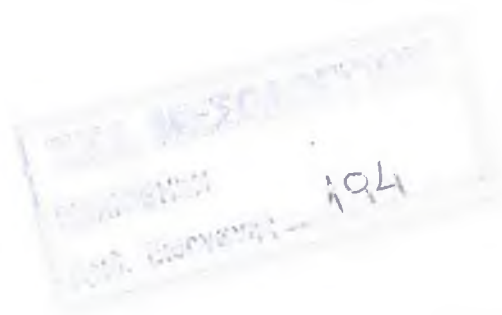


ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ



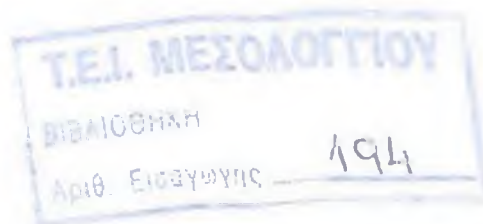
**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:
ΚΙΤΣΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΠΟΥΛΙΟΣ ΜΑΡΙΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
ΧΑΤΖΗΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2008



**«Ευχαριστούμε θερμά την υπεύθυνη καθηγήτρια
Χατζηευστρατίου Ελένη η οποία μας βοήθησε
στο σχεδιασμό και την συγκρότηση της εργασίας».**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ	ΣΕΛ. 3 -16
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.2 ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ	3
1.3 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ	5
1.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΟ ΣΠΟΡΕΙΟ	6
1.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ ΣΤΟ ΣΠΟΡΕΙΟ	7
1.6 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	8
1.7 ΚΛΑΔΕΜΑ – ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗ	9
1.8 ΘΡΕΨΗ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	ΣΕΛ. 17 -36
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	17
2.2 Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	17
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	18
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	20
2.5 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ	23
2.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	25
2.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	27
2.8 ΑΝΟΙΧΤΑ & ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ	ΣΕΛ. 37 – 45
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	37
3.2 ΑΛΑΤΟΥΧΑ & ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ	37
3.3 Η ΑΛΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΘΕΣΕΙΣ	40
3.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	41
3.5 ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ	ΣΕΛ. 46 – 62
4.1 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	46
4.2 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΡΙΖΑΣ	48
4.3 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΘΡΕΨΗ	51
4.4 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΒΛΑΣΤΟΥ	53
4.5 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	55
4.6 ΕΠΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΑΡΠΙΟΥ	58

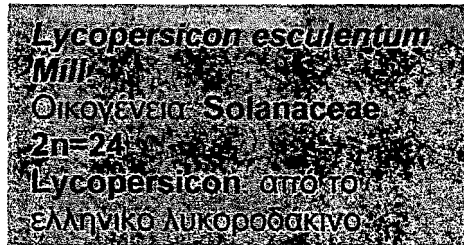
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΣΕΛ. 63 - 69

1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τομάτα είναι ένα ετήσιο λαχανικό, το οποίο καλλιεργείται για την παραγωγή των βρώσιμων καρπών του. Ως λαχανικό η τομάτα καταναλίσκεται νωπή, ενώ υπάρχει και η βιομηχανική τομάτα η οποία κατατάσσεται στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και προορίζεται για την παραγωγή πολτού, χυμού και άλλων προϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων.



Η διαιτητική αξία της τομάτας ως λαχανικού συνίσταται στον εφοδιασμό του ανθρώπινου οργανισμού με αρκετές βιταμίνες (κυρίως προβιταμίνη Α, διάφορες βιταμίνες του συμπλέγματος Β και βιταμίνη C), ανόργανα άλατα (κάλιο, μαγνήσιο, κ.λπ.) και άπεπτες ινώδεις ουσίες χρήσιμες στο πεπτικό σύστημα. Παράλληλα όμως με την διαιτητική του αξία, ο καρπός της τομάτας διαθέτει και άριστες οργανοληπτικές ιδιότητες (δροσερή και ευχάριστη γεύση σε νωπή κατάσταση και δυνατότητα χρησιμοποίησής του ως γευστικότατο καρύκευμα στο μαγείρεμα), υπέροχο άρωμα και ελκυστική εμφάνιση. Χάρη σε αυτές τις ιδιότητες η τομάτα έχει καθιερωθεί σε όλο σχεδόν τον κόσμο ως το πλέον δημοφιλές λαχανικό.

Σήμερα η τομάτα είναι το πλέον διαδεδομένο καλλιεργούμενο λαχανικό στον κόσμο και το δέκατο στο σύνολο όλων των βρώσιμων καλλιεργούμενων φυτών. Στην Ελλάδα, καταλαμβάνει την πρώτη θέση ανάμεσα σε όλα τα καλλιεργούμενα λαχανικά, τόσο σε έκταση όσο και σε παραγωγή, με το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της να προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες.

1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Φυτό: Πούδες, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές.

Ρίζα: Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια, όταν ο σπόρος σπέρνεται απευθείας στη μόνιμη θέση. Επειδή όμως, κατά κανόνα τουλάχιστον, στην

καλλιέργεια στο θερμοκήπιο η τομάτα μεταφυτεύεται μια ή περισσότερες φορές, η κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με «ευκολία» πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από το λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα, γιατί διευκολύνει τη μεταφύτευση του φυτού, ακόμη και με γυμνή ρίζα ή μπάλα χώματος.

Βλαστός: Κατά το φύτευμα και μετά την οριζοντιοποίηση των κοτυληδονόφυλλων από το αρχέφυτρο που βρίσκεται μεταξύ τους παράγεται ο κεντρικός βλαστός. Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό και εσωτερικά είναι πλήρης. Η ανάπτυξή του, όσον αφορά το μήκος, καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και έτσι διακρίνονται ποικιλίες με απεριόριστη ανάπτυξη βλαστών (indeterminate) ή με καθορισμένο μήκος (determinate).

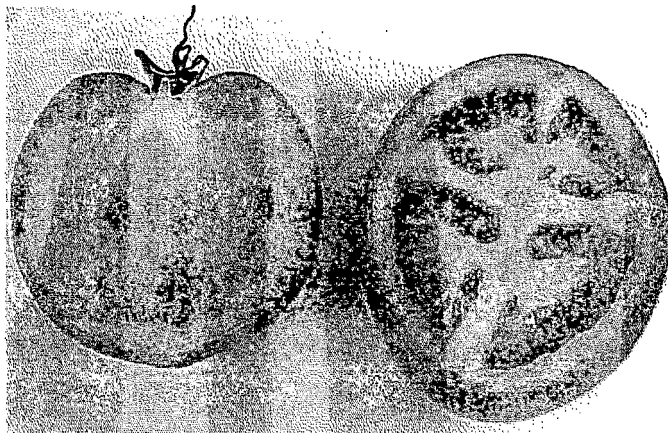
Φύλλα: Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, και από τη θέση του φύλλου επί του βλαστού. Είναι δυνατόν να απαντηθούν ποικιλίες με 3, 4 ή 5 ζεύγη φυλλαρίων. Συνήθως, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες έχουν πιο μακριά και πιο πλατιά φύλλα, ενώ στις μικρόκαρπες ποικιλίες οι διαστάσεις των φύλλων είναι μικρότερες.



Άνθη – Ταξιανθία: Τα άνθη της τομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες από 2-3/ταξιανθία μέχρι 20 ή και περισσότερα. Ένας μέσος επιθυμητός αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία που θα εξελιχθεί σε καρπούς είναι 6-8 άνθη. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται επί των βλαστών του φυτού και διακλαδίζονται

συμμετρικά ή ασύμμετρα, ανάλογα με την ποικιλία. Τα άνθη φέρουν πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη κίτρινη με 5 ή περισσότερα ενωμένα πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες, ενωμένους στη βάση τους με τη στεφάνη και ενωμένους κατά μήκος μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από το στύλο, που είναι συνήθως πιο κοντός, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωθήκη είναι πολύχρωρη (2-7 ή και περισσότερους χώρους) και κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια.

Καρπός: Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα. Ο καρπός ποικιλιών με δύο χωρίσματα (χώρους), είναι συνήθως στρογγυλός, ενώ αυτών με 3, 4, 5 ή περισσότερα χωρίσματα είναι πεπλατυσμένος και πιθανόν ακανόνιστος.

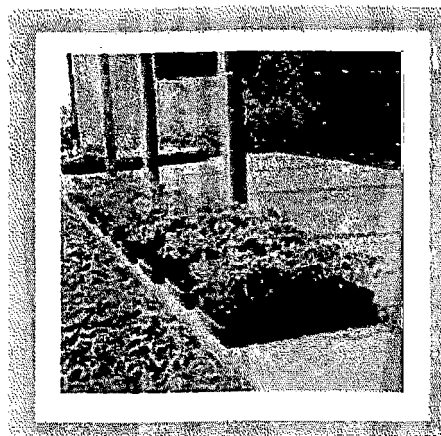


Σπόρος: Είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις, που του δίνουν μεταξώτη επιφάνεια (διαφορά από μελιτζάνα και πιπεριά). Το μέγεθος των σπόρων είναι μικρό, διαμέτρου 3-5 χλστ. Ο σπόρος της τομάτας διατηρεί υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης τη βλαστικότητα του για τουλάχιστον 4 χρόνια. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει 450 περίπου σπέρματα.

1.3. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ

Η τομάτα ανήκει στα παραδοσιακά μεταφυτευμένα φυτά. Για την προετοιμασία των φυταρίων τομάτας εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, όπως π.χ. σπορά σε αλία και μεταφύτευση στο χωράφι γυμνόριζων φυτών ή με μπάλα χρώματος, σπορά απευθείας σε ατομικά γλαστράκια ή δίσκους από φελιζόλ ή από σκληρό πλαστικό, στρωμάτωση σε κιβώτια σποράς μέχρι την ανάπτυξη ριζιδίου 5 περίπου χιλιοστών και μεταφύτευση εν συνεχεία σε

ατομικά γλαστράκια ή κύβους εδάφους, στρωμάτωση σε κιβώτια σποράς και μεταφύτευση σε ατομικά γλαστράκια, όταν το νεαρό φυτό εκπτύξει πλήρως τις κοτυληδόνες του κ.α. Σπάνια, σε καλλιέργειες στο θερμοκήπιο, γίνεται απευθείας σπορά στη μόνιμη θέση του φυτού. Οι πιο διαδεδομένες σήμερα μέθοδοι που εφαρμόζουν οι καλλιεργητές είναι της στρωμάτωσης και της εν συνεχεία μεταφύτευσης σε ατομικά γλαστράκια, σε ένα από τα δύο στάδια που περιγράφηκαν προηγουμένως και η απευθείας σπορά σε δίσκους.



1.4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΟ ΣΠΟΡΕΙΟ

Η άριστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων της τομάτας, κυμαίνεται μεταξύ 24-27°C. Μετά τη βλάστηση η θερμοκρασία στο σπορείο μπορεί να ρυθμίζεται στους 14-16°C (νύχτα) και 18-23°C (ημέρα) με τα χαμηλά επίπεδα θερμοκρασίας να εφαρμόζονται όταν επικρατεί χαμηλή ηλιοφάνεια και τα υψηλά επίπεδα τις ηλιόλουστες ημέρες. Η επιθυμητή υγρασία στην ατμόσφαιρα του σπορείου είναι γύρω στο 60-70% Σ.Υ.

Η τομάτα είναι φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό και μάλλον ευνοείται από μικρό μήκος ημέρας. Ο κορεσμός των φύλλων της επέρχεται σε ένταση φωτισμού της τάξης των 2.000-3.000 fc, ίσο δηλαδή με το 1/5-1/3 της έντασης του φωτός το μεσημέρι μιας ηλιόλουστης ημέρας. Έχει βρεθεί ότι ο φωτισμός (ένταση και διάρκεια) που δέχονται τα φυτά τομάτας στο σπορείο σε πολύ νεαρό στάδιο της ανάπτυξής τους, επηρεάζει την θέση που εμφανίζεται η πρώτη ταξιανθία επί του φυτού. Σύμφωνα με τους Wittwer and Honma (1979), η ένταση του φωτισμού είναι εκείνη που επηρεάζει σημαντικά τη θέση της 1^{ης} ταξιανθίας και λιγότερο η διάρκεια του φωτισμού, με πιο πρόωμη άνθιση όταν οι ημέρες είναι μικρές (Πίνακας 1.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Επίδραση της έντασης του φωτός και της φωτοπεριόδου στον αριθμό των φύλλων που σχηματίζονται πριν από την πρώτη ταξιανθία σε φυτά τομάτας που υφίστανται την ψυχρή μεταχείριση. (Wittwer and Honma, 1979).

Μήκος ημέρας (ώρες)	Ένταση φωτισμού (fc)*		
	750	1500	3000
9	8	7	5
12	8	7	6
18	9	8	6

* fc = foot candle (1fc = 10,76 meter candles = 10,76 lux)

Τέλος, αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας του σπορείου σε CO₂ από 300 ppm σε 1000-1200 ppm προκαλεί στα φυτά τομάτας: 1) αύξηση μέχρι και 50% του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών, 2) σχηματισμό πλουσιότερου ριζικού συστήματος και 3) πρωίμιση της άνθησης και καρποφορίας κατά 7-10 ημέρες.

1.5. ΚΑΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ ΣΤΟ ΣΠΟΡΕΙΟ

Η άρδευση στο σπορείο, τόσο κατά την διάρκεια του φυτρώματος όσο και κατά την μετέπειτα ανάπτυξη των φυτών μέχρι την μεταφύτευση, θα πρέπει να γίνεται τακτικά, όχι όμως υπερβολικά συχνά. Το υπόστρωμα δεν θα πρέπει να αφήνεται ποτέ να ξηραίνεται, δεν επιτρέπεται όμως ούτε να είναι τελείως κορεσμένο με νερό.

Όταν το υπόστρωμα (εδαφικό ή συνθετικό μίγμα) είναι εξαρχής εμπλουτισμένο με όλα τα απαραίτητα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία, δεν δίδεται καμία πρόσθετη λίπανση στα κιβώτια σποράς, ούτε στην αρχή μετά τη μεταφύτευση στα ατομικά γλαστράκια. Αν όμως το υπόστρωμα είναι φτωχό σε θρεπτικά στοιχεία (άμμος, τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης κ.λπ.) πρέπει να προστίθενται συνέχεια θρεπτικά στοιχεία στο νερό ποτίσματος.

Ένα καλό πρόγραμμα λίπανσης που προωθεί τη γρήγορη ανάπτυξη των νεαρών φυτών τομάτας, είναι η ανάμιξη σε ίσες ποσότητες βάρους (50:50) μονοαμμωνικού (11-48-0) και διαμμωνικού φωσφόρου (21-53-0). Το λίπασμα εφαρμόζεται με το νερό ποτίσματος σε αναλογία 2-8 g/l νερού,

ανάλογα με το μέγεθος των φυτών και τη συχνότητα εφαρμογής του λιπάσματος.

1.6. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία παίζει αποφασιστικό ρόλο στη συμπεριφορά του φυτού της τομάτας, καθώς επηρεάζει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης και επομένως της ανάπτυξης, το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων, το πάχος του βλαστού, τη σχέση βλαστού-ρίζας, το σχηματισμό των ταξιανθιών, τον αριθμό των ανθέων, την παραγωγή και βιωσιμότητα της γύρης, την καρπόδεση και ανάπτυξη του καρπού, την ποιότητα του καρπού κ.α. Έχει βρεθεί ότι οι θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο δεν πρέπει να κατέρχονται κάτω των 13,5°C την νύκτα, γιατί τότε μειώνεται σημαντικά η ανάπτυξη του φυτού και η φυσιολογική καρπόδεση, έστω και αν την ημέρα οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, πάντως όχι μεγαλύτερες των 27°C, γιατί και πάλι μειώνονται η ζωνρότητα του φυτού, η παραγωγή και η ποιότητα των καρπών κ.λπ.

Σύμφωνα με τον Ολύμπιο (2001), οι συστάσεις που δίνονται για την καλύτερη αξιοποίηση της θερμοκρασίας μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- I) Κατά τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο που η ένταση του φωτισμού είναι γενικά μειωμένη, συνιστώνται οι θερμοκρασίες:

	Θερμοκρασία ημέρας	Θερμοκρασία νύκτας
τις ηλιόλουστες ημέρες	23°C	17°C
τις νεφοσκεπείς ημέρες	20°C	14°C

- II) Κατά τους μήνες με αυξημένη ηλιοφάνεια, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο, συνιστώνται:

τις ηλιόλουστες ημέρες	27°C	20°C
τις νεφοσκεπείς ημέρες	21°C	15°C

Πολύ λίγες πληροφορίες υπάρχουν, που να αναφέρονται στην επίδραση της θερμοκρασίας του εδάφους στο φυτό της τομάτας και αυτές που υπάρχουν είναι αντιφατικές. Γενικά συνιστώνται θερμοκρασίες εδάφους γύρω στους 14°C, ενώ η άριστη επιθυμητή υγρασία της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60-70% Σ.Υ.

Τέλος, έχει βρεθεί, ότι αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ περίπου στο τριπλάσιο της φυσιολογικής, δηλ. στα 1000 μέχρι 1200 ppm, δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, υπό την προϋπόθεση ότι οι άλλοι συντελεστές (φως, θερμοκρασία, υγρασία, διατροφή) βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα.

1.7. ΚΛΑΔΕΜΑ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗ

Το κλάδεμα όπως και η υποστύλωση του φυτού της τομάτας στο θερμοκήπιο είναι εργασίες επιβεβλημένες και η εφαρμογή τους στα φυτά γίνεται ταυτόχρονα και συμβάλλουν στην καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου. Με το κλάδεμα επιτυγχάνονται:

- Εξισορρόπηση βλάστησης και καρποφορίας.
- Περιορίζεται ο αριθμός των ταξιανθιών στον κεντρικό (μονοστέλεχο) ή δύο βλαστούς (διστέλεχο).
- Η παραγωγή συγκεντρώνεται σε ορισμένη χρονική περίοδο.
- Εξασφαλίζεται ομοιογένεια στους καρπούς.
- Βελτιώνεται η ποιότητα των καρπών (γεύση, συνεκτικότητα, χρώμα κ.α.). Όσον αφορά το χρώμα, αυτό βελτιώνεται γιατί οι καρποί εκτίθενται καλύτερα στο φως (για τη σύνθεση της καροτίνης
- χρειάζεται η άμεση πρόσπτωση φωτός).

Τα φυτά με το κλάδεμα μορφώνονται σε δύο κυρίως συστήματα, το μονοστέλεχο σύστημα και το διστέλεχο. Κατά το μονοστέλεχο σύστημα, που είναι το επικρατέστερο, αφαιρούνται όλοι οι πλάγιοι βλαστοί (βλαστολόγημα) όταν το μήκος τους φθάσει περίπου τα 5-10 εκ. Θα πρέπει να επιδιώκεται η αφαίρεση των πλάγιων βλαστών να γίνεται όσο το δυνατόν πιο νωρίς τότε που είναι μικροί, ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλες πληγές που

επουλώνονται πιο δύσκολα και οι κίνδυνοι μετάδοσης παθογόνων που διαμέσου των πληγών είναι μεγαλύτεροι.

Εάν εφαρμοστεί το διστέλεχο σύστημα, το φυτό αρχικά κορυφολογείται στο ύψος των 30 περίπου εκ. και αφήνονται να αναπτυχθούν οι 2 ανώτεροι πλευρικοί βλαστοί, οι οποίοι υποστυλώνονται χωριστά, και στη συνέχεια ο καθένας υφίσταται τις ίδιες μεταχειρίσεις όπως και στο μονοστέλεχο σύστημα. Το βλαστολόγημα πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνά για να αφαιρούνται οι νέοι πλευρικοί βλαστοί που παράγονται συνέχεια από το φυτό όταν μεγαλώνει η κορυφή του. Στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες η επανάληψη του βλαστολογήματος μια φορά την εβδομάδα θεωρείται ικανοποιητικό χρονικό διάστημα.

Η κορυφή του φυτού συνιστάται να αφαιρείται 1,5-2 μήνες πριν το τέλος της συγκομιδής. Το κορυφολόγημα εφαρμόζεται για να σταματήσει το φυτό να παράγει νέα φύλλα και ταξικαρπίες που δεν θα προλάβουν να ωριμάσουν και παράλληλα να αναγκαστεί να επιταχύνει την ωρίμανση των υπάρχοντων καρπών. Επίσης, καθώς τα φυτά μεγαλώνουν και όταν αρχίσουν να ωριμάζουν οι ταξικαρπίες, αρχίζει η διαδικασία της αποφύλλωσης, δηλ. της αφαίρεσης των φύλλων που βρίσκονται κάτω από αυτές, ώστε να επιτραπεί ο καλύτερος φωτισμός των καρπών που βρίσκονται πλησίον του σταδίου ωρίμανσης.

Στα πλαίσια του κλαδέματος περιλαμβάνεται και η αφαίρεση νεαρών φύλλων στην κορυφή του φυτού της τομάτας, με στόχο τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας του αέρα διαμέσου της φυλλικής επιφάνειας του φυτού και επίσης τη διευκόλυνση του εξαερισμού του θερμοκηπίου, και κατά συνέπεια, της μείωσης της υγρασίας της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου, η οποία είναι ιδιαίτερα υψηλή κατά τους χειμερινούς μήνες. Τέλος, νεαροί καρποί που εμφανίζονται με ανωμαλίες θα πρέπει να αφαιρούνται όταν είναι ακόμη μικροί, ώστε τα προϊόντα μεταβολισμού του φυτού να διοχετεύονται στην παραγωγή και ανάπτυξη των καλοσηματισμένων καρπών.

Η υποστύλωση γίνεται σε συνδυασμό με το κλάδεμα για την καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου και σκοπό έχει να:

- διευκολύνει το κλάδεμα για ρύθμιση του φορτίου της παραγωγής
- διευκολύνει την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών (καταπολέμηση ασθενειών, πότισμα και λίπανση, συγκομιδή των καρπών κ.λπ.)
- διευκολύνει τον φυσικό και τεχνητό αερισμό
- βοηθά στον καλύτερο φωτισμό των φυτών.

Όπως αναφέρθηκε, το επικρατέστερο σύστημα μόρφωσης του φυτού της τομάτας στο θερμοκήπιο είναι το μονοστέλεχο, που επιτυγχάνεται με την αφαίρεση όλων των πλάγιων βλαστών σε τακτά χρονικά διαστήματα. Σπάνια σήμερα εφαρμόζεται διστέλεχο σύστημα. Η υποστύλωση των φυτών γίνεται κυρίως με τη χρήση σπάγκου και μεταλλικών συρμάτων. Σε μικρή κλίμακα και σε ορισμένες περιπτώσεις κατασκευών θερμοκηπίου, η υποστύλωση γίνεται με χρήση καλάμων ή λεπτών πασσάλων πάνω στα οποία δένονται τα φυτά με ράφια, σπάγκο ή πλαστική ταινία.



Η χρήση πλαστικού σπάγκου και μεταλλικών συρμάτων εφαρμόζεται σε όλα τα νέου τύπου θερμοκήπια (ξύλινα, μεταλλικά, με πλαστικό ή γυαλί), όπου ο σκελετός είναι στέρεος και μπορεί να σηκώσει το βάρος της φυτομάζας και της καρποφορίας, που ανέρχεται σε αρκετούς τόνους το στρέμμα. Το ένα άκρο του σπάγκου στερεώνεται στη βάση του φυτού με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι: α) η άκρη δένεται σε πασσαλάκι που

τοποθετείται δίπλα από το φυτό, β) η άκρη δένεται στο κάτω μέρος του κορμού του φυτού με ειδικό τρόπο που δεν σφίγγει (κίνδυνος διακοπής κυκλοφορίας) τον κορμό και γ) η άκρη δένεται σε ειδικό πλαστικό εξάρτημα όπου στη συνέχεια στερεώνεται στον κορμό του φυτού. Και στις τρεις περιπτώσεις ο σπάγκος στη συνέχεια περιελίσσεται στον κορμό των φυτών και το άλλο άκρο δένεται στο οριζόντιο σύρμα με τρόπο που εξαρτάται και από τη μέθοδο υποστύλωσης που θα εφαρμοστεί.

Στις διάφορες περιοχές της υπηλίου που καλλιεργείται η τομάτα στο θερμοκήπιο εφαρμόζονται τα ίδια ή διαφορετικά συστήματα υποστύλωσης, που είναι αποτέλεσμα της ιδιαίτερης κατασκευής του θερμοκηπίου (υψηλά-χαμηλά, πλατιά-στενά), της χρονικής διάρκειας που παραμένει η φυτεία σε παραγωγή στο θερμοκήπιο, της ευκολίας ή δυσκολίας εφαρμογής του συστήματος και, επίσης, σημαντικό ρόλο παίζουν και άλλοι προσωπικοί παράγοντες του καλλιεργητή. Σύμφωνα με τον Ολύμπιο (2001), τα συστήματα υποστύλωσης που μπορούν να εφαρμοστούν στην καλλιέργεια της τομάτας είναι:

- ο Απλό σύστημα
- ο Σύστημα με «κλιπ» τύπου «Α»
- ο Σύστημα με κλιπ τύπου «Β» (Hook system)
- ο Σύστημα αψίδας και σύστημα Guernsey
- ο Σύστημα Sorensen
- ο Σύστημα υποστύλωσης με συνεχόμενο σπάγκο

1.8. ΘΡΕΨΗ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

Η επιφανειακή λίπανση εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας με σκοπό τη διατήρηση του φυτού της τομάτας σε διαρκή υψηλά επίπεδα παραγωγής και μπορεί να γίνει με την απευθείας χρήση των στερεών λιπασμάτων ή με το νερό ποτίσματος. Η πιο επιθυμητή προσέγγιση της επιφανειακής λίπανσης είναι η τροφοδοσία πυκνών διαλυμάτων των λιπαντικών στοιχείων μέσα στο νερό ποτίσματος με τη βοήθεια ειδικών λιπαντήρων (Liquid feeding fertigation) (Ολύμπιος, 2001).

Στον Πίνακα 1.2 παρατίθενται ενδεικτικές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων για εφαρμογή υδρολίπανσης στη θερμοκηπιακή τομάτα, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. Υδρολίπανση θερμοκηπιακής τομάτας. (Πηγή: Παναγιωτόπουλος, 1995).

Στάδια καλλιέργειας- παρατηρήσεις	Συγκέντρωση Θ.Σ. στο διάλυμα εφαρμογής (ppm)				Λιπάσματα	Ποσότητες λιπασμάτων (g/m ³ νερού άρδευσης)	Λιπαντικές μονάδες υδρολίπανσης (kg/στρ)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Από το δέσιμο της 1 ^{ης} ταξιανθίας μέχρι την καρπόδεση της 5 ^{ης} ταξιανθίας των φυτών η σχέση N/K είναι 1:1,5 για την ισόρροπη ανάπτυξη βλάστησης και καρποφορίας. Σε περίπτωση εμφάνισης υπερβολικής βλάστησης σε βάρος της καρποφορίας, η σχέση N/K μεταβάλλεται προσωρινά σε 1:3,5.	100	-	150	-	34,5-0-0	120				
					13-0-46	320	7	-	10,5	-
	80	-	280	-	13-0-46	600				
Μετά την καρπόδεση της 5 ^{ης} ταξιανθίας των φυτών και για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (20-30 ημέρες πριν το τέλος της συγκομιδής) η σχέση N/K διατηρείται στο 1:2. Σε περίπτωση μειωμένης βλάστησης, η σχέση N/K μεταβάλλεται προσωρινά σε 1:1.	130 ⁽¹⁾	-	260	32 ⁽²⁾	34,5-0-0	165				
					13-0-46	565				
					MgSO ₄ · 7H ₂ O	200	26	-	52	5
	150 ⁽¹⁾	-	150	32 ⁽²⁾	34,5-0-0	310				
					13-0-46	325				
					MgSO ₄ · 7H ₂ O	200				
Τον τελευταίο μήνα της καλλιέργειας δεν εφαρμόζεται καμία λίπανση στα φυτά	Χορηγείται μόνο αρδευτικό νερό									
Σύνολο λιπαντικών μονάδων με την υδρολίπανση							33	-	62,5	5

⁽¹⁾ Η χορηγούμενη συγκέντρωση μπορεί να αυξηθεί κατά 20-30 ppm με αντίστοιχη αύξηση του K₂O αν η EC του εδάφους είναι μικρή.

⁽²⁾ Το μαγνήσιο εφαρμόζεται περιοδικά, αν υπάρχει έλλειψη Mg.

Εάν η καλλιέργεια της τομάτας γίνεται σε υδροπονικό σύστημα, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος που θα χρησιμοποιηθεί για τη θρέψη της.

Λόγω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ιόντων και του ανταγωνισμού, τα διάφορα ιόντα που αποτελούν τα θρεπτικά στοιχεία των φυτών θα πρέπει να βρίσκονται στην κατάλληλη αναλογία ή σχέση στο διάλυμα γύρω από τη ρίζα. Συνήθως, όταν αναφέρονται οι βέλτιστες σχέσεις μεταξύ των στοιχείων,

αυτές αφορούν τις σχέσεις τους στη περιοχή της ρίζας. Έτσι, για την τομάτα ισχύει : N/K σε mol/mol ≈ 2 , $K/Ca \approx 1$ και $Ca/Mg \approx 2,2$ (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Η σύνθεση όμως του θρεπτικού διαλύματος στην περιοχή του ριζικού συστήματος δεν αντιστοιχεί πάντα με αυτή του διαλύματος τροφοδοσίας. Θρεπτικά στοιχεία όπως π.χ. K και NO_3 που απορροφώνται εύκολα από το ριζικό σύστημα μπορεί να εμφανίζονται σε μικρότερες συγκεντρώσεις στο θρεπτικό διάλυμα γύρω από τη ρίζα, ενώ αυτά που απορροφώνται δύσκολα όπως π.χ. Ca και Mg μπορεί να εμφανίζονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Επίσης, ορισμένα στοιχεία μπορεί να αποσπαστούν και από το υλικό του χρησιμοποιούμενου υποστρώματος. Γι' αυτό κατά τη σύνθεση του διαλύματος αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Έτσι, όταν η τομάτα καλλιεργείται σε ορυκτοβάμβακα, για να επιτευχθεί η προηγούμενη σχέση στη ρίζα, στο διάλυμα του ποτίσματος η σχέση τους, κατά μέσο όρο της καλλιεργητικής περιόδου, επιδιώκεται να είναι : N/K σε mol/mol $\approx 1,5$, $K/Ca \approx 1,6$, $Ca/Mg \approx 3,5$ και $N/S \approx 4,2$. Στο πίνακα 1.3. παρουσιάζονται οι μέσες και οι οριακές τιμές των στοιχείων στο ριζικό σύστημα της τομάτας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. Επιθυμητές μέσες τιμές και οριακές τιμές των στοιχείων στο ριζικό σύστημα της τομάτας (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

	Μονάδες	Μέση τιμή	Τιμές ορίων
EC	dS/m	2,5	2,0-3,0
pH	-	5,5	5,0-6,0
NH₄	mmol/l	<0,5	
K	»	5,0	4,0-7,0
Na	»	<1,0	4,0
Ca	»	5,0	4,0-7,0
Mg	»	2,0	1,0-3,0-3,0
NO₃	»	9,0	6,0-15,0
Cl	»	<1,0	4,0
SO₄	»	2,0	1,0-5,0
HCO₃	»	<1,0	1,0
P	»	1,0	0,5-1,5
Fe	mmol/l	15	7,0-20,0
Mn	»	7	3,0-15
Zn	»	5	3,0-10
B	»	40	20,0-70,0
Cu	»	0,6	0,3-1,0

Γενικά η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες, προκύπτει από την βασική αναλογία των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων του φυτού και τους ρυθμούς απορρόφησης των διαφόρων στοιχείων από το ριζικό σύστημα. Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος η σύνθεση αυτή διορθώνεται ανάλογα με τα αντίστοιχα ιόντα που τυχόν υπάρχουν στο νερό άρδευσης, όπως προκύπτουν από τη χημική ανάλυση του νερού.

Η ημερήσια απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από την καλλιέργεια έχει σημαντικές διακυμάνσεις, που επηρεάζονται από τις συνθήκες καλλιέργειας και κυρίως από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Αφού η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει άμεσα τη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση των φυτών, είναι επόμενο να επηρεάζει και την απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων. Το στάδιο ανάπτυξης των φυτών και το μέγεθος της καρποφορίας επηρεάζουν επίσης την απορρόφηση. Η σύνθεση επομένως του θρεπτικού διαλύματος, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, αναπροσαρμόζεται ανάλογα με το βλαστικό στάδιο των φυτών και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν.

Γενικά τα υψηλής απόδοσης θερμοκήπια που εμπλουτίζονται με διοξείδιο του άνθρακα παράγουν περίπου 60kg/m² τομάτες ετησίως και η απορρόφηση αζώτου (N) είναι κατά μέσο όρο 0,1185 kg/m² (Sonneveld et al. 1990). Στον πίνακα 1.4. παρουσιάζεται η μέση απορρόφηση κάποιων θρεπτικών στοιχείων σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας κατά τη διάρκεια ολόκληρης της καλλιεργητικής περιόδου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4. Μέση απορρόφηση (mg/l) θρεπτικών στοιχείων σε υδροπονική καλλιέργεια, από φυτά τομάτας κατά τη διάρκεια ολόκληρης της καλλιεργητικής περιόδου (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Θρεπτικό στοιχείο	Τομάτα
N	134,4
P	34,1
S	38,5
K	238,5
Ca	88,2
Mg	21,9

Συνήθως οι ποσότητες των διαφόρων θρεπτικών μονάδων (ιόντων) που χρησιμοποιούνται στα θρεπτικά διαλύματα μετρούνται σε mmol/l ή σε meq/l, μιας και οι μονάδες αυτές, που εκφράζουν αριθμό ιόντων ή αριθμό ηλεκτρικών φορτίων και όχι βάρη, διευκολύνουν τους υπολογισμούς των σχέσεων και των ισοζυγίων.

Σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (2006) ένα κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα για την καλλιέργεια τομάτας σε κλειστό υδροπονικό σύστημα θα έχει την εξής σύσταση:

Βασική σύνθεση μακροστοιχείων για καλλιέργεια σε κλειστό σύστημα

Μονάδα	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	NH ₄	K	Ca	Mg	EC ds/m
mmol/l	10,50	1,50	2,25	0,50	7,00	3,50	1,00	1,65

Βασική σύνθεση ιχνοστοιχείων

Μονάδα	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Ph
μmol/l	35,0	2,0	4,0	25,0	0,5	0,5	5,5-6,5

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα, είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά προορίζονται τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων (Σάββας, 2003).



Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης.

Τα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρη στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Έτσι, στο βαθμό που το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα (Σάββας, 2003).

2.2. Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Όσο αυξάνει ο πληθυσμός της γης και όσο προχωρεί και όσο προχωρεί η αστικοποίηση του πληθυσμού, τόσο θα αυξάνεται η ζήτηση των

φρέσκων λαχανικών και φρούτων, απαραίτητων για τη κάλυψη των διατροφικών αναγκών του κάθε ανθρώπου.

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

Η άποψη ότι στην υδροπονία τα φυτά καλλιεργούνται σε ανόργανα χημικά διαλύματα και επομένως τα παραγόμενα προϊόντα τους είναι κατώτερης θρεπτικής αξίας, είναι απλοϊκή. Τόσο στην καλλιέργεια του εδάφους, όσο και στην υδροπονία τα φυτά καλλιεργούνται με τη χρήση χημικών λιπασμάτων και μάλιστα στην υδροπονία τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι απαλλαγμένα βαρέων μετάλλων. Και στις δύο περιπτώσεις η ρίζα αποτελεί το φίλτρο ελέγχου της εισόδου των διαφόρων χημικών στοιχείων στα όργανα του φυτού.

Γενικά τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δε διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με το συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος. Ειδικότερα, από τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας αποδεικνύεται ότι περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

2.3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Από το Μεσαίωνα και μέχρι το 18^ο αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρέφονταν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο τη

στήριξη. Η υδροπονία ξεκίνησε μετά το 18^ο αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα στη θρέψη των φυτών και πολύ αργότερα (20^ο αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Κατά την περίοδο 1860 έως 1900 στη Γερμανία οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτέλεσαν ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας στην επιστήμη της φυσιολογίας των φυτών. Την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν ως απαραίτητα 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών. Ο Knop (1860) και ο Sach (1860) ήταν οι πρώτοι ερευνητές οι οποίοι παρασκεύασαν θρεπτικά διαλύματα με προσθήκη ανόργανων αλάτων στο νερό για καλλιέργειες φυτών εκτός εδάφους, με σκοπό την διεύρυνση της υπάρχουσας γνώσης γύρω από την θρέψη των φυτών.

Μετά το 1900, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (οσμωτική πίεση, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, οξύτητα) (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Το 1914, ο Tottingham δημοσίευσε μια ερευνητική εργασία για την ποιοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό. Το 1919 -1920, ο Hoagland ανέφερε ότι τα διαλύματα με συγκέντρωση λιπαντικών στοιχείων από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεωνόταν συχνά. Κατά την περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γινόταν σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1923 από εργασίες των Bakke και Erdman αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτή του εδάφους.

Το 1937, ο Gericke εισήγαγε επίσημα τον όρο «υδροπονία» ως μέθοδο καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους. Παρά το γεγονός ότι το επιστημονικό και τεχνολογικό υπόβαθρο εκείνης της περιόδου επαρκούσε για την υδροπονική καλλιέργεια των φυτών στα θερμοκήπια, υπήρχαν ακόμα πολλοί ανασταλτικοί παράγοντες για την υιοθέτηση της μεθόδου για εμπορικούς σκοπούς (Savvas, 2002).

Η υδροπονία αποκτά τεράστιο ενδιαφέρον μετά από κάποια χρόνια, όταν οι ερευνητές Hoagland and Arnon (1950) επιχειρούν την σύνθεση ενός

θρεπτικού διαλύματος που να είναι κατάλληλο για τις περισσότερες καλλιέργειες φυτών εκτός εδάφους και το οποίο χρησιμοποιείται αυτούσιο ή τροποποιημένο ακόμη και σήμερα στις μελέτες της θρέψης των φυτών.

Η εφαρμογή μεθόδων καλλιέργειας λαχανοκομικών και ανθοκομικών ειδών εκτός εδάφους για εμπορικούς σκοπούς, αυξήθηκε ραγδαία μετά την δεκαετία του '70. Η τάση αυτή παρατηρήθηκε έντονα στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Ολλανδία και στις Σκανδιναβικές χώρες, κυρίως την Δανία (Savvas, 2002).

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα σ' όλο τον κόσμο, πάρα πολλές μέθοδοι υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), καθώς και πολλά εθνικά Ινστιτούτα, ασχολούνται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και προωθούν την έρευνα στον τομέα αυτό (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

2.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Σύμφωνα με τον Σάββα (2003) τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα

1) Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθια, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί κ.λ.π).

2) Εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του, δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών.

3) Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (πχ. Πολύ βαριά η πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λ.π).

4) Ιδιαίτερη χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα (ηλεκτρική αγωγιμότητα πάνω από 1-1,5 ds m⁻¹). Στις περιπτώσεις αυτές η υδροπονία είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχημένης αντιμετώπισης του προβλήματος.

5) Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο. Όπως είναι γνωστό, η εξάτμιση νερού συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργείται υδροπονικά όμως, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι καλυμμένο με πλαστικά φύλλα. Συνεπώς οι ανάγκες σε ενέργεια για τη θέρμανση του αέρα μειώνονται.

6) Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο πάνω σε καλής ποιότητας υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική πρωϊμηση. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στο χώρο του ριζοστρώματος όταν τα φυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.

7) Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος.

8) Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση κ.λ.π)

9) Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων.

10) Η αριστοποίηση της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μιας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη εκτεθεί πιο πάνω, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες λαχανικά και καλλωπιστικά φυτά να είναι καλύτερης ποιότητας.

11) Τέλος η υδροπονία πλεονεκτεί σαν καλλιέργεια στο ότι σέβεται και προστατεύει λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Μειονεκτήματα

1) Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μιας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό. Το κόστος αυτό συνίσταται κυρίως στη δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και στα έξοδα προμήθειας του υποστρώματος καλλιέργειας.

2) Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες.

3) Η εφαρμογή υδροπονίας σε μια θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο.

4) Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μιας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Στην πράξη βέβαια ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός.

5) Ορισμένοι παραγωγοί παραπονούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος. Στην υδροπονία σε αντίθεση με το έδαφος ο καλλιεργητής πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά.

2.5. ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

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 τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παράσκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo πρέπει να προστίθενται στο νερό από τον παρασκευαστή του θρεπτικού διαλύματος.

Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες παρατίθενται στον πίνακα 2.1. Όπως φαίνεται στον προαναφερθέντα πίνακα, τα χρησιμοποιούμενα στην υδροπονία απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα συνίστανται μόνο από μία χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα), είτε ως διαλύτη (οξέα με περιεκτικότητα χαμηλότερη από 100%). Επομένως, επιλέγοντας κάθε φορά κατάλληλες αναλογίες ανάμειξης ορισμένων από αυτά τα λιπάσματα, είναι δυνατόν να παρασκευασθεί ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα με εξατομικευμένες σε μία δεδομένη καλλιέργεια αναλογίες και περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. Συνοπτική περιγραφή απλών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία (Σάββας, 2003).

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό βάρος	Διαλυτότητα (kg/l, 0° C)
νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0	1,18
νιτρικό ασβέστιο	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5	1,02
νιτρικό κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1	0,13
νιτρικό μαγνήσιο	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg: 9	256,3	2,79 (20° C)
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	0,23
φωσφορικό μονοκάλιο	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136,1	1,67
φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	P: 32	98,0	-
θειικό κάλιο	K_2SO_4	K: 45, S: 18	174,3	0,12
θειικό μαγνήσιο	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg: 9,7, S: 13	246,3	0,26
ανθρακικό μονοκάλιο	KHCO_3	K: 39	100,1	1,12
χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe: 6 - 13	-	-
θειικό μαγγάνιο	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169,0	1,05
θειικός ψευδάργυρος	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn: 23	287,5	0,62
θειικός χαλκός	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249,7	0,32
βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381,2	0,016
βορικό οξύ	H_3BO_3	B: 17,5	61,8	0,050
solubor	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	B: 20,5	412,4	0,045
μολυβδαινικό αμμώνιο	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo: 54	1235,9	0,43
μολυβδαινικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo: 40	241,9	0,56

Όλα σχεδόν τα λιπάσματα του πίνακα 2.1. που χρησιμοποιούνται ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν και ένα ανιόν. Υδατοδιαλυτά άλατα, των οποίων το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο ενώ το άλλο όχι (π.χ. KCl, NaNO₃, κ.λπ.) δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν ποτέ ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία, λόγω της επιβάρυνσης του διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις. Μία εξαίρεση μπορεί να θεωρηθεί ότι συνιστά το KHCO₃, το οποίο χρησιμοποιείται σε ορισμένες σπάνιες περιπτώσεις που απαιτείται η ανύψωση του pH του διαλύματος στον χώρο των ριζών. Αντίθετα, για τα ιχνοστοιχεία δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, δεδομένου ότι οι ποσότητες λιπασμάτων ιχνοστοιχείων που προστίθενται στο διάλυμα είναι πολύ χαμηλές. Επομένως, το συνοδό ιόν (δηλαδή αυτό που δεν περιέχει το επιζητούμενο ιχνοστοιχείο) των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την προσθήκη κάποιου ιχνοστοιχείου σε ένα θρεπτικό διάλυμα δεν είναι απαραίτητο να είναι και αυτό ιόν θρεπτικού στοιχείου. Μπορεί, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα, να είναι κάποιο άλλο ιόν (π.χ. Na⁺) αρκεί σε χαμηλές συγκεντρώσεις ανάλογες με αυτές των ιχνοστοιχείων να μην είναι τοξικό για τα φυτά, όπως συμβαίνει π.χ. με το Na⁺.

Εκτός από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στην υδροπονική πράξη χρησιμοποιούνται ευρύτατα και δύο άλλα μεγέθη για να υποδηλώσουν την σύσταση και την θρεπτική αξία των θρεπτικών διαλυμάτων. Η ευρύτατη χρήση αυτών των μεγεθών στην καλλιεργητική πράξη οφείλεται στο γεγονός ότι μπορούν να μετρηθούν εύκολα και με ακρίβεια ακόμη και στο θερμοκήπιο χρησιμοποιώντας φορητά όργανα. Τα μεγέθη αυτά είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και το pH του θρεπτικού διαλύματος.

2.6. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να

επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο (Σάββας, 2003). Μόνο όταν εκπληρώνεται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμη η χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος.

Η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής ισόρροπης θρέψης στα φυτά. Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως είναι ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα θα πρέπει να έχουν πολλή καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα, να μπορούν άμεσα να απελευθερωθούν αξιόλογες ποσότητες από αυτά όταν στο χώρο του ριζοστρώματος δημιουργούνται συνθήκες ανεπάρκειας. Τα υποστρώματα αυτά συνήθως περιέχουν οργανική ουσία, είτε σε μορφή τύρφης, είτε σε κάποια άλλη μορφή και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως «χημικώς ενεργά υποστρώματα».

Μια άλλη προσέγγιση στην επιλογή καταλλήλων για υδροπονία υποστρωμάτων είναι αυτή η οποία απορρίπτει την ιδέα της χρησιμοποίησης ενός υλικού που θα ρυθμίζει την θρέψη των φυτών με τον ίδιο τρόπο όπως το έδαφος. Σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση, το υπόστρωμα θα πρέπει να μην ασκεί καμία ρύθμιση στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων στα φυτά με συνέπεια να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της θρέψης μέσω της λίπανσης και μόνο.

Τα υλικά αυτά δηλαδή θα πρέπει να μην συγκρατούν αλλά και μην αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα. Τα υλικά που χαρακτηρίζονται από μια τέτοια συμπεριφορά ονομάζονται «χημικώς αδρανή υποστρώματα» και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην υδροπονία.

Για είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- 1) σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα
- 2) ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- 3) ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- 4) απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων.
- 5) εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- 6) σχετικά χαμηλό κόστος.

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο PH, εφόσον είναι χημικά ενεργό.

2.7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η ανάπτυξη των φυτών έξω από το φυσικό έδαφος δημιουργεί την ανάγκη να δημιουργηθεί ένα τεχνητό ελεγχόμενο περιβάλλον στην περιοχή της ρίζας. Ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορα συστήματα και μεθόδους.

Τα υδροπονικά συστήματα μπορούν αρχικά να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το αν οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα (καλλιέργεια σε υπόστρωμα) ή μέσα σε στάσιμο ή ρέον θρεπτικό διάλυμα (καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα) (Σάββας, 2003). Οι δύο αυτοί όροι μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφουν δύο ξένα μεταξύ τους υποσύνολα, από τα οποία απαρτίζεται το σύνολο των υδροπονικών καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες φυτών σε θρεπτικό διάλυμα ονομάζεται αλλιώς «υδροκαλλιέργειες», ενώ οι καλλιέργειες σε υπόστρωμα ονομάζονται σύμφωνα με το μέσο που χρησιμοποιείται (άμμος, περλίτης, ελαφρόπετρα κ.α.) (Μαλούρα, 2002).

Σε εμπορική κλίμακα, σε όλο ο κόσμος, χρησιμοποιούνται παρά πολλές μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε 6 κύριες κατηγορίες (Πίνακας 2.2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Μέθοδοι και συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών. (Πηγή Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Υπόστρωμα	Κατηγορία	Μέθοδος
Χωρίς σπέρμα υπόστρωμα	Καλλιέργεια σε ρεόν θρεπτικό οιόλυμα	NFT, N.G.S
	Καλλιέργεια σε σταθεροποιημένο θρεπτικό οίολυμα	Αεροπονία
Ανόργανο αδρανές υπόστρωμα	Καλλιέργεια σε φυσικά αδρανή υλικά	Άμμου, ελαφροπετρώς κροκαλών, βερμικουλίτη κ.α.
	Καλλιέργεια σε διογκωμένο εργυκία	Περλίτη, σφυκτοβαμβάκι, διογκωμένης σόγιας κ.α.
Οργανικό υπόστρωμα	Καλλιέργεια σε φυσικά οργανικά υπόστρώματα	Τύρφης, ινών καρούδας, φλοίων, θειόρων, λεπύρων, ρυζιού κ.α.
	Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά	Πολυουρέθανης, συρισφορμαλδεύθης, πολυστερινης κ.α.

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

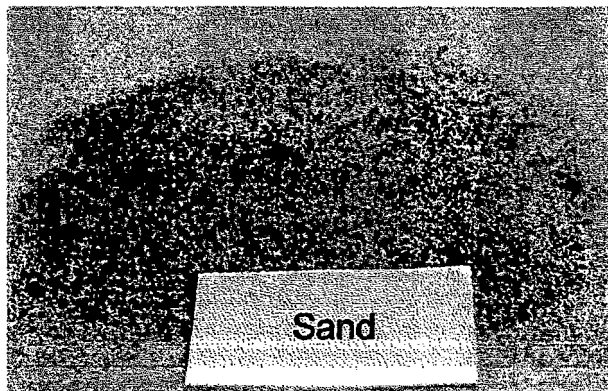
Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια σήμερα είναι: καλλιέργεια σε ορυκτοβάμβακα, καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (N.F.T) και καλλιέργεια σε σάκους ινών καρύδας. Άλλα συστήματα που καλλιεργούνται σε σημαντικό βαθμό είναι η καλλιέργεια σε άμμο (κυρίως σε τοπική άμμο όπως στο Ισραήλ), καλλιέργεια σε υπόστρωμα από πριονίδι (κυρίως στο Καναδά) και καλλιέργεια σε σάκους με περλίτη, οριζόντιους η κάθετους (Ελλάδα, Ιταλία κ.α.). Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλη όμως κλίμακα και η καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα, ενώ σε αρκετές περιοχές σ' όλο τον κόσμο και η καλλιέργεια σε χαλίκι, μικρής διαμέτρου (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

2.7.1. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.7.1.1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΠΟΡΩΔΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

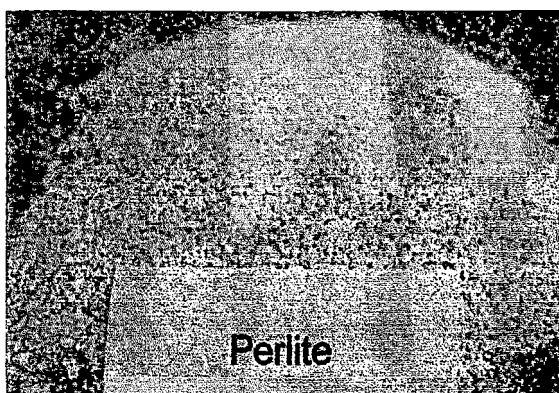
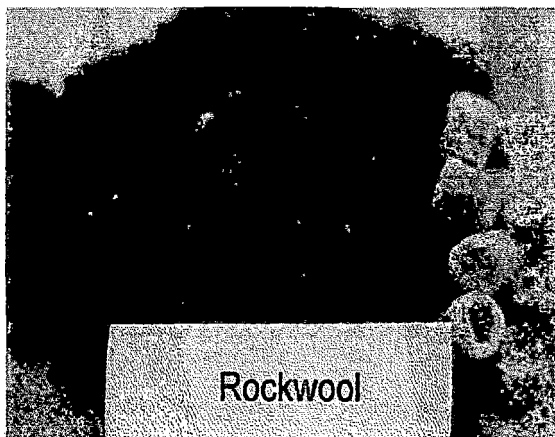
➤ **Καλλιέργεια σε ορυκτοβάμβακα:** Ο ορυκτοβάμβακας είναι διογκωμένο ανόργανο υλικό. Οι πρώτες ύλες από τις οποίες γίνεται είναι ο βασάλτης, ασβεστόλιθος και γαιάνθρακας, σε αναλογία 4:1:1. Το ΡΗ του είναι περίπου 7. Παρουσιάζει πολύ χαμηλή ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.

➤ **Καλλιέργεια σε πυριτική άμμο:** Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη των ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική ανταλλακτική ικανότητα.



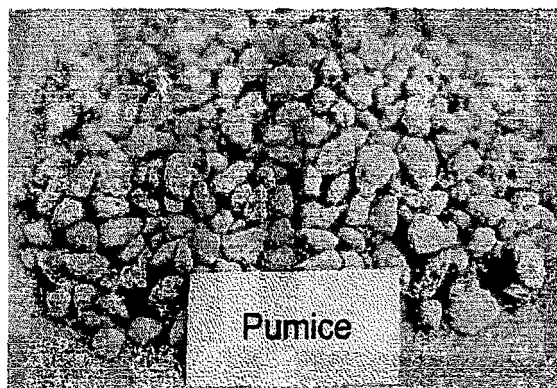
➤ **Καλλιέργεια σε χαλίκι:** Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται.

➤ **Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα**
: Είναι το πλέον διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από διάβαση, 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα.



➤ **Καλλιέργεια σε περλίτη**: Ο περλίτης είναι ηφαιστειακά, υαλώδες αργιλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%.

➤ **Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα**: Πρόκειται για ένα αργιλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει τη συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη τη μάζα του.



➤ **Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη**: Ανόργανο υλικό με $\text{PH}=7$. Έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, υψηλό πορώδες 75-85% και χαμηλή πυκνότητα. Δεν περιέχει άλατα, αλλά έχει υψηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα.

2.7.1.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΠΟΡΩΔΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

➤ Καλλιέργεια σε σάκους

τύρφης: Η τύρφη είναι οργανικό υλικό που αποτελείται από μερικώς αποδομημένα υπολείμματα φυτών.

Σχηματίζεται με βραδεία αποσύνθεση των φυτικών ιστών σε περιβάλλον με σχετική έλλειψη οξυγόνου. Οι φυσικές και χημικές



ιδιότητες της τύρφης την κάνουν ένα πολύ κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών.

➤ **Καλλιέργεια σε Ίνες καρύδας:** Είναι οργανικό υλικό, υποπροϊόν που προέρχεται από τους καρπούς της καρύδας. Παρουσιάζει σταθερότητα και πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της ρίζας. Είναι υλικό με υψηλό πορώδες 95-97% και χαμηλή πυκνότητα 82 kg/m³. Έχει επίσης υψηλή υδροικανότητα και ΡΗ μεταξύ 5 έως 6.

➤ **Καλλιέργεια σε δεμάτια άχυρου:** Είναι οργανικό υλικό με σχετικά υψηλή συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Έχει υψηλό πορώδες και μέτρια πυκνότητα. Επίσης έχει υψηλή σχέση C:N και για αυτό, για να διευκολυνθεί η ζύμωση, διαβρέχεται καλά με διάλυμα νιτρικής αμμωνίας.

➤ **Καλλιέργεια σε ζυμωμένο φλοιό κωνοφόρων:** Είναι οργανικό υλικό με υψηλή συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Έχει σχετικά υψηλό πορώδες (73-83%) και χαμηλή ως μέτρια πυκνότητα. Το ΡΗ είναι 5.0-6.5, έχει σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα και υψηλή σχέση C:N.

2.7.1.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΧΩΡΙΣ ΠΟΡΩΔΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

➤ **Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT):** Με τη μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια, όπου

ρέει ένα πολύ ρηχό ρεύμα ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Η ρίζα αναπτύσσεται πάνω στο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς να υπάρχει κανένα πορώδες υπόστρωμα. Με την ανάπτυξη της ρίζας δημιουργείται ένα παχύ πλέγμα ριζών, στο οποίο συμπλέκονται οι ρίζες από όλα τα φυτά του καναλιού και το οποίο αποτελεί το κάτω στήριγμα των φυτών.

Το κλειδί της επιτυχίας στο N.F.T. είναι:

- ομοιόμορφη κλίση του καναλιού για ομοιόμορφη ροή του νερού, χωρίς τοπικές ανωμαλίες,
- το πλάτος του καναλιού να είναι αρκετό, ώστε το νερό να ρέει ομοιόμορφα σε όλο το μήκος,
- η βάση του καναλιού να είναι τελείως επίπεδη και οριζόντια,
- η παροχή του θρεπτικού διαλύματος να ρυθμίζεται συνεχώς, έτσι ώστε στο τέλος των καναλιών να υπάρχει πάντα μια μικρή ροή, χωρίς όμως να υψώνεται η στάθμη του διαλύματος στα κανάλια.

➤ **Καλλιέργεια σε πολλαπλά κανάλια (NGS):** Με τη μέθοδο αυτή αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια κατασκευασμένα από πλαστικό φύλλο, λευκό από την έξω και μαύρο από την εσωτερική, χωρίς πορώδες υπόστρωμα. Το κάθε κανάλι κρέμεται από δυο οριζόντια σύρματα που στηρίζονται σε κατακόρυφα στηρίγματα μπηγμένα στο έδαφος, με τέτοιο τρόπο που το κανάλι να έχει μια κλίση 1.5%. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται στη ρίζα με μικρούς ψεκαστές στο επάνω διαμέρισμα, στη θέση που είναι τοποθετημένο το φυτό. Η ρίζα αναπτύσσεται στο θρεπτικό διάλυμα διεισδύοντας σε όλα τα διαμερίσματα. Η μέθοδος αυτή θεωρείται ότι πλεονεκτεί έναντι του N.F.T γιατί επιτρέπει καλύτερη οξυγόνωση και γίνεται δυνατό να παρέχεται πολύ περισσότερο νερό από αυτό που απορροφά, η ρίζα, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα αερισμού και για αυτό δεν απαιτείται συνεχής ρύθμιση νερού.

➤ **Καλλιέργεια με τη μέθοδο της αεροπονίας:** Είναι ένα κλειστό σύστημα, όπου τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια σταθερού σχήματος, χωρίς πορώδες υπόστρωμα. Το ριζικό σύστημα των φυτών δε βρίσκεται συνεχώς μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, αλλά κρέμεται μέσα

στο κανάλι και ψεκάζεται συνεχώς με θρεπτικό διάλυμα. Με το σύστημα αυτό γίνεται άριστη στράγγιση του πλεονάζοντος διαλύματος και επομένως πολύ καλή οξυγόνωση της ρίζας. Τα κανάλια αυτά τοποθετούνται με κλίση 1-1.5% και στο επάνω μέρος είναι ανοικτά ή φέρουν οπές όπου τοποθετούνται τα φυτά. Η στήριξη των φυτών στις οπές των κλειστών καναλιών γίνεται με σφουγγάρι πολυουρεθάνης. Η στεγανοποίηση των καναλιών γίνεται με πλαστικό φύλλο.

2.8. ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Σε όλες τις μεθόδους υδροπονικών καλλιεργειών το νερό και τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα) τροφοδοτούνται μαζί στη ρίζα των φυτών. Τα διάλυμα νερού και ανόργανων θρεπτικών στοιχείων είναι το θρεπτικό διάλυμα. Για τη διάθεση του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά χρησιμοποιούνται δύο τρόποι:

I). Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

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

II). Κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Κλειστό καλείται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με τη βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή ανακύκλωση του θρεπτικού δ/τος που περισσεύει.

Τα περισσότερα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να λειτουργούν τόσο ως κλειστά, όσο και ως ανοιχτά. Για να λειτουργήσει όμως ως κλειστό ένα υδροπονικό σύστημα θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες

εγκαταστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος (Σάββας, 2003).

Στα ανοικτά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα που στραγγίζει μετά την τροφοδοσία των φυτών απορρίπτεται. Γενικά, οι απώλειες κατιόντων στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα είναι μεγαλύτερες των κλειστών και περίπου ίδιες με αυτές των αρδευόμενων καλλιεργειών εδάφους. Τα συστήματα αυτά είναι πολύ ευκολότερο να το διαχειριστεί κάποιος, γιατί το περιβάλλον της ρίζας επηρεάζεται περισσότερο από τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται. Οποιαδήποτε υπερβολική συγκέντρωση κάποιου ιόντος υπάρξει στην περιοχή της ρίζας, λόγω μειωμένης απορρόφησης, θα παρασυρθεί με το νερό στράγγισης και θα απομακρυνθεί από το περιβάλλον της ρίζας. Σχεδόν σε όλα τα ανοικτά συστήματα χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια και η ροή του θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα είναι ασυνεχής. Στην περιοχή της ρίζας συνήθως επικρατεί υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων απ' ό τι στο διάλυμα τροφοδοσίας γιατί συνήθως ο ρυθμός απορρόφησης νερού (διαπνοή) είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης ιόντων.

Στα κλειστά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα οδηγείται με το σύστημα άρδευσης στα φυτά και αυτό που στραγγίζει από το περιβάλλον και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ξαναχρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των φυτών. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα το διάλυμα αυτό πρέπει να διορθώνεται και ως προς τη σωστή αναλογία των ιόντων του. Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης, συμβάλλει κατά πολύ στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων (Σάββας, 2003). Σύμφωνα με τον Savvas (2002), η εξοικονόμηση των λιπασμάτων μέσω της ανακύκλωσης, μπορεί να φτάσει το 40-50% της συνολικής τους τροφοδοσίας και του νερού (Dhakal *et al.*, 2005) το 31,5%. Ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος είναι ο περιορισμός της μόλυνσης του επιφανειακού και υπόγειου νερού με νιτρικά, φωσφορικά και άλλα ιόντα, γεγονός που την καθιστά μία κατ' εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών.

Στα κλειστά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πορώδες υπόστρωμα ή όχι. Όταν χρησιμοποιείται πορώδες υπόστρωμα, η ροή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνήθως ασυνεχής, γιατί το υπόστρωμα παίζει το ρόλο μικρής δεξαμενής θρεπτικού διαλύματος για τη ρίζα. Όταν δεν χρησιμοποιείται πορώδες υπόστρωμα, τότε η ροή του θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα είναι συνήθως συνεχής. Γενικά σε όλα τα κλειστά συστήματα ο ρυθμός ροής του θρεπτικού διαλύματος είναι μεγάλος και έτσι δεν παρουσιάζει συνήθως έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο ριζικό σύστημα ούτε και πρόσκαιρα.

Στα ανοιχτά συστήματα, για να μην παρουσιαστεί πρόσκαιρη έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο ριζικό σύστημα ούτε μεγάλη σπατάλη, η συχνότητα άρδευσης θα πρέπει να είναι σε άμεση σχέση με το ρυθμό απορρόφησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα. Η σωστή ρύθμιση της συχνότητας άρδευσης στα συστήματα αυτά είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Η εφαρμογή της ανακύκλωσης στα κλειστά υδροπονικά συστήματα εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό κινδύνους γρήγορης εξάπλωσης μολύνσεων στην καλλιέργεια, όταν το διάλυμα απορροής δεν απολυμαίνεται πριν επαναχρησιμοποιηθεί (Wohanka, 2002). Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος πριν την επαναχρησιμοποίησή του, είναι η παστερίωση με θέρμανση, η έκθεσή του σε υπεριώδη ακτινοβολία UVc, η χημική επεξεργασία και η διήθηση (διήθηση μέσω μικροφίλτρων, αργή διήθηση ή βιοδιήθηση).

Ένα επίσης πολύ σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται στα κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι ότι όλα τα ιόντα που προσφέρονται με το θρεπτικό διάλυμα ή απορροφώνται από το ριζικό σύστημα των φυτών ή παραμένουν στο διάλυμα και αυξάνουν συνεχώς την αλατότητά τους. Γι' αυτό σε αυτά τα συστήματα η ανάγκη της χρήσης αρδευτικού νερού καλής ποιότητας είναι περισσότερο επιβεβλημένη, λόγω της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Η ποιότητα του νερού άρδευσης σ' αυτή την περίπτωση καθορίζεται από τις ιονικές συγκεντρώσεις του, οι οποίες πρέπει να είναι ίσες ή χαμηλότερες από τις αναλογίες απορρόφησης των ιόντων από

τα φυτά, έτσι ώστε να αποφευχθεί η συσσώρευση τους στο ύψος της ριζόσφαιρας (Sonneveld, 2002). Για τον ίδιο λόγο η καθαρότητα των λιπασμάτων καθώς και η παρασκευή των διαλυμάτων χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή. Λόγω της πιθανής συσσώρευσης ιόντων στο διάλυμα, στα κλειστά συστήματα απαιτείται να γίνονται συχνότερες χημικές αναλύσεις του θρεπτικού διαλύματος απορρίπτεται.

3. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο όρος «αλατότητα» αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλής συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο περιβάλλον των ριζών των φυτών (εδαφικό διάλυμα ή τεχνητό θρεπτικό διάλυμα). Η συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα (g/l ή mmol/l ή ως οσμωτικό δυναμικό (bar ή kra ή at) ή έμμεσα μέσω μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) ενός υδατικού διαλύματος (ds/m ή mmho/cm) και αναγωγής σε τιμή συγκέντρωσης αλάτων. Το υδατικό διάλυμα στο οποίο μετράται η EC μπορεί να είναι είτε νερό άρδευσης, είτε θρεπτικό διάλυμα, είτε εδαφικό διάλυμα το οποίο συνήθως λαμβάνεται ως εκχύλισμα κορεσμού από εδαφικά δείγματα. Στην τελευταία περίπτωση, η ηλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται ως (ECe) στο (USDA, 1954). Χαρακτηριστικό είναι ότι, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων σε ένα διάλυμα, τόσο η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αυξάνεται.

Τα κατιόντα που συνήθως σχετίζονται με την αύξηση της αλατότητας είναι τα Na^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} , ενώ από τα ανιόντα είναι τα Cl^- , SO_4^{-2} και HCO_3^- . Εκείνα όμως που τις περισσότερες φορές συσσωρεύονται και είναι υπεύθυνα για την αύξηση της αλατότητας είναι τα ιόντα Na^+ και Cl^- (Hasegawa et al., 2000).

3.2. ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΚΑΙ ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η συσσώρευση υδατοδιαλυτών αλάτων στα εδάφη συνιστά ένα από τα σοβαρά προβλήματά τους. Οι βλαπτικές επιδράσεις των διαλυτών αλάτων αφορούν τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των φυτών και οφείλονται είτε στην αδυναμία των φυτών να παραλάβουν νερό από το έδαφος, εξαιτίας της αυξημένης οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, είτε στη χειροτέρευση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους που προκαλείται από την παρουσία ανταλλάξιμου νατρίου σε υψηλά επίπεδα, είτε τέλος στις υψηλές τιμές Ph.

Σύμφωνα με τον Σινάνη (2003α), λόγω των βλαπτικών επιδράσεων στην ανάπτυξη των φυτών τα εδάφη αυτά, μαζί με τα ισχυρώς όξινα και τα ασβεστούχα, χαρακτηρίζονται σαν προβληματικά και διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

ι) **Αλατούχα εδάφη.** Ένα έδαφος χαρακτηρίζεται σαν αλατούχο, αν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού υπερβαίνει τα 4 dS/m. Στα αλατούχα εδάφη το ποσοστό του ανταλλάξιμου νατρίου E.S.P. (Exchangeable Sodium Percentage) είναι μικρότερο του 15%, ενώ το Ph τους είναι συνήθως μικρότερο του 8,5.

Αλατούχα εδάφη σχηματίζονται σε ξηρές περιοχές, όπου εξαιτίας της εξάτμισης του νερού, δημιουργούνται αποθέσεις αλάτων κοντά στην επιφάνεια ή στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζοντας έτσι ένα λευκό επάνθισμα το καλοκαίρι εξαιτίας του οποίου ονομάζονται λευκά αλατούχα εδάφη. Επίσης, η άρδευση εδαφών που έχουν κακή στράγγιση με νερό με υψηλή συγκέντρωση σε άλατα, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην αλάτωση τους. Τέλος, εδάφη που σχηματίζονται στο δέλτα των ποταμών ή σε γειτνίαση με τη θάλασσα είναι επίσης δυνατόν να είναι αλατούχα.

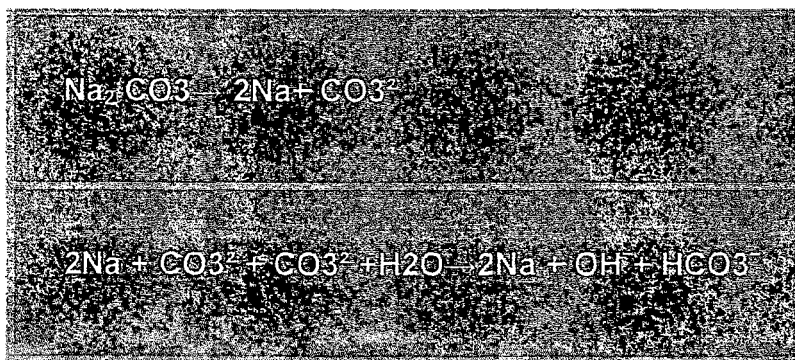
Τα συνηθέστερα άλατα στα εδάφη ξηρών και θερμών περιοχών είναι τα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου.

ii) **Αλατούχα – Νατριωμένα εδάφη.** Είναι τα εδάφη στα οποία η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού υπερβαίνει τα 4 dS/m, το E.S.P. τους είναι μεγαλύτερο από 15% και το pH τους συνήθως μικρότερο του 8,5. Παρόλο που το νάτριο στα εδάφη αυτά απαντάται σε σημαντικές ποσότητες, το pH τους δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, επειδή στα εδάφη αυτά όπως και στα προηγούμενα κυριαρχούν τα ουδέτερα χλωριούχα ή θειικά άλατα.

Οι βλαπτικές επιδράσεις των εδαφών αυτών στην ανάπτυξη των φυτών, όπως και της προηγούμενης κατηγορίας, προκαλούνται κυρίως από την υψηλή οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος και πιθανή τοξικότητα ιόντων Na. Η διαμεριστική δράση των ιόντων Na μετριάζεται επειδή η παρουσία αλάτων τα κολλοειδή θρομβωμένα και επομένως η δομή των εδαφών είναι ικανοποιητική.

iii) **Μη αλατούχα – νατριωμένα εδάφη.** Στα εδάφη αυτά η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού είναι μικρότερη από 4 dS/m , το E.S.P είναι μεγαλύτερο από 15 % και το pH συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 8,5 και 10.

Η αυξημένη τιμή του pH οφείλεται στην έλλειψη ουδετέρων αλάτων και στην παρουσία νατρίου σε αξιόλογα ποσά, τόσο στη στερεή φάση, όσο και στο εδαφικό διάλυμα. Το νάτριο υδρολύεται προς NaOH το οποίο με το CO₂ της ατμόσφαιράς και του εδαφικού αέρα σχηματίζει Na₂CO₃. Το Na₂CO₃ υδρολύεται σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις :



Λόγω του υψηλού βαθμού υδρολύσεως του Na₂CO₃, δημιουργείται αφθονία CO₃²⁻ ιόντων και ιόντων OH⁻ ούτως ώστε το pH του εδαφικού διαλύματος να είναι υψηλό. Τα μη αλατούχα – νατριωμένα εδάφη ονομάζονται και μαύρα αλατούχα, εξαιτίας όμως του υψηλού pH η οργανική ουσία διαλυτοποιείται, καλύπτει τα συσσωματώματα και προσδίδει στην επιφάνειά τους ένα σκοτεινό χρωματισμό. Τα εδάφη αυτά σχηματίζονται συνήθως από τα αλατούχα με την προοδευτική έκπλυση των υδατοδιαλυτών αλάτων από τα νερά της βροχής ή της άρδευσης, υπό την προϋπόθεση ότι το νερό άρδευσης δεν περιέχει άλατα του ασβεστίου και ιδιαίτερα γύψο. Κατά την έκπλυση, το E.S.P των αλατούχων εδαφών αυξάνει συνεχώς, οπότε αποκτά και την τιμή του E.S.P των νατριωμένων, ενώ παράλληλα η άργιλος τους διασπείρεται, με αποτέλεσμα να χειροτερεύει η δομή και να μειώνεται η διηθητικότητα των εδαφών αυτών (Σινάνης, 2003)

3.3. Η ΑΛΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΘΕΣΕΩΣ

Εδώ υπάγονται τα εδάφη των ξηρών περιοχών, τα δέλτα των ποταμών, και οι παραθαλάσσιες περιοχές που κατακλύζονται εποχιακά από θάλασσα, εδάφη που βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία λεκανών απορροής και περιοχές με εδάφη μικρής υδατοπερατότητας. Αναλυτικότερα :

α. Εδάφη περιοχών με ξηρό κλίμα. Σε περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα, ένα μεγάλο μέρος του εδαφικού νερού εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στην επιφάνεια ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, το οποίο πολλές φορές αποκτά ένα λευκό απάνθισμα.

β. Δέλτα ποταμών ή παραθαλάσσιες περιοχές. Τα εδάφη των περιοχών αυτών, λόγω της συνεχούς επαφής τους με το θαλασσινό νερό γίνονται βαθμιαία αλατούχα. Ως γνωστό το θαλασσινό νερό περιέχει κατά μέσο όρο 600mg/L άλατα στα οποία επικρατεί το Na^+ (NaCl). Ο λόγος $\text{Na}/\text{Ca} + \text{Mg}$ στο θαλασσινό νερό είναι μεγαλύτερος από 3, με αποτέλεσμα τα εδάφη που δέχονται την επίδραση του θαλασσινού νερού, βαθμιαία εκτός από αλατούχα γίνονται και νατριωμένα.

γ. Εδάφη χαμηλών περιοχών λεκανών απορροής. Στα χαμηλότερα σημεία λεκανών απορροής, συγκεντρώνονται τα απορρέοντα ή διηθούμενα νερά της λεκάνης που περιβάλλει τη χαμηλή περιοχή. Αυτό συνεπάγεται την άνοδο της υπόγειας στάθμης του νερού, γεγονός που επιδεινώνεται όταν η περιοχή δεν έχει διέξοδο σε ποταμό ή θάλασσα. Η συσσώρευση του νερού στα σημεία αυτά και η ακόλουθη εξάτμισή του, συμβάλλει στη συσσώρευση αλάτων, με αποτέλεσμα τα εδάφη να γίνονται αρχικά αλατούχα και στη συνέχεια νατριωμένα.

δ. Περιοχές με εδάφη μικρής διαπερατότητας. Σε εδάφη τέτοιων περιοχών ή σε εδάφη που στην κατανομή τους εμφανίζουν ένα αδιαπέραστο ορίζοντα, το νερό διηθείται πολύ αργά ή συσσωρεύεται στον αδιαπέραστο ορίζοντα ανεβάζοντας την υπεδάφεια στάθμη, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η εξάτμισή του και η συσσώρευση των αλάτων.

Η αλάτωση των εδαφών των δύο τελευταίων περιπτώσεων επιταχύνεται όταν τα εδάφη αυτά βρίσκονται σε περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα.

3.4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό είναι ο πιο ουσιώδης φυσικός πόρος για τις υδροπονικές καλλιέργειες. Όσο περνούν τα χρόνια, η διαθεσιμότητα του καλής ποιότητας νερού περιορίζεται. Ως εκ τούτου, η συντήρηση και το κόστος του νερού στις θερμοκηπιακές μονάδες αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο πλέον.

Οι πιο συνήθεις πηγές προμήθειας νερού των αγροτικών μονάδων στην Ελλάδα σήμερα είναι οι γεωτρήσεις και τα πηγάδια. Η ποιότητα του νερού από τις γεωτρήσεις συνεχώς υποβαθμίζεται. Η υποβάθμιση του νερού αφορά την υψηλή αλατότητα του, τη σκληρότητα και το ΡΗ.

Γενικά η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στο νερό επιδρά σημαντικά στη μείωση της παραγωγής ή την καθιστά αδύνατη. Υψηλή συγκέντρωση μαγανίου, ψευδαργύρου ή βορίου, έχει αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού. Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό.

Γενικά, όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιούμε, τόσο οι δυνατότητες να παρασκευαστεί ένα ισορροπημένο διάλυμα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του φυτού είναι μεγαλύτερες και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη παραγωγή μπορούμε να αναμένουμε. Νερό κατάλληλο για άρδευση στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και στην υδροπονική καλλιέργεια.

Στα υπόγεια νερά βρίσκονται πολλά ιόντα τα πιο συνήθη είναι όμως τα: Νάτριο (Na), Χλώριο (Cl), Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Δισανθρακικά (HCO_3) και Θειικά (SO_4).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) για το νερό άρδευσης είναι ένα μέσο μέτρησης της συνολικής ποσότητας των ιόντων που περιέχει. Δε δίνει όμως καμιά ένδειξη για το ποια ιόντα βρίσκονται μέσα σ' αυτό. Συνήθως στο φυσικό νερό η (EC) αφορά κατά κύριο λόγο το νάτριο και το χλώριο.

Αν η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό έχει κάποια ισορροπία, τότε σε γενικές γραμμές μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω πρώτη εκτίμηση για την ποιότητα του νερού άρδευσης στο θερμοκήπιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Ποιότητες νερού άρδευσης (Μαυρογιαννόπουλος, 2006)

Ποιότητα	E.C. mS/cm(25°C)	Na mmol/l	Cl mmol/l
1	<0,5	<0,5	<1
2	<0,5	<1,5	<1,5
3	0,5-1,0	1,5-3,0	1,5-3,0
4	1,0-1,5	3,0-4,5	3,0-4,5

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες κλειστού τύπου, ανοικτού τύπου και γενικά για την άρδευση οποιασδήποτε καλλιέργειας στο έδαφος με πολύ καλά αποτελέσματα. Το νερό ποιότητας 2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες ανοικτού τύπου και για την άρδευση οποιασδήποτε καλλιέργειας στο έδαφος με πολύ καλά αποτελέσματα. Το νερό ποιότητας 3 μπορεί να έχει σχετικά δυσμενείς επιπτώσεις στις υδροπονικές καλλιέργειες ή σε άλλες καλλιέργειες με περιορισμένο όγκο ριζικού συστήματος. Το νερό ποιότητας 4 δεν είναι κατάλληλο για ευαίσθητα φυτά στα άλατα και ιδιαίτερα γι' αυτά που έχουν περιορισμένο ριζικό σύστημα.

Οι ανάγκες σε νερό εξαρτώνται από το ρυθμό διαπνοής ο οποίος διαφέρει με τη καλλιέργεια, το στάδιο ανάπτυξης, την εποχή και την ώρα της ημέρας. Επειδή η ποιότητα του βρόχινου νερού είναι η καλύτερη για τις υδροπονικές καλλιέργειες, συνίσταται η συλλογή και αποθήκευση του βρόχινου νερού που προέρχεται από την οροφή του θερμοκηπίου.

Για τη διόρθωση αλατούχων νερών που αντλούνται από γεωτρήσεις ή πηγάδια, μια σχετικά εφικτή λύση είναι η χρησιμοποίηση της αντίστροφης ώσμωσης. Όσο λιγότερο αλατούχο είναι το νερό που πρόκειται να διορθωθεί, τόσο αποδοτικότερη σε καθαρό νερό γίνεται η συσκευή της αντίθετης ώσμωσης.

Σχετικά με τη σκληρότητα του νερού ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

Σκληρότητα ανθρακικού: 2,8 mmol HCO ₃
Συνολική σκληρότητα: 5,6 mmol (Ca + Mg)

Για να κριθεί τελικά η καταλληλότητα του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες αλλά και για να γίνει η προσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων στη συγκεκριμένη ποιότητα νερού, θα πρέπει να προσδιοριστούν πλην της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του PH και οι συγκεντρώσεις Na, K, Ca, Mg, NH₄, CL, NO₃, SO₄, HCO₃, Mn, Zn, B, Cu, Mo, F, καθώς και ο συνολικός Fe.

Γενικά, η επιθυμητή και ανεκτή συγκέντρωση των στοιχείων αυτών στο νερό που χρησιμοποιείται στο θερμοκήπιο, αναφέρεται στο παρακάτω πίνακα 3.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Επιθυμητές και ανεκτές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο αρδευτικό νερό (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Στοιχείο	Επιθυμητή συγκέντρωση		Ανεκτή συγκέντρωση αλλά με αρνητική επίδραση στη παραγωγή	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Cl	<50	1,4	50-100	2,8
Na	<30	1,3	30-60	2,6
HCO ₃	<300	5,0	>300	>5,0
Fe	<1,0	0,0179	<1,0	<0,0179
Mn	<0,7	0,0127	<1,0	<0,0181
B	<0,3	0,0278	<0,7	<0,0649
Zn	<0,5	0,0077	<1,0	<0.0154

Υψηλές συγκεντρώσεις Cl, Na, Mn, Zn και B επιβάλλουν συχνή διόρθωση του θρεπτικού διαλύματος, επιπλέον στράγγιση και απόρριψη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, ώστε να αποτραπεί η συσσώρευση τους. Ιδιαίτερα για τα κλειστά συστήματα, λόγω της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, η επιθυμητή συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων φαίνεται στο παρακάτω πίνακα 3.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Επιθυμητή συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα για χρήση σε κλειστά υδροπονικά συστήματα (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Στοιχείο	Επιθυμητή συγκέντρωση (κατώτερη από)	
Na	12 ppm	0,5 mmol/l
HCO ₃	300 ppm	5,0 mmol/l
Ca	120 ppm	3,0 mmol/l
Mg	36 ppm	1,5 mmol/l
SO ₄	290 ppm	3,0 mmol/l
Mn	0,83 ppm	15 μmol/l
B	0,22 ppm	20 μmol/l
Fe	<0,28 ppm	5,0 μmol/l
Zn	0,46 ppm	7,0 μmol/l
Cl	35 ppm	1,0 mmol/l
Cu	0,06 ppm	1,0 μmol/l

3.5. ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Τα φυτά έχουν διαφορετικές αντιδράσεις στην αλατότητα, γεγονός το οποίο οδήγησε στο διαχωρισμό τους σε δύο μεγάλες ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα **αλόφυτα** (halophytes), τα οποία έχουν πολύ καλή ανάπτυξη σε αλατούχο περιβάλλον, ενώ στη δεύτερη, τα **γλυκόφυτα** (glycophytes), τα οποία δεν επιβιώνουν σε συνθήκες υψηλής αλατότητας.

Η καλλιέργεια φυτών κάτω από συνθήκες υπερβολικά υψηλής αλατότητας στο περιβάλλον των ριζών τους εξελίσσεται σε ένα από τα πλέον

σημαντικά προβλήματα για τη γεωργία. Η αλατότητα μπορεί να ζημιώσει τα φυτά με την υψηλή οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, η οποία δυσχεραίνει την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων ή μειώνει τους ρυθμούς παραγωγής βιομάζας λόγω των φυσιολογικών και βιοχημικών μεταβολών που επιφέρει η οσμωτική προσαρμογή του φυτού, με την άμεση τοξικότητα λόγω της συσσώρευσης κάποιων ιόντων αλάτων στους ιστούς και με τη δημιουργία θρεπτικής ανισορροπίας λόγω ανταγωνισμού των θρεπτικών στοιχείων (Grattan and Grieve, 1992).

4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Με δεδομένο ότι η τεχνική της μεταφύτευσης προσφέρει μία σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με την απευθείας σπορά, η τομάτα έχει καθιερωθεί να καλλιεργείται ως μεταφυτευόμενο λαχανικό. Τα υποστρώματα και το νερό που χρησιμοποιούνται κατά την προετοιμασία των σποροφύτων πριν τη μεταφύτευση συνήθως δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα αλατότητας, συνεπώς η μελέτη των επιπτώσεων που έχει η αλατότητα στη βλάστηση σχετίζεται μόνο με την περίπτωση της απευθείας σποράς, όπου η φτωχή βλάστηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας θα διακινδύνευαν την οικονομική της βιωσιμότητα.

Η βλάστηση της τομάτας αποτελείται από τρία στάδια: Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την απορρόφηση, η οποία χρειάζεται 12 ώρες, συμπεριλαμβανομένης της γρήγορης πρόσληψης νερού, και δεν εξαρτάται από τη βιωσιμότητα του σπόρου. Στο δεύτερο στάδιο, η περιεκτικότητα σε υγρασία, ο ρυθμός αναπνοής και η μορφολογία του σπόρου παραμένουν φαινομενικά σε σταθερά επίπεδα, αν και μπορεί να πραγματοποιηθεί ενυδάτωση των κοτυληδόνων και δραστηριοποίηση των υπαρχόντων ενζύμων (Bewley and Black, 1982). Μια δεύτερη αύξηση στην πρόσληψη νερού σηματοδοτεί την εκκίνηση του σταδίου της ανάπτυξης (τρίτο στάδιο). Έτσι, 56 ώρες μετά από την απορρόφηση νερού πραγματοποιείται διαίρεση των κυττάρων και 72 ώρες μετά μεριστωματική δραστηριότητα (Berrie and Drennan, 1971).

Η βλάστηση του σπόρου της τομάτας μειώνεται ακόμη και από σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις NaCl. Οι Cuartero and Fernandez-Munoz (1999), σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε οκτώ γονότυπους τομάτας, παρατήρησαν μείωση του ποσοστού βλάστησης των σπόρων στα 80 mM NaCl στις έξι από αυτούς. Στα 190 mM NaCl, το ποσοστό βλάστησης μειώθηκε σημαντικά, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις NaCl μπόρεσαν να βλαστήσουν μόνο λίγοι γονότυποι και μάλιστα σε μικρό ποσοστό. Το γεγονός

οτι υπάρχουν διαφορές στην ικανότητα των διάφορων τύπων *L. esculentum* να βλαστήσουν σε αλατούχο περιβάλλον, οι οποίες είναι εμφανείς ακόμα και σε μέτριες συγκεντρώσεις αλάτων, υποδεικνύει την πιθανότητα επιλογής μεταξύ καλλιεργούμενων τύπων (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999).

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, για τα δύο άγρια είδη τομάτας (*L. peruvianum* και *L. pennellii*) που μελετήθηκαν, προέκυψε ότι ήταν τόσο ευπαθή στην αλατότητα, όσο και τα είδη *L. esculentum*. Ο Jones (1986), κατέγραψε διάφορα ποσοστά βλάστησης της τομάτας στα 100 mM NaCl παρόμοια με τα αποτελέσματα των Cuartero and Fernandez-Munoz (1999). Ειδικότερα, παρατήρησε ότι η ανθεκτικότητα των άγριων ειδών δεν ήταν μεγαλύτερη από αυτή του *L. esculentum* – εκτός από του *L. peruvianum* «P1126435». Ωστόσο, οι Foolad και Lin (1997) ανέφεραν ότι η ανθεκτικότητα στην αλατότητα, όσον αφορά τη βλάστηση του *L. pimpinellifolium* «LA-1578» «LA-1596» και «LA-2655», ήταν μεγαλύτερη από εκείνη του *L. esculentum*. Το είδος *L. pimpinellifolium* μοιάζει αρκετά με το *L. esculentum* και είναι πιο εύκολη η τροποποίηση του *L. pimpinellifolium* παίρνοντας τα χαρακτηριστικά του *L. esculentum*, παρά του *L. peruvianum*.

Η εκτίμηση της δυνατότητας ενός συγκεκριμένου γονότυπου να βλαστήσει υπό διάφορες συγκεντρώσεις αλάτων μπορεί να αμφισβητηθεί, καθώς στα περισσότερα αλατούχα εδάφη, οι συγκεντρώσεις των αλάτων διαφέρουν ουσιαστικά από βάθος σε βάθος και από εποχή σε εποχή (Richards, 1983). Παρ' όλα αυτά, η ευθύγραμμη σχέση ($r=0.90$) μεταξύ της βλάστησης στα 75 mM και στα 150 mM NaCl που αναφέρουν οι Foolad και Lin (1997), μπορεί να επιτρέψει αξιόπιστες εκτιμήσεις κάνοντας χρήση μιας μόνο συγκέντρωσης άλατος.

Η επίδραση της αλατότητας στους σπόρους διάφορων ειδών δεν αφορά μόνο τη μείωση του ποσοστού βλάστησης, αλλά και την αύξηση του απαραίτητου χρόνου για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της βλάστησης (Ayers, 1952). Ειδικότερα, στα 80 mM NaCl, οι καρποί της τομάτας χρειάζονται 50% επιπλέον μέρες για να βλαστήσουν συγκριτικά με ένα μη αλατούχο έδαφος και στα 190 mM σχεδόν 100% περισσότερες μέρες (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999). Η παράταση της βλαστικής

περιόδου μπορεί να είναι επικίνδυνη κατά την απευθείας σπορά, επειδή αυξάνεται με το χρόνο η πιθανότητα να δημιουργηθεί κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους, η οποία θα δυσχεραίνει ή ακόμα και θα αποτρέψει την εμφάνιση του σποροφύτου στην επιφάνεια του εδάφους.

Παρόλα αυτά, δε χάνουν τη βιωσιμότητά τους όλοι οι σπόροι που δεν μπορούν να βλαστήσουν σε υψηλά αλατούχα περιβάλλοντα. Εάν η συγκέντρωση των αλάτων μειωθεί, λόγω των βροχοπτώσεων ή της άρδευσης με μη αλατούχο νερό, πάνω από το 50% αυτών των σπόρων θα είναι ακόμα ικανοί να βλαστήσουν (Allagui et al., 1987). Η κύρια επίδραση της αλατότητας στη βλάστηση φαίνεται ότι είναι το γεγονός ότι αποτρέπει το σπόρο να απορροφήσει νερό από το έδαφος στο πρώτο στάδιο της βλάστησης, καθώς μόνο οι σπόροι που δεν έχουν μπει στη φάση της κυτταρικής διαίρεσης διατηρούν την ικανότητά τους να βλαστήσουν.

4.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΡΙΖΑΣ

Η έκθεση των φυτών σε υψηλή συγκέντρωση αλάτων συνήθως ξεκινά από την έκθεση των ριζών σε αυτή. Η καταπόνηση από τα άλατα οδηγεί σε αλλαγές του μεγέθους, της μορφολογίας και της φυσιολογίας των ριζών, που με τη σειρά τους θα προκαλέσουν αλλαγές στη διαδικασία πρόσληψης νερού και ιόντων, καθώς και στη παραγωγή ορμονών που μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες στο βλαστό. Συνεπώς επηρεάζεται όλο το φυτό όταν οι ρίζες μεγαλώνουν σε αλατούχο έδαφος.

Η αλατότητα επηρεάζει αρνητικά τη βιομάζα των ριζών. Το ανώτερο όριο ανθεκτικότητας πάνω από το οποίο το βάρος της ρίζας της τομάτας μειώνεται καθώς αυξάνεται η αλατότητα εκτιμήθηκε να κυμαίνεται μεταξύ των $4 \text{ dS}^{-1} \text{ m}$ (Papadopoulos and Rendig, 1983a) και 6 dS^{-1} (Nanawati and Maliwal, 1974). Οι Abrisqueta et al. (1991) υπολόγισαν τη βιομάζα των ριζών στα φυτά της τομάτας που μεγάλωναν με ή χωρίς 135 mM NaCl (περίπου 13 dS m^{-1}). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματός τους, η έκθεση στα 135 mM NaCl οδήγησε στην εμφάνιση των ριζών μια βδομάδα αργότερα. Ειδικότερα, σημείωσαν μια καθυστέρηση 20 ημερών μέχρι οι ρίζες να

φτάσουν το βάθος των 80 cm, ενώ η πυκνότητα του μήκους της ρίζας (cm της ρίζας = cm⁻³ του εδάφους) στο τέλος της ζωής του φυτού ήταν ένα τέταρτο μικρότερη απ' ότι στα φυτά που δεν είχαν εκτεθεί στο NaCl. Διάφοροι λόγοι είναι πιθανοί για τη μειωμένη ανάπτυξη της ρίζας υπό συνθήκες αλατότητας, όπως ο περιορισμός της ανάπτυξης των κυττάρων λόγω του χαμηλού υδατικού δυναμικού από το εξωτερικό περιβάλλον του φυτού, η ανάμειξη των αλάτων στη διατροφή του φυτού ή η τοξικότητα των συσσωρευμένων ιόντων που οδηγεί στην καταστροφή των κυττάρων (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999).

Η αλατότητα μπορεί να προκαλέσει έλλειψη νερού στην περιοχή της ρίζας όμοια με αυτή που δημιουργείται από την ξηρασία. Έχει σημειωθεί ότι η ανάπτυξη της ρίζας της τομάτας μπορεί να συνεχιστεί σε περιόδους που χαρακτηρίζονται από υδατική καταπόνηση, επειδή οι επιδράσεις της εξισορροπούνται οσμωτικά με μη τοξικές, οργανικές διαλυτές ουσίες, όπως η προλίνη (Taylor et al, 1982).

Η αλατότητα δεν επιβραδύνει μόνο την ανάπτυξη των ριζών της τομάτας, αλλά αυξάνει επίσης το μήκος των νεκρών ριζών στους πολύ ευαίσθητους στην αλατότητα γονότυπους (Snapp and Shennan, 1992). Η καταπόνηση από τα άλατα προκαλεί παραμόρφωση του πυρήνα και στη συνέχεια ποιοτική υποβάθμιση του πυρήνα αλλοιώνοντας το DNA των μεριστωματικών κυττάρων της ρίζας του κριθαριού (Katsuhara and Kawasaki, 1996).

Διάφοροι ερευνητές, παρατήρησαν γενετική μεταβλητότητα στη μείωση της βιομάζας της ρίζας στην τομάτα υπό συνθήκες καταπόνησης από αλατότητα. Έτσι, διάφοροι τύποι των *L. peruvianum* και *L. pennellii* μείωσαν τη βιομάζα της ρίζας λιγότερο απ' ότι το *L. esculentum* υπό αλατούχες συνθήκες (Tal, 1971, Abrisqueta et al., 1991). Όσον αφορά το *L. esculentum*, έχουν επίσης παρατηρηθεί διαφορές ανάμεσα στις διάφορες ποικιλίες σε μέτρια επίπεδα αλατότητας 5-7 dS m⁻¹ (Cruz, 1990 - Snapp and Shennan, 1994), αν και αυτές οι διαφορές δεν ήταν εμφανείς σε αλατότητα ίση με ή πάνω από 13 dS m⁻¹ (Cruz, 1990).

Η βιομάζα της ρίζας της τομάτας αποτελείται από την κύρια ρίζα, τις βασικές ρίζες που προέρχονται από τη μεταβατική περιοχή της ρίζας προς το βλαστό (βασικό μέρος του υποκοτυλίου), δευτερεύουσες ρίζες από το περικύκλιο των ριζών που προϋπήρχαν και πλάγιες ρίζες που δημιουργούνται από ιστούς που δεν ανήκουν στις ρίζες (Zobel, 1986). Η καταπόνηση από αλατότητα και άλλες αβιοτικές καταπονήσεις μπορεί να επηρεάσουν τα διάφορα είδη των ριζών με διαφορετικούς τρόπους. Υπό συνθήκες καταπόνησης, η τομάτα αναπτύσσει πολυάριθμες μικρές δευτερεύουσες τροφοδοτικές ρίζες (που αποτελούν ένα μικρό ποσοστό της βιομάζας της ρίζας), κάτι που δε συμβαίνει στις τομάτες που αναπτύσσονται χωρίς καταπόνηση.

Παρά την αρνητική επίδραση που έχει η υψηλή αλατότητα στις ρίζες, η ανάπτυξη της ρίζας της τομάτας φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο από την ανάπτυξη των βλαστών και γι' αυτό ο λόγος του ξηρού βάρους της ρίζας προς το ξηρό βάρος του βλαστού είναι μεγαλύτερος στα φυτά που αναπτύσσονται υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας, απ' ό,τι στα φυτά που αναπτύσσονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον, σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης (Cruz and Cuartero, 1990). Η αύξηση του λόγου του ξηρού βάρους της ρίζας προς το ξηρό βάρος του βλαστού στα φυτά της τομάτας υπό συνθήκες καταπόνησης από αλατότητα πρέπει να συνοδεύεται από αλλαγές στην κατανομή των αφομοιώσεων μεταξύ της ρίζας και του βλαστού. Οι Pérez-Alfocea κ.ά. (1996) απέδειξαν ότι στα φυτά που εκτέθηκαν σε υψηλή συγκέντρωση αλάτων υπήρχε μεγαλύτερο ποσοστό αφομοιώσεων από την ρίζα συγκριτικά με τις αφομοιώσεις από το βλαστό, απ' ό,τι στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε ελεγχόμενο περιβάλλον.

Τα φυτά της τομάτας των οποίων το σύστημα των ριζών βρίσκεται σε ένα έδαφος με ετερογενή συγκέντρωση άλατος, όπως συμβαίνει στο χώμα, αναπτύσσουν περισσότερες ρίζες και απορροφούν περισσότερο νερό στο λιγότερο αλατούχο μέρος του εδάφους (Papadopoulos and Rendig, 1983a). Οι Frota και Tucker (1978), κάνοντας πειράματα σε κόκκινα φασόλια και οι Pessaraki και Tucker (1985) στο βαμβάκι, εισηγήθηκαν ότι η διαπερατότητα της ρίζας (εκφρασμένη ως υδραυλική αγωγιμότητα του

συστήματος των ριζών) μειώθηκε σημαντικά σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, γεγονός που μπορεί να αποτελεί μια εξήγηση για τη μείωση του βαθμού πρόσληψης νερού σε συνθήκες αλατότητας. Αν και η διαπερατότητα των ριζών της τομάτας φαίνεται να είναι σταθερή σε μικρές περιόδους αλάτωσης (Shalhevet et al., 1976, Rodríguez et al., 1997), έχει αποδειχθεί μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της υδραυλικής αγωγιμότητας της ρίζας και της συγκέντρωσης NaCl στο υπόστρωμα (από 0 έως 200 mM). Είναι δύσκολο να γνωρίζει κανείς αν η μείωση της ροής του νερού μέσω του συστήματος των ριζών προκαλείται από τις αλλαγές μιας ενδεχόμενης κλίσης της επιφάνειας κατά μήκος του συστήματος των ριζών, από τις αλλαγές στην υδραυλική αγωγιμότητα λόγω τροποποιήσεων στη δομή της ρίζας, ή και από τα δύο.

4.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΘΡΕΨΗ

Οι θρεπτικές ανισορροπίες στα καταπονημένα από αλατότητα φυτά, μπορούν να προκύψουν από την επίδρασή της στη διαθεσιμότητα, στην ανταγωνιστική απορρόφηση, στη μεταφορά ή κατανομή των θρεπτικών στοιχείων μέσα στο φυτό ή μπορούν να προκληθούν από τη φυσιολογική αδρανοποίηση ενός στοιχείου, προκαλώντας τη ζήτησή του από το φυτό (Grattan and Grieve, 1992).

Όπως αποδεικνύεται από πολλές μελέτες, η αύξηση της συσσώρευσης του NaCl στο περιβάλλον των ριζών οδηγεί σε αύξηση των συγκεντρώσεων των ιόντων Na⁺ και Cl⁻ στους φυτικούς ιστούς διαφόρων φυτών (Savvas and Lenz, 1996, Sonneveld and Van Der Burg, 1991, Gunes et al., 1996). Η συγκέντρωση Na⁺ στη ρίζα εξαρτάται από το γονότυπο και φαίνεται ότι το είδος *L. esculentum*, το οποίο θεωρείται ευαίσθητο στην αλατότητα, συσσωρεύει είτε παρόμοιες ποσότητες Na⁺ με το *L. pennellii* (Bolarín et al., 1995) ή λιγότερο Na⁺ από το *L. cheesmanii* (Rush and Epstein, 1981).

Πολλές έρευνες πάνω στους άγριους τύπους τομάτας [*L. peruvianum* (Tal, 1971), *L. cheesmanii* (Rush and Epstein, 1981), *L. pimpinellifolium*, *L. hirsutum* και *L. pennellii* (Bolarín et al., 1991)] συνδέουν την μεγάλη ανθεκτικότητα στην αλατότητα με μια υψηλή συγκέντρωση Na⁺ στα φύλλα σε

σύγκριση με το *L. esculentum*. Ωστόσο, άλλοι μελετητές υποστηρίζουν ότι η ικανότητα να ρυθμίζουν την συγκέντρωση Na^+ είναι πιο στενά συνδεδεμένη με την ανθεκτικότητα παρά με την συγκέντρωση Na^+ καθαυτή (Sacher et al., 1982) και ότι η κατανομή του Na^+ σε νέα και ώριμα φύλλα θα μπορούσε να αποτελεί σημαντική διαδικασία μιας τέτοιας ρύθμισης (Shannon et al., 1987). Σύμφωνα με τους Cuartero et al. (1992), σε φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν σε διάλυμα με συγκέντρωσης 183 mM Na^+ , προκλήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του Na^+ στα φύλλα τους μέχρι τα 80-150 mM τις πρώτες 6 μέρες από την έναρξη της αλάτωσης. Η συγκέντρωση του Na^+ σταθεροποιήθηκε ανάμεσα στην 6^η και 12^η μέρα και άρχισε πάλι να αυξάνεται από την 12^η μέρα και έπειτα. Επίσης, η συγκέντρωση Na^+ δεν ήταν ομοιόμορφη στα διάφορα φύλλα. Στα νεότερα φύλλα των 3-4 ημερών παρατηρήθηκε μέτρια συγκέντρωση Na^+ κάτω των 100 mM (μη τοξική συγκέντρωση) και στα νεότερα φύλλα των 4-6 ημερών συγκέντρωση κάτω των 200 mM (González-Fernández, 1996) το οποίο είναι ενδεχομένως το τοξικό όριο για πολλά ένζυμα (Munns et al., 1983).

Η αυξημένη απορρόφηση αλάτων (NaCl) από τα φυτά ανταγωνίζεται την απορρόφηση άλλων ιόντων, όπως K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , P, με αποτέλεσμα την δημιουργία θρεπτικών ανισορροπιών. Η πρόσληψη αζώτου από τα φυτά της τομάτας δεν επηρεάστηκε από σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις NaCl (70 mM), αλλά στα 140 και 200 mM NaCl μειώθηκε στο ένα τρίτο συγκριτικά με αυτό που παρατηρήθηκε σε μη αλατούχες συνθήκες (Pessarakli and Tucker, 1988). Η συγκέντρωση NO_3^- στη ρίζα εξαρτάται σημαντικά από τη διάρκεια της έκθεσης στην αλατότητα και από το γονότυπο. Σε σύγκριση με την συγκέντρωση NO_3^- σε μη αλατούχες συνθήκες, η συγκέντρωση NO_3^- στις ρίζες των ευαίσθητων στην αλατότητα γονότυπων τομάτας διατηρήθηκε όταν εκτέθηκαν σε αυτό για μικρό σχετικά διάστημα (3 βδομάδες) και μειώθηκε όταν το διάστημα ήταν μεγάλο (10 βδομάδες), ενώ στους ανθεκτικούς γονότυπους αυξήθηκε στην πρώτη περίπτωση και διατηρήθηκε στη δεύτερη (Pérez-Alfocea et al., 1993). Η συγκέντρωση NO_3^- στα φύλλα και τους μίσχους της τομάτας μειώθηκε δραματικά εξαιτίας της αλατότητας (Cramer et al., 1995) και μόνο οι πιο ανθεκτικοί γονότυποι μπόρεσαν να διατηρήσουν τη

συγκέντρωση νιτρικού άλατος στα φύλλα τους έως τρεις εβδομάδες μετά από την αρχή της έκθεσής τους στην αλατότητα. Επίσης, χαμηλές συγκεντρώσεις K^+ στο μίσχο και μηλικού οξέος παρατηρήθηκαν στα φύλλα φυτών τομάτας που αναπτύχθηκαν σε αλατούχες συνθήκες, αντίθετα από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μη αλατούχες συνθήκες (Cramer et al., 1995).

Οι συγκεντρώσεις Ca^{2+} και K^+ στις ρίζες φυτών τομάτας που αναπτύσσονται σε αλατούχες συνθήκες τροποποιούνται σε σύγκριση με τη συγκέντρωση σε φυτά που καλλιεργούνται σε μη αλατούχες συνθήκες. Γενικά, οι συγκεντρώσεις Ca^{2+} και K^+ μειώνονται με την αλατότητα αλλά όχι σε όλους τους γονότυπους. Αύξηση της συγκέντρωσης $NaCl$ οδήγησε σε αυξημένα επίπεδα Na^+ και Cl^- και μειωμένες συγκεντρώσεις Ca^+ , K^+ και Mg^{2+} στην τομάτα (Perez-Afocea et al., 1996). Αντίθετα, οι Carvajal et al. (1999) ανέφεραν ότι η υψηλή αλατότητα δεν επηρέασε την περιεκτικότητα του Mg^{2+} στα φύλλα της πιπεριάς.

Η αλατότητα μειώνει τις συγκεντρώσεις K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} και NO_3^- στα φύλλα. Εκείνα τα φυτά τα οποία απορροφούν περισσότερο K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} και NO_3^- από το υπόστρωμα θα έχουν μικρότερες αναλογίες Na^+ / K^+ , Na^+ / Ca^{2+} και Na^+ / Mg^{2+} και μια θρεπτική ισορροπία μοιάζοντας περισσότερο στα φυτά που αναπτύσσονται σε μη αλατούχες συνθήκες (Cuartero et al., 1992, Pérez-Afocea et al., 1996).

4.4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΒΛΑΣΤΟΥ

Η πρώτη αντίδραση των γλυκοφύτων στην αλατότητα είναι η μείωση του ρυθμού αύξησής τους (Flowers, 1999), η οποία οφείλεται αρχικά στην μείωση του υδατικού δυναμικού και αργότερα στη συσσώρευση τοξικών ιόντων.

Η αλατότητα επιβραδύνει την ανάπτυξη του βλαστού της τομάτας. Στα στάδια της άνθισης και της καρποφορίας, τα φυτά της ντομάτας μπορούν να αντισταθούν στις συγκεντρώσεις $NaCl$ (El-Shourbagy and Ahmed, 1975). Παρομοίως, η ικανότητα να προσαρμοστούν στην αλατότητα παρουσιάζεται πιο έντονη στα γηραιότερα απ' ότι στα νεότερα φυτά τομάτας, καθώς φυτά

που αναπτύσσονται σε αλατούχο περιβάλλον παρουσιάζουν κατά τη διάρκεια της ζωής τους μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους του βλαστού, στο τέλος παρά στην αρχή της συγκομιδής, και μικρότερη στη συγκομιδή παρά στην αρχή της άνθισης (Cruz and Cuartero, 1990).

Το ξηρό βάρος του μίσχου και των φύλλων μειώθηκε σε αλατούχες συνθήκες και αν και στο είδος *L. esculentum* το ξηρό βάρος του μίσχου ελαττώθηκε πολύ λιγότερο απ' ό,τι το ξηρό βάρος των φύλλων (Cruz and Cuartero, 1990), σε μερικούς από τους άγριους τύπους (*L. pimpinellifolium*, *L. peruvianum*, *L. hirsutum* *L. pennellii*), οι επιδράσεις στην ανάπτυξη του μίσχου και των φύλλων είναι παρόμοιες, καθώς παρουσιάζεται μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κάτω των 6 dS m^{-1} και στα δύο μέρη του φυτού (Bolarín et al., 1991). Σύμφωνα με τους Cruz and Cuartero (1990), η μείωση του ξηρού βάρους των φύλλων δεν φαίνεται να προκλήθηκε από τη μείωση του αριθμού των φύλλων, αλλά από τη μείωση της φυλλικής επιφάνειας, η οποία μπορεί να παρουσιάσει μεγαλύτερη μείωση αναλογικά με το ξηρό βάρος του βλαστού (van Ieperen, 1996). Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας φαίνεται να σχετίζεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φυλλικής περιοχής (van Ieperen, 1996).

Η μείωση της ανάπτυξης των φύλλων έχει συσχετισθεί με την μείωση της σπαργής των κυττάρων και τη μείωση του βαθμού φωτοσύνθεσης. Η αλατότητα προκαλεί μια ξαφνική πτώση του υδατικού δυναμικού των φύλλων, το οποίο δεν εξισορροπείται άμεσα από την πιο αργή μείωση του ωσμωτικού δυναμικού των φύλλων. Σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απότομη μείωση (ίσως μόνο για λίγα λεπτά) του βαθμού ανάπτυξης των φύλλων (Sacher and Staples, 1985, Yeo et al., 1991).

Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώνεται υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας, αλλά μπορεί να μην είναι αυτή η αιτία της μείωσης του ρυθμού της διαστολής των κυττάρων. Ειδικότερα, η ανάπτυξη μπορεί να μειωθεί με ταχύτερους ρυθμούς και σε μικρότερες συγκεντρώσεις νατρίου στα φύλλα απ'

ότι η φωτοσύνθεση (Yeo et al., 1991, Alarcón et al., 1994). Επίσης, η ανάπτυξη μπορεί να μειωθεί περισσότερο απ' ό,τι η φωτοσύνθεση σύμφωνα με μακροχρόνιες μελέτες (Seemann and Critchley, 1985). Η τομάτα μπορεί να αντέξει ως ένα βαθμό τη μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης χωρίς να υπάρχουν επιδράσεις στην ανάπτυξη και την καρποφορία. Αν η μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης προκαλείται από την αλατότητα, η οποία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης, μπορεί να αντιμετωπιστεί περιορίζοντας την αφαίρεση των φύλλων και των πλευρικών βλαστών που συνηθίζεται στην καλλιέργεια.

4.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η τομάτα *L. esculentum* χαρακτηρίζεται ως «μέτριας ευαισθησίας» στην αλατότητα που σημαίνει ότι αντέχει σε ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους έως $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ χωρίς καθόλου μείωση της παραγωγής (Maas, 1986). Όταν ποτίζουμε με φρέσκο νερό και λιπαίνουμε σε φυσιολογικά επίπεδα ($170\text{-}350 \text{ kg N ha}^{-1}$, 180 kg P ha^{-1} , 250 kg K ha^{-1}), η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ $1,6$ και $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ (Mitchell et al., 1991, Saranga et al., 1991). Όταν οι τομάτες αναπτύσσονται υδροπονικά, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος που συχνά υπάρχει ($7,0 \text{ mM K}^+$, $4,0 \text{ mM Ca}^{2+}$, $2,5 \text{ mM Mg}^{2+}$, $1,5 \text{ mM NH}_4^+$, $12,0 \text{ mM NO}_3^-$, $1,5 \text{ mM PO}_4^{3-}$, $4,0 \text{ mM SO}_4^{2-}$ συν ιχνοστοιχεία) κυμαίνεται μεταξύ $2,0$ και $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (van Ieperen, 1996, Cuartero and Soria, 1997). Συνεπώς, ακόμα και σε φυσιολογικές συνθήκες ανάπτυξης, το διάλυμα της ρίζας έχει τέτοια ηλεκτρική αγωγιμότητα που η παραγωγή μπορεί να αρχίσει να μειώνεται. Γι' αυτό το λόγο, οποιαδήποτε αύξηση της αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιείται κατά την άρδευση, έστω και μικρή, αναμένεται να προκαλέσει τη μείωση της καλλιέργεια παραγωγής (Pasternak et al., 1979, Cuartero and Soria, 1997).

Οι Ehret και Ho (1986) και Adams (1986) σε πειράματα που πραγματοποίησαν στην τομάτα, δεν κατέγραψαν καμία σημαντική μείωση της παραγωγής σε συγκέντρωση αλάτων άνω των 7 dS m^{-1} εξαιτίας ίσως της

χαμηλής έντασης του φωτός και της σχετικά υψηλής υγρασίας στα πειράματά τους. Η αλατότητα που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας ή στις ανοιξιότικες και καλοκαιρινές καλλιέργειες προκαλεί μεγαλύτερη μείωση της παραγωγής απ' ό,τι κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε φθινοπωρινές καλλιέργειες (van Ieperen, 1996) επειδή οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες, η μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία και τα σχετικά χαμηλά ποσοστά υγρασίας μειώνουν το υδατικό δυναμικό την περίοδο του καλοκαιριού στο φυτό προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο ταχύτερη διαπνοή. Παράλληλα με την γρήγορη διαπνοή, η υψηλή αλατότητα επίσης μειώνει το υδατικό δυναμικό του φυτού, το οποίο θα μειώσει τη ροή του νερού στον καρπό και συνεπώς το ρυθμό διαστολής του καρπού (Johnson et al., 1992).

Μέχρι σήμερα, έχουν γίνει προσπάθειες διερεύνησης της επίδρασης της αλατότητας στην παραγωγή των φυτών της τομάτας με σκοπό: 1) να προβλεφθεί η παραγωγή σε διαφορετικές συνθήκες αλατότητας και 2) να συγκριθεί η ανθεκτικότητα των διαφορετικών ποικιλιών στην αλατότητα. Η επίδραση της αλατότητας στην παραγωγή μπορεί να περιγραφεί από το μοντέλο των Maas and Hoffman (1977) το οποίο εισάγει δύο παραμέτρους: α) την οριακή τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας t για άριστη παραγωγή (salinity threshold value) και β) το ρυθμό s με τον οποίο μειώνεται η παραγωγή για τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεγαλύτερες από t (salinity yield decrease). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, αποδεικνύεται ότι η παραγωγή μειώνεται γραμμικά όταν η αγωγιμότητα στην περιοχή της ρίζας αυξάνεται πάνω από το όριο t . Σύμφωνα με το με το παραπάνω μοντέλο, υπάρχει ένα λεπτό όριο μεταξύ των 2,0 και 2,5 $dS\ m^{-1}$ και μια μείωση της παραγωγής της τομάτας από 9% έως 10%, με αύξηση 1 $dS\ m^{-1}$ πάνω από το όριο.

Σε υπαίθριες καλλιέργειες τομάτας, η μείωση της παραγωγής για μια δεδομένη EC του νερού που χρησιμοποιείται κατά την άρδευση είναι μικρότερη απ' ό τι σε υδροπονικές καλλιέργειες, καθώς η αλατότητα αργεί να απορροφηθεί από το έδαφος. Για παράδειγμα, οι Mitchell et al. (1991) παρατήρησαν ότι μετά από 12 εβδομάδες (αντιστοιχεί στο ½ του χρόνου που διαρκεί η καλλιέργεια της τομάτας) άρδευσης με νερό αγωγιμότητας $8,1 \text{ dS m}^{-1}$, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ήταν μόνο $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ σε βάθος 30 εκ. και $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ σε βάθος 60 εκ. Επιπροσθέτως, οι Papadopoulos και Rendig (1983a) απέδειξαν ότι όταν υπάρχει ετερογενής αλατότητα στο έδαφος, οι ρίζες πολλαπλασιάζονται με ταχύτατους ρυθμούς στις λιγότερο αλατούχες περιοχές του εδάφους.

Οι Ehret and Ho (1986) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας (NFT system), παρατήρησαν ότι η αλατότητα δεν επηρέασε τη φυσιολογική κατανομή της ξηράς ουσίας ανάμεσα στους καρπούς, τους βλαστούς και τις ρίζες (περίπου 52%, 44% και 4%, αντίστοιχα), ακόμα και όταν παρατηρήθηκε μείωση της παραγωγής που πλησίασε το 25% συγκριτικά με το μάρτυρα. Ειδικότερα, με μεγαλύτερη μείωση της παραγωγής, η αναλογία της ξηράς ουσίας του καρπού μειώθηκε και η ξηρή ουσία του βλαστού και της ρίζας αυξήθηκε. Η παραγωγή μπορεί να παρουσιάσει μείωση εξαιτίας του μειωμένου μέσου βάρους του καρπού ή/ και εξαιτίας της μείωσης της ποσότητας των καρπών που παράγονται από το φυτό. Συγκεκριμένα, όταν υπάρχει σχετικά χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η μείωση της παραγωγής που παρατηρείται οφείλεται κυρίως στην μείωση του μέσου βάρους του καρπού, ενώ η ποσότητα των καρπών παραμένει η ίδια. Αντίθετα, όταν υπάρχει υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης της παραγωγής εξηγείται από τη μείωση που παρατηρείται στην ποσότητα των καρπών (van Iepern, 1996, Cuartero and Soria, 1997). Οι διαφορές στην παραγωγή μεταξύ φυτών που αναπτύσσονται σε αλατούχες και μη αλατούχες συνθήκες είναι πιο έντονη, καθώς η περίοδος της συγκομιδής προχωρά. Αυτό συμβαίνει κυρίως εξαιτίας της μείωσης του μεγέθους των καρπών τις 4 πρώτες εβδομάδες της συγκομιδής, στη συνέχεια όμως, μειώνεται και η ποσότητα των καρπών.

Σύμφωνα με τους González-Fernando and Cuartero (1993) στην τομάτα, η άρδευση με νερό ηλεκτρικής αγωγιμότητας $5-6 \text{ dS m}^{-1}$ προκάλεσε 10% μείωση του βάρους του καρπού, ενώ όταν χρησιμοποιήθηκε νερό αγωγιμότητας 8 dS m^{-1} προκλήθηκε μια μείωση 30% και περίπου 40% σε μεγαλύτερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Επειδή οι παραγωγοί επιλέγουν τις ποικιλίες της τομάτας ανάλογα με το μέγεθος του καρπού που απαιτούν οι καταναλωτές, οι ποικιλίες που προορίζονται να αναπτυχθούν υπό αλατούχες συνθήκες πρέπει να δίνουν σημαντικά μεγαλύτερους καρπούς για να αντισταθμίσουν την απώλεια βάρους που θα προκαλέσει η αλατότητα. Παρ' όλα αυτά, η στρατηγική αυτή είναι ανώφελη όταν χρησιμοποιείται αρδευτικό νερό με αγωγιμότητα ίση ή άνω των 8 dS m^{-1} , αφού η μείωση της παραγωγής θα καταστήσει τη καλλιέργεια μη επικερδή. Δεν μειώνεται όμως σε όλες τις ποικιλίες τομάτας το μέγεθος του καρπού στον ίδιο βαθμό. Γενικά, όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του καρπού, τόσο πιο ασήμαντη μείωση προκαλεί η αλατότητα στο μέγεθός του (Cruz, 1990) και επίσης, τόσο πιο μικρή μείωση προκαλείται στην παραγωγή (Caro et al., 1991).

Τέλος, η παραγωγή των ανθέων σε φυτά τομάτας που αναπτύσσονται σε συνθήκες αλατότητας, θα αντιμετώπιζε δυσκολίες. Η μείωση της άνθησης υπό αλατούχες συνθήκες μπορεί να οφείλεται στο περιορισμένο απόθεμα νερού πριν και κατά τη διάρκεια της έναρξης της ανθοφορίας (Saito and Ito, 1974), καθώς επίσης και στην περιορισμένη ποσότητα καλίου (Besford and Maw, 1975) και φωσφόρου (Menary and van Stalen, 1976).

4.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΑΡΠΟΥ

Σήμερα είναι ευρέως γνωστό ότι οι καρποί των φυτών τομάτας που αναπτύσσονται υπό αλατούχες συνθήκες έχουν καλύτερη «ποιότητα». Ο όρος «ποιότητα» είναι μάλλον αόριστος, αλλά μπορεί να οριστεί συγκεκριμένα ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται ο καρπός και ανάλογα τον καταναλωτή. Διάφορα χαρακτηριστικά, όπως είναι τα ολικά διαλυτά στερεά, τα σάκχαρα, η οξύτητα και το pH αποτελούν σημαντικές ποιοτικές

παραμέτρους, τόσο για τη αγορά φρέσκων λαχανικών, όσο και για την μεταποίησή τους. Άλλα χαρακτηριστικά, όπως η γεύση και η διάρκεια αποθήκευσης είναι περισσότερο σημαντικά μόνο για την αγορά φρέσκων προϊόντων. Τέλος, η αλατότητα προκαλεί ξηρή σήψη της κορυφής των καρπών τομάτας, καθιστώντας τους ακατάλληλους για την αγορά φρέσκων προϊόντων, αλλά και για τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων.

Η περιεκτικότητα των καρπών τομάτας σε ολικά διαλυτά στερεά είναι ίσως το πιο σημαντικό κριτήριο όσον αφορά την ποιότητα κατά την επεξεργασία του τοματοπολτού και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό της τιμής με την οποία θα πληρωθεί ο παραγωγός. Τα ολικά διαλυτά στερεά, τα οποία υπολογίζονται σύμφωνα με το δείκτη διάθλασης ($^{\circ}\text{Brix}$), αυξάνονται στους άγουρους καρπούς με την αλατότητα και γι' αυτό το λόγο προτείνεται η άρδευση με νερό μέτριας αλατότητας ($3-6 \text{ dS m}^{-1}$), ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα του καρπού (Mizrahi et al., 1988). Ωστόσο, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί όταν χρησιμοποιείται αλατούχο νερό, καθώς όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ίση ή μεγαλύτερη των $2,0-2,5 \text{ dS m}^{-1}$ αναμένεται μείωση της παραγωγής κατά 10% ανά επιπρόσθετη μονάδα dS m^{-1} (Saranga et al., 1991). Σύμφωνα με τους Cuartero and Fernandez-Munoz (1999), στα υβρίδια «Daniela» και «Rambo», η αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών σε ποσοστό 10,5% ανά επιπρόσθετη μονάδα dS m^{-1} και συνεπώς η παραγωγικότητα σε όρους ποιότητας και ποσότητας (σε ολικά διαλυτά στερεά και σε τόνους) παρέμειναν σχεδόν αναλλοίωτες μεταξύ $2,5$ και $8-9 \text{ dS m}^{-1}$, αλλά δημιουργήθηκε συσσώρευση αλάτων στο έδαφος που θα επηρεάσει τις επόμενες σοδειές.

Οι Mizrahi et al. (1988) δεν εντόπισαν κάποια σχέση μεταξύ της γεύσης και των ολικών διαλυτών στερεών ή σακχάρων, όμως οι καρποί τομάτας που αναπτύχθηκαν υπό αλατούχες συνθήκες είχαν καλύτερη γεύση από τους καρπούς που αναπτύχθηκαν με φρέσκο νερό και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι: «η γεύση δεν είναι πάντα αποτέλεσμα εξ' ολοκλήρου της λειτουργίας των σακχάρων, αλλά μπορεί να οφείλεται επίσης και στα συστατικά των καρπών που αναπτύχθηκαν υπό την επίδραση των αλάτων».

Η γεύση των καρπών της τομάτας συμπεριλαμβάνει και την αντίληψη εκείνη της γεύσης που αφορά στην επιρροή της από αρώματα διάφορων χημικών συστατικών. Τα σάκχαρα και τα αμινοξέα των καρπών είναι σημαντικοί παράγοντες για τη γλυκύτητα, την οξύτητα και τη γεύση (Stevens et al., 1977). Σύμφωνα με τους Davies and Hobson (1981), περίπου το 50% της ξηράς ουσίας του καρπού της τομάτας αποτελείται από σάκχαρα (γλυκόζη 22%, φρουκτόζη 25% και σακχαρόζη 1%) και το 13% από οργανικά αμινοξέα (κιτρικό οξύ 9% και μηλικό 4%). Πιο σημαντικοί παράγοντες για τη γλυκύτητα και την οξύτητα είναι η φρουκτόζη και το κιτρικό οξύ, παρά η γλυκόζη και το μηλικό οξύ, αντίστοιχα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων σε συνδυασμό με τη σχετικά υψηλή ποσότητα αμινοξέων έχουν ως αποτέλεσμα την καλύτερη γεύση. Αντίθετα, η μικρή ποσότητα σακχάρων και η υψηλή ποσότητα αμινοξέων στις τομάτες δημιουργούν μια όξινη γεύση, η υψηλή ποσότητα σακχάρων και η μικρή ποσότητα αμινοξέων δημιουργούν μια ήπια γεύση, ενώ η μικρή ποσότητα και των δύο έχει ως αποτέλεσμα έναν άγευστο καρπό (Grierson and Kader, 1986). Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής ανάπτυξης των καρπών της τομάτας παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης φρουκτόζης και γλυκόζης. Η συγκέντρωση της σακχαρόζης παραμένει χαμηλή και ομαλή. Παρατηρείται επίσης μια συγκέντρωση αμύλου που φτάνει στο ανώτατο όριο 30-40 μέρες μετά από την άνθηση και έπειτα παρουσιάζει μια δραματική μείωση που φτάνει στον άγουρο καρπό σχεδόν στο 0 (50-60 μέρες μετά την άνθηση).

Οι καρποί της τομάτας που αναπτύσσονται σε συνθήκες αλατότητας παρουσιάζουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανικά αμινοξέα και υψηλότερη ολική οξύτητα απ' ό,τι οι καρποί που αναπτύσσονται με φρέσκο νερό (Mitchell et al., 1991). Η συσσώρευση αμινοξέων στον καρπό της τομάτας φαίνεται να αντισταθμίζει την υπερβολική ποσότητα κατιόντων (K^+ και Na^+) σε σχέση με τα ανιόντα (Cl^- και SO_4^{2-}), διατηρώντας έτσι το pH (πραγματική οξύτητα) του καρπού (η διαφορά μεταξύ των κατιόντων και των ανιόντων είναι μεγαλύτερη στους καρπούς που έχουν εκτεθεί στην αλατότητα και γι' αυτό το λόγο παρουσιάζεται μεγαλύτερη συγκέντρωση οργανικών αμινοξέων στους καρπούς των φυτών που έχουν αναπτυχθεί υπό αλατούχες

συνθήκες) (Davies, 1964). Αν και είναι γενικά αποδεκτό ότι η γεύση της τομάτας καθορίζεται από το λόγο σακχάρων / αμινοξέων, αυτό το γεγονός δεν έχει ακόμα πιστοποιηθεί. Τα σάκχαρα και τα οργανικά αμινοξέα προβλέπονται με ακρίβεια από το δείκτη διάθλασης ($^{\circ}\text{Brix}$) και την ολική οξύτητα, αντιστοίχως. Τα οργανικά αμινοξέα και, σε μικρότερο βαθμό, τα σάκχαρα αυξάνονται με την αύξηση της αλατότητας από 2 έως 9 dS m^{-1} .

Η διάρκεια ζωής (Mizhari, 1982) και η συνεκτικότητα του καρπού τομάτας (Sharaf and Hobson, 1986) μειώνονται σε συγκεντρώσεις άνω των 100 mM NaCl, ενώ σε μικρότερες συγκεντρώσεις (50 mM NaCl), η διάρκεια ζωής του καρπού (Mizrahi, 1982) και η συνεκτικότητά του (Cuartero et al., 1996a) παραμένουν αναλλοίωτες. Οι καρποί των φυτών που έχουν αναπτυχθεί σε αλατούχες συνθήκες απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα κατά τη συλλογή, συσκευασία και μεταφορά, καθώς μπορούν να προκληθούν φθορές οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή CO_2 και αιθυλενίου, απ' ό,τι στους καρπούς που έχουν αναπτυχθεί σε μη αλατούχες συνθήκες (Hobson, 1988).

Η ποιότητα των καρπών των ντοματών που αναπτύσσονται σε αλατούχες συνθήκες επηρεάζεται αντίστροφα από την εμφάνιση της ξηρής σήψης της κορυφής του καρπού (Blossom-end rot, BER). Η σήψη της κορυφής (Blossom-end rot, BER) είναι μία φυσιολογική ανωμαλία που εμφανίζεται στους καρπούς της τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.), της πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.), της μελιτζάνας (*Solanum melongena* L.) και του καρπουζιού [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun & Nakai] (Taylor and Locascio, 2004). Ιδιαίτερα συνηθισμένη όμως είναι κυρίως στην τομάτα και την πιπεριά.

Τα πρώτα συμπτώματα της ξηρής σήψης της κορυφής (BER) στους καρπούς της πιπεριάς είναι η εμφάνιση μικρών καστανών νεκρωτικών περιοχών (στεγνή ξήρανση) στους ιστούς του περικάρπιου, στο αντίθετο του ποδίσκου άκρο (Marcellis and Ho, 1999) ή στα πλάγια.

Σύμφωνα με τον Adams (2002) η ξηρή σήψη της κορυφής προκαλείται από τους παράγοντες εκείνους οι οποίοι εμποδίζουν την απορρόφηση του Ca ή την κατανομή του στους καρπούς. Αναφέρεται ότι η συμπεριφορά του

Ca μεταβάλλεται από διάφορα αίτια όπως: υψηλή αλατότητα (Taylor and Locascio, 2004), υψηλή συγκέντρωση Mg, NH₄ και /ή K στο περιβάλλον της ρίζας (Adams, 2002), υψηλή θερμοκρασία αέρα, υψηλή ακτινοβολία, χαμηλή θερμοκρασία εδάφους και ατμοσφαιρική υγρασία και χαμηλή συγκέντρωση Ca στο περιβάλλον των ριζών (Taylor and Locascio, 2004).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Κωνσταντινίδου, Ε.Ι.Α., 2003. Φυσιολογία αβιοτικών καταπονήσεων. Εκδόσεις Reprotime A.E., Θεσσαλονίκη.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Σάββας, Δ. 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Σινάνης, Κ., 2003. Διαχείριση εδαφών. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.
- Σινάνης, Κ., 2003. Εδαφολογία. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν., 2006. Υδροπονικές εγκαταστάσεις. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
- Παναγιωτόπουλος, Λ.Ι., 1995. Τομάτα θερμοκηπίου. Αφιέρωμα Λίπανση-Θρέψη, Γεωργική τεχνολογία, 94-95.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Abrisqueta, J.M., Hernansaenz, A., Alarcon, J.J., Lozano, .MA-, 1991. Dinámica del sistema radicular de dos genotipos de tomate en invernadero en riego por goteo sometidos a estrés salino. *Suelo y Planta* 1, 351-361.
- Adams, P., 2002. Nutritional control in Hydroponics. *In: Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals* (D. Savvas and H.C Passam. eds.). Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211-261.
- Adams, P., Ho, L.C., 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Horticulturae* 412, 374-387.
- Adams, P., Ho, L.C., 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom end rot in relation to salinity. *J. Horti. Sci.* 67, 827-839.
- Adams, P., 1986. The test of raised salinity. *Horticulture Now* 1986, 23-27.
- Alarcón, J.J., Sánchez-Blanco. M.J., Bolarín, M.C., Torrecillas, A., 1994. Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant Soil* 166, 75-82.
- Allagui, M.B., Cruz. V., Cuartero J. 1987. Tolerancia del tomate y especies afines a la germinación en agua salada. *Actas de las VI Jornadas de Selección y Mejora de Plantas Hortícolas, Murcia*, pp. 69-75.
- Ayers, A.D., 1952. Seed germination is affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.* 44, 82-84.
- Belda, R., Ho, L.C., 1993. Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *J. Horti. Sci.* 68, 557-564.
- Berrie, A.M.M., Drennan, D.S.H., 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytologist* 70, 135-142.
- Besford, R.T., Maw, G.A., 1975. Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant Soil* 42, 395-412
- Bewley, J.D., Black.M., 1982. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*, vol. 2. Springer, Berlin, p. 375.

- Bolarín, M.C., Santa-Cruz, A., Cayuela, E., Pérez-Alfocea, P., 1995. Short-term solute changes in leaves of cultivated and wild tomato seedlings under salinity. *J. Plant Physiol.* 147, 463-468.
- Bolarín, M.C., Fernández, F.G., Cruz, V., Cuartero, J., 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield salinity response curves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116, 286-290.
- Caro, M., Cruz, V., Cuartero, J., Estañ, M.T., Bolarín, M.C., 1991. Salinity tolerance of normal and cherry tomato cultivars. *Plant Soil* 136, 249-255.
- Carvajal, M., Martínez, V., Alcaraz, C.F., 1999. Physiological function of water channels as affected by salinity in roots of paprika pepper. *Physiol. Plant.* 105, 95-101.
- Cram, W.J., 1983. Chloride accumulation as a homeostatic system: set points and perturbation. *J. Exp. Bot.* 34, 1484-1502.
- Cramer, M.D., Lips, S. H., 1995. Enriched rhizosphere CO₂ concentrations can ameliorate the influence of salinity on hydroponically grown tomato plants. *Physiologia Plantarum* 94, 425-432.
- Cramer, M.D., Schierholt, A., Wang, Y.Z., Lips, S.H., 1995. The influence of salinity on the utilization of root anaplerotic carbon and nitrogen metabolism in tomato seedlings. *J. Exp. Bot.* 46, 1569-1577.
- Cruz, V., 1990. Tolerancia a la salinidad y criterios de selección en *Lycopersicon* Mill. spp. Ph.D. thesis, Universidad de Málaga, p. 484.
- Cruz, V., Cuartero, J., Bolarín, M.C., Romero, M., 1990. Evaluation of characters for ascertaining salt stress responses in *Lycopersicon* species. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115, 1000-1003.
- Cruz, V., Cuartero, J., 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). In: Cuartero, J., Gomez-Guillamon, M.L., Fernandez-Munoz, R., (Eds.), *Eucarpia Tomato 90, Proc. XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding*, Malaga, Spain, pp. 81-86.
- Cruz, V., Cuartero, J., 1989. Desarrollo vegetativo de cuatro especies de *Lycopersicon* en condiciones de estrés salino. *Actas de Horticultura* 3, 15-20.
- Cuartero, J., Baena, J., Soria, T., Fernández-Muñoz, R., 1996. Evolución de la dureza del fruto del tomate, como un componente de la calidad, en cultivares de larga duración y normales cultivados en 5 concentraciones salinas. *Actas de Horticultura*, 13, 59-65.
- Cuartero, J., Yeo, A.R., Flowers, T.J., 1992. Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. *New Phytologist* 121, 63-69.
- Cuartero, J., Soria, T., 1997. Productividad de tomates cultivados en condiciones salinas. *Actas de Horticultura* 16, 214-221.
- Davies, J.N., 1964. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the non-volatile organic acids of tomato fruit. *J. Sci. Food and Agric.* 15, 665-673.
- Davies, J.N., Hobson, G.E., 1981. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC. Critical Rev. Food Sci. Nutri.* 15, 205-280.
- Dhakal, U., Salokhe, V., Tantau, H. and Max, J., 2005. Development of a greenhouse nutrient recycling system for tomato production in humid

- tropics. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript BC 05 008. Vol VII, October, 2005.
- Dudley, L.M., 1994. Salinity in the soil environment. *In: Pessaraki (ed.), Handbook of Plant and Crop Stress*, Marcel Dekker, New York, pp. 13-30.
- Dumbroff, E.B., Cooper, A.W., 1974. Effects of salt stress applied in balanced nutrient solutions at several stages during growth of tomato. *Botanical Gazette* 135, 219-224.
- Ehret, D.L., Ho, L.C., 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Hort. Sci.* 61, 361-367.
- El-Shourbagy, M.N. Ahmed, A.M., 1975. Responses of two varieties of tomato to abrupt and gradual short-period sodium chloride exposure. *Plant Soil* 42, 255-271.
- Flowers, T.J., 1999. Salinisation and horticultural production. *Sci. Hort.* 78, 1-4.
- Flowers, T.J., Flowers, S.A., Greenway, H., 1986. Effects of sodium chloride on tobacco plants. *Plant Cell Environ.* 9, 645-651.
- Foolad, M.R., Lin, G.Y., 1997. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon species*. *HortScience* 32, 296-300.
- Franco, J.A., Fernández, J.A., Bañón, S., González, A., 1997. Relationship between the effects of salinity on seedling leaf area and fruit yield of six muskmelons cultivars. *Hort. Sci.* 32, 642-647.
- Frota, J.N.E., Tucker, T.C., 1978. Absorption rates of ammonium nitrate by red kidney beans under salt and water stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 753-756.
- Gao, Z., Sagi, M., Lips, M., 1996. Assimilate allocation priority as affected by nitrogen compounds in the xylem sap of tomato. *Plant Physiol. Biochem.* 34, 807-815.
- González-Fernández, J.J., 1996. Tolerancia a la salinidad en el tomate en estado de plántula y en planta adulta. Tesis doctoral. Córdoba University, 269 pp.
- González-Fernández, J.J., Cuartero, J., 1993. Evolución de la producción de cuatro entradas de tomate cultivadas con sal. *Actas de Horticultura* 10, 1067-1072.
- Grattan, S.R., Grieve, C. M., 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environment. *Agr. Ecosyst. Environ.* 38, 275-300.
- Grierson, D. Kader, A.A., 1986. Fruit ripening and quality. *In: Atherton, J.G., Rudich, J. (Eds.), The Tomato Crop. A Scientific Base for Improvement*. Chapman & Hall, London, pp. 241-280.
- Günes, A., Inal, A., Alpaslan, M., 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19, 389-396.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J., 2000. Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hort. Sci.* 21, 1317-1324.

- Hawkins, H.J., Lewis, O.A.M., 1993. Effect of NaCl salinity, nitrogen form, calcium and potassium concentration on nitrogen uptake and kinetics in *Triticum aestivum* L. cv. Gametos. *New Phytologist* 124, 171-177.
- Hobson, G.E., 1988. Pre- and post-harvest strategies in the production of high quality tomato fruit. *Appl. Agric. Res.* 3, 282-287.
- Hocking, P.J., Steer, B.T., 1994. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Ann. Bot.* 73, 315-324.
- Itoh, K., Nakamura, Y., Kawata, H., Yamada, T., Ohta, E., Sakata M., 1987. Effect of osmotic effect on turgor pressure in mung bean root cells. *Plant Cell Physiol.* 28, 987-994.
- Johnson, R.W., Dixon, M.A., Lee, D.R., 1992. Water relations of the tomato fruit during growth. *Plant Cell Environ* 15, 947-953.
- Jones, R.A., 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica* 35, 575-582.
- Katsuhara, M., Kawasaki, T., 1996. Salt stress induced nuclear and DNA degradation in meristematic cells of barley roots. *Plant Cell Physiol.* 37, 169-173.
- Lazof, D., Lauchli, A., 1991. The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca saliva* as affected by NaCl salinization: an electron-probe microanalytic study. *Planta* 184, 334-342.
- Maas, E.V., Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division. Am. Soc. Civil Eng.* 103(IR2), 116-134
- Maas, E.V., 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1, 12-26.
- Maloupa, E., 2002. Hydroponic Systems. In: *Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals* (D. Savvas and H.C Passam. eds.). Embryo Publications, Athens, Greece, pp.143-178
- Marcellis, L.F.M., Ho, L.C., 1999. Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Exp. Bot.* 50, 357-363.
- Menary, R.C., van Stalen, J., 1976. Effects of phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in the tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Austr. J. Plant Physiol.* 3, 201-205.
- Mitchell, J.R., Shennan, C., Grattan, S.R., JvlayJD.M., 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 116, 215-221.
- Mizrahi, Y., Taleisnik, E., Kagan-Zur, V., Zohar Y., Offenbach, R., Matan E., Golan, R., 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 113, 202-205.
- Mizrahi, Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* 69, 966-970.
- Munns, R., Gardner, P.A., Tonnet, M.L., Rawson, H.M., 1988. Growth and development in NaCl- treated plants. II. Do Na⁺ or Cl⁻ concentrations in dividing or expanding tissues determine growth in barley? *Austr. J. Plant Physiol.* 15, 529-540.
- Munns, R., Green way, H., Kirst, G.O., 1983. Halotolerant eukaryotes, In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Zeigler, H. (Eds.), *Physiological Plant Ecology II. Responses to the Chemical and Biological Environment*,

- Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. Springer, Berlin, vol. 12C, pp. 59-135.
- Nanawati, G.C., Maliwal, G.L., 1974. Note on the effect of salts on the growth, mineral nutrition and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Indian J. Agric. Sci. 43, 612-614.
- Papadopoulos, I., Rendig, V.V., 1983. Tomato plant response to salinity. Agron. J. 75, 696-700.
- Pasternak, D., Twersky, M., De Malach, Y., 1979. Salt resistance in agricultural crops. In: Mussell, H., Staples, R.C. (Eds.), Stress Physiology in Crop Plants. Wiley, New York, pp. 127-142.
- Pérez-Alfocea, R., Balibrea, M.E., Santa Cruz, A., Estañ, M.T. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. Plant Soil 180, 251-257
- Perez-Alfocea, F., Balibrea, M.E., Santa Cruz, A., Estan, M.T., 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. Plant and Soil 180, 251-257.
- Pérez-Alfocea, F., Estañ, M.T., Santa Cruz, A., Bolarín, M.C.: 1993. Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. I. Horti. Sci. 68, 1021-1027.
- Pessaraki, M., Tucker, T.C., 1985. Uptake of nitrogen-15 by cotton under salt stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 149-152
- Pessaraki, M., Tucker, T.C., 1988. Dry matter yield and nitrogen-15 uptake by tomatoes under sodium chloride stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 698-700.
- Rengel, Z., 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environ. 15, 625-632.
- Richards, R.A., 1983. Should selection for yield in saline conditions be made on saline or nonsaline soils? Euphytica 32, 413-438.
- Rodríguez, P., Dell'Amico, J., Morales, P., Sánchez-Bianco, M.J., Alarcón J.J., 1997. Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. J. Agric. Sci. 128, 439-444.
- Rush, D.W., Epstein, E., 1981. Comparative studies on the sodium, potassium, and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. Plant Physiol. 68, 1308-1313.
- Sacher, R.F., Staples, R.C., 1985. Inositol and sugars in adaptation of tomato to salt. Plant Physiol. 77, 206-210.
- Sacher, R.F., Staples, R.C., Robinson, R.W., 1982. Saline tolerance in hybrids of *Lycopersicon esculentum* x *Solanum pennellii* and selected breeding lines. In: San Pietro, A., (Ed.), Biosaline Research: A Look to The Future. Plenum, New York, pp. 325-336.
- Saito, T., Ito, H., 1974. Studies on the growth and fruiting in tomato X. Effects of early environmental conditions and cultural treatments on the morphological and physiological development of flower and flower drop 2. Effect of watering, defoliation and application of gibberellin. J. Jpn. Soc. Horti. Sci. 36, 281-289.
- Saranga, Y., Zaimir, D., Marani, A., Rudich, J., 1991. Breeding tomatoes for salt tolerance: field evaluation of *Lycopersicon* germplasm for yield and dry-matter production. J. Am. Soc. Horti. Sci. 116, 1067-1071.

- Savvas, D., 2002. Nutrient Solution Recycling. *In: Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals* (D. Savvas and H.C Passam_eds.). Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 229-343.
- Savvas, D., Lenz, F., 1996. Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Angew. Bot.* 70, 124-127.
- Seemann, J.R., Critchley, C., 1985. Effect of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta* 164, 151-162.
- Shalhevet, J., Maas, E.V., Hoffman, G.J., Ogata, G., 1976. Salinity and hydraulic conductance of roots. *Physiologia Plantarum* 38, 224-232.
- Shannon, M.C., Gronwald, J.W., Tal, M., 1987. Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions In cultivated and wild species. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 1 12, 416-423.
- Sharaf, A.R., Hobson, G.E., 1986. Effect of salinity on the yield and quality of normal and nonripening mutant tomatoes. *Acta Horticulturae* 190, 175-181.
- Snapp, S.S., Shennan, C., 1992. Effects of salinity in root growth and death dynamics of tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. *New Phytologist* 121, 71-79.
- Snapp, S.S., Shennan, C., 1994. Salinity effects on root growth and senescence in tomato and the consequences for severity of phytophthora root rot infection. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 1 19, 458- 463.
- Sonneveld C., 1995. Fertigation in the greenhouse industry. *In: Proc. Dahlia. Greidiner, Int. symp. On Fertigation, Technion Institute of technology, Haifa, Israel.* 121-140.
- Sonneveld, C and. Voogot W., 1990. Responses of tomatoes to an unequal distribution of nutrients in the root zone. *In Van Beusichem, M.L.(ed). Plant Nutrition-Phisicology and Aplications. Kluwer academic publishers: pp 509-514*
- Sonneveld, C., 2002. Composition of nutrient solutions. *In: Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals* (D. Savvas and H.C Passam. eds.). Embryo Publications, Athens, Greece, pp.179-210.
- Sonneveld, C., Van Der Burg, A.M.M., 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands J. Agric. Sci.* 39, 115 – 122.
- Soria, T, Cuartero, J., 1997. Tomato fruit yield and water consumption with salty water irrigation. *Acta Horticulturae* 458, 215-219.
- Stevens, M.A., Kader, A. A., Albright-Holton, M., Algazi, M., 1977. Genotypic variation for flavour and composition in fresh market tomatoes. *J. Am.Soc. Horti.Sci.*102,680-689
- Stirzaker, R.J., Hayman, P.T., Sutton, E.G., 1997. Misting of tomato plants improves leaf water status but not leaf growth. *Austr. J. Plant Physiol.* 24, 9-16.
- Subbarao. G.V., Johansen, C., Jana, M.K., Kumar Kao, J.V., 1990. Effects of sodium/calcium ratio in modifying salinity responses of pigeon pea (*Cajanus cajan*). *J. Plant Physiol.* 136, 439-443.

- Suhayda, C.G., Giannini, J.L., Briskin, D.P., Shannon, M.C., 1990. Electrostatic changes in *Lycopersicon esculentum* root plasma membrane resulting from salt stress. *Plant Physiol.* 93, 471-478.
- Tal, M., 1971. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. peruvianum* and *L. esculentum minor* to sodium chloride solution. *Austr. J. Agric. Res.* 22, 631-638.
- Taleisnik, E., 1989. Salt tolerance in tomato: sodium accumulation, uptake and recirculation in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii*. In: *Int. Symp. Integrated Manage. Practices for Tomato and Pepper Production in the Tropics*. Taiwan, pp. 166-173.
- Taylor, A.G., Motes, J.E., Kirkham, M.B., 1982. Osmotic regulation in germinating tomato seedlings. *J. Am. Soc. Horti Sci.* 107, 387-390
- Van leperen, W., 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. *J. Horti. Sci.* 71, 99-111.
- Yang, Y.W., Newton, R.J., Miller, F.R., 1990. Salinity tolerance in *Sorghum* I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. hulepense*. *Crop Sci.* 30, 775-781.
- Yeo, A.R., Lee, K.S., Izard, P., Bourssier, P.J., Flowers, T.J., 1991. Short- and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oryza saliva* L.). *J. Exp. Bot.* 42, 881-889.
- Zobel, R.W., 1975. The genetics of the root development. In: Torrey, J.G., Clarkson, D.F. (Eds.). *The Development and Function of Roots*, Academic Press. London, pp. 261-275.
- Zobel, R.W., 1986. Rhizogenetics (root genetics) of vegetable crops. *HortScience* 21, 956-959.