

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΣΤΕΓ

ΤΜΗΜΑ: ΘΕΚΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

"Η εκτός εδάφους καλλιέργεια αγγουριάς (*Cucumis sativus* L.) και η επίδραση του αζώτου στην παραγωγή και ποιότητα του προϊόντος"



Σπουδαστής:

Μπάρτζας Δημήτριος

Εισηγητής:

Κώτσιρας Αναστάσιος

Επιστημονικός Συνεργάτης

Καλαμάτα, 1996

Αφιερώνεται στους γονείς μου ++

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	iii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΓΕΝΙΚΑ

1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	1
1.2	ΟΡΙΣΜΟΙ - ΕΝΝΟΙΕΣ	3
1.3	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΚΟΚΚΩΔΗ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	8
2.1.1.	Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture)	8
2.1.2	Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture)	10
2.1.3	Καλλιέργεια σε διογκωμένο perlite	11
2.1.4	Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα	13
2.1.4.1	Πετροβάμβακας GRODAN	20
2.1.4.2	Πετροβάμβακας TAMIS	25
2.2	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΚΑΘΑΡΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ	28
2.2.1.	Καλλιέργεια σε δοχεία γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα	28
2.2.2	Σύστημα NFT	29
2.2.3	Αεροπονία	35
2.2.4	Επιδαπέδια υδροπονία	37
2.3	ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	39
2.3.1.	Σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων	39
2.3.2	Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων	50
2.3.3	Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	56
3.2	ΕΠΟΧΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ - ΕΚΛΟΓΗ ΥΒΡΙΔΙΟΥ	60
3.2.1	Τα κριτήρια επιλογής υβριδίων	61

3.3	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	66
3.3.1	Αρδευση	68
3.3.2	Ετοιμασία φυτών - Καλλιέργεια	70
3.4	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ	73
3.4.1	Λίπανση και θρέψη της καλλιέργειας	73
3.4.2	Υποστύλωση	75
3.4.3	Κλάδεμα	76
3.4.4	Φυτοπροστασία των εχθρών της αγγουριάς	81
3.5	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	90
3.6	ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ	92
3.6.1	Διαλογή	92
3.6.2	Συσκευασία	92
3.6.3	Αποθήκευση	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

4.1	ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ - ΤΟ ΑΖΩΤΟ	94
4.2	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ (ΓΕΝΙΚΑ)	99
4.2.1.	Συσσώρευση νιτρικών για φυτά ως τροφή του ανθρώπου	100
4.2.2	Οι δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών	104
4.2.3	Συμπεράσματα	110
4.3	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΕ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΤΕΙ - Κ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	111
4.3.1.	Εισαγωγή	111
4.3.2	Υπόστρωμα καλλιέργειας	112
4.3.3	Καλλιέργεια των φυτών	113
4.3.4	Θρεπτικά διαλύματα	117
4.3.5	Συμπεράσματα	123
4.3.6	Προτάσεις	125
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126

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.

Οι αντικειμενικοί σκοποί αυτής της μελέτης είναι κατ' αρχήν να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τις επιστημονικές αρχές και τις πρακτικές μεθόδους καλλιέργειας της αγγουριάς. Επίσης να δώσει μερικές λεπτομέρειες για την απόκτηση δεξιοτεχνιών από τους ενδιαφερόμενους, γι' αυτό και η ύλη είναι αρκετά λεπτομερής.

Το κείμενο της μελέτης αυτής συνδυάζεται και με ορισμένους πίνακες και εικόνες για την καλύτερη κατανόησή του. Περιέχει δε πληροφορίες οι οποίες έχουν γενικότερη εφαρμογή σε όλες τις καλλιεργούμενες περιοχές της Ελλάδας.

Το πρώτο μέρος (Κεφ. 1 και Κεφ. 2) ασχολείται με βασικές πληροφορίες και αρχές, οι οποίες είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν και σε άλλες καλλιέργειες εκτός εδάφους, εκτός της αγγουριάς. Το δεύτερο μέρος (Κεφ. 3 και Κεφ.4) περιγράφει τους ειδικούς τρόπους καλλιέργειας της αγγουριάς.

Τελειώνοντας, θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Αναστάσιο Κώτσιρα, επιστημονικό συνεργάτη, για την επιλογή του θέματος, τη βοήθειά του στην ανεύρεση συμπληρωματικής βιβλιογραφίας και τις υποδείξεις του καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Κ. Κυριάκο Μαρκόπουλο, επίκουρο καθηγητή, για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Ο συγγραφέας

Μπάρτζας Α. Δημήτριος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

"ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΓΕΝΙΚΑ"

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

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 στον 17ο 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 Duhamel Monceau συνέχισε την ιδέα της εκτός εδάφους καλλιέργειας.

Το 19ο αιώνα, εξαιτίας του Γάλλου Boyssingault 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.ά.) κατόρθωσαν να εξερευνήσουν σε βάθος τον τομέα της θρέψης φυτών. Οι Γερμανοί Knop και Sachs, μελέτησαν την επίδραση των διάφορων στοιχείων στη θρέψη των φυτών.

Ενώ η νέα αυτή μέθοδος καλλιέργειας χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για επιστημονικές εργασίες, οι Αμερικανοί 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 γαριφάλου σε θερμοκήπιο πάνω σε πάγκους.

Το 1928 στο Σταθμό του New Jersey έφτασαν να γίνουν εμπορεύσιμα τα πρώτα ινθοκομικά 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 δεύτερου 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, άσφαλτο, τούβλα κ.λπ., 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 ΗΠΑ, 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 19ου Συνεδρίου Φυτολογίας στο Scheveningen, όλοι οι ερευνητές που ασχολούνταν με την υδροπονία συμφώνησαν για την ίδρυση του International Working Group on Soilless 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.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ - ΕΝΝΟΙΕΣ

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 Dantyan (1980) προτείνει, χρησιμοποιείται για όλες τις κατηγορίες των εκτός εδάφους ή χωρίς έδαφος καλλιεργειών, δεδομένου ότι κοινό γνώρισμα όλων ανεξαρτήτως αυτών των καλλιεργειών και 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 ορισμό και το είδος των φάσεων που συμμετέχουν κ.λπ.

Με βάση την πρόταση του Dantyan, 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 συγκρότησή 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 Dantyan έχουμε τις ακόλουθες μορφές υδροπονικών καλλιεργειών:

- **Δύο φάσεων υπόστρωμα (N.F.T.):** Νερό (θρεπτικό διάλυμα) με το διαλυμένο σ' αυτό αέρα.
- **Δύο φάσεων υπόστρωμα (Αεροπονική):** Αέρας και νερό (ψευκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα).

- **Τριών φάσεων υπόστρωμα:** Στερεό υλικό, νερό (με τα διαλυμένα θρεπτικά στοιχεία) και αέρα.

Κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός διαλύματος κατάλληλου για μία συγκεκριμένη καλλιέργεια θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε η συνολική συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα των ανόργανων ιόντων, οι μεταξύ τους αναλογίες και η τιμή του pH να είναι οι κατάλληλες, ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες που επικρατούν. Κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα.

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται εντός στερεών υποστρωμάτων εμποτισμένων με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα ή εντός καθαρού θρεπτικού διαλύματος, από το οποίο τα φυτά προσπορίζονται τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τα διάφορα υποστρώματα καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είτε δεν αποδίδουν καθόλου θρεπτικά στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα χωρίς όμως και να δεσμεύουν ιόντα από αυτό, οπότε χαρακτηρίζονται χημικώς αδρανή, είτε απελευθερώνουν ορισμένα ιόντα σε μικρές ποσότητες (π.χ. τύρφη, βερμικουλίτης).

Ταυτόσημοι με τον όρο υδροπονικές καλλιέργειες είναι και οι όροι υδροκαλλιέργειες ή καλλιέργειες εκτός εδάφους. Ορισμένοι επιστήμονες στο εξωτερικό θεωρούν τον όρο "καλλιέργεια εκτός εδάφους" (soilless culture) σαν τον πλέον δόκιμο για το σύνολο αυτών των μεθόδων καλλιέργειας, ενώ με τους όρους υδροπονία (hydroponics) ή υδροκαλλιέργεια (water culture) αντιλαμβάνονται μόνο τις μεθόδους καλλιέργειας σε καθαρά υδατικά διαλύματα, στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρωμάτων. Στην Ελλάδα όμως έχει επικρατήσει να ονομάζονται υδροπονικές όλες οι καλλιέργειες εκτός εδάφους,

οπότε ο όρος υδροπονία θα χρησιμοποιηθεί και στο παρόν άρθρο με την οικουμενική έννοια. Άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται από ορισμένους μεν σαν συνώνυμοι, από άλλους δε για το χαρακτηρισμό επιμέρους κατηγοριών υδροπονικών συστημάτων είναι οι ονομασίες **καλλιέργεια σε υπόστρωμα** ή **καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα**.

Παραλλαγή της υδροπονίας είναι και η αεροπονία. Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της τις απαιτούμενες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε **ανοιχτά** και **κλειστά**.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται **ανοιχτό**, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που ως πλεονάζον απορρέει από το χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου).

Κλειστό αντίθετα καλείται κάθε υδροπονικό σύστημα, στο οποίο το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το ριζικό σύστημα συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με τη βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή μία συνεχή κυκλική ροή του διαλύματος (**ανακύκλωση**). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ποσότητα νέου διαλύματος που εισάγεται στο σύστημα ισούται με την ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, στο βαθμό τουλάχιστον που δεν υπάρχουν διαρροές και οι αγωγοί, μέσα από τους οποίους ρέει το διάλυμα, είναι καλυμμένοι, οπότε οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες.

1.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Παρόλη την εξέλιξη της επιστήμης στον τομέα της θρέψης φυτών, που επιτρέπει και προωθεί την πραγματοποίηση και εξέλιξη καθαρά υδροπονικών καλλιιεργειών, όπως αυτής του Ν.Ε.Τ. 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 παραγομένων 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 καλλιιεργειών εδάφους (ανεξαρτητοποίηση από τα προβλήματα του τελευταίου), 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.λπ.).

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

Στο μεγαλύτερο μέρος τους, οι υδροπονικές καλλιέργειες στην Ελλάδα, αφορούν την τομάτα, το αγγούρι και το μαρούλι. Φαίνεται πως οι προοπτικές εξέλιξής τους είναι καλές, κυρίως για τις καλλιέργειες σε υποστρώματα και ιδιαίτερα για κάποια εγχώρια υλικά όπως είναι η ελαφρόπετρα.

1974	<i>Guernsey</i>	1.500 στρ καλλιέργειας σε growth bags
1975	<i>Ολλανδία</i>	10 στρ σε πετροβάμβακα
1978	<i>Ολλανδία</i>	250 στρ σε πετροβάμβακα
	<i>Αγγλία</i>	166 στρ καλλιέργεια NFT εκ των οποίων: 137,6 στρ τομάτα, 24,3 στρ μαρούλι και 8,1 στρ άλλες καλλιέργειες
1980	<i>Ολλανδία</i>	1.500 στρ σε πετροβάμβακα
	<i>Αγγλία</i>	340 στρ NFT εκ των οποίων: 259 με τομάτα, 68 μαρούλι και 16,2 άλλες καλλιέργειες
	<i>Βέλγιο</i>	Πραγματοποίηση πρώτης καλλιέργειας φρούλας σε NFT
1982	<i>Γαλλία</i>	1.500 στρ καλλιέργειας εκτός εδάφους 461,4 στρ NFT εκ των οποίων: 380,4 τομάτα, 68,8 μαρούλι και 8,1 άλλες καλλιέργειες
1983	<i>Ολλανδία</i>	8.000 στρ σε πετροβάμβακα
	<i>Γαλλία</i>	500 στρ ανθοκαλλιέργειες εκτός εδάφους
	<i>Βέλγιο</i>	Πρώτη καλλιέργεια σε ανακυκλωμένη πολυουρεθάνη
	<i>Αγγλία</i>	590 στρ NFT
1984	<i>Γαλλία</i>	3.000 - 4.000 στρ καλλιέργειας εκτός εδάφους. Ανθοκαλλιέργειες 500 - 800 στρ. Λαχανικά 3.000 - 3.200 στρ. Πετροβάμβακας 1.600 - 1.700 στρ. Τύρφη 600 - 700 στρ. Rouzzolane (ηφαιστειογενές χώμα) 500 στρ. NFT 200 στρ. Πολυουρεθάνη 15 στρ. Φλοιοί δένδρων 15 στρ
1985	<i>Γαλλία</i>	Λαχανοκομικές καλλιέργειες 4.000 στρ. Τύρφη 1.000 στρ, Πετροβάμβακας 2.000 στρ, Rouzzolane και τύρφη 700 στρ, NFT 300 στρ. Ανθοκαλλιέργειες 480 στρ
1986	<i>Γαλλία</i>	4.000 στρ
	<i>Ολλανδία</i>	επιπλέον 25.000 στρ
	<i>Ιαπωνία</i>	5.000 στρ
	<i>Αγγλία</i>	4.000 στρ
	<i>Βέλγιο</i>	3.000 στρ και 300 στρ NFT
1989	<i>Αγγλία</i>	530 στρ NFT και 3.740 στρ σε υπόστρωμα
	<i>Βέλγιο</i>	1.300 στρ NFT και 6.500 στρ σε υπόστρωμα
	<i>Γαλλία</i>	830 στρ NFT και 7.450 στρ σε υπόστρωμα
	<i>Γερμανία</i>	7.000 στρ NFT και 900 στρ σε υπόστρωμα
	<i>ΗΠΑ</i>	14.900 στρ NFT και 49.940 στρ σε υπόστρωμα
	<i>Ολλανδία</i>	2.100 στρ NFT και 30.000 στρ σε υπόστρωμα
1993	<i>Ελλάδα</i>	120 - 150 στρ, από τα οποία περίπου 90 πετροβάμβακας, Λαχανοκομικές καλλιέργειες 120 στρ Ανθοκομικές καλλιέργειες 30 στρ.

Πίνακας 1. Στατιστικά στοιχεία επέκτασης υδροπονικών καλλιέργειών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

"ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ"

2.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΚΟΚΚΩΔΗ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

2.1.1 Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture)

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπισθεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου αφού ισοπεδοθεί επικαλύπτεται με ένα πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια, πάνω στο οποίο απλώνεται η άμμος σε ένα στρώμα πάχους περίπου 5-10 cm περίπου.

Τα φυτά τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η παροχή του διαλύματος στα φυτά γίνεται είτε με μικροσωλήνες (spaghetti tubes) είτε με ενσωματωμένους σταλάκτες εφόσον η άμμος είναι απλωμένη στην επιφάνεια του θερμοκηπίου ή κατά μήκος υδρορροών. Συνήθως υπάρχει ένας σταλάκτης ανά φυτό. Συχνή όμως είναι και η χρησιμοποίηση δύο σταλακτών ανά φυτό με στόχο την καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος αλλά και την προστασία από αποφράξεις σταλακτών.

Το θρεπτικό διάλυμα που εξέρχεται από κάθε σταλάκτη, εισέρχεται στην άμμο, όπου διηθείται κατακόρυφα προς τα κάτω δια μέσου του υποστρώματος. Ένα μικρό μέρος του διαλύματος παραμένει στο πορώδες της άμμου, ενώ το υπόλοιπο στραγγίζει και τελικά απορρέει από το χώρο των ριζών μέσω οπών ή

σχισμών που έχουν ανοιχθεί στον πυθμένα του δοχείου, του σάκου ή του πλιστικού επιστρώματος που περιέχουν ή υποστηρίζουν την άμμο. Το σύστημα μπορεί να είναι κλειστό ή ανοιχτό, ανάλογα με το αν το διάλυμα που απορρέει μέσω των σχισμών ή των οπών αποστράγγισης συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται ή χάνεται στο έδαφος.

Οι κόκκοι της άμμου έχουν μικρό έως μηδαμινό πορώδες και επομένως δεν συγκρατούν νερό στο εσωτερικό τους. Η άμμος ως σύνολο σχηματίζει εκτεταμένο πορώδες στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των κόκκων. Επειδή όμως η άμμος είναι ένα σχετικά χονδρόκοκκο υλικό (0,2-4,0 mm) οι πόροι αυτοί στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι μεγάλου μεγέθους, με συνέπεια να μην μπορούν να συγκρατήσουν νερό. Γι' αυτό η άμμος παρουσιάζει μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, συγκρινόμενη με άλλα υποστρώματα. Εξαιτίας της χαμηλής ικανότητας συγκράτησης υγρασίας η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές κατά τη διάρκεια μιας ημέρας) για να διατηρείται συνεχώς αρκετά υγρή για την ανάπτυξη των ριζών. Αυτό όμως συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται, λόγω απορροής σημαντικού μέρους του διαλύματος σε κάθε πότισμα. Αυτές οι απώλειες βέβαια μπορούν κατά ένα μέρος να αποφευχθούν μέσω της μείωσης του χρόνου παροχής διαλύματος σε κάθε πότισμα. Για να μειωθούν δραστικά όμως οι μεγάλες απώλειες σε νερό και λιπάσματα που παρατηρούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες σε άμμο η πλέον αποτελεσματική λύση είναι η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από το χώρο των ριζών.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών όμως η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

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
Συνθετικά	Πλαστικό διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουθεράνη
Οργανικά		
Φυτικά	Φυσικά προϊόντα Απόβλητα γεωργ. βιομηχανιών	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δένδρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κυτταρικά απόβλητα

Πίνακας 2. Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευσή τους

2.1.2 Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture)

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο μικρή από την αντίστοιχη της άμμου). Γι' αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Η τεχνική της εγκατάσταση μίας υδροπονικής καλλιέργειας σε χαλίκι είναι σε γενικές γραμμές ανάλογη με αυτή που ακολουθείται στις καλλιέργειες σε άμμο. Ανάλογα επίσης με αυτά της άμμου είναι και τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις υδροπονικές καλλιέργειες σε χαλίκι. Σαν μειονέκτημα, εκτός από την έλλειψη ικανότητας συγκράτησης νερού πρέπει ακόμη να αναφερθεί και το υψηλό ειδικό του βάρος το οποίο καθιστά τη μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολους και επίπονους και επομένως αρκετά δαπανηρή.

2.1.3 Καλλιέργεια σε διογκωμένο perlίτη

Ο perlίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το πρωτογενές ορυκτό όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 1200-1300°C, διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλασίου έως εικοσιπλασίου περίπου όγκου από τον αρχικό. Η ιδιότητά του αυτή χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία για τη δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους παραμένει αέρας και μετά τη διαβροχή του υλικού. Η ιδιότητά του αυτή, παράλληλα με τη χημική του αδράνεια (απουσία ανταλλακτικής ικανότητας), κάνουν τον perlίτη ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση ως υπόστρωμα καλλιέργειας.

Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα perlίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσυρο, Κω, κ.λπ.. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος perlίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο.

Η στερεά μάζα του perlίτη συνίσταται κατά τα 3/4 περίπου από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), ενώ το υπόλοιπο 1/4 είναι οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) σε ποσοστό 14%, καθώς επίσης και οξείδια του νατρίου, του καλίου, του σιδήρου, κ.λπ. σε μικρότερη ποσότητα. Το μέγεθος των κόκκων που συνίσταται για υδροπονία είναι 3-5 mm (διάμετρος). Το ολικό πορώδες του perlίτη ανέρχεται στο 95%, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200-450% του βάρους του (ανάλογα με την κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40-150 Kg/m^3 (Χαρίτοζ, 1989).

Από πειράματα και από την μέχρι σήμερα καλλιεργητική εμπειρία έχει αποδειχθεί ότι μια ποσότητα 4-5 l perlίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων καρποδοτικών κηπευτικών (τομάτα, πιπεριά, αγγούρι κ.λπ.). Ειδικά για καλλιέργεια αγγουριού η ποσότητα perlίτη ανά φυτό θα μπορούσε ίσως να είναι λίγο μεγαλύτερη. Ο perlίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να

απλωθεί χύδην μέσα σε υδρορροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καλλιέργειας κηπευτικών σε περλίτη είναι η προβλάστηση των σποροφύτων σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτησή τους κατά τη μεταφύτευση πάνω στους σάκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Φυτά τα οποία είναι ανθεκτικά στη μεταφυτρωτική διαταραχή όπως η τομάτα μπορούν εναλλακτικά να σπαρθούν ομαδικά σε κιβώτια σποράς με περλίτη και αργότερα, μόλις φθάσουν σε ηλικία κατάλληλη για μεταφύτευση, να μεταφυτευτούν μόνιμα πάνω στο υπόστρωμα που περιέχεται στους σάκους ή στις γλάστρες. Αντίθετα, φυτά ευαίσθητα στη μεταφυτευτική διαταραχή όπως το αγγούρι, θα πρέπει κατά προτίμηση να σπέρνονται απευθείας σε ατομικά κυβάκια. Η παρασκευή και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Σημαντικό είναι βέβαια, κατά τον καθορισμό της ποσότητας και της συχνότητας παροχής θρεπτικού διαλύματος, να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα συγκράτησης νερού του περλίτη σε συνδυασμό με την ποσότητα υποστρώματος ανά φυτό ώστε να μην διψούν τα φυτά στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των ποτισμάτων με θρεπτικό διάλυμα.

Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη καλλιέργεια γιατί οι κόκκοι του γρήγορα θρυμματίζονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται το πορώδες του και να μειώνεται έτσι η ικανότητά του για συγκράτηση του αέρα στις επιθυμητές για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί η θρέψη να είναι η ενδεδειγμένη. Το μεγάλο πλεονέκτημα του περλίτη όμως σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του.

2.1.4 Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα

Είναι η πλέον διαδεδομένη υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας σήμερα. Η μεγάλη της εξάπλωση κατ' αρχήν οφείλεται στην ύπαρξη πετροβάμβακα σε αφθονία στις χώρες που πρώτες αναγκάστηκαν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία για εμπορική καλλιέργεια κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών σε μεγάλη κλίμακα (Ολλανδία - Δανία). Εξίσου σπουδαίο ρόλο έπαιξαν βέβαια και οι άριστες ιδιότητες του πετροβάμβακα που τον καθιστούν ιδεώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.

Η υδροπονική καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών σε υπόστρωμα πετροβάμβακα ξεκίνησε αρχικά στις Σκανδιναβικές χώρες και στην Ολλανδία κατά τα μέσα της δεκαετίας του '70. Το κύριο κίνητρο που έσπρωξε τους καλλιεργητές θερμοκηπίων των χωρών αυτών να μεταπηδήσουν στην υδροπονία ήταν η ανάγκη για απεξάρτηση από τους περιορισμούς που έθετε το έδαφος στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των καλλιεργειών τους. Η δυνατότητα γι' αυτή την αλλαγή δόθηκε χάρις στις προόδους που είχαν εν τω μεταξύ γίνει στην επιστήμη της διατροφής των φυτών, αλλά κυρίως χάρις στην τυχαία ανακάλυψη των μοναδικών ιδιοτήτων του πετροβάμβακα ως υποστρώματος για υδροπονικές καλλιέργειες. Χάρις στις ιδιότητές του αυτές ο πετροβάμβακας γρήγορα εξαπλώθηκε στα θερμοκήπια της βόρειας Ευρώπης καθιστώντας την υδροπονία συνήθη καλλιεργητική πρακτική για την πλειοψηφία των καλλιεργητών θερμοκηπίων. Η εξάπλωση της χρήσης του πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας έλαβε σύντομα τέτοια έκταση, ώστε σήμερα πάνω από το 90% των υπό κάλυψη καλλιεργούμενων καρποδοτικών λαχανικών (ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, κ.λπ.) στην Ολλανδία να παράγεται σε υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα πετροβάμβακα.

Αντίθετα από τη Βόρεια Ευρώπη, στις χώρες της μεσογειακής Ευρώπης και μεταξύ αυτών και στην Ελλάδα, η υδροπονία άργησε να ξεκινήσει και μέχρι σήμερα ακόμη δεν έχει εξαπλωθεί σε μεγάλο βαθμό. Ο κυριότερος λόγος γι' αυτή την καθυστέρηση είναι το γεγονός ότι στις μεσογειακές χώρες οι

θερμοκηπιακές κατασκευές συνήθως είναι απλές με συνέπεια οι παραγωγοί να είναι αρκετά απρόθυμοι να αναλάβουν το κόστος της αγοράς υποστρώματος και της προμήθειας του αναγκαίου εξοπλισμού, αφού κατά κανόνα δεν είναι μαθημένοι να επενδύουν στα θερμοκήπιά τους. Στη δεκαετία του '80, μία εποχή όπου στη βόρεια Ευρώπη η εξάπλωση της υδροπονίας γινόταν με αλματώδεις ρυθμούς, οι θερμοκηπιακές μονάδες που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν πετροβάμβακα για να καλλιεργήσουν λαχανικά ή άνθη στην Ελλάδα ήταν μετρημένες στα δάχτυλα του ενός χεριού, ενώ το υπόστρωμα το προμηθεύονταν με απευθείας εισαγωγή από τις εταιρείες που το παρήγαγαν στο εξωτερικό. Στο μεταξύ όμως, αφ' ενός η ορμητική εξάπλωση της χρήσης πετροβάμβακα για υδροπονία στο εξωτερικό και αφ' ετέρου τα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα κούρασης των εδαφών και εξάπλωσης των εδαφογενών ασθενειών που εμφανίζονταν, αύξησαν και στην Ελλάδα το ενδιαφέρον για τη νέα αυτή μέθοδο καλλιέργειας στο θερμοκήπιο. Μέσα σ' αυτό το κλίμα από τις αρχές της δεκαετίας του '90 άρχισε και στην Ελλάδα η εξάπλωση της υδροπονικής καλλιέργειας λαχανικών και ανθέων σε υπόστρωμα πετροβάμβακα.

Η αρχική απόδοση του πετροβάμβακα στην Ελληνική αγορά ήταν αρκετά ενθαρρυντική. Ήδη από τον πρώτο χρόνο η υδροπονία σε πετροβάμβακα άρχισε να εφαρμόζεται σε 80 περίπου στρέμματα θερμοκηπίου. Η εξάπλωση της υδροπονίας συνεχίσθηκε και τον επόμενο χρόνο, όμως στην πορεία αποδείχθηκε ότι ένα βασικό εμπόδιο για την περαιτέρω διάδοσή της ήταν το κόστος της, δεδομένου ότι τόσο το υπόστρωμα όσο και το μεγαλύτερο μέρος του απαιτούμενου εξοπλισμού είναι εισαγόμενα.

Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό. Παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από διαβάση, 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600°C. Ο άνθρακας χρησιμεύει κυρίως σαν καύσιμη ύλη για την επίτευξη αυτής της θερμοκρασίας. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο από το χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή

λεπτών βελονών πάχους 6-8 μικρών (μ), δηλαδή 0.005 mm και μήκους 3mm. Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές βελόνες συμπλέκονται και συγκολλώνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με τη βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96% πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60-100 Kgr/m³ και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Για χρήση στη γεωργία σαν υπόστρωμα καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιούνται είτε κύβοι (για προβλάστηση και παραγωγή σποροφύτων για μεταφύτευση) είτε ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά τη μεταφύτευση).

Το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται ανάλογα με τη διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο (αποστάσεις φύτευσης, μονές ή διπλές γραμμές φυτών κ.λπ.) και κυρίως ανάλογα με τον όγκο υποστρώματος ανά φυτό που επιδιώκεται για κάθε καλλιεργούμενο είδος. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού. Λόγω της μεγάλης σημασίας που έχουν οι ιδιότητες αυτές στη συμπεριφορά του πετροβάμβακα σαν υπόστρωμα καλλιέργειας, το θέμα αυτό θα εξηγηθεί κάπως εκτενέστερα.

Όπως προαναφέρθηκε, το 92-96% του πετροβάμβακα είναι πόροι που όταν το υλικό είναι ξηρό περιέχουν αέρα, ενώ μόνο το 4-8% του όγκου του αποτελείται από στερεά ύλη. Οι πόροι του πετροβάμβακα όμως, λόγω του τρόπου παρασκευής του, διαφέρουν σημαντικά από αυτούς του εδάφους ή άλλων υποστρωμάτων, όπως π.χ. η τύρφη, ο περλίτης κ.λπ. Όπως ειπώθηκε πιο πάνω, η δομή του πετροβάμβακα προκύπτει ως αποτέλεσμα της ακανόνιστης συγκόλλησης λεπτών άκαμπτων βελονών μεταξύ τους σε όλες τις διευθύνσεις, οπότε σχηματίζεται μία αραιή τρισδιάστατη πλέξη. Επομένως οι πόροι του στην πραγματικότητα είναι μικρές κοιλότητες ακανόνιστου σχήματος και παραπλήσιου μεγέθους. Σε αυτή την κατάσταση ο πετροβάμβακας είναι μάλλον υδρόφοβος, δεδομένου ότι οι λεπτές βελόνες της πλέξης του, λόγω των δυνάμεων επιφανειακής τάσης, δεν συγκρατούν το νερό πάνω τους. Αυτή η

συμπεριφορά αντιστρέφεται από τις βιομηχανίες παρασκευής πετροβάμβακα για γεωργική χρήση μέσω της προσθήκης ενός ειδικού προσκολλητικού (tenside) στην ψυχόμενη λάβα κατά τη διαδικασία της παρασκευής του υποστρώματος. Χάρης στο προσκολλητικό αυτό που καλύπτει την επιφάνεια των βελονών, η επιφανειακή τάση εξουδετερώνεται με συνέπεια όλοι σχεδόν οι πόροι του να μπορούν να γεμίσουν με νερό, όταν ο πετροβάμβακας διαβρέχεται. Ο βασικός παράγοντας που διαφοροποιεί το βαθμό πλήρωσης των πόρων με νερό στα διάφορα τμήματα του πετροβάμβακα είναι η βαρύτητα και επομένως το ύψος του συγκεκριμένου σημείου από τη βάση του υποστρώματος. Έτσι, στα χαμηλότερα στρώματα των πλακών ή των κύβων του πετροβάμβακα η πληρότητα των πόρων με νερό σε κατάσταση κορεσμού αγγίζει σχεδόν το 100% ενώ όσο προχωρούμε προς τα επάνω το ποσοστό αυτό μειώνεται ενώ παράλληλα αυξάνεται η περιεκτικότητα του πορώδους σε αέρα. Το αποτέλεσμα είναι, η συνολική περιεκτικότητα του πετροβάμβακα σε νερό και αέρα σε κατάσταση κορεσμού να εξαρτάται κυρίως από το ύψος των τεμαχιδίων του υλικού που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Η ευνοϊκότερη αναλογία μεταξύ αέρα και νερού μέσα στο υπόστρωμα προκύπτει όταν τα τεμάχια του υποστρώματος (πλάκες, κύβοι) έχουν ύψος περίπου 7,5 cm. Προσθήκη περισσότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό αύξησης του ύψους των πλακών ή των κύβων πάνω από 7,5 cm συνήθως δεν είναι σκόπιμη, αφού στα στρώματα του πετροβάμβακα που βρίσκονται πάνω από αυτό το ύψος η περιεκτικότητα σε νερό θα είναι πολύ χαμηλή. Επομένως, ο επιπλέον όγκος υποστρώματος δεν θα αξιοποιείται ικανοποιητικά για την αύξηση της συγκράτησης νερού (θρεπτικού διαλύματος) μετά από κάθε πότισμα. Εξαιρέση αποτελούν καλλιέργειες με ιδιαίτερη ευαισθησία σε μυκητολογικές ασθένειες του λαιμού, οι οποίες απαιτούν χαμηλή υγρασία στην περιοχή αυτή του φυτού, οπότε το συνιστώμενο ύψος των πλακών καλλιέργειας μπορεί να αυξηθεί στα 10 cm (π.χ. ζέρμπερι).

Από όσα εκτέθηκαν παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι το νερό που περιέχει ο πετροβάμβακας είναι στο σύνολό του σχεδόν διαθέσιμο για τα φυτά, αφού

ουσιαστικά το νερό δεν συγκρατείται σε μικρούς πόρους μέσω μύζησης όπως συμβαίνει με τα πορώδη του εδάφους και των περισσότερων άλλων υποστρωμάτων.

Ειδικά οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες είναι σε θέση, σε κατάσταση κορεσμού, να συγκρατούν περισσότερο νερό (περίπου 80% του όγκου τους) σε σύγκριση με τους πετροβάμβακες που έχουν πιο αραιή πλέξη και επομένως χαμηλότερο ειδικό βάρος.

Η ικανότητα που διακρίνει τους τύπους πετροβάμβακα με σχετικά μεγάλο ειδικό βάρος να συγκρατούν περισσότερο νερό οφείλεται στην πυκνότερη πλέξη των ινών του η οποία έχει σαν συνέπεια οι πόροι του να είναι κατά μέσο όρο μικρότεροι σε μέγεθος. Χάρη στην ιδιότητά τους αυτή οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες παρέχουν στις καλλιέργειες μεγαλύτερη προστασία από τον κίνδυνο να διψάσουν κάποια στιγμή τα φυτά λόγω πρόωρης εξάντλησης του νερού στην περιοχή του ριζοστρώματος ως αποτέλεσμα της έντονης διαπνοής που χαρακτηρίζει τα μεσογειακά κλίματα. Επιπλέον, η ικανότητα συγκράτησης περισσότερου νερού ανά μονάδα όγκου δίνει τη δυνατότητα διεξαγωγής της καλλιέργειας με μικρότερη κατανάλωση νερού και λιπασμάτων, λόγω περιορισμού των απωλειών νερού κατά τα ποτίσματα. Οι απώλειες αυτές προέρχονται από την απορροή μέρους του χορηγουμένου διαλύματος. Απορροή εμφανίζεται εφόσον ο πετροβάμβακας κορεσθεί με διάλυμα πριν ακόμη τελειώσει το πότισμα. Επειδή λοιπόν οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες έχουν μεγαλύτερη υδατοχωρητικότητα, τα ποτίσματα μπορούν να γίνονται σε αραιότερα χρονικά διαστήματα χωρίς κίνδυνο για την καλλιέργεια, ενώ δεν είναι απαραίτητο να στοχεύουν κάθε φορά στον πλήρη κορεσμό των υποστρωμάτων με θρεπτικό διάλυμα. Έτσι η πιθανότητα, κατά το επόμενο πότισμα, το υπόστρωμα να είναι ακόμη γεμάτο με θρεπτικό διάλυμα και ένα μεγάλο μέρος της ποσότητας που θα χορηγηθεί να μην μπορεί να συγκρατηθεί και να απομακρυνθεί ως απορροή είναι μικρότερη.

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανόργανων

στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου. Παρακάτω δίνεται ενδεικτικά η χημική σύνθεση δύο διαφορετικής προέλευσης τύπων πετροβάμβακα.

Χημική ένωση	πετροβάμβακας GRODAN ¹	πετροβάμβακας TAMIS ²
SiO ₂	47 %	38,3 %
CaO	16 %	21,2 %
Fe ₂ O ₃	8 %	12,8 %
Al ₂ O ₃	14 %	14,1 %
MgO	10 %	9,0 %
Na ₂ O	2 %	3,5 %
K ₂ O	1 %	1,0 %
MnO	1 %	
TiO ₂	1 %	

(1): Verwer and Welleman, 1980

(2): Ανθοκηπευτική Αργυράκη, 1995.

Οι διακυμάνσεις στη χημική σύνθεση των διαφόρων τύπων πετροβάμβακα οφείλονται κυρίως στη διαφορετική σύσταση της πρώτης ύλης (σύσταση ορυκτού διαβάση) που χρησιμοποιούν τα διάφορα εργοστάσια παρασκευής του και δευτερευόντως σε διαφορετική τεχνολογία επεξεργασίας αυτών.

Τα οξείδια που συμμετέχουν στη σύνθεση του πετροβάμβακα είναι πρακτικά αδιάλυτα όταν το pH του θρεπτικού διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 5.5-6.5. Εκτός αυτού, κανένα από τα προαναφερθέντα οξείδια δεν φέρει θέσεις ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων όπως τα κολλοειδή του εδάφους και επομένως ο πετροβάμβακας στερείται ανταλλακτικής ικανότητας. Γι' αυτό το λόγο ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Χάρη στον τρόπο παρασκευής του (τήξη της πρώτης ύλης στους 1600°C) ο πετροβάμβακας είναι πλήρως αποστειρωμένος και επομένως πλήρως

απαλλαγμένος από οποιουδήποτε είδους ζιζάνια, μικρόβια και ζωικούς εχθρούς.

Από όσα προαναφέρθηκαν είναι προφανές ότι η άριστη συμπεριφορά του πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας οφείλεται:

α) στην υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που τον χαρακτηρίζει, σε συνδυασμό με την επίτευξη άριστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού στο πορώδες του,

β) στο γεγονός ότι το νερό που συγκρατεί ο πετροβάμβακας είναι σχεδόν στο σύνολό του εύκολα διαθέσιμο για τα φυτά, πράγμα που δεν συμβαίνει με τα περισσότερα άλλα υποστρώματα,

γ) στη χημική του αδράνεια, που δίνει τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να καθορίζει και να ελέγχει πλήρως τη θρέψη των φυτών που αναπτύσσονται πάνω του μέσω της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος,

δ) στην πλήρη απουσία παθογόνων, ζωικών εχθρών και ζιζανίων σε οποιαδήποτε μορφή μέσα στη μάζα του, με συνέπεια να παρέχεται αποτελεσματική προστασία στην καλλιέργεια από ζιζάνια και ασθένειες εδάφους,

ε) στη δυνατότητα που υπάρχει και καθορίζεται εύκολα όχι μόνο ο όγκος που θα χρησιμοποιηθεί αλλά και το σχήμα του (πλάκες, κύβοι, κ.λπ.), χωρίς να εξαρτάται κανείς από τα υλικά συσκευασίας του (σάκοι, κ.λπ.) ή υποδοχής του στο χώρο του θερμοκηπίου (γλάστρες, φυτοδοχεία διαφόρων τύπων, κ.λπ.).

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται σε μορφή πλακών, διαστάσεων αναλόγων με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5x15x100 cm ενώ για τα ανθοκομικά φυτά οι διαστάσεις είναι τελείως διαφορετικές από είδος σε είδος. Οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες (περίπου 120 g/l) έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσης και είναι κατάλληλοι για 5-6 καλλιέργειες μικρής διάρκειας (των 4-5 μηνών) ή τρεις καλλιέργειες μεγάλης διάρκειας (8-10 μηνών).

2.1.4.1 Πετροβάμβακας GRODAN

Grodan είναι το εμπορικό όνομα του πετροβάμβακα που παράγεται και εμπορεύεται από την εταιρεία Grodania A/S.

Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του πετροβάμβακα (stonewool, rockwool) είναι το πέτρωμα διαβάσης ή βασάλτης. Το πέτρωμα λιώνει στους 1500-1600°C και στη συνέχεια σε υγρή μορφή (λιωμένο) περνά από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο και παίρνει την ινώδη μορφή σαν μαλλί.

Το μήκος και πάχος των ινών - παράγοντες που καθορίζουν τις μηχανικές ιδιότητες του υποστρώματος - καθορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία επεξεργασίας και τον αριθμό των στροφών του τυμπάνου.

Τέλος προστίθεται μια φαινολική ρητίνη (τύπος βακελίτη) η οποία λειτουργεί σαν σύνδεσμος (binder) μεταξύ των ινών.

Ανεξάρτητα της χημικής του σύστασης (παρεμφερής του εδάφους), ο πετροβάμβακας είναι χημικώς και βιολογικώς ένα αδρανές υπόστρωμα. Μόνη εξαίρεση η μικρή αύξηση του pH όταν πρωτοχρησιμοποιείται. Αυτό σημαίνει ότι τα απαραίτητα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία, πρέπει να προστίθενται μέσω του αρδευτικού συστήματος.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ GRODAN

- Είναι αδρανές και αποστειρωμένο υλικό.
- Είναι προϊόν τυποποιημένο και σταθερής ποιότητας.
- Έχει ολικό πορώδες 95-97%
- Έχει ειδικό βάρος 0,050-0,115 (ανάλογα της χρήσης του).
- Η χημική του σύνθεση είναι:

Διοξείδιο του πυριτίου (SiO ₂)	47 %
Οξειδίο του αλουμινίου (Al ₂ O ₃)	14 %
Οξειδίο του τιτανίου (TiO ₂)	1 %

Οξείδιο του σιδήρου (FeO)	8 %
Οξείδιο του ασβεστίου (CaO)	16 %
Οξείδιο του μαγνησίου (MgO)	10 %
Οξείδιο του μαγγανίου (MnO)	1 %
Οξείδιο του νατρίου (Na ₂ O)	2 %
Οξείδιο του καλίου (K ₂ O)	1 %

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ, ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΑΝΑΓΚΑΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

1. Νερό καλής ποιότητας και σε ποσότητες ικανές να καλύψουν τις ανάγκες των φυτών στη διάρκεια της καλλιέργειας

Η ποιότητα του νερού είναι καθοριστικός παράγοντας για την πορεία μιας καλλιέργειας. Εξαρτάται από την Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC) αλλά και από τα επιμέρους στοιχεία που περιέχει το νερό κατά περίπτωση. Η EC σαν μέσο μέτρησης των διαλυμένων ιόντων στο νερό δεν μας δίνει πληροφορίες για το ποια επιμέρους στοιχεία βρίσκονται σ' αυτό.

Νερό με EC μεγαλύτερη από 1,5 mS/cm (στους 25°C) θεωρείται ακατάλληλο για υδροπονία. Στην πράξη όμως έχει ξεπεραστεί με τον κατάλληλο προγραμματισμό άρδευσης - λίπανσης. Στη χώρα μας υπάρχουν καλλιέργειες σε Grodan (Κρήτη, νησιά Αιγαίου) με νερό άρδευσης "σκλήρο", με EC 2-3,4 mS/cm. Τα αποτελέσματα είναι πολύ καλά:

- Τομάτα: 7 μήνες καλλιέργεια, παραγωγή 22-31 τόνοι/στρέμμα.
- Αγγουράκι μικρόκαρπο: 5 μήνες καλλιέργεια, παραγωγή 18-28 τόνοι/στρέμμα.

Είναι όμως αναμφισβήτητο, ότι όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιείται, τόσο θεαματικότερα είναι τα αποτελέσματα. Υπάρχουν φυτά πιο ανθεκτικά στην αλατότητα (τομάτα, κολοκύθι) αλλά και πιο ευαίσθητα (αγγουριά, ζερμπερα).



Καλλιέργεια αγγουριάς σε πετροβάμβακα GRODAN

Όσον αφορά τα επιμέρους στοιχεία που μπορεί να περιέχονται στο νερό άρδευσης, ενδιαφέρον παρουσιάζουν το νάτριο (Na^+) και το χλώριο (Cl^-). Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι περιεκτικότητα του νερού σε Cl^- πάνω από 150 ppm και σε Na^+ πάνω από 100 ppm είναι επισφαλής για την επιτυχία της καλλιέργειας. Αλλά και σ' αυτή την περίπτωση εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τον προγραμματισμό άρδευσης (συχνότερα ποτίσματα, ξεπλύματα κ.λπ.).

Άλλα στοιχεία που υπάρχουν στο νερό άρδευσης και μπορεί να

δημιουργήσουν φυτοτοξικότητες είναι κυρίως το βόριο (B) - η συγκέντρωση βορίου να μην ξεπερνά τα 0.4 ppm - και ο ψευδάργυρος (Zn) - η συγκέντρωση ψευδαργύρου να μην ξεπερνά τα 0.3 ppm.

Ένας επιπλέον παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στην υδροπονία, είναι η περιεκτικότητα του νερού σε διτανθρακικά (HCO_3^-). Η συγκέντρωση του νερού σε HCO_3^- είναι ένα μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας του νερού στις μεταβολές του pH. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση σε HCO_3^- τόσο περισσότερο οξύ χρειάζεται για την εξουδετέρωσή του. Από προσωπική εμπειρία στην Ελλάδα, η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε HCO_3^- είναι μεγαλύτερη των 120 ppm. Έχοντας υπ' όψιν ότι για τα περισσότερα φυτά το ιδανικό pH στη ριζοσφαιρα είναι 5.5-6.5, αφήνουμε μετά την εξουδετέρωση 30-50 ppm HCO_3^- στο διάλυμα άρδευσης.

Συνοψίζοντας, η χημική ανάλυση του νερού άρδευσης αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη υδροπονικής καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποτελούν τη βάση για το σχεδιασμό του προγράμματος λίπανσης. Μια πλήρης ανάλυση του νερού θα πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

pH	Zn (Ψευδάργυρος)
EC	Na (Νάτριο)
HCO_3^-	SO_4^- (Θειικά)
N- NO_3^- (Νιτρικά)	Fe (Σίδηρος)
P (Φώσφορος)	Mn (Μαγγάνιο)
K (Κάλιο)	B (Βόριο)
Ca (Ασβέστιο)	Cu (Χαλκός)
Mg (Μαγνήσιο)	Cl (Χλώριο)
Mo (Μολυβδαίνιο)	

2. Η ύπαρξη ενός καλού συστήματος άρδευσης

Συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα με σταλακτηφόρα μπεκάκια ή μακαρόνια (spaghetti). Θα πρέπει να εξασφαλίζεται μια παροχή ανά θέση φύτευσης (ένα μπεκ/φυτό) καθώς και σταθερή παροχή σε όλο το μήκος και πλάτος του θερμοκηπίου.

3. Ο μίκτης και δοσομετρητής λιπασμάτων

Αποτελεί ένα μηχανήμα κλειδί για τη σωστή κατανομή των λιπασμάτων που έχουν ήδη ετοιμασθεί σε δοχεία ή δεξαμενές σε μορφή πυκνών διαλυμάτων. Η πιο απλή και φτηνή λύση είναι δύο τουλάχιστον δοσομετρικές αντλίες. Σε μεγαλύτερες μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόματα μηχανήματα (ηλεκτρονικά, computers κ.λπ.).

4. Φορητό αγωγιμόμετρο και πεχάμετρο

Είναι δύο μηχανήματα μέτρησης της EC και του pH αντίστοιχα.

Είναι απαραίτητα διότι δίνουν στον παραγωγό τη δυνατότητα ελέγχου του συστήματος άρδευσης, αλλά και την παρακολούθηση των παραμέτρων αυτών στο περιβάλλον της ρίζας, ώστε να μπορεί να επεμβαίνει όποτε χρειασθεί διορθώνοντας το πρόγραμμα άρδευσης. Αντί για πεχάμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πεχαμετρικός δείκτης (ειδικό χαρτί).

5. Τεχνική και επιστημονική υποστήριξη

Επειδή η υδροπονία είναι σύστημα δυναμικής καλλιέργειας που απαιτεί ακρίβεια και γνώση φυσιολογίας φυτών, η τεχνική υποστήριξη (service) αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχία. Στον όρο υποστήριξη περιλαμβάνουμε τη δυνατότητα αναλύσεων του νερού άρδευσης αλλά και του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα, καθώς επίσης και τη συνεχή παρακολούθηση της καλλιέργειας - πληροφόρηση - από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό.

Το νερό άρδευσης πρέπει να αναλύεται τουλάχιστον 2 φορές το χρόνο ενώ

το θρεπτικό διάλυμα στο υπόστρωμα πιο συχνά. Αναλύσεις φυτικών ιστών βοηθούν στην εξακρίβωση της θρεπτικής ισορροπίας.

2.1.4.2 Πετροβάμβακας TAMIS

Ο πετροβάμβακας TAMIS είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό, το οποίο παράγεται μέσω τήξης βασαλτικών πετρομάτων στους 1600°C και στη συνέχεια ψύξης και μετατροπής τους μέσω ειδικής επεξεργασίας σε λεπτές ίνες πάχους 6-8 μικρών (μ). Οι ίνες αυτές συμπλέκονται και συγκολλώνται μεταξύ τους με ένα κατάλληλο συνδετικό υλικό (βακελίτης) δίνοντας γένεση σε ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες. Σε ξηρή κατάσταση ο πετροβάμβακας TAMIS αποτελείται κατά 90% περίπου από πόρους. Το υπόλοιπο 10% περίπου το συνιστούν οι στερεές ίνες, οι οποίες έχουν την ακόλουθη χημική σύσταση:

SiO ₂ : 38,3%,	CaO: 21,2%,	Fe ₂ O ₃ : 12,8%,	Al ₂ O ₃ : 14,1%,
MgO: 9,0%,	Na ₂ O: 3,5%,	K ₂ O: 1%	

Χάρη στη σύστασή του αυτή ο πετροβάμβακας TAMIS είναι χημικά αδρανής, δηλαδή δεν απελευθερώνει ούτε δεσμεύει θρεπτικά στοιχεία, με συνέπεια η θρέψη των φυτών να μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης. Επίσης, χάρη στον τρόπο παρασκευής του (τήξη της πρώτης ύλης στους 1600 C) ο πετροβάμβακας TAMIS είναι πλήρως απαλλαγμένος από οποιοδήποτε είδους ζιζάνια, μικρόβια και ζωικούς εχθρούς.

Οι πόροι του πετροβάμβακα είναι κυρίως μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Όπως είναι γνωστό, οι μεγάλοι πόροι στο έδαφος και στα περισσότερα υποστρώματα δεν μπορούν να συγκρατήσουν νερό, δεδομένου ότι αυτό στραγγίζει σε μεγαλύτερο βάθος λόγω της βαρύτητας. Αντίθετα, οι πόροι του πετροβάμβακα, μολονότι δεν είναι μικρού μεγέθους μπορούν να συγκρατήσουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού. Σε κατάσταση κορεσμού, η ποσότητα νερού που

μπορεί να συγκρατήσει μία πλάκα πετροβάμβακα φθάνει στο 80% περίπου του όγκου της. Η συγκράτηση νερού σε τόσο μεγάλο ποσοστό στον πετροβάμβακα οφείλεται κυρίως στην προσθήκη ενός ειδικού υδρόφιλου παράγοντα και όχι απλώς στις δυνάμεις συνάφειας που αναπτύσσονται μεταξύ των τοιχωμάτων των πόρων και των μορίων του νερού. Αυτό έχει σαν συνέπεια, το νερό που περιέχεται στους πόρους του πετροβάμβακα να είναι σχεδόν στο σύνολό του εύκολα διαθέσιμο στα φυτά, σε αντίθεση με το έδαφος και τα άλλα υποστρώματα, όπου πάνω από το 1/3 του περιεχομένου σ' αυτά νερού δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τα φυτά.

Ειδικά ο πετροβάμβακας TAMIS, σε κατάσταση κορεσμού μπορεί να συγκρατεί περισσότερο νερό (περίπου 80% του όγκου του) σε σύγκριση με τους συνηθισμένους πετροβάμβακες που παράγονται στη βόρεια Ευρώπη (60-65% του όγκου τους). Η ικανότητα αυτή του πετροβάμβακα TAMIS οφείλεται στο μεγαλύτερο ειδικό βάρος του λόγω πυκνότερης πλέξης των ινών του, με συνέπεια οι πόροι του να είναι κατά μέσο όρο μικρότεροι σε μέγεθος. Χάρης στην ιδιότητά του αυτή, ο πετροβάμβακας TAMIS παρέχει στις καλλιέργειες μεγαλύτερη προστασία από τον κίνδυνο να διψάσουν κάποια στιγμή τα φυτά λόγω πρόωρης εξάντλησης του νερού στην περιοχή του ριζοστρώματος ως αποτέλεσμα της έντονης διαπνοής που χαρακτηρίζει τα μεσογειακά κλίματα. Επιπλέον, η ικανότητα του πετροβάμβακα TAMIS να συγκρατεί περισσότερο νερό ανά μονάδα όγκου δίνει τη δυνατότητα διεξαγωγής της καλλιέργειας με μικρότερη κατανάλωση νερού και λιπασμάτων, λόγω περιορισμού των απωλειών νερού κατά τα ποτίσματα. Οι απώλειες αυτές προέρχονται από την απορροή μέρους του χορηγούμενου διαλύματος. Απορροή εμφανίζεται εφόσον ο πετροβάμβακας κορεσθεί με διάλυμα πριν ακόμη τελειώσει το πότισμα.

Επειδή λοιπόν ο πετροβάμβακας TAMIS έχει μεγαλύτερη υδατοχωρητικότητα, τα ποτίσματα μπορούν να γίνονται σε αραιότερα χρονικά διαστήματα χωρίς κίνδυνο για την καλλιέργεια, ενώ δεν είναι απαραίτητο να στοχεύουν κάθε φορά στον πλήρη κορεσμό των υποστρωμάτων με θρεπτικό

διάλυμα. Έτσι η πιθανότητα, κατά το επόμενο πότισμα, το υπόστρωμα να είναι ακόμη γεμάτο με θρεπτικό διάλυμα και ένα μεγάλο μέρος της ποσότητας που θα χορηγηθεί να μη μπορεί να συγκρατηθεί και να απομακρυνθεί ως απορροή, είναι μικρότερη.

Για γεωργική χρήση, ο πετροβάμβακας TAMIS διατίθεται σε μορφή πλακών, διαστάσεων αναλόγων με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5x15x100 cm ενώ για τα ανθοκομικά φυτά οι διαστάσεις είναι τελείως διαφορετικές από είδος σε είδος. Χάρης στην υψηλή του πυκνότητα (περίπου 120 g/l) ο πετροβάμβακας TAMIS έχει μεγάλη διάρκεια χρήσης και είναι κατάλληλος για 5-6 καλλιέργειες μικρής διάρκειας (των 4-5 μηνών) ή τρεις καλλιέργειες μεγάλης διάρκειας (8-10 μηνών).

2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΚΑΘΑΡΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

2.2.1 Καλλιέργεια σε δοχεία γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα

Τα φυτά αναπτύσσονται είτε σε μικρά (ατομικά) είτε συνηθέστερα σε μεγάλα (ομαδικά) φυτοδοχεία τα οποία είναι γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Το θρεπτικό διάλυμα που καταναλώνεται από τα φυτά συμπληρώνεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα μέσω προσθήκης νέου διαλύματος. Παράλληλα, μέσω τακτικών μετρήσεων του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας γίνεται και χορήγηση οξέων (συνήθως HNO_3) και ενδεχομένως και πυκνών διαλυμάτων λιπασμάτων, με στόχο οι τιμές των δύο αυτών παραμέτρων να διατηρούνται σταθερές. Σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, (συνήθως κάθε 2-4 εβδομάδες) θα πρέπει να γίνεται χημική ανάλυση του διαλύματος και αναπροσαρμογή της σύνθεσής του με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Εναλλακτικά, αντί της διεξαγωγής χημικών αναλύσεων, είναι δυνατόν κάθε 2-4 εβδομάδες να απομακρύνεται στο σύνολό του το παλιό διάλυμα και να αντικαθίσταται με νέο, νιπό διάλυμα.

Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως παλιότερα από τον Gericke (1929) καθώς και άλλους ερευνητές της εποχής εκείνης. Δεν βρήκαν όμως εφαρμογή στη γεωργική πράξη γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα, σπουδιότερο από τα οποία είναι οι δυσκολίες αερισμού και οξυγόνωσης των ριζών. Ο ανεπαρκής αερισμός και συνεπώς η έλλειψη οξυγόνου έχει σαν συνέπεια να δυσχεραίνεται η λειτουργία της αναπνοής με αποτέλεσμα να προκρίνονται σήψεις και καταστροφές στο ριζικό σύστημα των φυτών. Σήμερα τέτοιου είδους υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας εφαρμόζονται μόνο σε επιστημονικά εργαστήρια σε βραχυχρόνια πειράματα διατροφής φυτών.

2.2.2 Σύστημα NFT

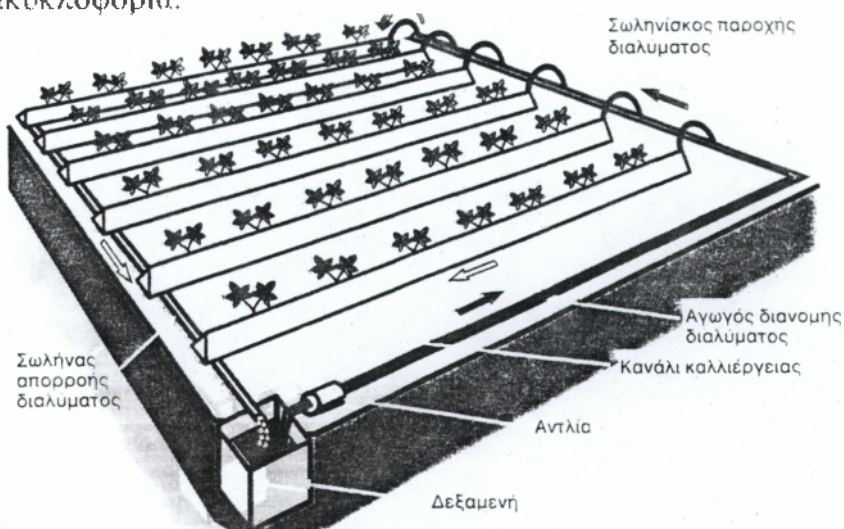
Η διαφορά του συστήματος NFT από τα άλλα συστήματα επανακυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος αναφέρεται στο γεγονός ότι σ' αυτό τα φυτά αναπτύσσονται με τις ρίζες μέσω σε ένα πολύ λεπτό (έως 1 cm πάχους) θρεπτικό διάλυμα συνεχούς επανακυκλοφορίας. Ένας πολύ μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών μπορούν να καλλιεργηθούν με τη μέθοδο αυτή, κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος ανάλογα με το καλλιεργούμενο είδος.

Όμως το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος, το περιορίζει στις καλλιέργειες υψηλής εισοδηματικής αξίας.

Το σύστημα επινοήθηκε από τον Allen Cooper το 1973 και πέρασε από διάφορα στάδια εξέλιξης για να λάβει τη σημερινή εμπορική του μορφή.

Τα βασικά μέρη του συστήματος, όπως το προδιέγραψε ο Cooper, είναι (βλ. σχήμα 1):

- α. Μία δεξαμενή για το θρεπτικό διάλυμα.
- β. Μία αντλία για τη διοχέτευση μέσω σωλήνων του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.
- γ. Επικλινή κανάλια στα οποία αναπτύσσονται τα φυτά.
- δ. Ένας σωλήνας συλλογής του διαλύματος που απορρέει από το χαμηλό άκρο των καναλιών, που το διοχετεύει στη δεξαμενή για την επανακυκλοφορία.



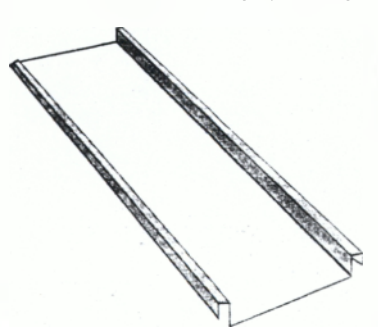
Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση συστήματος NFT

Το σύστημα αυτό έχει διάφορους αυτοματισμούς που διευκολύνουν τη λειτουργία του όπως περιγράφεται παρακάτω και έχει τεθεί σε εφαρμογή σε εμπορική κλίμακα, όχι μόνο στην Αγγλία απ' όπου ξεκίνησε το 1974 αλλά και σε πολλές άλλες χώρες. Στην εξάπλωσή του βοήθησε και η σε βιομηχανική κλίμακα παραγωγή του συστήματος πατενταρισμένου από την Nutrient Film Technology Ltd η οποία όμως ανέστειλε τη λειτουργία της το 1989.

Σήμερα το σύστημα χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα στη Βρετανία, Βέλγιο, Γαλλία, Ολλανδία, Δανία, Νορβηγία, Γερμανία, Βουλγαρία, Η.Π.Α., Ιαπωνία, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία, Ν. Αφρική, Ελλάδα κ.λπ.

Τα κανάλια ανάπτυξης των φυτών μπορούν να κατασκευασθούν από οποιοδήποτε αδιάβροχο υλικό που δεν είναι φυτοτοξικό.

Αυτά που κυκλοφόρησαν έτοιμα στο εμπόριο από τη Nutrient Film Technology Ltd είναι από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1-2 mm. Έχουν πλάτος 25-30 cm, μήκος 2,5-3 m και διατομή όπως φαίνεται στο (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διαμόρφωση λαμαρίνας για κατασκευή καναλιού

Τα κανάλια αυτά τοποθετούνται το ένα μετά το άλλο ανάλογα με το μήκος του θερμοκηπίου, σχηματίζοντας μια συνεχόμενη γραμμή με κλίση 1-3" με παράλληλη τοποθέτηση και άλλων γραμμών αφήνοντας διάδρομο περίπου 60 cm ανά δύο γραμμές.

Η κλίση επιτυγχάνεται είτε στηρίζοντας τα κανάλια σε ειδικά στηρίγματα με αυξομειούμενο ύψος, είτε διαμορφώνοντας την κλίση στο έδαφος, πάνω στο οποίο τοποθετούνται.

Μερικές φορές αντί για λαμαρίνα, τα κανάλια διαμορφώνονται έχοντας και

την κατάλληλη κλίση, πάνω στο σκυρόδεμα του θερμοκηπίου που καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους, αλλά τότε έχουμε βέβαια ανεπιθύμητες δεσμεύσεις για τη μελλοντική χρήση του θερμοκηπίου.

Ένας άλλος τρόπος, που δοκιμάστηκε με επιτυχία, ήταν η διαμόρφωση της κατάλληλης κλίσης στο έδαφος του θερμοκηπίου και η τοποθέτηση πλακών πολυστυρενίου (Φελιζόλ) κατά μήκος των γραμμών καλλιέργειας (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Διαμορφωμένο έδαφος με κάλυψη πλακών πολυστυρενίου

Στη συνέχεια τα κανάλια αυτά, οποιοδήποτε και αν είναι το υλικό κατασκευής τους, καλύπτονται από φύλλο πολυαιθυλενίου διπλής όψεως (η μια επιφάνεια λευκή και η άλλη μαύρη) πλάτους 65-70 cm.

Η τοποθέτηση του πολυαιθυλενίου γίνεται έτσι ώστε όταν διπλώνει το φύλλο για το σχηματισμό της λεκάνης καλλιέργειας που θα δεχθεί τα φυτά, η εξωτερική επιφάνεια να είναι η λευκή.

Χρησιμοποιείται πλαστικό φύλλο διπλής όψεως ώστε να διατηρείται σκοτεινός ο χώρος που είναι το ριζικό σύστημα, ενώ η λευκή εξωτερική επιφάνεια αντανακλά το φως αυξάνοντας τη φωτεινή ακτινοβολία που δέχονται τα φυτά, ιδιαίτερα σημαντική στις βόρειες χώρες όπου ο φυσικός φωτισμός είναι χαμηλός.

Στη χώρα μας, η λευκή εξωτερική επιφάνεια ασκεί προστατευτική δράση στην υπερθέρμανση του διαλύματος τις ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια και υψηλή θερμοκρασία αέρα (Μάρτιο - Μάιο).

Για τη διασφάλιση ικανοποιητικής συγκέντρωσης οξυγόνου του διαλύμ-

ατος συνιστάται το μήκος της λεκάνης καλλιέργειας να μην ξεπερνά τα 20 m.

Στις πλευρές των καναλιών, το πολυαιθυλένιο διπλώνεται ώστε να σχηματίζεται η λεκάνη καλλιέργειας στην οποία θα κυκλοφορεί σε λεπτό στρώμα (μέχρι 1 cm πάχος) το θρεπτικό διάλυμα.

Στο υψηλό άκρο του καναλιού διοχετεύεται θρεπτικό διάλυμα 2-3 λίτρα/λεπτό με ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου (<10 mm) που συνδέεται με το σωλήνα παροχής διαλύματος όπου κυκλοφορεί το διάλυμα υπό πίεση μέσω αντλίας.

Στο χαμηλό άκρο του καναλιού προσαρμόζεται ένα μικρό κομμάτι από σωλήνα για την απορροή του θρεπτικού διαλύματος με τη βαρύτητα στο κεντρικό σωλήνα συλλογής.

Από τον κεντρικό σωλήνα συλλογής, το θρεπτικό διάλυμα διοχετεύεται στη δεξαμενή από όπου με άντληση επανακυκλοφορεί συνεχώς.

Η διακοπή άντλησης διαλύματος έχει σαν αποτέλεσμα τη διακοπή του κυκλώματος κυκλοφορίας του διαλύματος με άμεσο κίνδυνο καταστροφής των φυτών, αν είναι παρατεταμένη (στη χώρα μας για τομάτα όταν διαρκέσει πάνω από 2 ώρες σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας).

Το γεγονός αυτό αποτελεί και το λεπτό σημείο του όλου συστήματος γιατί κάνει αναγκαία αφ' ενός την ύπαρξη εφεδρικής αντλίας αλλά και ηλεκτρογεννήτριας για την προστασία από τυχόν διακοπή της παροχής διαλύματος (βλάβη αντλίας, διακοπή ρεύματος κ.λπ.).

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας διαλύματος θεωρείται ότι για κάθε φυτό π.χ. τομάτας απαιτούνται 1-2 λίτρα.

Πάντως για τις συνθήκες της χώρας μας, όπως έδειξε σχετικός πειραματισμός, είναι απαραίτητη η ποσότητα των 3-4 λίτρων/φυτό.

Έτσι υπολογίζοντας 2000-2500 φυτά/στρέμμα το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να είναι 6-10 κυβικά μέτρα/στρ. Στη Βρετανία για τις δεξαμενές υπολογίζουν χωρητικότητα περίπου 1-1,5 κυβ. μέτρα/στρέμμα (10-15 κυβ. μέτρα/ha).

Με τη συνεχή επανακυκλοφορία του διαλύματος εξασφαλίζεται ο ικανοποιητικός αερισμός και εμπλουτισμός του με οξυγόνο κυρίως κατά την πτώση του στη δεξαμενή.

Η δεξαμενή καλύπτεται από αδιαφανές υλικό για την παρεμπόδιση ανάπτυξης φυκιών με τον περιορισμό του φωτός. Ένα κρίσιμο σημείο του συστήματος είναι η ποιότητα της αντλίας η οποία θα πρέπει να λειτουργεί συνεχώς, χωρίς διακοπή, για όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Της ίδιας ποιότητας θα πρέπει να είναι και η εφεδρική αντλία.

Το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία που απορροφούνται από τα φυτά θα πρέπει να αναπληρώνονται, ώστε και ο όγκος και η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος να είναι σταθερά.

Αυτό το πετυχαίνουμε για το νερό με ένα φλοτέρ στη δεξαμενή συνδεδεμένο με δίκτυο υπό πίεση. Όσον αφορά στα θρεπτικά στοιχεία, που προστίθενται με μορφή πυκνών διαλυμάτων, η προσθήκη γίνεται είτε αυτόματα με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη ειδική δοσομετρική αντλία ή και με το χέρι.

Έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος

Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα μετράται ποσοτικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η χημική ανάλυση (τουλάχιστον μια φορά κάθε 15 μέρες για τα μακροστοιχεία και κάθε μήνα για τα ιχνοστοιχεία) είναι απαραίτητη για τον έλεγχο των συγκεντρώσεων κάθε στοιχείου στο διάλυμα.

Ο έλεγχος της αγωγιμότητας και του pH γίνεται είτε με ανεξάρτητα φορητά αγωγιμόμετρο και pH-μέτρο, που έχει ο καλλιεργητής, με το χέρι, είτε με αυτόματο σύστημα ελέγχου όπου ειδικά ηλεκτρόδια (sensors), μέσα στο διάλυμα, μετρούν και διορθώνουν με σύστημα αυτομάτων αντλιών εισαγωγής πυκνού θρεπτικού διαλύματος και οξέος τόσο την αγωγιμότητα όσο και το pH στα επιθυμητά κατά καλλιέργεια επίπεδα.

Για μικρές εγκαταστάσεις (1-2 στρέμματα) η διόρθωση του διαλύματος με το χέρι είναι σχετικά εύκολη αλλά ο αυτόματος έλεγχος παρέχει μεγαλύτερη

ασφάλεια και άνεση.

Ο έλεγχος λοιπόν του διαλύματος που, αν γίνεται με το χέρι, πρέπει να είναι καθημερινός, ενώ αν είναι αυτόματος γίνεται συνεχώς, αφορά στην εξασφάλιση ορισμένων τιμών αγωγιμότητας και pH.

Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα του NFT

Σαν πλεονεκτήματα του συστήματος NFT, σε σχέση με άλλες μορφές υδροπονικής καλλιέργειας, μπορούμε συνοπτικά να αναφέρουμε:

1. Επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών και πολύ εύκολα σε σύγκριση με τα λοιπά υδροπονικά συστήματα.
2. Ομοιογένεια της υδρολίπανσης (δηλαδή της διανομής του θρεπτικού διαλύματος) σ' όλη την καλλιέργεια.
3. Εξάλειψη του φαινομένου του μαρασμού που συχνά παρατηρείται σε φυτά καλλιεργούμενα σε στερεό υπόστρωμα, στο μεταξύ δύο αρδεύσεων διάστημα.
4. Δεν απαιτούνται υπολογισμοί όσον αφορά στην αρδευτική δόση και στη συχνότητα άρδευσης.
5. Το ριζικό σύστημα μπορεί να διατηρείται θερμό πολύ εύκολα, ιδιαίτερα στο δικό μας κλίμα.
6. Επιτρέπει τη χρησιμοποίηση φυσικής μεθόδου με χαμηλό λειτουργικό κόστος (υπεριώδων ακτινών) για έλεγχο των παθογόνων μικροοργανισμών του ριζικού συστήματος.
7. Επιτρέπει την άμεση διαδοχή της καλλιέργειας από την επόμενη.
8. Έχει ελάχιστο λειτουργικό κόστος (απουσία υποστρωμάτων κ.λπ.).

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

1. Απαιτείται σημαντική δαπάνη για την αρχική εγκατάσταση του συστήματος στην κλασσική του μορφή.
2. Απαιτεί εξασφάλιση συνεχούς κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος, αυτό όμως αντιμετωπίζεται με την εγκατάσταση ηλεκτρογεννήτριας και εφεδρικής αντλίας.

3. Στο δικό μας κλίμα η εξασφάλιση της ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος (15°C) είναι εύκολη, χρειάζεται όμως εμπειρία κατά τον αρχικό σχεδιασμό της εγκατάστασης για την προστασία από υπερθέρμανση του διαλύματος (>32°C) από το Μάρτιο και μετά.
4. Η απουσία στερεού αδρανούς υλικού για την ανάπτυξη της ρίζας επηρεάζει ψυχολογικά αρνητικά τους άπειρους καλλιεργητές για την αποδοχή αυτού του νέου συστήματος.

Συμπέρασμα

Το σύστημα NFT δεν παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες στην εγκατάσταση και λειτουργία του.

Το αρχικό υψηλό κόστος εγκατάστασης αντισταθμίζεται από τη μακρά περίοδο απόσβεσης (άνω των 15 ετών) και το χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Οι κλιματικές συνθήκες στη χώρα μας (υψηλές θερμοκρασίες άνοιξης και καλοκαιριού) δεν παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η μοναδική δυνατότητα που προσφέρει για πλήρη έλεγχο της θρέψης των φυτών και ταχεία διαδοχή των καλλιεργειών, το κατατάσσει στην πρώτη γραμμή από πλευράς δυναμικότητας.

Ασθενές σημείο για την εφαρμογή του συστήματος, όπως και κάθε μορφής υδροπονίας, είναι η απαίτηση για σχετική εμπειρία από πλευράς παραγωγού και η τεχνική στήριξη της καλλιέργειας από εξειδικευμένο εργαστήριο.

2.2.3 Αεροπονία

Η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς τη χρήση υποστρώματος. Στις αεροπονίες μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο μέσο σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της

τις απαιτούμενες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Η ύπαρξη και ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Γι' αυτό, το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζεται μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με τη βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μία κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης. Από εκεί μπορεί είτε να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί και ανανεωθεί είτε να αποστέλλεται με τη βοήθεια μίας αντλίας στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος, όπου αφού συμπληρωθεί και ανανεωθεί ανακυκλώνεται.

Εφόσον εφαρμόζεται ανακύκλωση, η αεροπονία έχει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, δηλαδή αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεσή του μετά από κάθε ανάλυση, συσσώρευση ιόντων Na^+ και Cl^- σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δύο αυτά ιόντα, κ.λπ. Όπως και με το σύστημα NFT, η έλλειψη ενός στερεού υποστρώματος αυξάνει σημαντικά το ρίσκο της καταστροφής της καλλιέργειας σε περίπτωση που είτε η αντλία, είτε ο μείκτης των λιπασμάτων, είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη, με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Γι' αυτό το λόγο, όταν τα φυτά καλλιεργούνται σε αεροπονικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται ανακύκλωση, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκυτάστιασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος.

2.2.4 Επιδαπέδια υδροπονία

Όταν πρόκειται να εγκατασταθεί σύστημα επιδαπέδιας υδροπονίας, αρχικά το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδωθεί επιμελημένα ώστε να μην υπάρχουν κοιλότητες και να αποκτήσει μία κλίση γύρω στο 1:50 έως 1:75. Στη συνέχεια το έδαφος καλύπτεται σε όλη του την επιφάνεια με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Πάνω από το φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου και σε όλη την έκταση που καταλαμβάνει αυτό, επιστρώνεται ένα λεπτό φύλλο από ένα απορροφητικό υλικό με τριχοειδείς ιδιότητες (π.χ. υαλοϋφασμα). Το απορροφητικό φύλλο σκεπάζεται από πάνω σε όλη του την επιφάνεια με ένα κάλυμμα από πλαστικό πολυαιθυλένιο. Το πλαστικό φύλλο θα πρέπει να είναι ασπρόμαυρο με την λευκή πλευρά από πάνω, ώστε να αντανακλά μέρος του ηλιακού φωτός που πέφτει πάνω του.

Αφού γίνει αυτό, στο ανώτερο φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου ανοίγονται μικρές τρύπες κατά μήκος νοητών γραμμών που πρόκειται να αποτελέσουν τις γραμμές φύτευσης, σε αποστάσεις ανάλογες με την πυκνότητα φύτευσης που επιδιώκεται. Στις τρύπες αυτές τοποθετούνται τα σπορόφυτα κατά τη μεταφύτευση, αφού πρώτα το απορροφητικό υλικό έχει διαβραχεί με θρεπτικό διάλυμα. Μία σειρά από σωλήνες παροχής του θρεπτικού διαλύματος στην ανώτερη άκρη του θερμοκηπίου εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Το θρεπτικό διάλυμα ρέει με τη βοήθεια της κλίσης που έχει δοθεί στην επιφάνεια του θερμοκηπίου και φθάνει στην κάτω πλευρά. Η ύπαρξη του απορροφητικού φύλλου εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή του διαλύματος σε όλη την επιφάνεια που καλύπτεται από αυτό. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η τροφοδότηση όλων των φυτών με θρεπτικό διάλυμα.

Το θρεπτικό διάλυμα είναι δυνατόν να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται όταν φθάνει στην κατώτερη πλευρά του θερμοκηπίου, οπότε η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, ή να απορρέει και να χάνεται στο έδαφος, οπότε η εγκατάσταση λειτουργεί ως

ανοιχτό σύστημα. Από την προηγηθείσα περιγραφή είναι φανερό ότι η μέθοδος της επιδαπέδιας υδροπονίας βασίζεται σε παρόμοιες αρχές λειτουργίας με αυτές του συστήματος NFT, με τη διαφορά ότι εδώ όλη η επιφάνεια του θερμοκηπίου χρησιμοποιείται ως μία γιγαντιαία υδρορροή μεγάλου πλάτους, μέσα στην οποία τοποθετούνται περισσότερες από μία γραμμές φυτών.

Το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί στη Γερμανία στα τέλη της δεκαετίας του '80 και τελειοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90. Μολονότι όμως μέχρι σήμερα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην καλλιεργητική πράξη δεν έχει εξαπλωθεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα.

2.3 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

2.3.1 Σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO₂. Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Τα υπόλοιπα 12 από τα συνολικά 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μικροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo, πρέπει να προστεθούν στο νερό από τον παρασκευαστή του διαλύματος.

Όλα σχεδόν τα προαναφερθέντα θρεπτικά στοιχεία προστίθενται στο διάλυμα υπό μορφή ανοργάνων αλάτων ή (σε μικρότερη έκταση) οξέων. Επομένως, στο διάλυμα τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται υπό μορφή ανοργάνων ιόντων. Οι συγκεντρώσεις τους δίνονται συνήθως σε mmol/l ή meq/l (των ιχνοστοιχείων αντίστοιχα σε μmol/l ή meq/l).

Συχνή είναι επίσης και η χρήση των μονάδων ppm (μέρη στο εκατομμύριο) και mg/l (1 ppm = 1 mg/l).

Είναι γνωστή η ικανότητα εκλεκτικής απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων που διακρίνει τα φυτά, όταν οι ρίζες τους αναπτύσσονται μέσα σε θρεπτικά διαλύματα. Χάρη στην ιδιότητα αυτή των φυτών, η συγκέντρωση των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα μπορεί να κυμαίνεται σε ευρέα όρια χωρίς να εμφανίζονται διαταραχές θρέψης στην καλλιέργεια. Στον πίνακα 3 δίνονται τα ασφαλή όρια συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα που ισχύουν για την καλλιέργεια των συνηθισμένων λαχανοκομικών ειδών σε υδροπονία.

Θρεπτικό στοιχείο	Ορια συγκέντρωσης (mg/l)	Θρεπτικό στοιχείο	Ορια συγκέντρωσης (mg/l)
Αζωτο (N)	100 – 300	Σίδηρος (Fe)	0,50 – 2,00
Φώσφορος (P)	30 – 60	Μαγγάνιο (Mn)	0,20 – 2,00
Θείο (S)	15 – 160	Ψευδάργυρος (Zn)	0,10 – 0,60
Κάλιο (K)	200 – 600	Χαλκός (Cu)	0,01 – 0,06
Ασβέστιο (Ca)	120 – 320	Βόριο (B)	0,20 – 0,60
Μαγνησιο (Mg)	25 – 60	Μολυβδαίνιο (Mo)	0,04 – 0,06

Πίνακας 3. Όρια άριστων συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων (mg/l) που επιζητούνται σε ένα θρεπτικό διάλυμα κατάλληλο για καλλιέργεια κηπευτικών σε υδροπονία. Τα δεδομένα προέρχονται από στοιχεία του συγγραφέα για τα μακροστοιχεία και από τον Steiner (1984) για τα ιχνοστοιχεία.

Βέβαια, οι διαταραχές θρέψης δεν προέρχονται μόνο από υπέρβαση των απολύτων ορίων αλλά και από ανισορροπίες στις αναλογίες συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους. Γι' αυτό η προηγούμενη διαπίστωση περί μεγάλου επιτρεπτού εύρους διακύμανσης των απολύτων συγκεντρώσεων δεν θα πρέπει να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος δεν είναι τόσο σημαντική στην υδροπονία. Άλλωστε σκοπός μιας υδροπονικής καλλιέργειας δεν είναι η επιβίωση και η αναπαραγωγή των φυτών αλλά η επίτευξη υψηλών αποδόσεων και η βελτίωση της ποιότητας των συγκομιζομένων προϊόντων. Επομένως η χρησιμοποίηση θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύνθεσης θεωρείται ως παράγοντας πρωταρχικής σημασίας για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας. Πρέπει δε να τονισθεί ότι η κατάρτιση της σύνθεσης που θα έχει το θρεπτικό διάλυμα σε μία υδροπονική καλλιέργεια είναι μία αρκετά λεπτή και εξειδικευμένη εργασία, η οποία δεν θα πρέπει να γίνεται εμπειρικά αλλά να βασίζεται στα σχετικά πορίσματα της επιστημονικής έρευνας.

Τα απλά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονία παρατίθενται στον πίνακα 4. Είναι αυτονόητο, ότι όλα τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να είναι πλήρως υδατοδιαλυτά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Λιπάσμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό βάρος
Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0
Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5
Νιτρικό κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1
Νιτρικό μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg: 9	256,3
Νιτρικό οξύ	HNO_3	N: 22	63,0
Φωσφορικό μονοαμμώνιο	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N: 12, P: 27	115,0
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136,1
Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	P: 32	98,0
Θειικό κάλιο	K_2SO_4	K: 45, S:18	174,3
Θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Mg: 9,7, S:13	246,3
Οξυανθρακικό κάλιο	KHCO_3	K: 39	100,1
Χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe: 6-13	–
Θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169,0
Θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Zn: 23	287,5
Θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249,7
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381,2
Βορικό οξύ	H_3BO_3	B: 17,5	61,8
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \times 4\text{H}_2\text{O}$	B: 20,5	412,4
Επταρολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	Mo: 58	1163,3
Μολυβδαινικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Mo: 40	241,9

Πίνακας 4. Απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία

Όλα σχεδόν τα λιπάσματα του Πίνακα 4 που χρησιμοποιούνται ως πηγές μικροστοιχείων κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων είναι ανόργανα άλατα ή οξέα, αποτελούμενα από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν κι ένα ανιόν. Υδατοδιαλυτά άλατα, των οποίων το ένα ανιόν είναι θρεπτικό μικροστοιχείο ενώ το άλλο όχι (π.χ. KCl , NaNO_3 , κ.λπ.), σπάνια χρησιμοποιούνται στην υδροπονία ως λιπάσματα μικροστοιχείων, λόγω της επιβάρυνσης του διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις (ένα παράδειγμα είναι το KHCO_3 , το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ειδικές εκείνες περιπτώσεις που απαιτείται η ανύψωση του

pH του διαλύματος στο χώρο των ριζών). Επομένως, η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να είναι ισοσκελισμένη ως προς τον αριθμό των χιλιοστοϊσοδυνάμων ανιόντων και κατιόντων των κύριων θρεπτικών στοιχείων (συμπεριλαμβανομένων και των ιόντων υδρογόνου, όταν στη σύνθεση προβλέπεται και η προσθήκη οξέος για τη ρύθμιση του pH). Για τα κύρια θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$\text{meq/l ανιόντων} = \text{meq/l κατιόντων.}$$

Γι' αυτό το λόγο, οι συγκεντρώσεις των μικροστοιχείων είναι καλύτερα να δίνονται σε meq/l (eq/m³) ή να μετατρέπονται στη μονάδα αυτή όταν μία βασική σύνθεση διαλύματος πρόκειται να τροποποιηθεί, ώστε να προσαρμοστεί στα δεδομένα και τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας. Για τα ιχνοστοιχεία τέτοιο πρόβλημα δεν υφίσταται όπως θα εξηγηθεί πιο κάτω. Για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων κατά κανόνα δίνονται σε mmol/l ή mg/l (ppm) και δεν είναι απαραίτητη η μετατροπή τους σε meq/l κατά την πορεία των υπολογισμών.

Κατά την κατάρτιση της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένες αρχές:

α) Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος του καλλιεργούμενου φυτού, στο στάδιο ανάπτυξής του και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή που χρησιμοποιείται.

β) Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να έχει καθορισμένη τιμή, η οποία διαφέρει ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή εκείνη. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα εκφράζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτού, εκτενέστερη δε αναφορά γι' αυτό το μέγεθος θα γίνει σε ειδική παράγραφο πιο κάτω.

γ) Η απόλυτη συγκέντρωση ενός εκάστου από τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα δεν είναι τόσο σημαντική, όσο οι αμοιβαίες αναλογίες μεταξύ των συγκεντρώσεων.

δ) Το **pH** του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να κυμαίνεται εντός δεδομένων ορίων. Για το θέμα αυτό θα γίνει εκτενέστερη αναφορά πιο κάτω, σε ειδική για το pH παράγραφο.

Όταν λοιπόν καθορίζεται η σύνθεση του διαλύματος για μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει αρχικά να καθορίζονται πρώτον, το ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σ' αυτό (meq/l) και δεύτερον, οι αναλογίες συγκεντρώσεων μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα οι σχέσεις **K:N**, **K:Ca:Mg** και **N:S:P**. Αφού καθορισθούν οι τιμές αυτών των παραμέτρων είναι εύκολο πλέον να υπολογισθούν και οι απόλυτες συγκεντρώσεις του καθενός από τα ιόντα των έξι κύριων θρεπτικών στοιχείων ξεχωριστά (NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}). Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα είναι αμελητέες σε σύγκριση με αυτές των μακροστοιχείων, οπότε δεν παίζουν πρακτικά κανένα ρόλο στο ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σ' αυτά (η συνολική συγκέντρωση ιχνοστοιχείων είναι περίπου το 1/500 αυτής των μακροστοιχείων). Γι' αυτό, κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος, οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων καθορίζονται ανεξάρτητα από αυτές των μακροστοιχείων. Σημειώνεται ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ιόντα αμμωνίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,5 meq/l στην περιοχή του ριζοστρώματος, γιατί σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται τοξικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των ριζών.

Οι συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων που προτείνονται από τους προαναφερθέντες ερευνητές, καθώς και εκείνες που παρατίθενται σε διάφορες άλλες βιβλιογραφικές πηγές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες για τον υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων μόνο εάν το νερό που χρησιμοποιείται είναι απιονισμένο ή βρόχινο με μηδενική πρακτικά συγκέντρωση αλάτων. Τα χρησιμοποιούμενα για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων νερά όμως, τα οποία συνήθως προέρχονται από γεωτρήσεις, φράγματα ή φυσικές πηγές, περιέχουν σημαντικές ποσότητες ανόργανων ιόντων. Συγκεκριμένα, από τα θρεπτικά μακροστοιχεία, το νερό περιέχει ασβέστιο,

μαγνήσιο, θείο (SO_4) και σπανιότερα άζωτο (NO_3) σε σημαντικές ποσότητες, ενώ από τα ιχνοστοιχεία, εκτός από το χλώριο, μπορεί να υπάρχουν ο σίδηρος (είναι όμως μη αφομοιώσιμος για τα φυτά), το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και το βόριο. Γι' αυτό, από τις ποσότητες λιπασμάτων που θα έπρεπε να προστεθούν σε απεσταγμένο νερό για να προκύψει θρεπτικό διάλυμα μιας δεδομένης σύστασης θα πρέπει να αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων οι οποίες περιέχονται στο νερό άρδευσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Αυτό σημαίνει, ότι οι συνθήκες θρεπτικών διαλυμάτων που προτείνονται στη βιβλιογραφία θα πρέπει πριν χρησιμοποιηθούν να εξατομικεύονται στην εκάστοτε καλλιέργεια, ανάλογα με τη σύσταση του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά νερού σε ανόργανα ιόντα, όπως και πραγματικά γίνεται στην υδροπονική πρακτική. Εκτός όμως από τη χημική σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού, οι προτεινόμενες στη βιβλιογραφία συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων (βασικές συνθέσεις) θα πρέπει να προσαρμόζονται και σε ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης καλλιέργειας, όπως το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, οι κλιματικές συνθήκες, το υπόστρωμα καλλιέργειας κ.λπ. Επομένως, οι βασικές συνθέσεις συχνά χρησιμοποιούνται απλώς ως ενδεικτικές για τις συνιστώμενες για κάθε φυτό αμοιβαίες αναλογίες μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων. Οι τελικές συνθέσεις που προκύπτουν μετά την προσαρμογή στα δεδομένα της συγκεκριμένης καλλιέργειας καλούνται **τροποποιημένες συνθέσεις**.

Επομένως για την παρασκευή θρεπτικού διαλύματος για μία συγκεκριμένη υδροπονική καλλιέργεια δεν αρκεί μόνο να αποφασισθεί ποιμ θα είναι η σύνθεσή του, αλλά είναι απαραίτητο να είναι γνωστή και η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ιόντα ανόργανων αλάτων, εκτός από τα ιόντα των θρεπτικών στοιχείων. Άλλα ιόντα, που περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα συνηθισμένα νερά άρδευσης και η παρουσία τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, είναι το νάτριο και τα οξυανθρακικά (HCO_3).

Ιχνοστοιχείο	mg/l (Hoagland & Arnon, 1950)	mg/l (Sonneveld & Straver, 1989)
Σίδηρος (Fe)	1,40	0,84
Μαγγάνιο (Mn)	0,50	0,55
Ψευδάργυρος (Zn)	0,05	0,26-0,33
Χαλκός (Cu)	0,02	0,05
Βόριο (B)	0,50	0,22-0,27
Μολυβδαίνιο (Mo)	0,01	0,05

Πίνακας 5. Συνιστώμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα για υδροπονία από τους Hoagland και Arnon (1952) καθώς και από τους Sonneveld και Straver (1989)

Συγκεκριμένα, το μεν νάτριο λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο διάλυμα, ενώ τα οξυανθρακικά κατά τον υπολογισμό της συγκέντρωσης οξέος που απαιτείται να προστεθεί για τον έλεγχο του pH. Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τα απόλυτα επιτρεπτά όρια καθώς και τις αναλογίες μεταξύ τους (π.χ. Fe/Mn) που συνιστώνται στη βιβλιογραφία. Οι βασικές γνώσεις μας σχετικά με τις κατάλληλες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα βασίζονται κυρίως στις κλασσικές εργασίες των γερμανών φυσιολόγων φυτών Knop (1989) και Sachs (1859, 1861) καθώς και σε νεότερες αμερικανών ερευνητών όπως ο McCall (1916), ο Laurie (1931), οι Arnon και Hoagland (1940), κ.λπ. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών καθώς και άλλων από την επιστήμη της διατροφής των φυτών χρησιμοποιήθηκαν από τους Hoagland και Arnon (1952) για την κατάρτιση συνθέσεων θρεπτικών διαλυμάτων τόσο για την καλλιεργητική πράξη όσο και για ερευνητικούς σκοπούς, στις οποίες συμπεριλαμβάνονταν συγκεκριμένες συστάσεις για τις συγκεντρώσεις όλων των απαραίτητων ιχνοστοιχείων. Οι γνώσεις μας βέβαια από τότε έχουν διευρυνθεί και με αρκετές νεότερες εργασίες όπως αυτή του Jacobson (1951) που άνοιξε το δρόμο στη χρήση χημικού σιδήρου λύνοντας έτσι ένα σημαντικό πρόβλημα της υδροπονίας, καθώς επίσης και οι νεότερες των Sonneveld και Voogt (1980) και Sonneveld και de Bes (1984). Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων που πρότειναν οι Hoagland και Arnon (1952) καθώς και αυτές

που προτείνονται από το πρωτοπόρο στον τομέα της υδροπονίας Ερευνητικό Ινστιτούτο Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών του Naaldwijk της Ολλανδίας) για τα κυριότερα καρποδοτικά λαχανικά παρατίθενται στον Πίνακα 5.

Εφόσον έχει καθορισθεί ποια θα είναι η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος, υπολογίζονται κατόπιν οι συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν σε δεδομένη ποσότητα νερού για την παρασκευή αντίστοιχης ποσότητας διαλύματος. Η διαδικασία υπολογισμού των συγκεκριμένων ποσοτήτων λιπασμάτων μακροστοιχείων που θα πρέπει να προστεθούν σε ορισμένο όγκο νερού γνωστής περιεκτικότητας σε ανόργανα ιόντα, για την παρασκευή ανάλογης ποσότητας θρεπτικού διαλύματος δεδομένης σύνθεσης σε θρεπτικά στοιχεία, περιγράφεται στην συνέχεια μέσω ενός συγκεκριμένου παραδείγματος που παρατίθεται στον Πίνακα 6.

	Σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)	Σύσταση νερού (κατιόντα)	Προσθήκη λιπασμάτων (κατιόντα)	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Σύνολο
Σύνθεση διαλύματος (ανιόντα)				3,00	15,25	1,50	0,50	5,40	25,65
Σύσταση νερού (ανιόντα)				1,45	0,10	0,00	5,60	5,40	12,55
Προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)				1,55	15,15	1,50	–	–	18,20
Ca ²⁺	9,10	4,00	5,10	–	5,10	–	–	–	5,10
Mg ²⁺	3,00	2,65	0,35	0,35	–	–	–	–	0,35
K ⁺	7,50	0,10	7,40	1,20	6,20	–	–	–	7,40
NH ₄ ⁺	0,25	–	0,25	–	0,25	–	–	–	0,25
Na ⁺	5,80	5,80	–	–	–	–	–	–	–
H ⁺	–	–	5,10	–	3,60	1,50	–	–	5,10
Σύνολο	25,65	12,55	18,20	1,55	15,15	1,50	–	–	18,20

Πίνακας 6. Πίνακας υπολογισμού των συγκεντρώσεων των λιπασμάτων μακροστοιχείων που απαιτούνται για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος μίας δεδομένης σύνθεσης κατάλληλης για πιπεριές, μετά από προσαρμογή στα δεδομένα της σύστασης του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα. Όλες οι συγκεντρώσεις δίνονται σε meq/l (eq/m³)

Στην 2η γραμμή και την 2η στήλη του Πίνακα 6 δίνεται η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανιόντα και κατιόντα αντίστοιχα. Στην πρώτη γραμμή του Πίνακα 6 δίνεται η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για πιπεριές σε ανιόντα, ενώ η σύνθεσή του σε κατιόντα δίνεται στην πρώτη στήλη. Διευκρινίζεται ότι πρόκειται για τροποποιημένη σύνθεση, προσαρμοσμένη στη σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα καθώς και στα υπόλοιπα δεδομένα μίας συγκεκριμένης καλλιέργειας πιπεριάς. Στα τετραγωνίδια που αντιστοιχούν στις συγκεντρώσεις Cl^- και Na^+ συνήθως τοποθετούνται οι αντίστοιχες περιεκτικότητες του νερού άρδευσης στα στοιχεία αυτά, εκτός και αν επιδιώκεται να αυξηθεί η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα μέσω προσθήκης NaCl ή KCl . Ως συγκέντρωση των ιόντων HCO_3^- αναγράφεται στο αντίστοιχο τετραγωνίδιο η τιμή 0,5 meq/l, δεδομένου ότι όπως θα εξηγηθεί πιο κάτω αυτή η συγκέντρωση HCO_3^- αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε τιμή pH 5,5 στο διάλυμα. Στη συνέχεια, αφαιρώντας τις συγκεντρώσεις της 2ης στήλης από αυτές της 1ης στήλης και της 2ης γραμμής από αυτές της 1ης γραμμής προκύπτουν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα μέσω λιπασμάτων (έντονα τονισμένοι αριθμοί 3ης γραμμής και 3ης στήλης). Ακολούθως, οι συγκεντρώσεις αυτές διατάσσονται σε έναν πίνακα διπλής εισόδου (κουτί που περικλείεται από τις έντονες γραμμές κάτω δεξιά) κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να προκύπτουν οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων λιπασμάτων που απαιτείται να προστεθούν στο νερό για την επίτευξή τους. Η τοποθέτηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων της 3ης γραμμής και 3ης στήλης στον πίνακα διπλής εισόδου γίνεται πάντοτε με μία ορισμένη σειρά και με βάση ορισμένες αρχές:

1. Η αρχή γίνεται με το ασβέστιο, το οποίο παρέχεται πάντοτε ως νιτρικό ασβέστιο. Για πρακτικούς λόγους θεωρούμε ως χημικό τύπο του χρησιμοποιούμενου νιτρικού ασβεστίου τον $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ και όχι τον πραγματικό που δίνεται στον Πίνακα 4.

2. Ακολουθεί η τοποθέτηση του μαγνησίου και του θείου στον πίνακα, τα οποία χορηγούνται ως θειικό μαγνήσιο. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση Mg^{++} στην 3η στήλη υπερβαίνει αυτή των θεικών στην 3η γραμμή, το υπόλοιπο μέρος της συγκέντρωσης Mg^{++} καλύπτεται με προσθήκη νιτρικού μαγνησίου. Σε περίπτωση αντίθετα που η συγκέντρωση SO_4^{--} υπερβαίνει αυτή των ιόντων μαγνησίου, χρησιμοποιείται θειικό κάλιο σε ανάλογη συγκέντρωση.

3. Ακολουθεί το αμμωνιακό άζωτο, το οποίο συνήθως παρέχεται ως νιτρικό αμμώνιο, σπανιότερα δε ως φωσφορικό αμμώνιο.

4. Το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση του φωσφόρου ($H_2PO_4^-$) στον πίνακα, ο οποίος συνήθως παρέχεται ως φωσφορικό οξύ, γιατί το H_3PO_4 αποτελεί τη φθηνότερη πηγή διαλυτού φωσφόρου. Σε περίπτωση όμως που η συγκέντρωση οξυανθρακικών στο νερό δεν υπερβαίνει τα 2 meq/l κάτι τέτοιο δεν είναι σκόπιμο, γιατί το pH του διαλύματος μπορεί να πέσει κάτω από 5, οπότε ο φωσφόρος παρέχεται υπό μορφή KH_2PO_4 . Σε περίπτωση που το αμμώνιο χορηγείται υπό μορφή $NH_4H_2PO_4$, η συγκέντρωση του H_3PO_4 ή του KH_2PO_4 θα πρέπει να μειώνεται ανάλογα.

5. Ακολουθεί η τοποθέτηση της συγκέντρωσης καλίου στον πίνακα διπλής εισόδου. Αρχικά υπολογίζεται το ύψος της συγκέντρωσης K^+ που χορηγείται υπό μορφή θειικού καλίου και (ενδεχομένως) φωσφορικού μονοκαλίου. Το άθροισμά τους αφαιρείται στη συνέχεια από τη συνολική συγκέντρωση ιόντων καλίου που πρέπει να επιτευχθεί στο διάλυμα μέσω προσθήκης λιπασμάτων (δηλαδή αυτή που αναγράφεται στην τρίτη στήλη). Η διαφορά που προκύπτει χορηγείται υπό μορφή νιτρικού καλίου.

6. Τέλος, ρυθμίζεται και η συγκέντρωση των νιτρικών στον πίνακα διπλής εισόδου στο ύψος που προβλέπεται στην 3η γραμμή. Όπως και στην περίπτωση του καλίου, αρχικά υπολογίζεται η συγκέντρωση νιτρικών που έχει ήδη χορηγηθεί υπό μορφή νιτρικού ασβεστίου, ενδεχομένως νιτρικού μαγνησίου, νιτρικού καλίου και νιτρικού αμμωνίου. Το άθροισμα αυτό αφαιρείται από τη συνολική συγκέντρωση νιτρικών που πρέπει να επιτευχθεί στο διάλυμα μέσω

προσθήκης λιπασμάτων. Η διαφορά που προκύπτει καλύπτεται με προσθήκη νιτρικού οξέος.

Οι συγκεντρώσεις νιτρικού και φωσφορικού οξέος που υπολογίζονται μέσω αυτής της διαδικασίας συνήθως επαρκούν για τον έλεγχο του pH του διαλύματος. Για το θέμα αυτό όμως θα γίνει διεξοδικότερη αναφορά πιο κάτω, στη σχετική με το pH παράγραφο.

Ο υπολογισμός των συγκεκριμένων ποσοτήτων λιπασμάτων που πρέπει να αναμειχθούν με δεδομένη ποσότητα νερού για να παρασκευασθεί θρεπτικό διάλυμα ορισμένου όγκου είναι πλέον απλός. Συγκεκριμένα αυτό γίνεται μέσω μετατροπής της συγκέντρωσης σε μονάδες βάρους (πολλαπλασιασμός με το χημικό ισοδύναμο του άλατος - λιπάσματος) και αναγωγής της στο συγκεκριμένο όγκο διαλύματος που πρόκειται να παρασκευασθεί (Πίνακας 7). Ειδικά για τα οξέα, επειδή ως υγρά οι ποσότητές τους υπολογίζονται συνήθως σε όγκο, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η πυκνότητά τους. Σημειώνεται ότι η πυκνότητα του καθαρού νιτρικού οξέος ανέρχεται στα 1,42 Kg/l, ενώ αυτή του καθαρού φωσφορικού οξέος στα 1,75 Kg/l.

1. Νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	$= 5,00 \times 10 \times 108,05$	$= 5403 \text{ g}$
2. Θεικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	$= 0,35 \times 10 \times 123,15$	$= 431 \text{ g}$
3. Νιτρικό κάλιο	KNO_3	$= 6,20 \times 10 \times 101,10$	$= 6268 \text{ g}$
4. Θεικό κάλιο	K_2SO_4	$= 1,20 \times 10 \times 87,15$	$= 1046 \text{ g}$
5. Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	$= 0,25 \times 10 \times 80,00$	$= 200 \text{ g}$
6. Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	$= 1,50 \times 10 \times 98/1,75$	$= 840 \text{ g}$
7. Νιτρικό οξύ	HNO_3	$= 3,70 \times 10 \times 63/1,42$	$= 1642 \text{ g}$

Πίνακας 7. Υπολογισμός των ποσοτήτων λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν σε νερό, του οποίου η περιεκτικότητα σε ανόργανα ιόντα φαίνεται στον Πίνακα 6, για την παρασκευή 10 m³ θρεπτικού διαλύματος με σύνθεση αυτή που δίνεται στην 1η γραμμή και 1η στήλη του Πίνακα 6.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4, τα περισσότερα λιπάσματα ιχνοστοιχείων είναι ανόργανα άλατα, στα οποία το ένα ιόν περιέχει ή συνιστά το

ιχνοστοιχείο ενώ το δεύτερο ιόν που τα συναπαρτίζει είναι μακροστοιχείο (ή νάτριο). Ο σίδηρος κατ' εξαίρεση προστίθεται υπό μορφή συμπλοκών χημικών ενώσεων του στοιχείου (DTPA, EDDHA κ.λπ.). Αυτό γίνεται γιατί τα ιόντα σιδήρου, που προέρχεται από ανόργανα άλατα στις συνηθισμένες τιμές pH που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία, σχηματίζουν το αδιάλυτο υδροξείδιο του σιδήρου $[Fe(OH)_3]$, οπότε παύουν να είναι διαθέσιμα για τα φυτά. Δεδομένου ότι τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα σε απειροελάχιστες συγκεντρώσεις στο διάλυμα σε σχέση με τα μακροστοιχεία, η ποσότητα του μακροστοιχείου (ή Na) που μαζί με το ιχνοστοιχείο απαρτίζει τα άλας - λίπασμα, δεν επηρεάζει τη συνολική συγκέντρωση του μακροστοιχείου αυτού στο διάλυμα και γι' αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη. Έτσι, για να υπολογισθούν οι ποσότητες λιπασμάτων ιχνοστοιχείων που απαιτούνται για την παρασκευή δεδομένου όγκου υπέρπυκνου διαλύματος ιχνοστοιχείων, πρέπει απλώς να πολλαπλασιασθεί η επιζητούμενη συγκέντρωση του εκάστοτε ιχνοστοιχείου ($\mu\text{mol/l}$) με το μοριακό βάρος του λιπώσματος και τον όγκο (σε λίτρα) του αραιού διαλύματος, στα οποία αντιστοιχεί το υπέρπυκνο διάλυμα που παρασκευάζεται. Στην περίπτωση που οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων δίνονται σε mg/l ή ppm , οι υπολογισμοί γίνονται συντομότερα χρησιμοποιώντας την εκατοστιαία περιεκτικότητα του εκάστοτε λιπώσματος στο δεδομένο ιχνοστοιχείο.

2.3.2 Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων

Αρχικά τα λιπώσματα τοποθετούνται σε μεγάλα δοχεία (βαρέλια) των 100-1000 λίτρων σε πολλαπλάσιες συγκεντρώσεις (συνήθως 100πλάσιες ή 200πλάσιες) από αυτές που πρέπει να υφίστανται στο διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Τα διαλύματα που περιέχονται στα βαρέλια αυτά λέγονται **μητρικά** ή απλώς **πυκνά διαλύματα**. Το διάλυμα που φτάνει στα φυτά προκύπτει από την αραιώση των πυκνών αυτών διαλυμάτων με νερό. Το αραιωμένο διάλυμα που παρέχεται στα φυτά ονομάζεται απλώς **αραιό διάλυμα**. Πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον δοχεία πυκνών

διαλυμάτων, γιατί το νιτρικό ασβέστιο δεν μπορεί να τοποθετηθεί στο ίδιο δοχείο με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα σε τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις. Κάτι τέτοιο θα είχε σαν συνέπεια την κατακρήμνιση $\text{Ca}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ και CaSO_4 , λόγω της χαμηλής διαλυτότητας που έχουν αυτά τα δύο άλατα. Συνήθως χρησιμοποιείται και ένα τρίτο βαρέλι μητρικού διαλύματος, στο οποίο τοποθετείται αποκλειστικά και μόνο οξύ (κατά κανόνα HNO_3), για τον έλεγχο του pH του διαλύματος. Οι ποσότητες λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό για την παρασκευή ορισμένου όγκου πυκνών διαλυμάτων αποτελούν τη λεγόμενη στην υδροπονική πράξη "συνταγή παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος".

Στο πρώτο δοχείο πυκνού διαλύματος (δοχείο Α) προστίθεται οπωσδήποτε το νιτρικό ασβέστιο και συνήθως ακόμη το νιτρικό αμμώνιο, ένα μέρος του νιτρικού καλίου και ο σίδηρος. Στο δεύτερο δοχείο (βαρέλι Β) προστίθεται οπωσδήποτε το θειικό κάλιο, το θειικό μαγνήσιο, το φωσφορικό μονοαμμώνιο, το φωσφορικό μονοκάλιο, το φωσφορικό οξύ και τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Το νιτρικό μαγνήσιο (αν πρόκειται να γίνει χρήση του) μπορεί να προστεθεί σε οποιοδήποτε από τα δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων. Αν δεν υπάρχει ξεχωριστό βαρέλι για το οξύ, τότε το νιτρικό οξύ μπορεί να προστεθεί είτε στο δοχείο Α, είτε στο δοχείο Β, είτε ισόποσα και στα δύο.

Τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων συνδέονται με ένα σύστημα μίξης, το οποίο αραιώνει ισόποσα τα δύο μητρικά διαλύματα Α και Β με νερό.

Η αναλογία αραιώσης είναι τόση, όσες φορές πιο πυκνά έχουν παρασκευασθεί τα μητρικά διαλύματα σε σχέση με το αραιό διάλυμα, με το οποίο θα τροφοδοτηθούν τα φυτά. Οι συνήθειες αναλογίες συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των αραιών και των μητρικών διαλυμάτων στην υδροπονία είναι 1/100 ή 1/200. Μεγαλύτερη συμπύκνωση των πυκνών διαλυμάτων συνήθως δεν είναι εφικτή εξαιτίας των ορίων που θέτει η διαλυτότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων. Το αραιό διάλυμα που προκύπτει οδηγείται με τη βοήθεια μιας αντλίας στο χώρο ανάπτυξης των φυτών.

Αν υπάρχει ειδικό δοχείο για το οξύ, το σύστημα μείξης των πυκνών διαλυμάτων διοχετεύει την απαιτούμενη κάθε φορά ποσότητα οξέος στο αραιό διάλυμα είτε αυτόματα είτε μετά από ρύθμιση, ώστε το pH να συγκριθείται μεταξύ 5,5 και 6,0.

Σπάνια (και μόνο σε συστήματα με επανακυκλοφορία του διαλύματος) μπορεί να είναι απαραίτητο κι ένα τέταρτο βαρέλι με KHCO_3 ή KOH για την ανύψωση του pH όποτε παρίσταται ανάγκη.

Η διαλυτότητα των αλάτων που χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα ιχνοστοιχείων είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερη από τις συγκεντρώσεις που επιδιώκονται στο αραιό διάλυμα. Γι' αυτό στην πράξη συνήθως παρασκευάζεται ένα υπέρπυκνο διάλυμα με όλα τα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στο υπέρπυκνο αυτό διάλυμα συνήθως είναι 10.000 έως 25.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή που επιζητείται στο αραιό διάλυμα, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Κάθε φορά λοιπόν που πρέπει να παρασκευασθούν πυκνά διαλύματα Α και Β, στο δοχείο με τα θειικά και φωσφορικά λιπάσματα (δοχείο Β) προστίθεται και μια ποσότητα υπέρπυκνου διαλύματος ιχνοστοιχείων σε αναλογία 1/100 έως 1/250 αντίστοιχα.

Έτσι η τελική διάλυση των ιχνοστοιχείων στο αραιό διάλυμα το οποίο προκύπτει μετά την περαιτέρω αραιώση των πυκνών διαλυμάτων σε αναλογία π.χ. 1/100 θα είναι 1/10.000 έως 1/25.000 αντίστοιχα και επομένως θα προκύπτουν οι συγκεντρώσεις που επιζητούνται.

2.3.3 Έλεγχος και αναπροσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η υδροπονία βασίζεται στην τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία μέσω ενός τεχνητού θρεπτικού διαλύματος. Είναι γνωστό ότι και τα φυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος εφοδιάζονται με θρεπτικά στοιχεία από ένα θρεπτικό διάλυμα, φυσικό όμως, το εδαφικό διάλυμα. Τόσο όμως στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται υποστρώματα όσο και στην περίπτωση της καλλιέργειας σε αμιγές θρεπτικό διάλυμα, ο συνολικός όγκος του χώρου στον οποίο αναπτύσσεται η ρίζα και συνεπώς και ο όγκος του θρεπτικού

διαλύματος ανά φυτό είναι δραστικά μειωμένος σε σχέση με τους αντίστοιχους όγκους που υφίστανται σε καλλιέργειες φυτών του ίδιου είδους στο έδαφος. Για παράδειγμα, ένα φυτό αγγουριάς, το οποίο αναπτύσσεται στο έδαφος θερμοκηπίου σε καλλιέργεια με πυκνότητα φύτευσης 2500 φυτά ανά στρέμμα (0,4 m²/φυτό) και με δεδομένο ένα βάθος ριζοστρώματος περί τα 0,5 m εκμεταλλεύεται έναν όγκο εδάφους περίπου 200 lt. Αν θεωρηθεί μια συνήθης περιεκτικότητα του χώματος σε υγρασία γύρω στα 30%, τότε αυτό το φυτό έχει περίπου 60 lt εδαφικού διαλύματος στη διάθεσή του όταν είναι ποτισμένο. Στην καλλιέργεια σε πετροβάμβακα όμως για παράδειγμα, αντιστοιχούν μόνο 3,75 lt υπόστρωμα ανά φυτό αγγουριάς (3 φυτά ανά πλάκα πετροβάμβακα διαστάσεων 100x15x7,5 cm). Με δεδομένη μια περιεκτικότητα του πετροβάμβακα σε θρεπτικό διάλυμα γύρω στα 75% σε κατάσταση κορεσμού, κάθε φυτό έχει στη διάθεσή του περίπου 2,8 lt θρεπτικό διάλυμα. Σε ένα σύστημα NFT αντιστοιχούν συνήθως 2 lt διαλύματος ανά φυτό (Graves, 1983). Ποσότητα 2-2,8 lt διαλύματος καλύπτει τις ανάγκες ενός καρποφορούντος φυτού αγγουριάς σε νερό και θρεπτικά στοιχεία μόνο για 1-2 μέρες ενώ τα 60lt επαρκούν για 25-50 μέρες. Είναι φυσικά ευνόητο, ότι όταν ο όγκος του διαλύματος, από το οποίο τρέφεται ένα φυτό είναι μόνο 2-3 lt, οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών ιόντων και στις μεταξύ τους αναλογίες σαν συνέπεια της εκλεκτικής απορρόφησης αυτών από το φυτό είναι πολύ πιο γρήγορες και πολύ πιο έντονες.

Από το παραπάνω παράδειγμα γίνεται φανερό πόσο ακριβής πρέπει να είναι η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονία και πόσο τακτική η παροχή του στο χώρο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή θρέψη και ανάπτυξη των φυτών. Είναι επομένως απαραίτητο να ελέγχεται τακτικά η σύσταση και οι άλλες ιδιότητες του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών και όποτε υπάρχει ανάγκη τα μεγέθη αυτά να αναπροσαρμόζονται πάλι στα αρχικά, επιθυμητά επίπεδα.

Από την άλλη πλευρά όμως, η αριστοποίηση της σύστασης του διαλύματος με το οποίο τρέφονται τα φυτά αλλά και η επέμβαση προς διόρθωση

ανισορροπιών που τυχόν εμφανίζονται είναι πολύ πιο εύκολη στην υδροπονία, αφού σε κάθε φυτό αντιστοιχεί ένας τόσο μικρός όγκος ριζοστρώματος και θρεπτικού διαλύματος, το οποίο εύκολα και γρήγορα μπορεί να ανανεώνεται.

Πριν γίνει συγκεκριμένη αναφορά στους ελέγχους και τις αναπροσαρμογές που πρέπει να γίνονται στο θρεπτικό διάλυμα ώστε να εξασφαλίζεται σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας η ισόρροπη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών, θα πρέπει πρώτα να διευκρινισθεί ότι αυτό θα πρέπει να γίνεται τόσο στο νερό θρεπτικό διάλυμα που φτάνει στα φυτά μέσω του συστήματος παροχής, όσο και σε αυτό που υπάρχει στο χώρο των ριζών.

Στην περίπτωση των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων, η σύσταση του διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά δεν είναι η ίδια με αυτή του διαλύματος που υπάρχει στο χώρο του ριζικού συστήματος, δηλαδή μέσα στο υπόστρωμα. Πράγματι, το διάλυμα που παρέχεται στα φυτά είναι καινούργιο και στο βαθμό που παρασκευάζεται σωστά θα έχει γνωστές και δεδομένες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων και επομένως θα χαρακτηρίζεται από τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι, στα ανοικτά συστήματα το μόνο που χρειάζεται να γίνεται για να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, είναι να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε δύο ή τρεις μέρες) αν οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αυτές που προβλέπονται από το σχήμα θρέψης που εφαρμόζεται. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα και αποσκοπούν στην έγκαιρη διάγνωση και διόρθωση ενδεχομένων λαθών ή βλαβών στο σύστημα μείξης και παροχής του διαλύματος.

Αντίθετα, τόσο οι συγκεντρώσεις σε θρεπτικά στοιχεία, όσο και οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος που βρίσκεται στο χώρο ανάπτυξης των ριζών δεν είναι ούτε δεδομένες ούτε σταθερές. Οι μεταβολές που υφίστανται προσδιορίζονται από τρεις παράγοντες:

α) από το έδαφος και την ποσότητα του διαλύματος που φτάνει στο χώρο του ριζοστρώματος μέσω του συστήματος παροχής (νέο διάλυμα με τη συνιστώμενη σύνθεση και θρεπτικά στοιχεία και τις επιθυμητές τιμές pH και αγωγιμότητας).

β) από την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό (ποσότητες και αναλογίες μεταξύ τους) και

γ) από την έκταση της απορροής διαλύματος από το χώρο των ριζών (δηλαδή από το υπόστρωμα καλλιέργειας) προς το έδαφος.

Στους προαναφερθέντες παράγοντες θα μπορούσε να προστεθεί και η εξάτμιση διαλύματος από το χώρο του ριζοστρώματος. Σε ένα καλά εγκατεστημένο σύστημα υδροπονίας όμως, επειδή ο χώρος του ριζικού συστήματος καλύπτεται πλήρως με πλαστικό φύλλο, η εξάτμιση είναι πρακτικά πολύ μικρή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

"ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ"

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Η αγγουριά ανήκει στην οικογένεια *Cucurbitaceae* (κολοκυνθοειδή). Το βοτανικό της όνομα είναι *Cucumis sativus*, L.. Είναι ετήσιο φυτό, το οποίο όταν αναπτύσσεται υπό φυσικές συνθήκες χωρίς να υποστυλώνεται 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 του και στην καρπόδεση. Ο αριθμός των χρωματοσωμάτων του είναι $2N = 14$, εκτός όμως από τις διπλοειδείς ποικιλίες υπάρχουν και τετραπλοειδείς με $4N = 28$.

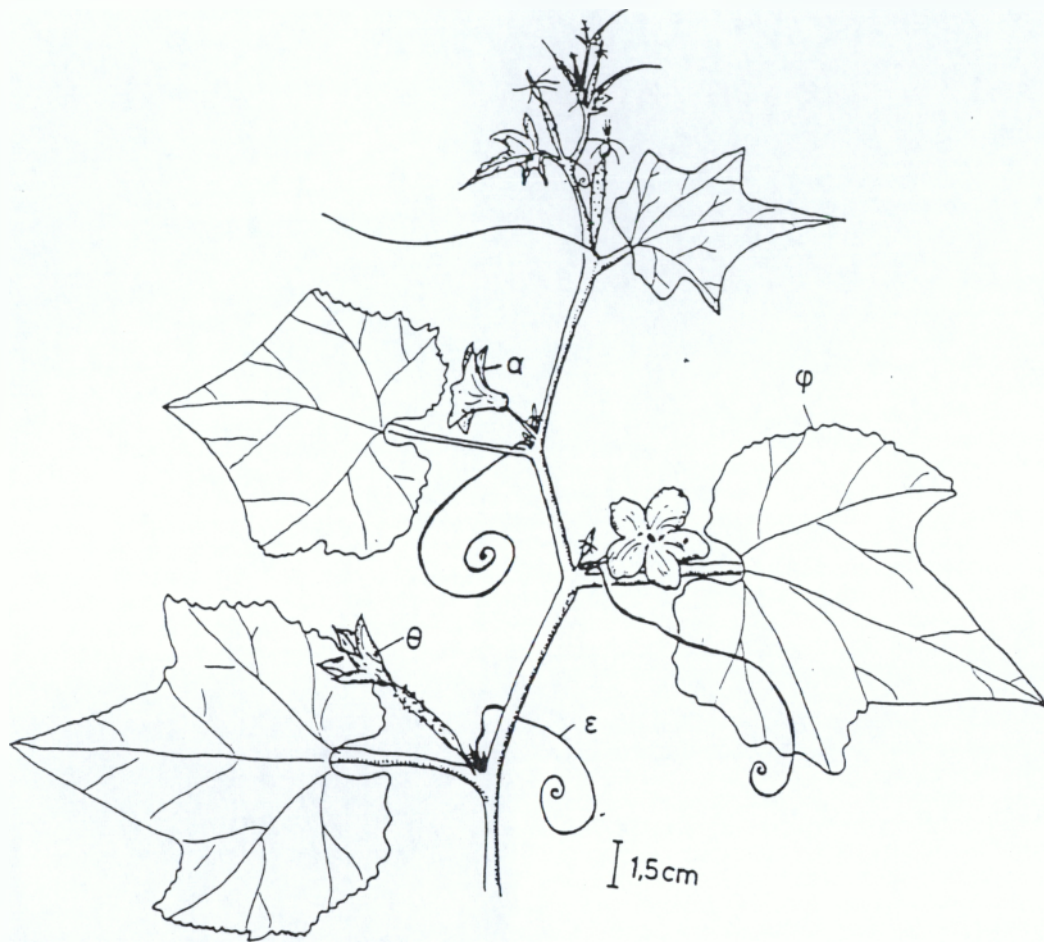
Η αγγουριά είναι επιπολαιόριζο φυτό. Το ριζικό της σύστημα αναπτύσσεται κυρίως οριζόντια, και μάλιστα σε αρκετή ακτίνα γύρω από την κεντρική πασσαλώδη ρίζα. Αντίθετα όμως με την οριζόντια, η κατά βάθος ανάπτυξη της ρίζας είναι περιορισμένη. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος δεν προχωρεί βαθύτερα 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 ζοηρότητα 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).

Ο βλαστός της αγγουριάς είναι γωνιώδης, πράσινος, δεν ξυλοποιείται και μπορεί να φθάσει 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 υποστήλωση. Γι' αυτό το λόγο η οικολογική προσαρμογή του φυτού είναι η έρπουσα ανάπτυξη ή η

αναρρίχησης του σε άλλα φυτά ή φυσικά στηρίγματα. Η αγγουριά έχει έντονη τάση σχηματισμού πλάγιων βλαστών στις μισχάλες 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 (Σχήμα 4).

Τα φύλλα της αγγουριάς φύονται κατ' εναλλαγήν πάνω στο στέλεχος. Συνήθως είναι μεγάλου μεγέθους, απλά, γωνιώδη, χωρίς εγκολπώσεις. 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 οξύληκτο σχήμα.

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. Υπάρχουν όμως και ορισμένες ποικιλίες που φέρουν και ερμαφρόδιτα άνθη. Τα θηλυκά άνθη διακρίνονται εύκολα από τα αρσενικά, δεδομένου ότι μεταξύ του μίσχου και του σημείου έκφυσης της στεφάνης μεσολαβεί η ωοθήκη σαν μία σαρκώδης συνέχεια του μίσχου, η οποία θυμίζει καρπό αγγουριού σε μικρογραφία. Μετά την καρπόδεση η ωοθήκη διογκώνεται σιγά-σιγά και επιμηκύνεται λαμβάνοντας όλο και περισσότερο το χαρακτηριστικό σχήμα του αγγουριού, ενώ η κίτρινη στεφάνη μαρμαίνεται 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 πλάγιων βλαστών πρώτης και ανωτέρας τάξεως, αυξάνεται η συχνότητα σχηματισμού θηλυκών ανθέων. Τα αρσενικά άνθη συνήθως είναι περισσότερα δεδομένου ότι φέρονται κατά ομάδες στην κάθε μισχάλη φύλλων, ενώ τα θηλυκά συνήθως εμφανίζονται μονήρη ή το πολύ ανά δύο.



Σχήμα 4. Βλαστός αγγουριάς με αρσενικά και θηλυκά άνθη στις μασχάλες των φύλλων της
 (α = αρσενικό άνθος, θ = θηλυκό άνθος, ε = έλικας, φ = φύλλο αγγουριάς)



Τις τελευταίες δεκαετίες οι γενετιστές κατόρθωσαν να δημιουργήσουν πλήρως θηλυκά φυτά αγγουριάς, τα οποία φέρουν μόνο αρσενικά άνθη σε ποσοστό σχεδόν 100%. Πρόκειται για υβρίδια αγγουριάς, τα οποία έχουν την ιδιότητα να καρποδέχονται 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 εύγεστοι. Εκτός αυτού, τα αγγούρια των πλήρως θηλυκών υβριδίων, όταν προέρχονται από γονιμοποίηση αναπτύσσουν μία 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 εμπορεύσιμοι. 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.

Οι καρποί της αγγουριάς (αγγούρια) είναι επιμήκεις έως ραβδόμορφοι, πράσινοι όταν είναι ανώριμοι και κίτρινοι όταν ωριμάζουν. Στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης τα αγγούρια ζυγίζουν μέχρι και 1500 g. Το μήκος σε ορισμένες ποικιλίες είναι μεγάλο (μέχρι και 40-45 cm) ενώ σε άλλες μικρό (μικρόκαρπες ποικιλίες). Ο φλοιός του αγγουριού συνήθως είναι λείος. Σε μερικές ποικιλίες όμως, πάνω στον φλοιό φέρονται μικρές ανανάπτυκτες αποφύσεις, διάσπαρτες αραιά σε όλη του την επιφάνεια, οι οποίες ορισμένες φορές έχουν τη μορφή μικρών αγκαθιών. Η σάρκα των καρπών είναι λευκή και τρυφερή αλλά συγχρόνως και τριγωνή. Οι σημερινές καλλιεργούμενες ποικιλίες δεν περιέχουν ουσίες που τους προσδίδουν πικρή γεύση όπως οι παλαιότερες.

Οι σπόροι του αγγουριού είναι ωοειδείς, 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 αγγουριάς ανέρχεται στα 30-35 g.

3.2 ΕΠΟΧΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το αγγούρι καλλιεργείται στο θερμοκήπιο όλες τις εποχές. Η αγγουριά είναι ένα ταχείας ανάπτυξης φυτό, το οποίο είναι σε θέση μέσα σε 6-8 εβδομάδες από την ημέρα της σποράς του να δώσει τους πρώτους καρπούς. Έτσι ο προγραμματισμός για εγκατάσταση καλλιέργειας αγγουριού μπορεί να γίνει πιο βραχυπρόθεσμα σε σύγκριση με τα σολανώδη και να προσαρμόζεται πιο γρήγορα στις τάσεις και τις ανάγκες της αγοράς, η οποία σε τελική ανάλυση είναι αυτή που καθορίζει αν είναι σκόπιμη μία καλλιέργεια αγγουριού μία συγκεκριμένη εποχή του έτους ή όχι. Αυτή όμως η δυνατότητα ταχείας παραγωγής αγγουριού από τη στιγμή που θα διαφανεί η οικονομική σκοπιμότητα της καλλιέργειάς του είναι και η αιτία που το λαχανικό αυτό συχνά απολαμβάνει για μικρά μόνο χρονικά διαστήματα καλές τιμές στην αγορά.

Σε γενικές γραμμές, είναι συνηθισμένη κατάσταση για το αγγούρι να λαμβάνει καλές τιμές στις κεντρικές αγορές της βόρειας Ευρώπης κατά τους μήνες Νοέμβριο έως Φεβρουάριο. Αιτία γι' αυτό είναι το γεγονός ότι αυτή την εποχή η καλλιέργεια της αγγουριάς στη βόρεια Ευρώπη καθίσταται προβληματική λόγω της χαμηλής ηλιοφάνειας αλλά και ιδιαίτερα δαπανηρή λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, με συνέπεια ο συνολικός όγκος της παραγωγής αγγουριού στις χώρες αυτές να μειώνεται σημαντικά. Έτσι, η μειωμένη πανευρωπαϊκά παραγωγή και η συνεπακόλουθη αύξηση της τιμής κατά την εποχή αυτή έχει σαν συνέπεια να δημιουργούνται ευκαιρίες εξαγωγών σε καλές τιμές για το ελληνικό αγγούρι. Γι' αυτό το λόγο η σπορά του αγγουριού στις αρχές με μέσα Σεπτέμβρη με στόχο την έναρξη της συγκομιδής κατά το Νοέμβριο είναι μία συνηθισμένη πρακτική στα νότια διαμερίσματα της χώρας.

Ένα μεγάλο μέρος των παραγωγών όμως σπέρνει πιο όψιμα, με στόχο την έναρξη της παραγωγής κατά τα μέσα Δεκέμβρη ή και αργότερα (Ιανουάριο), δεδομένου ότι οι υψηλές τιμές που προσφέρονται για το αγγούρι στην κεντρική αγορά του Μονάχου (η οποία σημειωτέον αποτελεί την κυριότερη αγορά που

απορροφά το ελληνικό εξαγωγίμο αγγούρι) συχνά διαμορφώνονται όχι νωρίτερα από αυτή την εποχή.

Άλλοι παραγωγοί σπέρνουν ακόμη πιο όψιμα, δηλαδή το χειμώνα, με στόχο την έναρξη της παραγωγής νωρίς την άνοιξη. Βέβαια την εποχή αυτή οι δυνατότητες εξαγωγών είναι μικρές. Όμως οι περισσότεροι παραγωγοί που σπέρνουν αγγούρι πρώιμα, με στόχο τις εξαγωγές, τερματίζουν τη συγκομιδή με τη λήξη της εξαγωγικής περιόδου. Έτσι το παραγόμενο στις οψιμότερες αυτές καλλιέργειες αγγούρι μπορεί να διατεθεί στην εσωτερική αγορά, στην οποία η ζήτηση την άνοιξη και ιδιαίτερα κατά την πασχαλινή περίοδο παραδοσιακά αυξάνει, με συνέπεια συχνά να διαμορφώνονται ελκυστικές τιμές για τους παραγωγούς.

Τέλος, υπάρχουν και αρκετοί καλλιεργητές που σπέρνουν αργά την άνοιξη ή και τον Ιούνιο με στόχο την παραγωγή το καλοκαίρι, ιδιαίτερα σε τουριστικές περιοχές, όπου τα αγγούρια διατίθενται εύκολα και σε καλές τιμές στην τοπική αγορά χάρις στην αυξημένη ζήτηση που δημιουργείται από το τουριστικό ρεύμα στα εστιατόρια και τα ξενοδοχεία.

3.2.1 Τα κριτήρια επιλογής υβριδίων

Η καλλιέργεια του αγγουριού μαζί με εκείνη της τομάτας αποτελούν τις πιο σημαντικές καλλιέργειες κηπευτικών στη χώρα μας. Για τη σωστή επιλογή του υβριδίου/ποικιλίας είναι σκόπιμο να συνεκτιμούνται οι παρακάτω παράγοντες:

1. Συνθήκες αγοράς

Οι συνθήκες στην αγορά και πιο συγκεκριμένα οι προτιμήσεις των καταναλωτών, ο ανταγωνισμός, η περίοδος διαμόρφωσης υψηλών τιμών, η απόσταση της αγοράς από την περιοχή καλλιέργειας, μια που σημαντικές ποσότητες της παραγωγής εξάγονται. Συγκεκριμένα:

- Οι προτιμήσεις των καταναλωτών στις κατά τόπους αγορές, για καρπούς με συγκεκριμένα οργανοληπτικά - ποιοτικά χαρακτηριστικά, προσανατολίζουν στην επιλογή υβριδίων/ποικιλιών με επαρκές μήκος ανάλογα με τον τύπο, λαμπερό σκούρο πράσινο χρώμα, ευθείς, με κοντό ή χωρίς καθόλου λαιμό, σκληρούς, τραγανούς, κυλινδρικούς, εύγευστους, χωρίς πικράδα, άσπερμους κ.ά.
- Η περίοδος κατά την οποία διαμορφώνονται υψηλότερες τιμές, τόσο στην εγχώρια αγορά όσο και στην παγκόσμια, καθορίζουν το πρόγραμμα καλλιέργειας, ώστε τότε να γίνεται και η συγκομιδή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι απαραίτητο το υβρίδιο/ποικιλία που θα επιλεγεί να έχει τέτοια χαρακτηριστικά (π.χ. προιμότητα, αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες), ώστε στο συγκεκριμένο πρόγραμμα καλλιέργειας να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις με ανταγωνιστικό κόστος.
- Η θέση και η απόσταση της αγοράς από την περιοχή καλλιέργειας είναι ένας ακόμα παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Ιδιαίτερα όταν η παραγωγή κατά κύριο λόγο οδηγείται σε εξαγωγές, το υβρίδιο/ποικιλία που θα επιλεγεί θα πρέπει επιπλέον να δίνει καρπούς ανθεκτικούς στις μεταφορές και τις μεταχειρίσεις και με δυνατότητα διατήρησης της ποιότητάς τους αρκετά μετά τη συγκομιδή.

2. Προβλήματα φυτοπροστασίας

Η γνώση των σημαντικότερων παθήσεων που εμφανίζονται στην περιοχή καλλιέργειας, προσανατολίζει την επιλογή υβριδίου/ποικιλίας με ανθεκτικότητα ή ανεκτικότητα (*) σε αυτές. Ενδιαφέρει κυρίως η ανθεκτικότητα στο κλιδοσπόριο (scab), την ανθράκωση (An), το ωίδιο (PM), τον περονόσπορο (DM), κυρίως στα μικρόκαρπα αγγουράκια, την κορυνέσπορα (Co), τη φουζαρίωση (F), τη γωνιώδη κηλίδωση (ALS), την αλτερναρίωση (A), τη βακτηριακή μύρανση (E), τους νηματόδεις (N), καθώς και στις ιώσεις: μοσαϊκό

* Δηλαδή το φυτό είναι προσβεβλημένο, αλλά ανέχεται την ασθένεια.

της αγγουριάς (CMV), μωσαϊκό της καρπουζιάς (WMV), κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), δακτυλιωτή κηλίδωση της παπάγιας (PRSV), νεκρωτική κηλίδωση της πεπονιάς (MNSV).

3. Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Με βάση τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, το υβρίδιο/ποικιλία που θα επιλεγεί θα πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά (αντοχή στις χαμηλές ή στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και στις μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας συνήθως μεταξύ ημέρας και νύχτας, αντοχή στην αλατότητα κ.ά.), έτσι ώστε να διασφαλίζει υψηλές αποδόσεις με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος καλλιέργειας.

4. Υπάρχων εξοπλισμός - υποδομή

Η δυνατότητα εφαρμογής ορισμένων προγραμμάτων καλλιέργειας (και ιδιαίτερα για εκτός εποχής παραγωγή) εξαρτάται και από το διατιθέμενο εξοπλισμό, ο οποίος μπορεί να εξασφαλίσει ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας ανάλογα με το ύψος της θερμοκρασίας, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, ακριβή υδρολίπανση, εμπλουτισμό με CO₂, δυνατότητα υποστύλωσης (κλάδεμα συστήματος "ομπρέλας"), κάλυψη των αναγκών φωτισμού κ.ά. Στις περιπτώσεις αυτές το υβρίδιο/ποικιλία που θα επιλεγεί θα πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά και αντοχές, ώστε να εξασφαλίζει υψηλή απόδοση με ανταγωνιστικό κόστος καλλιέργειας.

5. Άλλοι παράγοντες

Για την τελική επιλογή θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη:

- η ζοηρότητα του υβριδίου/ποικιλίας,
- το ποσοστό των θηλυκών ανθέων (ως επί το πλείστον σήμερα διατίθενται στην αγορά υβρίδια/ποικιλίες με 100% θηλυκά άνθη),
- το ιστορικό της καλλιέργειας του υβριδίου/ποικιλίας στην περιοχή, ώστε

να γνωρίζουμε τις ιδιαίτερες καλλιεργητικές φροντίδες και απαιτήσεις του, καθώς και τα τυχόν προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

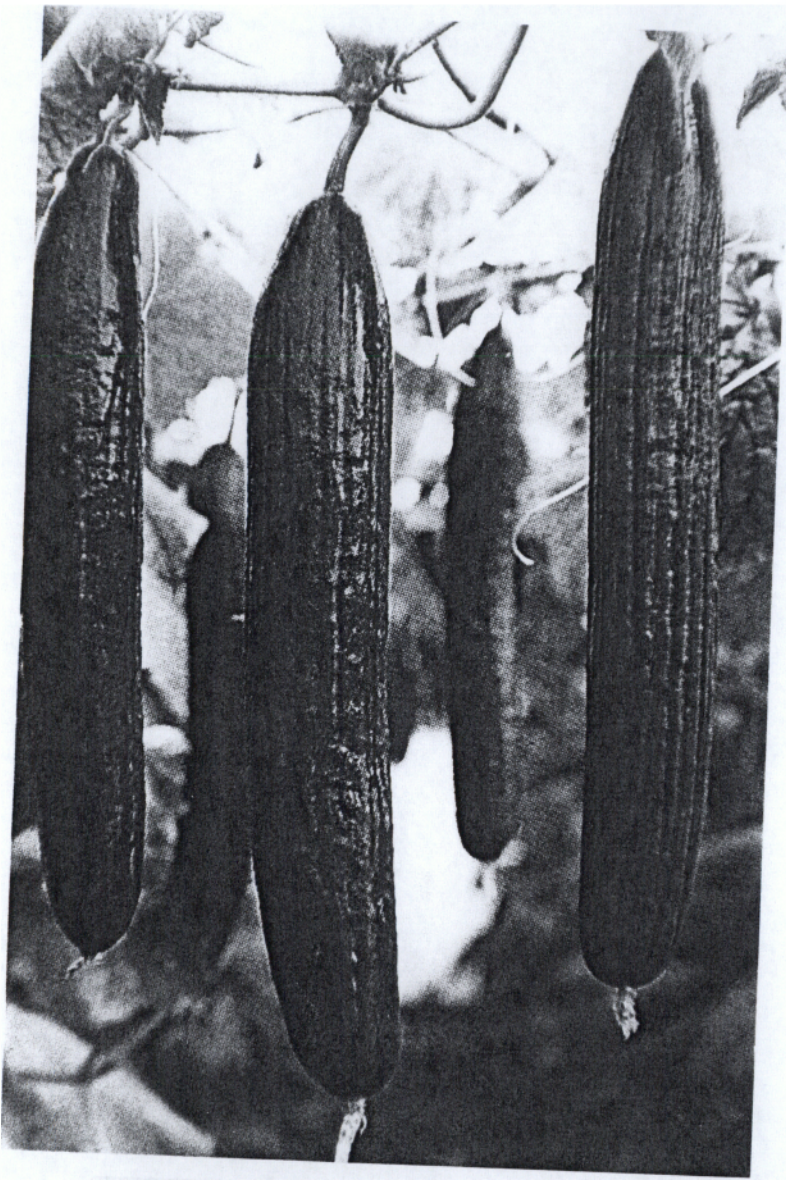
Θα πρέπει τέλος, να υπάρχει ενημέρωση - παρακολούθηση των τάσεων διαμόρφωσης των προτιμήσεων της αγοράς στο άμεσο μέλλον, ώστε να μπορεί η παραγωγή να προσαρμοστεί σταδιακά στις νέες τάσεις.

Σήμερα στη διάθεση των παραγωγών βρίσκονται πάρα πολλά παραγωγικά υβρίδια:

- παρθενοκαρπικά (100% θηλυκά άνθη),
- με αρκετή καλή πρωιμότητα,
- με καλές αντοχές ως προς τις θερμοκρασίες, για απρόσκοπτη γονιμοποίηση - καρπόδεση κυρίως, και
- με καρπούς άσπερμους, χωρίς πικράδα, με κοντό έως καθόλου λαιμό και ικανοποιητικό μήκος.

Όσον αφορά στον τύπο των μακριών αγγουριών (Dutch ή Long type) κατά κανόνα επιδιώκεται το σχετικά μεγάλο μήκος (περί τα 30 cm), με βίρος καρπού 400 g και άνω, ενώ όσον αφορά τον τύπο των κοντών ή μίνι αγγουριών (Beit alfa type) νωπής κατανάλωσης, το μήκος κυμαίνεται περί τα 12-20 cm. Στη χώρα μας γύρω από τα αστικά κέντρα κυρίως, όπως επίσης και στο εξωτερικό, το ενδιαφέρον για τα κοντά αγγουράκια φαίνεται να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο. Διατίθενται με το κιλό, αποτελώντας καθένα ατομική μερίδα και είναι πολύ εύγευστα.

Η γενετική έρευνα σήμερα εντείνει τις προσπάθειές της για παραπέρα βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού, της αντοχής σε ακραίες θερμοκρασίες και της ανθεκτικότητάς τους στις ασθένειες.



Δίπλα: Υβρίδιο F1 Gador

Κάτω: Υβρίδιο Jamaica



3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

1. Ακριβής υπολογισμός της καλλιεργούμενης έκτασης

α. Υπολογισμός φυταρίων και υποστρωμάτων. Βασικός παράγοντας για τον υπολογισμό αυτό είναι το είδος της καλλιέργειας και η κατασκευή του θερμοκηπίου. Όσο πιο σύγχρονη είναι η θερμοκηπιακή μονάδα (ύψος θερμοκηπίου, δυνατότητα αερισμού, σύστημα θέρμανσης αν υπάρχει) τόσο καλύτερα μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το χώρο (μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών). Παραθέτουμε την πυκνότητα φύτευσης υδροπονικών καλλιεργειών σε πετροβάμβακα που εφαρμόζονται στον ελληνικό χώρο με επιτυχία:

Καλλιέργεια αγγουριάς:

1.400 - 2.000 φυτά/στρέμμα

β. Σχεδιασμός του αρδευτικού συστήματος. Μια παροχή ανά θέση φύτευσης.

γ. Σχεδιασμός ενός παλιού αποστραγγιστικού δικτύου.

δ. Υπολογισμός των άλλων εγκαταστάσεων.

2. Καθαρισμός και ισοπέδωση του εδάφους

Καταπολεμούμε τα ζιζάνια που τυχόν υπάρχουν και ισοπεδώνουμε το έδαφος. Η μέγιστη επιτρεπτή κλίση είναι 1,5% και αυτό για δύο λόγους:

- Η μεγάλη κλίση δυσχεραίνει το σχεδιασμό του συστήματος άρδευσης (διαφορετική παροχή, απόπλυση κ.λπ.).
- Η μεγάλη κλίση δημιουργεί ανισορροπία στην κατανομή του θρεπτικού διαλύματος μέσα στο υπόστρωμα, περιορίζοντας τον ωφέλιμο χώρο για την ανάπτυξη της ρίζας.

Στη συνέχεια καλύπτουμε το έδαφος με ένα πλαστικό (άσπρο - μαύρο κατά προτίμηση) για τους εξής λόγους:

- Απομόνωση του υποστρώματος από το έδαφος και αποφυγή μόλυνσης από εδαφογενείς ασθένειες.
- Η μαύρη πλευρά του πλαστικού (στην κάτω πλευρά) αποτρέπει την εμφάνιση ζιζανίων ενώ το άσπρο της πάνω πλευράς αυξάνει τη φωτεινότητα (λόγω αντανάκλισης).
- Δημιουργεί συνθήκες ευχάριστες για τους εργαζόμενους (καθαριότητα, αποφυγή οσμών κ.λπ.).
- Περιορίζει τους πληθυσμούς εντόμων όπως ο θρίπας, λυριόμιζα όπου ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο στο έδαφος (νύμφες).
- Μείωση της Σχετικής Υγρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου.

3. Εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος και συστήματος θέρμανσης (αν υπάρχει)

4. Απολύμανση του χώρου του θερμοκηπίου

Ένα ψέκισμα μ' ένα εντομοκτόνο και ένα μηκυτοκτόνο στα διάφορα σημεία του θερμοκηπίου, καταπολεμεί τυχόν υπολείμματα ασθενειών ή εντόμων.

5. Τοποθέτηση των υποστρωμάτων στις γραμμές φύτευσης

3.3.1 Άρδευση

Όπως προαναφέρθηκε, ο πετροβάμβακας είναι αδρανές υλικό και τα απαραίτητα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία προστίθενται με το σύστημα άρδευσης. Ποτέ δεν αρδεύουμε με νερό αλλά πάντα με θρεπτικό διάλυμα. Η αρχή της άρδευσης είναι "λίγο και συχνά".

Ο ιδανικός τρόπος άρδευσης είναι να ποτίζουμε όταν το υπόστρωμα έχει χάσει το 20% του νερού που μπορεί να συγκρατεί στην υδατοϊκανότητα. Παίρνουμε σαν παράδειγμα ένα υπόστρωμα (slab) με διαστάσεις 90x20x7,5 cm και όγκο 13,5 λίτρα. Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι περίπου 10 λίτρα. Όταν 2 λίτρα νερό απορροφηθούν από τα φυτά ή εξατμισθούν επεμβαίνουμε με πότισμα. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι 2,3 λίτρα νερό (2 λίτρα για συμπλήρωμα + 0,3 λίτρα για απορροφή).

Στην πράξη ο αριθμός των ποτισμάτων όπως και η διάρκεια του κάθε ποτίσματος εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, το μέγεθος του φυτού και τις κλιματικές συνθήκες. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τον προγραμματισμό της άρδευσης είναι οι εξής:

- Το ποσοστό του διαλύματος που απορρέει. Σε κάθε πότισμα θα πρέπει τουλάχιστον το 15% της ποσότητας του διαλύματος που εφαρμόζεται, να απορρέει.
- Η EC στο υπόστρωμα θα πρέπει να είναι το πολύ 1-1.5 mS/cm μεγαλύτερη του διαλύματος που ποτίζουμε. Για παράδειγμα όταν το διάλυμα που αρδεύουμε έχει EC 2.0 mS/cm και η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα ξεπεράσει το 3.0-3.5 mS/cm πρέπει να ποτίσουμε.
- Οι ανάγκες του φυτού για νερό. Όσο καλύτερες είναι οι κλιματολογικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία), τόσο η εξατμισοδιαπνοή είναι εντονότερη και οι ανάγκες του φυτού για νερό μεγαλύτερες. Οι ανάγκες για νερό ενός φυτού αγγουριάς σε πλήρη ανάπτυξη κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας μπορεί να ξεπεράσουν τα 3 λίτρα ημερησίως. Χρησιμοποιώντας μπεκ (spaghetti) παροχής 3.5 λίτρα/ώρα και υπολογίζοντας το ποσοστό

απορροής (15%) , χρειάζονται 20 ποτίσματα των 3 λεπτών.

Επίσης η κατανομή των ποτισμάτων θα πρέπει να είναι συχνότερη στις ώρες της ημέρας που οι απαιτήσεις για νερό είναι μεγαλύτερες (μεταξύ 12:00 και 17:30).

Η απορροή κατά τη διάρκεια κάθε ποτίσματος είναι απαραίτητη διότι με τον τρόπο αυτό παραμένει η επιθυμητή σχέση των θρεπτικών στοιχείων στο περιβάλλον της ρίζας. Αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει απορροή μέσα στο υπόστρωμα τότε θα συμβούν τα εξής:

Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων που τα φυτά απορροφούν σε μεγαλύτερη ποσότητα όπως $N-NO_3$, K , PO_4 θα ελαττωθεί μέσα στο υπόστρωμα. Ταυτόχρονα η συγκέντρωση στοιχείων που απορροφούνται σε μικρότερο ποσοστό ή με μεγαλύτερη δυσκολία (φυσιολογία θρέψης) όπως τα SO_4 , Na^+ , Cl θα αυξάνεται. Η συνέχιση της διαδικασίας αυτής θα έχει σαν αποτέλεσμα:

- α. Την ανισορροπία του θρεπτικού διαλύματος στο υπόστρωμα.
- β. Αύξηση της EC καθότι θα συσσωρεύονται στοιχεία που το φυτό αδυνατεί ν' απορροφήσει.
- γ. Την αύξηση της συγκέντρωσης στοιχείων που μπορεί να δημιουργήσουν φυτοτοξικότητα όπως Na , Zn , B κ.λπ.

3.3.2 Ετοιμασία φυτών - Καλλιέργεια

Στις υδροπονικές καλλιέργειες αγγουριού σε πετροβάμβακα οι πλάκες του υποστρώματος έχουν διαστάσεις είτε 7,5x15x100 είτε 7,5x20x100 cm. Οι πλάκες με πλάτος 20 cm παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στην καλλιέργεια και συνήθως δίνουν και ελαφρώς καλύτερες αποδόσεις. Μειονεκτούν όμως από άποψη 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 6x7,5x7,5 cm είτε σε μεγαλύτερους (6,5x7x10) 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 άλλον 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 φύτεμα 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 μέριμνα ώστε να μην δημιουργείται υπερβολική υγρασία στην περιοχή που βρίσκεται ο σπόρος.

Στο Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών διενεργήθη ένα πείραμα (Ολύμπιος Χ.Μ. και Γ.Χ. Καραπάνος). Με σκοπό τη μείωση του κόστους θέρμανσης, εφαρμόστηκε σε δύο καλλιέργειες (χειμερινή και ανοιξιάτικη) θερμοκηπιακού αγγουριού (υβρίδιο "Sofia"), διακοπτόμενη θέρμανση (16°C και 8°C ανά 2 και 3 ώρες) κατά τη διάρκεια της νύχτας και μελετήθηκε η επίδρασή της στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών σε σχέση με τις μεταχειρήσεις σταθερά υψηλής (16°C) και σταθερά χαμηλής (8°C) θερμοκρασίας. Η βλαστητική ανάπτυξη των φυτών

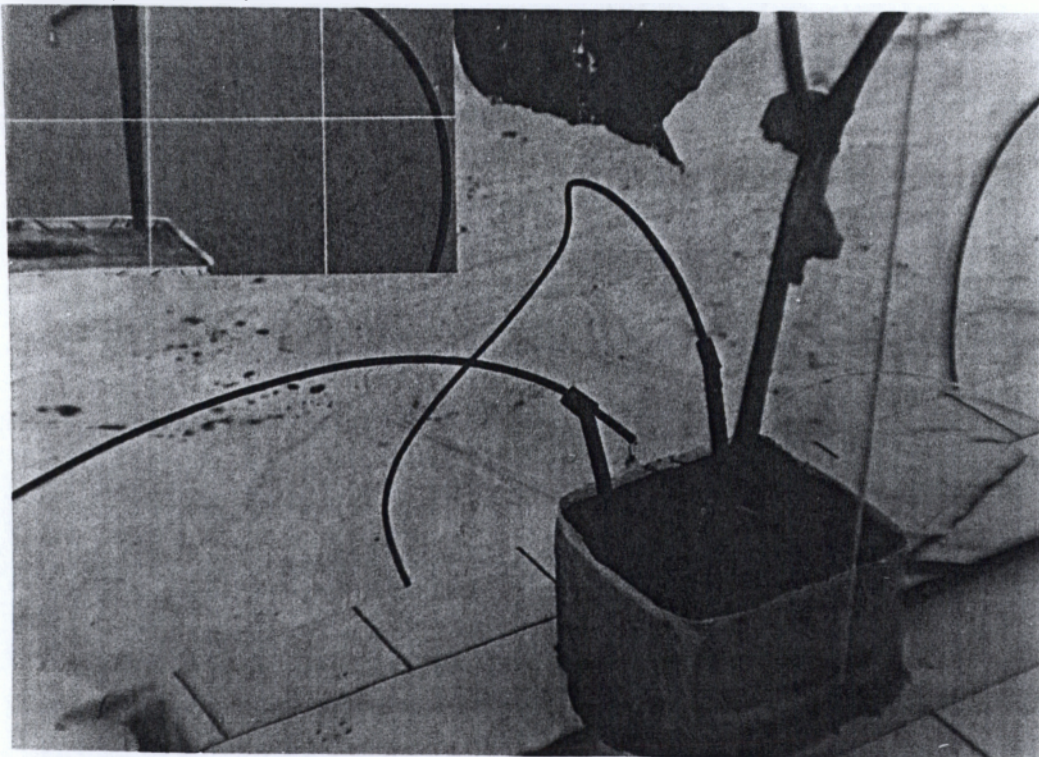
(μεταβολή ύψους και παραγωγή νέων φύλλων) παρουσίασε (κυρίως κατά την ανοιξιάτικη καλλιέργεια) παρόμοια αποτελέσματα μεταξύ της διακοπτόμενης νυχτερινής θέρμανσης ανά 3 ώρες και της σταθερά υψηλής θερμοκρασίας νύχτας, ενώ στη σταθερά χαμηλή θερμοκρασία νύχτας τα φυτά παρουσίασαν σημαντικά μικρότερο ύψος και αριθμό φύλλων. Όμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για την ολική εμπορεύσιμη παραγωγή, κυρίως στη χειμερινή καλλιέργεια όπου όμως η πρόιμη παραγωγή εμφανίστηκε αυξημένη και τα φυτά εισήλθαν πολύ νωρίτερα σε καρποφορία στις επεμβάσεις διακοπτόμενης νυχτερινής θέρμανσης σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Η ποιότητα και το μέσο βάρος των καρπών ανά συγκομδή δεν παρουσίασαν εμφανείς διαφορές σε καμιά πειραματική επέμβαση. Επομένως, με βάση και τα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας θέρμανσης, αποδεικνύεται ότι η μέθοδος της διακοπτόμενης νυχτερινής θέρμανσης συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής χωρίς να προκίλει ουσιαστικές αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και παραγωγή της αγγουριάς στο θερμοκήπιο.

Μετά το φύτευμα, η θερμοκρασία στο χώρο που βρίσκονται οι κύβοι μειώνεται στους 20-23°C την ημέρα και 18-20°C τη νύχτα. Η λίπανση και η άρδευση των σποροφύτων συνεχίζεται καθημερινά με χορήγηση των καταλλήλων 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 φυτρώματος.

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 1600-1800 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.



Τρόπος άρδευσης φυτού αγγουριάς σε υδροπονική καλλιέργεια GRODAN

3.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

3.4.1 Αίπαυση και θρέψη της καλλιέργειας

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας θα πρέπει να έχει προηγηθεί χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε ιόντα ανόργανων αλάτων. Τα ιόντα που προσδιορίζονται είναι τα ίδια όπως και στις καλλιέργειες τομάτας. 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.

Η 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 μία 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 0.8. Τέλος, η αναλογία Ca:Mg στο θρεπτικό διάλυμα συνιστάται να παραμένει σταθερά ίση με 3.5.

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Κρήτη (Πέτσας Σ., Λιναρδάκης Δ., Λουλάκης Μ. βιβλιογραφία) για την πρόσληψη N, P, K, Ca και Mg από φυτά αγγουριάς προέκυψε ότι σε διάστημα 120 ημερών που καλλιεργήθηκαν τα φυτά για παραγωγή 5.7 kg καρπών/φυτό προσλήφθηκαν συνολικά οι παρακάτω ποσότητες θρεπτικών στοιχείων:

N: 11,75 gr, P: 1.98 gr, K: 14.99 gr, Ca: 10,67 gr, Mg: 2.99 gr.

Η πρόσληψη του N, P και K από τα φυτά ήταν μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα που παράχθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα καρπών (μεταξύ 80ης και

100ης ημέρας από τη μεταφύτευση), ενώ η πρόσληψη του Ca και Mg ήταν μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα που συντέθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα ξηρής ουσίας των φύλλων (μεταξύ 60ης και 80ης ημέρας).

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 τη παραγωγής καρπών, θα πρέπει σύμφωνα με τους Sonneveld και Straver (1989) να έχει την εξής σύσταση:

I. Μακροστοιχεία

NO ₃ -N:	11,75 meq/l	(165 ppm N)
H ₂ PO ₄ -P:	1,25 meq/l	(39 ppm P)
SO ₄ -S:	2,0 meq/l	(32 ppm S)
NH ₄ -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. Ίγνοστοιχεία

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 1,7-2,0 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 NO_3^- 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.

3.4.2 Υποστύλωση

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες η αγγουριά συνήθως υποστύλωνεται κατακόρυφα με σπάγκο που στερεώνεται στη βάση του φυτού. Η στερέωση του σπάγγου γίνεται με μία χαλαρή θηλιά που σχηματίζεται γύρω από τη βάση του κεντρικού στελέχους του φυτού είτε με ειδικό έλυσμα πρόσδεσης (clip), είτε με πάσσαλο που καρφώνεται στο έδαφος κοντά στο λαιμό κάθε φυτού. Στη συνέχεια ο σπάγκος περιτυλίσσεται γύρω από το κεντρικό στέλεχος του φυτού, και τελικά δένεται στο σύρμα υποστύλωσης που βρίσκεται πάνω από κάθε γραμμή φυτών. Κάθε μία έως δύο εβδομάδες ο σπάγκος λύνεται από το σύρμα υποστύλωσης, περιτυλίσσεται γύρω από κορυφαίο τμήμα του στελέχους το οποίο σχηματίστηκε στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την τελευταία φορά που είχε γίνει αυτή η εργασία και ξαναδένεται πάλι εκεί όπου ήταν στερεωμένος και πριν. Όπως θα εξηγηθεί λεπτομερειακά κατά την περιγραφή του κλαδέματος στην επόμενη παράγραφο, το κεντρικό στέλεχος κορυφολογείται μόλις φθάσει στο ύψος του σύρματος υποστύλωσης. Μετά το κορυφολόγημα του κεντρικού στελέχους παύει πλέον να γίνεται και η εργασία του περιτυλίγματος του με το σπάγγο κάθε μία ή δύο εβδομάδες, δεδομένου ότι δεν συντελείται πλέον περαιτέρω επιμήκυνση του. Οι πλάγιοι βλαστοί που αφήνονται σε όλα τα συστήματα διαμόρφωσης της κόμης της αγγουριάς δεν υποστύλωνονται αλλά κρέμονται προς τα κάτω και συνεπώς η πρόσδεσή τους με σπάγκο δεν έχει νόημα.

Μία εναλλακτική μέθοδος υποστύλωσης της αγγουριάς συνίσταται στην πρόσδεση των φυτών σύμφωνα με το σύστημα V. Η εφαρμογή αυτού του συστήματος πρόσδεσης των φυτών προϋποθέτει την ύπαρξη όχι ενός αλλά δύο συρμάτων υποστύλωσης ανά γραμμή φυτών. Τα δύο αυτά σύρματα δεν βρίσκονται ακριβώς πάνω από την κάθε γραμμή φυτών αλλά λίγο πιο πλάγια, ένα προς τα δεξιά της και το άλλο προς τα αριστερά της, το καθένα σε απόσταση περίπου 30 cm από τη γραμμή φύτευσης. Πάνω σε κάθε γραμμή φύτευσης τα φυτά τοποθετούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους ενώ οι διάδρομοι μεταξύ των γραμμών των φυτών είναι φαρδύτεροι σε σύγκριση με τα συνήθη συστήματα κάθετης υποστύλωσης. Τα στελέχη των φυτών στερεώνονται και περιτυλίγονται με το σπάγκο, ο οποίος στη συνέχεια κατευθύνεται λοξά προς τα επάνω και δένεται σε ένα από τα δύο σύρματα υποστύλωσης. Η επιλογή του σύρματος στο οποίο θα γίνει η πρόσδεση του κάθε φυτού γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε τα φυτά να κατευθύνονται εναλλάξ ένα προς τα αριστερά και ένα προς τα δεξιά, με συνέπεια η γραμμή φύτευσης να λαμβάνει σχήμα V.

3.4.3 Κλάδεμα

Το κλάδεμα στις αγγουριές θερμοκηπίου αποσκοπεί κατ' αρχήν στη μεγιστοποίηση του βαθμού εκμετάλλευσης του χώρου του θερμοκηπίου μέσω της επίτευξης του επωφελέστερου για το σκοπό αυτό σχήματος διαμόρφωσης της κόμης. Παράλληλα όμως, μέσω του κλαδέματος επιδιώκεται και η ρύθμιση της ισορροπίας μεταξύ των βλαστικών (φύλλα, στελέχη) και των αναπαραγωγικών (καρποί) οργάνων του κάθε φυτού, έτσι ώστε αυτό σε όλη τη διάρκεια της παραμονής τους στο θερμοκήπιο να παράγει συνεχώς πολλούς και μεγάλους καρπούς καλής ποιότητας.

Στην αγγουριά, σε αντίθεση με τα σολανώδη, όποιο σύστημα διαμόρφωσης της κόμης και αν επιλεγεί, επιδιώκεται η ανάπτυξη ισχυρών πλάγιων βλαστών. Αιτία γι' αυτό είναι η ιδιότητα της αγγουριάς, όπως και πολλών άλλων ειδών της οικογένειας *Cucurbitaceae*, να σχηματίζουν περισσότερα θηλυκά άνθη και να

δίνουν περισσότερους και καλύτερης ποιότητας καρπούς στους πλάγιους βλαστούς, απ' ό,τι στο κεντρικό στέλεχος.

Στις πλήρως θηλυκές ποικιλίες αγγουριάς, η αφαίρεση νεαρών καρπών γίνεται πολύ πιο συστηματικά γιατί είναι πολύ πιο απαραίτητη σε σύγκριση με τα σολιανώδη. Η ανάγκη εφαρμογής συστηματικού αραιώματος καρπών σε αυτές τις ποικιλίες αγγουριάς απορρέει από το γεγονός ότι τα φυτά δεν μπορούν από μόνα τους να ρυθμίσουν ικανοποιητικά το ύψος της καρποφορίας τους σε αντιστοιχία με τη βλαστική τους ευρωστία. Αιτία γι' αυτό είναι το γεγονός ότι οι καρποί τους είναι πολύ πιο ισχυρές καταβόθρες κατανάλωσης των προϊόντων της αφομοίωσης σε σύγκριση με τις κορυφές βλάστησης. Συνεπώς, η μη εφαρμογή αραιώματος των καρπών θα έχει σαν συνέπεια τον υπερβολικά πρόωμο σχηματισμό ενός πολύ υψηλού φορτίου καρποφορίας, με συνέπεια η βλαστική ανάπτυξη του φυτού να ανασχεθεί έντονα. Έτσι, μετά την αρχική συγκομιδή μιας μεγάλης ποσότητας καρπών τα φυτά λόγω της περιορισμένης τους ευρωστίας στο μέλλον δεν θα είναι πλέον σε θέση να αναπτύξουν παρά μόνο έναν περιορισμένο αριθμό νέων καρπών.

Διαμόρφωση της κόμης σε σχήμα ομπρέλας

Η αγγουριά στο θερμοκήπιο κατά κανόνα κλαδεύεται με στόχο τη διαμόρφωση της κόμης της σύμφωνα με το λεγόμενο σχήμα ομπρέλας. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα διαμόρφωσης της κόμης των φυτών, αρχικά αφήνεται να αναπτυχθεί μόνο το κεντρικό στέλεχος, ενώ όλοι οι πλάγιοι βλαστοί αφαιρούνται. Μόλις ο κεντρικός βλαστός φθάσει και ξεπεράσει το οριζόντιο σύρμα, κορυφολογείται δύο - τρία φύλλα πάνω από αυτό. Προηγουμένως όμως, έχουν αφεθεί να αναπτυχθούν οι 2-3 ανώτεροι πλάγιοι βλαστοί, δηλαδή αυτοί που εκφύονται από μισχιάλες των αμέσως κάτω από το σημείο αποκοπής της κορυφής ευρισκομένων φύλλων. Οι πλάγιοι αυτοί βλαστοί, οι οποίοι καθώς μεγαλώνουν κρέμονται προς το έδαφος από διαφορετικές πλευρές ο καθένας προσδίδοντας στο φυτό μορφή ομπρέλας, αφήνονται να αναπτυχθούν μέχρι ένα ύψος 30 - 50 cm περίπου πάνω

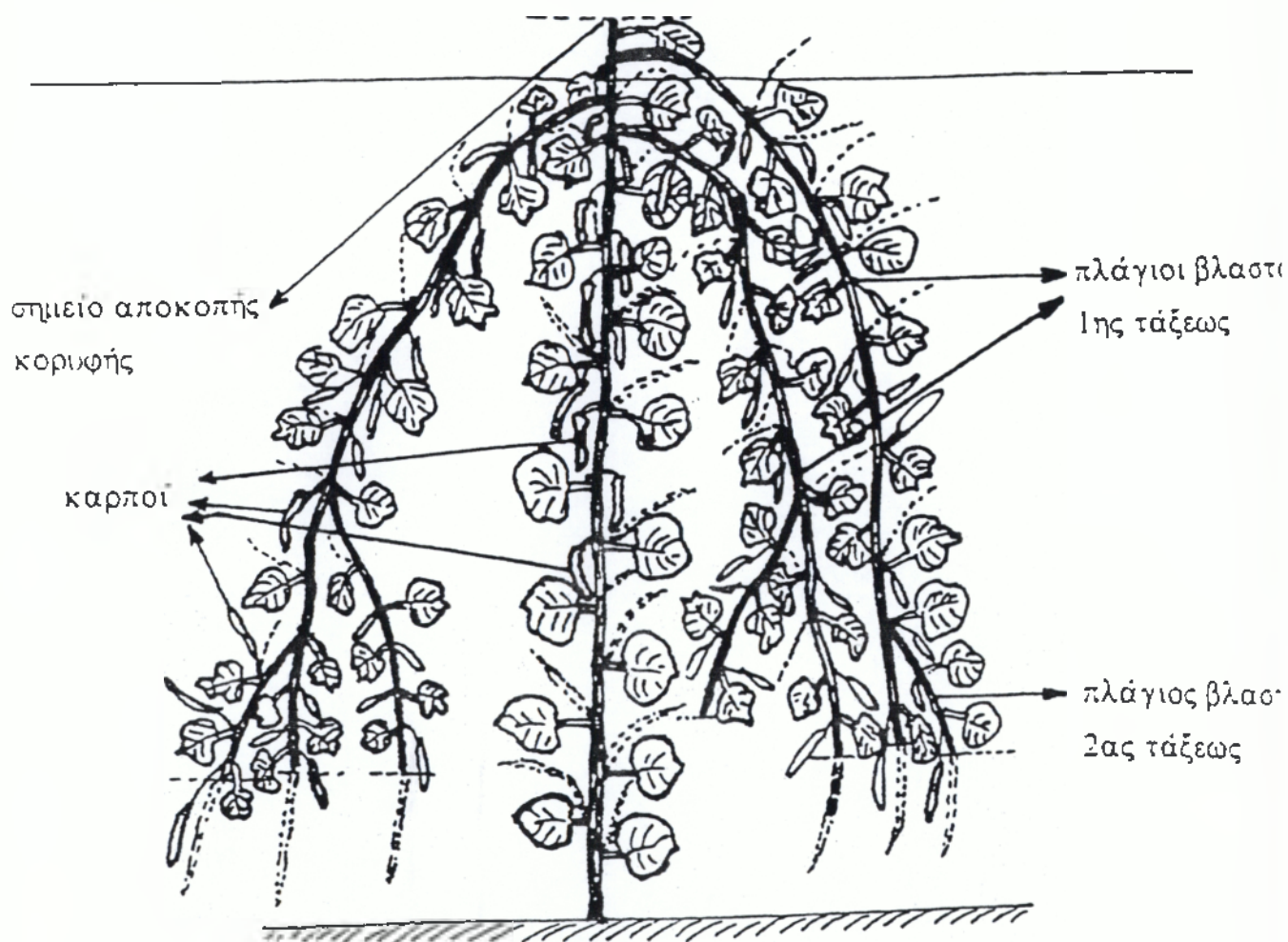
από την επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια κορυφολογούνται.

Πάνω στους πλάγιους βλαστούς και ανάλογα με την ευρωστία του φυτού και τη διάρκεια της καλλιέργειας, είναι δυνατόν να αφήνονται και πλάγιοι βλαστοί 2ης τάξεως, οι οποίοι μπορούν να δώσουν σημαντικό αριθμό καρπών καλής ποιότητας, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία στάδια της καλλιέργειας. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι στις μεγάλης διάρκειας καλλιέργειες αγγουριάς η περισσότερη και η καλύτερη ποιοτικά παραγωγή λαμβάνεται συνήθως από τους πλάγιους βλαστούς πρώτης και δεύτερης τάξεως και όχι από το κεντρικό στέλεχος. Προϋπόθεση βέβαια γι' αυτό είναι ότι τα φυτά δεν έχουν στο μεταξύ καταπονηθεί από διάφορες φυτικές ασθένειες ή από την ανάπτυξη υπερβολικού φορτίου καρποφορίας στο κεντρικό στέλεχος.

Όταν τα φυτά κλαδεύονται σύμφωνα με το σύστημα της ομπρέλας, όλα τα θηλυκά άνθη που σχηματίζονται στα πρώτα 50 - 60 cm του κεντρικού στελέχους πάνω από το έδαφος αφαιρούνται σχολαστικά. Σε περιπτώσεις χειμερινών καλλιεργειών και εφόσον η έναρξη της συγκομιδής καρπών δεν είναι η κυρίαρχη προτεραιότητα, συνιστάται μάλιστα να αφαιρούνται όλοι οι καρποί από μεγαλύτερο τμήμα του κεντρικού στελέχους που μπορεί να φθάνει σε ύψος μέχρι και 1 m. Πάνω από αυτό το ύψος και μέχρι το σημείο που κορυφολογείται ο βλαστός αφήνονται να αναπτυχθούν συνολικά 8-12 καρποί. Σε περιπτώσεις όμως που η καλλιέργεια είναι βραχείας διάρκειας συνηθίζεται να αφήνονται αρκετά περισσότεροι καρποί στο κεντρικό στέλεχος. Σε τέτοιες περιπτώσεις μάλιστα δεν είναι σπάνιο, στο κεντρικό στέλεχος μετά τα πρώτα 50 - 60 cm να αφήνεται ένας καρπός ανά κόμβο. Στους πλάγιους βλαστούς τέλος, συνήθως αφήνεται 1 καρπός ανά δύο κόμβους ή ακόμη και ένας καρπός ανά κόμβο εφόσον τα φυτά είναι εύρωστα και η καλλιέργεια δεν πρόκειται να παραμείνει σε παραγωγή για πολύ καιρό ακόμη.

Μία τροποποίηση που μπορεί να γίνει στον τρόπο κλαδέματος της αγγουριάς σύμφωνα με το σύστημα της ομπρέλας, συνίσταται στη μη αφαίρεση δύο πλάγιων βλαστών στο μέσο περίπου του κεντρικού στελέχους (δηλαδή σε

ύψος 1,2 - 1,5 m). Οι δυο πλάγιοι αυτοί βλαστοί κορυφολογούνται στα 5 - 6 φύλλα, ενώ από τα άνθη που φέρονται στις μασχάλες των φύλλων αφήνονται να ανιπτυχθούν 3-4 καρποί ανά βλαστό. Η περιγραφείσα τροποποίηση του συστήματος της ομπρέλας συνιστάται να γίνεται μόνο σε υγιείς και εύρωστες καλλιέργειες, εφόσον κρίνεται ότι τα φυτά μπορούν να σηκώσουν το επιπλέον αυτό φορτίο καρποφορίας στο κεντρικό στέλεχος.



Σχήμα 5. Κλάδεμα αγγουριάς, της οποίας η κόμη έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με το σύστημα της ομπρέλας. Οι σχεδιασμένοι με διακεκομμένες γραμμές βλαστοί ή τμήματα βλαστών είναι αυτοί που αφαιρούνται κατά το κλάδεμα.

Διαμόρφωση της κόμης σε σχήμα κατακόρυφων κορδονιών

Ένα άλλο σχήμα διαμόρφωσης της κόμης του αγγουριού είναι γνωστό στο εξωτερικό ως σύστημα των κατακόρυφων κορδονιών (vertical cordons). Όταν τα φυτά προορίζονται να λάβουν αυτό το σχήμα, ο κεντρικός βλαστός, αφού πρώτα υποστύλωθεί με σπάγγο, αφήνεται να αναπτυχθεί προς τα επάνω, ενώ όλοι οι πλάγιοι βλαστοί αρχικά αφαιρούνται. Μόλις ο κεντρικός βλαστός αποκτήσει ύψος ίσο με 50 - 60 cm περίπου, όλοι οι πλάγιοι βλαστοί που εκπύσσονται από εκεί και επάνω αφήνονται να αναπτυχθούν μέχρι να σχηματίσουν δύο φύλλα και στη συνέχεια κορυφολογούνται. Μετά την αφαίρεση της κορυφής των πλάγιων βλαστών πρώτης τάξεως, οι πλάγιοι βλαστοί δεύτερας τάξεως που εκπύσσονται πάνω τους αφήνονται να αναπτυχθούν ελεύθερα. Το κεντρικό στέλεχος αφήνεται να αναπτυχθεί μέχρι το ύψος του σύρματος υποστύλωσης και, αφού το ξεπεράσει, κορυφολογείται και αυτό.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα κλαδέματος και διαμόρφωσης της κόμης, όλοι οι καρποί που σχηματίζονται στα πρώτα 50 - 60 cm του κεντρικού στελέχους αφαιρούνται. Από εκεί και επάνω, στο κεντρικό στέλεχος αφήνονται να αναπτυχθούν συνολικά 8 - 12 καρποί, ο ακριβής αριθμός των οποίων εξαρτάται από τη θρεπτική κατάσταση και την ευρωστία του κάθε φυτού. Πάνω σε κάθε πλάγιο βλαστό πρώτης τάξεως που όπως προαναφέρθηκε κορυφολογείται στα δύο φύλλα, αφήνεται να αναπτυχθεί ένας καρπός. Πάνω στους πλάγιους βλαστούς δεύτερας τάξεως είτε αφήνεται ένας καρπός σε κάθε κόμβο είτε δεν εφαρμόζεται κανένα αραιώμα καρπών.

3.4.4 Φυτοπροστασία των εχθρών της αγγουριάς

Για καλύτερη ανάλυση του θέματος θα αναφερθούμε σε ένα πρόγραμμα για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εχθρών σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες το οποίο εφαρμόζεται στην Τριφυλλία Μεσσηνίας.

Οι κυριότερες καλλιέργειες της περιοχής (με σειρά κυριαρχίας) είναι το αγγούρι, η τομάτα, το φασόλι, η πιπεριά, η μελιτζάνα και το κολοκύθι.

Υπάρχουν βασικά δύο καλλιεργητικές περιόδους:

Η πρώτη, με κυρίαρχη την καλλιέργεια του αγγουριού, αρχίζει τον Ιανουάριο και τελειώνει τον Ιούλιο. Η δεύτερη, με κυρίαρχη πάλι την καλλιέργεια αγγουριού, αρχίζει τέλη Αυγούστου και τελειώνει το Δεκέμβριο.

Οι σπουδαιότεροι εχθροί που συναντάμε στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες αγγουριού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Εχθρός		Είδος καλλιέργειας Αγγούρι
Αλευρώδης	<i>Tr. uaporariorum</i>	+++
Τετράνυχος	<i>Tetranychus urticae</i>	+++
Λιριόμυζα	<i>Liriomyza spp.</i>	++/+++
Θρίπις	<i>Thrips tabaci</i>	+++
Αφίδες	<i>Myzus persicae</i>	+++
	<i>Aphis gossypii</i>	
Κάμπιες	<i>Heliothis armigera</i>	+
	<i>Hylemia antiqua</i>	+
Ακάρεα	<i>Aculops lycopersici</i>	-
	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	-

+ : μικρή προσβολή, ++ : μέτρια προσβολή, +++ : σοβαρή προσβολή.
Οι νηματώδεις δημιουργούν κατά περιόδους προβλήματα στις καλλιέργειες.

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ

Αλευρώδης

Για την αντιμετώπιση του αλευρώδη (*Trialeurodes vaporariorum*) χρησιμοποιείται η *Encarsia formosa*.

Για την εξαπόλυση της *Encarsia formosa* μεγάλη σημασία έχουν τα μέτρα υγιεινής τα οποία παίρνουμε Ιανουάριο - Φεβρουάριο.

Οι πρώτες εξαπολύσεις γίνονται όταν η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο είναι 18°C και όταν έχουν μικρό αριθμό κατάλληλων σταδίων.

Σε θερμοκρασίες κάτω των 18°C η *Encarsia formosa* ζει και αναπαράγεται, αλλά δεν πετάει (μόνο περπατάει) και ο παρασιτισμός γίνεται με πολύ αργό ρυθμό. Όταν έχουμε 0,3-0,5 άτομα αλευρώδη ανά φυτό κάνουμε 5-7 εξαπολύσεις με 2000 άτομα *Encarsia formosa* σε κάθε εξαπόλυση.

Στην αρχή, τις εξαπολύσεις τις κάνουμε κάθε 14 ημέρες και αργότερα ανάλογα με τον πληθυσμό και τις θερμοκρασίες που επικρατούν κάθε 10 ημέρες. Μεγάλη σημασία για την επιτυχία της αντιμετώπισης του αλευρώδη έχει το πότε κάνουμε την πρώτη εξαπόλυση.

Η τοποθέτηση της *Encarsia formosa* γίνεται με κάποια σπυδή μέσα στο θερμοκήπιο. Τοποθετούμε τα καρτελάκια αρχίζοντας από τα κάτω φύλλα στην πρώτη εξαπόλυση και ανεβαίνοντας προς τα πάνω στις επόμενες εξαπολύσεις, ακολουθώντας την ανάπτυξη του φυτού.

Ο μεγαλύτερος πληθυσμός της *Encarsia formosa* τοποθετείται περιφερειακά κοντά στα παράθυρα, στα θερμότερα σημεία του θερμοκηπίου και από την έξω πλευρά των διπλών γραμμών και λιγότερος στο εσωτερικό της καλλιέργειας.

Ο παρασιτισμός γίνεται εμφανής στο μισό περίπου του βιολογικού κύκλου της *Encarsia formosa*.

Για να έχουμε επιτυχία, θα πρέπει ο παρασιτισμός να κυμαίνεται στο 70 - 90%. Τα υγιή φύλλα που φέρουν παρασιτισμένες προνύμφες αλευρώδη δεν

πρέπει να απομακρύνονται από το θερμοκήπιο. Αν χρειαστεί να γίνει αποφύλλωση θα πρέπει τα φύλλα να μένουν για λίγες μέρες μέσα στο θερμοκήπιο για την εκκόλαψη της *Encarsia formosa*.

Έχει παρατηρηθεί περίπτωση κατά την οποία μετά από 2 εξαπολύσεις εξαφανίστηκε από το θερμοκήπιο ο αλευρώδης. Αυτό συμβαίνει γιατί η *Encarsia formosa* εξαφάνισε και τα αυγά και τις προνύμφες 1ου και 2ου σταδίου του αλευρώδη, εξ αιτίας του μεγάλου αριθμού *Encarsia formosa* που εξαπολύσαμε.

Πολλές φορές παρατηρείται το εξής: Ενώ έχουμε παρασιτισμό 80%, εν τούτοις εμφανίζεται καπνιά στη φυλλική επιφάνεια, περισσότερο κοντά στα παράθυρα και κάτω από τους ποταμούς. Τούτο, γιατί έχουμε αθρόα εισαγωγή αλευρωδών από τα παράθυρα και ο αριθμός αυτών ανά φυτό είναι πολύ μεγάλος. Στην περίπτωση αυτή κάνουμε μία επέμβαση με Savona 1% στις κορυφές των φυτών (2-3 φύλλα). Με την επέμβαση αυτή δεν κάνουμε ζημιά στην *Encarsia formosa* γιατί η *Encarsia formosa* δεν ανεβαίνει στην κορυφή.

Αν η προσβολή είναι πολύ μεγάλη, τότε επεμβαίνουμε με Savona 1% και buprofezin (Applaud). Προς το τέλος της καλλιέργειας μπορούν να γίνουν αφαίρεση φύλλων και κορυφολογήματα γιατί μειώνονται οι εστίες μόλυνσης.

Φυλλορύκτες

Τα σπουδαιότερα είδη είναι *Liriomyza bryoniae* και *Liriomyza trifolii* της οικογένειας *Agromyzidae* (Δίπτερα).

Σημασία έχει τα φυτά που μεταφέραμε από το σπορείο να είναι υγιή και αμόλυντα.

Εάν στην προηγούμενη καλλιέργεια υπήρχε έντονη προσβολή από *Liriomyza* sp. εφαρμόζεται η εξής πρακτική: κλείνουμε το θερμοκήπιο για τρεις - τέσσερις μέρες, οπότε λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο θερμοκήπιο βγαίνουν τα ακμιαί και τότε επεμβαίνουμε με dichlorvos.

Έγκαιρη επισήμανση της παρουσίας του εντόμου με την αναζήτηση των

πρώτων νυγμάτων, και τη βοήθεια κίτρινων χρωμοπαγίδων.

Αφαίρεση και απομάκρυνση των προσβεβλημένων φύλλων της βάσης του φυτού.

Η έναρξη των εξαπολύσεων γίνεται με την εμφάνιση των πρώτων νυγμάτων.

Κάνουμε 3-4 εξαπολύσεις με 250 - 500 άτομα (εξαπόλυση ανά 10 ημέρες). Στην αρχή κάνουμε εξαπόλυση με *Dacnusa sibirica* και μέχρι τον Απρίλιο. Από τον Απρίλιο μέχρι το Μάιο εξαπολύουμε μείγμα *Dacnusa sibirica* και *Diglyphus isaea*, 90:10, και από το Μάιο και μετά μόνο *Diglyphus isaea*.

Ο καλός αερισμός και η χαμηλή υγρασία δεν ευνοούν την ανάπτυξη του εντόμου.

Να γίνεται έλεγχος της σχέσης εχθρού και παρασίτου και επέμβαση διορθωτικά όπου χρειαστεί.

Αν παρ' όλα αυτά διαπιστώσουμε ότι οι προσβολές είναι υψηλές, τότε επεμβαίνουμε με cyromazine (Trigard) από εδάφους και μόνο (ριζοπότισμα).

Αφίδες

Τα κυριότερα είδη αφίδων είναι τα ακόλουθα: *Myzus persicae*, *Aphis gossypii* και *Macrosiphum euphorbiae*.

Οι σοβαρότερες ζημιές προέρχονται από τη μετάδοση των ιώσεων.

Εκτός των μέτρων υγιεινής που πρέπει να λαμβάνονται, η ύπαρξη εντομοπροστατευτικού δικτύου και η τοποθέτηση κίτρινων παγίδων, για έλεγχο των εισερχομένων ειδών, θεωρούνται απαραίτητα.

Με τους πρώτους πληθυσμούς γίνεται εισαγωγή του παρασίτου *Aphidius colemani*. Η αντιμετώπιση με το *Aphidius colemani* γίνεται μέχρι και το Μάιο.

Αρχίζουμε τις εξαπολύσεις με 500 άτομα/στρ. και κάνουμε τρεις εξαπολύσεις ανά 10 ημέρες. Παρακολουθούμε στη συνέχεια των παρασιτισμό.

Το *Aphidius colemani* σε ψηλές θερμοκρασίες δεν δουλεύει καλά.

Διασκορπίζουμε το *Aphidius colemani* ομοιόμορφα σε όλο το θερμοκήπιο τοποθετώντας το πάνω σε χαρτί ή φύλλο αγγουριού στην επιφάνεια του εδάφους κοντά στη σταγόνα, προσέχοντας να μην πέφτει νερό πάνω στο χαρτί ή στο φύλλο. Πρέπει ακόμα να προσέχουμε τα μυρμήγκια τα οποία τρώνε τις "μούμιες".

Προσέχουμε ακόμα πολύ τη δημιουργία αποικιών και κάνουμε τοπικές επεμβάσεις με Savona 1%.

Από το Μάιο και μετά η αντιμετώπιση των αφίδων γίνεται με το αρπακτικό *Aphidoletes aphidimyza*. Αυτό παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και μικρών φωτοπεριόδων πέφτει σε διάπαυση.

Οι εισαγωγές του αρπακτικού γίνονται κάθε 8-10 ημέρες με 1000 άτομα/στρ. και μέχρι να παρουσιαστεί μεγάλος αριθμός προνυμφών *Aphidoletes aphidimyza*.

Το *Aphidoletes aphidimyza* αντίθετα από το *Aphidius colemani* τοποθετούμε κοντά στις αποικίες των αφίδων.

Θα πρέπει να προσέχουμε γιατί η προνύμφη του *Aphidoletes aphidimyza* είναι ευαίσθητη στα φυτοφάρμακα. Δεν είναι δυνατή η χρήση του pirimicarb (Pirimor) βοηθητικά για τον έλεγχο του πληθυσμού των αφίδων. Αντίθετα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το pirimicarb όταν έχουμε κάνει εισαγωγές με *Aphidius colemani* και με πολύ καλά αποτελέσματα.

Χωρίς τοπικές επεμβάσεις είναι δύσκολη η αντιμετώπιση των αφίδων με το παράσιτο ή το αρπακτικό. Όταν χρειαστεί να γίνουν, επεμβαίνουμε με Savona 2% τοπικά ή Savona 1% και pirimicarb. Πρέπει να γίνεται καλό λούσιμο όπου έχουμε αποικίες αφιδών. Ακόμη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε τοπικούς ψεκασμούς dichlorvos.

Το *Aphidius colemani* διαπιστώθηκε ότι δουλεύει καλύτερα από το *Aphidius matricariae*, που είχαμε την προηγούμενη χρονιά εφαρμόσει στα θερμοκήπια.

Ακάρεια

Έχουμε δύο είδη: *Tetranychus urticae* και *Tetranychus cinnabarinus*, τα οποία ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30°C και χαμηλή σχετική υγρασία μικρότερη από 50%.

Αν η προηγούμενη καλλιέργεια είχε προσβολή από τετράνυχο, τότε χρειάζεται οπωσδήποτε μία επέμβαση πριν την έναρξη της καλλιέργειας με dichlorvos και fenbutatin oxide (Vendex).

Ψεκάζουμε το σκελετό του θερμοκηπίου, τα υλικά κάλυψης, καθώς και τον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου.

Καλή ζιζανιοκτονία μέσα και έξω από το θερμοκήπιο είναι απαραίτητη.

Η εισαγωγή του *Phytoseiulus persimilis* γίνεται μόλις εμφανισθούν οι πρώτες χλωρωτικές κηλίδες.

Τοποθετούμε 3000-12000 άτομα/στρ. ανάλογα με την περίπτωση, 6-8 άτομα *Phytoseiulus persimilis* ανά τετραγωνικό μέτρο στις εστίες και 1-2 άτομα *Phytoseiulus persimilis* ανά τ. μέτρο στο υπόλοιπο θερμοκήπιο.

Η εφαρμογή του *Phytoseiulus persimilis* στην τομάτα γίνεται με χάρτινα σακουλάκια τα οποία κρεμάμε στα φύλλα, ενώ στο αγγούρι γίνεται με τοποθέτηση πληθυσμού πάνω στη φυλλική επιφάνεια.

Ένας τρόπος για να μεταφέρουμε το *Phytoseiulus persimilis* μέσα στο θερμοκήπιο είναι να κόβουμε τα φύλλα όπου έχει εγκατασταθεί και να τα τοποθετούμε σε φυτά που έχουν προσβολές από τετράνυχο. Η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή γιατί υπάρχει ο κίνδυνος μαζί με το ωφέλιμο να μεταφέρεται και ο τετράνυχος. Γι' αυτό είναι προτιμότερο να κάνουμε νέες εισαγωγές *Phytoseiulus persimilis* και να αποφεύγεται η προηγούμενη διαδικασία.

Έχουμε παρατηρήσει ότι όταν το 30% της φυλλικής επιφάνειας έχει αφαιρεθεί, τότε η ζημιά που μπορεί να προκύψει από τον τετράνυχο δεν είναι αξιόλογη.

Όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 30°C και η υγρασία μικρότερη του 60%, το *Phytoseiulus persimilis* δεν δουλεύει καλά και για το λόγο αυτό το θερμοκήπιο χρειάζεται ύγρανση.

Αν για οποιοδήποτε λόγο μας ξεφύγει ο έλεγχος του τετρανύχου, τότε κάνουμε μια επέμβαση με το fenbutatin oxide, το οποίο πρέπει να τονίσουμε ότι δουλεύει καλά μόνο στις υψηλές θερμοκρασίες.

Θρίπες

Το σπουδαιότερο είδος είναι το *Thrips tabaci*.

Η εφαρμογή εντομοπροστατευτικού δικτύου στ' ανοίγματα του θερμοκηπίου έχει μεγάλη σημασία για την αντιμετώπιση του θρίπα.

Η τοποθέτηση 3 - 5 παγίδων ανά στρ. χρώματος μπλε ή λευκού, βοηθά την έγκαιρη επισήμανση του θρίπα.

Με το ξεκίνημα της καλλιέργειας εξαπολύουμε το αρπακτικό *Amblyseius cucumeris*.

Έγκαιρες εισαγωγές μεγάλων ποσοτήτων είναι απαραίτητες, ειδικά για την καλλιέργεια αγγουριού, για να ελεγχθεί ο θρίπας.

Κάνουμε δύο εισαγωγές με 10.000 άτομα του *Amblyseius cucumeris* ανά στρέμμα. Η τοποθέτησή του γίνεται στα πατόφυλλα ή κοντά στο έδαφος όπου υπάρχει υγρασία.

Οι συσκευασίες που διατίθενται είναι σε πλαστικά μπουκάλια και σε χάρτινα σακουλάκια.

Τα σακουλάκια τα χρησιμοποιούμε όταν η υγρασία είναι πολύ χαμηλή και στην τομάτα (1 σακουλάκι κάθε 40 - 50 φύλλο).

Με τα πλαστικά μπουκάλια θα πρέπει να γίνεται διασπορά του *Amblyseius cucumeris* σε όλα τα φυτά.

Το *Amblyseius cucumeris* προτιμά να τρώει ατελείς μορφές και όχι ακμαία.

Αν το μήκος της ημέρας είναι μικρό (λιγότερο από 11 ώρες), τότε το

επόμενο προνυμφικό στάδιο θα πέσει σε διάπαυση.

Από μόνο του το *Amblyseius cucumeris* είναι δύσκολο να ελέγξει το θρίπι. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η εξαπόλυση του *Orius* sp. Κάνουμε δυο - τρεις εξαπολύσεις με 500 - 1000 άτομα *Orius* sp. ανά στρ.

Η αντιμετώπιση του θρίπι μόνο με το *Amblyseius cucumeris* είναι δύσκολη γιατί τούτο πέφτει σε διάπαυση.

Με πληθυσμό πάνω από 8 θρίπες/άνθος η αντιμετώπιση είναι δύσκολη. Αν τον πληθυσμό αυτό τον έχουμε τέλη Ιουνίου ή μετά, τότε δεν μας ανησυχεί, γιατί τελειώνει η καλλιέργεια ή δεν έχει νόημα η εξαπόλυση.



Προσβολή από θρίπι σε καρπό αγγουριάς

Κάμπιες λεπιδοπτέρων

Τα σπουδαιότερα είδη είναι *Heliothis armigera* και *Spodoptera littoralis* (οικογένεια *Noctuidae*).

Για την αντιμετώπιση του *Heliothis armigera* έχουμε πολύ καλά αποτελέσματα με την εφαρμογή του *Bacillus thuringiensis* το οποίο όμως δεν αντιμετωπίζει με επιτυχία το *Spodoptera littoralis*.

Για την αντιμετώπιση του *Spodoptera littoralis* χρησιμοποιούμε το εντομοκτόνο teflubenzuron (Nomolt) το οποίο όμως κάνει ζημιά στο *Orius* sp. και στα *Bombus terrestris*. Για να αποφύγουμε την επέμβαση αυτή μπορούμε να συλλέξουμε τους προσβεβλημένους καρπούς και να τους καταστρέψουμε.

Η εφαρμογή εντομοπροστατευτικού δικτύου δίνει πολύ καλά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση των λεπιδοπτέρων.

ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Για την καλλιέργεια της τομάτας, το κόστος εφαρμογής του προγράμματος Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης ανέρχεται στις 75.000-80.000 δρχ./στρ.

Για την καλλιέργεια του αγγουριού, το κόστος ανέρχεται στις 145.000 δρχ./στρ.

3.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Τα αγγούρια συγκομίζονται αρκετά πριν την έναρξη της φυσιολογικής τους ωρίμανσης, όταν ακόμη είναι τελείως πράσινα. Κριτήριο αναγνώρισης του κατάλληλου για συγκομιδή σταδίου ανάπτυξης των καρπών της αγγουριάς είναι κατά βάση το μέγεθος τους. Αυτό σημαίνει ότι τα αγγούρια συγκομίζονται μόλις αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος. Το μήκος που επιζητείται από την αγορά για το μεγαλόκαρπο αγγούρι θερμοκηπίου ανέρχεται στα 30-45 cm και η διάμετρός τους στα 5-7 cm. Αγγούρια με αυτές τις διαστάσεις ζυγίζουν συνήθως 400-600 g το τεμάχιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγεθος αυτό τα αγγούρια το αποκτούν 2 περίπου εβδομάδες μετά την εμφάνιση του άνθους από το οποίο προέρχονται στις μασχάλες των φύλλων. Εκτός από το μέγεθος, ένα άλλο κριτήριο αναγνώρισης του κατάλληλου για συγκομιδή σταδίου στα αγγούρια είναι η στιλπνότητα της επιφάνειας του φλοιού τους και ο ομοιόμορφα βαθύς πράσινος χρωματισμός τους.

Λόγω της μεγάλης ταχύτητας που χαρακτηρίζει την αύξηση των αγγουριών, η συγκομιδή θα πρέπει να γίνεται πολύ συχνά. Το χειμώνα είναι δυνατόν να γίνεται κάθε τρεις μέρες, την άνοιξη και το καλοκαίρι όμως είναι απαραίτητο να γίνεται κάθε δύο μέρες το αργότερο.

Οι αποδόσεις της αγγουριάς διαφέρουν ανάλογα με τη διάρκεια της καλλιέργειας, την ποικιλία και την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική. Σε γενικές γραμμές πάντως από μία καλή καλλιέργεια αγγουριάς είναι δυνατό να συγκομίζονται γύρω στα 3 με 4 αγγούρια ανά m^2 την εβδομάδα. Αυτό σημαίνει περίπου 1.5-2.0 kg/m^2 την εβδομάδα. Στην Ολλανδία αναφέρονται συνολικές αποδόσεις που φθάνουν μέχρι και τα 100 αγγούρια (περίπου 40-50 kg) ανά m^2 . Οι αποδόσεις αυτές βέβαια επιτυγχάνονται σε καλλιέργειες μακράς διάρκειας που φυτεύονται τον Ιανουάριο και παραμένουν σε παραγωγή μέχρι τον επόμενο Νοέμβριο. Βέβαια στη χώρα μας, όπου η ύπαρξη θέρμανσης στα θερμοκήπια που καλλιεργούνται με αγγούρια είναι η εξαίρεση ενώ και στις περιπτώσεις που

υπάρχει οι θερμοκρασίες σπάνια διατηρούνται στα συνιστώμενα επίπεδα, οι αποδόσεις στις καλύτερες περιπτώσεις συνήθως δεν ξεπερνούν τους 20-25 τόνους ανά στρέμμα, ενώ συνήθως είναι ακόμη χαμηλότερες. Κατά κανόνα βέβαια, η διάρκεια των καλλιεργειών αγγουριού στην Ελλάδα είναι βραχύτερη σε σύγκριση με την Ολλανδία και συνήθως δεν ξεπερνάει τους 6-7 μήνες.

3.6 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

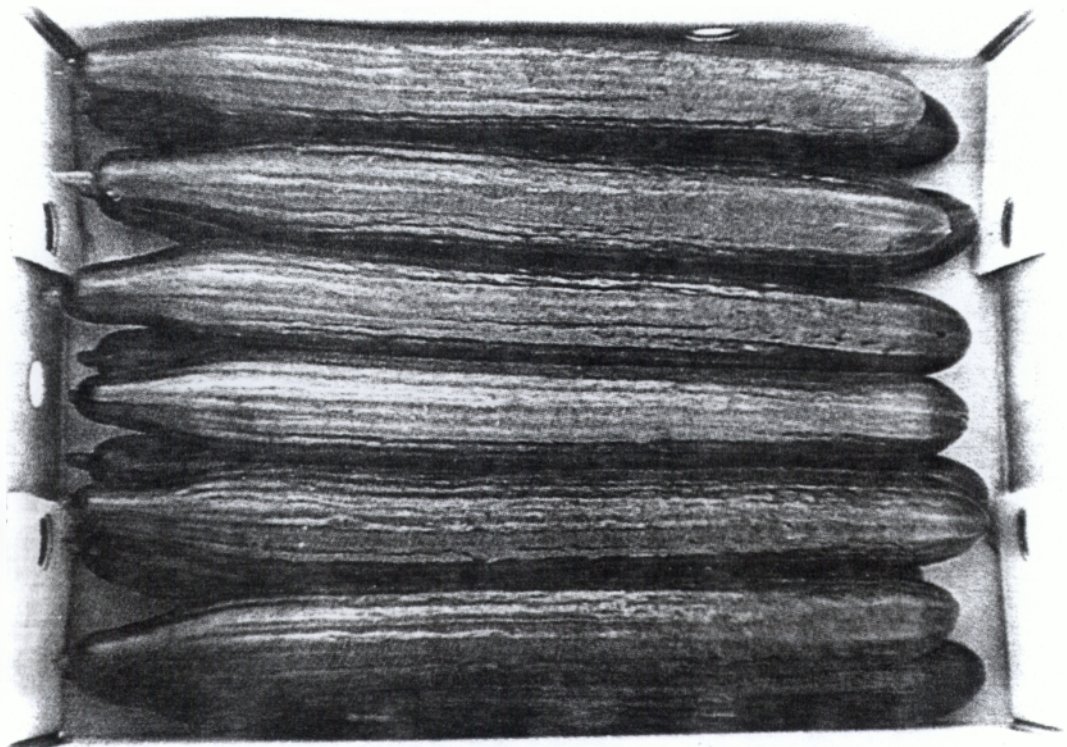
3.6.1 Διαλογή

Αμέσως μετά τη συγκομιδή, οι καρποί ταξινομούνται σε πρώτη και δεύτερη ποιοτική κατηγορία, καθώς και σε μη εμπορεύσιμο προϊόν που απορρίπτεται. Για να μπορούν να καταταχθούν στην πρώτη ποιοτική κατηγορία, σύμφωνα με σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι καρποί θα πρέπει:

- να είναι υγιείς, ακέραιοι, χωρίς τραύματα ή σήψεις, και καθαροί,
- να διαθέτουν νωπή εμφάνιση και να είναι συνεκτικοί,
- να μην είναι πικροί και να είναι απαλλαγμένοι από ξένες οσμές και γεύσεις,
- να μην εμφανίζουν κύρτωση πάνω από 10 mm ανά 10 cm μήκος,
- να μην έχουν ανομοιόμορφο σχήμα (π.χ. πάχυνση του ενός άκρου τους με συνέπεια να αποκτούν σχήμα ροπάλου).

3.6.2 Συσκευασία

Τα αγγούρια μετά τη συγκομιδή τους συσκευάζονται σε ξύλινα, πλαστικά ή χάρτινα τελάρα και στη συνέχεια στέλνονται στην αγορά ή αποθηκεύονται για λίγες μέρες σε κατάλληλο περιβάλλον.



Συχνά για επιμήκυνση του χρόνου διατήρησής τους τα αγγούρια περιτυλίσσονται με σελοφάν, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να διακινηθούν μέσω καταστημάτων τροφίμων (super market).

3.6.3 Αποθήκευση

Η διάρκεια αποθήκευσης του αγγουριού είναι μικρή. Σε γενικές γραμμές, ο χρόνος ζωής του αγγουριού δεν ξεπερνάει τις 1-2 εβδομάδες ακόμη και όταν συντηρείται στα ενδεικνυόμενα επίπεδα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Ως τέτοια θεωρούνται οι 10-12°C όσον αφορά τη θερμοκρασία και το 90-95% όσον αφορά τη σχετική υγρασία του αέρα. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (μέχρι και 1-2°C) μπορούν να αποθηκευτούν τα αγγούρια μόνο όταν πρόκειται να καταναλωθούν αμέσως μετά την έξοδό τους από το ψυγείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

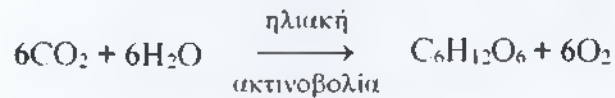
4.1 ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ - ΤΟ ΑΖΩΤΟ

Η χρησιμοποίηση των νιτρικών και αμμωνιακών μορφών του αζώτου από τα φυτά, όπως είναι φυσικό, υπακούει στους όρους που βάζει το ίδιο το φυτό (καλλιέργεια), το έδαφος και διάφοροι άλλοι παράγοντες. Επισημαίνουμε εξ αρχής πως τα φυτά δεν παίρνουν απ' το έδαφος μόνο νιτρικό άζωτο (παρότι η αφομοίωση αυτής της μορφής γίνεται σε μεγαλύτερες ποσότητες) και ως εκ τούτου δεν περιμένουν πάντα τη νιτροποίηση του αμμωνιακού για να το προσλάβουν. Ανάλογα με τις βιοχημικές μεταβολές στο φυτό και στις υφιστάμενες εξωτερικές συνθήκες, χρησιμοποιούν και τις δύο μορφές αζώτου.

Στην απορρόφηση και τη μεταφορά των ιόντων NO_3^- και NH_4^+ σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα οργανικά οξέα· ενδιάμεσα προϊόντα του μεταβολισμού των σακχάρων στην πορεία της αναπνοής. (Η αναερόβιος γλυκόλυση θα μας δώσει προυβικό οξύ, απ' όπου στη συνέχεια - κύκλος του Krebs - θα πάρουμε μια σειρά άλλων οξέων).

Οι έρευνες έχουν δείξει πως συνήθως όσο διάστημα στο φυτό περιέχονται πολλές ανοιγμένες ουσίες κυριαρχεί η απορρόφηση των νιτρικών, ενώ αντίθετα, όταν περιέχονται πολλά οργανικά οξέα - προϊόντα οξειδωσης - προτιμούνται τα αμμωνιακά. Χρειάζεται λοιπόν προσοχή όταν οι αναγωγικές ουσίες γίνονται ... ανάγωγες.

Επειδή τα οργανικά οξέα είναι προϊόντα μεταβολισμού των υδατανθράκων (σακχάρων) πιστεύεται πως πρέπει, για να έχουμε μια καλή αφομοίωση του αμμωνιακού αζώτου, το φυτό να έχει τις κατάλληλες συνθήκες εφοδιασμού με σάκχαρα. Είναι γνωστό ότι τα σάκχαρα είναι προϊόντα της φωτοσύνθεσης σύμφωνα με το γενικό σχήμα:



Απ' τις συνθήκες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση αναφέρουμε την επάρκεια νερού και ανόργανων συστατικών (κυρίως P, K, Mg, N, Fe, S), τη θερμοκρασία (optimum, minimum, maximum), την ηλιακή ακτινοβολία και την ηλικία των φύλλων.

Το NH_4^+ δεν πρέπει να συσσωρεύεται στο φυτό γιατί αποβαίνει τοξικό, γεγονός που δε συμβαίνει με το NO_3^- . Πιστεύεται ότι η συσσώρευση αυτή είναι συνέπεια της αδυναμίας του φυτού να διαθέσει κάποια στιγμή την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να το συμπεριλάβει σε οργανικές φόρμες. Πειράματα σε καλλιέργειες τομάτας έδειξαν ότι υπερβολική συγκέντρωση NH_4^+ έχει κατασταλτικά αποτελέσματα επί του ρόλου του K^+ στη δημιουργία δομικών πρωτεϊνών. Διαπιστώθηκαν δηλαδή ελλείψεις καλίου ως συνέπεια του υπερβολικού NH_4^+ .

Να πούμε εδώ ότι υπάρχουν φυτά που καθ' όλη σχεδόν τη βλαστική περίοδο προτιμούν την αμμωνιακή θρέψη, όπως η πατάτα, το ρύζι, το ρεβίθι, ενώ άλλα προτιμούν το νιτρικό άζωτο, όπως το κολοκύθι, το αγγούρι, το πεπόνι, το καρπούζι, το τεύτλο. Αυτή η προτίμηση όμως είναι εξαρτημένη από μια ορισμένη ζώνη pH (5.5-6.5).

Θα μπορούσαμε ακόμη να ξεχωρίσουμε δύο κατηγορίες φυτών ανάλογα με τον τρόπο μεταβολισμού του NO_3^- . Σ' εκείνα που κυρίαρχα ο μεταβολισμός του NO_3^- γίνεται στις ρίζες (γενικά τα αγρωστώδη, τα ψυχανθή κ.ά.) και σ' εκείνα που κυρίως γίνεται στα φύλλα (κυρίως τα σολανώδη και τα κολοκυνθώδη).

Το pH του εδάφους είναι καθοριστικός παράγοντας που επιδρά στην επιλογή της μιας ή της άλλης μορφής του αζώτου που θα απορροφήσουν τα φυτά.

Οι αιτίες που εξαρτούν την επιλεκτική απορρόφηση των μορφών του αζώτου από το φυτό με το pH προέρχονται από το ίδιο το φυτό, δηλ. την κατεύθυνση των συνδεδεμένων με την ανάπτυξή του βιοχημικών μεταβολών.

Παίζει κάποιο ρόλο επίσης η μεταβολή του ηλεκτρικού φορτίου των κολλοειδών από την επιφάνεια των ριζών. Σε όξινο pH τα κολλοειδή ενεργούν ηλεκτροθετικά κι έτσι μπορούν να κρατήσουν περισσότερα ανιόντα (NO_3^-), ενώ σε υψηλό pH συμβαίνει το αντίθετο, δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την απορρόφηση του κατιόντος NH_4^+ .

Είναι γνωστό ότι ο τρόπος που εισέρχονται στο φυτό τα ιόντα H^+ και OH^- διαφέρει. Σε όξινο περιβάλλον εξαιτίας της αυξημένης παρουσίας τους τα H^+ παρουσιάζουν αυξημένη κινητικότητα και καθώς μπαίνουν στο φυτό παρασύρουν μαζί τους το NO_3^- . Το αντίθετο συμβαίνει όταν το pH είναι αλκαλικό, όπου τα OH^- παρασύρουν μαζί τους τα NH_4^+ . Η πυκνότητα του εδαφικού διαλύματος επιδρά κι αυτή στην επιλεκτική απορρόφηση των ιόντων. Ταυτόχρονα όμως, με την αύξηση της πυκνότητας του διαλύματος αυξάνεται και η αφομοίωση του NO_3^- .

Ας μην ξεχνάμε ότι η αντίδραση του εδάφους μεταβάλλεται κι από το είδος του λιπάσματος που χρησιμοποιούμε προς το όξινο [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3] ή προς το αλκαλικό [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$].

Στα διάφορα αζωτούχα λιπάσματα το αμμωνιακό και το νιτρικό άζωτο συνοδεύονται είτε από ανιόντα, Cl^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- , είτε από κατιόντα, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , τα οποία βρίσκονται σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ποσότητες και στο έδαφος.

Πρέπει λοιπόν να γνωρίζουμε τον τρόπο που τα διάφορα ιόντα επιδρούν στην αφομοίωση του νιτρικού και του αμμωνιακού αζώτου. Ας δούμε π.χ. πώς συνδέεται η χρησιμοποίηση του αμμωνιακού αζώτου με τις συνθήκες της καλλιούχου θρέψης. Έχουμε ήδη πει ότι τα φυτά που περιέχουν υδατάνθρακες σε μεγαλύτερες ποσότητες, αφομοιώνουν καλύτερα το αμμωνιακό άζωτο. Στη συσσώρευση όμως των υδατανθράκων σημαντικό ρόλο παίζει το κάλιο. Ο ρόλος του K^+ στη φωτοσύνθεση έχει πλήρως ερμηνευτεί: ευνοεί τη φωσφορυλίωση - παραγωγή ATP, δηλαδή την ενεργειακή αποθήκη του φυτού - και προκαλεί τη μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική. Το CO_2 μαζί με το υδρογόνο και

το οξυγόνο, που προέρχονται από τη φωτόλυση του H_2O , σχηματίζουν, χρησιμοποιώντας την αποταμιευμένη στο ATP ενέργεια, γλυκόζη, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνουν το O_2 . Η έλλειψη καλίου θα σήμαινε, μεταξύ άλλων, μειωμένη περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα, ουσίες που ο ρόλος τους στην απορρόφηση των NH_4^+ υπογραμμίστηκε ήδη.

Το κάλιο βελτιώνει ως γνωστό και τη θρέψη με νιτρικό άζωτο. Να πούμε ακόμη ότι ενεργοποιεί ένα πολύ μεγάλο αριθμό ενζύμων (περίπου 40 από τα 60 γνωστά, που έχουν ως ενεργοποιητές μονοσθενή ιόντα), τα οποία παίζουν σπουδαίο ρόλο στη ζωή του φυτού.

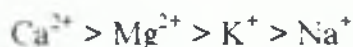
Η αμμωνιακή λίπανση σε συνδυασμό με την καλιούχο έχει θετικά αποτελέσματα στην καλλιέργεια των τεύτλων. Θα περίμενε κανείς το αντίθετο ίσως, αφού είπαμε ότι τα τεύτλα κατατάσσονται στην κατηγορία των φυτών που προτιμούν το νιτρικό άζωτο, αλλά τι συμβαίνει; Το κάλιο βοηθά στη συγκέντρωση των υδατανθράκων που με τη σειρά τους επηρεάζουν τη σύνθεση αζωτούχων ουσιών με βάση την αμμωνία (υδατάνθρακες \rightarrow οργανικά οξέα + αμμωνία \rightarrow αμινοξέα \rightarrow πρωτεΐνες). Έτσι η βλαπτική επίδραση της αμμωνιακής λίπανσης εξουδετερώνεται!

Η είσοδος του νιτρικού αζώτου (NO_3^-) παρενοχλείται από τα δισθενή ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} , ενώ αντίθετα τα μονοσθενή Na^+ και K^+ προκαλούν ένταση της απορρόφησης του NO_3^- (καθώς και των Cl^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$). Όταν το K^+ και το Na^+ βρίσκονται υπό μορφή K_2SO_4 και Na_2SO_4 αντίστοιχα, τότε ευνοούν περισσότερο την απορρόφηση του νιτρικού. Η είσοδος του NO_3^- των νιτρικών αλάτων στο φυτό ευνοείται από την αυξημένη τους φυσιολογική οξύτητα. Αντίθετα προς την περίπτωση του νιτρικού αζώτου, η είσοδος του NH_4^+ υπό μορφή $(NH_4)_2SO_4$ και NH_4Cl (θειική αμμωνία και χλωριούχο αμμώνιο) στο φυτό, είναι ανάλογη με την παρουσία Ca^{2+} . Σε δεύτερη "μοίρα" από την άποψη της διευκόλυνσης του NH_4^+ στην είσοδό του στο φυτό, ανέρχεται το Mg^{2+} . Το K^+ και το Na^+ ανταγωνίζονται το NH_4^+ . Στην περίπτωση των αμμωνιακών αλάτων η αυξημένη φυσιολογική οξύτητα εμποδίζει την είσοδο του NH_4^+ στο φυτό. Γι'

αυτό σε όξινα εδάφη δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίηση αμμωνιακού αζώτου. Είναι ακόμη γνωστό ότι σε όξινα εδάφη η νιτροποίηση παρεμποδίζεται. Χρησιμοποιώντας λοιπόν και λιπάσματα φυσιολογικός όξινα, όπως τα αμμωνιακά, η νιτροποίηση δυσκολεύει περισσότερο. Να πούμε όμως πως ούτε σε πολύ ασβεστούχα εδάφη ($7.3 < \text{pH} < 8.4$) ενδείκνυται η χρησιμοποίηση αμμωνιακών λιπασμάτων, γιατί διασπώνται και έχουμε έτσι απώλειες αζώτου:



Θα μπορούσαμε σύμφωνα με τα τελευταία που αναφέραμε να δώσουμε ως εξής τη σειρά των κατιόντων που ευνοούν κατά προτεραιότητα το αμμωνιακό άζωτο



Η σειρά των ανιόντων είναι: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ κι αυτό γιατί το χλώριο μπαίνοντας σε μεγαλύτερες ποσότητες στο φυτό (μονοσθενές) απ' ό,τι το SO_4^{2-} παίρνει μαζί του και περισσότερη αμμωνία (NH_4Cl). Να μην ξεχάσουμε όμως εδώ την τοξική επίδραση που μπορεί να έχει το χλώριο ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές και εδάφη που δε στραγγίζουν καλά.

Το ίδιο συμβαίνει όταν δεν τηρείται ένα χρονικό διάστημα ασφαλείας από την εφαρμογή του ως τη σπορά. 2-3 βδομάδες ανάλογα με την περιοχή.

4.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ (ΓΕΝΙΚΑ)

Τι είναι τα νιτρικά;

Τα νιτρικά (NO_3^-) είναι η ανόργανη μορφή του στοιχείου άζωτο (N), ενός κοινού στοιχείου, με πολύ μεγάλη σπουδαιότητα για τη ζωή και το περιβάλλον, που αποτελεί συστατικό της βιόσφαιρας (ατμόσφαιρα, έδαφος, νερό, ζώντες φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί).

Τα νιτρικά ιόντα φέρουν αρνητικό φορτίο και γι' αυτό αποθούνται από τα αρνητικά φορτία που φέρουν τα σωματίδια του εδάφους και κινούνται ελεύθερα στο έδαφος, με το νερό έκπλυσης και απορροής. Διαλύονται επίσης στο νερό με μεγάλη ευκολία και βρίσκονται έτσι στο νερό της βροχής, σε ποτάμια, σε λίμνες και στη θάλασσα.

Τα συναντούμε ακόμη μέσα στους φυσιολογικούς - βιολογικούς κύκλους (τροφική αλυσίδα). επειδή τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο που χρειάζονται κυρίως σ' αυτή τη μορφή.

Τα νιτρικά επιπλέον, χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια στη συντήρηση των κρεάτων καθώς αναστέλλουν τη δράση των μικροβίων της αλλαντίασης και διατηρούν το χρώμα των κρεάτων.

Η τροφή λοιπόν και το πόσιμο νερό αποτελούν τις δύο κύριες πηγές από τις οποίες ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει νιτρικά. Η ολική ποσότητα των νιτρικών που προσλαμβάνεται από τον άνθρωπο εξαρτάται επομένως από διατροφικές προτιμήσεις και από την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Στον ανθρώπινο οργανισμό τα νιτρικά μετατρέπονται από μικροοργανισμούς που υπάρχουν στη γλωρίδα του εντέρου σε νιτρώδη (NO_2^-) που αποτελούν την πηγή των ανησυχιών για την υγεία του ανθρώπου. Τα νιτρώδη στη συνέχεια μπορεί να αντιδράσουν με αμίνες των τροφών και να σχηματίσουν νιτροζαμίνες, μερικές από τις οποίες είναι τοξικές και επιβλαβείς για τον άνθρωπο.

4.2.1 Συσσώρευση νιτρικών στα φυτά ως τροφή του ανθρώπου

Η παραγωγή ξηρής φυτικής ύλης είναι συνδεδεμένη με το μεταβολισμό του αζώτου. Για την επίτευξη μέγιστης ποσότητας ξηρής φυτικής ύλης απαιτείται μια αντίστοιχη μέγιστη ποσότητα αζώτου, καθώς και επαρκής ποσότητα υδατανθράκων, για τη μετατροπή τους σε πρωτεΐνες. Απαιτούνται γενικά 15-30 g αζώτου για την παραγωγή ενός kg ξηράς ουσίας.

Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/κης από δείγματα λαχανικών για τον υπολογισμό των νιτρικών (πίνακας 8) προέκυψε ότι οι απόλυτα υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών βρέθηκαν στις ρίζες παντζαριού, στον άνηθο και στα φύλλα παντζαριού. Σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στο αγγούρι και στην τομάτα που είναι βασικές καλλιέργειες λαχανικών στα θερμοκήπια.

Με βάση αυτές τις μετρήσεις παρατηρούμε ότι τα φυλλώδη κυρίως λαχανικά εντοπίζουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών, παρόλα αυτά όμως είναι χαμηλότερες από τα μέγιστα επιτρεπτά όρια που έχουν θεσπιστεί σε ορισμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στην καλλιέργεια που πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του ΤΕΙ - Καλαμάτας τα νιτρικά κυμαίνονταν από 50 έως 140 mg/kg νωπού βάρους.

Τα νιτρικά, που είναι το τελικό προϊόν στην οξειδωτική μετατροπή σχεδόν όλων των μορφών αζώτου στον κύκλο, αποτελούν τη σπουδαιότερη πηγή αζώτου για τα φυτά. Τα φυτά ανάγουν τα νιτρικά, με μεγάλη ευκολία και τα μετατρέπουν σε αμινοξέα, πρωτεΐνες και άλλες αζωτούχες ενώσεις.

Συχνά, υπάρχει θετική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε νιτρικά στο φυτό και της απόδοσης. Ένα ελάχιστο επίπεδο νιτρικών είναι απαραίτητο, για την παραγωγή κανονικών αποδόσεων.

Ο έλεγχος των νιτρικών στο φυτό είναι πιο δύσκολος από ό,τι στο έδαφος και η συσσώρευσή τους στο φυτό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, που διακρίνονται σε δύο ομάδες: αυτούς που μπορεί το φυτό να ελέγξει και αυτούς που δεν μπορεί.

Για το λόγο αυτό, είναι πολύ πιο δύσκολο, να διατηρηθεί ένα ορισμένο ανώτερο όριο νιτρικών στα φυτά με την καλλιέργεια και τη λίπανση, παρά με τη μείωση της έκπλυσης νιτρικών (έλεγχος της παροχής νερού, αμειψισπορά).

	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Νιτρικά (mg/kg N.B.)	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Νιτρικά (mg/kg N.B.)
Αγγούρι	7/6	135	22/6	37
Ανηθος	22/6	874	5/10	821
Καρότο	7/6	32	22/6	191
Κολοκυθάκι	22/6	45	5/10	224
Κρεμμύδι	22/6	22	8/9	41
Μαϊδανός	22/6	241	8/9	218
Μαρούλι ρομάνα	15/3	200	11/4	163
Μαρούλι σαλάτα	15/3	465	11/4	130
Μελιτζάνα	22/6	7	8/9	50
Παντζάρι ρίζες	12/5	489	7/6	970
Παντζάρι φύλλα	12/5	589	7/6	697
Πατάτα	22/6	51	8/9	19
Πιπεριά για γέμισμα	22/6	12	8/9	22
Πιπεριά για τηγάνι	22/6	16	8/9	34
Ρεπανάκι ρίζες	12/5	120	5/10	538
Σέλινο φύλλα	12/5	235	7/6	211
Σπανάκι	15/3	62	11/4	167
Τομάτα	7/6	62	8/9	41
Φασολάκι	22/6	32	5/10	143

Πίνακας 8. Περιεκτικότητα σε νιτρικά (*) λαχανικών που διακινήθηκαν από την Κεντρική Αγορά Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο Μαρτίου - Οκτωβρίου 1995.

* κάθε τιμή είναι ο μέσος όρος τριών επαναλήψεων

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά

Η περιεκτικότητα νιτρικών στους φυτικούς ιστούς επηρεάζεται από διάφορους γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Γενετικοί παράγοντες

Τα διάφορα φυτικά είδη, ανάλογα με τη γενετική τους προέλευση που αποτελεί βασικό παράγοντα ελέγχου της περιεκτικότητάς τους σε νιτρικά, κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες με κριτήριο τη συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά.

Η επίδραση της ποικιλίας στη συσσώρευση των νιτρικών μπορεί να αποδειχθεί μόνο αν ληφθούν υπόψη ορισμένοι παράγοντες, όπως π.χ. το μήκος της βλαστικής περιόδου, διαφορές στις συνθήκες ανάπτυξης και ηλικίας ωρίμανσης. Ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών, όπως π.χ. κατσαρά φύλλα (σπανάκι, μαρούλι), σε σύγκριση με τα λεία φύλλα, σχετίζονται με υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης νιτρικών.

Η περιεκτικότητα σε νιτρικά μπορεί επίσης να ποικίλλει στα διάφορα όργανα του φυτού. Γενικά η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη στους βλαστούς και τα φύλλα - ιδιαίτερα στους μίσχους και τις νευρώσεις - παρά στους καρπούς. Γι' αυτό, η συσσώρευση των νιτρικών είναι μεγαλύτερη στα φυλλώδη λαχανικά, παρά στα αγγούρια και τις τομάτες.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- **Λίπανση**

Η αζωτούχος λίπανση έχει μεγάλη επίδραση στην περιεκτικότητα του φυτού σε νιτρικά. Το μεγάλο εύρος των δεδομένων, στο ίδιο επίπεδο λίπανσης, δείχνει ότι υπάρχουν σημαντικές επιδράσεις και άλλων παραμέτρων.

Η παρουσία ή έλλειψη άλλων θρεπτικών μπορεί να αποτελέσει ένα

σημαντικό παράγοντα αύξησης ή μείωσης στη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Η έλλειψη π.χ. του θείου, μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση νιτρικών, δεδομένου ότι το θείο είναι απαραίτητο για την αύξηση της ενεργότητας της νιτρικής αναγωγής, που ανάγει τα νιτρικά σε αμμωνιακό άζωτο. Μείωση της ενεργότητας συνεπάγεται κατ' ανάγκη αύξηση του επιπέδου νιτρικών.

Επίσης έλλειψη ορισμένων μικροθρεπτικών, όπως Mn, Cu και B, οδηγεί στη συσσώρευση νιτρικών, ενώ ο P, το K, το Na και το Ca, δε φαίνεται να σχετίζονται με τη συσσώρευση νιτρικών.

- **Φως, θερμοκρασία και άλλοι παράγοντες**

Οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών επηρεάζουν την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά, ιδιαίτερα μάλιστα η ένταση του φωτός και η θερμοκρασία είναι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά.

Όταν η ένταση του φωτός είναι μικρή, μια αύξηση στην περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά, αυξάνει και την περιεκτικότητα των φυτών σε νιτρικά, ενώ, κάτω από συνθήκες μεγάλης έντασης φωτός, η περιεκτικότητα των φυτών σε νιτρικά παραμένει πολύ πιο κάτω από το κρίσιμο επίπεδο, αν και το επίπεδο των νιτρικών στο έδαφος μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με τη λίπανση. Κάτω από τις συνθήκες μειωμένης έντασης (σκίασης) έχουμε αυξημένη συσσώρευση νιτρικών.

Σχετικά πειράματα έδειξαν ότι, όταν το σπανάκι καλλιεργείται την άνοιξη, κάτω από ευνοϊκές συνθήκες φωτός, η περιεκτικότητά του σε νιτρικά είναι συγκριτικά μικρή, συχνά 5-10 φορές μικρότερη από την αντίστοιχη σε σπανάκι που καλλιεργείται το φθινόπωρο.

Η επίδραση αυτή της έντασης του φωτός περισσότερο έντονη στα επίπεδα αυτά του προστιθέμενου αζώτου. Δεδομένου ότι κατά κανόνα, η εφαρμογή του αζώτου γίνεται στα μεσαία σχετικά επίπεδα, είναι φανερό ότι θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ένταση του φωτός και να ρυθμίζεται ανάλογα η αζωτούχος λίπανση. Κάτω από χαμηλή ένταση φωτός έχουμε μείωση της ενεργότητας της

νιτρικής αναγωγής, με αποτέλεσμα συσσώρευση νιτρικών.

Η συγκέντρωση νιτρικών στο σπανάκι αυξάνεται μέχρι τους 25°C και στη συνέχεια μειώνεται, ενώ η μείωση του επιπέδου υγρασίας του εδάφους οδηγεί πάντα στη συσσώρευση νιτρικών, λόγω της μείωσης της νιτρικής αναγωγής, που παρατηρείται κάτω από τέτοιες συνθήκες.

Αυξημένη περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε CO₂ (υπό κάλυψη καλλιέργεια) ευνοεί τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Επίσης, ορισμένα ζιζανιοκτόνα μπορεί να αυξήσουν τη συσσώρευση νιτρικών, όπως π.χ. το cycloate. Η ερμηνεία που δίνεται είναι ότι τα ζιζανιοκτόνα επιβραδύνουν τη δράση της νιτρικής αναγωγής και κατά συνέπεια, ευνοούν τη συσσώρευση.

Με τα νιτρικά, όσον αφορά τα λαχανικά, πιστεύεται συχνά λανθασμένα, ότι μόνο τα ανόργανα αζωτούχα λιπάσματα προκαλούν αυξημένα επίπεδα νιτρικών. Το φως όμως, η θερμοκρασία, η υγρασία και η χρήση οργανικών λιπασμάτων έχουν ουσιώδη συμμετοχή στην επίδραση των επιπέδων νιτρικών στα λαχανικά και όλες οι ενδείξεις δείχνουν ότι δεν υπάρχει σημαντική ανοδική τάση στην περιεκτικότητα νιτρικών των λαχανικών που να συμβαδίζει με την αύξηση που παρατηρήθηκε στη χρήση των λιπασμάτων.

4.2.2 Οι δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών

Στην υγεία του ανθρώπου

Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει σε διάφορες χώρες για την εκτίμηση των νιτρικών που προσλαμβάνονται από τον άνθρωπο. Μεγάλη προσοχή δόθηκε στην περιεκτικότητα νιτρικών στο πόσιμο νερό και επομένως στο επιφανειακό και υπεδάφειο νερό.

Αυτή όμως η μονόπλευρη σχεδόν θεώρηση του νερού δεν δικαιολογείται γιατί στην Ελβετία π.χ. υπολογίζεται ότι, η κατά άτομο ημερήσια κατανάλωση νιτρικών είναι 90 mg περίπου και από την ποσότητα αυτή το 70% προέρχεται από την κατανάλωση λαχανικών, το 20% από το πόσιμο νερό και το υπόλοιπο 10%

από την κατανάλωση κρέατος.

Επίσης από τα δεδομένα που δημοσιεύτηκαν στις ΗΠΑ, προκύπτει ότι, πάνω από το 80% της ημερήσιας προσλαμβανόμενης ποσότητας νιτρικών από τον άνθρωπο, προέρχεται από την κατανάλωση λαχανικών.

Οι κύριες πηγές νιτρικών επομένως στη διατροφή του ανθρώπου είναι τα λαχανικά, το νερό και τα νιτρικά που προστίθενται ως συντηρητικά στα προϊόντα παρυσκευής τροφών.

Τα νιτρικά είναι δυνατόν επίσης να παραχθούν ενδογενώς κατά τις διάφορες μεταβολικές διεργασίες.

Τα νιτρικά από μόνα τους δεν είναι τοξικά και όταν εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος δεν παίρνουν μέρος στις κανονικές βιολογικές διεργασίες. Αντίθετα, αποβάλλονται σχετικά γρήγορα με τα ούρα (80%) ή τα περιττώματα (1-2%) και ανακυκλώνονται στο σάλιο (18%).

Κατά την πέψη των τροφών, τα νιτρικά είναι δυνατό να αναχθούν εν μέρει, με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, σε νιτρώδη (NO_2^-), στο στόμα και τα έντερα.

Τα νιτρώδη, βιολογικά, είναι περισσότερο δραστικά και επομένως είναι δυναμικά τοξικά. Πράγματι η πηγή των ανησυχιών για την υγεία είναι τα νιτρώδη που βρίσκονται στις τροφές ή σχηματίζονται από τα νιτρικά ή παράγονται ενδογενώς. Η ενδογενής παραγωγή στο σάλιο του ανθρώπου μπορεί να είναι ως 20 φορές μεγαλύτερη από την πρόσληψη με τις τροφές ανάλογα με την ηλικία.

Υπάρχουν δύο κύριες πιθανές επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου: η μεθαιμογλοβιναιμία ή σύνδρομο της κυάνωσης των βρεφών και ο καρκίνος του στομάχου.

Μεθαιμογλοβιναιμία

Πολλοί ερευνητές εκφράζουν φόβους πρόσκλησης νιτρικής (νιτρώδων) δηλητηρίασης στις ευρύτερες ανθρώπινες κοινωνίες και ιδιαίτερα στα βρέφη.

στα οποία η δηλητηρίαση από τα νιτρώδη προκαλεί την ανωμαλία, που είναι γνωστή ως μεθαιμογλοβιναιμία, ή σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών.

Όπως είναι γνωστό, το οξυγόνο απαιτείται από όλους τους οργανισμούς και από τον άνθρωπο για την καύση της τροφής. Το οξυγόνο μεταφέρεται από τους πνεύμονες με τη βοήθεια της αιμογλοβίνης των ερυθρών αιμοσφαιρίων, σχηματίζοντας την οξυαιμογλοβίνη. Μετά την απελευθέρωση του οξυγόνου, κατά την κυκλοφορία του αίματος, παράγεται η δεσοξυαιμογλοβίνη, που επιστρέφεται, μέσω της ροής του αίματος, στους πνεύμονες, για την εκ νέου ένωση με το οξυγόνο. Η αιμογλοβίνη, για να ενωθεί με το οξυγόνο και να μπορεί να ενεργεί ως μέσο μεταφοράς του οξυγόνου σε διάφορα μέρη του σώματος, πρέπει ο σίδηρος που περιέχει να είναι δισθενής (Fe^{++}). Αν ο σίδηρος οξειδωθεί σε τρισθενή (Fe^{+++}), η αιμογλοβίνη μετατρέπεται σε μεθαιμογλοβίνη, που δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο και έτσι εμποδίζεται η μεταφορά του σ' όλο το κυκλοφοριακό σύστημα. Τα νιτρώδη που παράγονται με τη μικροβιολογική αναγωγή των NO_3^- είναι ικανά να μετατρέπουν την αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη. Αν η ποσότητα της μεθαιμογλοβίνης αυξηθεί στο αίμα, τότε παράγονται στον οργανισμό κλινικά συμπτώματα έλλειψης οξυγόνου, με κύριο χαρακτηριστικό την κυάνωση, που διακρίνεται μερικές φορές από το μπλε χρώμα των χειλιών. Η ανωμαλία αυτή λέγεται μεθαιμογλοβιναιμία.

Η μεθαιμογλοβιναιμία που συνδέεται με την πρόσληψη νιτρικών παρουσιάζεται σχεδόν μόνο σε βρέφη κάτω των 3 μηνών. Τα βρέφη έχουν λίγα οξέα στα γαστρικά υγρά και θεωρητικά επιτρέπουν περισσότερους νιτρικό - αναγωγικούς μικροοργανισμούς να αναπτύσσονται στον εντερικό σωλήνα. Επιπλέον το σύστημα των ενζύμων τους που μετατρέπει αμέσως την αιμογλοβίνη σε οξυαιμογλοβίνη δεν έχει πλήρως αναπτυχθεί και η πρόσληψη υγρού ανά μονάδα βάρους του σώματος είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερη από των ενηλίκων και το νερό που χρησιμοποιείται για τις παιδικές τροφές μπορεί να μειωθεί σε όγκο με τους επαναλαμβανόμενους βρασμούς και επομένως να αυξηθούν οι συγκεντρώσεις νιτρικών.

Η μεθαιμογλοβιναιμία οφείλεται σε πολλούς παράγοντες και οι επιπτώσεις επιπυξάνονται σε βρέφη με γαστροεντερικά προβλήματα, που συχνά προκαλούνται με τη χρήση νερού από πηγάδια με βακτηριακή μόλυνση. Πράγματι, από το 1947, έγινε γνωστό από πειράματα, στα οποία προστέθηκαν νιτρικά στο νερό για την προετοιμασία των παιδικών τροφών, ότι τα νιτρικά στο νερό δεν προκάλεσαν συμπτώματα μεθαιμογλοβιναιμίας, εκτός από τις περιπτώσεις εκείνες που υπήρχαν νιτρικό - αναγωγικά βακτήρια στα έντερα και το γαστρικό υγρό είχε pH μεγαλύτερο από 4,0. Πρόσφατες μελέτες στο Ισραήλ έδειξαν ότι καταστάσεις όπως η διάρροια είναι η κύρια αιτία και όχι οι πιθανές ποσότητες των προσλαμβανόμενων νιτρικών. Επιστημονικά, δεν έχει διαπιστωθεί ούτε ένα περιστατικό μεθαιμογλοβιναιμίας, που να οφείλεται σε μόλυσμα με αζωτούχα λιπάσματα νερά.

Καρκίνος του στομάχου

Η σχέση μεταξύ N και καρκίνου του στομάχου δεν είναι αρκετά κατανοητή. Υπάρχουν διάφορες κοινές ουσίες που περιέχουν πιθανά καρκινογόνα: καφές, ψωμί, τοστ, ζωικά λίπη, πιπέρι, μανιτάρια, καπνιστά κρέατα και ψάρια. Τα επίπεδα πρόσληψης στον άνθρωπο ποικίλουν πολύ. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι τα N-ούχα λιπάσματα συνδέονται με τον καρκίνο στον άνθρωπο, ούτε ιατρικές αποδείξεις ότι τα NO_3^- , ακόμη και τα NO_2^- , προκαλούν καρκίνο. Τα NO_2^- , (από τις τροφές ή αυτά που σχηματίζονται με την αναγωγή των NO_3^- , ή ενδογενώς) μπορούν να αντιδράσουν με αμίνες και να σχηματίσουν νιτροζαμίνες, που μερικές φορές αποδείχθηκε ότι προκαλούν καρκίνο στα ζώα.

Γι' αυτό επικράτησε η άποψη ότι μια αύξηση σε πρόσληψη NO_3^- μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αυξημένο κίνδυνο καρκίνου του στομάχου. Αν και όλα τα στάδια στη σειρά των αντιδράσεων σχηματισμού νιτροζαμινών έχουν πειραματικά αποδειχθεί, υπάρχουν πειραματικές αποδείξεις ότι η πρόσληψη NO_3^- , δεν οδηγεί στο σχηματισμό νιτροζαμινών *in vivo*, εκτός αν οι συνθήκες του πειράματος παρέχουν επίσης μεγάλες ποσότητες νιτρικών. Ωστόσο, νιτροζα-

μίνες ανιχνεύθηκαν in vivo στο στομάχι του ανθρώπου, αλλά σε εκτιμήσιμες ποσότητες μόνο σε περιπτώσεις με πολύ χαμηλή στοματική οξύτητα. Είναι γνωστό ότι χρειάζεται να λάβουν χώρα πολύπλοκες βιοχημικές μεταβολές, πριν οι νιτροζαμίνες προκαλέσουν καρκινογόνες αντιδράσεις με το DNA.

Νιτρικά στα λαχανικά - ακόμη και χωρίς την εφαρμογή του N-ούχου λιπάσματος - μπορεί να είναι μια ισοδύναμη ή και μεγαλύτερη πηγή πρόσληψης NO_3^- από ό,τι το νερό. Εξάλλου, η κατανάλωση νωπών λαχανικών μπορεί να παρέχει προστασία κατά του καρκίνου του στομάχου, με την αντι-οξειδωτική δράση της μεγάλης περιεκτικότητάς τους σε βιταμίνη C.

Επειδή η χρήση των N-ούχων λιπασμάτων, τα τελευταία 30 χρόνια, στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, αυξήθηκε σημαντικά, θα περίμενε κανείς ότι οι στατιστικές για τη θνησιμότητα, να δείχνουν αύξηση των θανάτων από καρκίνο του στομάχου. Στην πραγματικότητα, σχεδόν σε κάθε χώρα για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά δεδομένα θνησιμότητας, υπάρχει μια μείωση στις περιπτώσεις καρκίνου του στομάχου. Πράγματι, ο καρκίνος του στομάχου είναι λιγότερο συνηθής στην Ολλανδία, όπου η κατανάλωση N-ούχων λιπασμάτων είναι μεγάλη, από ό,τι στην Αυστρία και Ελβετία που χρησιμοποιούν, συγκριτικά, μικρότερες ποσότητες N-ούχων λιπασμάτων.

Οι ενδείξεις ότι τα NO_3^- στο πόσιμο νερό προκαλούν καρκίνο του στομάχου, στις αναπτυγμένες χώρες, είναι πολύ λίγες, πολλές δε με αρνητικά αποτελέσματα. Μελέτες σε διάφορες χώρες έδωσαν αντιφατικά αποτελέσματα, αλλά υπήρχαν λιγότερες περιπτώσεις καρκίνου σε περιοχές όπου η χρήση των N-ούχων λιπασμάτων (και τα επίπεδα των NO_3^- στα νερά) ήταν μεγαλύτερη. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι δεν υπήρχε σχέση μεταξύ καρκίνου του στομάχου και συγκεντρώσεων NO_3^- στο πόσιμο νερό, ενώ τα επίπεδα NO_3^- στα ούρα και των NO_2^- στο σάλιο έδειξαν ότι ομάδες με χαμηλό κίνδυνο καρκίνου του στομάχου είχαν υψηλότερα επίπεδα NO_3^- στα ούρα και ίσα επίπεδα NO_2^- στο σάλιο με τις ομάδες υψηλού κινδύνου.

Τα φρούτα και λαχανικά είναι σήμερα πιο άφθονα και πιο φθηνά από ό,τι

παιλαιότερα. Τα λιπάσματα έπαιξαν σημαντικό ρόλο σ' αυτό. Όσον αφορά τα στίγματα NO_3^- για την ποιότητα του νερού σε σχέση με τον πιθανό κίνδυνο καρκίνου, η ποσότητα NO_3^- που προσλαμβάνεται με το πόσιμο νερό είναι ουσιαστικά μικρότερη από ό,τι με τις τροφές. Δεν είναι γνωστό αν τα NO_3^- από διάφορες πηγές συμπεριφέρονται διαφορετικά στις διεργασίες μεταβολισμού. Τα ιατρικά δεδομένα δείχνουν ότι "δε φαίνεται να υπάρχει βάση για επιβολή ενός πιο αυστηρού ορίου... και ότι το νερό που περιέχει 100 mg NO_3^-/L είναι βλαβερό στους ενήλικες".

4.2.3 Συμπεράσματα

- Το άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών και των ζώων. Τα φυτά αντιδρούν στο άζωτο του εδάφους και δίνουν υψηλές αποδόσεις. Για το λόγο αυτό, οι παραγωγοί χρησιμοποιούν αζωτούχα λιπάσματα για μέγιστες αποδόσεις. Ωστόσο, κάθε περίσσεια αζώτου με τη μορφή NO_3^- στο έδαφος μπορεί να εκπλυθεί, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των υπεδάφειων και επιφανειακών νερών.
- Υψηλά επίπεδα νιτρικών στο πόσιμο νερό και τις τροφές θεωρούνται ότι είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου, γιατί πιστεύεται ότι μπορεί να προκαλέσουν μεθαιμογλοβιναιμία και καρκίνο του στομάχου. Τα ιατρικά δεδομένα ωστόσο, δείχνουν ότι δεν πρέπει να υπάρχει φόβος ανησυχιών.
- Πάντοτε θα υπάρχει μια ορισμένη ποσότητα αζώτου, που θα χάνεται, από το σύστημα καλλιέργειας, στα επιφανειακά και υπεδάφεια νερά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα συστήματα φυτικής παραγωγής δεν είναι 100% αποτελεσματικά στην απομάκρυνση του νιτρικού αζώτου.
- Πολιτικά μέτρα που σκοπό έχουν τον έλεγχο της έκπλυσης νιτρικών, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την πιθανή αποτελεσματικότητα τέτοιων μέτρων και τις επιδράσεις τους στην παραγωγή τροφής, στις τιμές των προϊόντων, το εισόδημα του παραγωγού και τις καλλιεργητικές πρακτικές στο μέλλον.
- Η πρόσληψη νιτρικών από τον άνθρωπο είναι αναπόφευκτη. Η ποσότητα που παίρνουμε εξαρτάται κυρίως από τη διαιτητική κατανάλωση των φυλλωδών λαχανικών. Ενιπύκεται στην έρευνα να δημιουργήσει την αναγκαία υποδομή που θα βοηθήσει στον κατάλληλο χειρισμό όλων των παραγόντων για την ελαχιστοποίηση των τυχόν δυσμενών επιδράσεων.

4.3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΕ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΤΕΙ - Κ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

4.3.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του αζώτου στην παραγωγή και ποιότητα καρπών αγγουριάς θερμοκηπίου διεξήχθη μια ενδεικτική καλλιέργεια από το συγγραφέα σε χώρους του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.

Σ' αυτή την καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο Palmera R2 και πραγματοποιήθηκαν 3 επεμβάσεις διαφορετικών αναλογιών $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ (200:0, 100:100, 0:200), κρατώντας σταθερό το συνολικό άζωτο των θρεπτικών διαλυμάτων στα 200ppm. Η εκλογή αυτή έγινε γιατί, όπως αναφέρουν οι P. Adams, C. Graves και G. Winsor (Journal of Horticultural Science (1992) 877-884), οι άριστες συγκεντρώσεις του αζώτου για καλλιέργεια αγγουριού είναι από 175-300 ppm N με καλύτερες αποδόσεις 200 έως 220 ppm N. Τα φυτά με άρδευση από θρεπτικό διάλυμα μικρότερη των 20 ppm N ήταν ωχροπράσινα και οι καρποί μη αποδεκτοί στην αγορά. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα πλήρη διαλύματα, παρατίθενται στην παράγραφο 4.3

Για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε το νερό της ύδρευσης, αφού προηγουμένως έγινε χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητάς του σε ιόντα ανοργάνων αλάτων (παρ. 4.3).

Η παροχή των θρεπτικών διαλυμάτων στα φυτά γινόταν με μικροσωλήνες (spaghetti tubes) οι οποίοι είχαν 4 οπές σε αντιδιαμετρικά σημεία με στόχο την καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος.

Το σύστημα ήταν ανοιχτό και το πότισμα διαρκούσε μέχρι να παρατηρηθεί απορροή από το χώρο των ριζών μέσω των οπών που είχαν ανοιχθεί στον πυθμένα των φυτοδοχείων. Η ανανέωση των θρεπτικών διαλυμάτων γινόταν κάθε 2 ημέρες (50lt περίπου θρεπτικού διαλύματος για κάθε επέμβαση συνολικά 150lt για όλα τα φυτά). Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην όλη καλλιέργεια.

4.3.2 Υπόστρωμα καλλιέργειας

Για την ανάπτυξη των φυτών χρησιμοποιήθηκε άμμος ποταμίσια (διαμέτρου 0.5-2.0mm) και τύρφη (pH 3,5) σε αναλογία 70:30 αντίστοιχα.

Η χημική ανάλυση της άμμου έδωσε την εξής συγκέντρωση σε ανόργανα στοιχεία:

SiO ₂	:	65,32 %
CaCO ₃	:	27,24 %
K	:	0,86 %
Na	:	0,97 %
Al	:	1,85 %
Fe	:	1,64 %

Σημ.: Οι χημικές αναλύσεις του νερού και της άμμου έγιναν στο πολύ οργανωμένο εργαστήριο της ΔΕΗ (ΑΘΗΝΑ) με τη βοήθεια της συσκευής του πλάσματος γι' αυτό και θεωρούνται αρκετά ακριβείς.

Η χημική ανάλυση της τύρφης είναι:

P ₂ O ₅	:	0,14 %	επί ξηράς ουσίας
P	:	0,06 %	-//-
K ₂ O	:	0,05 %	-//-
K	:	0,04 %	-//-
Mg	:	0,18 %	-//-
CaO	:	2,84 %	-//-
Fe	:	0,305 %	
Zn	:	0,003 %	
B	:	0,0034 %	

4.3.3 Καλλιέργεια των φυτών

Όπως προαναφέρθηκε η καλλιέργεια έγινε στο θερμοκήπιο του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.

Η σπορά έγινε σε Jiffy pots τα οποία ήταν γεμισμένα με μίγμα άμμου - τύρφης, με αναλογία 1:1 και χρησιμοποιήθηκαν γύρω στους 40 σπόρους. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 18/3/96. Η άρδευση των σποροφύτων γινόταν με θρεπτικό διάλυμα 200 ppm N.

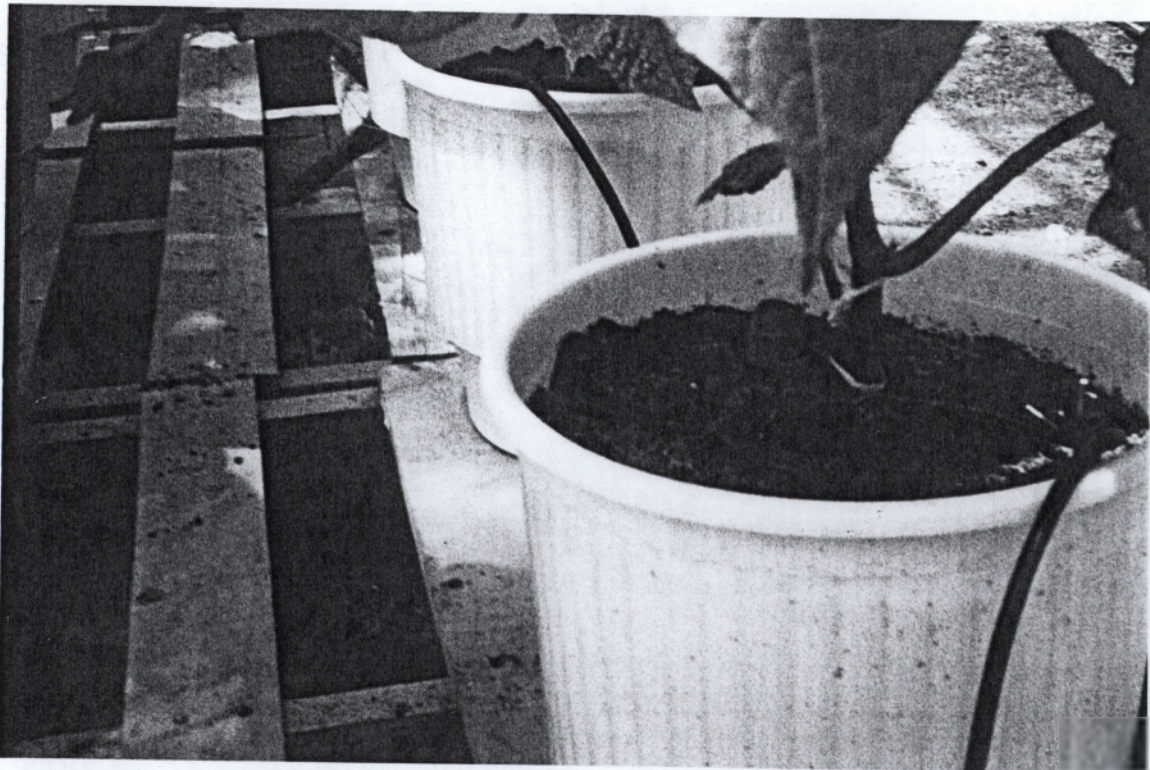
Μετά το φύτευμα των σπόρων, από τα μικρά φυτάρια επιλέχθηκαν 30 με ομοιόμορφη ανάπτυξη. Η μεταφύτευση έγινε απ' ευθείας σε πλαστικά φυτοδοχεία χωρητικότητας 12 λίτρων (διαμέτρου 26cm και ύψους 30cm), που περιείχαν το υπόστρωμα ανάπτυξης (άμμος - τύρφη, 70:30 αντίστοιχα), στο στάδιο των 2 πραγματικών φύλλων. Η μεταφύτευση έγινε στις 20/4/96. Ακολούθως, τα φυτά χωρίστηκαν σε 3 επεμβάσεις. Κάθε επέμβαση περιελάμβανε 10 φυτά ($3 \times 10 = 30$ φυτά). Επειδή η καλλιέργεια ήταν ενδεικτική και όχι πειραματική δεν ήταν αναγκαίο να πραγματοποιηθεί τυχαιοποίηση των επεμβάσεων. Έτσι τα φυτά τοποθετήθηκαν ανά επέμβαση σε σειρά με πυκνότητα φύτευσης 1,75 φυτά/m² (60cm φυτό από φυτό πάνω στη γραμμή, 60 cm μεταξύ των σειρών). Μετά την εγκατάσταση και τυχαιοποίηση των φυτών, άρχισε η εφαρμογή της άρδευσης με τα αντίστοιχα θρεπτικά διαλύματα.

Να αναφέρουμε εδώ ότι η άρδευση γινόταν από δοχείο 50 lt με θρεπτικό διάλυμα στο οποίο είχε τοποθετηθεί βάνια με προσκολλημένο το σωλήνα άρδευσης. Πάνω στο σωλήνα είχαν τοποθετηθεί τα μακαρόνια (spagetti tubes), 1 για κάθε φυτό.

Καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο πραγματοποιήθηκαν οι καλλιεργητικές φροντίδες που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3 (Υποστήλωση, Φυτοπροστασία, Άρδευση, Συγκομιδή).



Άρδευση σε φυτά αγγουριάς στο θερμοκήπιο ΤΕΙ Καλαμάτας





Διάταξη φυτών στο θερμοκήπιο





Σύστημα υποστήλωσης φυτών
και καρπόδεση φυτών αγγουριάς



4.3.4 Θρεπτικά διαλύματα

Τα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάστηκαν με τον τρόπο που αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.3 του κεφαλαίου 2.

Αμέσως γίνεται αντιληπτό πού στηρίχθηκαν οι ποσότητες στοιχείων για την καλλιέργεια των φυτών. Οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν βρέθηκαν βιβλιογραφικά με πηγή το Acta Horticulture (221, 1988) στο οποίο αναφέρεται ότι οι άριστες συγκεντρώσεις των στοιχείων για υδροπονική καλλιέργεια αγγουριού είναι:

H ₂ PO ₄	:	1,5	mmol/l
SO ₄	:	1,25	mmol/l
K	:	8,0	mmol/l
Ca	:	4,25	mmol/l
Mg	:	1,375	mmol/l
Fe	:	15	μmol/l
Mn	:	10	μmol/l
Zn	:	5	μmol/l
B	:	25	μmol/l
Cu	:	0.75	μmol/l
Mo	:	0,5	μmol/l

Βέβαια από τις παραπάνω ποσότητες κρατήθηκαν αυτούσιες οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων ενώ οι ποσότητες των μακροστοιχείων διακυμάνθηκαν έτσι ώστε στα θρεπτικά διαλύματα να έχουμε συνολικό άζωτο 200ppm.

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθεται η κάθε επέμβαση (200:0, 100:100, 0:200) με όλα τα χημικά στοιχεία και ενώσεις που χρησιμοποιήθηκαν (πίνακες 9, 10, 11).

200 ppm N

200:0

	σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)	σύσταση νερού (κατιόντα)	προσθήκη λιπασμάτων (κατιόντα)	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	σύνολο
σύνθεση διαλύματος (ανιόντα)				10,1	14,3	1,5	0,5	1,2	27,6
σύσταση νερού (ανιόντα)				0,5	-	-	4,5	1,2	6,2
προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)				9,6	14,3	1,5	-	-	25,4
Ca ⁺⁺	8,2	3,2	5,0	-	5,0	-	-	-	5,0
Mg ⁺⁺	3,0	1,9	1,1	1,1	-	-	-	-	1,1
K ⁺	15,3	-	15,3	8,5	6,8	-	-	-	15,3
NH ₄ ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ⁺	1,1	1,1	-	-	-	-	-	-	-
H ⁺	-	-	4,0	-	2,5	1,5	-	-	4,0
σύνολο	27,6	6,2	25,4	9,6	14,3	1,5	-	-	

Πίνακας 9.

200 ppm N

100:100

	σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)	σύσταση νερού (κατιόντα)	προσθήκη λιπασμάτων (κατιόντα)	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	σύνολο
σύνθεση διαλύματος (ανιόντα)				15,3	7,1	1,5	2,5	1,2	27,6
σύσταση νερού (ανιόντα)				0,5	-	-	4,5	1,2	6,2
προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)				14,8	7,1	1,5	-	-	23,4
Ca ⁺⁺	5,7	3,2	2,5	-	2,5	-	-	-	2,5
Mg ⁺⁺	3,0	1,9	1,1	1,1	-	-	-	-	1,1
K ⁺	10,7	-	10,7	6,6	4,1	-	-	-	10,7
NH ₄ ⁺	7,1	-	7,1	7,1	-	-	-	-	7,1
Na ⁺	1,1	1,1	-	-	-	-	-	-	-
H ⁺	-	-	2,0	-	0,5	1,5	-	-	2,0
σύνολο	27,6	6,2	23,4	14,8	7,1	1,5	-	-	

Πίνακας 10.

200 ppm N

0:200

	σύνθεση διαλύματος (κατιόντα)	σύσταση νερού (κατιόντα)	προσθήκη λιπασμάτων (κατιόντα)	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	σύνολο
σύνθεση διαλύματος (ανιόντα)				20,4	-	1,5	4,5	1,2	27,6
σύσταση νερού (ανιόντα)				0,5	-	-	4,5	1,2	6,2
προσθήκη λιπασμάτων (ανιόντα)				19,9	-	1,5	-	-	21,4
Ca ⁺⁺	3,2	3,2	-	-	-	-	-	-	-
Mg ⁺⁺	3,0	1,9	1,1	1,1	-	-	-	-	1,1
K ⁺	6,0	-	6,0	4,5	-	1,5	-	-	6,0
NH ₄ ⁺	14,3	-	14,3	14,3	-	-	-	-	14,3
Na ⁺	1,1	1,1	-	-	-	-	-	-	-
H ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
σύνολο	27,6	6,2	21,4	19,9	-	1,5	-	-	

Πίνακας 11.

Παρατηρούμε ότι στις επεμβάσεις χρησιμοποιούμε τις εξής ενώσεις:

- Ca** : Εφ' όσον έχουμε ασβέστιο, αναγκαστικά χρησιμοποιούμε το νιτρικό ασβέστιο γιατί είναι το μόνο ευδιάλυτο άλας που υπάρχει.
- Mg** : Το μιννήσιο χρησιμοποιείται σαν $MgSO_4$ και είναι σταθερό και για τις τρεις επεμβάσεις σε 1,1 meq/l.
- K** : Το κάλιο χρησιμοποιείται σε τρεις μορφές. Στην επέμβαση με πολλά NO_3^- χρησιμοποιείται σε μορφή KNO_3 ενώ στις άλλες με μορφή K_2SO_4 και KH_2PO_4 .
- N** : Τα NH_4^+ προστέθηκαν σε μορφή $(NH_4)_2SO_4$. Τα NO_3^- καλύφθηκαν με KNO_3 .
Στις μεταχειρίσεις χωρίς NH_4^+ , ένα μέρος των NO_3^- προστέθηκε σαν HNO_3 για τον έλεγχο του pH.
- P** : Τα $H_2PO_4^-$ προστέθηκαν με μορφή H_3PO_4 στις χαμηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ για έλεγχο του pH, ενώ στις υψηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ σε μορφή KH_2PO_4 .

Η συνολική συγκέντρωση των ιόντων των θρεπτικών στοιχείων ήταν 27,6 meq/l σε όλες τις επεμβάσεις.

Τα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάζονταν από πυκνά διαλύματα κανονικότητας 1N. Οι ποσότητες των χημικών ενώσεων ήταν (στα 50li H_2O):

KNO_3	:	5,055	Kg
K_2SO_4	:	4,350	Kg
KH_2PO_4	:	6,800	Kg
$5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O]NH_4NO_3$:	5,400	Kg
$(NH_4)_2SO_4$:	3,300	Kg
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$:	3,775	Kg
HNO_3	:	3.31	lt
Fe-EDDHA6%	:	140	gr

Τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία τοποθετήθηκαν σε κοινό δοχείο σε ποσότητες (στα 50 lt νερού):

MnSO ₄	:	85	gr
CuSO ₄	:	9,5	gr
H ₃ BO ₃	:	77	gr
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	:	4	gr
ZnSO ₄	:	Δεν χρησιμοποιήθηκε γιατί υπήρχε περίσσεια στο νερό άρδευσης (7,03 μmol/l) ενώ οι απαιτήσεις της αγγουριάς σε Zn είναι γύρω στα 4,00 μmol/l (Sonneveld και Straver 1988).	

4.3.5 Συμπεράσματα

Αρχικά θα αναφερθούμε στο ύψος παραγωγής. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 12, καλύτερη απόδοση είχε η επέμβαση 200:0 με 73 καρπούς συνολικά και μέσο όρο 7,3 καρποί ανά φυτό.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΡΠΩΝ

A/A	200:0	100:100	0:200
1	6	7	6
2	6	6	5
3	6	6	6
4	6	6	7
5	10	6	5
6	6	6	7
7	8	8	7
8	8	5	7
9	8	6	8
10	9	8	7
ΣΥΝΟΛΟ	73	64	65
Μ.Ο.	7,3	6,4	6,5

Πίνακας 12.

Σχεδόν ισομεγέθη ήταν οι δύο άλλες επεμβάσεις με μέσο όρο καρπών 6,4 και 6,5 αντίστοιχα. Τα μεγαλύτερα ξηρά βάρη καρπών παρατηρήθηκαν όταν ο τύπος του εφαρμοζόμενου Ν ήταν 100:100 NO_3^- : NH_4^+ . Ειδικότερα με μετρήσεις που έγιναν σε εργαστηριακούς χώρους του ΤΕΙ - Καλαμάτας και αναλύσεις με τη χρήση του σπεκτοφωτόμετρου DR 2000 (HACH) χρησιμοποιώντας ειδικά αντιδραστήρια με βάση το κάδμιο (Cd), πάρθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

- 1) 200:0 NO_3^- : 33 mg/1000gr Νωπού βάρους (Ξ.Β: 3,05%)
- 2) 100:100 NO_3^- : 77 mg/1000gr Νωπού βάρους (Ξ.Β: 4,1%)
- 3) 0:200 NO_3^- : 41.6 mg/1000gr Νωπού βάρους (Ξ.Β: 1,9%)

Παρατηρούμε μια μεγάλη διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων 200:0 και 0:200 που είχαν αντίστοιχα Ξ.Β. 3,05% και Ξ.Β. 1,9%. Αυτό έρχεται σε συμφωνία και με τον R. ALAN (Journal of Horticultural (1989) 467-474) ο οποίος αναφέρει ότι σε πείραμα που διενέργησε για την επίδραση των $\text{NO}_3\text{-N}$ και $\text{NH}_4^+\text{-N}$, τα φυτά που αρδεύονταν με 100% $\text{NO}_3\text{-N}$ είχαν μεγαλύτερο ξηρό βάρος από τα φυτά που αρδεύονταν με 100% $\text{NH}_4\text{-N}$ λόγω, πιθανόν, κάποιας ευαισθησίας στη θρέψη τους από $\text{NH}_4\text{-N}$. Αυτή η ελάττωση των ξηρών βαρών των φυτικών τμημάτων αυξήθηκε με κάθε αύξηση του $\text{NH}_4\text{-N}$. Έλεγχος στο χημικό εργαστήριο της Ε.Κ.ΠΟΙ.ΖΩ (περιοδικό ΒΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ) απέδειξε για το αγγούρι:

22 δείγματα είχαν NO_3^- πάνω από 360 mg/κιλό βάρους.

28 δείγματα είχαν NO_3^- λιγότερα των 360 mg/κιλό βάρους.

Ο μέσος όρος NO_3^- ήταν 360 mg/κιλό βάρους ενώ η ανώτατη τιμή ήταν 693 mg και η κατώτατη 40 mg/κιλό βάρους. Σημειώνεται δε. ότι σε σχετικά πειράματα στο ΤΕΙ Καλαμάτας, με συγκέντρωση 400 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ (στο θρεπτικό διάλυμα) η περιεκτικότητα σε NO_3^- ήταν 80.6 mg/kg βάρους ενώ με 200 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ και 200 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ η περιεκτικότητα σε NO_3^- ήταν 106 mg/kg βάρους. Παρατηρήθηκε ακόμη ότι στις επεμβάσεις με $\text{NH}_4\text{-N}$ (κυρίως στην 0:200) τα φυτά ήταν μικρότερα σε ανάπτυξη καθώς και ότι είχαν μικρότερους καρπούς σε μέγεθος από την επέμβαση 200:0.

Άλλη μια παρατήρηση που έγινε ήταν ότι οι καρποί που προέρχονταν από την επέμβαση 0:200 λόγω των πολλών αμμωνιακών που περιείχαν, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία δωματίου, γίνονταν πιο υδαρείς σε σχέση με καρπούς των επεμβάσεων 100:100 και 200:0.

Στην επέμβαση 200:0, οι καρποί παρατηρήθηκαν να έχουν μακρύτερο λαιμό σε σχέση με τους καρπούς των υπολοίπων επεμβάσεων. Βιβλιογραφικά, αυτό προς το παρόν δεν έχει παρατηρηθεί αφού δεν αναφέρεται σε καμία ερευνητική εργασία.

Ποιοτικά καλύτερους καρπούς έδωσε η επέμβαση 100:100, ίσως διότι περιείχε και νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα. Εδώ ίσως θα έπρεπε να έχει γίνει και μια παραπάνω μελέτη με επεμβάσεις σε διαφορετικές αναλογίες $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ για να παρατηρηθεί προς ποια κατεύθυνση θα παίρναμε καλύτερους καρπούς (προς τα νιτρικά ή αμμωνιακά).

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι στην επέμβαση 0:200 οι καρποί είχαν έντονο σκούρο πράσινο χρώμα ενώ στην επέμβαση 200:0 ανοιχτό πράσινο.

4.3.6 Προτάσεις

Μερικά από τα συμπεράσματα που απορρέουν από την παρούσα μελέτη συμπίπτουν με τα αντίστοιχα ορισμένων ερευνητικών εργασιών που αναφέρονται στο κείμενο και βεβαίως, θα ήταν αρκετά ενδιαφέρον να μελετηθεί η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης, (ποσότητα και είδος εφαρμοζόμενου αζώτου) πάνω στην ανάπτυξη, στην ποιότητα και στο ύψος παραγωγής της αγγουριάς θερμοκηπίου.

Ιδιαίτερη έμφαση, κατά τη γνώμη μας, θα πρέπει να δοθεί στην ποιότητα των καρπών, γιατί κατά την ανασκόπησή μας στη διεθνή βιβλιογραφία, οι αναφορές πάνω στο σοβαρό αυτό θέμα, είτε ήταν ελάχιστες, είτε μιλούσαν γενικώς για την ποιότητα χωρίς να αναφέρουν ακριβώς τις επιδράσεις της αζωτούχου λίπανσης πάνω σε συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. σχηματισμός κοιλωμάτων, κιτρίνισμα και απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, επιδράσεις επί του χρώματος, μήκος και διάμετρος λαιμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ, ΤΟΜΟΣ 7.
2. ΓΚΑΚΝΗ Α.Ι., ΖΑΡΜΠΟΥΤΗΣ Γ.Β., ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ, 1992.
3. ΜΑΛΑΘΡΑΚΗΣ Ν.Ε., ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.
4. ΜΑΝΙΟΣ Β., ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ, Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, 1993.
5. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ Λ., "Η ΔΙΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ", ΠΑΤΡΑ 1992, ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.
6. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ "ΒΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ".
7. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ "ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ"
 1. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1995 ΤΕΥΧΟΣ 1
 2. ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 1995 ΤΕΥΧΟΣ 6
 3. ΜΑΙΟΣ 1995 ΤΕΥΧΟΣ 4
 4. ΑΠΡΙΛΙΟΣ 1995 ΤΕΥΧΟΣ 3
 5. ΜΑΡΤΙΟΣ 1994 ΤΕΥΧΟΣ 3
 6. ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1994 ΤΕΥΧΟΣ 2
 7. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1994 ΤΕΥΧΟΣ 1
 8. ΜΑΙΟΣ 1993 ΤΕΥΧΟΣ 3
 9. ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ 1993

8. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ "ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ"

1.	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ '96	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1995	
2.	ΣΕΠΤ. - ΟΚΤ.	1994	ΤΕΥΧΟΣ 8
3.	ΙΟΥΛΙΟΣ	1989	ΤΕΥΧΟΣ 6
4.	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1988	ΤΕΥΧΟΣ 7
5.	ΜΑΙΟΣ	1994	ΤΕΥΧΟΣ 5
6.	ΜΑΙΟΣ	1993	ΤΕΥΧΟΣ 5
7.	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1994	ΤΕΥΧΟΣ 9
8.	ΜΑΙΟΣ	1995	ΤΕΥΧΟΣ 4
9.	ΜΑΡΤ. - ΑΠΡΙΛ.	1995	ΤΕΥΧΟΣ 3
10.	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1993	ΤΕΥΧΟΣ 10

9. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗ-
ΠΕΥΤΙΚΩΝ, ΤΟΜΟΣ 5 (1996).

10. ΣΑΒΒΑΣ Δ., ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ ΙΙ, Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ, 1994.

11. ΣΑΒΒΑΣ Δ., ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ ΙV, Τ.Ε.Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ, 1994.

12. ΣΑΚΑΝΤΑΝΗ Κ.Σ., ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ. Α' ΤΟΜΟΣ. 1977.

EENH

1. ADAMS P., GRAVES C., WINSOR G., "Some responses of Cucumber, grown in beds of peat, to N, K and Mg", 877 - 884, *Journal of Horticultural Science* (1992).
2. ALAN R., "The effect of nitrogen nutrition on growth, chemical composition and response of cucumbers (*Cucumis sativus* L.) to nitrogen forms in solution culture", 467 - 474, *Journal of Horticultural Science* (1989).
3. ARNON D., HOAGLAND D., "The Water - Culture Method for Growing Plants without soil", UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
4. BARKER A., "Nitrate Accumulation in Cucumber Plants as Influenced by Nitrogen Nutrition", UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS.
5. JAKOBSEN I., JAKOBSEN A., JENSEN E., "Hyphal N transport by a vesicular - arbuscular mycorrhizal Fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels". *Plant and Soil* (1994) (1-9).
6. MARTINEZ V., CERDA A., "Influence of N source on rate of Cl, N, Na and K uptake by cucumber seedlings grown in saline conditio", UNIVERSITY OF MURCIA, SPAIN (1989), *Journal of Plant Nutrition*, 971-973.
7. RUBEIZ G. J., "Response of Greenhouse Cucumber to mineral fertilizers on a high phosphorus and potassium soil", AMERICAN UNIVERSITY OF BEIRUT (1990), *Journal of Plant Nutrition* (269-273).

8. RUBEIZ G. J., MALUF S., "Effect of intensively cropping greenhouse in semiarid regions on soil salinity and nitrogen fertilizer requirements of cucumber", AMERICAN UNIVERSITY OF BEIRUT, Journal of Plant Nutrition (1467-1472) (1989).

9. WARD G., "GREENHOUSE CUCUMBER NUTRITION, A GROWTH ANALYSIS STUDY", 324 - 332, Plant and Soil XXVI (1967).