλλαγμένα από ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνα εδάφους και λόγω της χημικής τους αδράνειας επιτρέπουν τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των καλλιεργειών. Επίσης οι καλές υδατικές ιδιότητες των υλικών αυτών τα καθιστούν άριστα υλικά υποστρωμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες.

Τα κυριότερα απ' αυτά τα ανόργανα υλικά είναι ο περλίτης και ο πετροβάμβακας (rockwool). Και τα δύο χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο, με εξαιρετική επιτυχία στην παραγωγή λαχανοκομικών

και ανθοκομικών προϊόντων. Αυτά είναι και τα υλικά και κατά κύριο λόγο ο πετροβάμβακας που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα, στις λίγες αλλά ενθαρρυντικά αυξανόμενες υδροπονικές καλλιέργειες που πραγματοποιούνται.

Πιο αναλυτικά μπορούμε να αναφέρουμε τα ακόλουθα για τα κυριότερα ανόργανα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών.

Άμμος: Η άμμος κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες από πλευράς μεγέθους κόκκων:

Λεπτή άμμος	: 0,02 - 0,2 mm
Χοντρή άμμος	: 0,20 - 2, 0 mm
Χαλίκια	: > 2,0 mm

Η άμμος, εφόσον είναι απαλλαγμένη από άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο και χλωριούχα άλατα δεν έχει ουσιαστικά καμία επίδραση στις χημικές ιδιότητες (pH, E.C., C.E.C.) των μιγμάτων στα οποία συμμετέχει. Αντίθετα επηρεάζει τις φυσικές ιδιότητες (σχέση νερού / αέρα, υδατικές ιδιότητες) και γι' αυτό το λόγο εξάλλου και χρησιμοποιείται. Συνήθως χρησιμοποιείται ως βάση για κομπόστες με τύρφη και σπανιότερα μόνη της. Για να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υπόστρωμα, δεν πρέπει να αναμιχθεί με τύρφη γιατί έτσι θα χάσει τον υψηλό βαθμό στράγγισης. Η άμμος που θεωρείται κατάλληλη για την ανθοκομία έχει κοκκομετρία από 0,05 έως 0,5 mm.

Αργίλος: Έχει μεγάλο βαθμό εναλλακτικής ικανότητας κατιόντων και η χρησιμοποίησή της στα διάφορα μίγματα ρυθμίζει την απορρόφηση του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων, έχει σχετικά χαμηλό ειδικό βάρος 0,3 - 0,7 g/cm³ και εσωτερικό πορώδες περίπου 40 - 50%. Στη διογκωμένη της μορφή, που είναι στρογγυλεμένα τεμάχια αργίλου που έχουν πυρακτωθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιείται ως αδρανές υπόστρωμα. Ενδείκνυται η έκπλυσή της με νερό για τη μείωση της περιεκτικότητάς της σε άλατα.

Βερμικουλίτης: Είναι πυριτικές ενώσεις του αλουμινίου, του σιδήρου και του μαγνησίου που στη φυσική τους κατάσταση είναι λεπτά στρώματα και μοιάζει με σχιστόλιθο. Αποθέματα της πρώτης ύλης έχουν βρεθεί στις Η.Π.Α. και στη Νότιο Αφρική και γι' αυτό είναι περισσότερο διαδεδομένος σε χρήση

σ' αυτές τις χώρες απ' ότι στην Ευρώπη. Για να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα πρέπει να «αποφυλλωθεί» θερμαινόμενο για ένα λεπτό στους 1.000°C. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας διογκώνεται 15 - 20 φορές και αποκτά υψηλό βαθμό πορώδους. Ο μέσος όρος πυκνότητάς του (ειδικό βάρος) είναι 80 kg/m³. Κατατάσσεται σε δύο τύπους, ο ένας όξινος (pH 6,0 - 6,8) και ο άλλος ουδέτερος. Έχει υψηλή εναλλακτική ικανότητα κατιόντων (100 - 150 meq / 100 gr). Περιέχει 5 - 8% διαθέσιμο κάλιο και 9 - 12% μαγνήσιο. Όταν ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του ως υπόστρωμα για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, υπάρχει μια τάση για κερηθροποίηση της δομής του μέχρι και την πλήρη καταστροφή της, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αερισμός και η αποστράγγιση. Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται σε ανάμιξη είτε με περλίτη είτε με τύρφη για καλύτερο αερισμό και στράγγιση.

Περλίτης: Είναι πυριτικό ορυκτό ηφαιστειογενούς προέλευσης, που υπάρχει στις Η.Π.Α., στη Νέα Ζηλανδία και στην Ελλάδα (Μήλος, Κως, Αντίπαρος, Νύαιρος). Κατά την επεξεργασία του το ορυκτό σπάζεται και θερμαίνεται για 1 λεπτό στους 1.000°C. Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησής του δεν επέτρεψαν στα άτομα του να τοποθετηθούν σε σχηματισμούς κρυσταλλικού πλέγματος, γεγονός που έδωσε τον υαλώδη ιστό, στον ορυκτό περλίτη. Στο υαλώδες αυτό πέτρωμα δόθηκε το όνομα «περλίτης» από τη λάμψη του, που είναι όμοια με εκείνη του μαργαρίτη.

Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, το κρυσταλλικό νερό που περιέχεται στο ορυκτό διογκώνεται και δημιουργεί την αφρώδη μάζα, η οποία είναι 10 - 12 φορές μεγαλύτερη του όγκου του αρχικού ορυκτού. Ζυγίζει από 40 - 150 kg/m³, δηλαδή είναι κατά 10 - 20 φορές ελαφρύτερος του αρχικού υλικού.

Έχει κλειστή μοριακή κατασκευή και το νερό συγκρατείται μόνο στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων του ή στο διάστημα μεταξύ των κόκκων του, με αποτέλεσμα την πολύ καλή στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος και τη χαμηλή τιμή του εύκολα διαθέσιμου νερού, γεγονός που καθιστά απαραίτητο το πολύ συχνό πότισμα και τον καλό έλεγχο της υδρολίπανσης.

Διαχωρίζεται σε διάφορες κοκκομετρίες από 0,5 - 5,0 mm. Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων, ο περλίτης είναι υλικό με ουδέτερο pH και με πολύ

χαμηλή E.C. Η κατιονική εναλλακτική του ικανότητα (CEC) είναι πολύ χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στο 1,5 meq/100 gr ξ.ο. και περιέχει θρεπτικά στοιχεία.

Πετροβάμβακας: Είναι πυριτικό αλουμίνιο με κάποιες ποσότητες ασβεστίου και μαγνησίου. Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι διάφοροι τύποι πετρωμάτων και κυρίως diabasea και βαλσάτης που λιώνουν στους 1.500 - 1.600°C. Στη συνέχεια σε υγρή μορφή περνούν μέσα από περιστρεφόμενα τύμπανα με ελεγχόμενη ταχύτητα περιστροφής και παίρνουν ινώδη μορφή (σχηματισμός ινών των 0,005 mm) σαν μαλλί. Ακολουθεί ψύξη των ινών, ενώ ταυτόχρονα προστίθεται μια φαινολική ρητίνη (βακελίτης), η οποία λειτουργεί σαν σύνδεσμος μεταξύ των ινών. Με συμπίεση διαμορφώνονται σε πλάκες με φαινόμενο ειδικό βάρος γύρω στα 70 kg/m³. Η προσθήκη φαινολικών ρητινών δίνει στο τελικό προϊόν τη σταθερότητα του σχήματος και την ικανότητα να απορροφά νερό. Το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο και έχει καλές φυσικές ιδιότητες (95% ολικό πορώδες, 20% περιεκτικότητα σε αέρα, 75% συγκράτηση νερού). Είναι χημικά αδρανές και διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρησιμοποίησή του (κύβοι, πλάκες, κοκκώδης μορφή). Εισάγεται από τη Δανία, τη Γαλλία και το Ισραήλ.

Η ανάγκη της μείωσης του κόστους παραγωγής, οδήγησε στην έρευνα, χρησιμοποίηση και αξιολόγηση, διαφόρων εγχώριων υλικών σαν υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών, σε αντικατάσταση κάποιων άλλων, υψηλού κόστους, εισαγόμενων.

Ένα τέτοιο υλικό είναι η ελαφρόπετρα, η οποία έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα, όταν χρησιμοποιείται είτε αυτούσια, είτε σε μίγματα με διάφορα composts.

Για την επιλογή του περισσότερο κατάλληλου υλικού ή μίγματος, θα πρέπει να γνωρίζουμε, εκτός από τις απαιτήσεις του προς ανάπτυξη φυτού και τις ιδιότητες του υλικού ή του μίγματος που θα χρησιμοποιήσουμε. Είναι επομένως απαραίτητο να γνωρίζουμε τα υλικά που έχουμε στη διάθεσή μας και τις ιδιότητές τους κι ακόμη, στην περίπτωση επιλογής μιγμάτων την αναλογία

συμμετοχής των διαφόρων υλικών για την εξασφάλιση των επιθυμητών ιδιοτήτων.

Ένα υλικό ή μίγμα υλικών, ένα υπόστρωμα γενικά δηλαδή, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία θα πρέπει:

- Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Να μην περιέχει τοξικές για το φυτό ουσίες.
- Να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- Να είναι εύχρηστο και φθινό.

Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων, προτιμάται να είναι αδρανές και να μη δεσμεύει τα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών θρεπτικά στοιχεία. Επίσης να μην έχει μεγάλη συγκέντρωση συνολικών αλάτων (E.C.) και η αντίδραση του (pH) να είναι ουδέτερη, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά είδη καλλιεργειών.

Από πλευράς φυσικών ιδιοτήτων ιδιαίτερη σημασία δίδεται στις υδατικές ιδιότητες ενός υποστρώματος. Η υδατοϊκανότητα (ΥΙ), το εύκολα διαθέσιμο νερό (ΕΔΝ), το ολικό πορώδες και η σχέση διαθέσιμου νερού και αέρα στο υπόστρωμα είναι παράγοντες που επηρεάζουν την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, κατά συνέπεια και ολόκληρου του φυτού, εξασφαλίζοντάς του τη σωστή τροφοδοσία με νερό και θρεπτικά στοιχεία, ενώ συγχρόνως και την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου.

Η προσθήκη σε αδρανή υποστρώματα όπως ο περλίτης ή η ελαφρόπετρα, μικρού ποσοστού οργανικών υλικών όπως η τύρφη ή τα διάφορα composts (15% v/v) αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού των μιγμάτων, βελτιώνοντας έτσι τις υδατικές τους ιδιότητες. Αυξάνει όμως τις πιθανότητες προσβολής από φυτοπαθογόνα, λόγω της αποδόμησής τους με την πάροδο του χρόνου και την αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας.

1.4. Υποδοχείς υποστρωμάτων

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα (υδροπονικές καλλιέργειες τριών φάσεων) είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών:

- α. Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σ' αυτό.
- β. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός κι έτσι αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών.
- γ. Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- δ. Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο.

Οι υποδοχείς που σήμερα χρησιμοποιούνται στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υποστρώματα μπορούν χονδρικά να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

1. Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού.
2. Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).
 - α. Σάκοι μικρού αριθμού φυτών .
 - β. Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης.
 - γ. Σάκοι κατακόρυφης τοποθέτησης.
3. Δοχεία σταθερού σχήματος
 - α. Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών .
 - β. Γούρνες πολυστερίνης.
4. Κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα (rockwool).
 - α. Περιτύλιξη πλακών πετροβάμβακα με φύλλο πλαστικού.
 - β. Σταθερές κατασκευές υποδοχείς πλακών πετροβάμβακα.

Σκοπός πολλών ερευνητικών εργασιών είναι η ανεύρεση ενός τύπου υποδοχέα ο οποίος θα είναι φθηνός, εύκολος στη χρήση του για διάφορες καλλιέργειες, όπως π.χ. είναι η τομάτα και το μαρούλι.

1.5. Άρδευση - Λίπανση υδροπονικών καλλιεργειών σε υποστρώματα

Όπως αναφέρθηκε και κατά τον ορισμό των υδροπονικών καλλιεργειών, η θρέψη των φυτών στις καλλιέργειες αυτές πραγματοποιείται με τη χρήση θρεπτικών διαλυμάτων. Τα θρεπτικά αυτά διαλύματα παρέχουν στα φυτά όλα τα στοιχεία (μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία) που είναι απαραίτητα για τη σωστή ανάπτυξή τους. Η σύνθεσή τους εξαρτάται από το είδος καλλιέργειας, το υπόστρωμα καλλιέργειας, την εποχή και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

Η διανομή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά γίνεται μέσω του συστήματος άρδευσης - λίπανσης. Τα χρησιμοποιούμενα σήμερα συστήματα άρδευσης - λίπανσης και ανακύκλωσης (όπου πραγματοποιείται) είναι διαφόρου βαθμού αυτοματισμού. Χρησιμοποιούνται συστήματα που ο ανθρώπινος παράγων είναι βασικός συντελεστής λειτουργίας τους, συστήματα με αυτοματισμούς σε κάποια από τα επιμέρους τμήματά τους και συστήματα με πλήρη και προγραμματισμένο αυτοματισμό στο σύνολό τους.

1.6. Στατιστικά στοιχεία

Παρόλη την εξέλιξη της επιστήμης, στον τομέα της θρέψης φυτών, που επιτρέπει και προωθεί την πραγματοποίηση και εξέλιξη καθαρά υδροπονικών καλλιεργειών, όπως αυτής του N.F.T .και της αεροπονίας, σε επιχειρηματική πλέον βάση, τα είδη αυτά της καλλιέργειας δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένα, ανεξαρτήτως των πολλά υποσχόμενων αποδόσεών τους, που αφορούν τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Αντίθετα, οι υδροπονικές καλλιέργειες που πραγματοποιούνται με τη χρήση διαφόρων στερεών υποστρωμάτων, όλο και περισσότερο επεκτείνονται, αντικαθιστώντας τις όλο και περισσότερο προβληματικές κλασικές καλλιέργειες εδάφους, ή αξιοποιώντας περιοχές που οι κλασικές καλλιέργειες είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν.

Η επέκταση του συστήματος αυτού, είναι αφ' ενός αποτέλεσμα ορισμένων βασικών πλεονεκτημάτων του έναντι των κλασικών καλλιεργειών εδάφους, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αλλά και αποτέλεσμα του μικρότερου συγκριτικά κόστους εγκατάστασής του, σε σχέση με τα δύο προηγούμενα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας.

Επί πλέον το είδος αυτό υδροπονικής καλλιέργειας είναι «περισσότερο ανθεκτικό» σε κάποια απρόβλεπτα τεχνικά προβλήματα (προσωρινή διακοπή ηλεκτροδότησης, έλλειψη νερού κ.τ.λ.).

Σε γενικά επίπεδα όμως, η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία, περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981 - 1982 έφτασαν πάνω από 70.000 στρέμματα κατά το 1991 – 1992. Κατ' εκτίμηση του ISOOSC, η καλλιεργούμενη έκταση στις άλλες χώρες σήμερα είναι:

Χώρα	Έκταση (στρέμματα)
<i>Ολλανδία</i>	70.000
<i>Μ Βρετανία</i>	8.000
<i>Ιταλία, Βέλγιο, Δανία</i>	5.000
<i>Ιαπωνία</i>	90.000
<i>Αυστραλία</i>	4.000
<i>Καναδάς</i>	3.000
<i>Ισραήλ</i>	3.500

Η συνολική έκταση σ' όλο τον κόσμο εκτιμάται ότι είναι λίγο μικρότερη από 200.000 στρέμματα και αναφέρεται, κυρίως, σε καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool), σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (N.F.T.) και σε

καλλιέργεια σε σάκους τύρφης. Επίσης άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό είναι η καλλιέργεια σε άμμο (π.χ. στο Ισραήλ), σε πριονίδι (π.χ. στον Καναδά), σε σάκους με περλίτη, (κυρίως στην Αγγλία, Ιταλία και Ελλάδα). Περιπτώσιακά γίνεται επίσης καλλιέργεια σε χαλίκι μικρής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό).

Στην Ελλάδα οι υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ λίγο ανεπτυγμένες. Καλλιέργειες σε πετροβάμβακα, περλίτη, τύρφες, έχουν ήδη πρακτική εφαρμογή και εξαπλώνονται με γοργούς ρυθμούς κυρίως στις λαχανοκομικές καλλιέργειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

2.1. Ρόλος θρεπτικών στοιχείων

Τα ανόργανα στοιχεία απαρτίζουν το 1,5% του νωπού βάρους των φυτών και διακρίνονται σε θεμελιώδη και μη θεμελιώδη. Το γεγονός ότι ένα στοιχείο βρίσκεται στο φυτό, δε σημαίνει ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή του. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μηχανισμοί απορρόφησης δε μπορούν πολλές φορές να κάνουν επιλογή μεταξύ θρεπτικών στοιχείων. Ένα στοιχείο είναι θεμελιώδες όταν:

1. χωρίς αυτό το φυτό δεν μπορεί να συμπληρώσει το βιολογικό του κύκλο και
2. όταν το στοιχείο αυτό αποτελεί μέρος ενός συστατικού του φυτού (π.χ. Mg στη χλωροφύλλη, N στις πρωτεΐνες κ.τ.λ.).

Τα ανόργανα στοιχεία διακρίνονται σε αυτά που είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και καλούνται μακροστοιχεία (N, P, K, Ca, Mg, S, C, H, O) και σ' αυτά που χρειάζονται σε ίχνη και καλούνται ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Cl, Mo). Μερικά φυτά μπορεί να χρειάζονται και πρόσθετα θρεπτικά στοιχεία ή να μην χρειάζονται μερικά απ' τα προηγούμενα, ή ακόμη ο ρόλος ενός στοιχείου να αντικαθίσταται από άλλο στοιχείο (π.χ. το Na σε μερικά φυτά, το σελήνιο από το φυτό *Astragalus*, το Co για τη συμβιωτική δέσμευση του N και το Si για το *Equisetum arvense*).

Από τα προηγούμενα θρεπτικά στοιχεία N, K, Mg, P, S, Cl είναι ευκίνητα, τα Fe, Zn, Cu, Mo ενδιάμεσα και τα Li, Ca, Ba και B δυσκίνητα.

Αζωτο

Αυτό είναι το τέταρτο πιο συχνά απαντώμενο στοιχείο. Έτσι οι πρωτεΐνες περιέχουν 18% N. Το N απορροφάται σαν NO_3 (ή NH_4), ανάγεται και ενσωματώνεται σε διάφορα συστατικά του φυτού. Το N είναι επίσης συστατικό των αμινοξέων, συνενζύμων, νουκλεοτιδίων, πουρινών, πυριμιδινών και της χλωροφύλλης. Από το N των φύλλων το 70% βρίσκεται στους χλωροπλάστες. Το NO_3 αυξάνει τη δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική αναγωγή. Απορρόφηση της νιτρικής μορφής αυξάνει το pH του θρεπτικού διαλύματος, ενώ η αμμωνιακή μορφή προκαλεί μείωση του pH. Η αμμωνιακή μορφή μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα. Έτσι, κάθε μόριο χλωροφύλλης φέρει κεντρικό άτομο Mg γύρω από το οποίο τοποθετούνται 4 δακτύλιοι πυρολίου.

Φώσφορος

Ο φώσφορος κατέχει ρόλο κλειδί στις διεργασίες του μεταβολισμού και της βιοσύνθεσης γιατί παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια. Είναι απαραίτητος για τη σύνθεση του ATP και πολυάριθμων άλλων φωσφορικών ενώσεων και η έλλειψή του προκαλεί άμεση και σοβαρή διακοπή του μεταβολισμού και της ανάπτυξης. Είναι επομένως φανερό ότι η έλλειψη P θα έχει σπάνια λιγότερο καταστρεπτικά αποτελέσματα από εκείνη του N.

Ο φώσφορος απορροφάται από τα φυτά με τις μορφές H_2PO_4^- και HPO_4^{2-} . Σε pH 5 το HPO_4 είναι ελάχιστο, ενώ σε pH 7 και οι δύο μορφές βρίσκονται σε ίσες αναλογίες.

Ο ρυθμός απορρόφησης του φωσφόρου εξαρτάται από το pH. Όσο αυξάνει το pH τόσο μειώνεται η ταχύτητα απορρόφησης. Πειράματα έχουν δείξει ότι τα φασολάκια απορροφούν 10 φορές περισσότερο P σε $\text{pH} \cong 4$ από ότι σε $\text{pH} \cong 8,7$. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι το H_2PO_4 απορροφάται ευεργετικά από τις ρίζες σε αντίθεση με το HPO_4 .

Μετά την απορρόφηση ο P, σε διάστημα ολίγων λεπτών μετατρέπεται σε οργανικό P. Ακόμη ο P είναι πολύ κινητός μέσα στο φυτό προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τα φυτά που υποφέρουν από έλλειψη P έχουν μειωμένη ανάπτυξη, περιορισμένο ριζικό σύστημα και λεπτούς βλαστούς.

Το άνοιγμα των μπουμπουκιών και η καρπόδεση μειώνονται. Τα συμπτώματα της τροφοπενίας P παρατηρούνται πρώτα στα παλιά φύλλα με διάστικτες κηλίδες μωβ χρωματισμού στην κάτω επιφάνειά τους και τους μίσχους τους που οφείλονται στο σχηματισμό ανθοκυανινών. Ο γενικός χρωματισμός του φυλλώματος είναι βαθυπράσινος και τα παλιά φύλλα πέφτουν πρόωρα.

Μεγάλες δόσεις P λιπασμάτων μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στη θρέψη του φυτού από την παρεμπόδιση της απορρόφησης των Fe, Cu και Zn.

Η κανονική τροφοδοσία των φυτών με P στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους είναι μεγάλης σπουδαιότητας. Τα σπορόφυτα και τα νεαρά φυτά που έχουν πρόσφατα μεταφυτευθεί στην οριστική τους θέση έχουν μικρές, αλλά καθοριστικές για την εξέλιξή τους απαιτήσεις σε P γιατί ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού τους συστήματος και τα βοηθά να ξεπεράσουν το «σοκ» της μεταφύτευσης. Ακόμη ο P ευνοεί την καρπόδεση και επιταχύνει την ωρίμανση των πρώτων καρπών που σημαίνει ότι είναι σπουδαίος παράγοντας για την πρωιμότητα της καλλιέργειας.

Ο φώσφορος όπως και το μαγνήσιο σύμφωνα με τον Geiseler απορροφούνται με σταθερό ρυθμό σ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας με μικρή τάση αύξησης τους προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου σε αντίθεση με το άζωτο, το κάλι και το ασβέστιο που η απορρόφησή τους βρίσκεται σε στενή εξάρτηση με το ρυθμό της φωτοσύνθεσης.

Ο Austett υποστηρίζει ότι στο αγγούρι υπάρχουν τρεις κύκλοι παραγωγής και ότι η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων παρουσιάζει μέγιστα και ελάχιστα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Κάλιο

Το κάλιο είναι στοιχείο μεγάλης σπουδαιότητας για τα φυτά. Στη φυσιολογία του φυτού είναι το σπουδαιότερο από τα κατιόντα, όχι μόνο γιατί βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στους φυτικούς ιστούς, αλλά και γιατί έχει πολύ σοβαρή συμμετοχή στις φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες.

Το κάλιο είναι πολύ κινητό μέσα στα φυτά. Κυρίως κατευθύνεται στους νεαρούς μεριστωματικούς ιστούς από τα παλιά φυτικά όργανα (κυρίως φύλλα). Η απορρόφηση και η μεταφορά του K ευνοείται από τον καλό εφοδιασμό των φυτών με N (γρήγορος ρυθμός αύξησης, σύνθεση πρωτεϊνών κ.α.).

Σπουδαίο ρόλο παίζει το K στην οικονομία του νερού. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων των φύλλων ρυθμίζεται κυρίως από το K. Ακόμη αυξάνει η οσμωτική πίεση των κυττάρων των αυλωδών αγγείων (αύξηση απορρόφησης νερού) και των κυττάρων του μεσοφύλλου (μείωση απωλειών από τη διαπνοή). Αυτός είναι ο λόγος που τα φυτά καταναλώνουν λιγότερο νερό για τη σύνθεση μιας μονάδας οργανικής ουσίας, όταν είναι καλά εφοδιασμένο με κάλιο.

Το K αυξάνει το ρυθμό αφομοίωσης του CO_2 , συνοδεύει τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης στους διάφορους ιστούς ακροπεταλικά και βασιπεταλικά επιταχύνει τη σύνθεση του ATP, λαμβάνει μέρος στα διάφορα στάδια σύνθεσης της πρωτεΐνης, αλλά κυρίως ενεργοποιεί πάρα πολλά ενζυμικά συστήματα από τα 60 γνωστά που απαιτούν μονοσθενές κατιόν για την ενεργοποίησή τους.

Η έλλειψη K δεν εκδηλώνεται αμέσως με ορατά συμπτώματα. Πρώτα παρατηρείται μια μείωση του ρυθμού ανάπτυξης του φυτού και μετά ακολουθεί η χλώρωση των άκρων και της περιφέρειας του ελάσματος των φύλλων και σε σοβαρές περιπτώσεις η νέκρωσή τους. Τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα παλιά φύλλα. Συνήθως τα συμπτώματα εντοπίζονται στην αρχή της έλλειψης στο 2^ο και 3^ο φύλλο από τη βάση του βλαστού.

Φυτά που υποφέρουν από έλλειψη Κ έχουν μειωμένη οσμωτική πίεση στο κυτταρικό χυμό, αυξημένη ευαισθησία στο κρύο, ευαισθησία στις μυκητολογικές αρρώστιες και μειωμένης ποιότητας καρπούς.

Πρέπει να αναφερθεί ότι είναι σχεδόν γενικής παραδοχής η θετική επίδραση του καλίου στην ποιότητα των καρπών κυρίως της τομάτας (χρωματισμός, ανεκτικότητα, περιεκτικότητα σε οξέα). Επίσης επιδιώκουν με τα φυτά να απορροφούν μεγαλύτερες ποσότητες Κ από εκείνες που χρειάζονται για να επιτύχουν τη μέγιστη παραγωγή με επακόλουθο την καλύτερη ποιότητα των καρπών. Προσλαμβάνεται από τα φυτά ως K^+ .

Ασβέστιο

Είναι δυσκίνητο στοιχείο και βρίσκεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα φύλλα. Διαδραματίζει ρόλο στο σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων και τη σύνθεση πρωτεΐνης. Είναι ενεργοποιητής ενζύμων, ασκεί σημαντική επίδραση στη διαίρεση των κυττάρων, το σχηματισμό της μιτωτικής ατράκτου και την ανάπτυξη των μεριστωμάτων. Το Ca είναι ρυθμιστής του pH, εξουδετερώνει τα δυσμενή αποτελέσματα των υψηλών συγκεντρώσεων άλλων στοιχείων, είναι απαραίτητο για τη φύτευση της γύρης και την επιλεκτικότητα και ημιπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών κατά την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων.

Το Ca σχηματίζει πηκτικό Ca και ισχυροποιεί τα κυτταρικά τοιχώματα. Επίσης μπορεί να συνενωθεί με το IAA και αυξάνει την πλαστικότητα του κυτταρικού τοιχώματος. Η ικανότητα του DNA να σχηματίζει σύμπλοκα με το Ca μπορεί να εξηγήσει την ανωμαλία των χρωμοσωμάτων με έλλειψη Ca. Μεταξύ των ενζύμων που ενεργοποιούνται από το Ca περιλαμβάνονται η α-αμυλάση και η ΑΤΡάση. Επίσης το Ca παίζει σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία των κυττάρων μεταξύ τους. Αυτό επιτυγχάνεται διότι το Ca και η πρωτεΐνη calmodulin διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση ενζυμικών λειτουργιών.

Άλλες λειτουργίες όπου παρεμβαίνει το Ca είναι ο γεωτροπισμός, το πρωτοπλασματικό ρεύμα, η ενεργός απέκκριση και οι ορμονικές μεταβολές. Προσλαμβάνεται από τα φυτά ως Ca^{2+} .

Μαγνήσιο

Αποτελεί μέρος του μορίου της χλωροφύλλης, είναι ενεργοποιητής ενζύμων του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέως και παίζει ρόλο στη σύνθεση ελαίου. Έλλειψη του επηρεάζει τα μιτοχόνδρια και τα ριβοσώματα.

Θείο

Είναι συστατικό των αμινοξέων κυστίνης, κυστεΐνης, μεθειουίνης, καθώς και του συνεζύμου A και φερρεδοξίνης. Προϊόντα με οσμή, όπως κρεμμύδια και μουστάρδα, περιέχουν S. Το S είναι ενεργοποιητής ενζύμων, όπως παπαΐνη, βρομελίνη και φυκίνη. Το ιόν ανάγεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Προσλαμβάνεται ως SO_4^{2-} .

Σίδηρος

Δρα καταλυτικά στη σύνθεση της χλωροφύλλης και είναι συστατικό των αιδηροπρωτεϊνών, των κυτοχρωμάτων, της φερρεδοξίνης, της καταλάσης και της περοξειδάσης. Επίσης είναι συστατικό της νιτρικής και νιτρώδους αναγωγάσης. Προσλαμβάνεται από τα φυτά ως Fe^{2+} . Ο Fe^{3+} δεν προσλαμβάνεται από τα φυτά.

Μαγγάνιο

Είναι ενεργοποιητής των ενζύμων του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων, της αργινάσης, των οξειδοαναγωγικών ενζύμων κ.τ.λ. Επίσης παίζει ρόλο στο φωτοσύστημα II, στις αντιδράσεις που απελευθερώνουν O_2 .

Ψευδάργυρος

Είναι απαραίτητος για τη σύνθεση της τρυποφάνης (πρόδρομος IAA), είναι συστατικό των μεταλλοενζύμων και των αφυδρογονασών (αλκοολική αφυδρογονάση, αφυδρογονάση του γλουταμικού οξέως, αφυδρογονάση του 1 – γαλακτικού οξέως κ.τ.λ.). Προσλαμβάνεται από τα φυτά ως Zn^{+2} .

Χαλκός

Ο χαλκός ασκεί τις εξής δράσεις: Αναστολή της αντίδρασης Hill, αναστολή της φωτοφωσφορίλωσης και της δράσης του ενζύμου PEP καρβοξυλάση, αναστολή σύνθεσης χλωροφύλλης και μείωση σύνθεσης πρωτεΐνης. Προσλαμβάνεται από τα φυτά ως Cu^{2+} .

Μολυβδαίνιο

Είναι απαραίτητο για την αφομοίωση του N στα φυτά. Είναι συστατικό των ενζύμων οξειδάση αλδευδης, οξειδάση ξανθίνης, υπρογενάση και νιτρική αναγωγή. Η χημεία του Mo σε αντίθεση με άλλα μέταλλα είναι χημεία ανιόντος. Το Mo είναι πολύ ευκίνητο στην ηθμώδη μοίρα και η μορφή MoO_4^- είναι η κυρίαρχη ιονική μορφή στον ανιόντα χυμό.

Βόριο

Είναι το μοναδικό μη μέταλλο από τα ιχνοστοιχεία. Το βόριο διευκολύνει τη μεταφορά των σακχάρων μέσω των μεμβρανών και λαμβάνει μέρος στο μεταβολισμό IAA και νουκλεϊκών οξέων. Είναι δυσκίνητο στοιχείο. Προσλαμβάνεται από τα φυτά σε διάφορες μορφές όπως H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} , B_4O_7^- και BO_3^- .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

3.1. Μορφές του αζώτου και οι επιδράσεις τους

Το άζωτο είναι συστατικό οργανικών ενώσεων μικρού μοριακού βάρους, όπως τα αμινοξέα, τα αμίδια και οι αμίνες, μεγάλου μοριακού βάρους όπως πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα, καθώς και πολλών συνενζύμων. Το πρωτεϊνικό άζωτο ανέρχεται στο 80 – 85% του ολικού αζώτου των πράσινων μερών του φυτού και παίζει επομένως βασικό ρόλο στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Θεωρείται ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες της ανάπτυξης των φυτών.

Η έλλειψη αζώτου δυσχεραίνει τη σύνθεση χλωροφύλλης και τα φύλλα κιτρινίζουν. Η σημαντική μείωση της φωτοσύνθεσης που προκαλείται από την έλλειψη αζώτου έχει σαν επακόλουθο όχι μόνο τη μείωση των αμινοξέων, αλλά και αδυναμία λειτουργίας του μηχανισμού σύνθεσης των υδατανθράκων. Πριν εκδηλωθεί η χλώρωση στα φύλλα μπορεί να παρατηρηθεί συσσώρευση υδατανθράκων, επειδή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση πρωτεΐνης από την έλλειψη αμινοξέων. Μια τέτοια κατάσταση, μεγάλη δηλαδή περιεκτικότητα υδατανθράκων και μικρή αζώτου στα φυτά, στο στάδιο της άνθησης και καρπόδεσης έχει σαν επακόλουθο τη μειωμένη καρποφορία (καρπόδεση).

Όταν ο εφοδιασμός με άζωτο του φυτού από το ριζικό σύστημα είναι ανεπαρκής, οι πρωτεΐνες που βρίσκονται στα παλιά φύλλα υδρολύονται (πρωτεόλυση) και τα αμινοξέα που ελευθερώνονται, μεταφέρονται στις κορυφές και τα νεαρά φύλλα του φυτού. Η πρωτεόλυση έχει σαν επακόλουθο την αποδιοργάνωση των χλωροπλαστών και τη μείωση της χλωροφύλλης που γίνεται αντιληπτή από την ομοιόμορφη χλώρωση του ελάσματος των παλιών

φύλλων, όπου και εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα της τροφοπενίας αζώτου.

Τα φυτά που υποφέρουν από έλλειψη αζώτου, χαρακτηρίζονται από στάδιο βλάστησης μικρής διάρκειας, μικρό ρυθμό αύξησης, καχεκτικότητα και μικρά φύλλα. Ο πράσινος χρωματισμός των παλιών φύλλων πρώτα εξασθενίζει σταδιακά και τελικά τα φύλλα γίνονται κίτρινα ή σχεδόν λευκά σε έντονη έλλειψη N και πέφτουν πρόωρα.

Η περίσσεια αζώτου στα φυτά έχει σαν επακόλουθο την έντονη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων για τη σύνθεση οργανικών αζωτούχων ενώσεων στα φύλλα, που στη συνέχεια μεταφέρονται στα αυξανόμενα μέρη του φυτού (κατά το στάδιο της βλάστησης) όπως είναι οι κορυφές και τα νεαρά φύλλα που είναι οι μεγάλοι καταναλωτές πρωτεϊνών. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη ζωηρή ανάπτυξη του φυτού και τη μειωμένη άνθηση και καρπόδεση.

Σε μερικά φυτά (σπανάκι) παρατηρείται και συσσώρευση $N - NO_3$ με τοξικά αποτελέσματα για τον άνθρωπο (ιδίως παιδιά).

Η ιδανική κατάσταση για την επίτευξη μεγάλων αποδόσεων είναι η ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ υδατανθράκων και αζώτου στα φυτά. Για τη δημιουργία ανθικών καταβολών και την καρπόδεση απαιτείται μια ορισμένη ελάχιστη συγκέντρωση υδατανθράκων (κρίσιμη συγκέντρωση) για να κινητοποιηθούν οι σχετικοί μηχανισμοί.

Οι συνθήκες που ευνοούν τον γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης των φυτών κατά τα αρχικά στάδια (σπορόφυτα, άνθηση, καρπόδεση) όπως είναι οι μεγάλες δόσεις κοπριάς και αζωτούχων λιπασμάτων, άφθονο νερό άρδευσης και ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση του μεγαλύτερου ποσού των υδατανθράκων για σχηματισμό νέων ιστών (αύξηση επάκριων τμημάτων, νέα φύλλα) και για τις ανάγκες της αναπνοής με επακόλουθο τη μειωμένη καρπόδεση και την οψίμηση της παραγωγής.

Τα φυτά αυτά παρουσιάζουν μεγάλα μεσογονάτια διαστήματα, λεπτό στέλεχος και τα πρώτα άνθη εμφανίζονται ψηλά στο στέλεχος. Αυτή η κατάσταση είναι συχνή στα θερμοκήπια, γι' αυτό πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην αζωτούχο λίπανση σ' αυτό το στάδιο του φυτού. Ιδιαίτερη όταν

η φύτευση γίνεται τον Ιανουάριο, επειδή η ένταση του φωτός είναι μειωμένη, η σύνθεση υδατανθράκων είναι μικρή (χαμηλός ρυθμός φωτοσύνθεσης) και εάν έχουν χορηγηθεί μεγάλες ποσότητες αζώτου στη βασική λίπανση η συγκέντρωση του αζώτου στα φυτά θα είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των υδατανθράκων με επακόλουθο τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στα στάδια που ακολουθούν το δέσιμο των πρώτων καρπών, η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ υδατανθράκων και αζώτου έχει μικρότερους κινδύνους. Τα φυτά έχουν αναπτύξει αρκετή φυλλική επιφάνεια και οι συνθήκες φωτισμού έχουν βελτιωθεί με επακόλουθο την αύξηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης, υδατανθράκων. Ακόμη τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης των φύλλων διοχετεύονται στους γειτονικούς καρπούς για την κάλυψη των αναγκών της αύξησης, της ωρίμανσης και της αναπνοής τους. Επομένως, σ' αυτό το στάδιο η συνεχής και σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών χορήγηση αζώτου είναι επιβεβλημένη αλλά και εάν ακόμη παρουσιαστεί πρόσκαιρη αδυναμία του εδάφους να εφοδιάσει επαρκώς με άζωτο τα φυτά μπορεί να αναπληρωθεί από την κινητοποίηση αποθεμάτων από διάφορα φυτικά μέρη προς εκείνα που έχουν ανάγκη (καρπούς κυρίως). Αντίθετα στα φυλλώδη κηπευτικά (μαρούλι) ο άφθονος και συνεχής εφοδιασμός με άζωτο είναι απαραίτητος.

Το άζωτο απορροφάται από τα φυτά σαν $N - NH_4$ ή $N - NO_3$. Στις συνθήκες του θερμοκηπίου που ευνοείται η γρήγορη νιτροποίηση το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών του φυτού σε άζωτο καλύπτεται από την απορρόφηση $N - NO_3$, ανεξάρτητα από τη μορφή χορήγησής του.

Η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ $N - NO_3$ και $N - NH_4$ είναι η διαφορετική τους συμπεριφορά στο pH κοντά στην επιφάνεια των ριζών και κατ' επέκταση μετά σε αυτό της μάζας του υποστρώματος. Το $N - NH_4$ απορροφάται καλύτερα σε ουδέτερο περίπου pH και μειώνεται η απορρόφησή του όσο το pH χαμηλώνει. Το αντίθετο συμβαίνει με το $N - NO_3$ που απορροφάται περισσότερο σε χαμηλές τιμές pH. Η μείωση της απορρόφησης

του NO_3^- στις μεγάλες τιμές pH πιθανόν να οφείλεται στον ανταγωνισμό του OH^- . Σε $\text{pH} \approx 6,8$ η απορρόφηση των δύο μορφών αζώτου είναι περίπου ίση. Σε $\text{pH} 4 - 4,5$ η απορρόφηση του $\text{N} - \text{NO}_3^-$ είναι μεγαλύτερη.

Πειράματα σε θρεπτικά διαλύματα έχουν δείξει ότι το $\text{N} - \text{NH}_4^+$ σε μεγάλες τιμές pH μπορεί να είναι τοξικό επειδή ελευθερώνεται NH_3 που διαλύεται στο νερό και επηρεάζει ιδιαίτερα το ριζικό σύστημα (αποδιοργάνωση κυτταρικών μεμβρανών). Έχει βρεθεί πάντως ότι μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου απορροφώνται όταν συνυπάρχουν και οι δύο μορφές αζώτου.

3.2. Μηχανισμοί απορρόφησης αζώτου

Σε περιορισμένο εύρος συγκεντρώσεων, η απορρόφηση ιόντων ακολουθεί την κλασική κινητική των ενζύμων. Η κινητική της απορρόφησης K^+ και NH_4^+ είναι ομοιόμορφη. Γενικά η βιβλιογραφία δείχνει ομοιομορφία ανάμεσα στην απορρόφηση NH_4^+ και την απορρόφηση των λοιπών μονοσθενών κατιόντων και κυρίως του K^+ . Το NH_4^+ φαίνεται ότι ανταγωνίζεται το K^+ , αν και η συγγένεια για τον κοινό μηχανισμό μεταφοράς είναι μόνο 1/10, σε σχέση με τα αλκαλικά κατιόντα.

3.3. Απορρόφηση NO_3^-

Η απορρόφηση NO_3^- αναστέλλεται με 2,4 δινιτροφαινόλη, CN^- και αντιμυκίνη Α, καθώς και από αναστολείς της σύνθεσης πρωτεΐνης και RNA. Η ταχύτητα απορρόφησης NO_3^- από φυτά που έχουν εξαντληθεί σε N έχει αρχικά μια περίοδο υστέρησης (lag period) και ακολουθείται από περίοδο με μεγάλη ταχύτητα απορρόφησης. Η αύξηση της ταχύτητας απορρόφησης NO_3^-

είναι παράλληλη με το σύστημα αναγωγής NO_3^- σε NO_2^- . Μετά το στάδιο της ταχείας απορρόφησης παρατηρείται σταδιακά μείωση της απορρόφησης NO_3^- για 1-2 ημέρες. Κατά την περίοδο της μειωμένης απορρόφησης NO_3^- τα φυτά είναι ικανά για αναγωγή και μεταφορά NO_3^- . Στο φως η παρουσία NO_3^- οδηγεί σε μεγαλύτερη απορρόφηση NO_3^- και ενεργοποίηση (induction) της νιτρικής αναγωγής. Επίσης στο κριθάρι το φως προάγει την απορρόφηση NO_3^- , ανεξάρτητα από τη δράση του στην αναγωγή NO_3^- . Κάτω από κανονικές συνθήκες η απορρόφηση NO_3^- και η δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική αναγωγής σχετίζονται στενά. Αμφότερες οι διεργασίες είναι αντικείμενο ρύθμισης από τις ίδιες ενώσεις, ήτοι προαγωγή με NO_3^- ή NO_2^- και αναστολή με NO_4^- και αμινοξέα. Η αυξημένη απορρόφηση NO_3^- μετά από επίδραση φωτός μπορεί να οφείλεται σε αυξημένο εφοδιασμό ενέργειας για μεταφορά ιόντων μέσω της ATP που παράγεται με φωτοφωσφορλίωση. Η απορρόφηση NO_3^- μειώνεται, όταν εμποδίζεται η μη κυκλική μεταφορά ηλεκτρονίων. Ενδέχεται η ATP, που παράγεται με κυκλική φωτοφωσφορλίωση στο χλωροπλάστη να μεταφέρεται λιγότερο εύκολα κατά μήκος του χλωροπλάστη απ' ό,τι, όταν η μη κυκλική μεταφορά e^- λαμβάνει χώρα. Η απορρόφηση NO_3^- πέραν του φωτός μπορεί να ρυθμίζεται από μηχανισμό οπισθοτροφοδότησης, από την εσωτερική συγκέντρωση NO_3^- .

3.4. Μείωση της απορρόφησης NO_3^- με NH_4^+

Βρέθηκε ότι το NH_4^+ αυξάνει την οξύτητα των κυττάρων, μειώνει την περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών και αναστέλλει την απορρόφηση και αναγωγή NO_3^- . Το NH_4^+ έχει δύο σημεία όπου ασκεί την αναστολή:

1. στο μηχανισμό απορρόφησης NO_3^- .
2. στη δραστηριότητα του ενζύμου νιτρική αναγωγής.

3.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση NO_3^- και NH_4^+

- ✓ **pH.** Κατά την απορρόφηση NH_4^+ παρατηρείται μείωση του pH του θρεπτικού διαλύματος λόγω της απέκκρισης ιόντων H^+ . Με το NO_3^- γίνεται απέκκριση OH^- και το pH αυξάνεται. Η απέκκριση OH^- κατά την απορρόφηση NO_3^- μπορεί να εξηγηθεί στοιχειομετρικά με βάση τον έλεγχο του pH μέσα στο κύτταρο.
- ✓ **Θερμοκρασία.** Η απορρόφηση NO_3^- παρεμποδίζεται από χαμηλή θερμοκρασία περισσότερο από ότι η απορρόφηση NH_4^+ . Ο συντελεστής Q_{10} για τα NO_3^- είναι υψηλότερος από ότι για το NH_4^+ . Η απορρόφηση NH_4^+ είναι μεγαλύτερη από ότι του NO_3^- σε 8°C και έφτασε το μέγιστο σε 25°C . Αντίθετα η απορρόφηση NO_3^- γίνεται μεγαλύτερη απ' ότι του NH_4^+ σε 23°C και αυξάνει ως 35°C .
- ✓ **Εφοδιασμός υδατανθράκων.** Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του εφοδιασμού υδατανθράκων και της απορρόφησης NO_3^- και NH_4^+ . Τα αμμωνιακά ιόντα μόλις απορροφηθούν μπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν για σύνθεση οργανικών ενώσεων και αυτό είναι μια ενέργεια ενεργοποίησης, διότι το υψηλό NH_4^+ δρα τοξικά. Δεδομένης της κατανάλωσης υδατανθράκων για σύνθεση αμινοξέων και αμιδίων, ο εφοδιασμός υδατανθράκων έχει μεγάλη σημασία στη θρέψη με NH_4^+ . Τα NO_3^- είναι λιγότερο τοξικά από το NH_4^+ , μπορεί να συγκεντρώνονται στα χυμοτόπια της ρίζας ή να μεταφέρονται στους βλαστούς και πρέπει να αναχθούν προ της αφομοίωσης τους.

3.6. Διαφορές μεταξύ των ειδών στην απορρόφηση και χρήση NO_3^- και NH_4^+

Τα φυτά διαφέρουν στην ικανότητά τους να απορροφούν και χρησιμοποιούν NH_4^+ και NO_3^- ως πηγή N. Μερικά ασβεστόφοβα φυτά (calcifuge) προσαρμόζονται ή αντέχουν στη χρήση N υπό μορφή κυρίως NH_4^+ . Φαίνεται ότι η ανισορροπία ιόντων είναι ο παράγοντας που συμβάλλει στην προτίμηση NH_4^+ ή NO_3^- . Φυτά που προτιμούν NO_3^- δείχνουν συμπτώματα έλλειψης Mg και Ca, όταν τους χορηγηθεί NH_4^+ . Το ροδόδεντρο και η αζαλέα αναπτύσσονται καλύτερα σε NH_4^+ από ότι σε NO_3^- . Το NH_4^+ (μείωσε το pH του φυτικού ιστού ενώ τα NO_3^- αύξησαν την απορρόφηση και το pH των ιστών. Το αυξημένο pH προκαλεί ανενεργοποίηση Fe στο φυτό και εμφάνιση τροφopenίας Fe.

3.7. Τοξικότητα αμμωνίου

Οι ρίζες των φυτών που αναπτύσσονται σε NH_4^+ έχουν μικρή ανάπτυξη και καφέ χρώμα. Προσθήκη CaCO_3 ανατρέπει αυτό το δυσμενές αποτέλεσμα. Επίσης οι ρίζες γίνονται κοντές και χονδρές. Γενικά η τοξικότητα NH_4^+ χαρακτηρίζεται από περιορισμένη αύξηση, μάρανση, περιφερειακή νέκρωση, μεσονεύρια χλώρωση των επάκριων φύλλων και τελικά από θάνατο του φυτού. Τα συμπτώματα δεν εμφανίζονται, όταν μαζί με NH_4^+ έχει προστεθεί CaCO_3 .

3.8. Φυσιολογικές επιδράσεις των μορφών N

Φυτά που αναπτύσσονται σε NH_4^+ χωρίς καθόλου NO_3^- περιέχουν μικρότερες συγκεντρώσεις Ca, Mg, K και υψηλότερες συγκεντρώσεις P και S.

Τα φυτά που δέχθηκαν μόνο NH_4^+ είχαν υψηλότερο ολικό N, ελεύθερα αμινοξέα, αμίδια και NH_4^+ . Χορήγηση NH_4^+ σε τομάτα κατά την άνθιση οδηγεί στο σύμπτωμα blossom end rot, λόγω ανταγωνισμού από το NH_4^+ της απορρόφησης Ca. Το περιεχόμενο σε οργανικά οξέα ήταν σημαντικά χαμηλότερο σε φυτά που διατράφηκαν με NH_4^+ . Πιστεύεται ότι για τα περισσότερα είδη φυτών η κανονική θρέψη περιλαμβάνει την απορρόφηση υψηλής αναλογίας N στη μορφή NO_3^- . Έτσι η θρέψη με NH_4^+ είναι μια τεχνητή και εξαιρετική περίπτωση, αν και υπάρχουν μερικά φυτά όπως του γένους *Ripus* που προτιμούν αμμωνιακό N και μπορούν να αναπτύσσονται σε εδάφη όπου οι συνθήκες είναι δυσμενείς για νιτροποίηση. Στα είδη που έχουν προσαρμοστεί να αναπτύσσονται κάτω από υψηλό NH_4^+ δεν παρατηρήθηκε τροφopenία Ca και Mg.

3.9. Συγκέντρωση NO_3^-

Μερικά λαχανικά, όπως το σπανάκι συγκεντρώνουν πολλά NO_3^- στους ιστούς τους. Τα φυτά αυτά δεν έχουν την ικανότητα να ανάγουν τα NO_3^- στη ρίζα ή ανάγουν μικρό μέρος στις ρίζες και μεταφέρουν τα περισσότερα NO_3^- στα φύλλα. Τα NO_3^- μπορεί να συγκεντρώνονται στα φύλλα όταν η αναγωγή υστερεί σε σχέση με τη μεταφορά NO_3^- στα φύλλα. Υψηλά επίπεδα NO_3^- στα φύλλα μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα και ιδιαίτερα όταν η συσσώρευση αυτών των προϊόντων αυξάνει τα επίπεδα NO_3^- .

3.10. Απορρόφηση κατιόντων – ανιόντων

Τα υψηλά επίπεδα κατιόντων σε φύλλα φυτών που έχουν διατραφεί με NO_3^- προκύπτουν από αυξημένη απορρόφηση και μεταφορά κατιόντων. Η θρέψη με NO_3^- προάγει και τις 2 λειτουργίες. Το pH του θρεπτικού διαλύματος, το pH του κυτταρικού χυμού και τα οργανικά οξέα αυξήθηκαν με χορήγηση KNO_3 στο θρεπτικό διάλυμα. Τα ιόντα Mg, Ca, K και NH_4^+ ανταγωνίζονται μεταξύ των. Επίσης το επίπεδο του P αυξάνεται με NH_4^+ . Λόγω μείωσης του pH του διαλύματος με τα αμμωνιακά, η σχέση $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ αυξάνεται. Το ιόν H_2PO_4^- απορροφάται πολύ ταχύτερα από το HPO_4^{2-} .

3.11. Το πρόβλημα της συγκέντρωσης NO_3^- στα φυτά

Η συγκέντρωση NO_3^- εξαρτάται από το γενότυπο, την περιεκτικότητα του εδάφους σε NO_3^- και τις κλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά. Τελευταία το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συγκέντρωση NO_3^- στο πόσιμο νερό, καθώς και στις τροφές για τον άνθρωπο ή τις ζωοτροφές. Η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- και οι δυσμενείς δράσεις αυτής της αναγωγής στον άνθρωπο και τα ζώα είναι υπεύθυνες γι' αυτό το ενδιαφέρον.

Ανάμεσα στις τροφές που καταναλώνονται από τον άνθρωπο, τα νωπά και τα κονσερβοποιημένα λαχανικά είναι οι κύριες πηγές NO_3^- στον άνθρωπο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΤΟ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

4.1. Τεχνική της καλλιέργειας του αγγουριού στο πετροβάμβακα

Στις υδροπονικές καλλιέργειες αγγουριού σε πετροβάμβακα οι πλάκες του υποστρώματος έχουν διαστάσεις είτε 7,5 X 15 X 100 είτε 7,5 X 20 X 100 cm. Οι πλάκες με πλάτος 20 cm παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στην καλλιέργεια και συνήθως δίνουν και ελαφρώς καλύτερες αποδόσεις. Μειονεκτούν όμως από άποψη κόστους, αφού η δαπάνη αγοράς του υποστρώματος αυξάνεται αμέσως κατά 30% περίπου, με συνέπεια πολλοί παραγωγοί να προτιμούν τις πλάκες πετροβάμβακα πλάτους 15 cm. Στην Ελλάδα μάλιστα, αυτή η επιλογή είναι ο κανόνας.

Η σπορά γίνεται σε κύβους πετροβάμβακα διαστάσεων είτε 6 X 7,5 X 7,5 cm είτε σε μεγαλύτερους (6,5 X 7 X 10) σε περίπτωση που για λόγους εξοικονόμησης καυσίμων τα φυτά πρόκειται να μείνουν για πολύ καιρό στο σπορείο. Πριν τη σπορά οι κύβοι ποτίζονται με θρεπτικό διάλυμα. Αμέσως μετά, οι σπόροι του αγγουριού τοποθετούνται στις τρύπες που υπάρχουν ή που ανοίγονται στην πάνω επιφάνεια των κύβων και στη συνέχεια καλύπτονται με λίγο περλίτη ή με μικρά τεμαχίδια (νιφάδες) πετροβάμβακα. Αφού τελειώσει η σπορά, οι κύβοι ποτίζονται ξανά με λίγο θρεπτικό διάλυμα στην περιοχή που τοποθετήθηκαν οι σπόροι. Στη συνέχεια οι κύβοι τοποθετούνται ο ένας δίπλα στον άλλο και παραμένουν στο σπορείο ή σε ειδικό χώρο προβλάστησης, σε θερμοκρασία 25 – 28°C μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το φύτρωμα των σπόρων συντελείται μέσα σε 2 – 4 ημέρες. Μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι, οι κύβοι ποτίζονται τακτικά, αλλά με πολύ μικρές

ποσότητες θρεπτικού διαλύματος κάθε φορά. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμα ώστε να μη δημιουργείται υπερβολική υγρασία στην περιοχή που βρίσκεται ο σπόρος.

Μετά το φύτευμα η θερμοκρασία στο χώρο που βρίσκονται οι κύβοι μειώνεται στους 20 – 23°C την ημέρα και 18 – 20°C τη νύκτα. Η λίπανση και η άρδευση των σποροφύτων συνεχίζεται καθημερινά με χορήγηση των κατάλληλων ποσοτήτων θρεπτικού διαλύματος. Η χορηγούμενη ποσότητα διαλύματος θα πρέπει κάθε φορά να είναι τόση, ώστε η υγρασία των κύβων να διατηρείται στα ίδια ή σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα από εκείνα που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του φυτώματος.

Τρεις – τέσσερις εβδομάδες μετά τη σπορά, το φυτό έχει ήδη αποκτήσει 5 – 6 πραγματικά φύλλα, ενώ οι ρίζες του έχουν αρχίσει να εμφανίζονται στην κάτω επιφάνεια των κύβων. Σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης γίνεται η μεταφύτευση των νεαρών σποροφύτων στο θερμοκήπιο. Η μεταφύτευση γίνεται εύκολα με απλή τοποθέτηση των κύβων με τα σπορόφυτα πάνω στις πλάκες του πετροβάμβακα. Πάνω σε κάθε πλάκα πετροβάμβακα τοποθετούνται συνήθως 2 και σπανιότερα 4 φυτά αγγουριού. Ο αριθμός των φυτών ανά πλάκα καθορίζει τον τρόπο υποστύλωσης που θα ακολουθηθεί. Όταν φυτεύονται 2 φυτά ανά υπόστρωμα ακολουθείται το κλασικό σύστημα με ένα σύρμα υποστύλωσης πάνω από κάθε γραμμή φυτών. Όταν όμως τα φυτά είναι 4 ανά υπόστρωμα, συνήθως εφαρμόζεται το σύστημα V με δύο σύρματα πάνω από κάθε γραμμή φύτευσης και πρόσδεση των φυτών εναλλάξ, ένα στο δεξί και ένα στο αριστερό σύρμα. Όταν φυτεύονται 4 φυτά ανά υπόστρωμα η πυκνότητα φύτευσης δεν μεταβάλλεται. Εκείνο που μεταβάλλεται είναι ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων ανά μονάδα καλλιεργούμενης επιφάνειας (πλάκες / στρέμμα) με συνέπεια το κόστος αγοράς υποστρωμάτων να μειώνεται κατά 50%. Δεν θα πρέπει όμως σε αυτή την περίπτωση να παραβλέπονται οι κίνδυνοι που υφίστανται για την καλλιέργεια όταν ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό μειώνεται τόσο πολύ. Η πυκνότητα φύτευσης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 1.600 -1.800 φυτών ανά στρέμμα.

Μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας ξεκινάει η τακτική παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Παροχή θρεπτικού διαλύματος γίνεται κάθε ημέρα σε περισσότερες από μία δόσεις (συνήθως 5 -12 ανά ημέρα) και σε μικρές ποσότητες κάθε φορά.

4.2. Λίπανση – θρέψη της αγγουριάς

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας θα πρέπει να έχει προηγηθεί χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε ιόντα ανοργάνων αλάτων. Τα ιόντα που προσδιορίζονται είναι:

- α. Μακροστοιχεία: $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{SO}_4^- - \text{S}$, Ca^{++} , Mg^{++}
- β. Ιχνοστοιχεία: Mn^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} , B , Cl^-
- γ. Άλλα ιόντα: Na^{++} , HCO_3^-

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης νερού καταρτίζεται στη συνέχεια η σύνθεση του διαλύματος με το οποίο θα τροφοδοτηθεί η καλλιέργεια. Όπως σε όλες τις καλλιέργειες εκτός εδάφους, το θρεπτικό διάλυμα που θα χρησιμοποιηθεί για τη θρέψη μιας υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού θα πρέπει να έχει σύνθεση κατάλληλη για το συγκεκριμένο φυτικό είδος.

N : K αναλογία **N : K** (meq/meq) στα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται για τη θρέψη του αγγουριού θα πρέπει να είναι πιο υψηλή στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού (μέχρι να αρχίσουν να δένουν οι πρώτοι καρποί) και ακολούθως να μειώνεται. Συγκεκριμένα, κατά το αρχικό, δηλαδή το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης συνιστάται συνήθως μια αναλογία **N : K** ίση με 2,5. Με την έναρξη της καρπόδεσης η αναλογία αυτή θα πρέπει να μειώνεται στο 2,0. Όσον αφορά τη σχέση **K : Ca** στο θρεπτικό διάλυμα, όταν πρόκειται για καλλιέργεια αγγουριού, αυτή συνήθως διατηρείται στο 8,0. Τέλος η αναλογία **Ca : Mg** στο θρεπτικό διάλυμα συνιστάται να παραμείνει σταθερά ίση με 3,5.

Ένα θρεπτικό διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 1, 7-2,0 dS/m (ανάλογα με τη σύσταση του νερού σε Cl και Na), κατάλληλο για καλλιέργειες αγγουριάς, ευρισκόμενες στο στάδιο της παραγωγής καρπών, θα πρέπει σύμφωνα με τους Sonneveld και Straver (1989) να έχει την εξής σύσταση:

I. Μακροστοιχεία

NO₃ – N :	11,75 meq/l	(165 ppm N)
H₂PO₄ – P :	1,25 meq/l	(39 ppm P)
SO₄ – S :	2,0 meq/l	(32 ppm S)
NH₄ – N :	0,5 meq/l	(7 ppm N)
K :	5,5 meq/l	(215 ppm K)
Ca :	7,0 meq/l	(140 ppm Ca)
Mg :	2,0 meq/l	(24 ppm Mg)

II. Ιχνοστοιχεία

Fe :	10,00 μmol	(0,56 ppm Fe)
Mn :	10,00 μmol	(0,55 ppm Mn)
Zn :	4,00 μmol	(0,26 ppm Zn)
Cu :	0,50 μmol	(0,03 ppm Cu)
B :	20,00 μmol	(0,22 ppm B)
Mo :	0,50 μmol	(0,05 ppm Mo)

Σε περιόδους με χαμηλή ηλιοφάνεια, καθώς και στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας (μέχρι την έναρξη του δεσίματος των πρώτων καρπών που αφήνονται να αναπτυχθούν στα φυτά) το διάλυμα θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη συνολική συγκέντρωση αλάτων (μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα) από την τιμή 1, 7 – 2,2 dS/m που αναφέρθηκε παραπάνω. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να ανυψωθεί μέχρι 2,8 – 3,3 dS/m. Η ανύψωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάνω από το βασικό

επίπεδο των 1,7 – 2.0 dS/m που αναφέρθηκε παραπάνω επιτυγχάνεται είτε με επιπλέον χορήγηση νιτρικών αλάτων καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου, είτε με την προσθήκη **NaCl** , είτε με συνδυασμό και των δύο μεθόδων. Οι ποσότητες που θα προστεθούν όμως θα πρέπει να διατηρούν αμετάβλητες τις παραπάνω αναφερόμενες αναλογίες μεταξύ των ιόντων **K⁺**, **Ca⁺⁺**, **Mg⁺⁺** και **NO₃⁻** στο διάλυμα.

Το pH του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο ανάπτυξης των ριζών θα πρέπει να μην ξεπερνά το 6,0 – 6,5. Για να επιτευχθεί αυτό, το θρεπτικό διάλυμα, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά θα πρέπει να έχει pH όχι μεγαλύτερο από 5,5 – 5,7 .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις 5/3/98 εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας σε μεταλλικό θερμαινόμενο θερμοκήπιο με κάλυψη από πλαστικό πολυαιθυλένιο, η πειραματική υδροπονική καλλιέργεια αγγουριού σε πλάκες πετροβάμβακα. Οι θερμοκρασίες ημέρας και νύκτας που επικρατούσαν ήταν 22-24°C και 15,5-17°C αντίστοιχα. Η καλλιέργεια διήρκεσε τρεις (3) περίπου μήνες (τα φυτά εκριζώθηκαν στις 10/6/98) και σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση των NO_3^- και NH_4^+ στην ανάπτυξη της αγγουριάς σε υδροπονική καλλιέργεια.

Αν και τα περισσότερα φυτά, για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους σε N, μπορούν να χρησιμοποιήσουν χαμηλά επίπεδα $\text{NH}_4 - \text{N}$, τόσο αποτελεσματικά όσο και $\text{NO}_3 - \text{N}$, κάποια είδη είναι ευαίσθητα στην συνεχόμενη λίπανση με $\text{NH}_4 - \text{N}$. Ευαίσθησία παρουσιάζουν το αγγούρι, φασόλι, τομάτα, λάχανο και μαρούλι, ενώ φυτά με υψηλή αντοχή θεωρούνται το ρύζι, κρεμμύδι και πατάτα (Moritsugu et al, 1983). Σε αρκετές ερευνητικές εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί και οι δύο πηγές N σε διάφορες αναλογίες, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι καλύτεροι συνδυασμοί για ανάπτυξη και απόδοση των φυτών (Alan, 1989, Sasseville & Mills, 1986, Hartman et al, 1986). Στις περισσότερες από αυτές, είναι γενικά αποδεκτό ότι αναλογίες $\text{NH}_4 - \text{N}$, υψηλότερες του 25% επί του συνολικού N μειώνουν τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο η χρήση του $\text{NH}_4 - \text{N}$ στο αγγούρι στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών, σε ποσοστό ακόμη και 50% σε συνδυασμό με $\text{NO}_3 - \text{N}$, φαίνεται να έχει αρκετά ευνοϊκά αποτελέσματα.

B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τύπος υποστρώματος: Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν πλάκες πετροβάμβακα διαστάσεων 7,5 X 15 X 100 cm, ενώ για τη σπορά χρησιμοποιήθηκαν κύβοι πετροβάμβακα διαστάσεων 6 X 7,5 X 7,5 cm. Για την κάλυψη των οπών στους κύβους σποράς χρησιμοποιήθηκε περλίτης.

Πυκνότητα φυτών: Σε κάθε πλάκα τοποθετήθηκαν δύο (2) φυτά και σε απόσταση 60 cm μεταξύ τους. Το πρώτο φυτό τοποθετήθηκε σε απόσταση 20 cm από την άκρη του σάκου.

Φυτικό υλικό: Χρησιμοποιήθηκαν φυτά του υβριδίου «Palmera». Τα χαρακτηριστικά του οποίου είναι τα εξής: φυτό πρώιμο, μεγαλόκαρπο (long type ή Dutch), αραιόφυλλο, ζωηρό, χωρίς βλαστομανία, με δυνατότητα να θρέψει 1-3 αγγούρια ανά μασχάλη.

Οι καρποί είναι ομοιόμορφοι με χρώμα σκούρο πράσινο, μεγάλη διατηρησιμότητα και άριστη ποιότητα για εξαγωγή. Αντέχει στο κάψιμο της κορυφής του στελέχους, που συνήθως παρουσιάζεται σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλής σχετικής υγρασίας, αλλά συγχρόνως είναι ανθεκτικό και στο κρύο. Είναι κατάλληλο για φυτεύσεις όλες τις εποχές του έτους.

Η σπορά των σπόρων και η ανάπτυξη των σποροφύτων έγινε στους κύβους πετροβάμβακα 6 X 7,5 X 7,5 cm. Τοποθετήθηκαν στην οριστική τους θέση όταν το ριζικό σύστημα των σποροφύτων κάλυψε το κάτω μέρος των κύβων. Πριν την τοποθέτηση των φυτών, οι σάκοι είχαν κορεστεί για 24 h. με πλήρες θρεπτικό διάλυμα.

Πειραματικό σχέδιο: Στην πειραματική αυτή καλλιέργεια υπήρχαν 9 επεμβάσεις (αναλογίες $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$) με τρεις επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη κάθε επέμβασης, υπήρχαν τρεις σάκοι των δύο φυτών, δηλαδή έξι φυτά. Ο συνολικός αριθμός των φυτών είναι 72. Περιμετρικά των φυτών του πειραματικού σχεδίου υπήρχαν φυτά μάρτυρες. Για την κατανομή των

επεμβάσεων στο χώρο χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο των πλήρως τυποποιημένων ομάδων.

Επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας

α. **Άρδευση – Λίπανση:** Τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας αρδεύονταν με πλήρη θρεπτικά διαλύματα, στα οποία χρησιμοποιήθηκαν επίπεδα ολικού N, 100, 200 και 400 ppm. Οι αναλογίες $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ήταν ως εξής:

Για τα 100 ppm N: 100 : 0 (4 : 0), 75 : 25 (3 : 1), 50 : 50 (2 : 2)

Για τα 200 ppm N: 200 : 0 (4 : 0), 150 : 50 (3 : 1), 100 : 100 (2 : 2)

Για τα 400 ppm N: 400 : 0 (4 : 0), 200 : 200 (2 : 2), 100 : 300 (1 : 3)

Τα NO_3^- προστέθηκαν υπό μορφή $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 και HNO_3 , ενώ τα NH_4^+ σαν $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία, προστέθηκαν στις ποσότητες που συνιστούν οι Welleman & Smulders (Welleman & Smulders, 1988). Τα θρεπτικά διαλύματα δεν ανακυκλώνονταν και η ανανέωσή τους γινόταν κάθε δεύτερη ημέρα για την αποφυγή της αλλαγής του pH (Blair et al, 1969).

Η κατάρτιση των θρεπτικών διαλυμάτων έγινε με βάση τις παρακάτω αναλύσεις νερού:

ΕΚΘΕΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

ΠΡΟΣ: κ. Παπαϊωάννου Ελευθέριο **ΤΗΛ.:**
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Καλαμάτα **ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:** Ασπρόχωμα
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ: Αγγούρι (υδροπ.) **ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:** 27/2/98
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΝΕΡΟΥ: Υδρευση

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1535

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μs/cm/25°C)	635	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ppm CaCO ₃)			
ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΑΛΑΤΑ (ppm)	406	Ολική	319		
pH	8,19	Παροδική	270		
		Μόνιμη	49		
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	ppm	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	ppm meq/l	
Ασβέστιο (Ca ²⁺)	86	4,3	Χλωριόντα (Cl ⁻)	70 1,97	
Μαγνήσιο (Mg ²⁺)	25	2,08	Ανθρακικά (CO ₃ ²⁻)	0 0,00	
Κάλιο (K ⁺)	1	0,03	Διττανθρακικά (HCO ₃ ⁻)	330 5,41	
Νάτριο (Na ⁺)	26	1,13	Θειικά (SO ₄ ²⁻)	12 0,25	
Αμμωνιακά (NH ₄ ⁺)	0	0,00	Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	0 0,00	
ΣΥΝΟΛΟ		7,54	ΣΥΝΟΛΟ		7,63

ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο	
Αναλογία προσφρόφησης Νατρίου (SAR)	0,63
Βαθμός αλκαλίωσης Νατρίου (%)	14,99
Βαθμός αλκαλίωσης Μαγνησίου (%)	27,63
B (ppm)	0,00
Fe (ppm)	0,00
Zn (ppm)	0,70
Cu (ppm)	0,10
Mn (ppm)	0,00
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	C2-S1

Η τελική κατάρτιση της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων σε μακροστοιχεία σε επίπεδα ολικού N, 100, 200 και 400 ppm έγινε σύμφωνα με τους Savvas D. και Adamidis K. Ως παράδειγμα παρατίθεται ο πίνακας σε επίπεδο ολικού N 100 ppm:

ΠΙΝΑΚΑΣ

Κατάρτιση της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος σε μακροστοιχεία

	Σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)				Σύσταση νερού (κατιόντα)	Προσθήκη λιπασμάτων (κατιόντα)				SO ₄ ²⁻				NO ₃ ⁻				H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻				Cl ⁻	ΣΥΝΟΛΟ			
	7,7	8,4	9,2	10,2		7,1	5,4	3,6	1,8	1,50	1,0	2,0	3,0	3,8	1,80	16,3	15,3	14,3	13,5								
Σύνθεση διαλύματος (ανιόντα)																											
Σύσταση νερού (ανιόντα)																											
Προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)																											
Ca ⁺⁺	8,0	7,0	6,0	5,3	4,10	3,9	2,9	1,9	1,2					3,9	2,9	1,9	1,2	-				-	3,9	2,9	1,9	1,2	
Mg ⁺⁺	3,0	2,5	2,5	2,5	2,00	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5					-				-	1,0	0,5	0,5	0,5	
K ⁺	7,0	6,7	5,9	4,8	-	7,0	6,7	5,9	4,8	6,7	6,1	5,1	4,3	0,3	0,6	0,8	0,5	-				-	7,0	6,7	5,9	4,8	
NH ₄ ⁺	-	1,8	3,6	5,4	-	-	1,8	3,6	5,4	-	1,8	3,6	5,4					-				-	-	1,8	3,6	5,4	
Na ⁺		1,10			1,10													-				-					
H ⁺						4,4	3,4	2,4	1,6					2,9	1,9	0,9	0,1	1,50				-	4,4	3,4	2,4	1,6	
ΣΥΝΟΛΟ		19,10			7,20	16,3	15,3	14,3	13,5	7,7	8,4	9,2	10,2	7,1	5,4	3,6	1,8	1,50				-	16,3	15,3	14,3	13,5	

Όλες οι συγκεντρώσεις δίνονται σε mg/l

Τέλος, η σύσταση των θρεπτικών διαλυμάτων σε ιχνοστοιχεία (μmol/l) ήταν ως εξής:

Fe	15
Mn	10
Zn	5
Cu	0,75
B	25
Mo	0,5
Si	0,0

β. Κλάδεμα – Διαμόρφωση φυτών: Μέχρι το 4^ο πραγματικό φύλλο αφαιρέθηκαν όλοι οι πλάγιοι βλαστοί και καρποί. Από το 5^ο έως και το 7^ο πραγματικό φύλλο έγινε αφαίρεση μόνο των πλάγιων βλαστών και αφέθηκε ένας καρπός ανά μεσογονάτιο. Από το 8^ο πραγματικό φύλλο και πάνω αφέθηκαν όλοι οι πλάγιοι βλαστοί και οι καρποί στον κεντρικό βλαστό. Οι πλάγιοι κορυφολογήθηκαν στο δεύτερο φύλλο και μαζί αφαιρέθηκε και ο καρπός του δεύτερου φύλλου, ενώ έμενε ο καρπός του πρώτου φύλλου. Όταν τα φυτά έφτασα στο σύρμα τότε κορυφολογήθηκαν και αφέθηκαν οι δύο πλάγιοι της κορυφής από τους οποίους πάρθηκε και η μετέπειτα παραγωγή.

γ. Λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες: Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας γίνονταν όλες οι απαιτούμενες εργασίες για την καλή ανάπτυξη των φυτών (κλάδεμα, υποστύλωση, απομάκρυνση παλαιών και κατεστραμμένων φύλλων), ενώ ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη φυτοπροστασία. Με την εγκατάστασή τους στις οριστικές θέσεις τοποθετήθηκαν κίτρινες παγίδες για τον έλεγχο τους αλευρώδη και του φυλλορόκτη, καθώς και μπλε για έλεγχο του θρίπα.

δ. Μετρήσεις χαρακτηριστικών:

1. Ύψος φυτού. Το ύψος μετρήθηκε ανά διαστήματα (ύψος κορυφής του φυτού από το έδαφος) 7 ημερών από τις 15/4 – 13/5.

2. Επιφάνεια φύλλων (5^ο – 6^ο φύλλο από την κορυφή).
3. Μήκος φύλλων (5^ο – 6^ο φύλλο από την κορυφή).
4. Μέγιστο μέσο πλάτος φύλλων (5^ο – 6^ο φύλλο από την κορυφή). α) στο στάδιο της ανάπτυξης των πρώτων καρπών και β) πριν το κορφολόγημα των φυτών.

Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

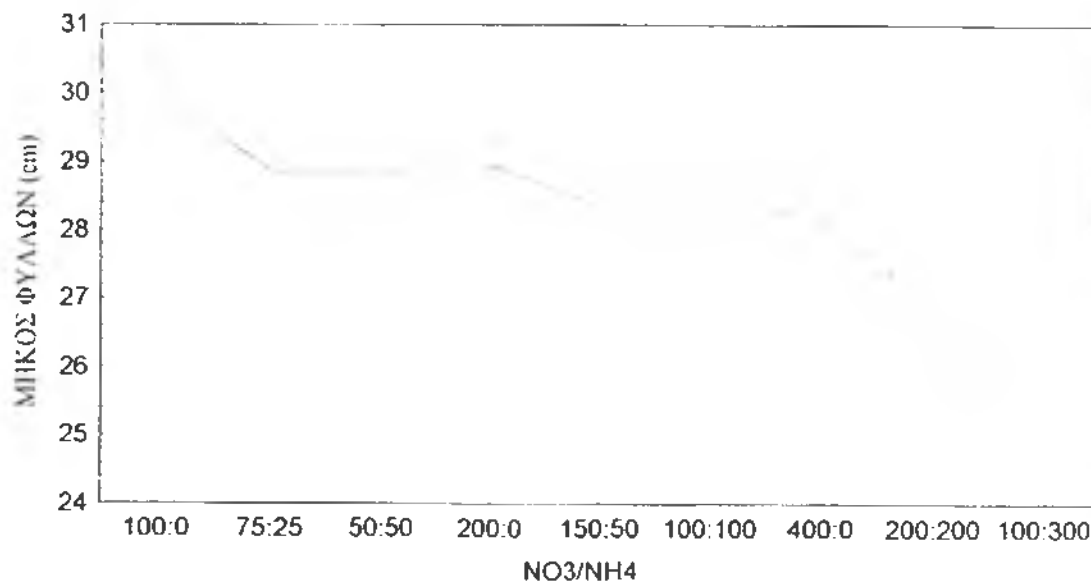
Επίδραση επεμβάσεων στο μήκος φύλλου

NO3_NH4	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	30.043	28.868	28.850	28.960	28.353	28.471	28.188	26.923	25.295
100:0 (1)		.25	.24	.29	.10	.13	.07	.00*	.00*
75:25 (2)	.25		.99	.93	.61	.70	.51	.06	.00*
50:50 (3)	.24	.99		.91	.63	.71	.52	.06	.00*
200:0 (4)	.29	.93	.91		.55	.63	.45	.05	.00*
150:50 (5)	.10	.61	.63	.55		.91	.87	.16	.00*
100:100 (6)	.13	.70	.71	.63	.91		.78	.13	.00*
400:0 (7)	.07	.51	.52	.45	.87	.78		.22	.01*
200:200 (8)	.00*	.06	.06	.05	.16	.13	.22		.11
100:300 (9)	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.01*	.11	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 1

Επίδραση επεμβάσεων στο μήκος φύλλου



ΠΙΝΑΚΑΣ 2

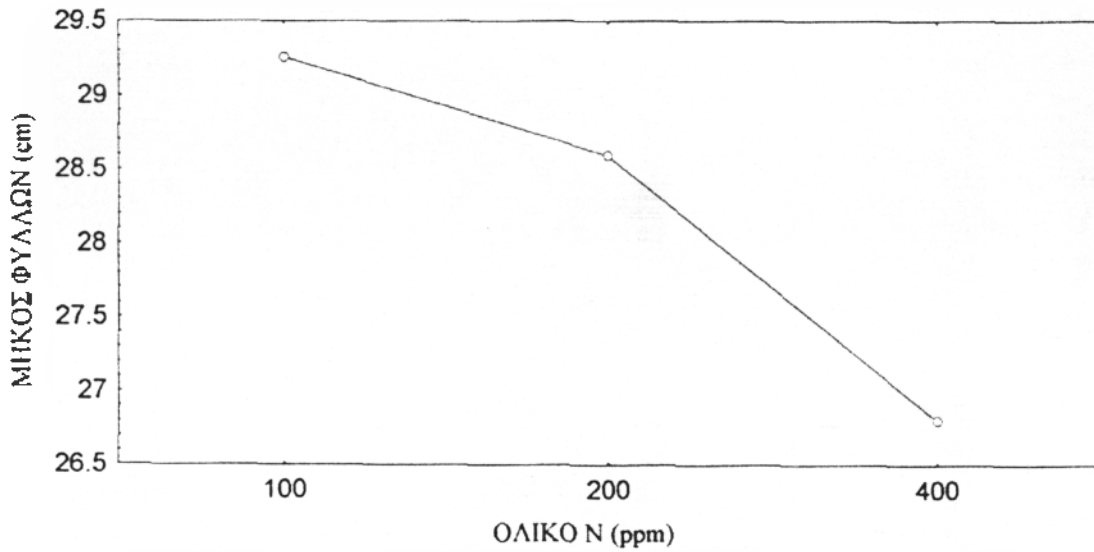
Επίδραση ολικού αζώτου στο μήκος των φύλλων

ΟΛΙΚΟ N	(1)	(2)	(3)
	29.25389	28.59500	26.80222
100 (1)		.2846	.0002 *
200 (2)	.2846		.0049 *
400 (3)	.0002 *	.0049 *	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 2

Επίδραση ολικού αζώτου στο μήκος των φύλλων



ΠΙΝΑΚΑΣ 3

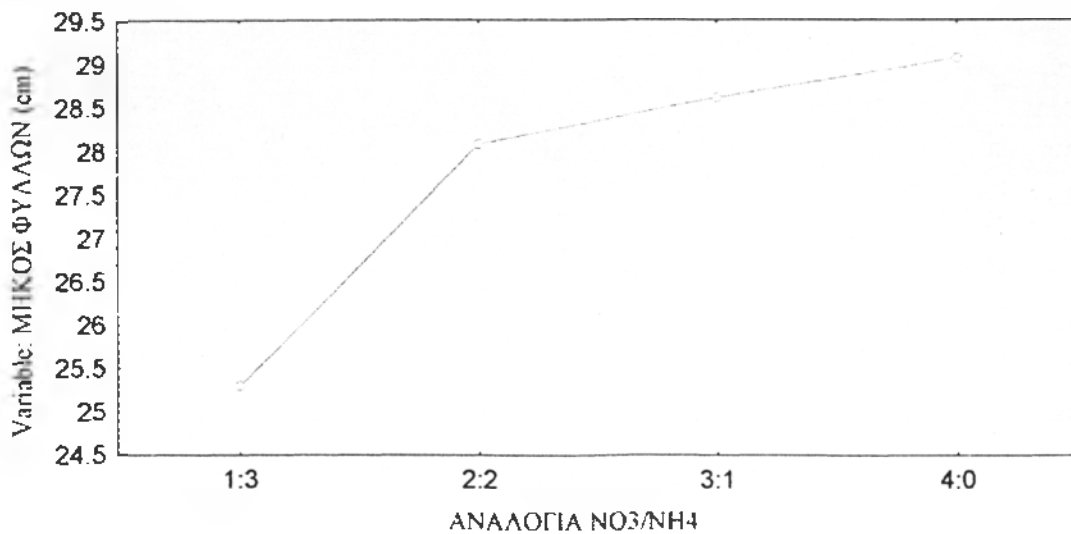
Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο μήκος των φύλλων

ΑΝΑΛΟΓΙΑ		{1}	{2}	{3}	{4}
		25.29500	28.08167	28.61083	29.06389
1	{1}		.0019*	.0006*	.0000*
2	{2}	.0019*		.4339	.1079
3	{3}	.0006*	.4339		.5025
4	{4}	.0000*	.1079	.5025	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 3

Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο μήκος των φύλλων



ΠΙΝΑΚΑΣ 4

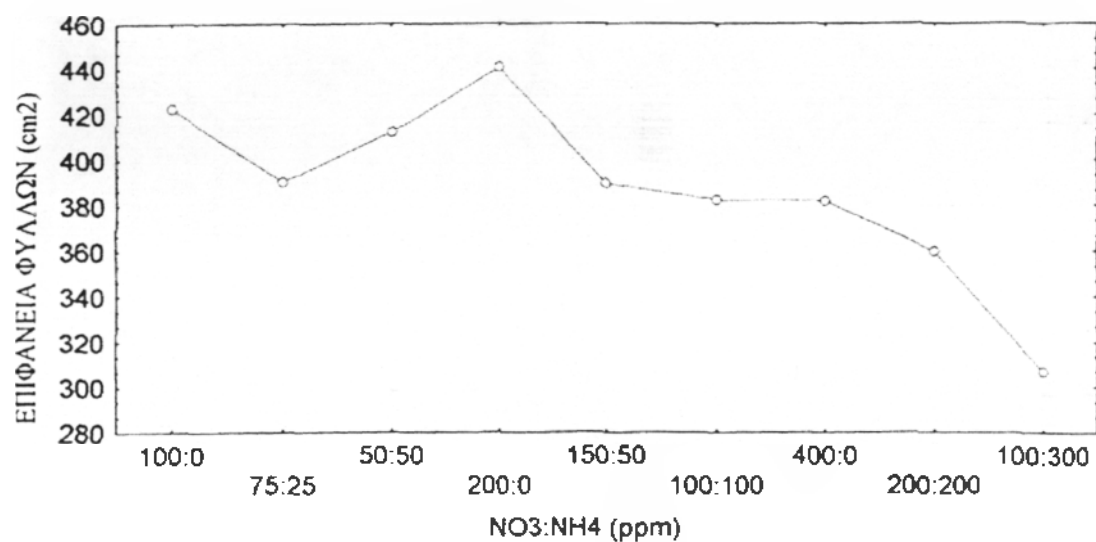
Επίδραση επεμβάσεων στη φυλλική επιφάνεια

NO3_NH4	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	422.40	390.11	411.90	440.53	389.37	382.41	381.73	359.82	306.89
100:0 (1)		.35	.76	.60	.34	.25	.24	.08	.00*
75:25 (2)	.35		.53	.15	.98	.82	.81	.38	.02*
50:50 (3)	.76	.53		.41	.52	.40	.38	.14	.00*
200:0 (4)	.60	.15	.41		.14	.10	.09	.02*	.00*
150:50 (5)	.34	.98	.52	.14		.84	.83	.39	.02*
100:100 (6)	.25	.82	.40	.10	.84		.98	.51	.03*
400:0 (7)	.24	.81	.38	.09	.83	.98		.53	.03*
200:200 (8)	.08	.38	.14	.02*	.39	.51	.53		.13
100:300 (9)	.00*	.02*	.00*	.00*	.02*	.03*	.03*	.13	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 4

Επίδραση επεμβάσεων στη φυλλική επιφάνεια



ΠΙΝΑΚΑΣ 5

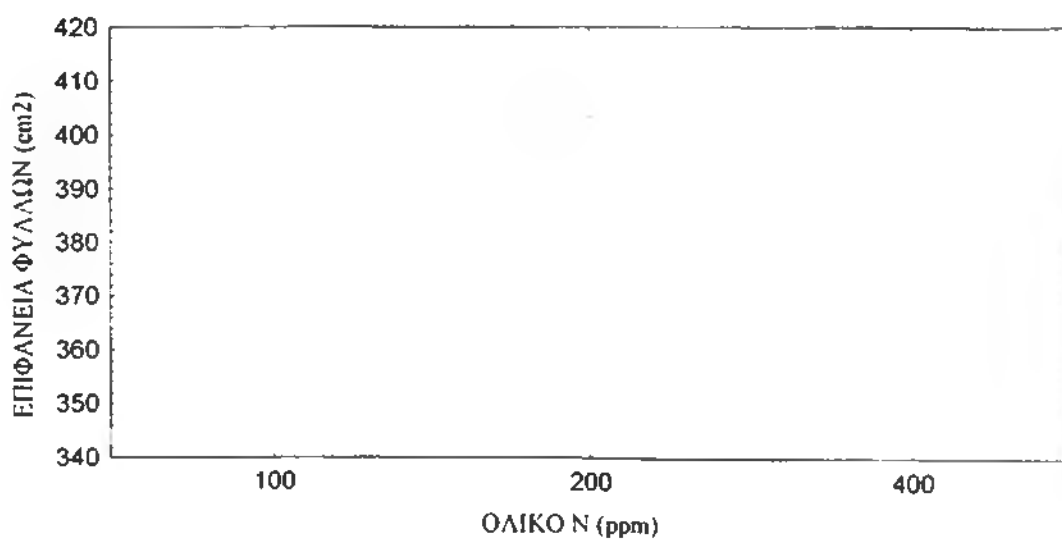
Επίδραση του ολικού αζώτου στη φυλλική επιφάνεια

ΟΛΙΚΟ_N	(1)	(2)	(3)
	408.1411	404.1072	349.4828
100 (1)		.845	.006 *
200 (2)	.845		.010 *
400 (3)	.006 *	.010 *	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 5

Επίδραση του ολικού αζώτου στη φυλλική επιφάνεια



ΠΙΝΑΚΑΣ 6

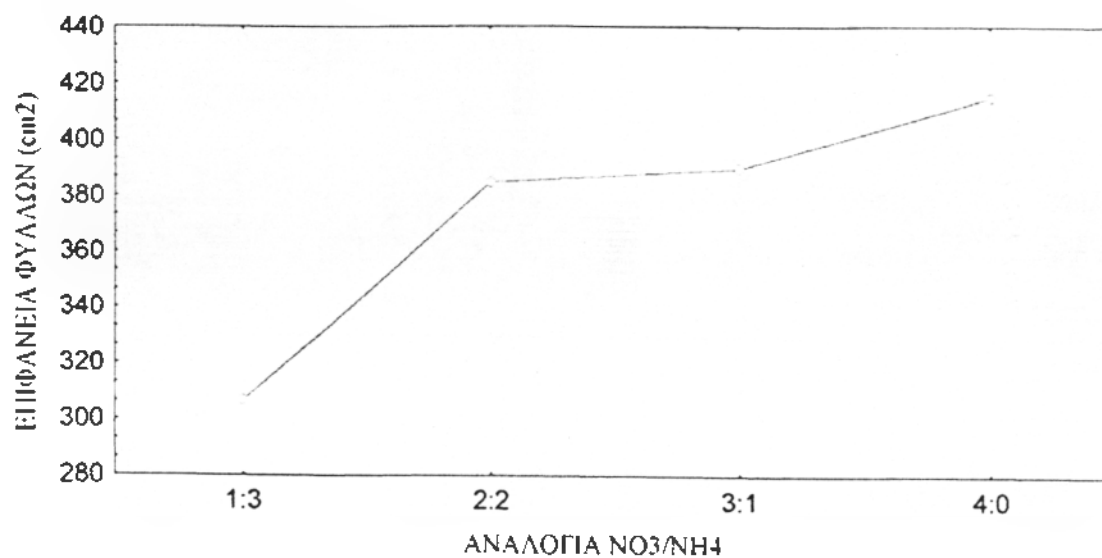
Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στη φυλλική επιφάνεια

ΑΝΑΛΟΓΙΑ		(1)	(2)	(3)	(4)
		306.890	384.714	389.740	414.892
1	{1}		.008*	.008*	.000*
2	{2}	.008*		.822	.136
3	{3}	.008*	.822		.264
4	{4}	.000*	.136	.264	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 6

Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στη φυλλική επιφάνεια



ΠΙΝΑΚΑΣ 7

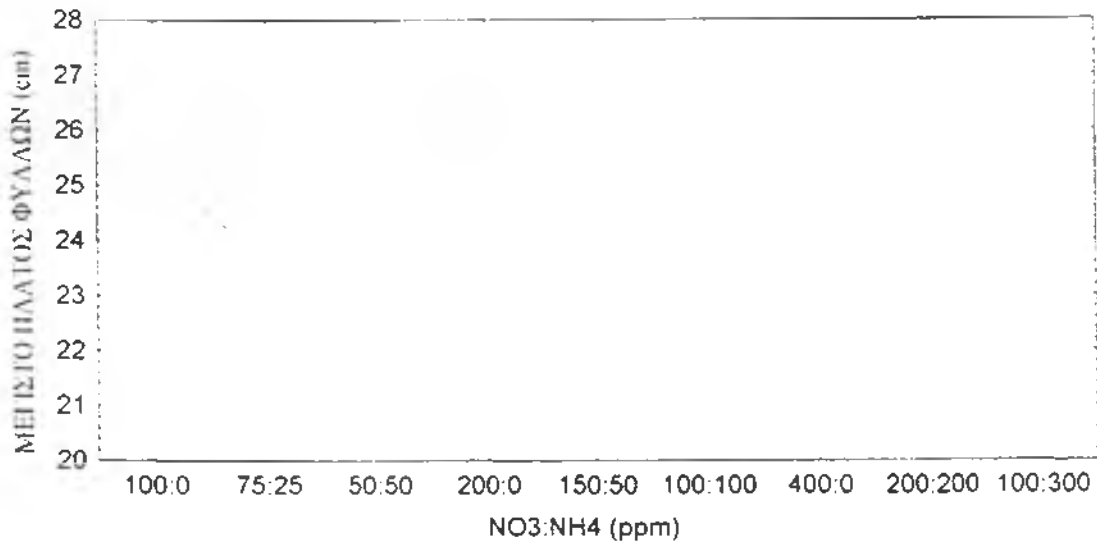
Επίδραση των επεμβάσεων στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)

NO3_NH4	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	25.333	23.633	24.550	26.966	23.783	23.083	23.083	22.683	21.300
100:0 (1)		.27	.61	.28	.31	.14	.14	.09	.01*
75:25 (2)	.27		.55	.03*	.92	.72	.72	.53	.13
50:50 (3)	.61	.55		.12	.61	.34	.34	.22	.04*
200:0 (4)	.28	.03*	.12		.04*	.01*	.01*	.01*	.00*
150:50 (5)	.31	.92	.61	.04*		.64	.64	.47	.11
100:100 (6)	.14	.72	.34	.01*	.64		1.00	.79	.24
400:0 (7)	.14	.72	.34	.01*	.64	1.00		.79	.24
200:200 (8)	.09	.53	.22	.01*	.47	.79	.79		.36
100:300 (9)	.01*	.13	.04*	.00*	.11	.24	.24	.36	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 7

Επίδραση των επεμβάσεων στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 8

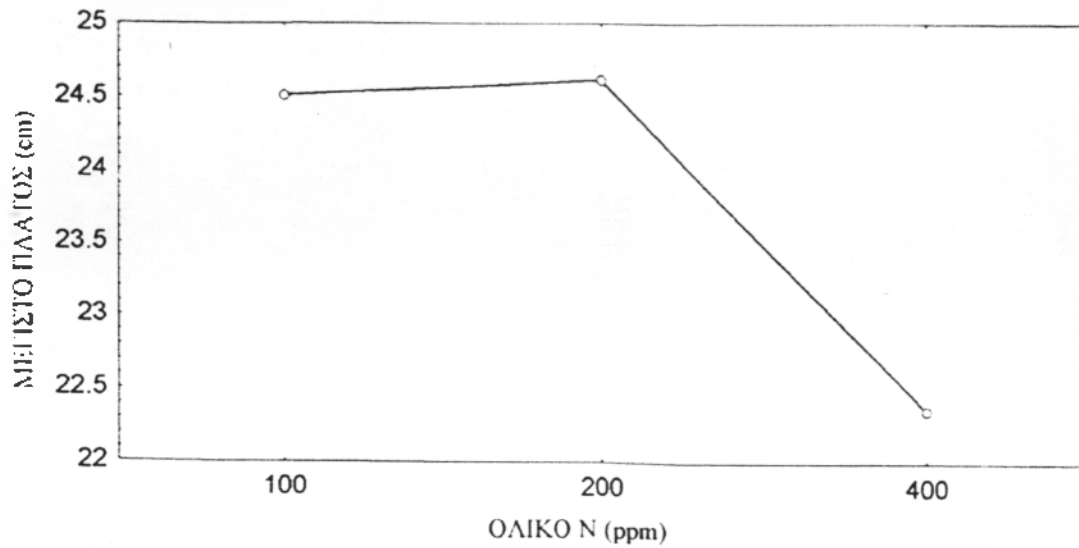
Επίδραση ολικού αζώτου στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)

ΟΛΙΚΟ Ν		{1}	{2}	{3}
		24.50556	24.61111	22.35556
100	{1}		.908	.021 *
200	{2}	.908		.016 *
400	{3}	.021 *	.016 *	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 8

Επίδραση ολικού αζώτου στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 9

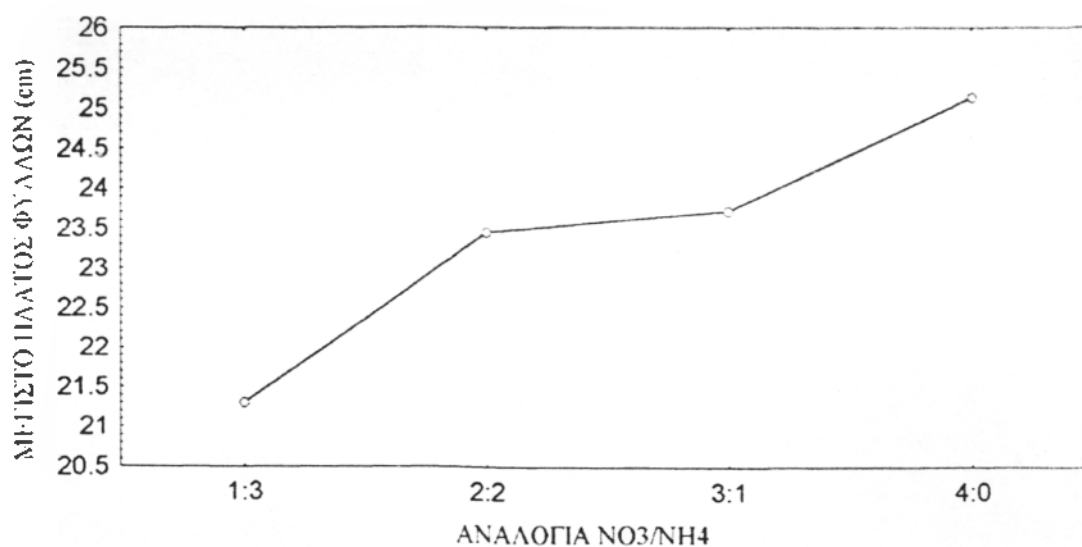
Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)

ΑΝΑΛΟΓΙΑ		{1}	{2}	{3}	{4}
		21.30000	23.43889	23.70833	25.12778
1	{1}		.0988	.0802	.0041*
2	{2}	.0988		.7898	.0661
3	{3}	.0802	.7898		.1641
4	{4}	.0041*	.0661	.1641	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 9

Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο πλάτος των φύλλων (μέγιστο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 10

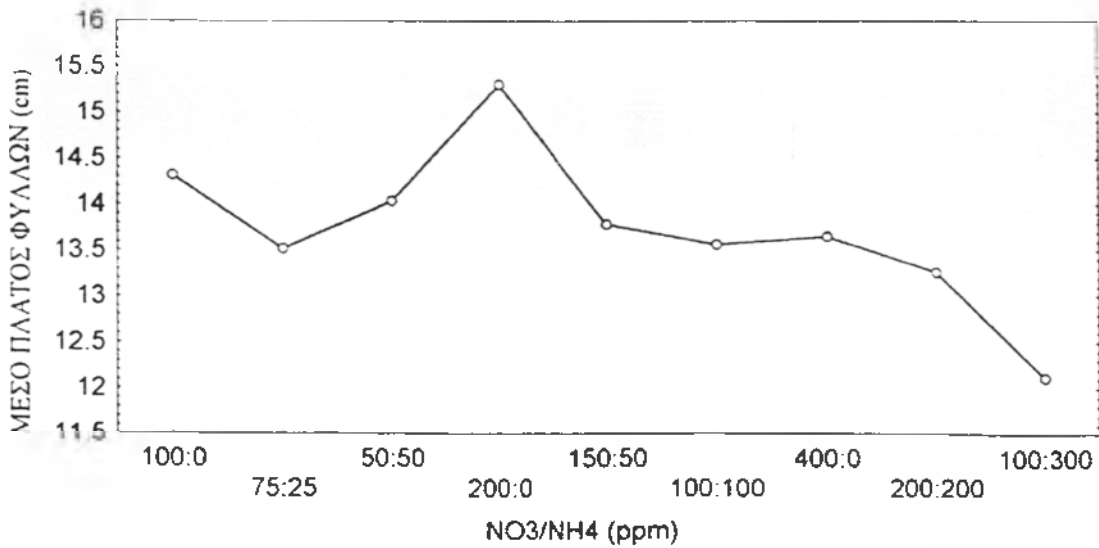
Επίδραση των επεμβάσεων στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)

NO3_NH4	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	14.316	13.516	14.033	15.300	13.783	13.566	13.650	13.266	12.116
100:0 (1)		.34	.74	.24	.52	.37	.43	.21	.01*
75:25 (2)	.34		.54	.04*	.75	.95	.87	.77	.10
50:50 (3)	.74	.54		.14	.77	.58	.65	.36	.03*
200:0 (4)	.24	.04*	.14		.08	.04*	.05	.02*	.00*
150:50 (5)	.52	.75	.77	.08		.80	.87	.54	.05
100:100 (6)	.37	.95	.58	.04*	.80		.92	.72	.09
400:0 (7)	.43	.87	.65	.05	.87	.92		.65	.07
200:200 (8)	.21	.77	.36	.02*	.54	.72	.65		.17
100:300 (9)	.01*	.10	.03*	.00*	.05	.09	.07	.17	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 10

Επίδραση των επεμβάσεων στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 11

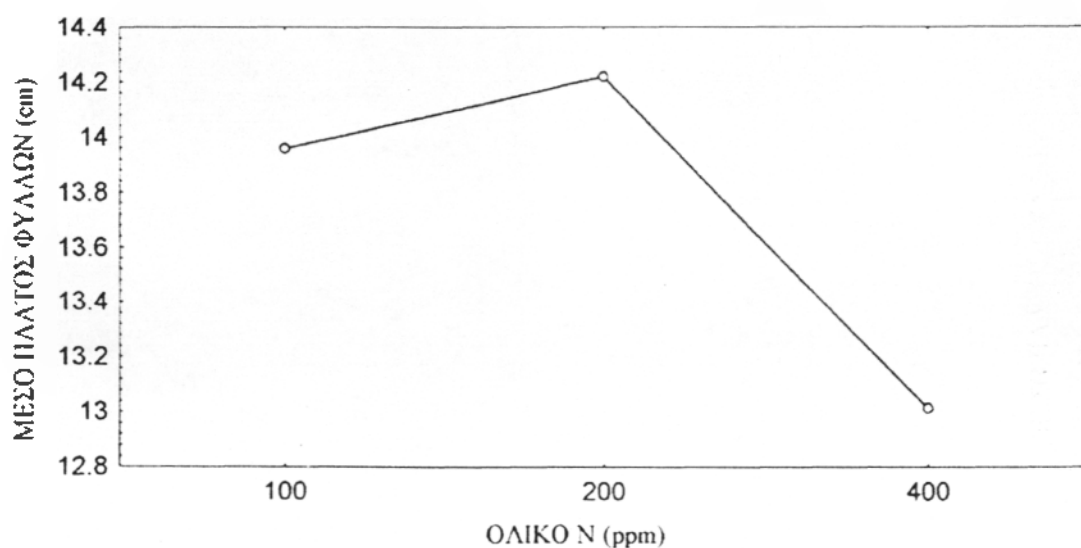
Επίδραση του ολικού αζώτου στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)

ΟΛΙΚΟ_N	{1}	{2}	{3}
	13.95556	14.21667	13.01111
100 {1}		.602	.064
200 {2}	.602		.019 *
400 {3}	.064	.019 *	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 11

Επίδραση του ολικού αζώτου στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 12

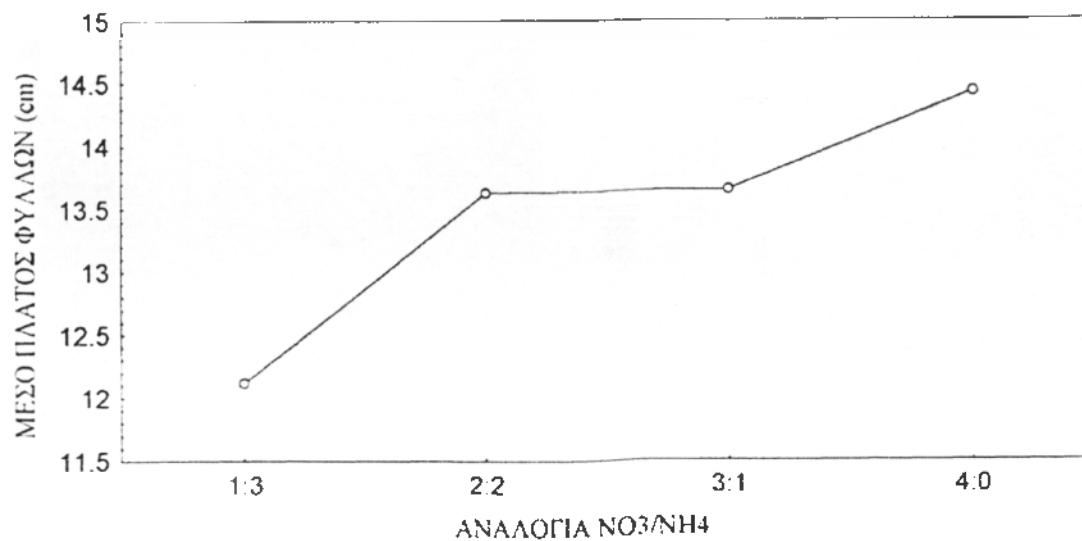
Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)

ΑΝΑΛΟΓΙΑ		(1)	(2)	(3)	(4)
		12.1166	13.6222	13.6500	14.4222
1	{1}		.031*	.038*	.001*
2	{2}	.031*		.959	.102
3	{3}	.038*	.959		.157
4	{4}	.001*	.102	.157	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΣΧΗΜΑ 12

Επίδραση της αναλογίας NO_3/NH_4 στο πλάτος των φύλλων (μέσο πλάτος)



ΠΙΝΑΚΑΣ 13

Επίδραση των επεμβάσεων στο ύψος των φυτών στις 15-4-98

NO3_NH4		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
		47.166	46.583	44.166	52.000	44.166	47.916	50.750	47.166	43.583
100:0	{1}		.80	.19	.04*	.19	.74	.12	1.00	.12
75:25	{2}	.80		.29	.02*	.29	.56	.07	.80	.19
50:50	{3}	.19	.29		.00*	1.00	.11	.01*	.19	.80
200:0	{4}	.04*	.02*	.00*		.00*	.08	.58	.04*	.00*
150:50	{5}	.19	.29	1.00	.00*		.11	.01*	.19	.80
100:100	{6}	.74	.56	.11	.08	.11		.22	.74	.06
400:0	{7}	.12	.07	.01*	.58	.01*	.22		.12	.00*
200:200	{8}	1.00	.80	.19	.04*	.19	.74	.12		.12
100:300	{9}	.12	.19	.80	.00*	.80	.06	.00*	.12	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

Επίδραση του ολικού αζώτου στο ύψος των φυτών στις 15-4-98

ΟΛΙΚΟΝ		{1}	{2}	{3}
		45.97222	48.02778	47.16667
100	{1}		.183	.436
200	{2}	.183		.574
400	{3}	.436	.574	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 15

Επίδραση της αναλογίας NO₃/NH₄ στο ύψος των φυτών στις 15-4-98

ΑΝΑΛΟΓΙΑ		{1}	{2}	{3}	{4}
		43.5833	46.4166	45.3750	49.9722
1	{1}		.148	.385	.002*
2	{2}	.148		.497	.012*
3	{3}	.385	.497		.004*
4	{4}	.002*	.012*	.004*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 16

Επίδραση των επεμβάσεων στο ύψος των φυτών στις 22-4-98

NO3_NH4	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	81.166	80.333	75.000	87.166	75.000	81.500	85.666	76.583	71.833
100:0 (1)		.75	.02*	.03*	.02*	.90	.09	.09	.00*
75:25 (2)	.75		.05*	.01*	.05*	.66	.05*	.16	.00*
50:50 (3)	.02*	.05*		.00*	1.00	.02*	.00*	.55	.23
200:0 (4)	.03*	.01*	.00*		.00*	.04*	.57	.00*	.00*
150:50 (5)	.02*	.05*	1.00	.00*		.02*	.00*	.55	.23
100:100 (6)	.90	.66	.02*	.04*	.02*		.12	.07	.00*
400:0 (7)	.09	.05*	.00*	.57	.00*	.12		.00*	.00*
200:200 (8)	.09	.16	.55	.00*	.55	.07	.00*		.08
100:300 (9)	.00*	.00*	.23	.00*	.23	.00*	.00*	.08	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 17

Επίδραση του ολικού αζώτου στο ύψος των φυτών στις 22-4-98

ΟΛΙΚΟΝ	(1)	(2)	(3)
	78.83334	81.22222	78.02778
100 (1)		.270	.708
200 (2)	.270		.142
400 (3)	.708	.142	

ΠΙΝΑΚΑΣ 18

Επίδραση της αναλογίας NO₃ / NH₄ στο ύψος των φυτών στις 22-4-98

ΑΝΑΛΟΓΙΑ	(1)	(2)	(3)	(4)
	71.8333	77.6944	77.6666	84.6666
1 (1)		.017*	.025*	.000*
2 (2)	.017*		.988	.000*
3 (3)	.025*	.988		.001*
4 (4)	.000*	.000*	.001*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 19

Επίδραση των επεμβάσεων στο ύψος των φυτών στις 29-4-98

NO3_NH4	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	119.50	116.16	112.83	133.50	111.33	120.16	129.83	114.66	106.66
100:0 {1}		.39	.09	.00*	.04*	.86	.01*	.21	.00*
75:25 {2}	.39		.39	.00*	.21	.30	.00*	.70	.02*
50:50 {3}	.09	.39		.00*	.70	.06	.00*	.63	.11
200:0 {4}	.00*	.00*	.00*		.00*	.00*	.34	.00*	.00*
150:50 {5}	.04*	.21	.70	.00*		.03*	.00*	.39	.23
100:100 {6}	.86	.30	.06	.00*	.03*		.02*	.16	.00*
400:0 {7}	.01*	.00*	.00*	.34	.00*	.02*		.00*	.00*
200:200 {8}	.21	.70	.63	.00*	.39	.16	.00*		.04*
100:300 {9}	.00*	.02*	.11	.00*	.23	.00*	.00*	.04*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 20

Επίδραση του ολικού αζώτου στο ύψος των φυτών στις 29-4-98

ΟΛΙΚΟΝ	{1}	{2}	{3}
	116.1667	121.6667	117.0556
100 {1}		.111	.794
200 {2}	.111		.180
400 {3}	.794	.180	

ΠΙΝΑΚΑΣ 21

Επίδραση της αναλογίας NO₃/NH₄ στο ύψος των φυτών στις 29-4-98

ΑΝΑΛΟΓΙΑ	{1}	{2}	{3}	{4}
	106.666	115.888	113.750	127.611
1 {1}		.013*	.067	.000*
2 {2}	.013*		.451	.000*
3 {3}	.067	.451		.000*
4 {4}	.000*	.000*	.000*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 22

Επίδραση των επεμβάσεων στο ύψος των φυτών στις 6-5-98

NO ₃ _NH ₄	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	164.50	157.83	159.00	179.16	152.50	154.83	172.00	154.66	139.66
100:0 (1)		.25	.35	.01*	.04*	.10	.20	.09	.00*
75:25 (2)	.25		.84	.00*	.36	.61	.02*	.59	.00*
50:50 (3)	.35	.84		.00*	.27	.47	.03*	.46	.00*
200:0 (4)	.01*	.00*	.00*		.00*	.00*	.22	.00*	.00*
150:50 (5)	.04*	.36	.27	.00*		.69	.00*	.71	.03*
100:100 (6)	.10	.61	.47	.00*	.69		.00*	.98	.01*
400:0 (7)	.20	.02*	.03*	.22	.00*	.00*		.00*	.00*
200:200 (8)	.09	.59	.46	.00*	.71	.98	.00*		.01*
100:300 (9)	.00*	.00*	.00*	.00*	.03*	.01*	.00*	.01*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 23

Επίδραση του ολικού αζώτου στο ύψος των φυτών στις 6-5-98

ΟΛΙΚΟΝ	(1)	(2)	(3)
	160.4444	162.1667	155.4444
100 (1)		.719	.298
200 (2)	.719		.164
400 (3)	.298	.164	

ΠΙΝΑΚΑΣ 24

Επίδραση της αναλογίας NO₃/NH₄ στο ύψος των φυτών στις 6-5-98

ΑΝΑΛΟΓΙΑ	(1)	(2)	(3)	(4)
	139.666	156.166	155.166	171.888
1 (1)		.001*	.004*	.000*
2 (2)	.001*		.795	.000*
3 (3)	.004*	.795		.000*
4 (4)	.000*	.000*	.000*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 25

Επίδραση των επεμβάσεων στο ύψος των φυτών στις 13-5-98

NO ₃ _NH ₄	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	213.33	201.50	200.33	218.16	189.83	191.50	210.83	183.00	174.50
100:0 (1)		.19	.15	.59	.01*	.02*	.78	.00*	.00*
75:25 (2)	.19		.90	.07	.20	.27	.30	.05*	.00*
50:50 (3)	.15	.90		.05	.25	.33	.25	.06	.01*
200:0 (4)	.59	.07	.05		.00*	.00*	.42	.00*	.00*
150:50 (5)	.01*	.20	.25	.00*		.85	.02*	.45	.09
100:100 (6)	.02*	.27	.33	.00*	.85		.04*	.35	.06
400:0 (7)	.78	.30	.25	.42	.02*	.04*		.00*	.00*
200:200 (8)	.00*	.05*	.06	.00*	.45	.35	.00*		.35
100:300 (9)	.00*	.00*	.01*	.00*	.09	.06	.00*	.35	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

ΠΙΝΑΚΑΣ 26

Επίδραση του ολικού αζώτου στο ύψος των φυτών στις 13-5-98

ΟΛΙΚΟΝ	(1)	(2)	(3)
	205.0556	199.8333	189.4444
100 (1)		.419	.018 *
200 (2)	.419		.111
400 (3)	.018 *	.111	

ΠΙΝΑΚΑΣ 27

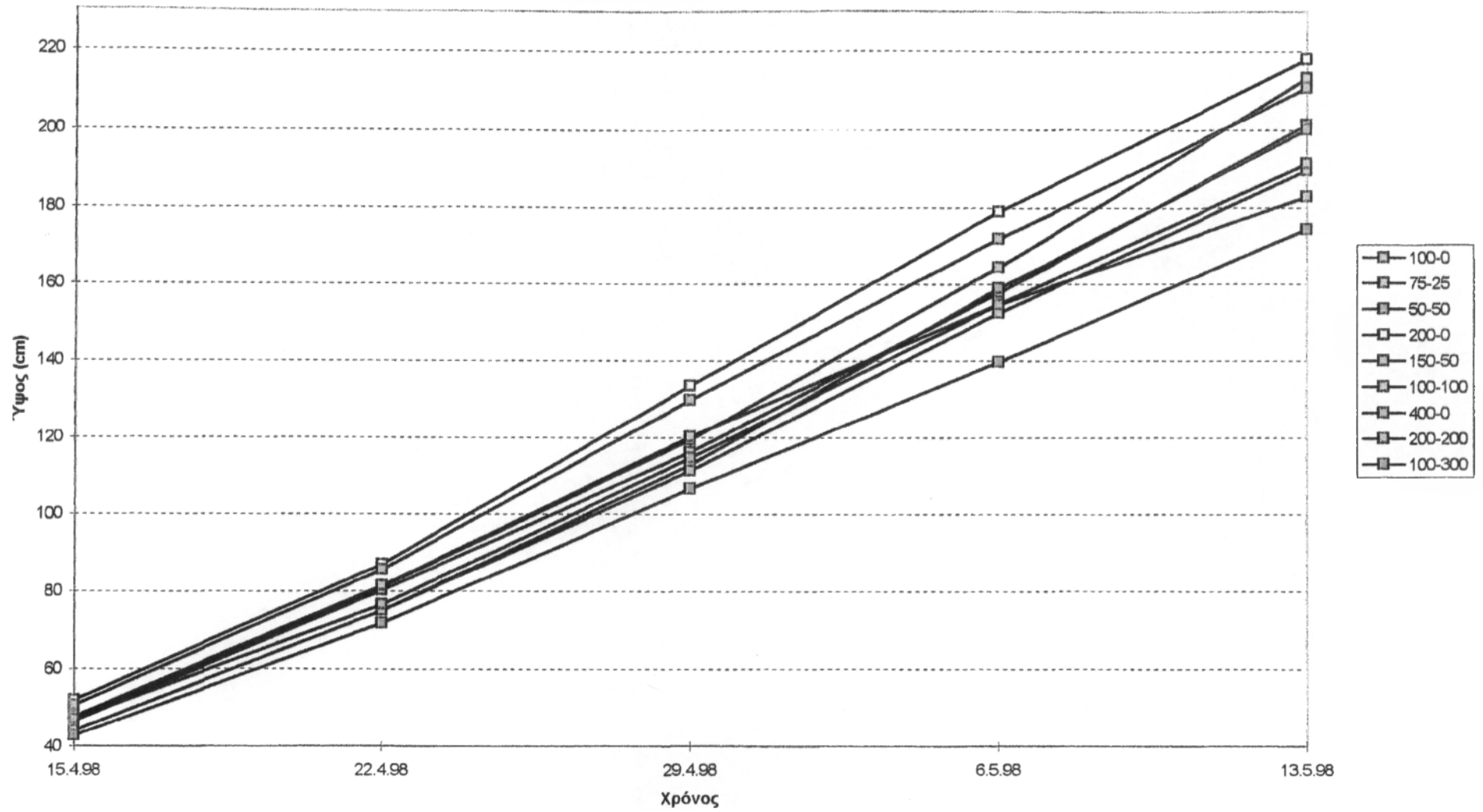
Επίδραση της αναλογίας NO₃/NH₄ στο ύψος των φυτών στις 13-5-98

ΑΝΑΛΟΓΙΑ	(1)	(2)	(3)	(4)
	174.500	191.611	195.666	214.111
1 (1)		.025*	.010*	.000*
2 (2)	.025*		.492	.000*
3 (3)	.010*	.492		.003*
4 (4)	.000*	.000*	.003*	

Μ.Ο. με αστερίσκο διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τη δοκιμή LSD στο επίπεδο 0,05

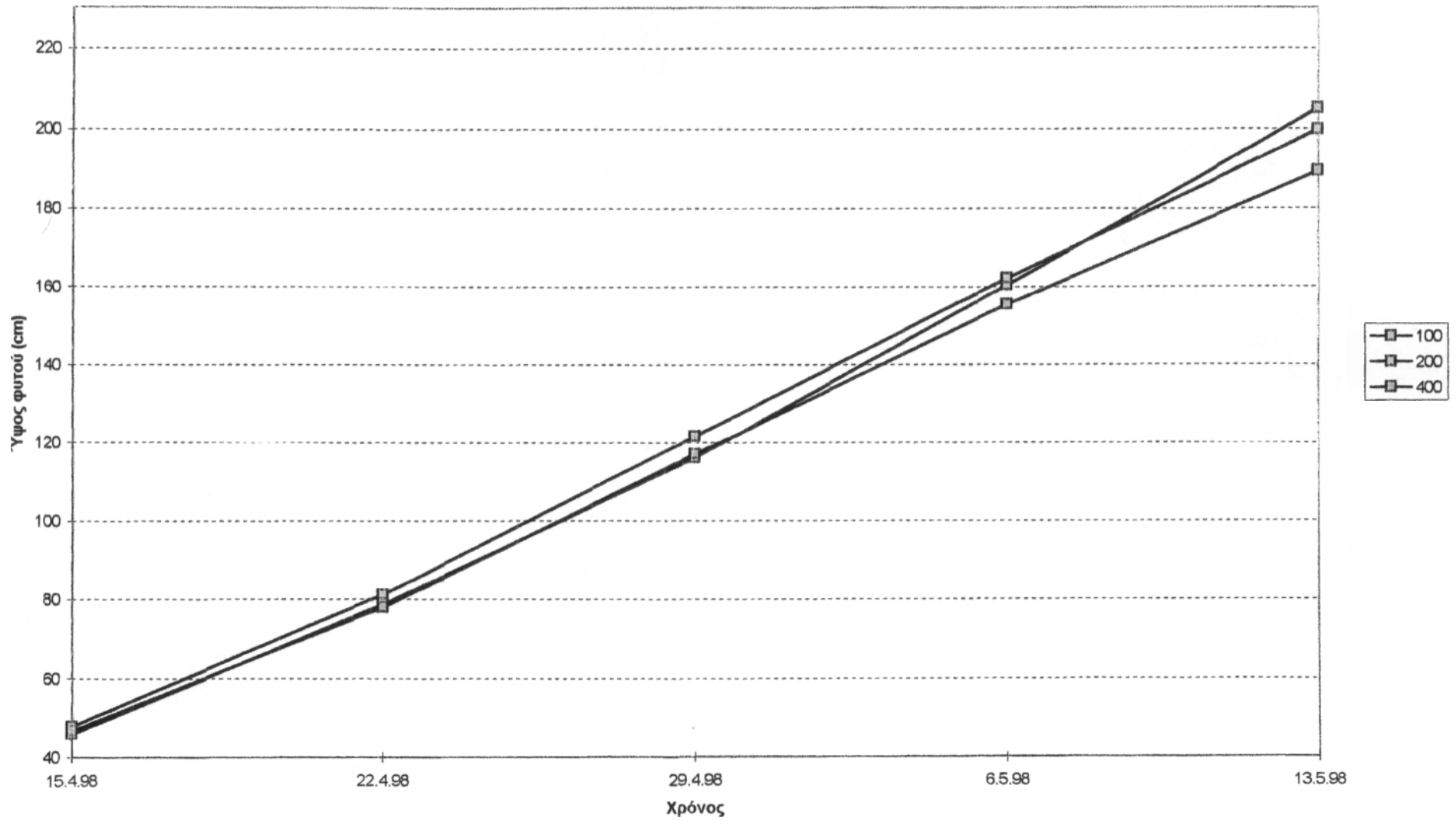
ΣΧΗΜΑ 13

Μεταβολή ύψους σε συνάρτηση με το χρόνο



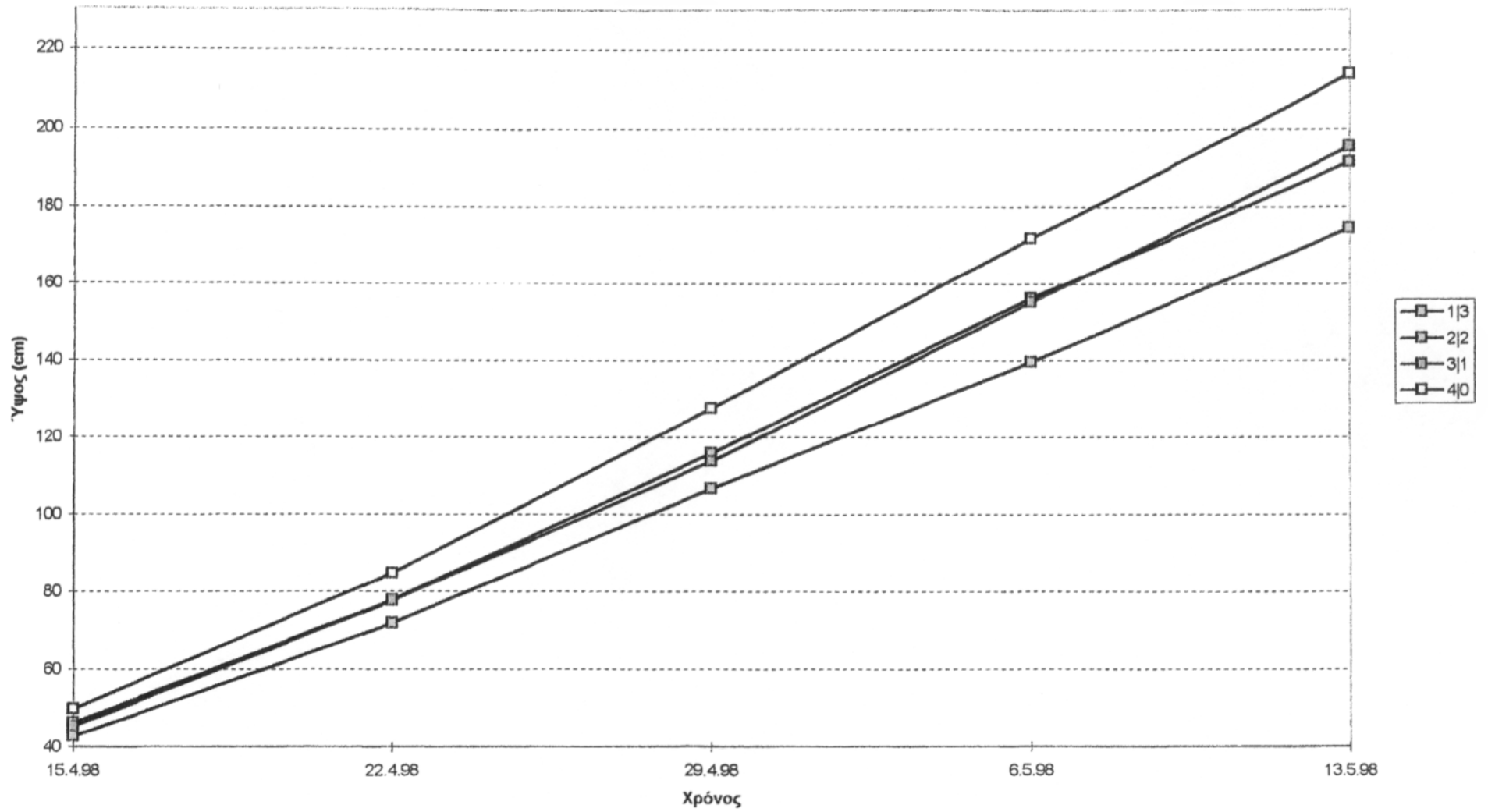
ΣΧΗΜΑ 14

Μεταβολή ύψους σε συνάρτηση με το χρόνο Ολικό N



ΣΧΗΜΑ 15

Μεταβολή ύψους σε συνάρτηση με το χρόνο Αναλογία NO₃/NH₄



Δ. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Δ.1. ΜΗΚΟΣ ΦΥΛΛΩΝ

Σε ότι αφορά το μήκος των φύλλων, τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν κυρίως η επέμβαση 100 : 0 και έπειτα η 200 : 0. Σε επίπεδο επεμβάσεων, εκείνη που έδειξε τις στατιστικώς σημαντικότερες διαφορές με τις υπόλοιπες και παράλληλα είχε το μικρότερο μέσο όρο είναι η 100 : 300 (Πιν. 1, Σχ. 1).

Σε επίπεδο ολικού N, τα 100 ppm έδωσαν το μεγαλύτερο μήκος φύλλων σε αντίθεση με τα 400 ppm που έδωσαν το μικρότερο μήκος (Πιν. 2, Σχ. 2). Από πλευράς αναλογιών και στα 3 επίπεδα N, η αναλογία 1 : 3 παρουσιάστηκε να έχει τις σημαντικότερες διαφορές με τις υπόλοιπες (Πιν. 3, Σχ. 3).

Δ.2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΥΛΛΩΝ

Τη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια δείχνουν να έχουν οι επεμβάσεις 200 : 0 και 100 : 0. Η επέμβαση που παρουσίασε τη μικρότερη φυλλική επιφάνεια και παράλληλα τις περισσότερες στατιστικώς διαφορές με τις υπόλοιπες είναι η 100 : 300 (Πιν. 4, Σχ. 4).

Σε ότι αφορά στο ολικό N, οι επεμβάσεις με 400 ppm έδωσαν τη μικρότερη φυλλική επιφάνεια (Πιν. 5, Σχ. 5). Σε επίπεδο αναλογιών και στα 3 επίπεδα N, η αναλογία 1 : 3 έδειξε να έχει τη μεγαλύτερη διαφορά με τις υπόλοιπες. Το καλύτερο δε αποτέλεσμα παρουσιάστηκε στην αναλογία 4 : 0 (Πιν. 6, Σχ. 6).

4.3. ΠΛΑΤΟΣ ΦΥΛΛΩΝ (ΜΕΓΙΣΤΟ – ΜΕΣΟ)

Οι μεγαλύτερες τιμές του πλάτους των φύλλων (μέγιστου και μέσου), παρατηρήθηκαν στις επεμβάσεις 200 : 0 και 100 : 0. Τα μεγέθη αυτά έδειξαν μια φθίνουσα πορεία, όσο αυξανόταν η λίπανση με $\text{NH}_4 - \text{N}$, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν σημαντικές διαφορές (Πιν. 7, 10, Σχ. 7, 10).

Η αύξηση του ολικού N, έδειξε να επηρεάζει το πλάτος των φύλλων, δίνοντας τη μικρότερη τιμή στα 400 ppm (Πιν. 8, 11 Σχ. 8, 11). Σε ότι αφορά τις αναλογίες $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$, σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στην επέμβαση 1 : 3 που έδωσε το μικρότερο πλάτος φύλλων (Πιν. 9, 12, Σχ. 9, 12).

4.4. ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Μέχρι τα αρχικά στάδια ωριμότητας των πρώτων καρπών (35-45 ημέρες από τη σπορά), στις επεμβάσεις όπου το $\text{NH}_4 - \text{N}$ ήταν μέχρι το 50% του συνολικού N, το ύψος των φυτών δεν επηρεάστηκε. Τα φυτά ανέχθηκαν τα NH_4^+ αρκετά καλά και δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές, σε σχέση με τα φυτά, στα οποία εφαρμόστηκε θρέψη με 100% NO_3^- . Όμως η πορεία αυτή της ανάπτυξης με την πάροδο του χρόνου άλλαξε και η υπεροχή έκλινε προς το μέρος της θρέψης με $\text{NO}_3^- - \text{N}$, με καλύτερες τις επεμβάσεις με 100% NO_3^- (Πιν. 13, 16, 19, 22, Σχ. 13).

Σε ότι αφορά το ολικό N, οι επεμβάσεις 100 και 200 ppm έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα. συγκεκριμένα μέχρι τις 6/5/98 οι επεμβάσεις των 100 και 200 ppm δείχνουν να συμβαδίζουν με μικρή υπεροχή των 200 ppm. Μετά τις 60 ημέρες σποράς αυτές που υπερέχουν είναι η επεμβάσεις των 100 ppm, ενώ σε αυτές των 400 ppm, η ανάπτυξη μειώθηκε σημαντικά (Πιν. 14, 17, 20, 23, Σχ. 14). Από πλευράς αναλογιών και στα 3 επίπεδα ολικού N, η αναλογία 4 : 0 αύξησε το ύψος των φυτών, ενώ η αναλογία 1 : 3 είχε τη δυσμενέστερη επίδραση συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες (Πιν. 15, 18, 21, 24, Σχ. 15).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα προαναφερθέντα αποτελέσματα προκύπτει ότι η μορφή και η ποσότητα του εφαρμοζόμενου N αποτελούν σημαντικούς παράγοντες ρύθμισης της ανάπτυξης της αγγουριάς. Τα φυτά παρουσιάζουν καλύτερη ανταπόκριση στα 100 και 200 ppm $\text{NO}_3 - \text{N}$ ενώ τα όρια αντοχής στη θρέψη με $\text{NH}_4 - \text{N}$ είναι γενικά χαμηλά. Η βλαστική ανάπτυξη κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών ήταν ικανοποιητική, ακόμη και όταν το 50% του N ήταν σε μορφή $\text{NH}_4 - \text{N}$. Σε ποσοστό $\text{NH}_4 - \text{N}$ 25% δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις επεμβάσεις που η θρέψη γινόταν εξ ολοκλήρου με $\text{NO}_3 - \text{N}$, κάτι που επιβεβαιώνεται από σχετικά πειράματα στην τομάτα, το μπιζέλι και το φασόλι (Adams et al, 1992, Hartman et al, 1986, Heuer, 1991, Sasseville & Mills, 1979, Wu et al, 1988).

Σε ότι αφορά τη συσχέτιση των θρεπτικών επιδράσεων με τα επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς, σε αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις ότι η περιεκτικότητα σε Ca, Mg, K, Μη, Ζη ήταν πάντα χαμηλότερη όσο αυξανόταν η λίπανση με $\text{NH}_4 - \text{N}$, ενώ αντίθετα παρατηρήθηκε μία αύξηση της περιεκτικότητας σε ολικό N. Γενικά σημειώθηκε αύξηση της συσσώρευσης κατιόντων στις επεμβάσεις με $\text{NO}_3 - \text{N}$, ενώ αύξηση του ποσοστού του $\text{NH}_4 - \text{N}$ στο ολικό N έδειξε να προκαλεί μείωση της συσσώρευσής τους.

Στις επεμβάσεις των 400 ppm N, τα φυτά εμφάνιζαν βαθυπράσινο χρωματισμό στα φύλλα, προσωρινή μάρανση κατά την διάρκεια ηλιόλουστων ημερών, μικρή ανθοφορία, μείωση του μεγέθους, του βάρους και υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών, συμπτώματα που αποδίδονται κυρίως στην αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των θρεπτικών διαλυμάτων (παρεμπόδιση της απορρόφησης νερού, απορρόφηση ιόντων σε τοξικά επίπεδα, μείωση της απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων λόγω ανταγωνισμού, πλασμόλυση των κυττάρων της ρίζας). Η ένταση των συμπτωμάτων αυτών ήταν πιο έντονη στις επεμβάσεις όπου το $\text{NH}_4 - \text{N}$ ξεπερνούσε το 50% του ολικού N.

Αξίζει να αναφερθούν και κάποιες άλλες μακροσκοπικές παρατηρήσεις επί των φυτών με αυξημένη θρέψη σε $\text{NH}_4 - \text{N}$, από 50% και πάνω όπως μάρανση, χλώρωση και νέκρωση ορισμένων περιοχών του ελάσματος των φύλλων (κυρίως των κατώτερων), εμφάνιση καστανού μεταχρωματισμού και μείωση της ανάπτυξης των ριζών, μείωση της απόδοσης και της ποιότητας των καρπών. Για την εξήγηση του παραπάνω φαινομένου έχουν γίνει υποθέσεις που αφορούν τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, τον υψηλότερο βαθμό σύνθεσης οργανικών οξέων με συνέπεια την ακινητοποίηση του Ca και του Mg στις ρίζες, αλλοίωση των κυτταρικών μεμβρανών, αυξημένο υδατικό stress, αναχαίτιση της σύνθεσης ATP και μειωμένη αναπνοή των ριζών (Pill et al, 1978).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, P., Graves, C.J. and Winsor, W.,** 1992. *Some responses of cucumber, grown in beds of peat, to N, K and Mg.* J. Hort. Sci. 67: 877-884.
- Alan, R.,** 1989. *The effect of nitrogen nutrition on growth, chemical composition and response of cucumbers (Cucumis sativus L.) to nitrogen forms in solution culture.* J. Hort. Sci. 64:467-474.
- Blair, G.J., Miller, M.H., and Mitchell, W.A.,** 1969. *Nitrate and Ammonium as sources of Nitrogen for Corn and their Influence on the Uptake of Other Ions.* Agron. J. 62:530-532
- Hartman, P.I., Mills, H.A., and Jones, J.B.,** 1986. *The Influence of Nitrate: Ammonium Ratios on Growth, Fruit Development, and Element Concentration in Floradel Tomato Plants.* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:487-490.
- Heuer, B.,** 1991. *Growth, Photosynthesis and Protein Content in Cucumber Plants as affected by supplied Nitrogen Form.* J. of Plant Nutrition, 14:363-373.
- Θεριός ι.,** 1996. *Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα,* Θεσ/νικη 1996, 4 : 42 – 50
- Κανάκης Α.,** *Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV,* Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας 1998
- Κώτσιρας Α., Ολύμπιος Χ., Πάσσαμ Χ., Δροσόπουλος Ι.,** *Πρακτικά ελληνικής εταιρίας της επιστήμης των οπωροκηπευτικών, τόμος 7, σελ. 315-317*
- Μανιός Β.,** *Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γυαλί – Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών λαχανοκομικών καλλιεργειών,* Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου 1997, σελ. 129-142
- Μανιός Β.,** *Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους,* Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου, 1993

- Moritsugu, M., Suzuki, T. and Kawasaki, T., 1983.** *Effect of nitrogen source on growth and mineral uptake in plants under constant pH and conventional culture conditions.* Biologie des Ohara Instituts für Landwirtschaftliche Biologie. 18: 125-144.
- Παναγιωτόπουλος Λ.,** *Η λίπανση της αγγουριάς,* Πάτρα 1993, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
- Pill, W.G., and Lambeth, V.N., 1977.** *Effects of NH₄ and NO₃ Nutrition with and without pH Adjustment on Tomato Growth, Ion Composition, and Water Relations.* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 78-81.
- Sasseville, D.N., and Mills, H.A., 1979.** *N Form and Concentration: Effects on Reproductive Development, Growth and N Content of Southern Peas.* J. of Pl. Nutrition. 1:241-254.
- Welleman, P.C., Smulders, P.M., 1988.** *Latest developments in soilless growing on grodan rockwool in Holland.* Acta Horticulturae, 221:347-356.
- Σάββας Δ.,** *Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV,* Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας 1995
- Σάββας Δ.,** *Σημειώσεις Λαχανοκομίας II,* Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας 1995
- Savvas D. and Adamidis K., 1999.** *Automated Management of Nutrient Solutions Based on Target Electrical Conductivity, pH, and Nutrient Concentration Ratios.* Journal of plant nutrition, 22 (9), 1415 – 1432