

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΧΡΟΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΥΚΟΣΚΟΥΦΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ.....	6
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	6
1.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	7
1.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	8
1.3.1 Συστήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους	9
1.4 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ.....	14
1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC).....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	16
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	16
2.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΩΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΑΣ	17
2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ	18
2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ.....	20
2.5 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	23
3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	26
3.1.1 Αριθμός φύλλων	26
3.2 ΜΕΣΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑ ΦΥΤΟ	27
3.3 Ύψος φυτού – μήκος και διάμετρος των βλαστών	29
3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΝΩΠΟ – ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ	31
Α) ΒΛΑΣΤΩΝ, Β) ΦΥΛΛΩΝ, Γ) ΡΙΖΑΣ.....	31
3.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΡΙΖΑΣ	33
3.6 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ – ΞΗΡΟΥ ΚΑΡΠΟΥ	34
3.6.1 Γενικά.....	34
3.6.2 Πρωίμιση των καρπών	35
3.6.3 Ξηρή Σήψη της Κορυφής (Blossom end-rot)	36
3.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ	37

3.7.1 Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της προλίνης	37
3.7.2 Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση χλωροφύλλης και καροτενοειδών	39
3.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ... ..	41
3.8.1 Επίδραση της αλατότητας στο πάχος του φύλλου.....	41
3.8.2. Επίδραση της αλατότητας στον αριθμό των στοματίων.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	47
5.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	47
5.1.1 Γενικά.....	47
5.1.2 ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΕΡΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	48
5.1.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	48
5.1.4 ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
6.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	54
6.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ	54
6.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ... ..	55
6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	55
6.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
Α. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57
Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται προσπάθεια ανασκόπησης και συγκέντρωσης των επιπτώσεων της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, καθώς και των τρόπων περιορισμού του.

Ο όρος αλατότητα αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλής συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο περιβάλλον των ριζών των φυτών και μετριέται συνήθως έμμεσα, μέσω της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) (dS m^{-1}). Τα κατιόντα που βρίσκονται στο νερό και συνήθως σχετίζονται με την αύξηση της αλατότητας είναι το νάτριο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο, ενώ από τα ανιόντα είναι το χλώριο, τα θειικά και τα ανθρακικά. Βέβαια, εκείνα τα ιόντα που ευθύνονται κυρίως για την αύξηση της αλατότητας με τη συσσώρευσή τους είναι του νατρίου και του χλωρίου (Βλάχου, 2011).

Η αυξημένη αυτή συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων οφείλεται στην κακή ποιότητα του νερού άρδευσης, μέσω του οποίου γίνεται, κατά βάση, η παροχή των θρεπτικών στοιχείων σε συνθήκες ανοιχτού αγρού. Όταν, όμως, μιλάμε για θρεπτικό διάλυμα, επικεντρωνόμαστε στο νερό που περιέχει διαλυμένα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών σε περιβάλλον θερμοκηπίου και συγκεκριμένα σε υδροπονικές καλλιέργειες. Άλλωστε τα περισσότερα βιβλιογραφικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι σε πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (θερμοκήπιο) και σε μικρότερη κλίμακα σε ανοιχτό αγρό (Βλάχου, 2011).

Σχετικά με τις επιπτώσεις της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών συνοπτικά αναφέρονται (Κόντης, 2009) :

1. Το ύψος και ο αριθμός των φύλλων των φυτών
2. Φυλλική επιφάνεια (μέσο μέγεθος φύλλου, μέση φυλλική επιφάνεια ανά φυτό mm^2).
3. Παραγόμενο ξηρό βάρος των βλαστών, ριζών και φύλλων
4. Η απαίτηση νερού ανά μονάδα παραγόμενου νωπού προϊόντος (Water Use Efficiency)
5. Ποσοστό ξηρού βάρους προς νωπό των φύλλων (Dry Matter Content %)
6. Η χημική ανάλυση ανόργανων στοιχείων (K^+ , Na^+ , Si^{+4}) των φυτικών ιστών (φύλλων, ριζών) και των θρεπτικών διαλυμάτων
7. Αριθμός, μέσο βάρος και αθροιστική παραγωγή διαλυμάτων
8. Η ταχύτητα αύξησης της ρίζας
9. Ξηρή σήψη κορυφής καρπού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η υδροπονία είναι το σύστημα καλλιέργειας των φυτών, σύμφωνα με το οποίο τα φυτά καλλιεργούνται αντί σε έδαφος, σε πορώδη αδρανή υποστρώματα (ανόργανα ή οργανικά) με προσθήκη θρεπτικού διαλύματος ή χωρίς την μηχανική στήριξη ενός αδρανούς μέσου, δηλαδή μόνο με το θρεπτικό διάλυμα (Κόντης, 2009, Γιαννόπουλος, 2010).

Το θρεπτικό διάλυμα αποτελείται από διάφορες χημικές ενώσεις που περιέχουν τα κυριότερα στοιχεία, που είναι αναγκαία για την ανάπτυξη του φυτού, τα μακροστοιχεία, όπως άζωτο, φώσφορο, κάλιο, θείο, μαγνήσιο και ασβέστιο και τα μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία, όπως σίδηρος, μαγγάνιο, χαλκός, ψευδάργυρος, μολυβδαίνιο και βόριο (Κόντης, 2009, Γιαννόπουλος, 2010).

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε 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 (Γιαννόπουλος, 2010).

Σε υδροπονικές καλλιέργειες, οι συγκεντρώσεις των αλάτων και των θρεπτικών στοιχείων ελέγχονται εύκολα, κατά τη διάρκεια ενός πειράματος. (Grattan, Grieve, 1999). Τα επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων, όμως, είναι πολύ διαφορετικά από αυτά που ανιχνεύονται σε εδαφικά διαλύματα, όπως και η ανάπτυξη των ριζών και η λειτουργία των φυτών στο έδαφος (Grattan, Grieve, 1999). Είναι προφανές ότι οι αντιδράσεις των φυτών που παρατηρούνται σε τεχνητά μέσα καλλιέργειας δεν είναι αυτές που θα έπρεπε να ήταν υπό φυσικές συνθήκες (Grattan, Grieve, 1999). Παρόλ' αυτά οι

μελέτες υδροπονικών καλλιεργειών μας δίνουν το προνόμιο να καταλάβουμε την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών αυτών στην αλατότητα και να γνωρίσουμε τους φυσιολογικούς μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων (Grattan, Grieve, 1999).

1.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας ήρθε να δώσει λύση σε πολλά και ποικίλα προβλήματα που έχουν προκύψει από την ολοένα και εντατικότερη καλλιέργεια εδαφών, προκειμένου να ικανοποιείται ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός παγκοσμίως (Γιαννόπουλος, 2010).

Αναφέρουμε χαρακτηριστικά :

- √ Την εκχέρσωση τεράστιων εκτάσεων δασών (Γιαννόπουλος, 2010).
- √ Την καταστροφή του εδάφους, λόγω της συνεχούς εντατικής καλλιέργειάς του (Γιαννόπουλος, 2010).
- √ Την χρήση μεγάλων ποσοτήτων φυτοφαρμάκων, τα οποία περνούν στα τρόφιμα ζημιώνοντας την υγεία των καταναλωτών, ενώ τα υπολείμματά τους διαφεύγοντας στον υδροφόρο ορίζοντα μολύνουν τα υπόγεια νερά (Γιαννόπουλος, 2010).
- √ Την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα από την διείσδυση χημικών ενώσεων των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται αλόγιστα (Γιαννόπουλος, 2010).
- √ Την αλόγιστη χρήση νερού, πόρος του οποίου μειώνεται αδιάκοπα η διαθεσιμότητα (είτε λόγω μόλυνσης, είτε λόγω εισχώρησης θαλάσσιου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα εξαιτίας

της υπερβολικής άντλησής του για χρήση στις καλλιέργειες) (Γιαννόπουλος, 2010).

Η υδροπονία θα μπορούσε να δώσει πολύτιμες λύσεις και στην Ελλάδα, η οποία είναι κατεχοχόν αγροτική χώρα και της οποίας τα εδάφη έχουν φτάσει σε οριακά επίπεδα. Έντονο παρουσιάζεται το πρόβλημα της αλατότητας σε πολλές περιοχές. Το μεγαλύτερο πρόβλημα το αντιμετωπίζει η Θεσσαλία, που είναι η μεγαλύτερη καλλιεργούμενη περιοχή στην Ελλάδα, σαν συνέπεια της εφαρμογής υψηλών ποσοτήτων λιπασμάτων ετησίως και της ανεπαρκούς έκπλυσης με νερό καλής ποιότητας (Γιαννόπουλος, 2010).

Άλλες περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα αλατότητας, αλλά σε μικρότερο βαθμό είναι η πεδιάδα του Πηνειού, η πεδιάδα στη Σκάλα Λακωνίας, η πεδιάδα του ποταμού Σπερχειού, η πεδιάδα του ποταμού Αχελώου κλπ. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και η περίπτωση της Αργολίδας, η οποία αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα διείσδυσης υφάλμυρων νερών (Γιαννόπουλος, 2010).

1.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η υδροπονία είναι το σύστημα καλλιέργειας των φυτών, σύμφωνα με το οποίο το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται εξ' ολοκλήρου εκτός του φυσικού εδάφους με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχει στην διάθεσή του αρκετό νερό για να μπορεί να επιτελεί τις απαραίτητες λειτουργίες για την ζωή του φυτού (Σάββας, 2007).

Οι ρίζες αναπτύσσονται:

- είτε απευθείας σε υδατικό διάλυμα ανόργανων αλάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από το φυτό ως θρεπτικά στοιχεία (θρεπτικό διάλυμα) (Σάββας, 2007)

- είτε σε πορώδη στερεά υλικά τα οποία καλούνται υποστρώματα και διαβρέχονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα στα πλαίσια της άρδευσης του φυτού (Σάββας, 2007).

1.3.1 Συστήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους

Παρακάτω γίνεται ταξινόμηση των συστημάτων καλλιεργειών εκτός εδάφους με διάφορα κριτήρια :

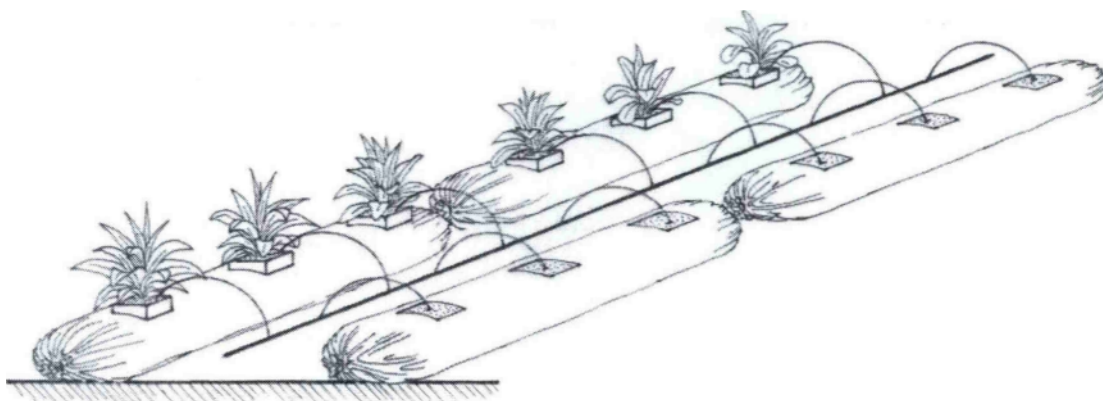
- **Ταξινόμηση με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών**

Με βάση τον τρόπο διαχείρισης των απορροών, διακρίνουμε τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους (Σάββας, 2007).

√ Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών διαφεύγει στο περιβάλλον (Σάββας, 2007).

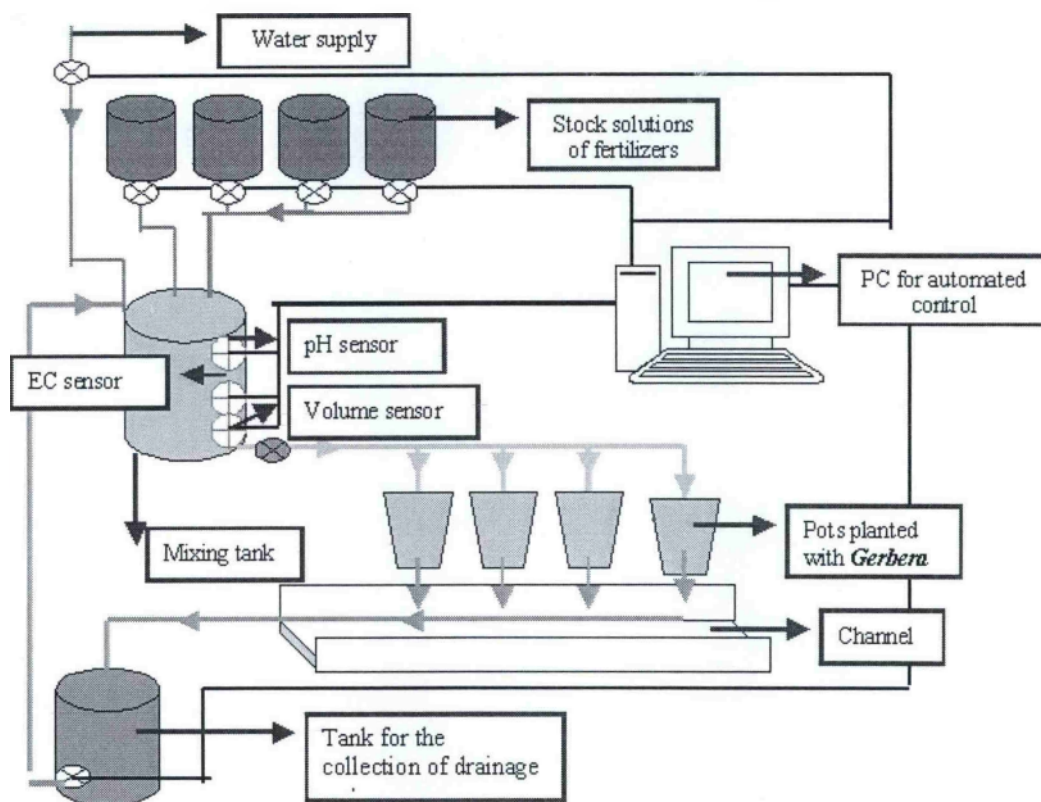
Παρακάτω απεικονίζεται ενδεικτικά ένα ανοιχτό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους.



Σχ. 1 : Καλλιέργεια σε σάκκους με υπόστρωμα οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο δάπεδο του θερμοκηπίου με συνέπεια το απορρέον θρεπτικό διάλυμα να χάνεται στο έδαφος (ανοιχτό υδροπονικό σύστημα) (Σάββας, 2007)

✓ Κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που στραγγίζει και απομακρύνεται από το περιβάλλον της ρίζας μετά από την παροχή του στην καλλιέργεια συλλέγεται, συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και ξαναχρησιμοποιείται (Σάββας, 2007).



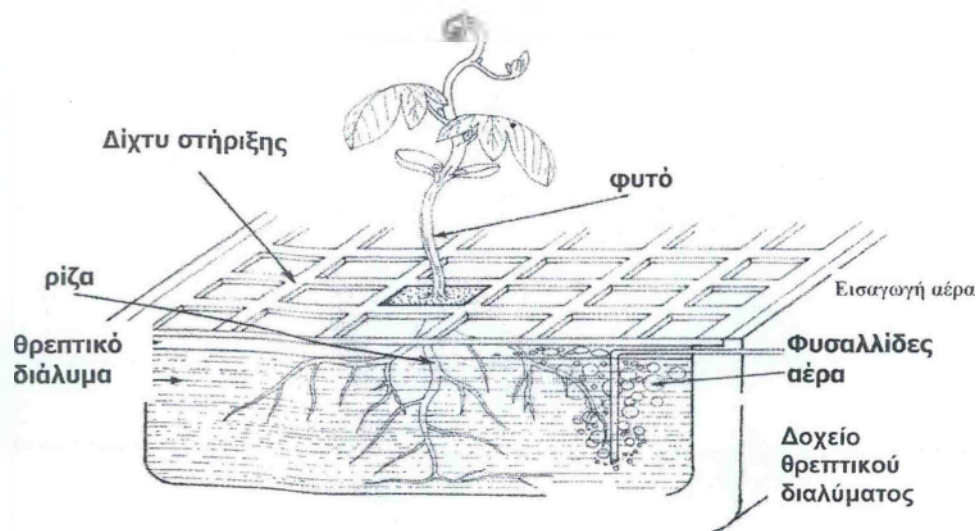
Σχ. 2 : Σχηματική απεικόνιση ενός κλειστού συστήματος καλλιέργειας εκτός εδάφους (Σάββας, 2007)

➤ Ταξινόμηση συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους με κριτήριο το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος

Με βάση το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, τα διάφορα συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους ταξινομούνται ως εξής (Σάββας, 2007) :

√ Υδροπονία

- **Υδροκαλλιέργεια** (μέθοδος καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση ενός πορώδους υλικού για την συγκράτηση του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο των ριζών. Το θρεπτικό διάλυμα είτε ρέει είτε παραμένει στάσιμο) (Σάββας, 2007)



Σχ. 3 : Σχηματική απεικόνιση υδροκαλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα που διατηρείται στάσιμο (Σάββας, 2007)

- **Καλλιέργεια σε αδρανή υποστρώματα** (καλλιέργεια σε πυριτική άμμο, χαλίκι, πετροβάμβακα, περλίτη, ελαφρόπετρα, διογκωμένη άργιλλο) (Σάββας, 2007)

- √ **Εκτός εδάφους καλλιέργεια σε υποστρώματα με χημική δραστηριότητα**

- **Ανόργανα υποστρώματα με ανταλλακτική ικανότητα** (ζεόλιθος, βερμικουλίτης, σκωρία και διάφορα άλλα ηφαιστειακά υλικά) (Σάββας, 2007) :

- **Οργανικά υποστρώματα με ανταλλακτική ικανότητα** (τύρφη, κοκκόχωμα, πριονίδι κλπ) (Σάββας, 2007)

- **Ταξινόμηση με κριτήριο τα υλικά με τα οποία είναι δομημένο το σύστημα και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του**

- √ **Συστήματα υδροκαλλιέργειας** (Nutrient Film Technique (NFT), καλλιέργεια σε βαθύ νερό (deep water culture), σύστημα Kyowa, σύστημα Ein Gedi, αεροπονία, σύστημα κεκλιμένων πλαισίων (A-Frame), υδροκαλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών) (Σάββας, 2007)

- √ **Συστήματα στα οποία το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε στερεό πορώδες υλικό** (καλλιέργεια εκτός εδάφους σε σάκκους, σε πορώδεις πλάκες, σε γλάστρες, σε φυτοδοχεία, σε κανάλια, κάθετη καλλιέργεια εκτός εδάφους) (Σάββας, 2007)

1.4 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό:

- είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων
- είτε ως ευδιάλυτες ανόργανες χημικές ενώσεις
- είτε ως ευδιάλυτες οργανικές χημικές ενώσεις

Οι καλλιέργειες φυτών σε θρεπτικά διαλύματα είναι γνωστές με τους όρους **υδροκαλλιέργειες** ή **υδροπονικές καλλιέργειες** ή **καλλιέργειες εκτός εδάφους**. Οι υδροκαλλιέργειες βρίσκουν εφαρμογή τόσο στην έρευνα σε πειράματα μελέτης της θρέψης των φυτών όσο και στην καλλιεργητική πράξη (Σάββας, 2007)

1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) ενός θρεπτικού διαλύματος είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ικανότητα του διαλύματος αυτού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πραγματικότητα είναι η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός αγωγού ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία ως γνωστόν εξαρτάται από την φύση του αγωγού (Σάββας, 2007).

Στα θρεπτικά διαλύματα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται στην παρουσία των διαλυμένων σε αυτά ιόντων, τα οποία προέρχονται ή από το νερό άρδευσης ή από την προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων. Η (ειδική)

ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ορίζεται ως το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ :

$$EC = 1/\rho$$

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μετράται σε $dS\ m^{-1}$. ($1\ dS\ m^{-1} = 1\ mS\ cm^{-1} = 1\ mmho\ cm^{-1}$) (Σάββας, 2007).

- Η ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στην παρουσία ιόντων.
Συνεπώς, όσο πιο πολλά ιόντα είναι διαλυμένα στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Συνεπώς, η EC είναι ανάλογη της συνολικής συγκέντρωσης ιόντων στο διάλυμα.
- Όμως, η EC δεν μας δίνει πληροφορίες για το είδος των ιόντων (K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , κ.λπ.) που περιέχονται στο υδατικό διάλυμα.

Η EC μπορεί να μετρηθεί εύκολα και γρήγορα στο θερμοκήπιο με την βοήθεια εύχρηστων, φορητών οργάνων. Γι' αυτό, η μέτρηση της EC χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον γρήγορο προσδιορισμό της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε θρεπτικά διαλύματα (Σάββας, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Ο όρος αλατότητα αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλής συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο περιβάλλον των ριζών των φυτών και μετριέται συνήθως έμμεσα, μέσω της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) (dS m^{-1}). Τα κατιόντα που βρίσκονται στο νερό και συνήθως σχετίζονται με την αύξηση της αλατότητας είναι το νάτριο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο, ενώ από τα ανιόντα είναι το χλώριο, τα θειικά και τα ανθρακικά. Βασικά εκείνα τα ιόντα που ευθύνονται κυρίως για την αύξηση της αλατότητας με τη συσσώρευσή τους είναι του νατρίου και του χλωρίου (Βλάχου, 2011).

Η αλατότητα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του νερού. Αυτό συμβαίνει καθώς η περιεκτικότητά του σε ολικά διαλυτά άλατα προσδιορίζει παράλληλα και την ποιότητά του. Άλλη κύρια πηγή αλάτων αποτελούν τα λιπάσματα, τα οποία συσσωρεύονται στη ριζόσφαιρα των φυτών μετά από κακή στράγγιση και ανεπαρκή έκπλυση στο τέλος της καλλιέργειας (Βλάχου, 2011).

Η αλατότητα μπορεί να ζημιώσει τα φυτά με την υψηλή ωσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, η οποία δυσχεραίνει την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων ή μειώνει τους ρυθμούς παραγωγής βιομάζας. Ζημιώνονται, επίσης, και με την άμεση τοξικότητα που συμβαίνει, λόγω της συσσώρευσης κάποιων ιόντων αλάτων στους ιστούς και με τη δημιουργία θρεπτικής ανισορροπίας, λόγω του ανταγωνισμού των διαλυτών αλάτων με τα θρεπτικά στοιχεία, ως προς την απορρόφηση και την κατανομή τους μέσα στο φυτό (Βλάχου, 2011).

Υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου στο έδαφος προκαλούν αυξημένες αναλογίες Na^+/Cl^- , Na^+/K^+ , $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ και $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία θρεπτικών διαταραχών στα φυτά και την περαιτέρω μείωση της ανάπτυξης, παραγωγής και ποιότητας τους. Γενικότερα υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των όμοιου σθένους και διαμέτρου ιόντων, λόγω του ότι η μεταφορά των ιόντων μέσω της μεμβράνης γίνεται από συγκεκριμένες θέσεις για το κάθε ιόν, οι οποίες είναι λίγες σε σχέση με τον αριθμό ιόντων στο διάλυμα (Βλάχου, 2011).

2.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΩΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το ενδιαφέρον για την αντοχή των φυτών οικονομικής σημασίας στα άλατα αυξάνεται, καθώς νέα προβλήματα που σχετίζονται με την αλατότητα προκύπτουν στη σύγχρονη γεωργία (Κόντης, 2009).

Τα προβλήματα αυτά, ειδικά στην Ελλάδα, αναμένεται να γίνουν σοβαρότερα στο μέλλον, λόγω :

- Της μειούμενης ανανέωσης του υπόγειου νερού, των μειωμένων βροχοπτώσεων και της διείσδυσης υφάλμυρου νερού στους υδροφορείς, σε πολλές περιοχές της χώρας μας, γεγονός που οδηγεί στην υποβάθμιση της ποιότητας του αρδευτικού νερού. Σημαντική ευθύνη φέρει και η τάση του κλίματος για θερμότερο και ξηρότερο κλίμα κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Κόντης, 2009).
- Της τάσης της σύγχρονης γεωργίας για χρησιμοποίηση όλου του διαθέσιμου νερού και η άρδευση όσο το δυνατό μεγαλύτερης έκτασης, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε τρόφιμα και πρώτες ύλες. Για την κάλυψη των αναγκών της αγοράς η αύξηση της παραγωγής μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από περισσότερη

αποδοτική γεωργία (επέκταση αρδευόμενων εκτάσεων & εισαγωγή στην καλλιέργεια νέες πιο παραγωγικές ποικιλίες φυτών, οι οποίες είναι συνήθως πιο απαιτητικές σε νερό) (Κόντης, 2009).

Η έρευνα που σχετίζεται με την επιβίωση των φυτών σε συνθήκες υψηλής αλατότητας έχει πολλά άλυτα προβλήματα, η υποβολή των φυτών σε διαταραχή της φυσιολογίας τους κάνουν την υπόθεση εξαιρετικά δύσκολη στη δοκιμασία. Η μελέτη του φαινομένου είναι πολύπλοκη, γιατί η αντοχή των φυτών στα άλατα είναι συνάρτηση κλιματικών, γενετικών, φυσιολογικών και παθολογικών παραγόντων (Κόντης, 2009).

Συνεπώς, αναμένεται στο μέλλον να ενταθεί το ενδιαφέρον της γεωπονικής έρευνας στο θέμα της αλατότητας και ο προσανατολισμός για την τεχνολογική βελτίωση του προβλήματος (Κόντης, 2009).

2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Οι παράγοντες που ευθύνονται για την αύξηση της αλατότητας στην περιοχή της ριζόσφαιρας των φυτών είναι δύο και περιλαμβάνουν την άρδευση με νερό χαμηλής ποιότητας και τις ξηρές κλιματικές συνθήκες που ευνοούν το αρνητικό ισοζύγιο νερού (Βλάχου, 2011).

➤ Νερό χαμηλής ποιότητας

Η εντατικοποίηση της γεωργίας, προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού αφορά κυρίως στην εύρεση νέων καλλιεργητικών μεθόδων και τη βελτίωση του υπάρχοντος φυτικού γενετικού υλικού και είναι στενά συνδεδεμένη με τις ολοένα μεγαλύτερες

ανάγκες σε νερό. Ο βαθμός αλατότητας αρχίζει να γίνεται πρόβλημα, όταν η ποσότητα των αλάτων που προστίθενται με το νερό άρδευσης είναι μεγαλύτερη αυτής που εκπλύνεται και απορροφάται από τα φυτά (Βλάχου, 2011).

➤ Ξηρές κλιματικές συνθήκες

Η κίνηση των αλάτων στην περιοχή της ρίζας σχετίζεται με την κίνηση του νερού. Έτσι, όταν το ανοδικό ρεύμα που προκαλείται μέσω της εξατμισοδιαπνοής υπερσχύει του καθοδικού ρεύματος που επιφέρει την επιθυμητή έκπλυση των υδατοδιαλυτών αλάτων, συσσωρεύονται διαλυτά άλατα, τα οποία εναποτίθενται κατά τη συμπύκνωση και εξάτμιση του εδαφικού διαλύματος (διάλυμα που κυκλοφορεί μεταξύ του εδαφικού πορώδους) ή του θρεπτικού διαλύματος (διάλυμα που κυκλοφορεί σε υδροπονικό υπόστρωμα ή ριζόστρωμα) (Βλάχου, 2011).

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε και τον ισχυρό ρόλο που διαδραματίζει και το φαινόμενο της αποστράγγισης. Κάτω από συνθήκες κακής αποστράγγισης ή ύπαρξη υψηλής υπόγειας στάθμης επιτρέπει την ανοδική κίνηση του αλατούχου υπόγειου νερού στη ζώνη του ριζοστρώματος. Το ποσό των αλάτων συγκεντρώνεται στην περιοχή του ριζοστρώματος λόγω της άντλησης μεγάλης ποσότητας νερού (και κατά συνέπεια συμπύκνωση των αλάτων) για τις ανάγκες του φυτού. Με την πάροδο του χρόνου και τη συμπύκνωση του διαλύματος στην περιοχή των ριζών, το φυτό αναζητώντας νέες ποσότητες νερού συμπυκνώνει όλο και περισσότερο διάλυμα (Βλάχου, 2011).

2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Οι περιοριστικοί παράγοντες της αύξησης των φυτών που παρατηρούνται σε συνθήκες αλατότητας είναι τρεις (Βλάχου, 2011) :

- α) Η έλλειψη νερού που δημιουργείται από το χαμηλό υδατικό δυναμικό που έχει το εξωτερικό διάλυμα σε σχέση με τη ρίζα
- β) Η τοξικότητα ιόντων και
- γ) Η ανισορροπία ιόντων

Συνήθως οι τρεις παραπάνω παράγοντες αλληλεπικαλύπτονται και είναι δύσκολο να διαχωριστεί ο τρόπος δράσης του καθενός. Συνέπεια των πρωταρχικών επιδράσεων της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων (ανισορροπίες ιόντων, υπεροσμωτική καταπόνηση), προκαλούνται δευτερογενείς επιδράσεις, όπως οξειδωτική καταπόνηση (Βλάχου, 2011). Οι συγκεντρώσεις και η σύνθεση αλάτων, η διάρκεια της έκθεσης, το φυτικό είδος, η ποικιλία, το υποκείμενο, το στάδιο ανάπτυξης και οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι μερικοί από τους παράγοντες που διαδραματίζουν ρόλο στην ανθεκτικότητα των φυτών (Βλάχου, 2011).

Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της υπερβολικής παρουσίας αλάτων είναι η μάρανση των φυτών παρόλο που έχουν ποτιστεί (Βλάχου, 2011). Παρόλα αυτά, τα φυτά έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται, γιατί πολύ σπάνια η αλατότητα αυξάνει με υπερβολικά ταχύ ρυθμό ώστε τα φυτά να μαραίνονται άμεσα και έτσι η κυριότερη επίδραση στα φυτά δεν είναι η μάρανση αλλά η μείωση της ανάπτυξης για την οποία δεν έχει προταθεί ένας συγκεκριμένος μηχανισμός που να την εξηγεί επαρκώς (Βλάχου, 2011).

α) Έλλειψη νερού

Το νερό παίζει σημαντικό στις σημαντικό ρόλο στις φυσιολογικές λειτουργίες και στην επιβίωση των φυτών, αφού χρησιμοποιείται ως διαλύτης στις βιοχημικές αντιδράσεις (π.χ. φωτοσύνθεση), ως μέσο για τη σταθεροποίηση και λειτουργία βιολογικών μεμβρανών και ενζύμων, ως μέσο μεταφοράς ιόντων και προϊόντων μεταβολισμού και ρυθμίζει τη θερμοκρασία του φυτού μέσω της διαπνοής. Επίσης, συντελεί στη διατήρηση της σπαργής των κυττάρων και αποτελεί μέσο στήριξης διαφόρων ιστών (Βλάχου, 2011).

Στα ανώτερα φυτά το νερό απορροφάται με τις ρίζες από το έδαφος και μεταφέρεται μέσω του βλαστού στα φύλλα ως αποτέλεσμα της διαφοράς δυναμικού, ριζικής πίεσης και διαπνοής. Η υδατική κατάσταση του φυτού σε δεδομένη στιγμή εξαρτάται από το ισοζύγιο απορρόφησης νερού και διαπνοής (Καραμπουρνιώτης, 2003). Όταν ο ρυθμός απώλειας νερού με τη διαπνοή είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης από τις ρίζες, λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας στο έδαφος, το υδατικό δυναμικό των φύλλων θα μειωθεί (Καραμπουρνιώτης, 2003). Το αποτέλεσμα είναι ο εφοδιασμός του φυτού με νερό και θρεπτικά στοιχεία να μειώνεται και εφόσον το υδατικό έλλειμμα συνεχιστεί, τα φυτά θα ξεραθούν, εάν δεν διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής (Καραμπουρνιώτης, 2003). Η μειωμένη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη νερού ή στην αδυναμία πρόσληψης νερού λόγω αλατότητας. Και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζεται μια κοινή μορφή υδατικής καταπόνησης (ωσμωτική καταπόνηση) (Καραμπουρνιώτης, 2003).

β) Τοξικότητα ιόντων

Το Cl⁻ είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο και το Na⁺ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη θρέψη αλόφυτων και των C4 φυτών (Marschner, 1995, Θεριός 1996). Το Na⁺ εμπλέκεται στην ωσμωτική (κίνηση υγρών) και ιονική ισορροπία των φυτών (Marschner 1995, Θεριός 1996). Το Cl⁻ αποτελεί βασικό ιχνοστοιχείο για τη θρέψη των φυτών και σε συνθήκες αλατότητας οι συγκεντρώσεις του στο εδαφικό διάλυμα ξεπερνούν κατά πολύ τις ανάγκες των φυτών και οδηγούν σε τοξικότητα (Marschner, 1995, Θεριός 1996). Χαρακτηριστικά συμπτώματα της τοξικότητας Cl⁻ είναι η μείωση της αύξησης, χαρακτηριστικές χλωρώσεις στην περιφέρεια του ελάσματος, καθώς και νεκρώσεις στα παλαιότερα φύλλα (Marschner, 1995, Θεριός 1996). Οι συγκεντρώσεις τους σε αλατούχα διαλύματα είναι πολύ υψηλές, με συνέπεια να δρουν τοξικά (Marschner, 1995, Θεριός 1996). Σε πολλά ευπαθή σε άλατα φυτά, όπως το αμπέλι και τα οπωροφόρα δέντρα, παρατηρούνται νεκρώσεις στα φύλλα και μείωση της αύξησης σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις NaCl στο διάλυμα (Sykes, 1992, Maas 1993), οι οποίες στο γένος *Citrus* δεν μπορούν να αποδοθούν στην υψηλή ωσμωτική πίεση, αλλά σε τοξικότητα ιόντων, όπως του Na⁺ ή του Cl⁻ (Maas 1993). Σε άλλα είδη, όπως το *Sorghum*, το SO₄²⁻ μπορεί να έχει παρόμοια τοξική δράση ή και μεγαλύτερη από αυτή του Cl⁻ (Parker *et al.*, 1983, 1987). Πολλά είδη αντιμετωπίζουν την τοξικότητα του Na⁺ με απελευθέρωσή του στο περιβάλλον με τη βοήθεια αδένων. Ωστόσο, κάτω από τις συνθήκες κακού αερισμού του εδάφους λαμβάνει χώρα μαζική μεταφορά Na⁺ και Cl⁻ στα φύλλα και στους βλαστούς, που οδηγεί σε τοξικότητα (Marschner, 1995).

Παλαιότερα, για την εξήγηση της τοξικής δράσης των αλάτων στα φύλλα έμφαση δινόταν στην αναστολή των ενζυμικών αντιδράσεων, καθώς και στην ελλιπή διαμερισματοποίηση μεταξύ κυτοπλάσματος και χυμοτοπίου. Σημαντική ωστόσο θεωρείται και η υπόθεση Oertli (1986), σύμφωνα με την

οποία η συγκέντρωση αλάτων στον αποπλάστη οδηγεί σε αφυδάτωση, μείωση της σπαργής και θάνατο των κυττάρων και ιστών (Βλάχου, 2011).

γ) Αλληλεπίδραση ιόντων

Τα αλατούχα διαλύματα χαρακτηρίζονται από χαμηλές ενεργότητες θρεπτικών ιόντων και από υπερβολικά υψηλούς λόγους Na^+/Cl^- , Na^+/K^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ και $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$. Όταν τα γλυκόφυτα εκτεθούν σε συνθήκες αλατότητας, τότε παρατηρούνται ανισορροπίες θρεπτικών στοιχείων. Οι ανισορροπίες αυτές διαφέρουν σε ένταση ανάμεσα στα διάφορα καλλιεργούμενα είδη όσο και στις ποικιλίες του ίδιου είδους. Συνήθεις είναι οι ελλείψεις N και P σε συνθήκες αλατότητας, αλλά και τοξικότητα P. Ελλείψεις ή ανισορροπίες K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} είναι επίσης συνήθεις σε αλατούχα περιβάλλοντα (Βλάχου, 2011).

2.5 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Η αλατότητα παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά μη παρασιτικής ασθένειας στα φυτά (Τζάμος, 2004). Αναφορικά οι ιδιαιτερότητες των μη παρασιτικών ασθενειών παρατίθενται παρακάτω :

- Τα φυτά και τα φυτικά προϊόντα ζημιώνονται σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους (Τζάμος, 2004).
- Τα φυτά και τα φυτικά προϊόντα ζημιώνονται, λόγω ελλείψεως ή υπερβολικής ποσότητας ενός εκ των παραγόντων που είναι αναγκαία για την ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτών (Τζάμος, 2004).

- Οι μη παρασιτικές ασθένειες οφείλονται σε αίτια που δεν χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα της μεταδοτικότητάς τους από ασθενές προς το υγιές φυτό (Τζάμος, 2004).
- Η ένταση και η έκταση των συμπτωμάτων μη παρασιτικών ασθενειών ποικίλλει αναλόγως του βαθμού αποκλίσεως του περιβαλλοντικού παράγοντα από τις φυσιολογικές του παραμέτρους (Τζάμος, 2004).

Οι μη παρασιτικές ασθένειες εκδηλώνονται τόσο σε φυσικά όσο και σε τεχνητά περιβάλλοντα (φυτείες, δενδροκομεία, θερμοκήπια, υδροπονικές καλλιέργειες) και είναι απόρροια αποκλίσεων περιβαλλοντικών παραγόντων αναπτύξεως των φυτών το χώρο καλλιέργειας (Τζάμος, 2004).

Πολλές φορές η μακροσκοπική παρατήρηση των φυτών μπορεί να δώσει πληροφορίες για την ύπαρξη του προβλήματος των αλάτων. Σε φυτά που ζημιώθηκαν από άλατα, παρατηρούνται τα εξής συμπτώματα (Θεριός, 2005) :

- Μείωση του μεγέθους του φυτού καθώς και της παραγωγής
- Χλώρωση των φύλλων
- Ξήρανση των φύλλων, λόγω της συγκέντρωσης Cl⁻. Η ζημιά αρχίζει σαν κάψιμο της κορυφής και εκτείνεται κατά μήκος του περιθωρίου των φύλλων, μέχρι που να περιλάβει το μεγαλύτερο μέρος του ελάσματος
- Αποφύλλωση και νέκρωση των νεαρών βλαστών

Τα συμπτώματα των μη παρασιτικών ασθενειών ποικίλλουν ως προς τον τύπο και ως προς την ένταση, ανάλογα με το βαθμό που απομακρύνθηκε ο παράγοντας που τα προκάλεσε από τα επιθυμητά για το φυτό όρια (Κόντης, 2009).

Παρόλο αυτά τα μακροσκοπικά συμπτώματα των μη παρασιτικών ασθενειών δεν είναι αξιόπιστος οδηγός της διάγνωσης του προβλήματος των

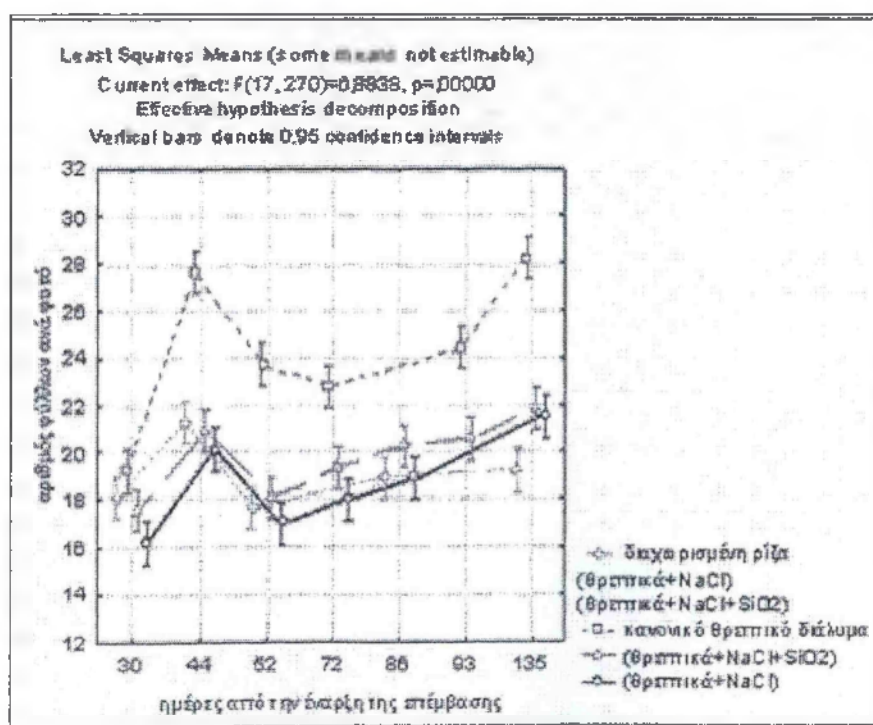
αλάτων. Η ορθή διάγνωση απαιτεί εργαστηριακή ανάλυση, γιατί άλλα αίτια, όπως ζημιά από ξηρασία και η ζιζανιοκτονία μπορεί να δώσουν όμοια συμπτώματα με την τοξικότητα των αλάτων (Κόντης, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΦΥΤΩΝ

3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

3.1.1 Αριθμός φύλλων

Σύμφωνα με αποτελέσματα πειράματος (Κόντης 2009), η έκθεση φυτών τομάτας υδροπονικής καλλιέργειας σε συνθήκες υψηλής αλατότητας θρεπτικού διαλύματος (NaCl) μείωσε σε μεγάλο βαθμό τον αριθμό των φύλλων, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα και προηγούμενων ερευνητών στο ίδιο φυτό. (Romero – Aranda et al, 2001, Mohammad et al, 1998, Mc Call and Brazaityte, 1997).



Διάγραμμα 1. Ο αριθμός φύλλων ανά φυτό τομάτας (Κόντης 2009)

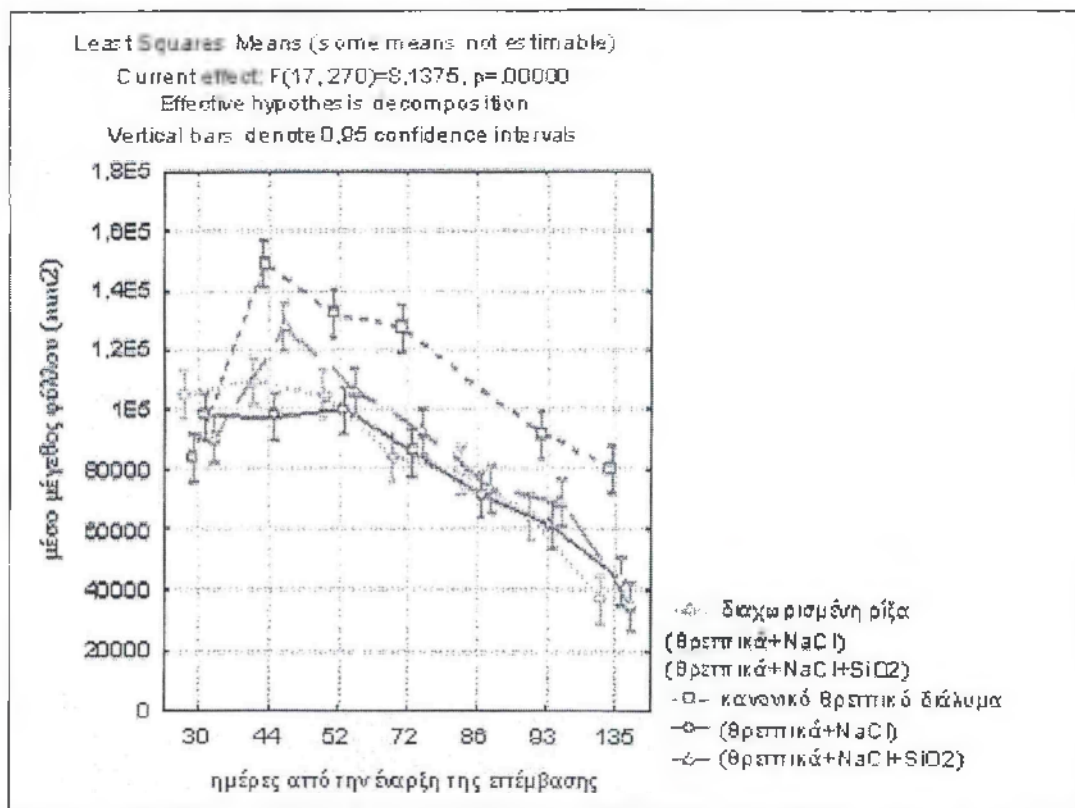
Στη φράουλα παρατηρήθηκαν τα ίδια αποτελέσματα, και γενικά, επιβεβαιώνονται τα αποτελέσματα και άλλων ερευνητών σχετικά με τη μείωση του αριθμού των φύλλων ανά φυτό που προκαλεί η αυξημένη αλατότητα του θρεπτικού διαλύματος (Κόντης, 2009).

3.2 ΜΕΣΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑ ΦΥΤΟ

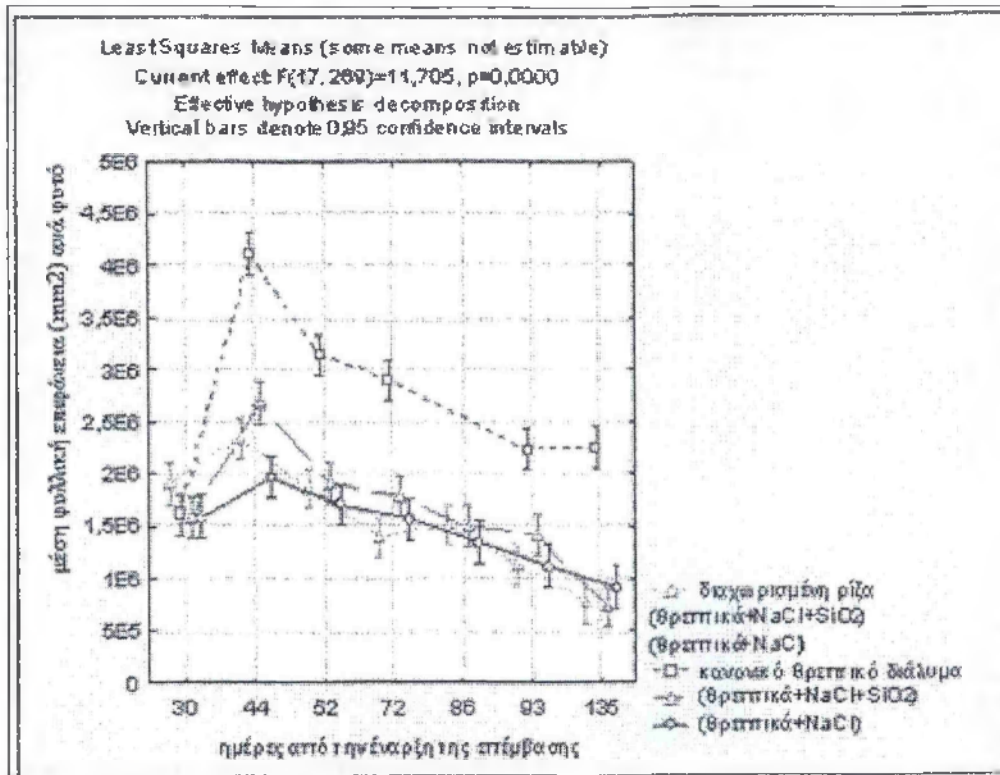
Η αυξημένη συγκέντρωση NaCl μείωσε, επίσης, το μέσο μέγεθος των φύλλων και την μέση φυλλική επιφάνεια ανά φυτό (Κόντης, 2009). Η μείωση του μέσου μεγέθους του φύλλου και της μέσης φυλλικής επιφάνειας ανά φυτό κάτω από συνθήκες έκθεσης των φυτών σε υπερβολική αλατότητα έχει αναφερθεί και σε άλλες έρευνες (Κόντης, 2009). Η μείωση της επιμήκυνσης των φύλλων είναι ταχεία και μπορεί να σχετίζεται με τη μείωση της σπαργής (Βλάχου, 2011). Στη μπάμια και στη φράουλα επιβεβαιώνεται, επίσης, η μείωση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών σε αυξημένα επίπεδα αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος (Βλάχου, 2011).

Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας για τη μείωση της φυλλικής επιφάνειας κάτω από συνθήκες υψηλής αλατότητας είναι η αύξηση του αριθμού των νεκρών φύλλων (Βλάχου, 2011).

Σημειώνεται ότι η μείωση της φυλλικής επιφάνειας θεωρείται μια προσαρμογή των φυτών σε υψηλά επίπεδα αλατότητας, επειδή μέσω της μικρής φυλλικής επιφάνειας παρατηρείται μείωση της απώλειας νερού (Βλάχου, 2011).



Διάγραμμα 2. Το μέσο μέγεθος φύλλου των φυτών τομάτας (mm²) (Κόντης 2009)



Διάγραμμα 3. Μέση φυλλική επιφάνεια (mm²) των φυτών τομάτας (Κόντης 2009)

3.3 ΎΨΟΣ ΦΥΤΟΥ – ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ

Η πρώτη αντίδραση των φυτών στην αυξημένη αλατότητα είναι η μείωση του ρυθμού ανάπτυξής τους (Βλάχου, 2011). Πιο συγκεκριμένα, στην μπάμια, στο μπιζέλι, στο φασόλι, στην τομάτα αναφέρεται μείωση στο ρυθμό ανάπτυξής τους σε υψηλή αλατότητα (Βλάχου, 2011). Η μείωση αυτή που εμφανίζεται πριν την εκδήλωση συμπτωμάτων τοξικότητας οφείλεται αρχικά στη μείωση του υδατικού δυναμικού και αργότερα στη συσσώρευση τοξικών ιόντων (Βλάχου, 2011).

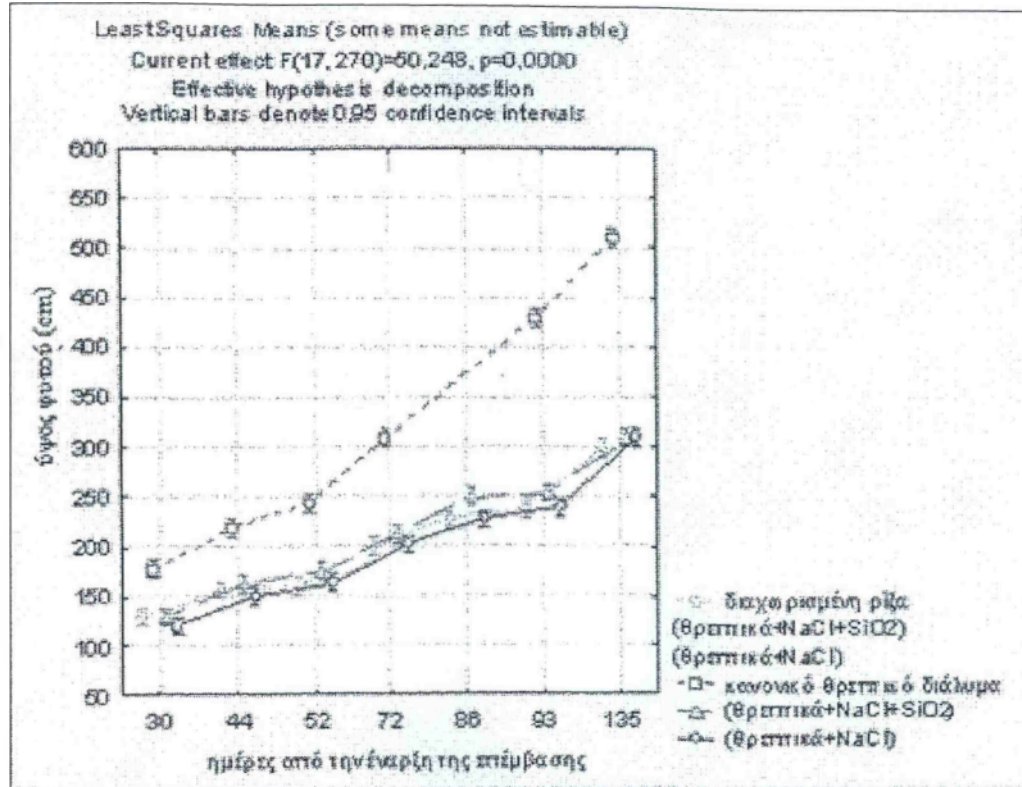
Η επιβράδυνση της αύξησης κατευθύνεται από τη ρίζα, λόγω χαμηλού υδατικού δυναμικού στο έδαφος και μεταβιβάζεται στο βλαστό μέσω του αμππισικού οξέος (ABA) (Βλάχου, 2011). Οι δυσμενείς επιπτώσεις της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών εξαρτώνται από διάφορες μεταβλητές, όπως είναι ο χρόνος έκθεσης των φυτών στην αλατότητα, η συγκέντρωση των αλάτων, ο γονότυπος των φυτών, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών κλπ (Βλάχου, 2011).

Η αναστολή της εμφάνισης και της αύξησης των φύλλων και των μεσογονατίων ταυτόχρονα με την απώλεια της υπάρχουσας φυλλικής επιφάνειας έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της αύξησης των βλαστών (Βλάχου, 2011).

Σε άλλα είδη οι Botti et al. (1998) ανέφεραν ότι δεν υπάρχει μείωση του αριθμού των κόμβων στους βλαστούς και ότι δεν υπάρχει μείωση του αριθμού των πλαγίων βλαστών, ενώ οι Benzioni et al. (1992) και Yermanos et al. (1967) ανέφεραν ότι υπάρχει μείωση και του αριθμού των κόμβων των βλαστών και του αριθμού των πλαγίων βλαστών στο φυτό (Βλάχου, 2011).

Η υπερβολική αλατότητα προκάλεσε την επιβράδυνση του ρυθμού ανάπτυξης του φυτού, με αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού ύψους του φυτού. (Κόντης, 2009). Η μείωση του ύψους, λόγω αυξημένης αλατότητας στα φυτά τομάτας είναι καθολικά διαπιστωμένη από πολλούς ερευνητές (Βλάχου, 2011).

Υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με την αύξηση της διαμέτρου του στελέχους. Οι Unlukara et al. (2008) σε πείραμα που έγινε στη μπάμια ανέφεραν ότι η διάμετρος του στελέχους του φυτού της μπάμιας μειώθηκε σε υψηλή αλατότητα, ενώ οι Serrato Valenti et al. (1991) ανέφεραν το αντίθετο σε πείραμα που έγινε σε ξηρόφυτα (Βλάχου, 2011).

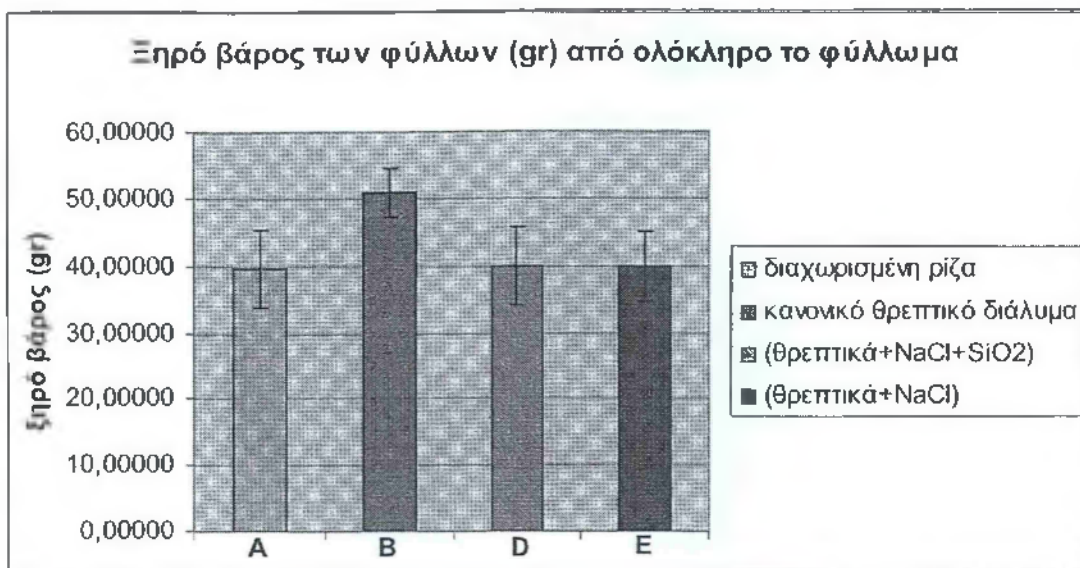


Διάγραμμα 4. Το ύψος των φυτών τομάτας (Κόντης 2009)

3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΝΩΠΟ – ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ

A) ΒΛΑΣΤΩΝ, Β) ΦΥΛΛΩΝ, Γ) ΡΙΖΑΣ

Η αλατότητα προκαλεί μείωση του νωπού - ξηρού βάρους των βλαστών και των φύλλων στη μπάμια, όπως και στη φράουλα και στη τομάτα (Βλάχου, 2011, Κόντης 2009). Ενδεικτικά, στο διάγραμμα 5, οι επεμβάσεις με υψηλή συγκέντρωση NaCl στο θρεπτικό διάλυμα σε φυτά τομάτας τείνουν να μειώσουν το ξηρό βάρος των φύλλων (Κόντης, 2009).



Διάγραμμα 5. Το ξηρό βάρος (gr) των φύλλων φυτών τομάτας από το σύνολο του φυλλώματος (Κόντης, 2009)

Παράλληλα, παρατηρείται μείωση του νωπού – ξηρού βάρους της ρίζας του φυτού της μπάμιας, της φράουλας και της τομάτας (Βλάχου, 2011, Κόντης, 2009).

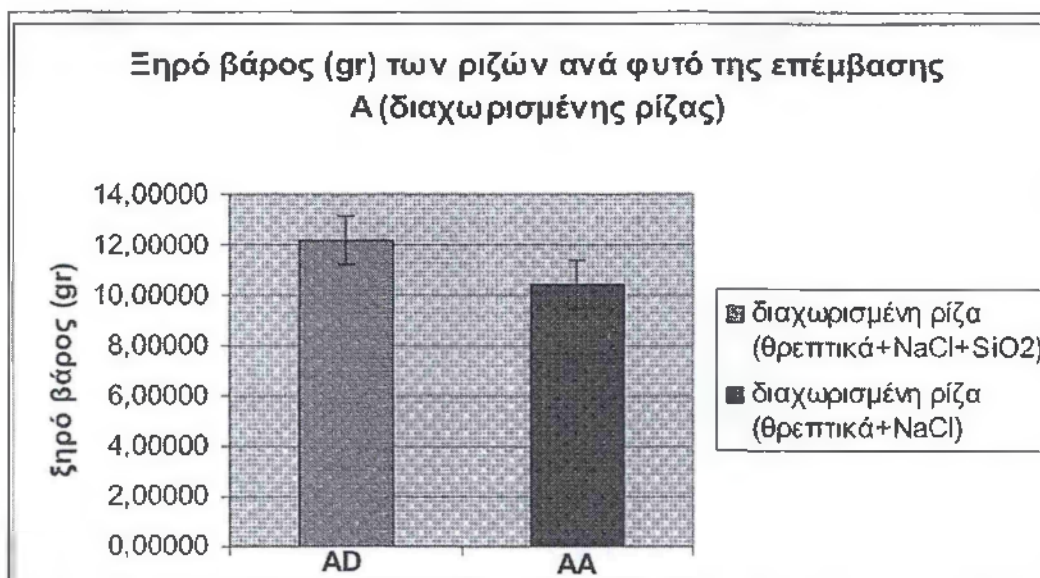
Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 6 υπάρχει σαφής μείωση τόσο του νωπού βάρους όσο και της % ξηράς ουσίας της ρίζας ανά φυτό, σε δύο ποικιλίες μπάμιας, σε επίπεδα αυξημένης αλατότητας (Βλάχου, 2011).

Ρίζα/φυτό	Ποικιλίες	Επίπεδο αλατότητας (dS/m)		
		2,5	5	7,5
Νωπό Βάρος (g)	CLEMSON	370,67 b (a)	317,90 a (a)	160,70 b (b)
	ΠΥΛΑΙΑΣ	850,46 a (a)	465,50 a (b)	452,64 a (b)
% Ξηρά Ουσία	CLEMSON	13,56 a (a)	13,22 a (a)	11,94 a (a)
	ΠΥΛΑΙΑΣ	17,15 a (a)	12,51 a (b)	10,95 a (b)

Διάγραμμα 6. Η επίδραση της αλατότητας στο νωπό βάρος και στην % ξηρά ουσία της ρίζας ανά φυτό μπάμιας των ποικιλιών Πυλαίας και Clemson Spineless (Βλάχου, 2011)

3.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΡΙΖΑΣ

Σε πείραμα που έγινε σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος και συγκεκριμένα με αυξημένη συγκέντρωση SiO₂, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ταχύτητα αύξησης, σε σύγκριση με μειωμένη συγκέντρωση SiO₂. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση με περισσότερα ακριβή στοιχεία, ώστε να τεκμηριωθεί ως συμπέρασμα (Κόντης, 2009).



Διάγραμμα 7. Το ξηρό βάρος (gr) της διαχωρισμένης ρίζας φυτού τομάτας (Κόντης 2009)

3.6 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ – ΞΗΡΟΥ ΚΑΡΠΟΥ

3.6.1 Γενικά

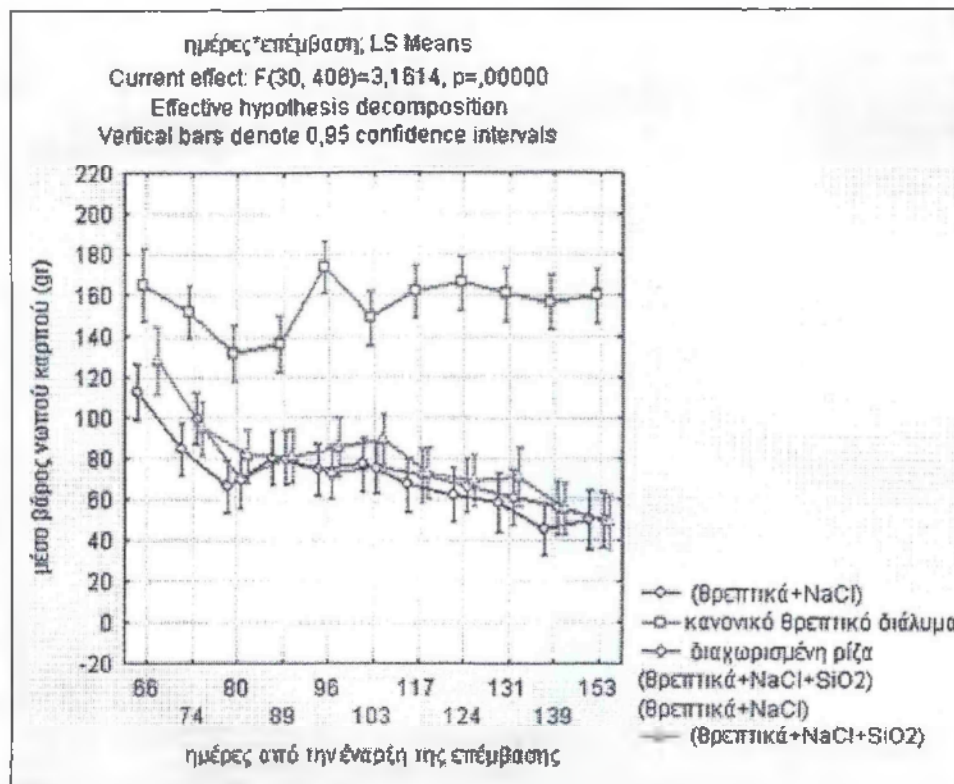
Η αλατότητα επηρεάζει αρνητικά τόσο το νωπό όσο και το ξηρό βάρος των καρπών (Βλάχου, 2011).

Η μείωση του νωπού βάρους των καρπών οφείλεται στη μειωμένη απορρόφηση νερού από το φυτό και στη μείωση της μεταφοράς του νερού στους καρπούς (Βλάχου, 2011).

Στη μπάμια αναφέρεται τόσο μείωση του βάρους των καρπών όσο και του αριθμού των καρπών ανά φυτό (Βλάχου, 2011). Οι Abid et al. (2002) ανέφεραν, μάλιστα, ότι η μείωση του ξηρού βάρους της μπάμιας ήταν μεγαλύτερη από τη μείωση του νωπού βάρους των καρπών στις υψηλές αλατότητες (Βλάχου, 2011). Αντιθέτως, στη φράουλα το νωπό βάρος των

καρπών μειώνεται, ενώ το ξηρό βάρος των καρπών αυξάνεται (Βλάχου, 2011).

Αντίστοιχα με τα παραπάνω, παρατηρήθηκε μειωμένο μέσο νωπό βάρος καρπού σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας κατά τη διάρκεια όλων των επεμβάσεων με αυξημένη συγκέντρωση NaCl (Κόντης 2009).



Διάγραμμα 8. Το μέσο βάρος του νωπού καρπού (gr) (Κόντης 2009)

3.6.2 Πρωίμιση των καρπών

Οι μετρήσεις σε πείραμα υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας έδειξε μια αύξηση στον αριθμό των καρπών που προκαλεί η υψηλή συγκέντρωση NaCl

στα πρώτα στάδια της συγκομιδής και οδηγεί σε μια πρωίμιση μεγαλύτερου αριθμού καρπών της παραγωγής (Κόντης, 2009).

Τα φυτά με υψηλή αλατότητα, λόγω της καταπόνησης, ο βιολογικός του κύκλος ολοκληρώνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα από τα αντίστοιχα του μάρτυρα (κανονικό θρεπτικό διάλυμα) (Κόντης, 2009). Αντίθετα, τα φυτά του μάρτυρα που δεν υπόκεινται σε καταπόνηση υψηλής αλατότητας συνεχίζουν να δίνουν νέους καρπούς (Κόντης, 2009). Συνεπώς, στο σύνολο του βιολογικού κύκλου τα φυτά του μάρτυρα δίνουν μεγαλύτερο αριθμό καρπών (Κόντης, 2009).

Σχετικά με τον αριθμό των καρπών, η υπερβολικά αλατότητα οδηγεί σε πρωίμιση της παραγωγής με σημαντική υπεροχή του αριθμού των καρπών στα πρώτα στάδια της συγκομιδής σε σύγκριση με τον μάρτυρα (κανονικό θρεπτικό διάλυμα) (Κόντης, 2009).

Το φαινόμενο αυτό πιθανώς να οφείλεται στην ανάγκη του φυτού για διαίωνιση του είδους, καθώς η καταπόνηση από την αλατότητα ελαττώνει τον βιολογικό κύκλο. Το μέγεθος της παραγωγής, βέβαια, (συνολικό νωπό βάρος καρπών) είναι μειωμένο, γιατί το μέσο βάρος των καρπών είναι πολύ μικρότερο στις περιπτώσεις με το αλατούχο διάλυμα (Κόντης, 2009).

3.6.3 Ξηρή Σήψη της Κορυφής (Blossom end-rot)

Η ξηρή σήψη κορυφής είναι η στεγνή ξήρανση στο αντίθετο του ποδίσκου άκρο του καρπού (θέση στύλου) (Κόντης, 2009).

Σε περιβάλλον με υπερβολικά υψηλά επίπεδα αλατότητας και υψηλές θερμοκρασίες, η ξηρή σήψη εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα, οι δε συνθήκες αυτές ευνοούν την ένταση του εν λόγω φαινομένου (Τζάμος, 2004).

Σε πείραμα υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το φαινόμενο της ξηρής σήψης εμφανίστηκε σε όλα τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση υψηλής συγκέντρωσης NaCl, αντίθετα στα φυτά του μάρτυρα απουσίαζε εντελώς. Η ξηρή σήψη παρουσιάστηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την αρχή της συγκομιδής και συνεχίστηκε μέχρι το τέλος της καλλιέργειας (Κόντης, 2009).

3.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

3.7.1 Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση της προλίνης

Σε υψηλή αλατότητα τα φυτά συσσωρεύουν ποικίλα ωσμωπροστατευτικά, όπως (i) σάκχαρα και αλκοόλες της ζάχαρης, (ii) προλίνη, (iii) Glycine – βηταΐνης για την προστασία και την επιβίωση των φυτών από τις βλαβερές συνέπειες της υψηλής αλατότητας, την προστασία των μεμβρανών των κυττάρων, την απομάκρυνση των δραστικών μορφών οξυγόνου, την προστασία της δομής των πρωτεϊνών, την μείωση του ωσμωτικού δυναμικού, καθώς και τη σταθεροποίηση των ενζύμων. (Zhu, 2001, Ashraf and Foolad, 2007).

Το αμινοξύ προλίνη συναντάται στα ανώτερα φυτά και συσσωρεύεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις ως αντίδραση σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις, όπως ξηρασία, αλατότητα, υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή ένταση φωτός (Βλάχου, 2011).

Η προλίνη δρα ως ωσμωλύτης για τη ρύθμιση της της ωσμωτικής πίεσης. Επίσης, συνεισφέρει στη σταθερότητα των υποκυτταρικών δομών (π.χ. μεμβράνες και πρωτεΐνες), αλληλεπιδρώντας με φωσφολιπίδια. Η προλίνη βοηθά στην απενεργοποίηση ελεύθερων ριζών, ως

πηγή ενέργειας και αζώτου, ρυθμίζει τα εν δυνάμει δυναμικά, κάτω από συνθήκες καταπόνησης και αποτελεί σημαντικό συστατικό των πρωτεϊνών στα κυτταρικά τοιχώματα. Έτσι βοηθά τα κύτταρα να ξεπεράσουν τη βλάβη, που προκαλείται από έλλειψη νερού (Βλάχου, 2011).

Επίσης, η προλίνη επάγει την έκφραση των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για την αντοχή στην αλατότητα (Βλάχου Γ., 2011). Τα φυτά ως αντίδραση στην αλατότητα και στην ξηρασία συσσωρεύουν προλίνη στο κυτόπλάσμα τους, που βοηθά στην ωσμωρύθμιση (Βλάχου, 2011).

Η προλίνη, επίσης, προστατεύει τις μεμβράνες από οξειδωτική καταπόνηση που προκαλείται από υψηλή συγκέντρωση αλάτων (Βλάχου, 2011).

Ως η σημαντικότερη περιοχή για τη σύνθεση της προλίνης έχουν αναφερθεί οι χλωροπλάστες και σε υψηλή αλατότητα παρατηρείται συσσώρευση προλίνης στα φύλλα των πολυετών ή μη πολυετών φυτών (Βλάχου, 2011).

Παρά το γεγονός ότι στο παρελθόν η περισσότερη προσοχή έχει δοθεί στο ρόλο της προλίνης ως συμβατός ωσμωλύτης και ως ωσμωπροστατευτικό, περαιτέρω εξερεύνηση του ρόλου της προλίνης στην αντοχή των φυτών στο stress έχει δοθεί λιγότερη προσοχή (Βλάχου, 2011). Μερικοί ερευνητές ήρθαν στο συμπέρασμα ότι εκτός από διάφορους γνωστούς ρόλους της προλίνης, συμμετέχει, επίσης, στη σύνθεση των βασικών πρωτεϊνών που είναι απαραίτητες για την αντοχή των φυτών στο stress (Βλάχου, 2011).

Η αύξηση της συγκέντρωσης της προλίνης κατά τη διάρκεια της υψηλής αλατότητας είναι μοναδική σε σχέση με άλλα ελεύθερα αμινοξέα στον ίδιο ιστό, αν και παρόμοια με άλλες διαλυτές ουσίες μικρού μοριακού βάρους, όπως σάκχαρα και οργανικά οξέα. Αυτές οι ενώσεις μπορεί να ενεργούν και ως ωσμωτικές διαλυτές ουσίες (Βλάχου, 2011).

Οι Sanchez et al. (1998) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο ρόλος της προλίνης είναι να ελαχιστοποιηθούν οι ζημιές που προκαλούνται από την αφυδάτωση, η οποία προκαλείται είτε από την έλλειψη νερού είτε από την υψηλή αλατότητα (Βλάχου, 2011). Παρόμοια αποτελέσματα είχαν αναφερθεί και από τους Wang et al. (1999) (Βλάχου, 2011).

Ένας μεγάλος αριθμός φυτών συσσωρεύει προλίνη ως αποτέλεσμα της υψηλής αλατότητας και αυτή η συσσώρευση μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην καταπολέμηση του stress αλατότητας (Βλάχου, 2011). Ωστόσο, τα δεδομένα δεν αναφέρουν πάντα μια θετική συσχέτιση μεταξύ της συσσώρευσης της προλίνης και της προσαρμογής των φυτών στην υψηλή αλατότητα (Βλάχου, 2011).

Στο φασόλι, στο αλόφυτο *Limonium latifolium*, η μείωση του ωσμωτικού δυναμικού λόγω υψηλής αλατότητας οδήγησε σε αύξηση της προλίνης (Βλάχου, 2011). Η σημαντική μείωση του οσμωτικού δυναμικού είναι αποτέλεσμα των διορθωτικών αλλαγών στις λειτουργίες του φυτού, για τη διασφάλιση της προσαρμογής του στις υψηλές αλατότητες (Βλάχου, 2011). Σ' αυτή την περίπτωση μια διαδικασία οσμωρύθμισης εμφανίζεται στα φυτικά κύτταρα για τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού, μέσω της συσσώρευσης των ενεργών διαλυτών ουσιών (π.χ. προλίνης) (Βλάχου, 2011). Σύμφωνα με τους Carimi et al. (2005), η προλίνη συσσωρεύεται στο κυτταρόπλασμα προκειμένου να διατηρήσει τη φωτοσύνθεση του φυτού (Βλάχου, 2011).

3.7.2 Επίδραση της αλατότητας στη συγκέντρωση χλωροφύλλης και καροτενοειδών

Από την άποψη τόσο της δομής όσο και του ρόλου τους, οι φωτοσυνθετικές χρωστικές των ανώτερων φυτών κατατάσσονται σε δύο

ομάδες, τις χλωροφύλλες και τα καροτενοειδή (Βλάχου, 2011). Οι χλωροφύλλες παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό πράσινο χρωματισμό στον οποίο οφείλουν το χρώμα τους οι χλωροπλάστες και κατ' επέκταση τα φύλλα, ενώ τα καροτενοειδή παρουσιάζουν κίτρινο-πορτοκαλί χρωματισμό (Βλάχου, 2011).

Η φωτοσύνθεση, μαζί με την κυτταρική ανάπτυξη, είναι μεταξύ των πρωταρχικών διεργασιών που επηρεάζονται από την ξηρασία ή από αλατότητα (Βλάχου, 2011). Οι συνέπειες της ξηρασίας και της αλατότητας στη φωτοσύνθεση ποικίλουν ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του stress, καθώς και με την ηλικία του φύλλου (τα νεαρά φύλλα πλήττονται περισσότερο από την υψηλή αλατότητα) και το είδος του φυτού (Βλάχου, 2011).

Η φυτική παραγωγή βιομάζας εξαρτάται από τη συγκέντρωση των προϊόντων του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης και επηρεάζεται από την αυξημένη αλατότητα διαμέσου της αρνητικής επίδρασής της στη φωτοσύνθεση (Βλάχου, 2011).

Σύμφωνα με τους Mavrogianopoulos et al. (1999), η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο πεπόνι cv. "Parnon" μειώθηκε σε επίπεδο αλατότητας 7,5 dS/m, ενώ οι Ozkan Sivritepe et al. (2005) ανέφεραν αύξηση στις τιμές του Spad (ένα φορητό διαγνωστικό εργαλείο που μετρά το πράσινο χρώμα (συγκέντρωση χλωροφύλλης) των φύλλων) μέχρι την αλατότητα 13,5 dS/m σε δύο ποικιλίες πεποنيού (cv. "Hasanbey", cv. "Kirkagac"). Αύξηση της αλατότητας πάνω από το όριο αυτό οδήγησε σε μείωση των τιμών (Βλάχου, 2011).

Στα καροτενοειδή αποδίδεται ρόλος εκκαθάρισης του O₂ και κατά συνέπεια μείωσης των τοξικών υδροξυλικών ριζών, που προέρχονται από την μετατροπή του. Η φωτοσυνθετική μηχανή προστατεύεται από την οξειδωτική βλάβη με τη δράση των καροτενοειδών (Βλάχου Γ., 2011). Τα καροτενοειδή είναι γνωστό ότι έχουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των φυτών (Βλάχου, 2011).

Σύμφωνα με τους Ashraf et al. (2003) στα φυτά μπάμιας η συγκέντρωση των καροτενοειδών αυξήθηκε στην υψηλή αλατότητα και στις δύο ποικιλίες (*Posa Sawni* και *Sabz Bhindi*) (Βλάχου, 2011). Αντίθετα, σύμφωνα με τους Khavarinejad and Mostofi (1998), σε φυτά τομάτας η συγκέντρωση των καροτενοειδών μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας (Βλάχου, 2011).

3.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

3.8.1 Επίδραση της αλατότητας στο πάχος του φύλλου

Τα φύλλα είναι τα εξειδικευμένα όργανα στα οποία λαμβάνει χώρα η διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Φέρουν ελασματοειδή κατασκευή και έχουν τέτοια διάταξη, ώστε να αξιοποιούνται πιο αποτελεσματικά οι πρώτες ύλες της φωτοσύνθεσης, δηλαδή η ακτινοβολία και το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φύλλα παράγουν οξυγόνο και δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας (Αϊβαλάκης και συνεργάτες, 2003).

Η ανατομική παρατήρηση ενός τυπικού φύλλου μας δείχνει ότι το όργανο αυτό συγκρατείται από εξειδικευμένους ιστούς με αυστηρά καταμερισμένους ρόλους. Η εξωτερική επιφάνεια του φύλλου καλύπτεται από την εφυμενίδα και την επιδερμίδα (Βλάχου, 2011).

Η περιοχή του φύλλου που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο επιδερμίδων, δηλαδή το μεσόφυλλο, αποτελείται από τα κύτταρα του φωτοσυνθετικού παρεγχύματος, τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες και τους στηρικτικούς ιστούς. Τα κύτταρα του φωτοσυνθετικού παρεγχύματος

διαθέτουν πολυάριθμους χλωροπλάστες και άφθονους μεσοκυττάριους χώρους, ώστε να διευκολύνεται η ανταλλαγή αερίων (Βλάχου, 2011).

Στα τυπικά φύλλα των δικότυλων το μεσόφυλλο απαρτίζεται από δύο τύπους φωτοσυνθετικού παρεγχύματος, το δρυφρακτειδές ή πασσαλώδες και σπογγώδες παρέγχυμα (Βλάχου, 2011).

Τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας είναι συνήθως παχύτερα, με μεγαλύτερο περιεχόμενο νερού (υδαρή) (Βλάχου, 2011). Αυτή η υδαρότητα αποδίδεται στην ωσμωρύθμιση των φυτών, καθώς αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια στην οποία γίνεται η διάχυση του CO₂ σε σχέση με την επιφάνεια του φύλλου και μειώνει την εσωτερική αντίσταση του φύλλου στην απορρόφηση του CO₂ (Βλάχου, 2011).

3.8.2. Επίδραση της αλατότητας στον αριθμό των στοματίων

Τα στομάτια είναι μικροσκοπικά ανοίγματα στην επιφάνεια των φύλλων που επιτρέπουν την ανταλλαγή αερίων, έτσι ώστε τα κύτταρα να μπορούν να φωτοσυνθέτουν και να αναπνέουν. Παράλληλα, μέσω των στοματίων γίνεται η εξάτμιση του νερού κατά τη διαπνοή. Με το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων το φυτό ελέγχει το ρυθμό απώλειας νερού (Radoglou and Jarvis, 1990).

Η στοματική πυκνότητα ελέγχεται από γενετικούς παράγοντες (Βλάχου, 2011). Η στοματική πυκνότητα διαφέρει μεταξύ α) των ειδών, β) των ποικιλιών εντός του είδους, γ) από φύλλο σε φύλλο, λόγω διαφορετικής φυλλικής επιφάνειας και λόγω ηλικίας (Βλάχου, 2011).

Επιπλέον, η στοματική πυκνότητα και το μέγεθος των κυττάρων μπορούν να τροποποιηθούν από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η ξηρασία (Bosabalidis and Kofidis, 2002), το φως, την αλατότητα και η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ (Βλάχου, 2011).

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα φυτά φασολιού η παρουσία των 100 mM NaCl προκάλεσε αύξηση του αριθμού των στοματίων, περίπου 42 % σε σχέση με τον μάρτυρα, με βάση τους Kaymakçalan et al., (2008), και Wignarajah et al., (1975) (Βλάχου, 2011). Αντίθετα, σε φυτά τομάτας η αύξηση της αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε μείωση της στοματικής πυκνότητας σύμφωνα με τους Romero-Aranda et al., (2001) (Βλάχου, 2011).

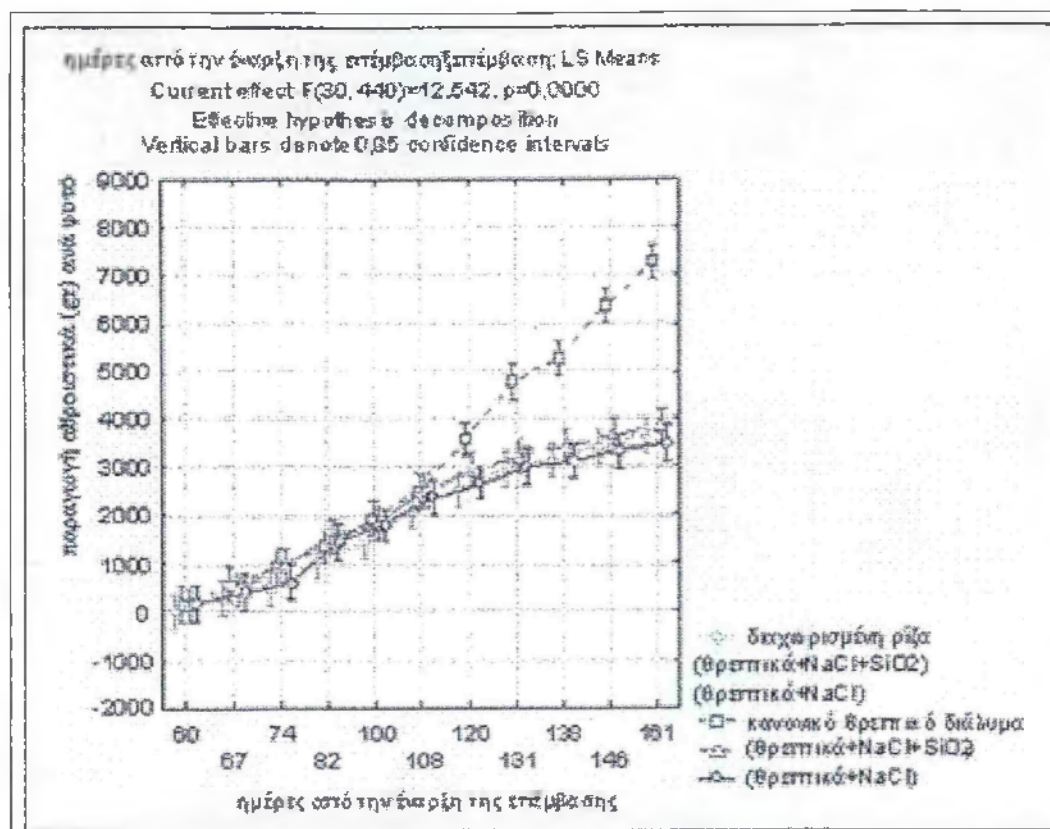
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η απόδοση των καλλιεργειών καρποδοτικών λαχανικών που αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας μειώνεται, λόγω μείωσης του μεγέθους των καρπών ή λόγω μείωσης του αριθμού των καρπών ή λόγω μείωσης και των δύο (Γιαννόπουλος, 2010).

Ο βαθμός μείωσης της παραγωγής εξαρτάται από τη συνολική συγκέντρωση αλάτων στο περιβάλλον των ριζών, το είδος των αλάτων, το είδος του καλλιεργούμενου φυτού ή και της ποικιλίας (Chartzoulakis and Klaraki, 2000), τον τρόπο άρδευσης, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια έκθεσης των φυτών σε συνθήκες υψηλής αλατότητας και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες (Γιαννόπουλος, 2010).

Στην μπάμια, στην τομάτα, στο πεπόνι, στο αγγούρι, στην πιπεριά αναφέρεται τόσο μείωση του βάρους των καρπών, όσο και του αριθμού των καρπών ανά φυτό (Γιαννόπουλος, 2010).

Σε επίπεδα υψηλής αλατότητας η παραγωγή τομάτας περιορίζεται εξαιτίας της μείωσης τόσο του αριθμού των καρπών ανά φυτό όσο και του μέσου βάρους των καρπών (Κόντης, 2009). Στο διάγραμμα 9 φαίνεται η αθροιστική παραγωγή των καρπών ανά φυτό τομάτας σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (Κόντης, 2009).



Διάγραμμα 9. Η αθροιστική παραγωγή (gr) των καρπών ανά φυτό τομάτας (Κόντης 2009)

Σύμφωνα με τους Manrogiopoulos et al. (2002) και del Amor et al. (2001), η αλατότητα περιορίζει κυρίως το μέσο βάρος των καρπών, ενώ αντίθετα οι Canvajal et al. (1999) αναφέρουν μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό (Γιαννόπουλος, 2010). Σε επίπεδα αλατότητας 80 mM NaCl, τα αποτελέσματα σχετικού πειράματος έδειξαν ότι η παραγωγή τομάτας μειώθηκε με την άνοδο της αλατότητας, λόγω μείωσης του βάρους των καρπών και όχι λόγω μείωσης του αριθμού τους (Γιαννόπουλος, 2010).

Στην πιπεριά ο αριθμός των καρπών ανά φυτό παραμένει σταθερός σε μέτρια επίπεδα αλατότητας, ενώ το μέσο βάρος τους μειώνεται σημαντικά (Chartzoulakis and Klapaki, 2000). Οι Gomez et al. (1996) υποστηρίζουν ότι παρατηρείται μια σημαντική μείωση στον αριθμό των καρπών της πιπεριάς

ανά φυτό και σημαντικότερη μείωση στο μέσο νωπό βάρος των καρπών με την αύξηση της αλατότητας (Γιαννόπουλος, 2010).

Οι Savvas and Lenz (2000) παρατήρησαν ότι η μείωση της παραγωγής της μελιτζάνας, λόγω αυξημένης αλατότητας είναι αποτέλεσμα της μείωσης του μέσου βάρους των καρπών της και όχι του περιορισμού του αριθμού των καρπών ανά φυτό (Γιαννόπουλος, 2010).

Στο πεπόνι, η μείωση της απόδοσης σχετίζεται περισσότερο με τον αριθμό των καρπών ανά φυτό παρά με το μέσο βάρος αυτών αναφέρουν οι del Amor et al. (1999) (Γιαννόπουλος, 2010).

Στο αγγούρι, αν και το μέσο βάρος των καρπών μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της αλατότητας, τη μέγιστη συμβολή στη μείωση της απόδοσης φαίνεται να την έχει ο αριθμός των καρπών ανά φυτό (Γιαννόπουλος, 2010). Έτσι, σε πείραμα του Chartzoulakis (1992) παρήχθησαν 67% λιγότεροι καρποί, ενώ το μέσο βάρος του καρπού μειώθηκε μόνο κατά 16%, όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος ήταν 5 dSm^{-1} σε σύγκριση με τον μάρτυρα ($1,2 \text{ dSm}^{-1}$) (Γιαννόπουλος, 2010).

Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα των διαφόρων ερευνητών όσον αφορά στον τρόπο με το οποίο μειώνεται η παραγωγή των κηπευτικών είναι αμφιλεγόμενη, ίσως λόγω των διαφορετικών επιπέδων αλατότητας που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

5.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

5.1.1 Γενικά

Υπάρχουν τεχνικές με βάση τις οποίες καταπολεμείται η αύξηση της αλατότητας ή έστω επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού αύξησής της.

Ένας τέτοιος τρόπος είναι η ανάμειξη καθαρού νερού (χαμηλότερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας) με το νερό της απορροής, καθώς και η αφαίρεση μικρού όγκου του νερού της απορροής και αντικατάστασή του με καθαρό νερό (Μπράτη και Αναστασίου, 2000-2001). Και στις δύο περιπτώσεις επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού με τον οποίο αυξάνει η αλατότητα του απορρέοντος διαλύματος. Είναι μάλιστα δυνατό σε διάστημα επτά κύκλων άρδευσης η αλατότητα να αυξηθεί συνολικά μόνο κατά 31% σε σχέση με το αρχικό διάλυμα, ενώ στην περίπτωση που δεν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, θα αυξηθεί 24% σε κάθε μεμονωμένο κύκλο (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001).

Ένα δεύτερος τρόπος διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η ολική ανανέωση του διαλύματος, όταν τα επίπεδα της αλατότητας πλησιάσουν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια. Ερευνητικά αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι δεν υπάρχει αξιόλογη διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές τεχνικές ούτε ως προς την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, αλλά ούτε και ως προς το κόστος εφαρμογής τους (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001).

Γενικά, πολύ σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της αλατότητας στα κλειστά υδροπονικά συστήματα παίζει η σωστή διαχείριση του διαθέσιμου

νερού. Με τον όρο σωστή διαχείριση εννοούμε τόσο την αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας όσο και την καλύτερη κατά το δυνατόν αξιοποίηση του νερού χαμηλής ποιότητας (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001).

5.1.2 ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΕΡΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας επιτυγχάνεται κυρίως με την χρησιμοποίησή του σε ευαίσθητες καλλιέργειες. Όπως είναι η γνωστό, ανθεκτικότητα των φυτών στην αλατότητα διαφέρει τόσο με το είδος του φυτού όσο και με το στάδιο ανάπτυξής του. Επομένως, γνωρίζοντας τα είδη που είναι ευαίσθητα στα υψηλά επίπεδα αλατότητας, μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο έπακρο το καλής ποιότητας νερό, χρησιμοποιώντας το σε τέτοιες καλλιέργειες, οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να αποδώσουν ικανοποιητικά. Σημαντικό, επίσης, είναι να γίνεται χρήση της διαθέσιμης ποσότητας καλής ποιότητας νερού (π.χ. βρόχινο, από αρνητική όσμωση κλπ) στα κατάλληλα (ευαίσθητα) στάδια ανάπτυξης, καθώς και σε σχέση με τον προβλεπόμενο καιρό (υψηλής εξατμισοδιαπνοής) της περιοχής. (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001)

5.1.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Εξίσου σημαντική είναι η προσπάθεια αξιοποίησης του νερού που θεωρείται χαμηλής ποιότητας. Εκτός από τη χρησιμοποίησή του σε ανθεκτικές καλλιέργειες (ρυθμίζοντας ανάλογα τη συνταγή του διαλύματος), το νερό «κακής» ποιότητας είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και σε θερμοκηπιακές, υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες επιτυγχάνεται ο

κατάλληλος έλεγχος του κλίματος (εμπλουτισμός με CO₂, σκίαση, αύξηση της υγρασίας), έτσι ώστε με τη μείωση της εξατμισοδιαπνοής να μειώνεται σε μεγάλο βαθμό οι δυσμενείς επιπτώσεις της χρησιμοποίησης νερού υψηλής αλατότητας. (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001)

Επίσης, ο σύγχρονος διαθέσιμος εξοπλισμός για τα θερμοκήπια δίνει τη δυνατότητα της συνεχούς αναπροσαρμογής του θρεπτικού διαλύματος ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Έτσι, για παράδειγμα, παλιότερα ο έλεγχος της αγωγιμότητας στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα γινόταν μια φορά στις δέκα μέρες, σήμερα ο παραγωγός έχει την ευχέρεια του συνεχούς ελέγχου της αγωγιμότητας, καθώς και της μέτρησης διαφόρων κλιματικών παραμέτρων, όπως π.χ. την ηλιακή ακτινοβολία. Δηλαδή με τη χρησιμοποίηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου στην περίπτωση που, για παράδειγμα, παρατηρείται αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας, η συνταγή του θρεπτικού διαλύματος τροποποιείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε παρά την αυξημένη εξατμισοδιαπνοή που θα παρατηρηθεί, η αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής να μην υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια. (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001)

5.1.4 ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Οι τεχνικές καλλιέργειας, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν για να περιορίσουν τα βλαβερά αποτελέσματα της αλατότητας αποτελεί σήμερα πεδίο έρευνας. Ωστόσο, μέσα από τη βιβλιογραφία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (Κόντης, 2009) :

- Στη δημιουργία ανθεκτικών στα άλατα γονοτύπων ή με χημικά προτρεπτικά, όπως είναι η DAAME (1,3 δαμινοπροπάνιο) που επιδρά

στη φυσιολογία του φυτού και αυξάνει την ανθεκτικότητα (Κόντης, 2009).

- Με εγκατάσταση στραγγιστικού δικτύου, έκπλυση της περίσσειας των αλάτων (Leaching Requirements-LR) κατά την περίοδο μικρής κατανάλωσης ύδατος εκ μέρους των φυτών και παρακολούθηση του φαινομένου της αλατότητας στις ημίξηρες κλιματικές ζώνες (Κόντης, 2009).

Με την κατασκευή του στραγγιστικού δικτύου μειώνεται η υπόγεια στάθμη και αρχίζει η έκπλυση των αλάτων. Βελτίωση της καλλιέργειας σημαίνει απομάκρυνση των υδατοδιαλυτών αλάτων, με έκπλυση καλής ποιότητας νερού. Οι ποσότητες του νερού που θα χρειαστούν εξαρτώνται από την διηθητικότητα του εδάφους. Δεν θα πρέπει η παροχή να ξεπερνά τη διήθηση, γιατί στην αντίθετη περίπτωση δύναται να υπάρξει εξάτμιση και συνεπώς συμπύκνωση των αλάτων. Συνεπώς θα πρέπει να αποφεύγονται οι θερμοί μήνες για βελτίωση, επειδή τότε η εξάτμιση είναι μεγάλη (Μισοπολινός, 1991). Η πιστή τήρηση των προαναφερθέντων μέτρων εφαρμόστηκε με επιτυχία στην περίπτωση της ανάκτησης 3000 εκταρίων έκτασης υψηλής αλατότητας στην περιοχή Kalaat Landelous της Τυνησίας (Κόντης, 2009).

- Επέμβαση στη θρέψη του φυτού, όπως :
 - ✓ Ενσωμάτωση οργανικών υπολειμμάτων στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους με ικανοποιητικά αποτελέσματα (Κόντης, 2009)
 - ✓ Αύξηση της αναλογίας των επιπέδων των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων με ισχνά, όμως, αποτελέσματα (Κόντης, 2009)

- ✓ Αύξηση της αναλογίας των επιπέδων των ιόντων καλίου που επιφέρει μείωση των συμπτωμάτων τοξικότητας του NaCl στα φύλλα (Κόντης, 2009)
 - ✓ Αύξηση της αναλογίας των επιπέδων των φωσφορικών ιόντων με θετικά αποτελέσματα στο ριζικό σύστημα των φυτών (Κόντης, 2009)
 - ✓ Αύξηση της αναλογίας των επιπέδων των ιόντων Βορίου με αρνητικά αποτελέσματα (Κόντης, 2009)
 - ✓ Με συνδυασμό αμμωνίας, όξινου ανθρακικού οξέος και ασβεστίου, όπου μείωσαν το αρνητικό αποτέλεσμα της αλατότητας σε φυτά της τομάτας (Κόντης, 2009)
 - ✓ Αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις των Ca^{+2} , K^+ και P στο θρεπτικό διάλυμα, μέχρι 10-20 mM, 10-15 mM και 10-100 μ M, αντίστοιχα, φαίνεται να έχει θετική επίδραση, σύμφωνα με πειράματα που έγιναν για κάθε στοιχείο ξεχωριστά (Cuartero, Fernandez-Munoz, 1999).
- Με την προσαρμογή της φυσιολογίας των φυτών σε ξηρασία ως επέμβαση στο στάδιο των πέντε (5) φύλλων, με θετικό αποτέλεσμα της αντίστασης του φυτού στο αλάτι (Κόντης, 2009)
 - Εμβολιάζοντας καλλιεργητικές ποικιλίες επάνω σε κατάλληλο ρίζωμα προμηθεύει, επίσης, έναν εναλλακτικό τρόπο αύξησης της αντίστασης στο αλάτι (Κόντης, 2009)
 - Η αρδευτική διαχείριση ανάμειξης υφάλμυρου και επιφανειακού γλυκού νερού στην κατάλληλη αναλογία (1/6) αποτελεί στρατηγική σε πολλές

χώρες καθώς προσδίδει αυξημένα ποιοτικά χαρακτηριστικά στους καρπούς των τοματών (Κόντης, 2009)

- Με εμβολιασμό πληθυσμού δενδρόμορφων φλυκταινοδών – μυκορριζών μυκητών (VAM) (Κόντης, 2009). Οι δενδρόμορφοι φλυκταινώδεις – μυκόρριζοι μύκητες φαίνεται να αυξάνουν την ανθεκτικότητα κάποιων φυτών στην αλατότητα (Cuartero, Fernandez-Munoz, 1999)
- Με εφαρμογή της υδρονέφωσης στα φυτά βελτιώνοντας την ανάπτυξη και σοδειά σε συνθήκες αλατότητας (Κόντης Μ., 2009)
- Χρήση της στάγδην μεθόδου στην άρδευση (Κόντης, 2009)
- Εμβάπτιση και προσαρμογή των σποροφύτων ηλικίας πέντε (5) ημερών σε υφάλμυρο διάλυμα (Κόντης, 2009). Η χρήση των σπόρων που εμβάπτιστηκαν σε NaCl 1M για 36 h προτείνεται για απευθείας σπορά στο χωράφι (Cuartero, Fernandez- Munoz, 1999)
- Με την κατάλληλη πυκνότητα φύτευσης των φυτών στην καλλιέργεια (Κόντης, 2009)
- Ο εμπλουτισμός με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε συνθήκες αλατότητας αυξάνει τη σοδειά σε καλλιέργεια τομάτας (Κόντης Μ., 2009)

- Τέλος, η εναλλαγή ημέρας/νύχτας στην κατανάλωση νερού χαμηλής/υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητα, αντίστοιχα, είχε ενθαρρυντικά αποτελέσματα μόνο στην ποιότητα των καρπών (Κόντης, 2009)

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης προτείνει τις ακόλουθες δράσεις για την πρόληψη και αντιμετώπιση του προβλήματος της αλατότητας (Κόντης, 2009) :

- ✓ Περιοδικό έλεγχο της ποιότητας του νερού άρδευσης (Κόντης, 2009)
- ✓ Συνεχή έλεγχο και προσδιορισμό των διαλυτών αλάτων σε καλλιεργούμενες εκτάσεις με τάσεις δημιουργίας συνθηκών υψηλής αλατότητας (Κόντης, 2009)
- ✓ Άρδευση με περίσσεια νερού και κατασκευή δικτύων αποστράγγισης προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών για την κανονική ανάπτυξη και την έκπλυση των διαλυτών αλάτων (ειδικά σε περιπτώσεις, όπου το νερό είναι κακής ποιότητας) (Κόντης, 2009)
- ✓ Αυστηρό έλεγχο της άντλησης νερού από τους υδροφορείς που έρχονται σε επαφή με το θαλάσσιο νερό για την αποφυγή της διείσδυσης υφάλμυρου νερού(Κόντης, 2009)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η επίδραση της αλατότητας προκάλεσε μείωση σε όλους τους δείκτες της ανάπτυξης των φυτών. Οι γενικές επιπτώσεις της αλατότητας είναι η μείωση του επιπέδου της ανάπτυξης με αποτέλεσμα μικρότερα φύλλα, μικρότερο ύψος και κάποιες φορές λιγότερα φύλλα στα φυτά (Shannon, Grieve, 1999). Ο βαθμός μείωσης της ανάπτυξης διαφέρει σημαντικά στα διάφορα είδη φυτών και λιγότερο στις ποικιλίες των ειδών (Shannon, Grieve, 1999).

Αυξάνοντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC του θρεπτικού διαλύματος μπορεί ουσιαστικά να μειωθεί το επίπεδο ανάπτυξης των καρπών και το τελικό μέγεθος αυτών, λόγω του φαινομένου της όσμωσης. Η υψηλή αλατότητα μειώνει το υδατικό δυναμικό στο φυτό, το οποίο μειώνει τη ροή νερού μέσα στον καρπό και επομένως το επίπεδο ανάπτυξης των καρπών (Dorais et al., 2001).

6.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

Σε επίπεδα υψηλής αλατότητας, τόσο η χλωροφύλλη όσο και τα καροτενοειδή παρουσιάζουν αυξομείωση, ανάλογα με το είδος του φυτού.

Επίσης, σε επίπεδα υψηλής αλατότητας τα φυτά συσσωρεύουν προλίνη, η οποία είναι ωσμοπροστατευτική και βοηθά στην προστασία και επιβίωση των φυτών από τις βλαβερές συνέπειες της υψηλής αλατότητας.

6.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

Σχετικά με το πάχος, τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αλατότητας είναι συνήθως παχύτερα, με μεγαλύτερο περιεχόμενο νερού (υδαρή) (Βλάχου, 2011).

Όσον αφορά στον αριθμό των στοματίων στα φύλλα, αυτός αυξομειώνεται σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, ανάλογα με το είδος των φυτών.

6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η απόδοση των καλλιεργειών καρποδοτικών λαχανικών που αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας μειώνεται, λόγω μείωσης του μεγέθους των καρπών ή λόγω μείωσης του αριθμού των καρπών ή λόγω μείωσης και των δύο (Γιαννόπουλος, 2010). Ο βαθμός δε μείωσης της παραγωγής είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων.

6.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Σχετικά με τους τρόπους περιορισμού της αλατότητας στο θρεπτικό διάλυμα αναφέρεται αρχικά η αποδοτικότερη χρήση καλής ποιότητας νερού.

Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του τελευταίου σε φυτά που είναι ευαίσθητα στην υψηλή αλατότητα. Επομένως, γνωρίζοντας τα είδη που είναι ευαίσθητα στα υψηλά επίπεδα αλατότητας, μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο

έπακρο το καλής ποιότητας νερό, χρησιμοποιώντας το σε τέτοιες καλλιέργειες, οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να αποδώσουν ικανοποιητικά (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001).

Στη συνέχεια, η αξιοποίηση χαμηλής ποιότητας νερού μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το για άρδευση ανθεκτικών φυτών σε υψηλά επίπεδα αλατότητας. Ειδικά στις υδροπονικές καλλιέργειες, στις οποίες επιτυγχάνεται ο κατάλληλος έλεγχος του κλίματος (εμπλουτισμός με CO₂, σκίαση, αύξηση της υγρασίας), οι δυσμενείς επιπτώσεις της χρησιμοποίησης νερού υψηλής αλατότητας είναι μειωμένες σε μεγάλο βαθμό. (Μπράτη, Αναστασίου, 2000-2001).

Όσον αφορά στις τεχνικές καλλιέργειας, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν για να περιορίσουν τις βλαβερές συνέπειες της αλατότητας, όλες αποτελούν ξεχωριστή περίπτωση κατά την εφαρμογή τους σε διάφορες καλλιέργειες και χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abid M., Malik S.A., Bilal K., Wajid R. A. (2002). Response of Okra (*Ambelmoschus esculentus* L.) to EC and SAR of Irrigation Water Int. J. Agri. Biol., Vol. 4, No.3.

Ashraf M. (2003). Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blue panigrass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging. Plant Sci 165, 69-75.

Ashraf M., Foolad M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59, 206-216.

Benzioni A., Nerd A., Rosengartner Y., Mills D., (1992). Effect of NaCl salinity on growth and development of jojoba clones I. Young plant. J. Plant Physiol. 139, 731-736.

Bosabalidis A.M., Kofidis G., (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. Plant Sci. 163, 375-379.

Botti C., Palzkill D., Munoz D., Prat L. (1998). Morphological and anatomical characterization of six jojoba clones at saline and non-saline sites. Industrial Crops and Products, 9, 53-62.

Carimi G., Ghorbanli M., Heidari H., Nejad R., Assareh M. (2005). The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. Biol. Plantarum, 49 (2), 301-304.

Carvajal M., Martinez V., Cerda A. (1999). Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture. Jurnal of plant nutrition 22 (1), 177-190.

Chartzoulakis K., Klapaki G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae* 86 (3), 247-260.

Chartzoulakis K.S. (1992). Effects of NaCl salinity of germination, growth and yield of greenhouse cucumber plants. *Jurnal of horticulture science* 67 (1), 115-119.

Cuartero Jesus, Munoz Rafael-Fernandez (1999). Tomato and salinity.

Del Amor F., Martinez V., Cerda A. (1999). Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 34, 1171-1191.

Del Amor F., Martinez V., Cerda A. (2001). Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. *HortScience* 36 (7), pp. 1260-126

DORAIS Martine, Papadopoulos P. Athanasios, GOSSELIN Andre' (2001). Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality.

Gomez I., Navarro Pedreno J., Moral R., Iborra Ma. R., Palacios G., Mataix J. (1996). Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plants. *Journal of plant nutrition* 19 (2), 353-359.

Grattan S.R., Grieve C.M. (1999). Salinity –mineral nutrient relations in horticultural crops.

Kaymakanova M., and Stoeva N. (2008). Physiological reaction of bean plants (*Phaseolus vulg* L.) to salt stress. *Plant PhysiolSoaglyt.* 34 (3-4), 177-188.

Khavarinejad R.A., Mostofi Y. (1998). Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars. *Photosynthetica*, 35, 151-154.

Maas E.V (1993). Salinity in citriculture – *Tree PHYSIOL.* 12, 195-216.

Marshner H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London, σελ. 889.

Mavrogiannopoulos G.N., Savvas D., Vogli V. (2002). Influence of NaCl salinity imposed on half of the root system of hydroponically grown tomato on growth, yield and tissue mineral composition. *J. Hort. Sci. Biotechn.* 77, 557-564.

Mavrogiannopoulos G.N., Spanaki J., Tsikalas P. (1999). Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Sci. Hort.* 79, 51-63.

McCall D., Brazaityte A. (1997). Salinity effects on seedling growth and floral

Mohammad M., Shibli R., Ajlouni M., Nimri L. (1998). Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 21 (8), pp.1667-1680.

Oertli J.J. (1968). Extracellular salt accumulation, a possible mechanism of salt injury in plants. *Agrochimica* 12, 461-469.

Ozkan H.S., Sivritepe N., Eris A., Turhan E. (2005). The effects of NaCl pretreatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulture*, 106, 568-581.

Parker M.B., Gaines T.P., Hook J.E., Gascho G.J., Maw B.W. (1987). Chloride and water stress effects on soybean in pot culture- *J. Plant Nutr.* 10, 517-538.

Parker M.B., Gascho G.J., Gaines T.P. (1983). Chloride toxicity of soybeans grown on Atlantic coast flatwoods soils – *Agron. J.* 75, 439-443.

Radoglou K.M., Jarvis P.G. (1990). Effects of CO₂ enrichment on four popular clones. II. Leaf surface properties. *Ann. Bot.* 65, 627-632.

Romero-Aranda R., Soria T., Cuartero J. (2001). Tomato plant – water uptake and plant – water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160, 265-272.

Sanchez F.J., Manzanares M., Deandress E.F., Tenorio J. L. and Ayerbe L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops res.* 59, 225-235.

Savvas D., Lenz F. (2000). Effects of NaCl or nutrient – induced salinity on growth, yield and composition of eggplants grown in rockwool. *Scientia horticulturae* 84 (1-2), 37-47.

Serrato Valenti G., Ferro M., Ferraro D., Riveros F. (1991). Anatomical changes in *Prosopis tamarungo* Phil. seedlings growing at different levels of NaCl salinity. *Ann. Bot.* 68, 47-53.

Shannon M.C., Grieve C.M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity.

Sykes S.R. (1992). The inheritance of salt exclusion in woody perennial fruit species – *Plant Soil* 146, 123-129.

Unlukara A., Kurunc A., Kesmez G.D., Yurtseven E. (2008). Growth and Evapotranspiration of *Okra Abelmosccus Esculentus* L. as Influenced by Salinity of Irrigation Water. *Journal of irrigation and drainage engineering.* 160-166.

Wang H.L, Lee P.D, Liu L.F. and Su J.C. (1999). Effect of sorbitol induced osmotic stress on the changes of carbohydrate and free amino acid pools in sweet potato cell suspension cultures. *Bot. Bulletin Acad. Sinica* 40, 219-225.

Wignarajah K., Jennings D.H., Handley J.F. (1975). The effect of salinity on growth of *Phaseolous vulgaris* L.I. Anatomical changes in the first trifoliate leaf. *Ann. Bot.* 39, 1029-1038.

Yermanos D.M., Francois L.E., Tammandoni T. (1967). Effects of salinity on the development of jojoba. *Econ. Bot.* 21, 69-80.

Zhu J.K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.* 6, 66-71.

B. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αϊβαλάκης Γ., Καραμπουρνιώτης Γ. και Φασσέας Κ. (2003). Σημειώσεις Γενικής Βοτανικής. Αθήνα : Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Βλάχου Γεωργία (2011). «Επίδραση της αλατότητας στα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μπάμιας σε υδροπονική καλλιέργεια», Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γ.Π.Α.

Γιαννόπουλος Ι. Χαρίλαος (2010). «Οι επιπτώσεις του NaCl του θρεπτικού διαλύματος κλειστού συστήματος υδροπονικών καλλιεργειών, στο βαθμό αξιοποίησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων», Διπλωματική διατριβή, Γ.Π.Α.

Θεριός Ι. (1996). Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Δεδούση, Θεσσαλονίκη σελ. 188-215.

Θεριός Ι. (2005). Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Θεσσαλονίκη . Εκδόσεις Γαρταγάνη. Σελ. 177-185, 188-215.

Καραμπουρνιώτης Γ.Α. (2003). Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.

Κλάδος Εμμανουήλ (2010). «Επίδραση υποστρώματος και αλατότητας σε υδροπονική καλλιέργεια σταμναγκαθιού», Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών και Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Ηράκλειο Κρήτης.

Κόντης Χ. Μιχαήλ (2009). «Έρευνα των επιπτώσεων της υψηλής συγκέντρωσης χλωριούχου νατρίου (NaCl) στο θρεπτικό διάλυμα υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας», Ερευνητική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος, Γ.Π.Α.

Μισοπολινός Ν. (1991) "Προβληματικά Εδάφη Μελέτη Πρόληψη Βελτίωση", Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 43-117.

Μπράτη Νατάσα, Αναστασίου Αχιλλέας (2000-2001). «ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ-ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ», Γ.Π.Α.

Σάββας Δημήτριος (2007), «Εισαγωγή στις καλλιέργειες εκτός εδάφους»,
Σημειώσεις εργαστηρίου κηπευτικών καλλιεργειών, Γ.Π.Α.