

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και

Αγροτικού Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου

Περιβάλλοντος



“ Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην αύξηση και ανάπτυξη αυτόριζων και εμβολιασμένων φυτών τομάτας εγκατεστημένων σε υδροπονική καλλιέργεια ”.

Πτυχιακή Διατριβή

Ζαμπέκα Ασημίνα

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Κίττας

Νέα Ιωνία, 2006



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5733/1
Ημερ. Εισ.: 24-08-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2006
ZAM

“ Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην αύξηση και ανάπτυξη αυτόριζων και εμβολιασμένων φυτών τομάτας εγκατεστημένων σε υδροπονική καλλιέργεια ”

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Κίττας Κωνσταντίνος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Κίττας Κωνσταντίνος, Καθηγητής**
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος
- 2. Νάνος Γιώργος, Επίκουρος Καθηγητής**
Εργαστήριο Δενδροκομίας
- 3. Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ, Επίκουρος Καθηγητής**
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών κ. Κωνσταντίνο Κίττα για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το παρόν θέμα, αλλά και για την επιστημονική και ηθική υποστήριξη του καθ'όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας .

Ιδιαιτέρες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους Επίκουρους Καθηγητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Γιώργο Νάνο και κ. Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χά για την συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή, όσο και για την κριτική ανάγνωση του κειμένου και τις πολύτιμες υποδείξεις και επισημάνσεις, οι οποίες συνέβαλαν σημαντικά στη βελτίωση και τελική διαμόρφωση της πτυχιακής διατριβής.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Λύκα, Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε τόσο κατά το πειραματικό στάδιο όσο και κατά τη συγγραφή και ολοκλήρωση αυτής της διατριβής. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την συμβολή του στην γενικότερη επιστημονική μου κατάρτιση και για την υπομονή και επιμονή που έδειξε με τα προβλήματα που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την μητέρα μου και τον αδερφό μου για την ηθική και υλική υποστήριξη τους, την αγάπη, και τη συνεχή εμπύχωση και πίστη τους σε εμένα χωρίς την οποία η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου ξεχωριστά που ήταν κοντά και βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής διατριβής μου με τις συμβουλές τους, την κατανόηση τους, την αγάπη τους και κυρίως την υποστήριξη τους. Ο κάθε ένας ήταν σημαντικός με το δικό του τρόπο .

Τέλος αφιερώνω τη παρούσα πτυχιακή διατριβή μου όπως και το πτυχίο μου στον αγαπημένο μου πατέρα Ζήση Ζαμπέκα που τόσο πολύ επιθυμούσε να αποκτήσω και δεν είναι πια “εν ζωή”.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	6
Κεφάλαιο 1 . Γενική Εισαγωγή.....	7
1.1 Γενικά	8
1.1.1 Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα και διεθνώς.....	8
1.1.2 Υδροπονία	13
1.1.3 Η καλλιέργεια της τομάτας	16
1.1.3.1 Κλιματικές απαιτήσεις της τομάτας	19
1.1.4 Εμβολιασμός	20
1.2 Αντικείμενο και δομή της εργασίας	22
Κεφαλαίο 2. Θεωρητική Ανάλυση	23
2.1 Επίδραση των κλιματικών συνθηκών του εσωτερικού του θερμοκηπίου, στην ανάπτυξη των φυτών	24
2.1.1 Επίδραση της θερμοκρασίας αέρα	24
2.1.2 Επίδραση της θερμοκρασίας εδάφους	25
2.1.3 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας	25
2.1.4 Επίδραση της σχετικής υγρασίας του αέρα.....	26
2.2 Επίδραση της διαπνοής των φυτών.....	28
2.3 Επίδραση του εμβολιασμού στην ανάπτυξη των φυτών.....	30
2.3.1. Εμβολιασμός τομάτας.....	33
2.4 Υδροπονική καλλιέργεια	40
2.4.1. Υδροπονικό σύστημα	40
2.4.2 Μέθοδοι εφαρμογής του θρεπτικού διαλύματος	42
2.5 Σημασία των θρεπτικών στοιχείων στην ανάπτυξη των φυτών.....	43
2.5.1 Μηχανισμοί απορρόφησης των ιόντων από το φυτό	44
2.5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων	46
2.5.3 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ιόντων	49
2.5.4 Η δράση των μακροστοιχείων στο φυτό	52
2.5.5 Άζωτο (N).....	53
2.5.6 Φώσφορος (P).....	54
2.5.7 Θείο (S)	55
2.5.8 Μαγνήσιο (Mg).....	55
2.5.9 Κάλιο (K)	56

2.5.10 Ασβέστιο (Ca).....	57
2.5.10.1. Ξηρή σήψη κορυφής καρπού (Blossom-end rot).....	58
Κεφαλαίο 3. Υλικά και Μέθοδοι	60
3.1 Εισαγωγή	61
3.2 Το Θερμοκήπιο	61
3.3 Το υδροπονικό σύστημα	63
3.4 Η καλλιέργεια	64
3.5 Μετρήσεις	66
3.5.1 Στατιστική Ανάλυση	68
Κεφαλαίο 4. Αποτελέσματα και Συζήτηση	69
4.1 Μετρήσεις κλιματικών παραμέτρων.....	70
4.2 Μετρήσεις νωπού βάρους	70
4.2.1 Νωπό βάρος φύλλων	70
4.2.2 Νωπό βάρος βλαστών	72
4.2.3 Νωπό βάρος ώριμων και μη ώριμων καρπών	73
4.2.3.1 Νωπό βάρος ωρίμων καρπών	75
4.3 Μετρήσεις ξηρού βάρους	76
4.3.1 Ξηρό βάρος φύλλων	76
4.3.2 Φυλλική επιφάνεια	77
4.3.3 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα	79
4.3.4 Ξηρό βάρος βλαστών	82
4.3.5 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στους βλαστούς	83
4.3.6 Ξηρό βάρος καρπών	85
4.3.7 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στους καρπούς	86
4.3.8 Περιεκτικότητα Ca στους καρπούς	88
4.4 Κατανομή νωπού και ξηρού βάρους.....	90
4.5 Κατανομή νερού στα διάφορα φυτικά μέρη.....	91
4.6 Παραγωγή ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας.....	92
Κεφάλαιο 5 . Συμπεράσματα	94
Βιβλιογραφία.....	97

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιλογή εμβολιασμένων φυτών τομάτας για την εγκατάστασή τους σε μια υδροπονική καλλιέργεια, αποτελεί συχνή τακτική των θερμοκηπιακών λαχανοκομικών μονάδων, χωρίς ωστόσο να είναι επιστημονικά αποδεδειγμένη η αναγκαιότητα χρήσης εμβολιασμένων φυτών, αφού τα συγκριτικά πλεονεκτήματα τους έναντι των αυτόριζων, αφορούν κυρίως την αντοχή του υποκειμένου σε εδαφογενείς παράγοντες οι οποίοι σε μια υδροπονική καλλιέργεια ουσιαστικά δεν υφίσταντο. Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της επίδρασης των κλιματικών παραγόντων και του εμβολιασμού στην ανάπτυξη αυτόριζων, αυτοεμβολιασμένων και εμβολιασμένων με άλλη ποικιλία φυτών τομάτας (*Lycopersicon esculentum*) εγκατεστημένων σε υδροπονική καλλιέργεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν αυτόριζα φυτά τομάτας της ποικιλίας Big Red, αυτοεμβολιασμένα φυτά τομάτας ποικιλίας Big Red πάνω σε φυτά τομάτας της ίδιας ποικιλίας (Big Red x Big Red) και εμβολιασμένα φυτά τομάτας ποικιλίας Big Red πάνω σε υποκείμενα της ποικιλίας τομάτας Heman (Big Red x Heman). Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν: α) οι παράμετροι του κλίματος (θερμοκρασία αέρα, ηλιακή ακτινοβολία, σχετική υγρασία) στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, β) τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης (φυλλική επιφάνεια, χλωρό και ξηρό βάρος φύλλων, βλαστών και καρπών) των φυτών και γ) η συγκέντρωση των κατιόντων και των ανιόντων στα διάφορα φυτικά μέρη.

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων προέκυψε ότι τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας Big Red είχαν τη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών και παρουσίασαν σημαντική πρωίμηση στην παραγωγή σε σχέση με τα φυτά των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Heman είχαν το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος καρπών και παρουσίασαν την πιο όψιμη παραγωγή. Ωστόσο τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red αξιοποίησαν καλύτερα την φυλλική τους επιφάνεια για την παραγωγή καρπών με μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος. Τα φύλλα και οι βλαστοί της αυτόριζης ποικιλίας είχαν την υψηλότερη % περιεκτικότητα σε κατιόντα και ανιόντα, ενώ αντίθετα οι καρποί την χαμηλότερη % περιεκτικότητα σε σχέση με τα αντίστοιχα φυτικά μέρη των φυτών των δύο άλλων μεταχειρίσεων. Οι καρποί ωστόσο της μεταχείρισης Big Red x Heman είχαν την μικρότερη % περιεκτικότητα Ca. Οι τιμές αυτές ήταν οριακές για την εκδήλωση της φυσιολογικής ασθένειας της σήψη της κορυφής στους καρπούς.

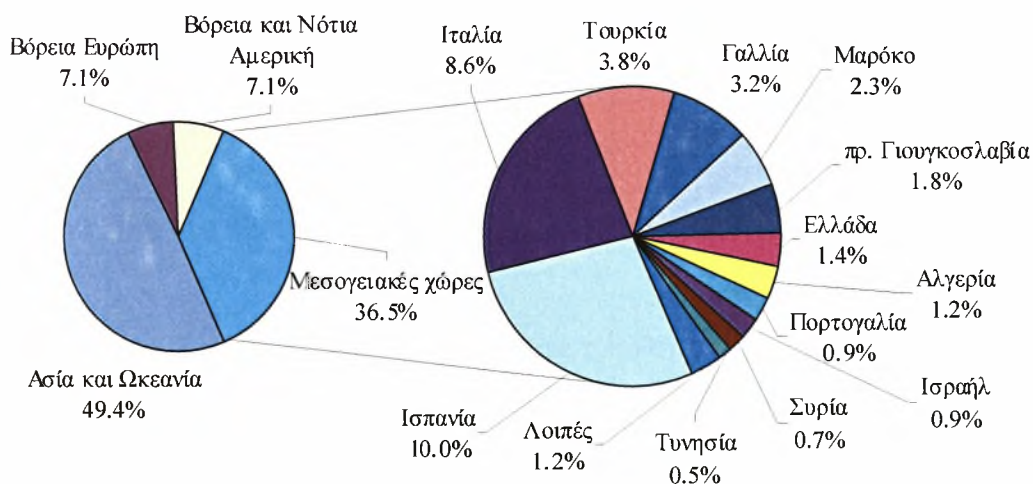
Κεφάλαιο 1. Γενική Εισαγωγή

1.1 Γενικά

1.1.1 Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα και διεθνώς

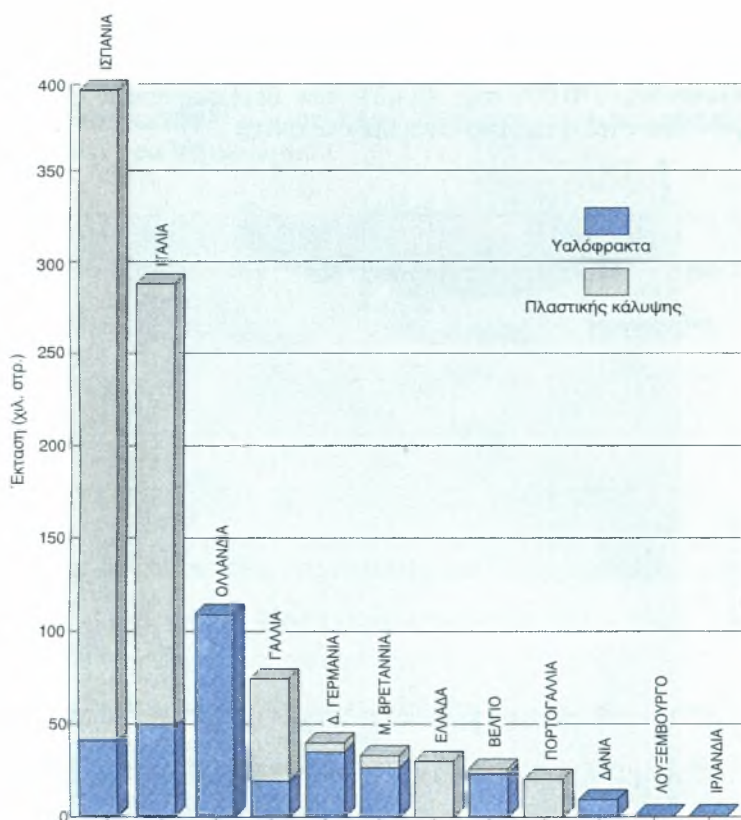
Από την αρχαιότητα ακόμη υπάρχουν πληροφορίες για προστατευόμενες καλλιέργειες, στην Κίνα, στην Αίγυπτο καθώς και μεταγενέστερα στην Ελλάδα και στη Ρώμη. Κατά το μεσαίωνα παρατηρούνται ελάχιστες εξελίξεις στην προστασία των φυτών. Με το τέλος του 19ου αιώνα οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες επεκτάθηκαν στη χειμερινή καλλιέργεια τροπικών φυτών, φοινίκων και ορχιδέας και εδραιώθηκαν στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες του κόσμου. Στον 20ο αιώνα η καλλιέργεια σε θερμοκήπια γίνεται σχεδόν εξολοκλήρου επαγγελματική υπόθεση. Το γεγονός αυτό αύξησε την απαίτηση για μεγαλύτερο έλεγχο του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου και καλύτερες κατασκευές με σκοπό την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση του κόστους.

Παγκόσμια, η καλυμμένη έκταση με θερμοκήπια (πλην της Κίνας, η οποία έχει περίπου 6.000.000 στρέμματα καλυμμένα με απλές κατασκευές και για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκή στατιστικά στοιχεία) (Μαυρογιαννόπουλος, 2001) ανέρχεται σε 2.800.000 στρ. θερμοκηπίων, εκ των οποίων το 50% περίπου βρίσκεται στην Ασία (Γράφημα 1.1). Οι Μεσογειακές χώρες κατέχουν το 36.5% της παγκόσμιας καλυμμένης έκτασης.



Γράφημα 1.1 Καλυμμένη έκταση με θερμοκήπια σε παγκόσμια κλίμακα (Συνολική έκταση 2 800 000 στρέμματα εκτός της Κίνας, Πηγή: ICAP).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Ολλανδία κατέχει την πρώτη θέση στα υαλόφρακτα θερμοκήπια με 33% επί του συνόλου όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.2 και ακολουθούν η Ιταλία με 17%, η Ισπανία με 13%, η Γερμανία με 10% και οι άλλες χώρες με μικρότερα ποσοστά. Στα καλυμμένα με πλαστικό θερμοκήπια, η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση με 59% του συνόλου και ακολουθεί η Ιταλία με 26%, η Γαλλία με 6%, ενώ η Ελλάδα στο γενικό σύνολο κατέχει μόλις την 7η θέση με ποσοστό 4,5%, ενώ έχει πολύ ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες για την παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων.

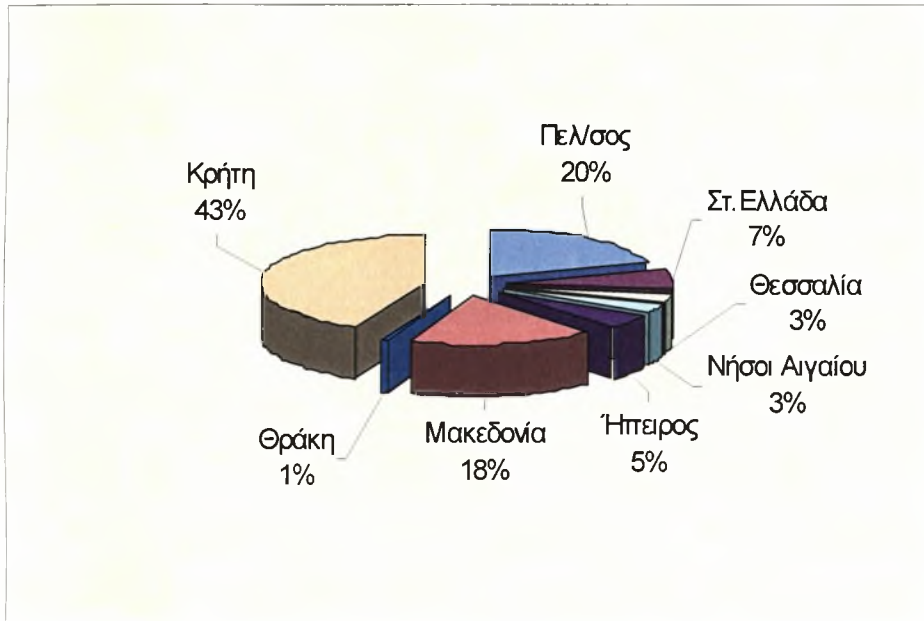


Γράφημα 1.2 Εκτάσεις θερμοκηπίων κατά τύπο στις χώρες της Ε.Ε.

Τα θερμοκήπια έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η σημαντική όμως εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1960 με τη χρήση των πλαστικών φύλλων ως υλικού κάλυψης και έκτοτε παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων που σήμερα φτάνει τα 50000 στρέμματα περίπου. Ιδιαίτερα εντυπωσιακή υπήρξε η αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα κατά την εικοσαετία 1960-1980. Αντίθετα κατά τη δεκαετία του '80 η αύξηση

συνεχίστηκε αλλά με χαμηλότερους ρυθμούς, ενώ κατά την τρέχουσα δεκαετία οι ρυθμοί αύξησης των θερμοκηπιακών εκτάσεων είναι ακόμη χαμηλότεροι.

Η κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.3 ακολουθεί κατά κανόνα την κλιματική διαφοροποίηση των επί μέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος (ήπιοι χειμώνες, απουσία παγετών κ.λ.π.) περιοχές.

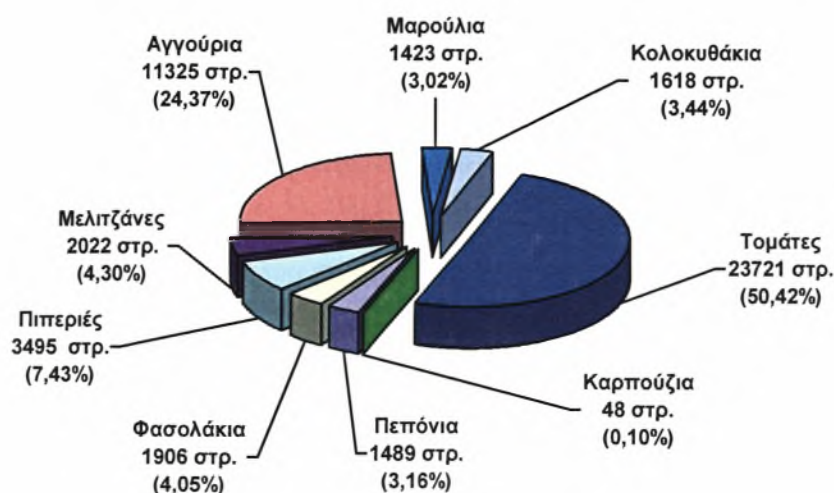


Γράφημα 1.3 Κατανομή της έκτασης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα (Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας 1998)

Οι κλιματολογικές συνθήκες αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα εξάπλωσης και ανάπτυξης των θερμοκηπίων. Τα περισσότερα θερμοκήπια είναι συγκεντρωμένα στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιο χειμώνα επειδή μειώνονται σημαντικά οι ανάγκες για θέρμανση.

Στα θερμοκήπια αυτά, καλλιεργείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα ένας σημαντικός αριθμός λαχανικών θερμής εποχής, (με εξαίρεση το μαρούλι) για παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής. Το 79% της συνολικής έκτασης θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια λαχανοκομικών και το 10% για ανθοκομικά προϊόντα. Τα κυριότερα λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται είναι η τομάτα και το αγγούρι, ενώ από τα ανθοκομικά τα γλαστρικά φυτά, τα γαρύφαλλα και τα τριαντάφυλλα.

Οι εκτάσεις σε στρέμματα που καταλαμβάνουν οι διάφορες λαχανοκομικές θερμοκηπιακές καλλιέργειες, και η παραγωγή τους σε τόνους κατά το 1997-98 δίνονται στο Γράφημα 1.4 (Ολύμπιος, 2001). Όσον αφορά την μέση παραγωγή ενδεικτικά αναφέρεται ότι αυτή φτάνει τους 10 τόνους ανά στρέμμα για τη τομάτα (διπλάσια της παραγωγής στην ύπαιθρο). Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι η αντίστοιχη απόδοση για την τομάτα στην Ολλανδία φτάνει τους 60 τόνους ανά στρέμμα.



Γράφημα 1.4 Συνολική έκταση (στρ.) των διαφόρων κηπευτικών που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπια κατά την καλλιεργητική περίοδο 1997-1998 (Ολύμπιος, 2001).

Οι τύποι θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες της Ε.Ε. εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες, την τεχνολογική ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά της οικονομίας και τη φύση των προϊόντων που παράγονται.

Σήμερα διακρίνουμε τρεις βασικούς τύπους θερμοκηπίων: τροποποιημένο τοξωτό (απλό ή πολλαπλό), αμφικλινές (απλό ή πολλαπλό) και τοξωτό. Παρά τις σημαντικές προόδους, οι οποίες έγιναν τα τελευταία 15-20 χρόνια στον τομέα κατασκευής των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, τα ξύλινα θερμοκήπια που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς και καλύπτονται με πλαστικό, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ελληνικών θερμοκηπίων αντιπροσωπεύοντας το 53% της συνολικής έκτασης τους. Υπάρχουν βέβαια και τα ξύλινα θερμοκήπια τα οποία κατασκευάζονται από οργανωμένες επιχειρήσεις, η έκταση των οποίων αυξάνεται χρόνο με το χρόνο. Οι κατασκευές αυτές

παρουσιάζουν πολλά μειονεκτήματα, όπως δυσκολία στην εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών, ανεπαρκή αερισμό και μικρή αντοχή στα φορτία.

Με την πάροδο όμως του χρόνου ενώ η έκταση των θερμοκηπίων αυτών μένει σχεδόν σταθερή, αυξάνεται συνεχώς η έκταση των μικρών κατασκευών, όπου χρησιμοποιείται μεταλλικός σκελετός με ξύλινες εξαρτήσεις για τη στερέωση του πλαστικού καλύμματος. Τέλος, σημαντική έκταση καταλαμβάνει ο μεταλλικός τύπος σε σχήμα αφίδας, ο οποίος καλύπτεται από πλαστικό, γιατί έχει χαμηλό κόστος και η εγκατάστασή του είναι εύκολη και απλή (Πίνακας 1.1).

Σημειώνεται, ότι η πλειονότητα των θερμοκηπίων στα οποία καλλιεργούνται λαχανικά, καλύπτονται με πλαστικά φύλλα και μόνο το 1% των εκτάσεων περίπου έχουν κάλυψη από γυαλί. Το κόστος ενός θερμοκηπίου ποικίλει ανάλογα με το αν είναι τυποποιημένο ή χωρικού τύπου, ανάλογα με το υλικό κατασκευής του σκελετού, το υλικό κάλυψης, τον τύπο του και αν είναι εισαγόμενο ή όχι. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μέσο κόστος ενός στρέμματος τυποποιημένου θερμοκηπίου, με τον εξοπλισμό του, κυμαίνεται γύρω στα 10 εκατομμύρια δραχμές (Ολύμπιος, 2001).

Πίνακας 1.1 Τύποι θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια λαχανικών στην Ελλάδα (Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας 1998)

ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Γυάλινα θερμοκήπια	438
Τυποποιημένα μεταλλικά με κάλυψη από πλαστικό	
• τύπου τοξωτού	3.876
• τύπου δόρρικτης η πολλύρικτης στέγης	3.153
Τυποποιημένα μικτά (μέταλλο + ξύλο) με κάλυψη από πλαστικό	4.878
Τυποποιημένα ξύλινα με κάλυψη από πλαστικό	3.398
Παλαιού (χωρικού τύπου)	
• Τοξωτά	9.140
• Δόρρικτα με μεταλλική στέγη	4.548
• Δόρρικτα με ξύλινη στέγη	4.960
• Δόρρικτα με μικτή (μέταλλο και ξύλο) στέγη	3.381
Διάφορα άλλα	100
ΣΥΝΟΛΟ	38.872

1.1.2 Υδροπονία

Με τον όρο «υδροπονία», χαρακτηρίζουμε την μέθοδο καλλιέργειας φυτών χωρίς τη χρήση εδάφους ή εδαφικών μειγμάτων. Τεχνητά προϊόντα όπως ο πετροβάμβακας ή ο περλίτης χρησιμοποιούνται αντί χώματος και οι καλλιέργειες τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα το οποίο περιέχει όλα τα ανόργανα άλατα που είναι απαραίτητα για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών. Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται είναι αποστειρωμένα.

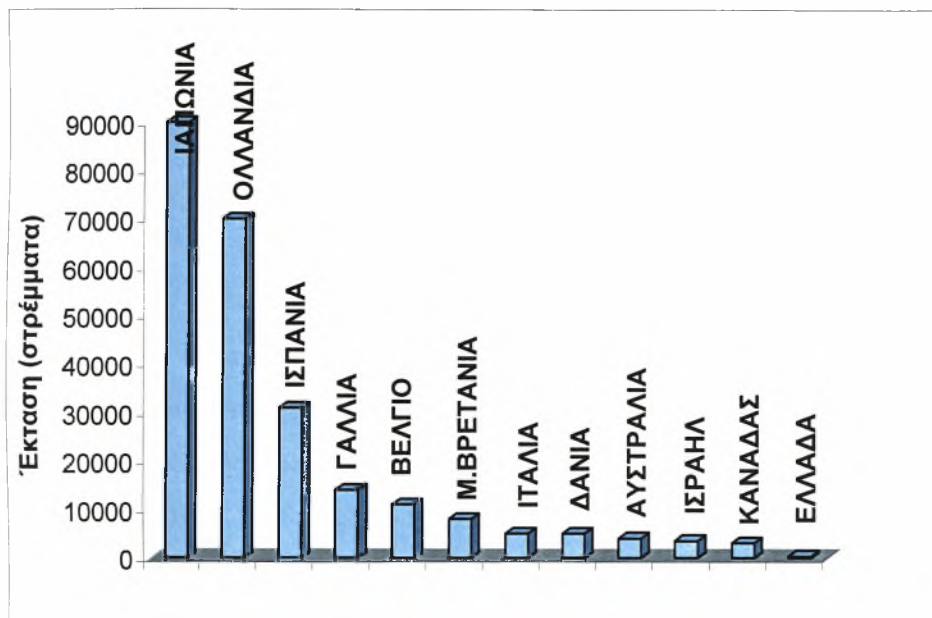
Η συνεχής χρήση του εδάφους σε εντατική μορφή με το ίδιο είδος καλλιέργειας μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη των περισσότερων από τα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία, σε προβλήματα αλατότητας και καταστροφής της μηχανικής δομής του εδάφους, σε φυτουγειονομικά προβλήματα κ.α. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων καθιερώθηκαν δαπανηρές και επιβλαβείς για το περιβάλλον απολυμάνσεις του εδάφους και υδρολιπάνσεις. Ταυτόχρονα, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς για παραγωγή ποιοτικών προϊόντων οδήγησαν στην αύξηση του κόστους παραγωγής και στη βαθμιαία μείωση του κέρδους των παραγωγών. Για το σκοπό αυτό, κρίνεται επιτακτική η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και καλλιεργητικών μεθόδων, που αποσκοπούν στην παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Σήμερα η συμβολή της υδροπονίας στην παγκόσμια παραγωγή τροφής είναι σημαντική. Ένας μεγάλος αριθμός καλλιεργήσιμης γης χάνεται καθημερινά, είτε γιατί αποκτά μεγαλύτερη οικιστική και τουριστική αξία, είτε γιατί γίνεται τόσο προβληματική που απορρίπτεται από την παραγωγική διαδικασία. Στην δεύτερη περίπτωση η εφαρμογή υδροπονικών καλλιεργειών εντάσσει ξανά τις περιοχές αυτές στην παραγωγή, αφού δεν είναι απαραίτητη η χρήση φυσικού εδάφους, ενώ μειώνονται κατά 25% περίπου οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια τεχνική για την καλύτερη αξιοποίηση του νερού και περιορισμού της μόλυνσης των υπογείων νερών (Siddiqi et al 1998, Van Os 1999). Παράλληλα με την τεχνική αυτή αυξάνεται η παραγωγή της καλλιέργειας.

Οι υδροπονικές καλλιέργειες έχουν γίνει αρκετά δημοφιλείς σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία ήταν περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-82 και έφθασαν πάνω από τα 70.000 στρέμματα κατά το 1991-92. Στο Γράφημα 1.5. φαίνονται οι θερμοκηπιακές εκτάσεις

σε παγκόσμια κλίμακα, στις οποίες εφαρμόζονται υδροπονικές καλλιέργειες σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του ISOSC. Σημειώνεται ότι η καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα είναι περίπου 350 στρ. και γίνεται σε τεχνητά υποστρώματα (πετροβάμβακα, περλίτη) και σε NFT.

Η συνολική έκταση σε όλο τον κόσμο εκτιμάται ότι είναι λίγο μικρότερη από 200.000 στέμματα.



Γράφημα 1.5 Έκταση υδροπονικών καλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η υδροπονική καλλιέργεια είναι τα εξής:

1. Αποτελεί αποτελεσματική λύση όταν η γονιμότητα του εδάφους του θερμοκηπίου είναι χαμηλή.
2. Με την αυτοματοποίηση της λίπανσης και της άρδευσης επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος της θρέψης και όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους. Το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να διορθώνεται εύκολα και γρήγορα σε περίπτωση λάθους.
3. Υπάρχει μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών του ριζικού συστήματος των φυτών και αποφεύγεται η χρήση χημικών απολυμαντικών σκευασμάτων που χαρακτηρίζονται από υψηλή τοξικότητα.
4. Επιτυγχάνεται πρωίμιση των καλλιεργειών, αυξάνεται η απόδοση και η παραγωγή προϊόντων καλύτερης ποιότητας .

5. Σε περιπτώσεις υψηλής αλατότητας του νερού άρδευσης η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα αποτελεί την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος.
6. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η συνεχής ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος συντελεί στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος (Savvas and Passam, 2002).

Αντιθέτως, τα κυριότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η υδροπονική καλλιέργεια είναι τα εξής:

1. Το υψηλό κόστος της αρχικής εγκατάστασης, για τον ικανοποιητικό έλεγχο του κλίματος και της θρέψης των φυτών.
2. Το συνεχώς αυξανόμενο κόστος της ενέργειας που είναι απαραίτητη για την λειτουργία των θερμοκηπιακών μονάδων.
3. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού γίνεται πιο γρήγορα και με μεγάλη ένταση.
4. Προϋποθέτει την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού και την εκπαίδευση των παραγωγών για την σωστή εφαρμογή της τεχνικής.
5. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υπάρχει κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό.
6. Στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη και υπάρχει ο κίνδυνος της μόλυνσης του περιβάλλοντος (Savvas and Passam, 2002).

Ο σημαντικότερος παράγοντας που έκανε την υδροπονία ευρέως διαδεδομένη και προσιτή σε όλους τους παραγωγούς παγκοσμίως, είναι η ανακάλυψη των πλαστικών και η μεγάλη και ταχεία ανάπτυξη της αντίστοιχης βιομηχανίας. Με την χρήση των πλαστικών στην υδροπονία, εκμηδενίστηκε η μεταφορά τοξικών στοιχείων στο ριζικό περιβάλλον των φυτών. Τα στοιχεία αυτά προέρχονταν κυρίως από τα μεταλλικά και τα τσιμεντένια μέρη της κατασκευής υποστήριξης της καλλιέργειας και απορροής του θρεπτικού διαλύματος.

Η ανάπτυξη κατάλληλων αντλιών, ηλεκτροβανών και η εφαρμογή των Η/Υ στη γεωργία, βοήθησε στην πλήρη αυτοματοποίηση των υδροπονικών καλλιεργειών, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος παραγωγής. Η ανάπτυξη των πλήρως υδατοδιαλυτών λιπασμάτων, βοήθησε επίσης σημαντικά στην απλοποίηση της

διαδικασίας παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος και εφαρμογής του στην καλλιέργεια.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την περαιτέρω ανάπτυξη και διάδοση της υδροπονίας, υπήρξε η μεγάλη πρόοδος στον τομέα των θερμοκηπιακών κατασκευών και του έλεγχου του περιβάλλοντος. Αυτό επέτρεψε την διάδοση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών σχεδόν σε οποιοδήποτε μέρος της γης, κάνοντας παράλληλα εφικτή την εφαρμογή της υδροπονίας.

1.1.3 Η καλλιέργεια της τομάτας

Η τομάτα ανήκει στο είδος *Lycopersicon esculentum* Mill., και στην οικογένεια Solanaceae. Σε διεθνή κλίμακα, η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και τη γλυκοπατάτα, ενώ στην Ελλάδα η επιτραπέζια τομάτα καταλαμβάνει τη δεύτερη σε έκταση θέση μετά την πατάτα.

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος, ή σε πολτό. Ακόμη και οι άωροι καρποί (τοξικοί εάν καταναλωθούν νωποί) συντηρούνται σε άλμη η ξύδι.

Οι λόγοι που καθιστούν την τομάτα δημοφιλές λαχανικό είναι πολλοί. Οι σπουδαιότεροι είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, και ιδίως βιταμίνη C, έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα, που την καθιστά αρεστή στη διατροφή. Η δημοτικότητα της τομάτας ποικίλει σε βαθμό στις διάφορες χώρες, αλλά είναι πολύ λίγες οι περιοχές της γης που η τομάτα δεν καλλιεργείται με κάποια από τις μορφές καλλιέργειας της. Σήμερα καλλιεργείται στο ύπαιθρο και σε θερμοκήπια παντού στον κόσμο και καταναλώνεται όλο το χρόνο, νωπή αλλά και σε ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες ως μεταποιημένη (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα εισήχθη αρχικά στην Αθήνα περί το 1818. Οποία και να είναι η γεωγραφική καταγωγή της τομάτας, είναι σήμερα γενικά αποδεκτό, ότι άμεσος πρόγονος της καλλιεργούμενης τομάτας είναι η *var. cerasiforme* και με μοναδικό ίσως άλλο διεκδικητή πρόγονο, την *L. pimpinellifolium*, που είναι πιθανώς παραπροϊόν, παρά μέλος της γενετικής σειράς (Benton, 1999).

Έτσι λοιπόν από τη μια ήπειρο στην άλλη και ξεπερνώντας πολλές εθνικές προκαταλήψεις και εμπόδια η τομάτα κατάφερε τελικά να καθιερωθεί ως κυρίαρχο,

παγκόσμιο λαχανικό. Με παρουσία στην Ευρώπη μόλις λίγων εκατοντηρίδων, κατέλαβε δεσπόζουσα θέση στο σύγχρονο διαιτολόγιο.

Καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη του κόσμου και αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική καλλιεργουμένη έκταση με τομάτα έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα. Σύμφωνα με τις στατιστικές της F.A.O. (1998) η παγκόσμια κατά ηπείρους έκταση καλλιέργειας και παραγωγή δίνεται στον Πίνακα 1.2. (περιλαμβάνει την έκταση και παραγωγή τόσο της υπαίθριας καλλιέργειας (νωπή και βιομηχανική) όσο και την καλλιέργεια υπό κάλυψη).

Στην Ευρώπη, την Ασία και την Αμερική καλλιεργείται το μεγαλύτερο ποσοστό. Η παγκόσμια παραγωγή τομάτας, φτάνει τους 89.985×10^3 τόνους, από μία έκταση 32.416×10^3 στρεμμάτων. Η παραγωγή στην Ευρώπη (2^η παγκοσμίως σε συνολική παραγωγή) ανέρχεται στους 18.845×10^3 τόνους, από μία έκταση 6.557×10^3 στρεμμάτων και αντιστοιχεί στο 20,9 % της παγκόσμιας παραγωγής. Στη χώρα μας η συνολική παραγωγή φτάνει τους $2,013 \times 10^3$ τόνους (3^η παγκοσμίως σε συνολική παραγωγή) και η καλλιεργούμενη έκταση ανέρχεται στα 356×10^3 στρέμματα με μέση στρεμματική απόδοση τους 5,7 τον./στρ. Όλες οι παραπάνω τιμές περιλαμβάνουν την καλλιέργεια υπαίθριας τομάτας (νωπή και βιομηχανική) και την καλλιέργεια υπό κάλυψη.

Πίνακας 1.2. Καλλιεργουμένη έκταση και παραγωγή τομάτας κατά ηπείρους, σε παγκόσμια κλίμακα (FAO, Production Yearbook, 1998)

Ηπειρος	Έκταση (X 1.000 στρ.)	Παραγωγή (X 1.000 τον.)	Ποσοστό % συνόλου παραγωγής
Αφρική	3.820,00	5.380,00	9,98
B. & Κ. Αμερική	3.320,00	10.502,00	19,48
N. Αμερική	1.330,00	3.179,00	5,90
Ασία	7.480,00	12.966,00	24,13
Ευρώπη	4.630,00	14.269,00	26,47
Ωκεανία	110,00	266,00	0,50
Ε.Σ.Σ.Δ.	4.100,00	7.300,00	13,54
Παγκόσμια	24.790,00	53.862,00	100,00
Χώρες Ε.Ε.	2.671,00	8.233,00	15,27
Ελλάδα	440,00	1.948,00	3,55

Εθνικά στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στην έκταση, παραγωγή και μέση απόδοση κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997 παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων στα οποία καλλιεργείται τομάτα βρίσκεται στην Κρήτη και αντιστοιχεί σε εκτάσεις 7.897 στρεμμάτων, ενώ ακολουθούν η Κ. & Δ. Μακεδονία με εκτάσεις 4.951 στρεμμάτων και η Πελοπόννησος με τη Δ. Στερεά με εκτάσεις 4.107 στρεμμάτων.

Πίνακας 1.3. Έκταση, παραγωγή και μέση στρεμματική απόδοση τομάτας θερμοκηπίου, κατά γεωγραφικό διαμέρισμα για το έτος 1997 (Ολύμπιος, 2001)

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον.)	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ (τον./στρ.)
Α. Μακεδονίας - Θράκη	582	4.754	8,2
Δ. κ' Κ. Μακεδονίας	4.951	40.146	8,1
Ηπείρου	1.579	16.955	10,7
Θεσσαλίας	1.282	11.625	9,1
Πελοποννήσου - Δ. Στερεάς	4.107	40.063	9,8
Αττικής - Νήσων	1.905	20.190	10,6
Κρήτης	7.897	113.450	14,4
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	22.303	247.183	

Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα τομάτας που παράγεται στα θερμοκήπια καταναλίσκεται στην εγχώρια αγορά και μόνο πολύ μικρή ποσότητα, λιγότερο από 1%, εξάγεται στο εξωτερικό. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μεγάλο μέρος της έκτασης (210.700 στρ.) καλλιεργείται με τομάτες που προορίζονται για μεταποίηση. Από την έκταση αυτή τα 134.000 στρ. αφορούν υπαίθρια καλλιέργεια και η παραγωγή προορίζεται για νωπή κατανάλωση, ενώ τα 25.640 στρ αφορούν καλλιέργεια σε θερμοκήπια και σκέπαστρα (Πίνακας 1.4.). Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει και στη χώρα μας, σε μικρή έκταση, η υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας σε αδρανή υποστρώματα ή NFT.

Πίνακας 1.4 Έκταση και παραγωγή τομάτας στην Ελλάδα για το έτος 1998
(Ολύμπιος, 2001)

Έτος 1998	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τοννοι)
Θερμοκηπίου	25.640	269.410
Υπαίθριας	134.000	491.000
Νωπής κατανάλωσης	159.640	760.410
Μεταποίησης	210.700	1.248.000
Σύνολο	370.340	2.008.410

1.1.3.1 Κλιματικές απαιτήσεις της τομάτας

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους και η χρονική περίοδος για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης τους από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής είναι τουλάχιστο 3-4 μήνες. Η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 20-25° C αν και η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας κατά 4-5°C (θερμοπεριοδισμός). Η άριστη θερμοκρασία νύχτας ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία του φυτού. Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16-22° C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30-35°C και επίσης κάτω των 10-15°C, λόγω σχηματισμού ατελούς άνθους ή γιατί η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά δυσμενώς στη γονιμοποίηση. Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια). Σε θερμοκρασίες μικρότερες των 12 °C το φυτό παθαίνει ζημιές σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του (φύτρωμα -ανάπτυξη -καρποφορία) (Ντόγρας, 2001).

Είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό και το στάδιο βλάστησης του γυρεόκοκκου διαρκεί 48-55 ώρες και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το φως, τη φυσική κατάσταση που βρίσκεται το στίγμα και την ποικιλία. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση της γύρης κυμαίνονται ανάμεσα στους 21-29°C, ενώ θερμοκρασίες υψηλότερες ή χαμηλότερες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση του άνθους. Σε υψηλές θερμοκρασίες επιμηκύνεται υπερβολικά ο στύλος του άνθους, παραμορφώνονται οι ανθήρες και επιβραδύνεται η βλάστηση των γυρεοκόκκων. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 32°C, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, τότε μειώνεται απότομα η καρπόδεση. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από 13°C,

μειώνεται μέχρι 20 % η διάρκεια ζωής της γύρης και η γονιμότητά της, παραμορφώνονται οι ανθήρες και λιγосτεύει ο αριθμός των ανθέων στις ανθοταξίες (Ολύμπιος, 2001).

Εκτός από τη θερμοκρασία, η γονιμοποίηση των ανθέων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επηρεάζεται από το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα (άριστη 60-70 %). Σε υψηλή σχετική υγρασία ή σε υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα, η γύρη απελευθερώνεται δύσκολα ή καθόλου. Στις συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας, η γύρη σχηματίζει υγρά συσσωματώματα που δεν είναι εύκολο να επικαθήσουν στον ύπερο και, σε τελική ανάλυση, δεν έχουμε ικανοποιητική καρπόδεση.

Όσον αφορά την ανθοφορία η τομάτα θεωρείται «ποσοτικά» φυτό βραχείας φωτοπερίοδου, ενώ «ποιοτικά» είναι ουδέτερο φωτοπεριοδικά φυτό αφού ανθίζει και σε βραχεία και σε μακρά φωτοπερίοδο. Η βλαστική δε ανάπτυξη της τομάτας ευνοείται περισσότερο από την μακρά φωτοπερίοδο (Ντόγρας, 2001). Αυτό σημαίνει ότι ανθίζει σε οποιαδήποτε φωτοπερίοδο, αλλά όταν η φωτοπερίοδος είναι μικρή (κάτω από 12 ώρες) τότε ανθίζει νωρίτερα (πρωιμότερα). Το optimum της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux).

1.1.4 Εμβολιασμός

Ως εμβολιασμός αναφέρεται η ένωση φυτικών τμημάτων, που είναι συμβατά, με σκοπό την φυσιολογική τους ένωση και ανάπτυξη ως ένα ενιαίο φυτό, με χαρακτηριστικά καλύτερα από των δυο φυτών από τα οποία προήλθε (Janick, 1986).

Ο εμβολιασμός των λαχανοκομικών δεν φαίνεται να ήταν μια από τις κοινές πρακτικές μεθόδους βελτίωσης κατά τον 20^ο αιώνα αν και έχουν βρεθεί λεπτομερής περιγραφές της μεθόδου του εμβολιασμού του καρπουζιού σε επιστημονικές εκδόσεις κατά τη δεκαετία του 1920 (Ashita, 1927). Η καλλιέργεια των εμβολιασμένων φυτών ξεκίνησε στην Κορέα και στην Ιαπωνία σε μικρή κλίμακα κατά το τέλος της δεκαετίας του '20 (Rivero et al, 2003), και μέχρι το 1990 το ποσοστό των εμβολιασμένων φυτών για την παραγωγή λαχανοκομικών φυτών (μελιτζάνα, αγγούρι, τομάτα, κ.α.) έφτασε το 59% στην Ιαπωνία και 81% στην Κορέα (Lee, 1994). Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία η Ισπανία είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη διάδοση των εμβολιασμένων λαχανοκομικών φυτών στην Ευρώπη, ενώ παράλληλα η Τουρκία

είναι εκείνη που κατέχει την 1^η θέση όσον αφορά τα εμβολιασμένα φυτά τομάτας (Leonardi and Romano, 2004).

Η καλλιέργεια των εμβολιασμένων φυτών έχει διαδοθεί πολύ τις τελευταίες δεκαετίες και πολλές επιστημονικές έρευνες για νέα υποκείμενα έχουν εντατικοποιηθεί. Αρχικά, η καλλιέργεια εμβολιασμένων φυτών σκοπό είχε να μειώσει τις προσβολές από παθογόνα εδάφους, όπως η αδρομύκωση (Lee 1994, Estan et al. 2005). Παράλληλα σε κάποια αλλά είδη ο εμβολιασμός χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των ιολογικών ασθενειών (Kim and Lee, 2000), και για τη βελτίωση της παραγωγής (Coggins and Lesley 1968, Poinsettia Growers Association 1995).

Η εφαρμογή του εμβολιασμού αυξάνει βέβαια το κόστος της καλλιέργειας, απαιτεί περισσότερο εξειδικευμένο προσωπικό και πιο σύγχρονες θερμοκηπιακές φυτωριακές εγκαταστάσεις, συνάδει όμως με τα προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των εχθρών και ασθενειών των φυτών και εντάσσεται στα πλαίσια των σύγχρονων αντιλήψεων για τη γεωργία. Εξαιτίας του κόστους που έχει ο εμβολιασμός η χρήση ανώτερης τεχνολογίας γίνεται περισσότερο ελκυστική αφού η αυτοματοποίηση θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγή κατά 150% (Rivero et al, 2003). Για τη διευκόλυνση και την επιτάχυνση της διαδικασίας του εμβολιασμού καθώς και για τη μείωση του κόστους, έχουν επινοηθεί αυτόματα συστήματα robot, τα οποία αποδεικνύονται πολύ αποτελεσματικά αφού είναι 10 φορές γρηγορότερα από τον συμβατικό εμβολιασμό με το χέρι. Επίσης έχει αυτοματοποιηθεί και η διαδικασία της επούλωσης των πληγών που δημιουργούνται κατά τον εμβολιασμό, τοποθετώντας τα εμβολιασμένα φυτά σε ειδικούς χώρους όπου το περιβάλλον ελέγχεται με τεχνητά μέσα, με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού επιβίωσης τους (Oda, 1999).

Στο πολύ προσεχές μέλλον η ανάγκη για χρήση εμβολιασμένων φυτών θα αυξηθεί σημαντικά, ως αποτέλεσμα της απαγόρευσης της χρήσης του βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση των εδαφών και εξαιτίας της απουσίας άλλης αποτελεσματικής και οικονομικής αντιμετώπισης των παθογόνων του εδάφους.

1.2. Αντικείμενο και δομή της εργασίας

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της επίδρασης των παραγόντων του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και στην παραγωγή αυτόριζων και εμβολιασμένων φυτών τομάτας εγκατεστημένων σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα και στην διερεύνηση της αναγκαιότητας χρήσης εμβολιασμένων φυτών σε μια υδροπονική καλλιέργεια.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητική Ανάλυση

2.1 Επίδραση των κλιματικών συνθηκών του εσωτερικού του θερμοκηπίου, στην ανάπτυξη των φυτών

2.1.1 Επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία παίζει αποφασιστικό ρόλο στη συμπεριφορά του φυτού της τομάτας. Επηρεάζει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης και επομένως την ανάπτυξη, το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων, το πάχος του βλαστού, 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 στη θερμοκήπιο δεν πρέπει να κατέρχονται κάτω των 13,5°C την νύχτα, γιατί τότε μειώνεται σημαντικά η ανάπτυξη του φυτού και η φυσιολογική καρπόδεση, έστω και αν την ημέρα οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, οι οποίες δεν πρέπει να ξεπερνούν τους 27°C, γιατί και πάλι μειώνονται η ζωηρότητα του φυτού, η παραγωγή, η ποιότητα των καρπών κ.λ.π.

Το επίπεδο της επιθυμητής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου εξαρτάται από την ένταση του φωτισμού και την εποχή του έτους. Η γενικότερη στρατηγική είναι η θερμοκρασία της νύχτας να ακολουθεί αναλογικά την ένταση της ηλιακής ενέργειας που σημειώθηκε την προηγούμενη ημέρα. Συμπερασματικά για την Ελλάδα, τους χειμερινούς μήνες θα μπορούσε “χονδρικά” να συνιστάται θερμοκρασία νύχτας γύρω στους 15 °C και θερμοκρασία ημέρας γύρω στους 21°C. Η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας δεν πρέπει να ξεπερνά τους 5-7°C. (Ολύμπιος, 2001).

Η θερμοκρασία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο και στη γονιμοποίηση της τομάτας. Πειραματικές εργασίες έχουν δείξει ότι επικράτηση χαμηλών θερμοκρασιών μετά την επικονίαση δεν μειώνουν την καρπόδεση. Εκείνο που παρατηρείται στις χαμηλές θερμοκρασίες <13°C, είναι η επίδραση στη γαμετογένεση και στο σχηματισμό της γύρης, με αποτέλεσμα στις θερμοκρασίες αυτές τα άνθη να μην παράγουν ή να παράγουν λίγη γύρη, που και αυτή έχει μειωμένη ζωτικότητα και βλαστικότητα ή είναι τελείως στείρα. Επομένως, το πρόβλημα των χαμηλών θερμοκρασιών εντοπίζεται περισσότερο στη γύρη (Ολύμπιος, 2001).

Η θερμοκρασία δεν έχει μόνο επίδραση στο σχηματισμό της γύρης, αλλά ασκεί και σημαντική επίδραση στο ποσοστό βλαστικότητας της γύρης και στο ρυθμό

ανάπτυξης του γυρεοσωλήνα. Και στις χαμηλές και στις υψηλές θερμοκρασίες υπάρχει μείωση της βλαστικότητας.

Για τη μέγιστη σύνθεση του χρώματος έχει βρεθεί ότι το άριστο επίπεδο θερμοκρασίας, κυμαίνεται γύρω στους 21-22 °C. Το χρώμα είναι πολύ φτωχό όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 13 °C, και επίσης, η σύνθεσή του περιορίζεται όταν η θερμοκρασία ανέρχεται πέρα των 24 °C.

Τέλος, η θερμοκρασία επηρεάζει την αναλογία απορρόφησης κατιόντων προς ανιόντων. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η απορρόφηση ανιόντων εμποδίζεται περισσότερο σε σχέση με την απορρόφηση κατιόντων (Salisbury and Ross, 1969). Στο θερμοκήπιο, αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα επιφέρει αύξηση της απορρόφησης του καλίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου από τα φυτά (Nkasnsah and Ito, 1995).

2.1.2 Επίδραση της θερμοκρασίας εδάφους

Πολύ λίγες πληροφορίες υπάρχουν, σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας του εδάφους στο φυτό της τομάτας και αυτές που υπάρχουν είναι αντιφατικές. Γενικά συνιστώνται θερμοκρασίες εδάφους γύρω στους 14°C. Όταν η θερμοκρασία εδάφους κατεβεί κάτω από τους 13°C μειώνεται η ανάπτυξη και η λειτουργία της ρίζας και σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει να πέσει κάτω από τους 10°C (ελάχιστο επιθυμητό) ακόμη και στα μη θερμαινόμενα θερμοκήπια (Ολύμπιος, 2001).

2.1.3 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Μία πλήρης περιγραφή του προσπίπτοντος φωτός στα φυτά απαιτεί καθορισμό της έντασης (ενέργεια ακτινοβολίας), της διάρκειας, της ποιότητας (σύνθεση του φάσματος) και της διεύθυνσης του (η θέση της πηγής φωτισμού, ο βαθμός σκεδασμού). Το φως αποτελεί συγχρόνως πηγή ενέργειας και πηγή πληροφόρησης για τα φυτά. Είναι πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση και πηγή πληροφόρησης για το φωτοπεριοδισμό (διάρκεια νύχτας/ημέρας), το φωτοτροπισμό (διεύθυνση φωτός) και για τη φωτομορφογένεση (ποσότητα και ποιότητα φωτός).

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει στο φυτό την απαραίτητη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση και τις λοιπές φυσιολογικές λειτουργίες τους και συμβάλλει στη θέρμανση του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης, αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνολικού

ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, και περιλαμβάνει μήκη κύματος που αντιστοιχούν στην υπεριώδη, ορατή και υπέρυθη ακτινοβολία.

Η ηλιακή ακτινοβολία παίζει βασικό ρολό στο χρώμα του καρπού της τομάτας. Η λυκοπίνη σχηματίζεται με την επίδραση του διάχυτου φωτός υπό σκιά και η καροτίνη που δίνει το κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα στον καρπό της τομάτας για να συντεθεί χρειάζεται απαραίτητα την άμεση ακτινοβολία. Η ποσότητα και η ένταση της ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια ανάπτυξης, έχουν καθοριστική επίδραση στο ποσό του ασκορβικού οξέος που συντίθεται. Το ασκορβικό οξύ συντίθεται από τα σάκχαρα που σχηματίζονται κατά τη φωτοσύνθεση. Καρποί που εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία υψηλής έντασης, περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βιταμίνης C, από τους σκιαζόμενους. Έχει βρεθεί ότι οι τομάτες, οι οποίες καλλιεργούνται στο χωράφι περιέχουν περισσότερο ασκορβικό οξύ από αυτές που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια καθώς και αυτές που βρίσκονται στον ήλιο σε σχέση με αυτές που βρίσκονται στη σκιά.

Το φως προάγει επίσης την απορρόφηση διαφόρων ιόντων καθώς αυξάνει την περατότητα των μεμβρανών και το ηλεκτρικό δυναμικό του πλασμαλήμματος. Υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας προκαλούν ταχύτερη απορρόφηση ιόντων και αυτό συμβαίνει επειδή τα σάκχαρα που παράγονται με τη φωτοσύνθεση μετακινούνται προς την ρίζα και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας η οποία αξιοποιείται στην ενεργητική απορρόφηση των ιόντων (Salisbury and Ross, 1969).

Αλλαγές στα επίπεδα σακχάρων στον καρπό, οφείλονται στις διαφορές στην ένταση φωτισμού στην περίοδο του σχηματισμού τους, καθώς και από την περίοδο της ανάπτυξής τους. Για παράδειγμα οι καρποί που συγκομίστηκαν την άνοιξη έχουν περισσότερα σάκχαρα, από αυτούς που συγκομίστηκαν το φθινόπωρο. Επίσης καρποί που συγκομίστηκαν τον Ιούνιο έδειξαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα από αυτούς που συγκομίστηκαν τον Αύγουστο.

2.1.4 Επίδραση της σχετικής υγρασίας του αέρα

Η υγρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες του περιβάλλοντος των φυτών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Ο αέρας στη φυσική κατάσταση του είναι ένα μείγμα αερίων οξυγόνου, αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, αργού και άλλων αερίων σε μικρότερες ποσότητες και υδρατμών. Η σύνθεση του μεταβάλλεται στο

εσωτερικό του θερμοκηπίου, λόγω των φαινομένων της εξάτμισης, της διαπνοής, της αναπνοής, και της φωτοσύνθεσης αλλά και λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπου στο χώρο του θερμοκηπίου που προκαλούν αιώρηση οργανικών και ανόργανων ουσιών, όπως φυτοφαρμάκων, σκόνης κ.λ.π.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο εξέλιξης του κύκλου του νερού στο θερμοκήπιο, συγκριτικά με τον ανοιχτό αγρό. Καθοριστικός παράγοντας είναι η διαπνοή των φυτών η οποία καθορίζει σε σημαντικό βαθμό και την περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία, αφού η εξάτμιση από το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα σήμερα στα περισσότερα θερμοκήπια είτε λόγω κάλυψης με κάποιο πλαστικό εδαφοκάλυψης, είτε γιατί πρόκειται για υδροπονικές καλλιέργειες. Η υγρασία του αέρα επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό από την ηλιακή ακτινοβολία αλλά εξίσου σημαντικά τη διαπνοή της καλλιέργειας.

Η επίδραση της υγρασίας στη φωτοσύνθεση είναι μάλλον έμμεση μέσω της επίδρασης που θα έχει η υγρασία στη στοματική αγωγιμότητα της καλλιέργειας. Καθώς η σχετική υγρασία του αέρα μειώνεται τα στομάτια του φυτού προοδευτικά κλείνουν προσπαθώντας να περιορίσουν την υδατική καταπόνηση. Καθώς τα στομάτια είναι τα όργανα του φυτού μέσω των οποίων γίνονται οι ανταλλαγές νερού και διοξειδίου του άνθρακα με την ατμόσφαιρα η φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού ελαττώνεται. Η απόκριση των στοματίων στην υγρασία έχει παρατηρηθεί για τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη (Kaufmann 1982, El-Sharkawy and Cock 1986, Schulze 1986, Munro 1989) και ο ρόλος τους στον έλεγχο του ρυθμού της φωτοσύνθεσης έχει επιβεβαιωθεί για διαφορά καλλιεργήσιμα είδη, όπως τομάτες (Acock et al. 1976) και πιπεριές (Hall and Milthorpe, 1978).

Τα άριστα επίπεδα σχετικής υγρασίας της ατμοσφαιράς του θερμοκηπίου για ικανοποιητική φυσιολογική γονιμοποίηση κυμαίνονται μεταξύ 60-70%. Η πολύ χαμηλή και η πολύ υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση.

Το θέμα της χαμηλής υγρασίας της ατμοσφαιράς στο θερμοκήπιο, αντιμετωπίζεται με τη χρήση συστήματος ψεκασμού των φυτών (υδρονέφωση η πότισμα με καταιονισμό) και με περιοδική κατάβρεξη των φυτών κατά τις ώρες που επικρατούν οι υψηλές θερμοκρασίες, γιατί με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η υγρασία της ατμοσφαιράς αλλά, παράλληλα μειώνεται και η θερμοκρασία λόγω της εξάτμισης που ακολουθεί. Θα πρέπει η διαβροχή των φυτών κατά τη διάρκεια της ημέρας να σταματά έγκαιρα για να στεγνώνουν τα φυτά πριν νυχτώσει.

Η αυξημένη περιεκτικότητα του αέρα του θερμοκηπίου σε υγρασία είναι από τους ευνοϊκότερους παράγοντες για την εξάπλωση μυκητολογικών ασθενειών. Οι περισσότεροι μύκητες απαιτούν μια υγρή επιφάνεια να περιβάλλει τα σπόρια τους, έτσι ώστε αυτά να αναπτυχθούν. Η ύπαρξη αυξημένης υγρασίας οδηγεί στη δημιουργία συμπυκνώσεων στην επιφάνεια των φύλλων και στο εσωτερικό του καλύμματος του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα οι μύκητες να βρίσκουν πρόσφορο έδαφος και να αναπτύσσονται ταχύτατα.

2.2 Επίδραση της διαπνοής των φυτών

Το νερό είναι το κύριο συστατικό των φυτών. Συμμετέχει σε βασικές βιοχημικές διαδικασίες του φυτού και αποτελεί το μέσο με το οποίο μεταφέρονται μέσα από τα αγγεία τα διάφορα θρεπτικά στοιχεία τα οποία είτε προέρχονται από το έδαφος, είτε είναι θρεπτικές ουσίες που σχηματίζονται στα φύλλα με τη φωτοσύνθεση.

Η πρόσληψη του νερού μπορεί να είναι ενεργητική αν η κινητήρια δύναμη προέρχεται από το ριζικό σύστημα και παθητική αν γίνεται εξαιτίας δυνάμεων στην ατμόσφαιρα ή το φύλλο (διαπνοή). Περισσότερο από 90% του προσλαμβανόμενου από τις ρίζες νερού αποδίδεται στον αέρα υπό μορφή υδρατμών με τη διαδικασία της διαπνοής και συνεπώς η ποσότητα του προσλαμβανόμενου από τα φυτά νερού, καθορίζεται από την ποσότητα του νερού που χάνεται στην ατμόσφαιρα, δηλαδή από την ένταση της διαπνοής (Καράταγλης, 1999).

Υπάρχουν 2 είδη διαπνοής:

A) Διαπνοή Εφυμενίδας, η οποία συμβαίνει σε περιορισμένο βαθμό και κατά την οποία η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται αφού το νερό διαπεράσει το στρώμα εφυμενίδας που καλύπτει τα φύλλα και τους νεαρούς βλαστούς.

B) Στοματική Διαπνοή, η οποία πρόκειται για την κατεξοχήν διαπνοή του φυτού και γίνεται μέσω των στομάτων, όταν αυτά είναι ανοιχτά.

Με τη λειτουργία της διαπνοής τα φυτά ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό την υδατική τους κατάσταση και απορροφούν τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους (Καράταγλης, 1999). Η διαπνοή δεν επηρεάζει μόνο την πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από το φυτό αλλά παράλληλα επιτρέπει στο φυτό να ρυθμίζει την θερμοκρασία των φύλλων και να αυτοπροστατεύεται από υπερθέρμανση και θερμικό θάνατο (Λόλας, 2000).

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον ρυθμό της διαπνοής των φυτών είναι οι εξής:

↓ Η ατμοσφαιρική υγρασία : όσο αυξάνεται η σχετική υγρασία στο περιβάλλον του φυτού, τόσο μειώνεται η διαπνοή, καθώς το νερό εξατμίζεται ευκολότερα όταν ο αέρας είναι ξηρότερος και δυσκολότερα όταν είναι κορεσμένος. Η επίδραση της είναι εντονότερη όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι χαμηλή, ή όταν η υγρασία είναι είτε πολύ χαμηλή είτε πολύ υψηλή. Το έλλειμμα κορεσμού, ένα χαρακτηριστικό της ξηρότητας του αέρα, για μια δεδομένη θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογο της υγρασίας του αέρα. Είναι απαραίτητο, όμως να λάβουμε υπόψη το έλλειμμα κορεσμού του αέρα, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης, δροσισμού ή αφύγρανσης.

↓ Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας : Αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί άνοιγμα των στοματίων και συνεπώς αύξηση του ρυθμού εξάτμισης του νερού από τα κύτταρα, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την σχετική υγρασία του αέρα και συνεπώς η διαπνοή αυξάνεται.

↓ Οι κινήσεις του ανέμου : Ο άνεμος απομακρύνει από την επιφάνεια των φύλλων τον κορεσμένο αέρα και τον αντικαθιστά με ξηρότερο, αυξάνοντας έτσι το υδατικό δυναμικό και την διαπνοή.

↓ Η ηλιακή ακτινοβολία : Η διαπνοή της καλλιέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. και επιφέρει το άνοιγμα των στοματίων και επομένως την αύξηση της διαπνοής. Η ισχυρή συσχέτιση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής έχει παρατηρηθεί από αρκετούς ερευνητές (Morris et al 1957, De Vilele 1972, Van der Post et al. 1974, Yang et al. 1990, Kittas et al. 1999).

↓ Το είδος του φυτού : Ο ρυθμός της διαπνοής που συμβαίνει κάτω από τις ίδιες κλιματικές συνθήκες είναι διαφορετικός μεταξύ των φυτικών ειδών. Φυτά που αναπτύσσονται σε περιοχές με ξηροθερμικές συνθήκες (όπως οι κάκτοι) εξοικονομούν νερό διαπνέοντας λιγότερο σε σχέση με άλλα φυτά (Salisbury and Ross, 1969).

↓ Η φυλλική επιφάνεια των φυτών : Προφανώς, όταν δεν υπάρχει κανένα φύλλο, δεν υπάρχει διαπνοή. Όταν υπάρχουν μόνο νέα σπορόφυτα με μια πολύ μικρή φυλλική επιφάνεια η διαπνοή είναι ελάχιστη. Αντίθετα, οι ώριμες συγκομιδές με μεγάλη φυλλική επιφάνεια έχουν μεγαλύτερη διαπνοή. Έτσι, για παράδειγμα, για

νεαρές καλλιέργειες τομάτας και αγγουριού είναι περίπου το 1/5 της τιμής του αντίστοιχου συντελεστή για ώριμη καλλιέργεια

↓ Η καλλιεργητική τεχνική : Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μέρος του φυτού απομακρύνεται από την τομάτα, συντελώντας στην μείωση της φυλλικής επιφάνειας του φυτού και συνεπώς στη μείωση της διαπνοής. Αν υπάρχουν αρκετά παλαιά φύλλα, τότε η διαπνοή μπορεί να επανέλθει σε επίπεδο όμοιο με αυτό που είχε πριν την συγκομιδή σε διάστημα 3 ημερών (Graaf, 1995).

2.3 Επίδραση του εμβολιασμού στην ανάπτυξη των φυτών

Ο εμβολιασμός στα λαχανικά αποτελεί σήμερα μια καλλιεργητική τεχνική η οποία εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα στην τομάτα όταν δεν υπάρχει γενικά ανθεκτικότητα στα παθογόνα εδάφους η άλλες συνθήκες. Με την πάροδο του χρόνου όλο και σε μεγαλύτερες εκτάσεις θα εφαρμόζεται ο εμβολιασμός στα λαχανικά, αφενός γιατί εξασφαλίζει την ανθεκτικότητα στα παθογόνα εδάφους η άλλες συνθήκες, όπως οι χαμηλές θερμοκρασίες (Abdelhafeez et al. 1975, Rivero et al. 2003a, 2003b), αλλά και γιατί εξασφαλίζει πρωιμότητα, και αύξηση της παραγωγής σε συνδυασμό με την ποιοτική αναβάθμιση του προϊόντος.

Κάποια από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του εμβολιασμού στα φυτά αναλύονται παρακάτω :

↓ Αύξηση της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων

Έχει βρεθεί ότι η πρόσληψη και η μετακίνηση ιόντων, φωτοσυνθετικών προϊόντων, φυτικών ορμονών και αλκαλοειδών μπορεί να επηρεαστεί από το είδος του υποκειμένου και τον εμβολιασμό (Ruiz et al. 1997). Όπως είναι γνωστό ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του εμβολιασμού είναι η δημιουργία ενός πλούσιου ριζικού συστήματος. Έτσι τα εμβολιασμένα φυτά παρουσιάζουν αυξημένη πρόσληψη νερού και ανόργανων θρεπτικών στοιχείων σε σύγκριση με τα αυτόριζα φυτά και κατά συνεπεία μεγαλύτερη αξιοποίηση των λιπασμάτων. Αυτό κατά συνεπεία οδηγεί σε λιγότερες λιπάνσεις και σε χαμηλότερα επίπεδα αλατότητας του εδάφους (Lee and Oda, 2003). Ο εμβολιασμός έχει βρεθεί ότι επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση και τη μεταφορά ιόντων, όπως του αζώτου, του ασβεστίου και του μαγνησίου (Ikeda and Arai 1986, Kim and Lee 1989) Ο εμβολιασμός επηρεάζει

επίσης σημαντικά την περιεκτικότητα των καρπών σε ανόργανα στοιχεία (Τσουβαλτζής et al. 2003).

✚ Ενίσχυση της ανοχής στην υψηλή αλατότητα του εδάφους

Μία υψηλή συγκέντρωση αλάτων προκαλεί διαφόρους τύπους φυσικών και χημικών δυσλειτουργικών καταπονήσεων στα φυτά, προκαλώντας σύνθετες αντιδράσεις, όπως αλλαγές στη μορφολογία, στη φυσιολογία και στο μεταβολισμό τους (Cheeseuman 1988, Borochoy-Neori et al. 1991). Μια υψηλή συγκέντρωση αλάτων μειώνει το υδατικό δυναμικό του εδάφους προκαλώντας στο φυτό καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού, δηλαδή το φαινόμενο της οσμωτικής επίδρασης της αλατότητας (Rivero et al., 2003)

Σε μια κλειστή υδροπονική καλλιέργεια, η συσσώρευση αλάτων στο υπόστρωμα, αποτελεί πολύ συχνά παράγοντα μείωσης της απορρόφησης νερού από τα φυτά με άμεσο αντίκτυπο στην παραγωγή. (Baas and Van der Berg, 1999, Raviv and Blom, 2001). Ο ρυθμός συσσώρευσης των αλάτων στο υπόστρωμα και κατά συνέπεια στο θρεπτικό διάλυμα, εξαρτάται κυρίως από τη διαπνοή της καλλιέργειας (Σάββας και άλλοι. 2003).

Σε υψηλές συγκεντρώσεις Cl^- και Na^+ η ενίσχυση της ανθεκτικότητας στην αλατότητα μπορεί να επιτευχθεί με την επιλογή ανθεκτικών υποκειμένων και τη χρήση εμβολιασμένων φυτών (Bernstein et al. 1956, Bernstein et al. 1969). Θεωρείται ότι τα εμβολιασμένα φυτά αναπτύσσουν διάφορους μηχανισμούς για να αποφύγουν τις φυσιολογικές ζημιές, που προκαλούνται από την υπερβολική συσσώρευση αυτών των ιόντων. Οι μηχανισμοί αυτοί έγκειται στον περιορισμό ή στην εκμηδένιση της απορρόφησης Cl^- από τις ρίζες των φυτών και στον περιορισμό της αντικατάστασης ιόντων K από ιόντα Na^+ που μπορεί να γίνει στα φύλλα. (Lazof et al. 1998).

✚ Ενίσχυση της ανθεκτικότητας στις χαμηλές και στις υψηλές θερμοκρασίες

Η χαμηλή θερμοκρασία του εδάφους είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες, που προκαλεί σοβαρές οικονομικές απώλειες στην απόδοση (Bradow 1990a, Bradow 1990b), μειώνοντας την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, με συχνότερα συμπτώματα αυτά του μαρασμού, των νεκρώσεων και της καθυστέρησης της ωρίμανσης των καρπών (Reyes and Jennings 1994, Ahn et al. 1999). Χαμηλή

θερμοκρασία εδάφους έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων (Ahn et al. 1999), γεγονός που οδηγεί στη μείωση της αγωγιμότητας της ρίζας (McWilliam et al. 1982) και στην απώλεια ενδογενών διαλυτών, λόγω της μείωσης της ακεραιότητας της μεμβράνης (Mistrik et al. 1992). Υπάρχουν κάποια υποκείμενα τα οποία είναι ανθεκτικότερα στις χαμηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται σε περιοχές με χαμηλότερες θερμοκρασίες (Bulder et al. 1990) και άλλα που είναι ανθεκτικότερα στις υψηλές θερμοκρασίες (Rivero et al. 2003b). Ο λόγος αυτής της ανθεκτικότητας δεν είναι ακόμη πλήρως γνωστός. Έχουν προταθεί διάφοροι μηχανισμοί για την εξήγηση αυτού του φαινομένου όπως η έξοδος του χυμού του ξυλώματος (Masuda and Gomi, 1982) και η υψηλή κατανάλωση οξυγόνου (Rivero et al. 2003).

↓ Ενίσχυση της ανθεκτικότητας σε παθογόνα του εδάφους

Οι ασθένειες του εδάφους που οφείλονται σε ιούς, βακτήρια, μύκητες και νηματώδεις είναι από τους πιο συχνούς βιοτικούς παράγοντες στους οποίους εκτείθονται οι περισσότερες καλλιέργειες. Οι κυριότερες ζημιές που προκαλούνται στο ριζικό σύστημα των φυτών από αυτούς τους οργανισμούς, και οι οποίες είναι συχνότερες και πολλές φορές εντονότερες σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, γίνονται αντιληπτές μετά την εμφάνιση των συμπτωμάτων τους, όπως μικρή φυλλική επιφάνεια, μαρασμός, λεπτοί και αδύναμοι βλαστοί, υποβάθμιση της άνθησης και χαμηλή ποιότητα καρπών (Hain et al. 1993, Bais et al. 2000). Η επιλογή ενός ανθεκτικού υποκειμένου είναι ένας σημαντικός τρόπος αντιμετώπισης αυτών των παθογόνων και αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα των εμβολιασμένων φυτών (Fornier and Alcaide, 1993). Βέβαια ο μηχανισμός αυτής της ανθεκτικότητας δεν έχει ερευνηθεί λεπτομερώς (Lee, 1994) αλλά έχει αποδειχθεί ότι οφείλεται στην ανθεκτικότητα του υποκειμένου του οποίου το ριζικό σύστημα συνθέτει κάποιες ουσίες, που εμποδίζουν την ανάπτυξη των παθογόνων και οι οποίες μεταφέρονται στο εμβόλιο μέσω του ξυλώματος (Biles et al. 1989).

2.3.1 Εμβολιασμός τομάτας

Ο εμβολιασμός είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει: την επιλογή του είδους του υποκειμένου και του εμβολίου, τη δημιουργία μιας ένωσης εμβολιασμού με φυσικούς χειρισμούς, την επούλωση της ένωσης και τον εγκλιματισμό του συνθέτου φύλλου. Οι μέθοδοι εμβολιασμού που εφαρμόζονται ποικίλουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, τις προτιμήσεις και την πείρα των παραγωγών, και του είδους των διαθέσιμων μηχανημάτων. Επιπλέον σημαντικό ρολό για την επιλογή της μεθόδου παίζει ο χρόνος, το ποσοστό επιτυχίας, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν και η ζωηρότητα του υποκειμένου (Oda 1999, Leonardi and Romano, 2004). Ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διάρκεια του εμβολιασμού πρέπει να δοθεί:

↓ Στις συνθήκες του περιβάλλοντος: Συνήθως ο εμβολιασμός πραγματοποιείται σε θερμοκήπιο όπου είναι εύκολο να ελεγχθούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος. Κατά τον εμβολιασμό οι εργασίες θα πρέπει να γίνονται σε θερμοκρασία 20-25°C και υψηλή σχετική υγρασία αέρα (περίπου 100%). Επιπλέον, θα πρέπει να μειωθεί η ακτινοβολία με σκίαση, περίπου κατά 60-70% σε σχέση με την εξωτερική ακτινοβολία, έτσι ώστε να ελέγχεται η αύξηση της θερμοκρασίας. Παρόλα αυτά υπερβολική σκίαση θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό αφομοίωσης και να παράγει αδύναμα σπορόφυτα (Leonardi and Romano, 2004).

↓ Στη μεταχείριση εμβολίου και υποκειμένου: Το υποκείμενο και το εμβόλιο σπέρνονται σε μικρά δοχεία ταυτόχρονα ή με διαφορά ημερών ανάλογα με το είδος. Βεβαίως, τόσο το εμβόλιο όσο και το υποκείμενο θα πρέπει να είναι ομοιόμορφα και αρκετά υγιή για να ανταπεξέλθουν στην διαδικασία του εμβολιασμού. Όταν φτάσουν στο ανάλογο φυτικό στάδιο γίνεται ο εμβολιασμός και μετά από 15-20 ημέρες τα φυτά είναι έτοιμα να φυτευτούν στο θερμοκήπιο ή στην ύπαιθρο (Oda, 1999).

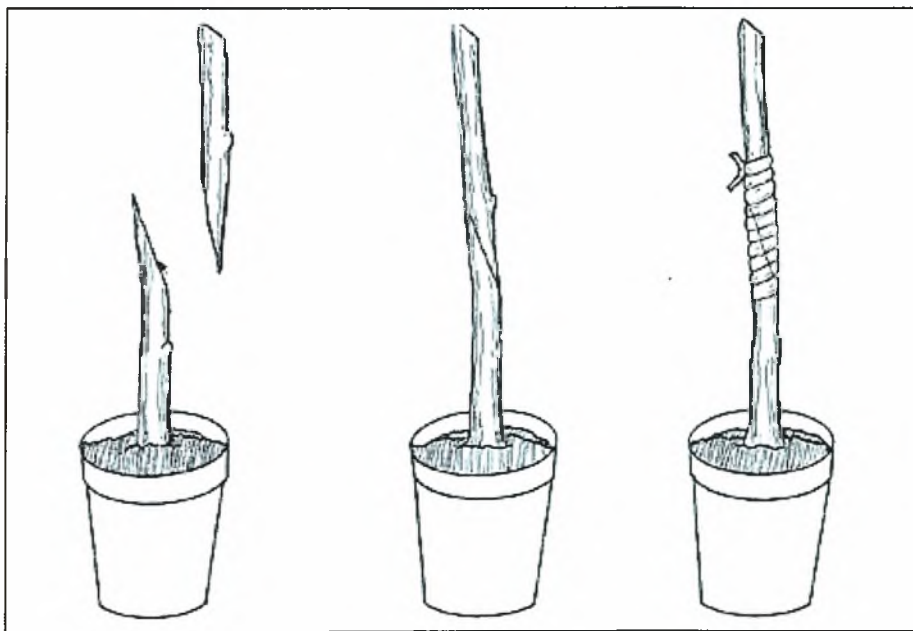
↓ Στον εγκλιματισμό των εμβολιασμένων φυτών: Ο σωστός εγκλιματισμός είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την επιβίωση των εμβολιασμένων φυτών. Ο εγκλιματισμός περιλαμβάνει την επούλωση της επιφανείας της τομής (Oda, 1999) και μπορεί να επιτευχθεί απλά με τον εγκλεισμό του υποκειμένου και του εμβολίου σε μια μαύρη σακούλα (για την αποφυγή συγκέντρωσης θερμότητας) μέχρι να σχηματιστεί η ένωση (Denna, 1962). Για την τομάτα, συνδυασμός υψηλής υγρασίας και ασθηνήμενου φωτός (ελαφρώς υψηλότερο από το φως του σημείου αντιστάθμισης), προφυλάσσει τα εμβόλια της τομάτας από τον μαρασμό και προωθεί την επούλωση της τομής του εμβολιασμού.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι συμβατικοί μέθοδοι εμβολιασμού που χρησιμοποιούνται σε φυτά τομάτας και αλλά σολανώδη, τόσο από τους γεωργούς, όσο και από τις εμπορικές εταιρίες παραγωγής εμβολιασμένων φυτών (Lee and Oda, 2003) :

➤ Συρραφή εμβολίου-υποκειμένου (Splice Grafting-SG):

Είναι η περισσότερο διαδεδομένη τεχνική εμβολιασμού για παραγωγή φυτών για εμπορικούς λόγους και απαιτεί πιο εξειδικευμένες γνώσεις. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι παράγονται απόλυτα υγιή φυτά.

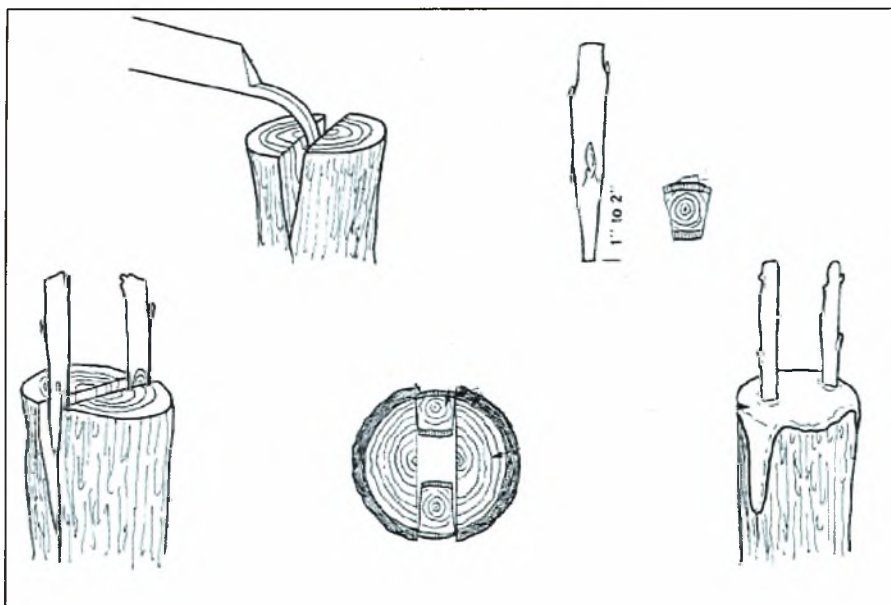
Σ'αυτή τη μέθοδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ακέραια όσο και κομμένα φυτά, ανάλογα με την προτίμηση του παραγωγού (Lee et al. 2000). Όσον αφορά στα υποκείμενα των κολοκυνθοειδών, αφαιρείται μια κοτυληδόνα και η κορυφή του φυτού. Οι βλαστοί του εμβολίου και του υποκειμένου κόβονται με κλίση και τοποθετούνται το πρώτο πάνω στο δεύτερο (Εικόνα 2.1). Για τη σταθεροποίηση του εμβολίου εφαρμόζεται υλικό πρόσδεσης. Στα σολανώδη, ο εμβολιασμός γίνεται στην κατώτερη επικοτύλη και το σημείο αυτό δένεται.



Εικόνα 2.1 Μέθοδος εμβολιασμού με συρραφή εμβολίου-υποκειμένου (Splice Grafting-SG)

➤ Εμβολιασμός με τη δημιουργία σχισμής (Cleft Grafting-CG):

Η μέθοδος αυτή είναι διαφορετική για τα λαχανοκομικά και τα ξυλώδη φυτά (Hartmann et al. 1997). Συνήθως, κόβεται κατά μήκος ένα κομμάτι βλαστού του υποκειμένου και του εμβολίου (Εικόνα 2.2). Οι τομές στο εμβόλιο και στο υποκείμενο γίνονται με αντίθετη κατεύθυνση. Ο βλαστός που επιλέγεται για να γίνει η τομή πρέπει να έχει μήκος 1-1,5cm και το πάχος του να αντιστοιχεί στα $\frac{3}{4}$ της διαμέτρου του. Το εμβόλιο έχει 1-3 πραγματικά φύλλα. Μετά την ένωση των δυο φυτών, το σημείο του εμβολιασμού δένεται με τη βοήθεια ειδικών μέσων πρόσδεσης, διαφόρων σχημάτων και υλικών.



Εικόνα 2.2 Μέθοδος εμβολιασμού με τη δημιουργία σχισμής (Cleft Grafting-CG)

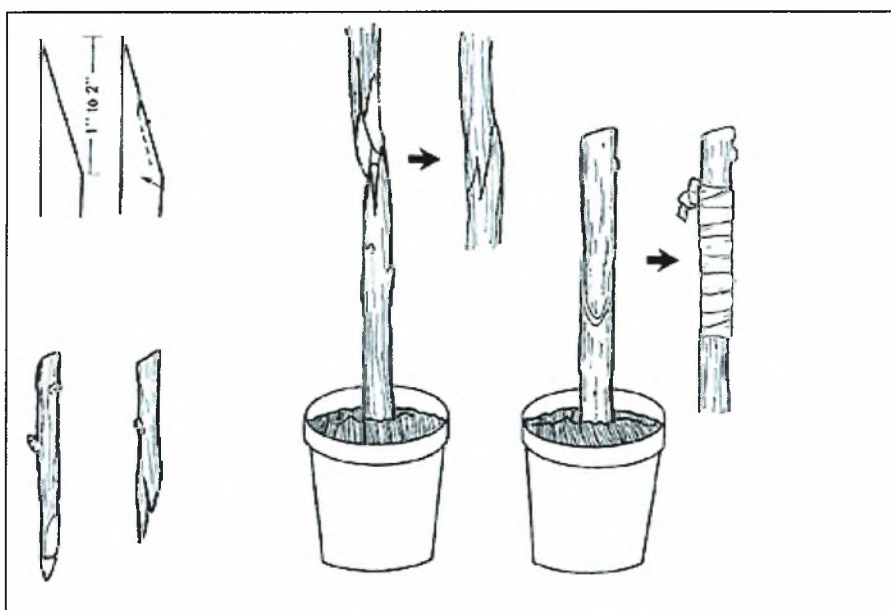
➤ Ένωση εμβολίου-υποκειμένου με το σχηματισμό γλωσσιδίου (Tongue Approach Grafting-TAG):

Είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται από τους λιγότερο έμπειρους παραγωγούς που δεν διαθέτουν καλά οργανωμένο θερμοκήπιο. Παρόλο που απαιτεί μεγάλο χώρο και εργατικά χεριά παρουσιάζει πολύ μεγάλα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.

Κατά τη μέθοδο αυτή, οι σπόροι του εμβολίου σπέρνονται 5-7 ημέρες πριν από τους σπόρους του υποκειμένου. Για την αποφυγή απώλειας θρεπτικών στοιχείων και για την αύξηση των πιθανοτήτων επιτυχίας του εμβολιασμού, αφαιρείται η κορυφή

του υποκειμένου. Τόσο στο εμβόλιο όσο και στο υποκείμενο δημιουργούνται, στο μέσο περίπου του βλαστού, σχισμές, ώστε να μπορεί να εισχωρήσει η μια μέσα στην άλλη, σε τέτοιο βάθος, που να επιτρέπει την ένωση όσο γίνεται περισσότερων αγγείων (Εικόνα 2.3). Μετά την ένωση των δυο φυτών, εφαρμόζεται ένα ειδικό σχεδιασμένο υλικό πρόσδεσης, και τα φυτά μεταφυτεύονται σε φυτοδοχεία διαμέτρου 9-12cm.

Τα εμβολιασμένα φυτά σκιάζονται μερικώς για 1-2 ημέρες πριν τη μεταφορά τους στο θερμοκήπιο σε συνθήκες ανάπτυξης. Για τον έλεγχο της επιτυχίας, 10-12 ημέρες μετά τον εμβολιασμό αφαιρείται η κατώτερη υποκοτύλη του εμβολίου, από κάποια φυτά, και ανάλογα με την αντίδραση των φυτών ο παραγωγός συνεχίζει τη διαδικασία ολοκλήρωσης του εμβολιασμού που είναι η αφαίρεση της ρίζας και της κατώτερης υποκοτύλης του εμβολίου, συνήθως κάτω από το σημείο πρόσδεσης. Το υλικό πρόσδεσης δεν αφαιρείται, παρά μόνο μετά τη μεταφύτευση των φυτών στην οριστική τους θέση. Αυτού του είδους ο εμβολιασμός μπορεί να γίνει με τα χεριά ή με τη βοήθεια ειδικών μηχανών.



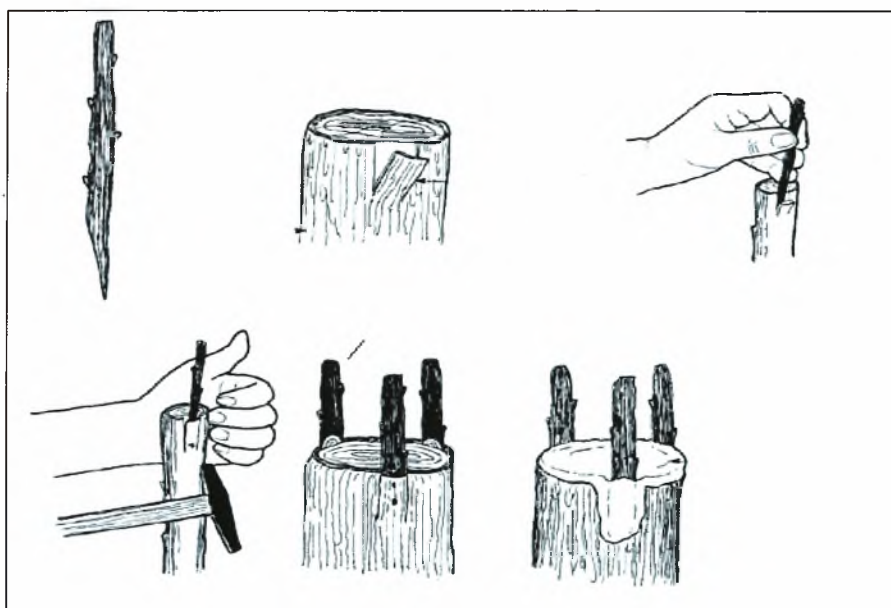
Εικόνα 2.3 Μέθοδος εμβολιασμού με το σχηματισμό γλωσσιδίου (Tongue Approach Grafting-TAG)

Η TAG είναι η παλαιότερη και ίσως η καταλληλότερη για τα λαχανοκομικά είδη μέθοδος εμβολιασμού (Hong, 1710). Μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα φυτά, όπως είναι τα κολοκυνθοειδή, τα σολανώδη κ.α. αν και παρά την ευκολία αυτής της μεθόδου, δε χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα, εξαιτίας του υψηλού κόστους, του

μεγάλου χώρου που απαιτείται και της μεγάλης ανάπτυξης της ρίζας του εμβολίου, που συμβαίνει όταν τα φυτά τοποθετούνται σε μεγάλο βάθος κατά τη μεταφύτευση τους (Lee, 1994).

➤ Δημιουργία οπής και πρόσφυση του εμβολίου (Hole Insertion Grafting-HIG):

Κατά τη διάρκεια αυτής της μεθόδου σε φυτά τομάτα και μελιτζάνας, σπέρνονται οι σπόροι του υποκειμένου 5-10 ημέρες πριν από τη σπορά των σπορών του εμβολίου και ο εμβολιασμός γίνεται 20-25 ημέρες μετά τη σπορά του εμβολίου. Από τα νεαρά φυτά του υποκειμένου, τα οποία πρέπει να έχουν 2,5-3 πραγματικά φύλλα, αφαιρούνται 5-10mm της κορυφής τους, πάνω από το πρώτο γόνατο και εκεί δημιουργείται μια οπή, με μια μικρή κλίση. Το φυτό του εμβολίου, έχοντας αναπτύξει 2 πραγματικά φύλλα, κόβεται 10mm κάτω από το γόνατο των κοτυληδόνων και μετά την αφαίρεση αυτών, διαμορφώνεται ο βλαστός σε μορφή ακίδας (Εικόνα 2.4). Μετά από την ένωση εμβολίου υποκειμένου, το νέο φυτό μεταφέρεται σε συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας, μέσα σε ειδικούς δίσκους ενώ παρέχονται οι κατάλληλες συνθήκες για ριζοβολία και επιπλέον ανάπτυξη. Οι καταλληλότερες συνθήκες για την ένωση του εμβόλου είναι η υψηλή σχετική υγρασία, η υψηλή θερμοκρασία και ο επαρκής φωτισμός.



Εικόνα 2.4 Μέθοδος εμβολιασμού με τη δημιουργία οπής και πρόσφυση του εμβολίου (Hole Insertion Grafting-HIG)

Η μέθοδος αυτή απαιτεί υψηλό επίπεδο ικανότητας από τον παραγωγό και συγκεκριμένες εγκαταστάσεις πραγματοποίησης της όλης διαδικασίας. Ωστόσο, είναι ευρέως διαδεδομένη, αφού δεν απαιτεί επιπλέον εργασία, πέρα από εκείνη κατά την ένωση του εμβολίου. Επίσης, παράγει υγιή φυτά, λόγω της ένωσης πολλών αγγείων μεταξύ εμβολίου και υποκειμένου. Εφαρμόζεται και για τον εμβολιασμό καρπουζιού πάνω σε κολοκύθι (Lee and Oda, 2003).

➤ Μέθοδος της βελόνας (Pin Grafting-PG)

Αυτή η μέθοδος μοιάζει με τη μέθοδο της συρραφής, όμως διαφέρει ως προς το υλικό που χρησιμοποιείται για την στήριξη και προστασία της περιοχής του εμβολίου μέχρι να γίνει η πλήρης ένωση εμβολίου και υποκειμένου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κεραμικές βελόνες, μήκους 15mm και διάμετρο 1,5mm, οι οποίες μπορούν να παραμείνουν μέσα στο φυτό. Το κόστος αυτών των βελονών είναι υψηλό και γι'αυτό έχουν δοκιμαστεί βελόνες από μπαμπού, οι οποίες έδωσαν καλά αποτελέσματα (Lee and Oda, 2003).

Στη συνέχεια, τα εμβολιασμένα φυτά τοποθετούνται και πάλι σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ και μεταφέρονται σε ειδικά διασκευασμένο χώρο, (πάγκο καλυμμένο με πλαστικό), μέσα στο οποίο η θερμοκρασία ρυθμίζεται σταθερά στους 25°C και αποφεύγεται με σκίαση η άνοδος της θερμοκρασίας πάνω από 27°C και η σχετική υγρασία του αέρα ρυθμίζεται στο 95%. Τα εμβολιασμένα φυτά παραμένουν στο χώρο αυτό περίπου 7-8 ημέρες, κατά τη διάρκεια των οποίων γίνεται συγκόλληση του εμβολίου με το υποκείμενο και στη συνέχεια τα φυτά μεταφέρονται στο κυρίως θερμοκήπιο-φυτώριο, όπου παραμένουν ακόμη μερικές ημέρες πριν μεταφερθούν για μεταφύτευση στην τελική τους θέση στο θερμοκήπιο

Για την παραγωγή εμβολιασμένων φυτών τομάτας παλαιότερα χρησιμοποιούνταν πολύ συχνά υποκείμενα μελιτζάνας (Yamakawa, 1982), ενώ σήμερα έχουν δοκιμασθεί πολλά άλλα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται ευρέως. Τα συνηθέστερα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εμβολιασμένων φυτών τομάτας είναι :

⚡ **KVFN** :Ανθεκτικό υποκείμενο τομάτας στα τρία πιο συνηθισμένα παθογόνα εδάφους :

Corky root (Pyrenochaeta lycopersici)

Βερτισιλλίωση (Verticillium albo-atrum)

Φουζαρίωση (Fusarium oxysporum)

- ↓ **KVFN** : Παραλλαγή του προηγούμενου, με ανθεκτικότητα και στις ιώσεις. Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που το εμβόλιο είναι και αυτό ανθεκτικό στις ιώσεις.
- ↓ **“MM”** : Υποκείμενο τομάτας ανθεκτικό στη φουζαρίωση και βερτισιλλίωση.

Επίσης κυκλοφορούν στο εμπόριο και τα υποκείμενα **“Beuford”**, **“Heman”**, **“Energy”**, **“Primavera”**, **“Nova”**, κ.α. Η επιλογή του υποκειμένου γίνεται με κριτήριο το συγκεκριμένο πρόβλημα (συνήθως ανοχή στο παθογόνο) το οποίο καλείται να επιλύσει ο εμβολιασμός, γιατί υπάρχει διάφορα στο βαθμό ανθεκτικότητας που προσδίδει το κάθε υποκείμενο.

Όσον αφορά την συμβατότητα του εμβολίου και του υποκειμένου αν και αυτή σχετίζεται με την ταξινομική συγγένεια εμβολίου – υποκειμένου ωστόσο αυτό δεν αποτελεί πάντα αναγκαία συνθήκη για επιτυχημένο εμβολιασμό. Πολλές φορές υπεισέρχονται βιοχημικοί, ορμονικοί και ενζυμικοί παράγοντες οι οποίοι διαφοροποιούν την ανάπτυξη του εμβολίου και του υποκειμένου ιδιαίτερα στο σημείο εμβολιασμού εμποδίζοντας τελικά την συνένωση τους, ακόμα κι αν το εμβόλιο με το υποκείμενο έχουν στενή βοτανική συγγένεια. Η φυσιολογική ασυμβατότητα μπορεί να οφείλεται στην απουσία της αναγνώρισης των κυττάρων, των ρυθμιστών ανάπτυξης, στην ασυμβατότητα των τοξινών ή στην αντίδραση του ξυλώματος. Ωστόσο η ασυμβατότητα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη μέθοδο εμβολιασμού που ακολουθείται και τους κλιματικούς κυρίως παράγοντες που επικρατούν στο περιβάλλον των εμβολιασμένων φυτών (Κο 1999, Lee 1989a, 1994b).

2.4 Υδροπονική καλλιέργεια

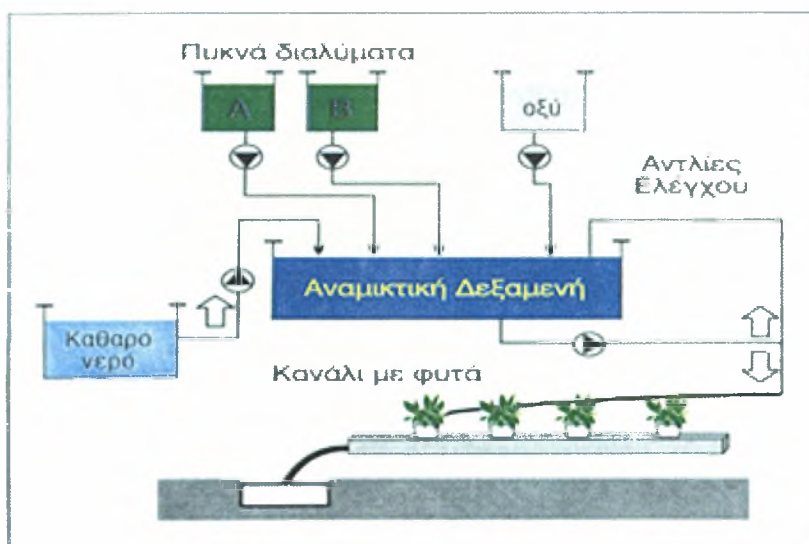
2.4.1 Υδροπονικό σύστημα

Για την εφαρμογή της υδροπονικής τεχνικής σε μια καλλιέργεια, απαιτείται η εγκατάσταση ενός συστήματος, ικανού να ελέγχει την τροφοδοσία της καλλιέργειας με θρεπτικά στοιχεία και νερό. Ταυτόχρονα, ένα τέτοιο σύστημα δεν θα πρέπει να παρεμποδίζει την σωστή ανάπτυξη των φυτών της καλλιέργειας, δημιουργώντας προβλήματα φυτοπαθολογικά ή φυτοτοξικά.

Ο βασικότερος στόχος σε μια υδροπονική καλλιέργεια είναι η διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη θρέψη των φυτών και να αποτρέπεται η συσσώρευση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα καθώς και στο υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσεται η καλλιέργεια. Για τη σωστή θρέψη των φυτών πρέπει να γνωρίζουμε ποια είναι η συγκέντρωση των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.

Ανάλογα με τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος μετά την ολοκλήρωση της άρδευσης, τα υδροπονικά συστήματα χωρίζονται σε «ανοιχτά» και «κλειστά» ή «ανακυκλούμενα». Το καθένα από τα συστήματα αυτά έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, σε επίπεδο εφαρμογής, εξοπλισμού και ελέγχου.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά απομακρύνεται στο περιβάλλον ή απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου (Εικόνα 2.5).

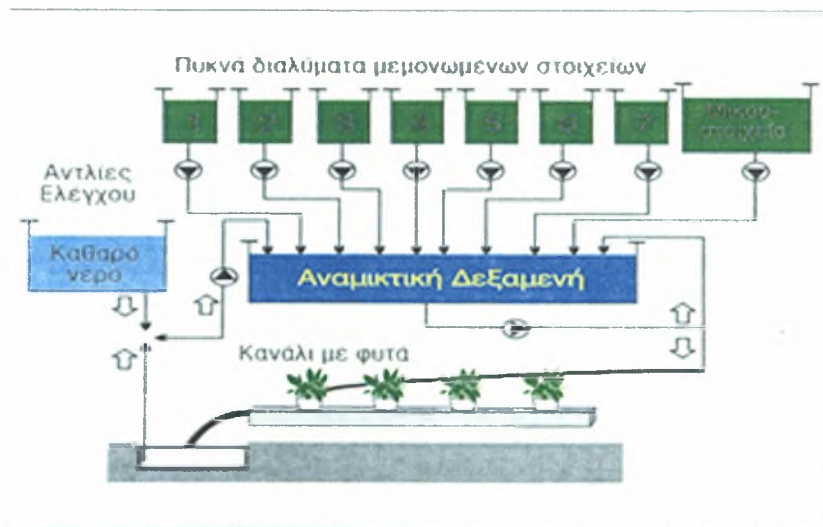


Εικόνα 2.5 Διάταξη ανοιχτού υδροπονικού συστήματος.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων και μόλυνση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Αναστασίου, 1999). Τα συστήματα αυτά είναι από τα πρώτα που αναπτύχθηκαν και έχουν διαδοθεί περισσότερο καθώς η διαχείρισή τους είναι πιο απλή.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται κλειστό, όταν το θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, διορθώνεται και χρησιμοποιείται ξανά για την άρδευση της καλλιέργειας (Εικόνα 2.6) .

Η ανακύκλωση του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος μετά από κάθε άρδευση και η επαναχρησιμοποίηση του, συμβάλλει σε ένα μεγάλο ποσοστό στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται δηλαδή για μία κατ' εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών (Αναστασίου, 1999).



Εικόνα 2.6: Διάταξη κλειστού υδροπονικού συστήματος.

Η δυσκολία στην διαχείριση των συστημάτων αυτών έγκειται στο γεγονός ότι η χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος μεταβάλλεται μετά από κάθε άρδευση. Έτσι, θα πρέπει να γίνεται συχνός έλεγχος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του pH και της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος που διατίθεται για την άρδευση της καλλιέργειας.

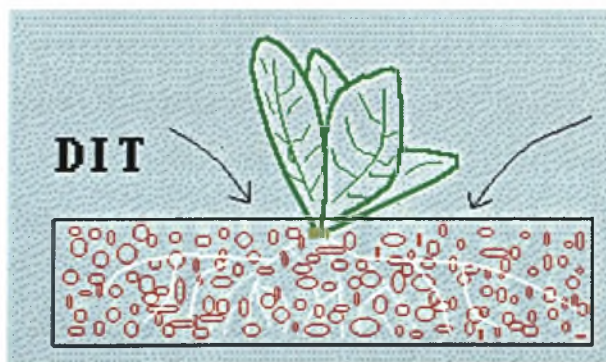
2.4.2 Μέθοδοι εφαρμογής του θρεπτικού διαλύματος

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επιλογή του θρεπτικού διαλύματος διαφέρει σε κάθε υδροπονική καλλιέργεια. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής :

- ✚ Nutrient film technique (NFT)
- ✚ Static aerated technique (SAT)
- ✚ Ebb and flow technique (EFT)
- ✚ Deep flow technique (DFT)
- ✚ Aerated flow technique (AFT)
- ✚ Drip irrigation technique (DIT)
- ✚ Room mist technique (RMT)
- ✚ Fog feed technique (FFT)

Drip irrigation technique (DIT)

Στη μέθοδο DIT είναι απαραίτητη η χρήση υποστρώματος. Τα υποστρώματα που κυρίως χρησιμοποιούνται είναι ορθογώνιες πλάκες πετροβάμβακα και περλίτη. Το υπόστρωμα περιέχεται σε σάκους που στο πάνω μέρος έχουν οπές για την τοποθέτηση των φυτών, ενώ στο κάτω μέρος υπάρχουν μικρότερης διαμέτρου οπές για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος θρεπτικού διαλύματος από την ριζόσφαιρα των φυτών μετά την ολοκλήρωση της άρδευσης. Η καλλιέργεια τροφοδοτείται με θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται από σταλάκτες και η απορροή του από το υπόστρωμα γίνεται με την βαρύτητα. Η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών και από τον ρυθμό διαπνοής τους. Η DIT τεχνική είναι η πλέον εφαρμοζόμενη μέθοδος σε εμπορική κλίμακα (Κίττας, 2002)



Εικόνα 2.7 Μέθοδος υδροπονικής καλλιέργειας Drip irrigation technique (DIT)

2.5 Σημασία των θρεπτικών στοιχείων στην ανάπτυξη των φυτών

Ένα θρεπτικό στοιχείο χαρακτηρίζεται ως απαραίτητο για τη θρέψη των φυτών όταν πληρεί τις 3 παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Η έλλειψη του στοιχείου να καθιστά αδύνατη τη συμπλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού ή του σταδίου αναπαραγωγής του.
2. Τα συμπτώματα έλλειψης ενός στοιχείου να μπορούν να προληφθούν ή να διορθωθούν μόνο με τη χορήγηση του συγκεκριμένου στοιχείου.
3. Το θρεπτικό στοιχείο να συνδέεται άμεσα με τη θρέψη του φυτού, ανεξάρτητα από την τυχόν επίδρασή του στη διόρθωση μικροβιολογικών ή χημικών συνθηκών του εδάφους ή γενικότερα του καλλιεργητικού μέσου.

Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τη θρέψη των φυτών είναι 20 και διαχωρίζονται σε μακροστοιχεία (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S), τα οποία απορροφούνται από το φυτό σε μεγάλες ποσότητες και σε μικροστοιχεία (B, Cl, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn, Na, Ni, Si, Co) τα οποία απορροφούνται από το φυτό σε μικρότερες ποσότητες. Από αυτά, το φυτό παίρνει τα C, O, H από τον αέρα και το νερό ενώ τα υπόλοιπα τα παίρνει με τις ρίζες από το έδαφος με τη μορφή ιόντων, είτε σαν κατιόντα (NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Zn^{+2} , Cu^{+2}) είτε σαν ανιόντα (NO_3^- , H^+ , PO_4^- , SO_4^{-2} , Cl^- , BO_3^{-2} , MoO_4^{-2}).

Τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία δρουν ως συστατικά του μορίου των ενζύμων και χρειάζονται επομένως σε πολύ μικρές ποσότητες. Αντίθετα τα μακροστοιχεία αποτελούν συστατικά οργανικών ενώσεων, όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κ.λ.π. η δρουν ρυθμίζοντας τα οσμωτικά φαινόμενα. Η διαφορά στη λειτουργικότητα δημιουργεί και την ανάγκη για μεγαλύτερη συγκέντρωση στο φυτό. Οποσδήποτε η συγκέντρωση που είναι αναγκαία για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών, διαφέρει ανάλογα με το είδος του φυτού, τη συγκέντρωση των άλλων στοιχείων, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τους κλιματικούς παράγοντες. (Μαυρογιανόπουλος, 1994)

Τα υδροπονικά διαλύματα περιέχουν Ca, Mg, P, S, N, K και ορισμένα μικροστοιχεία, κατά τη διάρκεια της αύξησης των φυτών, διευκολύνοντας τον καλύτερο έλεγχο της καλλιέργειας. Ρυθμίζοντας δε τις ποσότητες των θρεπτικών σε σχέση με τους παράγοντες του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου και τη φάση ανάπτυξης της καλλιέργειας μπορεί να επιτευχθεί μέγιστη παραγωγή.

2.5.1 Μηχανισμοί απορρόφησης των ιόντων από το φυτό

Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης ιόντων στο εδαφικό διάλυμα και των ιόντων που απαιτεί το φυτό. Ο μηχανισμός απορρόφησης επομένως θα πρέπει να είναι επιλεκτικός.

Γενικά η απορρόφηση ιόντων χαρακτηρίζεται από τα εξής :

1. **Επιλεκτικότητα.** Μερικά ιόντα απορροφούνται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα φυτά έστω και αν βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις στο θρεπτικό διάλυμα, ενώ άλλα όχι.
2. **Συσσωρευση.** Διαδικασία κατά την οποία ικανοποιείται η απαίτηση των φυτών να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων στο εσωτερικό των κυττάρων τους, από ότι από τη συγκέντρωση των ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα.
3. **Κληρονομικότητα.** Διαφοροποιεί τις ανάγκες και των ρυθμό απορρόφησης των ιόντων.

Διακρίνονται δυο μηχανισμοί απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων, ο παθητικός και ο ενεργητικός.

Η παθητική απορρόφηση επιτρέπει την είσοδο ιόντων στους φυτικούς ιστούς, διαπερνώντας το κυτταρικό τοίχωμα που περιβάλλει τα φυτικά κύτταρα. Στηρίζεται στο φαινόμενο της διάχυσης (μεταφορά μορίων μιας ουσίας μέσα σ' ένα διαλυτικό μέσο, από περιοχή μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε περιοχή μικρότερης συγκέντρωσης), στο φαινόμενο της ώσμωσης (διάχυση διαμέσω ημιπερατών μεμβρανών εξαιτίας διαφοράς υδατικού δυναμικού μεταξύ των πλευρών της μεμβράνης) και στο μηχανισμό των ισορροπιών Donnan (Χουλιάρης, 2002) και πραγματοποιείται χωρίς την κατανάλωση ενέργειας από τα φυτά. Ουσιαστική κινητήρια δύναμη της παθητικής απορρόφησης αποτελεί η κίνηση του νερού μέσα στο φυτό, αίτιο της οποίας είναι η διαπνοή. Η παθητική μεταφορά γίνεται είτε δια μέσου των λιπιδίων μέσω κάποιου μεταφορέα, είτε μέσω των υδρόφιλων πόρων. Μέσα στα κύτταρα η διαφορά συγκέντρωσης διατηρείται η με την εξουδετέρωση των ιόντων σε ρίζες, είτε με την συγχώνευση τους στην οργανική κατασκευή.

Αντίθετα, η μεταφορά από χαμηλότερη συγκέντρωση σε υψηλότερη απαιτεί ενεργό μεταφορά, δηλαδή μια αντλία στη μεμβράνη και κύριο χαρακτηριστικό της ενεργητικής απορρόφησης είναι η κατανάλωση ενέργειας από το φυτικό κύτταρο. Η ενεργητική απορρόφηση εξηγείται με την ύπαρξη ουσιών μεταφορέων (περμεάσες ή

τρανσλοκάσες), εξειδικευμένων στην αναγνώριση και μεταφορά ιόντων στο εσωτερικό του κυττάρου. Η ενέργεια γι' αυτή τη δράση προέρχεται από την υδρόλυση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Χουλιάρης, 2002). Ουσιαστικά ενεργητική απορρόφηση είναι η μεταφορά χημικών ουσιών ή ιόντων του κυτάρου, δια μέσου της μεμβράνης του, η οποία συμβαίνει αντίθετα προς τη διαβάθμιση της συγκέντρωσης της χημικής ουσίας ή του ιόντος και κατά την οποία απαιτείται κατανάλωση ενέργειας από το φυτό. Υπάρχει μια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού δια μέσου της μεμβράνης, που είναι μετρήσιμη με μικροηλεκτροδια. Γενικά στα ανώτερα φυτά η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ χυμοτοπίου και εξωτερικού διαλύματος είναι συνήθως μεγαλύτερη από -59mV . Η επικρατέστερη άποψη είναι ότι η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού είναι η κινητήρια δύναμη για τα κατιόντα (η επιλογή στην είσοδο γίνεται από την ίδια τη δομή της μεμβράνης), ενώ για τα ανιόντα σε συνδυασμό με την εξαγωγή πρωτονίων.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι, οι κυρίες κινητήριες δυνάμεις της μεταφοράς, μέσω των μεμβρανών, των διαλυτών γενικά και ιδιαίτερα των ιόντων είναι οι H^+ATP ασες που δημιουργούν διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ των δυο πλευρών της μεμβράνης. Η μεταφορά επομένως κατιόντων και ανιόντων εξαρτάται από τη διαφορά δυναμικού, ή αλλιώς τη συνδεδεμένη μεταφορά (coupled transport). Ο ρυθμός όμως μεταφοράς κατιόντων και ανιόντων προσδιορίζεται όχι μόνο από την ηλεκτρική και χημική διαφορά, αλλά επίσης από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ιόντων και τη συγγένεια τους με τους φορείς των μεμβρανών. (Μαυρογιαννόπουλος, 1994)

Η απορρόφηση του K , του P και των NO_3^- γίνεται ενεργητικά και τα φυτά είναι σε θέση να απορροφήσουν επαρκή ποσότητα των στοιχείων αυτών, ακόμα και όταν η συγκέντρωσή τους στο θρεπτικό διάλυμα είναι χαμηλή. Αντιθέτως, παθητικά πιστεύεται ότι απορροφούνται το Ca και το Mg , των οποίων η κίνηση εξαρτάται από την κίνηση του νερού στα φυτά, δηλαδή από την ένταση διαπνοής (Mengel and Kirkby, 1987).

2.5.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων.

Η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται από:

I. Τις παραμέτρους του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου:

➤ **Θερμοκρασία:** Ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων είναι αυξημένος σε θερμοκρασίες μέχρι 40 ° C. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση του ρυθμού διάχυσης των στοιχείων προς της ρίζες και στην αύξηση της αναπνοής λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Αντιθέτως, ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων μειώνεται σε θερμοκρασίες πάνω από 40 ° C. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες εμποδίζουν το φαινόμενο της αναπνοής και επίσης στο γεγονός ότι οι κυτταρικές μεμβράνες γίνονται πιο περατές στην παθητική μετακίνηση των στοιχείων με αποτέλεσμα ο καθαρός ρυθμός απορρόφησης να μειώνεται. Επίσης, η θερμοκρασία επηρεάζει την αναλογία απορρόφησης κατιόντων προς ανιόντων. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η απορρόφηση ανιόντων εμποδίζεται περισσότερο σε σχέση με την απορρόφηση κατιόντων (Salisbury and Ross, 1969). Στο θερμοκήπιο, αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα επιφέρει αύξηση της απορρόφησης του καλίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου από τα φυτά (Nkasnsah and Ito, 1995).

➤ **Φως-Φωτοσύνθεση:** Το φως προάγει την απορρόφηση διαφόρων ιόντων καθώς αυξάνει την περατότητα των μεμβρανών και το ηλεκτρικό δυναμικό του πλασμαλήμματος. Υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας προκαλούν ταχύτερη απορρόφηση ιόντων και αυτό συμβαίνει επειδή τα σάκχαρα που παράγονται με τη φωτοσύνθεση μετακινούνται προς την ρίζα και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας η οποία αξιοποιείται στην ενεργητική απορρόφηση των ιόντων (Salisbury and Ross, 1969). Η απορρόφηση του καλίου πιθανόν να σχετίζεται με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια (Brun and Chazell, 1996).

➤ **Επίπεδα O₂:** Όταν το οξυγόνο είναι περιορισμένο, μειώνεται η παραγωγή σακχάρων του φυτού και συνεπώς η ενέργεια του φυτού που είναι διαθέσιμη για την απορρόφηση των στοιχείων. Χαρακτηριστικά του υποστρώματος, όπως το πορώδες και η κατανομή των πόρων, αλλά και η συχνότητα άρδευσης της καλλιέργειας, καθορίζουν την ποσότητα του αέρα που είναι διαθέσιμη στο ριζικό σύστημα των φυτών.

II. Την συγκέντρωση των ιόντων

Η βέλτιστη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας. Ωστόσο, η συγκέντρωση αυτή δεν παραμένει σταθερή. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω ανταγωνισμού μεταξύ των στοιχείων, όπου αυξημένη συγκέντρωση ενός στοιχείου δεν επιτρέπει την απορρόφηση κάποιου άλλου. Έχει βρεθεί ότι αυξημένη συγκέντρωση K στο θρεπτικό διάλυμα, μειώνει την συγκέντρωση Ca, ενώ αυξημένη συγκέντρωση Ca μειώνει την απορρόφηση Mg (Bell et al. 1989). Επίσης, διάφορες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των στοιχείων (κυρίως του Ca^{2+} με το HPO_4^-) μπορεί να οδηγούν στην μείωση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα και στη δημιουργία ιζήματος.

III. Το pH ή την ποσότητα H^+ ή OH^- του υποστρώματος και του θρεπτικού διαλύματος

Το pH αναφέρεται στην αλκαλικότητα ή στην οξύτητα του θρεπτικού διαλύματος, το οποίο περιέχει τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία με τη μορφή ιόντων. Οι περισσότερες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε pH που κυμαίνεται μεταξύ 5.5 με 6.2 ή ελαφρώς όξινο. Η αντίδραση του διαλύματος, η οποία μπορεί να είναι όξινη, βασική ή αλκαλική επηρεάζει την διαθεσιμότητα των στοιχείων στα φυτά. Όταν το pH είναι χαμηλό, λόγω ανταγωνισμού των ιόντων H^+ με άλλα κατιόντα, η απορρόφηση των κατιόντων μειώνεται, ενώ η απορρόφηση των ανιόντων μπορεί να αυξηθεί. Όταν το pH είναι υψηλό, τα ιόντα OH^- ανταγωνίζονται τα ανιόντα, των οποίων η απορρόφηση εμποδίζεται. Έτσι, η απορρόφηση των ανιόντων ελαττώνεται και αυξάνεται η απορρόφηση κατιόντων. Μεγάλες διακυμάνσεις στο pH μπορούν να προκαλέσουν έλλειψη ή τοξικότητα θρεπτικών στοιχείων.

IV. Τη θρεπτική κατάσταση του φυτού

Ρίζες που περιέχουν ικανοποιητικά ποσά θρεπτικών στοιχείων δεν απορροφούν ιόντα του στοιχείου αυτού με τον ίδιο ρυθμό που θα το απορροφούσαν αν περιέχονταν σε μικρότερες ποσότητες.

V. Το γενότυπο και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού

Η ικανότητα πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά εξαρτάται από το γενότυπο του φυτού, δηλαδή από το είδος και την ποικιλία του φυτού. Επιπλέον, τα

ώριμα κύτταρα, των οποίων η ανάπτυξη σταματά, δεν απορροφούν ιόντα τόσο γρήγορα όσο τα νεαρά κύτταρα. Νεαρά φυτά και νέοι φυτικοί ιστοί έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε N, K και P ενώ σε μεγαλύτερης ηλικίας φυτά με ώριμα φυτικά μέρη παρουσιάζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Ca, Mn, Fe και B.

VI. Τη Διαπνοή

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η διαπνοή των φυτών αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία αφού επηρεάζει το ρυθμό απομάκρυνσης των θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα και συνεπώς την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Καθότι ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος, στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, αποτελεί βασικό πρόβλημα και διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ποιοτικού προϊόντος, η εκτίμηση της διαπνοής και της ταχύτητας απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων έχει μεγάλη σημασία για τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος. (Κατσούλας και συνεργάτες, 2000).

Η διαπνοή επηρεάζει την κίνηση του νερού και ορισμένων ιόντων αλλά όχι την ταχύτητα πρόσληψής τους (Λόλας, 2000). Συνεπώς οι παράγοντες που επηρεάζουν την διαπνοή επηρεάζουν και την απορρόφηση των ιόντων αυτών. Γενικά για ιόντα, που δεν συγκεντρώνονται επιλεκτικά μέσα στα χυμοτόπια της ρίζας (όπως το Ca και το Mg), έχει παρατηρηθεί μια θετική συσχέτιση μεταξύ της διαπνοής και της μεταφοράς τους από το θρεπτικό διάλυμα στο εσωτερικό της ρίζας. Έτσι, αύξηση της διαπνοής μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη απορρόφηση και μεταφορά των ιόντων αυτών από την ρίζα στους βλαστούς. Αντίθετα, για τα ιόντα που συγκεντρώνονται επιλεκτικά στα χυμοτόπια των κυττάρων της ρίζας (όπως αυτά του K και του P), δεν υπάρχει εμφανή συσχέτιση μεταξύ διαπνοής, απορρόφησης και μεταφοράς των ιόντων αυτών στα διάφορα φυτικά μέρη.

Αν η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα είναι μικρή, τότε η ένταση της διαπνοής δεν επιφέρει καμία αλλαγή στον ρυθμό απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων. Αντιθέτως, αν η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα είναι επαρκής, τότε ο ρυθμός διαπνοής επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό απορρόφησης των θρεπτικών (Salisbury and Ross, 1969).

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η διαπνοή είναι δυνατόν να επηρεάσει σημαντικά τον ρυθμό απομάκρυνσης των θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα και συνεπώς τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος. Συνεπώς, η εκτίμηση της διαπνοής και της ταχύτητας απορρόφησης ορισμένων ιόντων όπως του ασβεστίου

και του μαγνησίου θα μπορούσε να αποτελέσει κριτήριο για τη διόρθωση των συγκεντρώσεων των παραπάνω θρεπτικών στοιχείων και στην γενικότερη διαχείρισή του (επίπεδο αλατότητας κ.τ.λ.).

VII. Τους μεταβολικούς εμποδιστές

Η πρόσληψη ιόντων σε πολλά φυτά είναι μεταβολική ως επί το πλείστον διεργασία, δηλαδή απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας από το φυτό. Η πρόσληψη λοιπόν ορισμένων θρεπτικών στοιχείων εμποδίζεται ή περιορίζεται από ουσίες (ορμόνες, ζιζανιοκτόνα) που εμποδίζουν το μεταβολισμό και από παράγοντες όπως οι χαμηλές θερμοκρασίες και η έλλειψη οξυγόνου.

2.5.3 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ιόντων

Ανταγωνισμός

Η μεταφορά των ιόντων μέσω της μεμβράνης γίνεται από συγκεκριμένες θέσεις για το κάθε ιόν. Επειδή ο αριθμός των θέσεων αυτών είναι σχετικά μικρός σε σχέση με τον αριθμό των ιόντων στο διάλυμα, είναι λογικό να υπάρχει ένας ανταγωνισμός, ιδιαίτερα μεταξύ των όμοιου σθένους και διαμέτρου ιόντων.

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις διαλύματος, από πειραματικές εργασίες βρέθηκε ότι, το NH_4^+ ανταγωνίζεται το K^+ , όχι όμως το αντίστροφο. Τα Na^+ και Cs επηρεάζουν ασήμαντα την απορρόφηση K^+ , ενώ το Ca^{++} όχι μόνο δεν ασκεί αρνητική επίδραση, αλλά πιθανόν ασκεί θετική. Το Ca^{++} και Mn^{++} ανταγωνίζονται αποτελεσματικά το Mg^{2+} , γιατί το ενυδατωμένο Mg^{2+} , δείχνει μικρή συνάφεια με τους δρόμους εισόδου στην πλασμομεμβράνη.

Ανταγωνισμός και διαφοροποιημένη επιλεκτικότητα στους δρόμους μεταφοράς της πλασμομεμβράνης παρατηρείται και σε ανιόντα. Επίσης ο ανταγωνισμός παρατηρείται και μεταξύ SO_4^{--} και $\text{M}_6\text{O}_4^{--}$ και SO_4^{--} και SeO_4^{--} . Επίσης ο ανταγωνισμός παρατηρείται και μεταξύ NO_3^- και Cl^- . Στις περιπτώσεις που θέλουμε μικρή περιεκτικότητα NO_3^- στους ιστούς, μπορούμε να αυξήσουμε τα Cl^- του διαλύματος. Αντίθετα στα διαλύματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε Cl^- αυξάνουμε τη συγκέντρωση NO_3^- για να μειωθεί η απορρόφηση του Cl^- (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

Ο ρόλος του pH

Στα ανιόντα το χαμηλό pH επιδρά μάλλον ευνοϊκά στην απορρόφηση. Μειώνοντας την τιμή του pH από 7 στο 4 αυξάνουμε την απορρόφηση NO_3^- , ενώ μειώνεται η απορρόφηση NH_4^+ . Σε περιβάλλον χαμηλού pH η προσθήκη NH_4 έχει αποτέλεσμα το χαμήλωμα του pH μέσα στο κύτταρο και έτσι εξηγείται τουλάχιστον ως ένα βαθμό η αρνητική επίδραση της NH_4^+ στην απορρόφηση των K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

Συnergισμός

Η απορρόφηση κατιόντων ευνοεί και την απορρόφηση ανιόντων και αντιστρόφως λόγω της ανάγκης διατήρησης μιας ισορροπίας ηλεκτρικού φορτίου μέσα στα κύτταρα. Το Ca^{++} ευνοεί την απορρόφηση του K^+ στα χαμηλά pH. Ένδειξη ότι το Ca^{++} αντιδρά με τα H^+ που δείχνουν αρνητική επίδραση στην απορρόφηση του K^+ , με την καλή λειτουργία της μεμβράνης. Το Ca^{++} ως δισθενές ιόν αντιδρά με τις αρνητικά φορτισμένες φωσφορικές ρίζες των φωσφορολιπιδίων των μεμβρανών και τις σταθεροποιεί. Το Ca^{++} επομένως επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες των μεμβρανών.

Στα αλατούχα νερά το Ca^{++} βελτιώνει την ανάπτυξη των φυτών, διότι ευνοεί την απορρόφηση του K^+ , Η Na^+ -ATPase στις μεμβράνες ρυθμίζει το ρυθμό εισόδου των K^+ και εξόδου του Na^+ . Η απουσία Ca^{++} κάνει τις μεμβράνες να μην λειτουργούν καλά και επομένως και όλος ο μηχανισμός απορρόφησης. Οι μεμβράνες σε αυτή τη περίπτωση γίνονται λιγότερο επιλεκτικές (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

Αλληλεπίδραση Κατιόντων – Ανιόντων

Η απορρόφηση κατιόντων και ανιόντων ρυθμίζεται από διαφορετικούς μηχανισμούς και γι'αυτό στα αραιά διαλύματα η απορρόφηση της μιας κατηγορίας ιόντων δεν εξαρτάται από την απορρόφηση της άλλης.

Σε διαλύματα υψηλής πυκνότητας, όπως είναι τα θρεπτικά διαλύματα των υδροπονικών καλλιεργειών, βρέθηκε ότι τα ιόντα με χαμηλό ρυθμό απορρόφησης SO_4^{--} και Ca_2^{++} επιδρούν αρνητικά στην απορρόφηση του K^+ και Cl^- αντίστοιχα. Η μεγάλη απορρόφηση κατιόντων έχει αποτέλεσμα την αύξηση του pH στον κυτταρικό χυμό. Η ισορροπία επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση ενζύμων λόγω μεταβολής του

pH και παραγωγή οργανικών οξέων (τελικά maleic acid) και μεταφορά των ανιόντων των οργανικών οξέων και κατιόντων στο χυμοτόπιο (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

Η συγκέντρωση του θρεπτικού (εξωτερικού) διαλύματος

Στις χαμηλές συγκεντρώσεις ο ρυθμός απορρόφησης ιόντων όπως το K^+ περιγράφεται από την εξίσωση της κινητικής κορεσμού :

$$V = V_{\max} \frac{C_s}{K_M + C_s}$$

V = ρυθμός μεταφοράς

V_{\max} = ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (όλες οι θέσεις μεταφοράς πλήρεις με το ιόν)

K_M = σταθερά Michaelis ίση με τη συγκέντρωση ιόντος στο υπόστρωμα που δίνει το ήμισυ του μέγιστου ρυθμού μεταφοράς

C_s = δοθείσα συγκέντρωση ιόντος στο υπόστρωμα

Στις υψηλές συγκεντρώσεις η απορρόφηση γίνεται λιγότερο επιλεκτική και εξακολουθεί να αυξάνει αλλά με μικρότερο ρυθμό για το K^+ και P^+ . Για το Na^+ ο ρυθμός απορρόφησης είναι πιο γραμμικός με τη συγκέντρωση, γιατί το Na^+ έχει χαμηλή συνάφεια με τις θέσεις εισόδου (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

Συγκέντρωση στο εσωτερικό του κυττάρου και θρεπτική κατάσταση

Γενικά, όσο η συγκέντρωση στο εσωτερικό του κυττάρου ενός συγκεκριμένου ιόντος αυξάνει, ο ρυθμός απορρόφησης μειώνεται και αντίστροφα. Η υψηλή συγκέντρωση καλίου και φωσφόρου μέσα στο κύταρρο περιορίζει την είσοδο άλλων ιόντων, πιθανόν με αλλοστερική μεταβολή της διόδου. Για ιόντα που μεταβολίζονται μέσα στο κύταρρο, όπως SO_4^{2-} , αλλά και τα νιτρικά που ανάγονται, ο μηχανισμός που περιορίζει την είσοδο μπορεί να λειτουργεί με την επίδραση των μεταβολιτών. Η συγκέντρωση επίσης στο χυμοτόπιο, έχει βρεθεί ότι μπορεί να επιδρά στην απορρόφηση, οπωσδήποτε μέσω των υδατανθράκων, αλλά και μέσω των ιόντων που επιστρέφουν η ορμονών η διαφορών μεταβολιτών (Μαυρογιανόπουλος, 1994).

2.5.4 Η δράση των μακροστοιχείων στο φυτό

Οι κυριότερες λειτουργίες των αμετάλλων αζώτου, θείου και φωσφόρου είναι ότι χρησιμοποιούνται ως συστατικά των πρωτεϊνών και νουκλειικών οξέων. Τα μαγνήσιο και τα ιχνοστοιχεία ως συστατικά διαφορών οργανικών ενώσεων, κυρίως των μορίων των ενζύμων όπου τα στοιχεία αυτά σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την καταλυτική λειτουργία του ενζύμου.

Το κάλιο και πιθανόν το αμέταλλο-χλώριο, είναι τα μονά ανόργανα στοιχεία που δεν αποτελούν συστατικά των οργανικών ενώσεων. Η κυρία λειτουργία τους είναι :

- ↓ η ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης ,
- ↓ η διατήρηση του ηλεκτροχημικού ισοζυγίου στα κύτταρα και τα όργανα τους
- ↓ η ρύθμιση της ενζυματικής δραστηριότητας.

Φυσικά τα ιχνοστοιχεία λόγω της πολύ μικρής τους συγκέντρωσης δεν θα μπορούσαν να παίζουν ένα άμεσο ρολό ούτε στη ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης ούτε στη διατήρηση του ηλεκτροχημικού ισοζυγίου.

Τα επίπεδα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς τομάτας παρουσιάζονται στους πίνακες 2.1 και 2.2.

Πίνακας 2.1 Επιθυμητή περιεκτικότητα (% Ξ.Β.) σε θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα και στους καρπούς τομάτας (Conseil des Productions Vegetales du Quebec, 1990, Thybo et al. 2005)

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
ΦΥΛΛΑ	5,0 - 5,5	0,5 - 0,8	3,7 - 5,3	1,5 - 4,0	0,4 - 1,0	0,4 - 0,8
ΚΑΡΠΟΙ	1,9 - 2,3	0,4 - 0,8	3,9 - 4,5	1,1 - 1,7	1,3 - 1,5	1,0 - 1,2

2.5.5 Άζωτο (N)

Το N απορροφάται από τα φυτά με τη μορφή NO_3^- και NH_4^+ . Τα NH_4^+ πρέπει να ενσωματωθούν σε οργανικές ενώσεις στη ρίζα πριν μετακινηθούν, ενώ τα νιτρικά μετακινούνται μέσω των ξυλωδών σωλήνων ή μπορούν να αποθηκευτούν στα χυμοτόπια. Ο ρυθμός απορρόφησης αζώτου είναι μεγαλύτερος όταν υπάρχουν στο θρεπτικό διάλυμα και οι δυο μορφές δηλαδή NH_4^+ και NO_3^- .

Τα νιτρικά όμως για να χρησιμοποιηθούν και να ενσωματωθούν σε οργανικές ενώσεις, πρέπει να αναχθούν προηγουμένως σε NH_4^+ μέσα στο φυτό. Η αναγωγή γίνεται στα φύλλα και στη ρίζα μέσω των ένζυμων : α) nitrate reductase, που το ανάγει σε νιτρώδες και β) nitrite reductase, που το ανάγει σε αμμωνία. Η αναγωγή γίνεται περισσότερο έντονη στα μέρη με γρήγορο πολλαπλασιασμό των κυτάρων. Τα νιτρικά δεν μετακινούνται μέσω του ηθμού. Η ένταση του φωτός επηρεάζει θετικά την αναγωγή των νιτρικών στα φύλλα, όχι όμως και στη ρίζα.

Τα νιτρικά ιόντα απορροφούνται με ενεργό μεταφορά (Morgan et al. 1973) όταν η συγκέντρωσή τους στο διάλυμα είναι μεγάλη ενώ όταν είναι μικρή γίνεται με διάχυση.

Έχει βρεθεί ότι η απορρόφηση και των δυο μορφών αζώτου εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η μείωση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της απορρόφησης αζώτου (Zsoldos, 1972). Όταν η θερμοκρασία στο επίπεδο της ρίζας είναι άνω των 17°C τα νιτρικά είναι η μορφή του N που απορροφάται εντονότερα από τα φυτά. Αντίθετα κάτω των 17°C τα αμμωνιακά είναι εκείνα που απορροφούνται εντονότερα από τα φυτά.

Η μορφή όμως του N (NH_4^+ ή NO_3^-) που θα απορροφηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό από τα φυτά εξαρτάται και από την τιμή του pH του διαλύματος, αφού η απορρόφηση των NO_3^- γίνεται σε χαμηλότερες τιμές pH από την απορρόφηση των NH_4^+ (Rao and Rains, 1976).

Σε ένα καλό αναπτυσσόμενο φυτό το άζωτο αποτελεί 2-5% της ξηρής του ουσίας. Έλλειψη του αζώτου κάτω από του άριστο επίπεδο έχει ως αποτέλεσμα:

- η αύξηση να επιβραδύνεται
- το άζωτο να μετακινείται στα ώριμα φύλλα και να ξαναμετακινείται στις περιοχές ανάπτυξης
- να επιταχύνεται η γήρανση των παλαιών φύλλων

Συγκέντρωση αζώτου στο διάλυμα πάνω από το άριστο επίπεδο :

- επιβραδύνει τη γήρανση
- επιταχύνει την αύξηση
- προκαλεί επιμήκυνση του βλαστού
- επιδρά αρνητικά στην επιμήκυνση της ρίζας
- το πλάτος των φύλλων αυξάνει, αλλά το πάχος τους μειώνεται

Επίσης υψηλά επίπεδα N είναι αιτία για εμφάνιση τροφοπενιών K, Zn, Fe, Ca και B.

2.5.6 Φώσφορος (P)

Αντίθετα από το άζωτο, το οξείδιο του φωσφόρου δεν ανάγεται στο φυτό, αλλά παραμένει στην πιο οξειδωμένη μορφή του. Απορροφάται σε φυσιολογικά pH υπό μορφή $H_2PO_4^-$ και είτε α) παραμένει ως ανόργανος φωσφόρος, η β) στερεοποιείται μέσω μιας υδροξυλικής ρίζας ως απλός φωσφορικός εστέρας η γ) συνδέεται με φωσφορικά ιόντα άλλης μορφής, με τον υψηλής ενεργείας πυροφωσφορικό δεσμό, P – P.

Η μεταφορά του P είναι ενεργητική. Είναι ευκίνητο στοιχείο, κινείται από τα φύλλα στις ρίζες μέσω του φλοιώματος και πίσω στα φύλλα μέσω του ξυλώματος αρκετές φορές. Συσσωρεύεται στα νεότερα φύλλα, στα αναπτυσσόμενα άνθη και στον σπόρο. Η συγκέντρωση P στα φύλλα δεν εξαρτάται από την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος (Brun and Settembrino, 1995).

Η απορρόφηση του φωσφόρου εξαρτάται από το pH του θρεπτικού διαλύματος και την θερμοκρασία στο επίπεδο της ρίζας. Η απορρόφηση από τις ρίζες αυξάνεται όταν η τιμή του pH μειώνεται (Riley and Barber, 1971), ενώ αύξηση της θερμοκρασίας στην ρίζα έχει επίσης ως αποτέλεσμα την αύξηση της απορρόφησης φωσφόρου (Nkansah and Ito, 1995).

Η απαιτούμενη ποσότητα φωσφόρου για την αρίστη ανάπτυξη των φυτών κυμαίνεται από 0,3 έως 0,5 % ξηρού βάρους κατά τη βλαστική ανάπτυξη. Η έλλειψη P έχει ως αποτέλεσμα :

- Επιβράδυνση στην ανάπτυξη
- Βιολετί χρωματισμό λόγω της επιτάχυνσης σχηματισμού ανθοκυανών
- Μερικά φυτά αποκτούν ένα σκουρότερο πράσινο χρώμα από το κανονικό, διότι η μείωση στις διαστάσεις των οργάνων είναι μεγαλύτερη απ'ότι στη δημιουργία χλωροπλαστών

- Παρουσιάζεται μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα της ρίζας
- Επειδή ο P επιδρά στην ισορροπία του φυτοχρώματος, η έλλειψη P σχετίζεται με τον μειωμένο αριθμό των ανθέων στην ταξιανθία και την επιβράδυνση της διαφοροποίησης των οφθαλμών.

2.5.7 Θείο (S)

Το θείο αποτελεί συστατικό των αμινοξέων κυστεΐνη και μεθειονίνη και επομένως των πρωτεϊνών συνενζύμων και άλλων συστατικών του φυτού. Το δισθενές ιόν SO_4^{2-} απορροφάται από τη ρίζα σε σχετικά μικρές αποστάσεις και η μετακίνηση του σε μακρινές αποστάσεις περιορίζεται στα ξυλώδη αγγεία. Τα ανώτερα φυτά έχουν την δυνατότητα να δεσμεύουν και να χρησιμοποιούν και το SO_2 που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα.

Η απαιτούμενη ποσότητα θείου για αρίστη ανάπτυξη ποικίλει μεταξύ 0,2 – 0,5 % του ξηρού βάρους του φυτού. Σε τροφопενία S μειώνεται η παραγωγή πρωτεϊνών και επειδή στα φύλλα αυτές κατά το πλείστον βρίσκονται στους χλωροπλάστες, μειώνεται και η χλωροφύλλη με αποτέλεσμα τα φυτά φαίνονται να χλωρωτικά. Αντίθετα με το άζωτο η χλώρωση είναι ομοιόμορφη μεταξύ νέων και παλαιών φύλλων.

2.5.8 Μαγνήσιο (Mg)

Το μαγνήσιο προσλαμβάνεται από τα φυτά με τη δισθενή μορφή του (Mg^{2+}), και ο ρυθμός απορρόφησης του μπορεί να περιορισθεί πολύ από αλλά κατιόντα όπως τα K^+ , Ca^{++} , NH_4^+ , Mn^{++} , καθώς και H^+ (που παρατηρείται σε πολύ χαμηλά pH).

Αποτελεί δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης και των ριβοσωμάτων και είναι απαραίτητο στις RNA - πολυμεράσες και συνεπώς στο σχηματισμό του πυρηνικού RNA. Λαμβάνει μέρος σε ένα μεγάλο αριθμό ενζυμικών αντιδράσεων για την παραγωγή υδατανθράκων, σακχάρων και λιπών. Τα κατιόντα Mg^{2+} ρυθμίζουν τη συγκέντρωση της καρβοξυλάσης της διφωσφορικής ριβουλόζης στο στρώμα των χλωροπλάστων. Τέλος, παίζει βασικό ρόλο στο μεταβολισμό του P και ρυθμίζει την πρόσληψη των K και Na και έχει βρεθεί ότι είναι ικανό να βελτιώσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών

Η έλλειψη Mg στο φυτό που οφείλεται σε ανταγωνιστικά κατιόντα είναι αρκετά σύνηθες φαινόμενο, αν και η μείωση μαγνησίου στα φύλλα είναι συνήθως

αποτέλεσμα υπερβολικής λίπανσης με K^+ , και δεν σημαίνει κατ'ανάγκη μείωση Mg στους καρπούς ή τους κονδύλους. Κατά μέσον όρο οι απαιτήσεις σε Mg για μια αρίστη ανάπτυξη του φυτού είναι 0,5 % του ξηρού βάρους των βλαστικών μερών. Στην έλλειψη μαγνησίου :

- Μειώνεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής
- Παρουσιάζεται συσσώρευση αμύλου στα φύλλα, λόγω μείωσης της μεταφοράς που οφείλεται σε πρόβλημα ενεργείας του φυτού
- Η μείωση του ρυθμού αύξησης της ρίζας είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του βλαστού

Τα συμπτώματα έλλειψης Mg εμφανίζονται πρώτα στις κορυφές και στην περιφέρεια των φύλλων και επεκτείνονται στις μεσονεύριες περιοχές, ειδικά των γηραιότερων και χαμηλότερων φύλλων και μπορεί να παρατηρηθεί φυλλόπτωση. Ο ιστός των φύλλων που προσβλήθηκαν γίνεται καστανόχρωμος.

2.5.9 Κάλιο (K)

Το κάλιο είναι ένα από τα σημαντικότερα κατιόντα. Συγκεντρώνεται σε μεγάλα ποσά στους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν έντονη αύξηση ενώ τα ιόντα του παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα μέσα στο κύτταρο και τους ιστούς. Ιόντα K^+ βρίσκονται στα καταφρακτικά κύτταρα και βοηθούν στη διατήρηση της οσμωτικής ισορροπίας, είναι υπεύθυνα για το μηχανισμό άνοιγμα/κλείσιμο των στοματίων και διεγείρουν την *de novo* σύνθεση του ενζύμου καρβοξυλάση της διφωσφορικής ριβουλόζης (Rubisco).

Είναι στοιχείο αναγκαίο για το σχηματισμό σακχάρων, υδρογονανθράκων, πρωτεϊνών καθώς και για την κυτταροδιαίρεση των ριζών και άλλων μερών του φυτού. Βοηθά στην αποκατάσταση της υδατικής ισορροπίας, βελτιώνει την stem rigidity και την σκληραγώγηση του φυτού, ενισχύει την γεύση και το χρώμα των καρπών, αυξάνοντας το περιεχόμενό τους σε έλαια. Η απορρόφηση του καλίου πιθανόν να σχετίζεται με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια (Brun and Chazell, 1996).

Τα ιόντα K^+ μεταφέρονται από τα παλαιότερα προς τα αυξανόμενα φυτικά όργανα με αποτέλεσμα τα συμπτώματα έλλειψής του να εμφανίζονται πρώτα στα παλαιότερα φύλλα. Έλλειψη καλίου στα φύλλα έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του φαινομένου της αναπνοής και μικρότερη σπαργή, κυτταρικό μέγεθος και φυλλική

επιφάνεια. Συμπτώματα έλλειψης καλίου αποτελούν οι χαμηλές αποδόσεις και κηλιδώσεις, καρούλιασμα και ξήρανση μέρους του φύλλου.

2.5.10 Ασβέστιο (Ca)

Το ασβέστιο είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία των φυτών, αφού είναι απαραίτητο τόσο για το σχηματισμό των ιστών, όσο και για διαφορές άλλες μεταβολικές διεργασίες. Αρχικά προστατεύει τις ρίζες από τα δυσμενή αποτελέσματα του χαμηλού pH (τα ιόντα H^+ επιδρούν δυσμενώς στο μηχανισμό μεταφοράς ιόντων). Δρα ως ρυθμιστής της επιλεκτικής μεταφοράς ιόντων και προάγει την απορρόφηση ιόντων με μικρή ενυδατωμένη διάμετρο, όπως του K^+ και ελαττώνει την απορρόφηση ιόντων με μεγάλη ενυδατωμένη διάμετρο, όπως του Na^+ . Είναι απαραίτητο για την απορρόφηση των νιτρικών από το θρεπτικό διάλυμα και αυξάνει την απορρόφηση του PO_4^{2-} . Επίσης, αποτελεί ουσιώδες στοιχείο για τη διατήρηση της επιλεκτικότητας και ακεραιότητας των μεμβρανών κι έτσι τις σταθεροποιεί, μειώνοντας την διαπερατότητά τους. Τέλος το ασβέστιο είναι μη τοξικό στοιχείο ακόμα και σε μεγάλες συγκεντρώσεις και είναι πολύ αποτελεσματικό στην αποτοξίνωση υψηλών συγκεντρώσεων άλλων ανόργανων στοιχείων στα φυτά.

Μετακινείται δύσκολα μέσα στο φυτό καθίσταται αμετακίνητο και αντίθετα με τη συμπεριφορά του καλίου δεν παρουσιάζει τη δυνατότητα μεταφοράς του από τα παλαιότερα φυτικά όργανα στα αναπτυσσόμενα. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η συνεχής παροχή του στοιχείου στα φυτά για την αύξησή τους. Επίσης παραμένει στο έδαφος και μπλοκάρει άλλα στοιχεία και ιχνοστοιχεία, δημιουργώντας έτσι διάφορες τροφοπενίες.

Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο των διαφόρων φυτών ποικίλει από 0,1 και 5,0 % ξηράς ουσίας, εξαρτάται από τις συνθήκες ανάπτυξης, το είδος και το όργανο. Σε ώριμα φύλλα φυτών η περιεκτικότητα του ασβεστίου αντιπροσωπεύει το 1-3 % του ξηρού τους βάρους. Το απαιτούμενο ασβέστιο είναι πολύ λιγότερο στα μονοκοτυλήδονα από ότι στα δικοτυλήδονα. Η απορρόφηση των κατιόντων Ca^{2+} μπορεί να περιοριστεί από την ανταγωνιστική δράση άλλων κατιόντων όπως το K^+ και τα NH_4^+ , τα οποία απορροφούνται ταχέως από τη ρίζα. Επίσης το ποσοστό πρόσληψης του Ca είναι συνήθως χαμηλότερο από αυτό του K^+ . Αυτό πιθανώς

συμβαίνει διότι τα κατιόντα ασβεστίου απορροφούνται μόνο από τα νεαρά ακρορίζια των οποίων τα κυτταρικά τοιχώματα της ενδοδερμίδας δεν έχουν αποφελλωθεί ακόμη

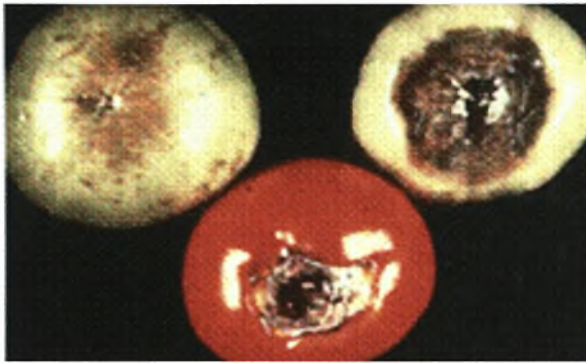
Η έλλειψη ασβεστίου από τα φυτά είναι συνδεδεμένη με αρκετές φυσιολογικές ανωμαλίες οι οποίες οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας και μείωση της παραγωγής. Η αφομοίωση και η διανομή του ασβεστίου στα διάφορα όργανα του φυτού μελετήθηκε από τους Ehret and Ho, (1986), και διαπιστώσαν ότι υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας είχαν ως αποτέλεσμα την ελάττωση του ποσοστού του ασβεστίου που αφομοιώνονταν από τα νεαρά φύλλα ενώ αντιθέτως, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του στα παλιά φύλλα. Τη σχέση μεταξύ της τροφοπενίας του ασβεστίου και της υψηλής υγρασίας διαπιστώσαν και οι Holder and Cockshull, (1990). Οι Bakker et al. (1987) μελετώντας την επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων υγρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Διαπιστώθηκε ότι τα υψηλά επίπεδα υγρασίας οδηγούν σε τροφοπενίες ασβεστίου λόγω της μείωσης του ρυθμού διαπνοής που ευθύνεται για την απορρόφηση Ca..

Αν σ' ένα θρεπτικό διάλυμα υπάρχει μικρή συγκέντρωση Ca^{2+} , τότε σταματάει η επιμήκυνση των ριζών μέσα σε λίγες μέρες, ενώ συγχρόνως τα ακρορίζια εμφανίζουν καφετί χρώμα και παράλληλα αρχίζει η βαθμιαία νέκρωσή τους. Η έλλειψη ασβεστίου εμποδίζει την ανάπτυξη του μίσχου, των λουλουδιών και των ριζών και χαρακτηρίζεται από μείωση της ανάπτυξης των μεριστοματικών ιστών. Παρατηρείται πρώτα στα ακρορίζια και στα νεαρά φύλλα, τα οποία παραμορφώνονται και υφίστανται χλώρωση και σε πιο προχωρημένο στάδιο επέρχεται νέκρωση στα περιθώρια των φύλλων. Οι ιστοί γίνονται μαλακοί και προκύπτουν ουσίες καφέ χρωματισμού, οι οποίες μπορούν να επηρεάζουν τον μηχανισμό μεταφοράς. Η τροφοπενία ασβεστίου γίνεται εντονότερη κατά την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών, έντονης ξηρασίας και φωτισμού.

2.5.10.1 Ξηρή σήψη κορυφής καρπού (Blossom-end rot)

Η ξηρή σήψη κορυφής προκαλείται από τοπική έλλειψη Ca στον αναπτυσσόμενο καρπό τομάτας (Adams and Ho, 1993). Αρχίζει με την εμφάνιση περιοχών χρώματος ανοιχτού κίτρινου-καφέ, οι οποίες στη συνέχεια διευρύνονται και μετατρέπονται σε μαύρες και δερματώδεις. Κυρίως συμβαίνει στο κάτω άκρο του καρπού αλλά, μπορεί να συμβεί και στα πλαϊνά (Maroto et al. 1995). Η αιτία της ξηρής σήψης κορυφής εμφανίζεται να είναι η απώλεια της ακεραιότητας των μεμβρανών του κυττάρου με

αποτέλεσμα τη διαρροή του περιεχόμενου. Επίσης η ευπάθεια στην ξηρή σήψη κορυφής, συνδέεται με τις υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες οδηγούν σε γρήγορη αύξηση των καρπών, και με χαμηλή υγρασία, που και τα δύο αυξάνουν τη διαπνοή, περισσότερο Ca πηγαίνει στα φύλλα και λιγότερο στους καρπούς (Adams and Ho, 1995). Επίσης αναφέρεται ότι οφείλεται στην κίνηση του νερού προς τη φυλλική επιφάνεια (διαπνοή), σε βάρος της ποσότητας του νερού που προσλαμβάνουν οι καρποί και κατά συνέπεια τη συσσώρευση μεγαλύτερης ποσότητας Ca στα φύλλα παρά στους καρπούς. Τέλος μπορεί να οφείλεται σε δυσκολίες στην απορρόφηση και διακίνηση του Ca, καθώς και σε κάθε αίτιο που προκαλεί δυσκολίες στις υδατικές σχέσεις φυτού – εδάφους.



Εικόνα 8. Συμπτώματα ξηρής σήψης κορυφής (Olson M, 2004)

Κατά το Ντόγρα (2001), η εκδήλωση των φυσιολογικών ανωμαλιών εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό όχι μόνο από τον γονότυπο αλλά και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε ορισμένα στάδια ανάπτυξης του καρπού, γι' αυτό δεν αρκεί η γενετική βελτίωση των ποικιλιών για την εξάλειψη των ανωμαλιών αυτών. Η εμφάνιση της ξηρής κορυφής γίνεται πιο έντονη όταν η αλατότητα του εδάφους είναι υψηλή και η σχετική υγρασία χαμηλή, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη διαπνοή των φυτών (Παναγιωτόπουλος, 1995). Οι συνθήκες που ευνοούν το φαινόμενο είναι: έλλειψη Ca από το έδαφος, υψηλές συγκεντρώσεις N, υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτού K και Mg στο έδαφος, μεγάλη αλατότητα, χαμηλή υγρασία, ανεπαρκής εδαφική υγρασία ή υπερβολική εδαφική υγρασία, ζημιά του ριζικού συστήματος από νηματώδεις ή παθογόνα, αυστηρό κλάδεμα. (Olson, 2004)

Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Εισαγωγή

Για την μελέτη της επίδρασης των παραγόντων του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην αύξηση και ανάπτυξη αυτόριζων και εμβολιασμένων φυτών τομάτας, έγιναν μετρήσεις κατά την διάρκεια του έτους 2004 σε καλλιέργεια τομάτας εγκατεστημένη σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Οι μετρήσεις αφορούσαν τις μεταβολές του νωπού και ξηρού βάρους, τη μέτρηση της φυλλικής επιφανείας, και τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στα διάφορα φυτικά μέρη.

Τα πειράματα έγιναν σε θάλαμο ενός πολλαπλού γυάλινου αμφίρρικτου θερμοκηπίου στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Το αγρόκτημα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 44'$ και γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 79'$, το υψόμετρο της περιοχής είναι 85 m, και απέχει 17 km από το Βόλο. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό – Ηπειρωτικό, με ξηροθερμικές συνθήκες κατά την περίοδο του καλοκαιριού (μέση μέγιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο 38°C και μέση σχετική υγρασία του αέρα 45 %) και ήπιους χειμώνες (μέση ελάχιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιανουάριο $4,5^{\circ}\text{C}$ και μέση ετήσια βροχόπτωση 480mm).

3.2. Το Θερμοκήπιο

Το θερμοκήπιο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις κατασκευάστηκε το 1994, με σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και κάλυψη από γυαλί και αποτελείται από πέντε ξεχωριστούς θαλάμους. Η συνολική έκταση του θερμοκηπίου ήταν 1000 m^2 , ενώ ο θάλαμος που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις είχε έκταση 200 m^2 . Εξωτερική άποψη του θερμοκηπίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1. Η μετώπη του θερμοκηπίου στην οποία βρισκόταν και η είσοδος του ήταν τοποθετημένη προς τον Βορρά (προσανατολισμός θερμοκηπίου Βορρά-Νότο), με απόκλιση του άξονά του από το Βορρά περίπου 34° ανατολικά. Οι διαστάσεις του θαλάμου του θερμοκηπίου ήταν: 31 m x 6.5 m, το ύψος του ορθοστάτη ήταν 2.9 m, το ύψος του κορφιά 4 m και η γωνία κλίσης της οροφής ήταν 20° , είχε όγκο 690 m^3 , ενώ η κάθετη τομή του θερμοκηπίου κάλυπτε επιφάνεια 28 m^2 . Το δάπεδο του θαλάμου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η εργασία ήταν καλυμμένο με σκυρόδεμα.



Εικόνα 3.1. Εξωτερική άποψη του θερμοκηπίου. (Ο θάλαμος στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι ο τρίτος από αριστερά).

Το θερμοκήπιο θερμαινόταν με σύστημα κυκλοφορίας ζεστού νερού σε μεταλλικούς σωλήνες τοποθετημένους στα πλάγια και στην οροφή πάνω από την καλλιέργεια. Η κυκλοφορία του ζεστού νερού στους μεταλλικούς σωλήνες ελεγχόταν από το σύστημα DGT Volmatic climate computer Icc 1200 με θερμοστάτη χώρου. Θέρμανση του θερμοκηπίου πραγματοποιούνταν όταν η θερμοκρασία του θαλάμου ήταν μικρότερη από 20°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και κάτω από τους 17 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Ο θάλαμος του θερμοκηπίου στον οποίο έγιναν τα πειράματα διέθετε συνεχόμενο παράθυρο οροφής μόνο από τη δυτική πλευρά, μέσω του οποίου γινόταν ο φυσικός αερισμός του. Οι διαστάσεις του παραθύρου ήταν 30.5 m x 0.85 m και είχε μέγιστη επιφάνεια 26 m². Ο έλεγχος του φυσικού αερισμού (άνοιγμα και κλείσιμο του παραθύρου οροφής) γινόταν από το σύστημα DGT Volmatic climate computer Icc 1200, με θερμοστάτη χώρου και λάμβανε χώρα όταν η θερμοκρασία του αέρα ξεπερνούσε τους 24 °C.

3.3. Το υδροπονικό σύστημα

Στο θερμοκήπιο ήταν εγκατεστημένες 4 γραμμές καλλιέργειας μήκους 22,5 m η καθεμιά και μεταξύ των γραμμών υπήρχαν διάδρομοι πλάτους 1 m. Σε κάθε γραμμή καλλιέργειας τοποθετήθηκαν 25 σάκοι πετροβάμβακα (Grodan FL) με διαστάσεις 0,9m x 0,2m x 0,5m.. Κάθε σάκος περιείχε 2 φυτά, με απόσταση μεταξύ τους 0,6 m. Στο θερμοκήπιο ήταν εγκατεστημένο ανοιχτό υδροπονικό σύστημα.

Η άρδευση των φυτών γινόταν μέσω ενός αυτομάτου συστήματος υδρολίπανσης (DGT Volmatic AMI 1000) και η διάθεση του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά γινόταν με σταλαχτές παροχής 6 L h^{-1} που παρασκευάζονταν σε δεξαμενή 800 L. Η παροχή στους σταλάκτες γινόταν με αντλία δυναμικότητας 120 L sec^{-1} και το απορρέων θρεπτικό διάλυμα απομακρυνόταν από το θερμοκήπιο. Η άρδευση των φυτών πραγματοποιούνταν για 5 λεπτά ανά ώρα, από τις 8:00 έως τις 19:00. Ο μέσος βαθμός απορροής του θρεπτικού διαλύματος ήταν περίπου 40%, για την αποφυγή συσσώρευσης αλάτων στη ριζόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας πραγματοποιούνταν μια επιπλέον άρδευση. Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση των φυτών της καλλιέργειας φαίνεται στον Πίνακα 3.1. Οι αρχικές τιμές pH και EC του θρεπτικού διαλύματος ήταν 5,5 και $1,7 \text{ ds m}^{-1}$ αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1 Σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια τομάτας σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα.

Θρεπτικό Στοιχείο	Συγκέντρωση (mg L^{-1})
NO_3	763
NH_4	18
PO_4	97
K	253
Ca	160
Mg	36
SO_4	72
Fe	1.7
Cu	0.6
Mn	0.5
B	0.28
Zn	0.23

3.4. Η καλλιέργεια

Για την πραγματοποίηση του πειράματος, εγκαταστάθηκε στο θερμοκήπιο το Μάρτιο του 2004, υδροπονική καλλιέργεια τομάτας (*Lycopersicon esculentum*). Χρησιμοποιήθηκαν υβρίδια F1 τομάτας της ποικιλίας Big Red σε τρεις δυνατούς συνδυασμούς: αυτόριζα (Big Red), αυτοεμβολιασμένα πάνω σε φυτά τομάτας της ίδιας ποικιλίας (Big Red x Big Red) και εμβολιασμένα πάνω σε υποκείμενα της ποικιλίας τομάτας Heman (Big Red x Heman).

Τα χαρακτηριστικά των 2 ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- ✚ Big Red: Πρώιμη ποικιλία χαμηλής αυτοκλαδεύμενης τομάτας με μέτριο φύλλωμα και καρπούς πολύ μεγάλους με καλό χρώμα. Είναι ανθεκτική σε βερτισίλλιο, φουζάριο, αλτερνάρια και φαιά καστάνωση.
- ✚ Heman: Ποικιλία αρκετά ανθεκτική σε ασθένειες εδάφους.

Ο εμβολιασμός πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο του “Splice grafting”, με συρραφή υποκειμένου και εμβολίου. Η μεταφύτευση στο θερμοκήπιο πραγματοποιήθηκε στις 1/3/2004, όταν τα φυτά βρίσκονταν στο κατάλληλο στάδιο μεταφύτευσης των 6-8 πραγματικών φύλλων και δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε το σημείο εμβολιασμού να είναι λίγο πάνω από το έδαφος, για να αποφευχθεί τυχόν ανεπιθύμητη έκπτυξη ριζών από το εμβόλιο. Συνολικά μεταφυτευτήκαν 200 φυτά, 50 σε κάθε γραμμή καλλιέργειας εκ των οποίων, για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν 150 (50 φυτά από την κάθε μεταχείριση) και η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1 φυτό ανά m². Μετά την εγκατάσταση των φυτών εφαρμόστηκε ριζοπότισμα με θρεπτικό διάλυμα για να μειωθεί η μεταφυτευτή καταπόνηση στα νεαρά φυτά.

Τα φυτά τομάτας, όταν έφτασαν το ύψος των 0,3 m, δέθηκαν από το σκελετό του θερμοκηπίου έτσι ώστε να αξιοποιηθεί καλύτερα ο όγκος του θερμοκηπίου και να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες περιβάλλοντος για την ανάπτυξη των φυτών. Τα φυτά δέθηκαν γύρω από τον κεντρικό βλαστό με σπάγκο, με τρόπο που η θηλιά γύρω από το φυτό να επιτρέπει την κανονική πάχυνση του βλαστού, χωρίς να τον τραυματίζει. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνθηκε η εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών, ο φυσικός αερισμός και βελτιώθηκε ο φωτισμός των φυτών.

Στην καλλιέργεια εφαρμοζόταν σε εβδομαδιαία βάση βλαστολόγημα και διαμορφώθηκαν μονοστέλεχα φυτά. Με αυτήν την εργασία επιτυγχάνεται η εξισορρόπηση της βλάστησης και της καρποφορίας και περιορίζεται ο αριθμός των ταξιανθιών μόνο στον κεντρικό βλαστό. Η παραγωγή γίνεται σε καθορισμένη

χρονική περίοδο, εξασφαλίζεται η ομοιογένεια των καρπών και βελτιώνεται η ποιότητά τους. Η αφαίρεση των πλάγιων βλαστών γινόταν όταν το μήκος τους έφτανε περίπου τα 5-10 cm, για την αποφυγή αφαίρεσης μεγάλης φυλλικής επιφανείας από τα φυτά και την δημιουργία μεγάλων πληγών. Η αφαίρεση των νεαρών πλάγιων βλαστών γινόταν με το χέρι.

Καθώς τα φυτά μεγάλωναν και όταν άρχιζε να ωριμάζει η πρώτη ταξικαρπία, άρχιζε και η διαδικασία της αποφύλλωσης, δηλαδή της αφαίρεσης των φύλλων που βρίσκονται κάτω από αυτήν. Η αποφύλλωση συνεχιζόταν και μετά τη συγκομιδή των καρπών της κατώτερης ταξικαρπίας και όταν άρχιζε να ωριμάζει η αμέσως επόμενη ταξικαρπία..

Επίσης περίπου 10 ημέρες μετά τη μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε προληπτικός ψεκασμός με το σκεύασμα Prenicul SL (Propamocarb hydrochloride 72,2 %) στη συνιστώμενη δόση (300 mL / φυτό) το οποίο είναι διασυστηματικό μυκητοκτόνο ενάντια στους φυκομύκητες εδάφους που μπορεί να αναπτυχθούν στο ριζικό σύστημα.

Η συγκομιδή των καρπών πραγματοποιούταν δύο φορές την εβδομάδα, όταν οι καρποί βρίσκονταν στο κατάλληλο προς συγκομιδή στάδιο.

Καθημερινός έλεγχος γινόταν επίσης και στους σταλάκτες παροχής του θρεπτικού διαλύματος για να αποφευχθεί η έμφραξή τους.

Η καλλιεργητική τεχνική και οι καλλιεργητικές μεταχειρίσεις (ψεκασμοί, βλαστολογήματα, ανάρτηση των φυτών, συχνότητα συγκομιδής, συχνότητα άρδευσης και σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος) ήταν κοινές για όλα τα φυτά.

3.5. Μετρήσεις

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν:

- Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (T_i , °C) με αεριζόμενο ψυχρόμετρο τύπου Assman (VPI, Delta-T Devices, Cambridge, UK). Από τη διαφορά των τιμών του υγρού και του ξηρού θερμομέτρου υπολογίστηκε η σχετική υγρασία του αέρα (RH %). Μετρήθηκε επίσης η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (G_i , $W m^{-2}$) και έξω από αυτό (G_o , $W m^{-2}$) με πυρανόμετρα (CM-6B, Kipp and Zane, Delta, The Netherlands). Τα παραπάνω όργανα με τα οποία γινόταν οι μετρήσεις των κλιματικών παραμέτρων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ήταν τοποθετημένα στο ύψος των φυτών. Το πυρανόμετρο με το οποίο γινόταν η μέτρηση της εξωτερικής ηλιακής ακτινοβολίας, ήταν τοποθετημένο 0.5m πάνω από την οροφή του θερμοκηπίου. Η μέτρηση των τιμών των κλιματικών παραμέτρων γινόταν κάθε 30 sec και η μέση τιμή τους ανά δεκάλεπτο καταγράφονταν σε καταγραφέα δεδομένων (DL 3000, Delta-T Devices, Cambridge, UK).
- Η φυλλική επιφάνεια των φυτών. Μετρήθηκε σε 45 συνολικά φυτά (15 για κάθε μεταχείριση). Όλα τα φύλλα του κάθε φυτού τοποθετήθηκαν σε scanner και με την χρήση του προγράμματος DT-Scan υπολογίστηκε η συνολική φυλλική επιφάνεια του φυτού.
- Το χλωρό και ξηρό βάρος των φύλλων, των βλαστών και των καρπών σε 45 συνολικά φυτά (15 για την κάθε μεταχείριση). Ανά 15 ημέρες γινόταν συγκομιδή 3 φυτών από την κάθε μεταχείριση και το κάθε φυτό χωριζόταν στα διαφορά φυτικά μέρη: φύλλα – βλαστοί – καρποί – ώριμοι καρποί. Αρχικά μετρήθηκε το νωπό βάρος κάθε οργάνου χωριστά με ζυγαριά ακριβείας και στη συνέχεια μεταφερθήκαν σε φούρνο ξήρανσης όπου τα δείγματα παρέμειναν για 48 ώρες στους 94°C, περίπου. Τα δείγματα ζυγίστηκαν ξανά με την ίδια ζυγαριά ακριβείας για την αποφυγή σφάλματος για να υπολογιστεί το ξηρό τους βάρος.
- Η συγκέντρωση των κατιόντων και των ανιόντων στα διάφορα φυτικά μέρη. Σε 45 φυτά έγινε προσδιορισμός της συγκέντρωσης των NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} ,

Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{-2} , SO_4^{-2} , στα φύλλα, τους βλαστούς και τους καρπούς. Μετά το τέλος της ξήρανσης και εφόσον είχαν γίνει οι μετρήσεις του ξηρού βάρους, τα φυτικά μέρη αλέσθηκαν και χρησιμοποιήθηκε ποσότητα 1g από το κάθε δείγμα, το οποίο τοποθετήθηκε σε φούρνο, όπου το δείγμα κάηκε στους 480 °C για 3 ώρες. Στη συνέχεια ακολούθησε υγρή καύση με 2 mL H_2SO_4 (1/1, v/v) και το διάλυμα μεταφέρθηκε σε ποτήρι ζέσεως όπου και θερμάνθηκε για 30 λεπτά στους 90 °C. Ακολούθησε μεταφορά του διαλύματος σε ογκομετρική φιάλη των 50mL όπου και προστέθηκαν 15 mL υπερκάθαρου νερού. Μετά την αραιώση του δείγματος έγινε χημική ανάλυση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων του NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ με τη χρήση ιοντικής χρωματογραφίας (Altech HPLC System, Universal Cation Column, 7mm, 150 x 4.6mm).

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων για τον προσδιορισμό των ανιόντων ήταν διαφορετική από εκείνη των κατιόντων. Μετά την ξήρανση και το άλεσμα του κάθε φυτικού τμήματος χρησιμοποιήθηκε δείγμα 0,5g που τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη των 250mL. Ακολούθησε εκχύλιση με 24mL μεθανόλης CaH_3OH (1:1, v/v) και ανάδευση για 30 λεπτά σε αναδευτήρα (Swip Edmund Buhler KS 10). Στη συνέχεια τα διαλύματα διηθηθήκαν με φίλτρα χαρτιού τύπου Whatman (No 1001 090) και το διήθημα μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 50mL όπου και συμπληρώνονταν μέχρι τα 30 mL με υπερκάθαρο υγρό. Ακολούθησε η χημική ανάλυση των φυτικών τμημάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων Cl^- , NO_3^- , PO_4^{-2} , SO_4^{-2} , με τη χρήση επίσης ιοντικής χρωματογραφίας (Altech HPLC System, Universal Cation Column, 7mm, 150 x 4.6mm).

Οι μετρήσεις νωπού και ξηρού βάρους φύλλων, βλαστών και καρπών, φυλλικής επιφανείας, και συγκέντρωσης κατιόντων και ανιόντων στα διάφορα φυτικά μέρη, πραγματοποιήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα από 19/3/04 έως 26/5/04 και γινόταν κάθε 15 ημέρες. Η επιλογή των φυτών έγινε με τη βοήθεια πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου.

3.5.1 Στατιστική Ανάλυση

Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων και την αποκομιδή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 12.0 for Windows. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας (One Way ANOVA). Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταχειρίσεων καθορίστηκαν με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$.

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα και Συζήτηση

4.1 Μετρήσεις κλιματικών παραμέτρων

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας R_s (W/m^2), της θερμοκρασίας T ($^{\circ}C$) και της σχετικής υγρασίας RH (%) στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Πίνακας 4.1 Μέσες μηνιαίες τιμές των παραμέτρων του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

ΜΗΝΑΣ	R_s (W/m^2)	SD.	T ($^{\circ}C$)	SD.	RH (%)	SD.
Μάρτιος	147	92	22,15	3,5	48	4,2
Απρίλιος	248	87	23,5	5,2	46	3,9
Μάιος	306	72	27,8	5,6	42	2,5

4.2 Μετρήσεις νωπού βάρους

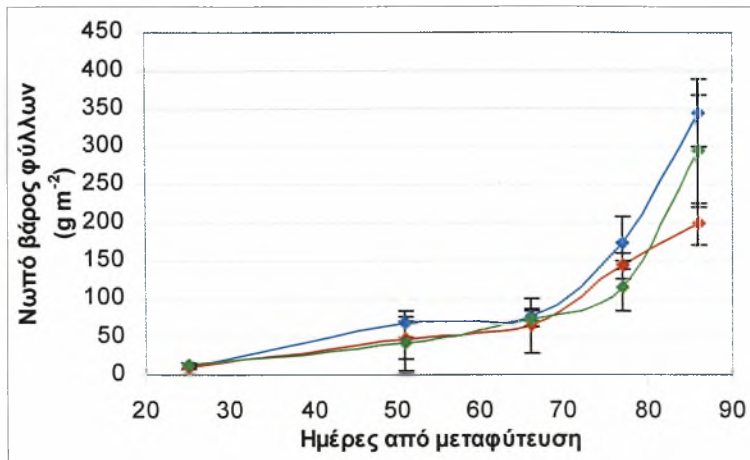
Σε 45 φυτά (15 για την κάθε μεταχείριση) μετρήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος το νωπό βάρος των παραγόμενων φύλλων, βλαστών, καρπών και ξεχωριστά των ωρίμων καρπών.

4.2.1 Νωπό βάρος φύλλων

Το νωπό βάρος των φύλλων της αυτόριξης ποικιλίας Big Red (μέσες τιμές), ήταν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος υψηλότερο από το αντίστοιχο νωπό βάρος των φύλλων των φυτών των δύο άλλων μεταχειρίσεων (Big Red x Big Red και Big Red x Heman).

Ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για τις πρώτες 77 ημέρες από την μεταφύτευση των φυτών (Γράφημα 4.1). Αντίθετα κατά τις υπόλοιπες 9 ημέρες μέχρι το τέλος του πειράματος το νωπό βάρος των φύλλων της αυτόριξης ποικιλίας ήταν σημαντικά υψηλότερο και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το νωπό βάρος των φύλλων των φυτών της μεταχείρισης Big Red x Big Red. Στατιστικώς σημαντικά διέφερε και το νωπό βάρος των φύλλων μεταξύ των

μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman κατά το ίδιο χρονικό διάστημα των 9 ημερών μέχρι το τέλος του πειράματος.



Γράφημα 4.1 Μεταβολή του νωπού βάρους των παραγομένων φύλλων (g m^{-2}) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (♦).

Το νωπό βάρος των φύλλων επηρεάζεται άμεσα από τις διαστάσεις των φύλλων (μήκος x πλάτος), το πάχος των φύλλων, την περιεκτικότητά τους σε νερό, τις κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (Heuvelink, 1996.) και τις καλλιεργητικές μεταχειρίσεις που υπέστη η καλλιέργεια (Magarey, 2005). Η διαφορά του νωπού βάρους που παρατηρήθηκε μεταξύ των φύλλων των φυτών της αυτόριξης ποικιλίας Big Red και της μεταχείρισης Big Red x Big Red οφείλεται πιθανώς στην επίδραση του εμβολίου τόσο στην καθυστέρηση της ανάπτυξης των φύλλων όσο και στην απορρόφηση νερού (Pulgar et al. 1998).

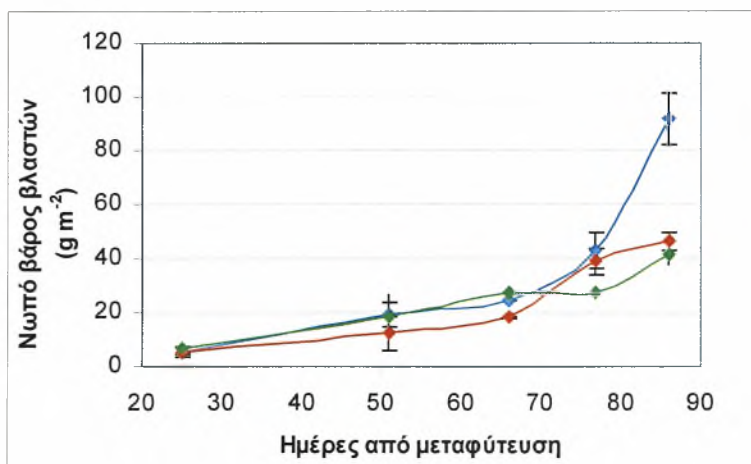
Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες το νωπό βάρος των φύλλων επηρεάζεται σημαντικά και από γενετικούς παράγοντες αφού αυτοί καθορίζουν τις διαστάσεις των φύλλων των φυτών (Hall et al. 1997). Οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται στο τέλος του πειράματος μετά την 77^η ημέρα μεταξύ των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red - Big Red x Heman οφείλονται στον συνδυασμό όλων όσων προαναφέρθηκαν, δηλαδή στην επίδραση του εμβολίου και σε γενετικούς παράγοντες.

Από πείραμα που διεξήγαγαν οι Dominique et al, (1998) σε φυτά τομάτας cv. Trend σε υδροπονική καλλιέργεια βρέθηκε ότι το συνολικό νωπό βάρος των φύλλων

κυμαινόταν από 1116- 1819g. Στη περίπτωση του παρόντος πειράματος τα φύλλα των αυτόριζων φυτών Big Red είχαν συνολικό νωπό βάρος 3207g, των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red 2096g και των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman 2279g. Το νωπό βάρος των φυτών των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman δεν διαφέρει σημαντικά από τα αποτελέσματα των Dominique et al, (1998), ενώ αντίθετα το νωπό βάρος των φύλλων των φυτών της αυτόριζης ποικιλίας ήταν κατά πολύ μεγαλύτερο. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι γενικότερες υψηλότερες τιμές που παρατηρηθήκαν στο παρόν πείραμα οφείλονται κατά κύριο λόγο σε γενετικούς παράγοντες, σε διαφορές στις καλλιεργητικές μεταχειρίσεις που υπέστη η καλλιέργεια, καθώς και στις συνθήκες του κλίματος κάτω από τις οποίες αναπτύχθηκαν τα φυτά.

4.2.2 Νωπό βάρος βλαστών

Το νωπό βάρος των βλαστών των τριών μεταχειρίσεων (Γράφημα 4.2.) δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά κατά τις πρώτες 77 ημέρες από την μεταφύτευση.



Γράφημα 4.2 Μεταβολή του νωπού βάρους των παραγομένων βλαστών (g m^{-2}) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (♦).

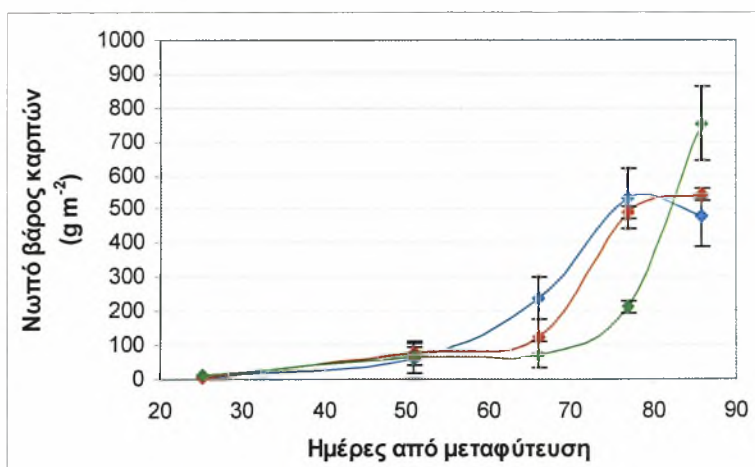
Στη συνέχεια του πειράματος έως το τέλος των μετρήσεων τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας (Big Red) έδωσαν το μεγαλύτερο νωπό βάρος βλαστών διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από το νωπό βάρος των βλαστών των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman.

Το υψηλότερο νωπό βάρος των βλαστών που παρατηρήθηκε στα αυτορίζα φυτά πιθανώς να οφείλεται σε γενετικούς παράγοντες, ή και στον μεγαλύτερο ρυθμό απορρόφησης νερού (Harmanto et al, 2005). Οι Rivero et al, (2003) και Estan et al, (2005) αναφέρουν ότι ο εμβολιασμός ενισχύει την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού και πειράματα που έχουν γίνει σε τομάτες απέδειξαν ότι το εμβόλιο δεν μπορεί να θεωρηθεί εμπόδιο στη μετακίνηση του νερού στο εσωτερικό των φυτών. Αναφέρεται επίσης ότι το μεγαλύτερο βάρος βλαστού παρατηρείται σε εμβολιασμένα φυτά και οφείλεται στο ζωηρό ριζικό σύστημα των υποκειμένων αν και κάποια είδη είναι δυνατόν να μειώνουν την ανάπτυξη τους (Lee, 1994).

Στην περίπτωση των εμβολιασμένων φυτών δεν παρατηρήθηκε μεταξύ τους στατιστικώς σημαντική διαφορά ως προς το νωπό βάρος των βλαστών τους γεγονός που πιθανώς να σημαίνει ότι ο εμβολιασμός έδρασε το ίδιο και στις δυο μεταχειρίσεις όπου τα φυτά εμβολιαστήκαν.

4.2.3 Νωπό βάρος ώριμων και μη ώριμων καρπών

Στο Γράφημα 4.3 παρουσιάζεται η μεταβολή του νωπού βάρους ώριμων και μη ώριμων καρπών.



Γράφημα 4.3 Μεταβολή του νωπού βάρους των παραγομένων ώριμων και μη ώριμων καρπών (g m^{-2}) σε αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (◆) και σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (◆).

Μετά τις 66 ημέρες από την μεταφύτευση και για τις επόμενες 10 ημέρες τα αυτόριζα και τα αυτοεμβολιασμένα φυτά παράγαγαν καρπούς με το υψηλότερο νωπό

βάρος το οποίο διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το νωπό βάρος των καρπών της μεταχείρισης Big Red x Heman. Κατά τις υπόλοιπες 9 ημέρες του πειράματος το νωπό βάρος των καρπών της μεταχείρισης Big Red X Heman παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το νωπό βάρος των καρπών των άλλων δυο μεταχειρίσεων. Τα αυτοριζα και τα αυτοεμβολιασμένα φυτά δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους

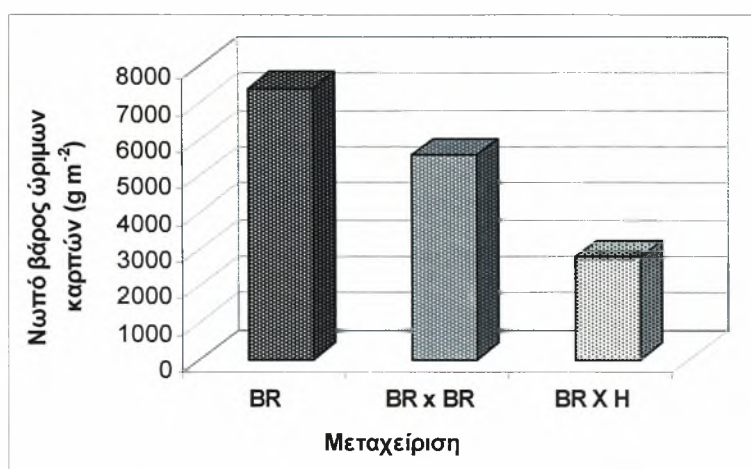
Οι Ioannou et al. (2002) και Kacjan-Marsic et al. (2004) αναφέρουν ότι μεταξύ των υποκειμένων και των εμβολίων των φυτών υπάρχει μια αλληλεπίδραση που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης σε καρπούς σε σχέση με τα αυτοριζα φυτά. Ο εμβολιασμός έχει βρεθεί ότι είναι ικανός να ενισχύει την αύξηση της παραγωγής που μπορεί να φτάσει και το διπλάσιο μιας κανονικής παραγωγής (Kim et al. 1998, Asao et al. 1999) με την καλύτερη εκμετάλλευση του ζωηρού συστήματος στην υποστήριξη της αύξησης του εμβολίου και για την εγγύηση μιας σταθερής συγκομιδής καρπών για μια μεγάλη χρονική περίοδο (Lee and Oda, 2003) Η αυξημένη αυτή απόδοση των εμβολιασμένων φυτών αποδίδεται στον μεγαλύτερο αριθμό καρπών ανά φυτό ως αποτέλεσμα της ζωηρότητας του ριζικού συστήματος του υποκειμένου και της αυξημένης πρόσληψης νερού και θρεπτικών (Lee, 1994).

Από τα αποτελέσματα μας προκύπτει ότι τα φυτά της ποικιλίας Big Red και Big Red x Big Red προώμισαν την παραγωγή και δεν είχαν σημαντικές διαφορές στην παραγωγή καρπών συμφωνώντας με τους Romano et al. (2001), οι οποίοι αναφέρουν ότι ο εμβολιασμός πάνω στην ίδια ποικιλία τομάτας Rita έδωσε την ίδια απόδοση με τα αυτόριζα φυτά.

Αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Heman παρά το γεγονός ότι είχαν τη μικρότερη παραγωγή καρπών κατά τη διάρκεια του πειράματος σε σχέση με τα φυτά των άλλων μεταχειρίσεων παρουσίασαν ραγδαία αύξηση της παραγωγής τους στο τέλος των μετρήσεων. Βάση των παραπάνω προκύπτει ότι ο εμβολιασμός πάνω σε άλλη ποικιλία οψίμιση τελικά την παραγωγή.

4.2.3.1 Νωπό βάρος ώριμων καρπών

Μετρήθηκε επίσης η παραγωγή ώριμων καρπών για τις τρεις μεταχειρίσεις. Με βάση το Γράφημα 4.4 τα αυτόριζα φυτά ήταν εκείνα που είχαν την μεγαλύτερη παραγωγή ώριμων καρπών ενώ αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Heman είχαν την μικρότερη παραγωγή ώριμων καρπών. Οι τιμές των παραγομένων ώριμων καρπών που αναφέρονται στο Γράφημα 4.4 δεν αφορούν την συνολικά παραγόμενη ποσότητα αλλά τους ώριμους καρπούς που συλλέχθηκαν κατά το χρονικό διάστημα 6/5/04 έως 26/5/04.



Γράφημα 4.4 Νωπό βάρος ώριμων καρπών (g m⁻²) σε αυτόριζα φυτά cv.Big Red (■), σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (■) και σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (■)

Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στα Γραφήματα 4.3 και 4.4 υποδηλώνουν μια πρωίμηση της παραγωγής των αυτόριζων φυτών. Τα αυτεμβολιασμένα φυτά παρουσίασαν μια μέση οψίμηση της παραγωγής ενώ αντίθετα η μεταχείριση Big Red x Heman παρουσίασε την πιο όψιμη παραγωγή.

Προκύπτει δηλαδή ότι η οψίμηση πιθανώς να συνδέεται με την επίδραση του εμβολιασμού, και τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας Heman ενώ η μέση οψίμηση που παρατηρήθηκε στα φυτά Big Red x Big Red υποδηλώνει την καλύτερη αντίδραση της ποικιλίας Big Red στην παραγωγή καρπών λόγω ίσως της καλύτερης συμβατότητας μεταξύ εμβολίου και υποκειμένου.

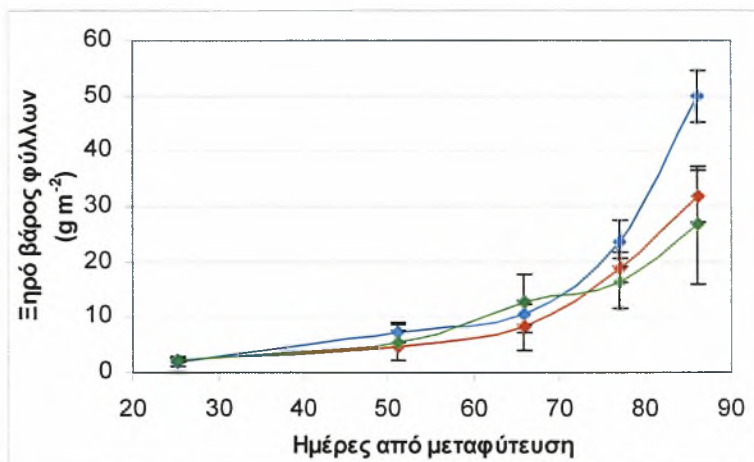
4.3 Μετρήσεις ξηρού βάρους

Η μεταβολή του ξηρού βάρους των φύλλων, των βλαστών και των καρπών, φαίνεται στα Γραφήματα 4.5, 4.7, και 4.8 αντίστοιχα.

Η μελέτη της κατανομής της ξηρής ουσίας και της συγκέντρωσης των κατιόντων και των ανιόντων στα διάφορα φυτικά μέρη έχει απασχολήσει τους ερευνητές από την εποχή του Murneek, (1924) και έχει αποδειχθεί ότι στους αναπτυσσόμενους καρπούς αποθησαυρίζονται περισσότερα θρεπτικά στοιχεία εις βάρος των υπολοίπων φυτικών μερών (Arnon & Hoagland, 1943).

4.3.1 Ξηρό βάρος φύλλων

Από το γράφημα 4.5 φαίνεται ότι τα φύλλα της αυτόριζης ποικιλίας Big Red είχαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος από τα αντίστοιχο ξηρό βάρος των φύλλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων μετά τις 66 ημέρες από τη μεταφύτευση



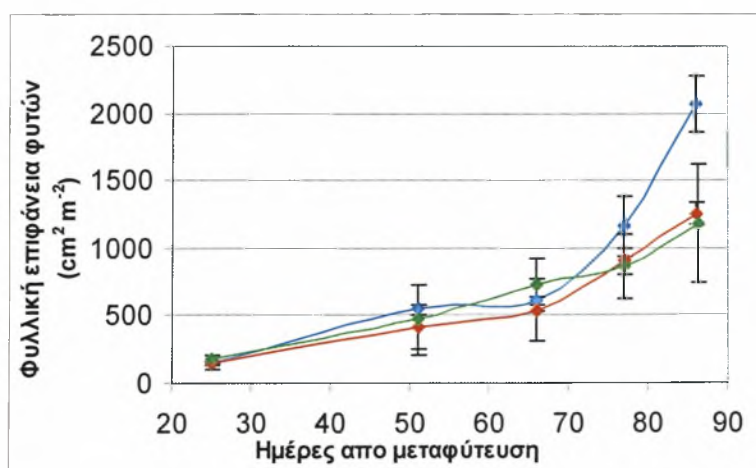
Γράφημα 4.5 Μεταβολή του ξηρού βάρους των παραγομένων φύλλων (g m^{-2}) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (♦).

Ωστόσο δεν υπήρχαν στατιστικές σημαντικές διαφορές ως προς το ξηρό βάρος των φύλλων μεταξύ των φυτών των τριών μεταχειρίσεων για τις 77 ημέρες από τη μεταφύτευση των φυτών. Αντίθετα τις υπόλοιπες 9 ημέρες του πειράματος το ξηρό βάρος των φύλλων των αυτόριζων φυτών διέφερε στατιστικώς σημαντικά από αυτό των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Τα αυτοεμβολιασμένα και τα εμβολιασμένα με την ποικιλία Heman φυτά δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά αυτή τη χρονική περίοδο.

Το αυξημένο ξηρό βάρος των φύλλων που παρατηρήθηκε στα αυτόριζα φυτά οφείλεται είτε στην μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια αυτών των φυτών, είτε στην καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. Αντίθετα οι Pulgar et al. (1998), παρατήρησαν μια αυξημένη παραγωγή φυλλώματος σε εμβολιασμένα φυτά, γεγονός που το απέδωσαν στην αυξημένη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, αυξάνοντας έτσι τις διαφορές στη συγκέντρωση των φύλλων σε σχέση με τα φύλλα των αυτόριζων φυτών.

4.3.2 Φυλλική επιφάνεια

Η φυλλική επιφάνεια των φυτών των τριών μεταχειρίσεων (Γράφημα 4.6) δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές τις πρώτες 77 ημέρες από την μεταφύτευση. Αντίθετα από εκείνο το χρονικό διάστημα έως το τέλος των μετρήσεων τα αυτόριζα φυτά παρουσίασαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, η οποία και παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τα φυτά των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Τα αυτοεμβολιασμένα φυτά (Big Red x Big Red) και τα εμβολιασμένα με την ποικιλία Heman φυτά δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μέχρι το τέλος των μετρήσεων.



Γράφημα 4.6 Μεταβολή της φυλλικής επιφάνειας ($\text{cm}^2 \text{m}^{-2}$) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (◆) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (◇).

Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των αυτόριζων φυτών συμπίπτει χρονικά με την εμφάνιση του μεγαλύτερου ξηρού βάρους των φύλλων στα αυτόριζα φυτά, που σημαίνει ότι εν μέρει το αυξημένο ξηρό βάρος των φύλλων οφείλεται στη μεγαλύτερη φυλλική τους επιφάνεια.

Η παραγωγή μιας καλλιέργειας σχετίζεται άμεσα με τη διαπνοή της (De Wilt, 1958), η οποία είναι ικανή να επηρεάσει τη φωτοσύνθεση των φυτών και την κίνηση των θρεπτικών στοιχείων και του νερού σε αυτά (Syros et al. 2004). Συγκρίνοντας λοιπόν τα γραφήματα 4.1, 4.5 και 4.6 παρατηρούμε ότι η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας στα αυτόριζα φυτά προκάλεσε μια αντίστοιχη αύξηση του νωπού και ξηρού βάρους (και ενδεχομένως της διαπνοής) των φύλλων των φυτών. Αυτό βοήθησε στην καλύτερη απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Αντίθετα η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας στα εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman αν και προκάλεσε μια σημαντική αύξηση της απορρόφησης νερού (Γράφημα 4.1) δεν κατόρθωσε ωστόσο να αυξήσει σημαντικά το ξηρό βάρος των φύλλων (Γράφημα 4.5) πιθανώς λόγω της μικρότερης απορρόφησης ή λόγω της παρεμπόδισης της μετακίνησης των θρεπτικών στοιχείων. Στην περίπτωση των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red παρά το γεγονός ότι η φυλλική επιφάνεια δεν εμφάνισε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τη φυλλική επιφάνεια των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman, (Γράφημα 4.6) προκάλεσε μείωση της απορρόφησης νερού (Γράφημα 4.1) και παρουσίασε αυξημένο ξηρό βάρος φύλλων (Γράφημα 4.5) πιθανώς λόγω της μεγαλύτερης συσσώρευσης των θρεπτικών στοιχείων ή λόγω της καλύτερης μετακίνησης τους.

Οι Dominique et al, (1998) σε πείραμα τους εξέτασαν το συνολικό ξηρό βάρος των φύλλων τομάτας cv. Trend και βρήκαν ότι κυμαινόταν από 112-247g. Οι τιμές που προέκυψαν από το πείραμα μας κυμαινόταν σε υψηλότερα επίπεδα από 297-437g με τα φύλλα της αυτόριζης ποικιλίας Big Red να έχουν ξηρό βάρος 437g, τα φύλλα της μεταχείρισης Big Red x Big Red 297g και τα φύλλα της μεταχείρισης Big Red x Heman 319g. Τα ξηρά βάρη των εμβολιασμένων φυτών πλησιάζουν περισσότερο τις προτεινόμενες από τους Dominique et al τιμές ενώ αντίθετα στα αυτόριζα φυτά οι τιμές ήταν αρκετά μεγαλύτερες, πιθανώς λόγω της μεγάλης φυλλικής επιφάνειας που ανέπτυξαν τα φυτά αυτά. Ο εμβολιασμός μπορεί να αποτέλεσε επίσης έναν σημαντικό παράγοντα για την κίνηση των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά.

4.3.3 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα

Όσον αφορά την % περιεκτικότητα του ξηρού βάρους των φύλλων στα θρεπτικά στοιχεία των τριών μεταχειρίσεων (Πίνακας 4.2) παρατηρήθηκε ότι τελικά τα φύλλα της αυτόριξης ποικιλίας Big Red ήταν εκείνα που είχαν τις υψηλότερες % περιεκτικότητες όλων των κατιόντων και ανιόντων εκτός του Na.

Πίνακας 4.2 Περιεκτικότητα (%) του ξηρού βάρους των φύλλων σε θρεπτικά στοιχεία α) αυτόριζων φυτών cv.Big Red (BR), β) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red (BR x BR) και γ) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman (BR x H).

% Περιεκτικότητα Ξ.Β. φύλλων

Θρεπτικό στοιχείο	BR	SD.	BR x BR	SD.	BR x H	SD.
K	3,02	1,18	1,63	1,09	1,57	1,03
Mg	1,43	0,33	1,14	0,56	1,04	0,49
Ca	6,52	2,53	4,54	2,68	4,73	2,56
Na	0,53	0,17	0,37	0,27	0,79	0,02
Cl	0,93	0,29	0,65	0,18	0,76	0,16
N	0,94	0,33	0,45	0,18	0,49	0,09
P	1,28	0,69	1,18	0,75	1,08	0,68
S	0,25	0,12	0,23	0,03	0,19	0,04

Σύμφωνα με τους Μπούρμπο και Σκουντριδάκη, (1990) τα νιτρικά ιόντα ευνοούν την προσρόφηση Ca και Mg και εμποδίζουν αυτήν των φωσφορικών. Το αντίθετο συμβαίνει με τα αμμωνιακά ιόντα. Τα φύλλα της αυτόριξης ποικιλίας Big Red που έχουν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα νιτρικών ιόντων βρέθηκαν να έχουν και τις μεγαλύτερες % περιεκτικότητες Ca και Mg (Πίνακας 4.2). Εξάλλου βάσει των προτεινομένων τιμών που αναφέρονται στον πίνακα 2.1 οι % περιεκτικότητες των στοιχείων Ca και Mg που βρέθηκαν στα φύλλα της αυτόριξης ποικιλίας ήταν κατά πολύ υψηλότερες.

Η απορρόφηση των στοιχείων Ca και Mg πιστεύεται ότι είναι παθητική (Mengel and Kirkby, 1987) και εξαρτάται από την κίνηση του νερού στα φυτά (ένταση διαπνοής). Η μεγαλύτερη ένταση διαπνοής που παρατηρήθηκε στα αυτοριζα φυτά δικαιολογεί την υψηλότερη συγκέντρωση των παραπάνω δυο ιόντων στα φύλλα της

αυτόριζης ποικιλίας. Σύμφωνα με τον Κουκουλάκη, (1986) το Mg εναποθηκεύεται κυρίως στα ελάσματα των φύλλων στην τομάτα. Ο Adams, (1991) αναφέρει ότι ο ρυθμός διαπνοής της καλλιέργειας παίζει σημαντικό ρόλο στην απορρόφηση του Ca. Βρέθηκε ότι μείωση της διαπνοής σε φυτά τομάτας, προκάλεσε μείωση της περιεκτικότητας των φύλλων σε Ca, K, και Mg κατά 42%, 38% και 21% αντίστοιχα.

Οι % περιεκτικότητες K στα φύλλα όλων των μεταχειρίσεων βρεθήκαν σε μικρότερα επίπεδα από ότι τα προτεινόμενα του πίνακα 2.1. Ίσως οι μικρότερες αυτές συγκεντρώσεις να οφείλονται στο επίπεδο της συγκέντρωσης του K στο θρεπτικό διάλυμα.. Παρόλα αυτά συγκρίνοντας τις περιεκτικότητες K που βρεθήκαν στα φύλλα των τριών μεταχειρίσεων προκύπτει ότι τα αυτορίζα φυτά ήταν εκείνα που είχαν τις υψηλότερες τιμές (Πίνακας 4.2). Αυξημένη % περιεκτικότητα K στα φύλλα αυξάνει την φωτοσύνθεση και την αφομοίωση CO₂ (Mengel, 1986). Το παραπάνω σε συνδυασμό με το γεγονός ότι αύξηση του K στα φύλλα μειώνει σημαντικά το ποσοστό των καρπών που ωριμάζει ανομοιόμορφα (Adams et al. 1978) ενδεχομένως ευθύνεται για την πρωίμιση της παραγωγής που αναφέρθηκε παραπάνω.

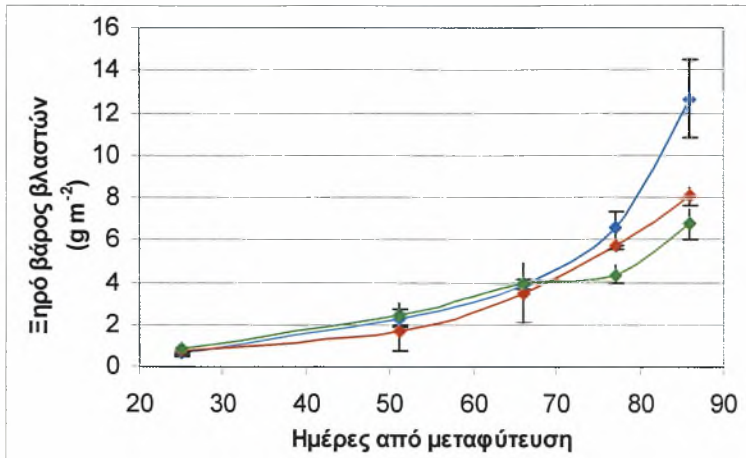
Η % περιεκτικότητα του N (NH₄⁺ ή NO₃⁻) που βρέθηκε στα φύλλα των φυτών σε όλες τις μεταχειρίσεις (0,45 -0,94) ήταν κατά πολύ μικρότερη από τις περιεκτικότητες που προτείνονται στον πίνακα 2.1 (5,0 – 5,5) αλλά και από τιμές που προέκυψαν από πείραμα των Choi J.H. et al. (1997) όπου η % περιεκτικότητα φύλλων τομάτας σε N (NH₄⁺ ή NO₃⁻) κυμάνθηκε σε ακόμη χαμηλότερα επίπεδα (2,02 -2,41). Αυτό πιθανώς να σημαίνει ότι το θρεπτικό διάλυμα δεν επαρκούσε για τις ανάγκες της καλλιέργειας σε N και η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος να μην ήταν η ακριβής για την καλλιέργεια γιατί όπως φαίνεται τα φυτά και των τριών μεταχειρίσεων είναι ικανά να απορροφήσουν μεγαλύτερες ποσότητες N. Είναι γνωστό ότι για κάθε ποικιλία η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι διαφορετική αναλόγως την αντίδραση των φυτών. Αυτό προκύπτει και από τα αποτελέσματα του πειράματος αφού τα αυτόριζα φυτά είχαν τις υψηλότερες % περιεκτικότητες N (Πίνακας 4.2) σε σχέση με τα φυτά των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman γεγονός που υποδηλώνει ότι και η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος όσον αφορά την περιεκτικότητα σε N στις τρεις μεταχειρίσεις θα έπρεπε να είναι διαφορετική.

Όσον αφορά το Cl και το Na οι % περιεκτικότητες στα φύλλα των τριών μεταχειρίσεων βρίσκονταν κοντά στα φυσιολογικά όρια (0,0 - 1,6 %) και (0,0 - 0,4 %) αντίστοιχα, συμφωνώντας με τους Weir and Cresswell, (1993) , με εξαίρεση τα

φύλλα της μεταχείρισης Big Red x Heman όπου η % περιεκτικότητα του Na (0,79 %) ήταν αρκετά υψηλότερη των παραπάνω τιμών. Η ζημιά λόγω αλατότητας έχει συνδεθεί αρχικά με την περίσσεια των ιόντων Cl και Na (Copper.,1961), προκαλώντας μια ανισσοροπία θρεπτικών συστατικών , αφού αυτά τα ιόντα μειώνουν την % περιεκτικότητα του Ca, του Mg και του K (Zekri and Parsons.,1990; Zekri and Parsons.,1992). Κάποιες από αυτές τις ανεπιθύμητες δράσεις της αλατότητας συνδέονται με την έλλειψη K, λόγω του ανταγωνισμού του με το Na (Levitt.,1980). Τα φύλλα των φυτών Big Red x Heman που είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα Na παράλληλα είχαν και τη μικρότερη % περιεκτικότητα K λόγω ανταγωνισμού.

4.3.4 Ξηρό βάρος βλαστών

Στο γράφημα 4.7 παρουσιάζεται η μεταβολή του ξηρού βάρους των βλαστών. Διαπιστώνεται ότι οι βλαστοί της αυτόριζης ποικιλίας Big Red είχαν το υψηλότερο ξηρό βάρος χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τους βλαστούς των υπολοίπων μεταχειρίσεων 77 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.



Γράφημα 4.7 Μεταβολή του ξηρού βάρους των παραγομένων βλαστών (g m^{-2}) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (♦).

Αντίθετα κατά τις 9 τελευταίες ημέρες του πειράματος στατιστικώς σημαντικά διέφερε το ξηρό βάρος των βλαστών των αυτόριζων φυτών σε σχέση με το ξηρό βάρος των φυτών των εμβολιασμών Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Τα αυτοεμβολιασμένα και τα εμβολιασμένα με την ποικιλία Heman φυτά δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Παρόμοιο αποτέλεσμα προέκυψε και από πείραμα των Romano et al. (2001) όπου κατά τον εμβολιασμό τομάτας ποικιλίας Beaufort στην ποικιλία Rita το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών ήταν μεγαλύτερο στα αυτόριζα φυτά.

Από τα γραφήματα 4.2 και 4.7 προκύπτει ότι τα αυτοριζα φυτά είχαν την μεγαλύτερη αύξηση νωπού και ξηρού βάρους βλαστών την ίδια χρονική περίοδο και άρα την μεγαλύτερη απορρόφηση νερού και εναπόθεση θρεπτικών στοιχείων. Όσον αφορά την περίπτωση των εμβολιασμένων φυτών, η αύξηση του νωπού και ξηρού βάρους ήταν παρόμοια και για τις δυο μεταχειρίσεις Big Red x Big Red και Big Red x Heman.

4.3.5 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στους βλαστούς

Οι % περιεκτικότητες του ξηρού βάρους των βλαστών σε θρεπτικά στοιχεία των φυτών όλων των μεταχειρίσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3. Οι βλαστοί της αυτόριζης ποικιλίας Big Red βρέθηκαν να έχουν τις υψηλότερες % περιεκτικότητες των στοιχείων NH_4 , K, Na, NO_3 , PO_4 και SO_4 από τους βλαστούς των φυτών των άλλων μεταχειρίσεων.

Πίνακας 4.3 Περιεκτικότητα (%) του ξηρού βάρους των βλαστών σε θρεπτικά στοιχεία α) αυτόριζων φυτών cv. Big Red (BR), β) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red (BR x BR) και γ) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman (BR x H).

% Περιεκτικότητα Ξ.Β. βλαστών

Θρεπτικό στοιχείο	BR	SD.	BR x BR	SD.	BR x H	SD.
NH_4	0,12	0,08	0,05	0,02	0,05	0,03
K	2,52	1,03	1,85	1,13	2,11	1,33
Mg	0,48	0,12	0,54	0,32	0,52	0,22
Ca	1,55	0,67	2,15	1,28	1,78	1,13
Na	0,48	0,16	0,34	0,14	0,40	0,26
Cl	0,86	0,05	0,64	0,18	0,91	0,41
NO_3	1,55	0,65	0,92	0,45	1,02	0,44
PO_4	1,98	1,11	1,68	1,06	1,45	1,16
SO_4	0,34	0,12	0,30	0,11	0,26	0,12

Η απορρόφηση και η δυνατότητα μετακίνησης των NO_3^- ή της NH_4^+ στα φυτά έχει ερευνηθεί εκτενώς σε υδροπονικό σύστημα τόσο σε σπορόφυτα όσο και σε ανεπτυγμένα φυτά (Shelp, 1987, Liu and Shelp, 1993, Kosola and Bloom, 1996) και έχει βρεθεί ότι εξαρτάται από το γενότυπο των φυτών (Gabelman et al, 1986), το pH του θρεπτικού διαλύματος (Yokota and Ojima, 1995), και τους κλιματικούς παράγοντες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (Ikeda and Osawa, 1984). Από τον Πίνακα 4.3 φαίνεται ότι οι βλαστοί της αυτόριζης ποικιλίας βρέθηκαν να έχουν τις υψηλότερες % περιεκτικότητες NH_4 και NO_3 από τους βλαστούς των άλλων μεταχειρίσεων. Οι κλιματικοί παράγοντες του θερμοκηπίου και το pH του διαλύματος ήταν κοινά για τα φυτά και των τριών μεταχειρίσεων. Οι μεταχειρίσεις δε

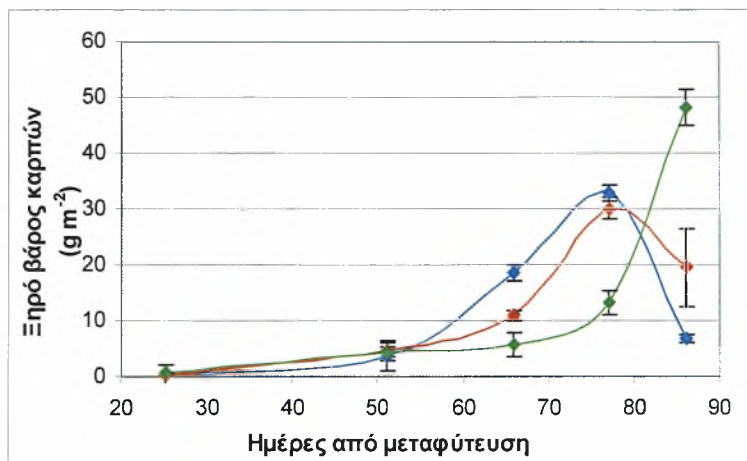
Big Red και Big Red x Big Red στο μόνο που διαφέρουν (έχουν ίδια γενετική βάση) είναι στην επίδραση του εμβολιασμού που έχει υποστεί η μια εξ'αυτών. Συνεπώς ο εμβολιασμός μπορεί να επηρεάζει αρνητικά την απορρόφηση ή την μετακίνηση αυτών των στοιχείων.

Ο έλεγχος της συσσώρευσης Na και η μεγάλη αναλογία των συγκεντρώσεων K :Na στους βλαστούς μπορεί να ενισχύσει την αντοχή των φυτών στην αλατότητα (Perez-Alfocea et al. 1996) Τα αυτοεμβολιασμένα φυτά (Big Red x Big Red) βάση των συγκεντρώσεων των παραπάνω ιόντων φαίνεται να έχουν την μεγαλύτερη αναλογία αυτών των στοιχείων και πιθανώς την μεγαλύτερη ανοχή στην αλατότητα από τα φυτά των υπολοίπων δυο μεταχειρίσεων που εμφανίζονται πιθανώς περισσότερα ευαίσθητα.

Στην περίπτωση του Ca οι βλαστοί της μεταχείρισης Big Red x Big Red είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα ενώ αντίθετα οι βλαστοί των αυτόριζων φυτών τις μικρότερες. Είναι γνωστό ότι η απορρόφηση των κατιόντων Ca^{2+} μπορεί να περιοριστεί από την ανταγωνιστική δράση άλλων κατιόντων όπως το K^+ και τα NH_4^+ , τα οποία απορροφούνται ταχέως από τη ρίζα. Από τον Πίνακα 4.3 παρατηρούμε ότι αυτός είναι ένας από τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η χαμηλή % περιεκτικότητα Ca στους βλαστούς των αυτόριζων φυτών σε σχέση με τους βλαστούς των άλλων φυτών. Επειδή όμως το ασβέστιο είναι δυσκίνητο στοιχείο και καθίσταται αμετακίνητο στο εσωτερικό του φυτού ίσως η κατανομή του στα διάφορα όργανα των φυτών να ήταν διαφορετική για την κάθε μεταχείριση λόγω γενετικών παραγόντων. Στην περίπτωση των αυτόριζων φυτών το Ca εμφάνισε την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα στα φύλλα (Πίνακας 4.2) σε σχέση με τα φυτά των άλλων μεταχειρίσεων.

4.3.6 Ξηρό βάρος καρπών

Το ξηρό βάρος των καρπών δεν εμφανίζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές κατά τις 51 πρώτες ημέρες από την μεταφύτευση των φυτών (Γράφημα 4.8) Στη συνέχεια οι καρποί των αυτόριζων φυτών απέκτησαν το υψηλότερο ξηρό βάρος διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Heman. Αντίθετα τις τελευταίες 9 ημέρες του πειράματος οι καρποί των εμβολιασμένων με την ποικιλία Heman φυτών ήταν εκείνοι που είχαν το υψηλότερο ξηρό βάρος και το οποίο διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το ξηρό βάρος των καρπών των μεταχειρίσεων Big Red και Big Red x Big Red. Δεν παρατηρηθήκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ως προς το ξηρό βάρος των καρπών στα αυτόριζα και αυτοεμβολιασμένα φυτά σε αυτό το χρονικό διάστημα.



Γράφημα 4.8 Μεταβολή του ξηρού βάρους των παραγομένων καρπών (g m^{-2}) σε α) αυτόριζα φυτά cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (♦).

Είναι φανερό ότι κατά τη διάρκεια του πειράματος οι μεταχειρίσεις Big Red και Big Red x Big Red είχαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος καρπών ενώ στο τέλος της περιόδου των μετρήσεων οι καρποί των μεταχειρίσεων Big Red x Heman ήταν εκείνοι που είχαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος καρπών.

Τα αυτόριζα φυτά βρεθήκαν να έχουν την μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.6) και ενδεχομένως την μεγαλύτερη διαπνευστική και φωτοσυνθετική δραστηριότητα γεγονός που σημαίνει ότι η συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων έγινε πιθανώς στα φύλλα (Γράφημα 4.5) και στους βλαστούς (Γράφημα 4.7) των

φυτών και όχι στους καρπούς οι οποίοι δεν διατήρησαν το μεγάλο ξηρό βάρος καρπών έως το τέλος των μετρήσεων .

4.3.7 Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στους καρπούς

Είναι γνωστό ότι ο εμβολιασμός επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα των καρπών σε ανόργανα στοιχεία (Τσουβαλτζής et al. 2003) γεγονός που παρατηρείται και στο παρόν πείραμα (Πίνακας 4.4). Η παραγωγή ποιοτικών καρπών εξαρτάται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου και τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιείται στα φυτά. (Dorais et al. 2001).

Πίνακας 4.4 Περιεκτικότητα (%) του ξηρού βάρους των καρπών σε θρεπτικά στοιχεία α) αυτόριζων φυτών cv.Big Red (BR), β) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red (BR x BR) και γ) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman (BR x H).

% Περιεκτικότητα Ξ.Β. καρπών

Θρεπτικό στοιχείο	BR	SD.	BR x BR	SD.	BR x H	SD.
K	3,08	1,78	2,96	1,64	2,91	1,34
Mg	0,29	0,16	0,32	0,17	0,24	0,02
Ca	2,31	1,36	1,60	1,07	1,12	0,73
Na	0,46	0,18	0,56	0,21	0,37	0,04
Cl	0,69	0,23	0,51	0,26	0,43	0,12
N	0,16	0,03	0,16	0,02	0,10	0,02
P	0,46	0,02	0,45	0,11	0,39	0,07
S	0,09	0,12	0,08	0,01	0,07	0,02

Μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στο θρεπτικό διάλυμα, το κάλιο είναι εκείνο το στοιχείο που απορροφάται από την τομάτα σε μεγαλύτερες ποσότητες και θεωρείται υπεύθυνο για την παραγωγή καλής ποιότητας καρπών (Mengel and Kirkby 1987, Marschner 1995). Από τον Πίνακα 4.4 προκύπτει ότι οι % περιεκτικότητες K στους καρπούς των τριών μεταχειρίσεων δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Είναι γνωστό ότι το K αποτελεί σχεδόν το 90 % των κατιόντων που υπάρχουν στον καρπό της τομάτας και αυξημένες συγκεντρώσεις K, αυξάνουν τη συνεκτικότητα και την οξύτητα των καρπών, (βελτίωση γεύσης) και

μειώνουν το ποσοστό των κενών χώρων στον καρπό (Ολύμπιος, 2001). Από τα αποτελέσματα του πειράματος μας προκύπτει ότι στους καρπούς της αυτόριζης ποικιλίας Big Red το K αποτελεί το 49 % των κατιόντων , στους καρπούς της μεταχείρισης Big Red x Big Red αποτελεί το 53 %, και στους καρπούς της μεταχείρισης Big Red x Heman αποτελεί το 61 % των κατιόντων. Ωστόσο αυτά τα ποσοστά που υπολογιστήκαν δεν πλησιάζουν το 90% της βιβλιογραφίας. Βάση όμως αυτών των ποσοστών που προέκυψαν οι καρποί των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman πιθανώς να είναι καλύτερης ποιότητας από τους καρπούς των άλλων μεταχειρίσεων. Ρυθμίζοντας το θρεπτικό διάλυμα να περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες K μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερη ποιότητα καρπών και για τις τρεις μεταχειρίσεις.

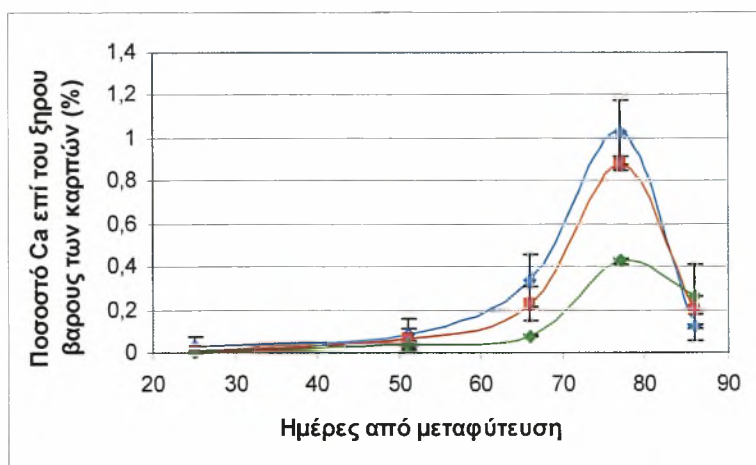
Το Na είναι ένα στοιχείο που παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των καρπών. Οι % περιεκτικότητες Na που προέκυψαν από την χημική ανάλυση των καρπών στις τρεις μεταχειρίσεις (Πίνακας 4.4) ήταν χαμηλότερες από τις % περιεκτικότητες που είναι επιθυμητές (Thybo et al. 2005) και οι οποίες αναφέρονται στον Πίνακα 2.2. Μετά από αρκετές έρευνες που έχουν γίνει στην τομάτα έχει αποδειχθεί ότι η ποιότητα των καρπών είναι δυνατόν να βελτιωθεί αυξάνοντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του θρεπτικού διαλύματος (Adams, 1987, 1991, Adams and Ho, 1989) με την αύξηση της συγκέντρωσης κυρίως του Na η οποία αυξάνει τη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής των καρπών (Mizrahi, 1982) και τη γεύση τους (Ολύμπιος, 2001). Βέβαια οι καρποί της μεταχείρισης Big Red x Big Red ήταν εκείνοι που είχαν την μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού του στοιχείου σε σχέση με τους καρπούς των άλλων μεταχειρίσεων. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα οι καρποί της μεταχείρισης Big Red x Big Red να έχουν μεγαλύτερη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής και η οποία είναι δυνατόν να βελτιωθεί και να αυξηθεί και για τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με αύξηση της συγκέντρωσης Na στο θρεπτικό διάλυμα της καλλιέργειας.

Οι % περιεκτικότητες των περισσότερων στοιχείων εκτός του Ca και του P που προέκυψαν από την χημική ανάλυση των καρπών των τριών μεταχειρίσεων ήταν χαμηλότερες από τις επιθυμητές (Thybo et al, 2005) που αναφέρονται στον Πίνακα 2.2. Ίσως τελικά το θρεπτικό διάλυμα να μην τροφοδότησε επαρκώς τα φυτά με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία που βρεθήκαν με μειωμένες % περιεκτικότητες στους καρπούς. Παράλληλα όμως παρατηρούμε ότι κάποια θρεπτικά στοιχεία είχαν αυξημένες % περιεκτικότητες στα φύλλα και μειωμένες στους καρπούς, γεγονός που

ίσως να σημαίνει ότι η συσσώρευση των θρεπτικών αυτών στοιχείων στα φυτά δεν έγινε με το σωστό τρόπο, λόγω γενετικών παραγόντων ή ακόμη λόγω των κλιματικών παραμέτρων. Το Ca λόγω της μεγάλης σημασίας της συγκέντρωσης του στους καρπούς των φυτών τομάτας αναλύεται παρακάτω.

4.3.8 Περιεκτικότητα Ca στους καρπούς

Η % περιεκτικότητα Ca ήταν μικρότερη στους καρπούς των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman σε σχέση με τους καρπούς των φυτών των άλλων μεταχειρίσεων (Πίνακας 4.4). Η χαμηλή περιεκτικότητα σε Ca στον καρπό (<0,08 % του ξηρού βάρους) έχει συσχετιστεί με την εμφάνιση της φυσιολογικής ανωμαλίας της «σήψης της κορυφής» ενώ αντίθετα φυσιολογικές συγκεντρώσεις Ca συμβάλλουν στην αύξηση της συνεκτικότητας του καρπού. (Ολύμπιος., 2001). Η % περιεκτικότητα Ca που βρέθηκε στους καρπούς της μεταχείρισης Big Red x Heman (0,12%) φαίνεται να είναι οριακή για την εμφάνιση της ασθένειας, καθώς οι προτεινόμενες τιμές των Thybo et al. (Πίνακας 2.2) για το Ca είναι (1,13-1,73%).



Γράφημα 4.9 Περιεκτικότητα (%) του ξηρού βάρους των καρπών σε Ca α) αυτόριζων φυτών cv. Big Red (♦), β) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red (♦) και γ) εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman (♦).

Από το γράφημα 4.9 φαίνεται ότι οι καρποί των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman είχαν καθ'ολη τη διάρκεια του πειράματος το μικρότερο ποσοστό Ca (μέσες τιμές) και οι καρποί των αυτόριζων φυτών το υψηλότερο ποσοστό. Ωστόσο δεν παρατηρηθήκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων για τις πρώτες 66 ημέρες από την μεταφύτευση. Αντίθετα κατά τις υπόλοιπες 14

ημέρες το ποσοστό Ca στους καρπούς της μεταχείρισης Big Red x Heman ήταν σημαντικά χαμηλότερο και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από αυτό των καρπών των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Τα ποσοστά του Ca που περιέχονταν στους καρπούς των μεταχειρίσεων Big Red και Big Red x Big Red δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Τις τελευταίες 6 ημέρες μέχρι το τέλος του πειράματος δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποσοστών Ca που περιέχονταν στους καρπούς των τριών μεταχειρίσεων.

Οι Τσουβαλτζής και άλλοι, (2003) αναφέρουν ότι ο εμβολιασμός στο υποκείμενο Primavera μείωσε το Ca των καρπών του υβριδίου τομάτας Sacos F1 σε συγκεντρώσεις οριακές για την εμφάνιση της φυσιολογικής ανωμαλίας «σήψη κορυφής».

Στην περίπτωση των αυτόριζων φυτών το Ca κατανεμήθηκε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα φύλλα (Πίνακας 4.2) και τους καρπούς ενώ αντίθετα στα φυτά των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman το Ca κατανεμήθηκε στα φύλλα (Πίνακας 4.2) και στους βλαστούς (Πίνακας 4.3) και όχι στους καρπούς.

4.4 Κατανομή νωπού και ξηρού βάρους

Στον παρακάτω πίνακα 4.5 παρουσιάζεται η % κατανομή του νωπού και ξηρού βάρους στα διάφορα φυτικά μέρη των φυτών των τριών μεταχειρίσεων.

Πίνακας 4.5 Κατανομή του νωπού και ξηρού βάρους στα διάφορα φυτικά μέρη των φυτών τομάτας κατά τις μεταχειρίσεις α) αυτόριζα φυτά cv.Big Red (BR), β) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (BR x BR) και γ) εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (BR x H).

Μεταχείριση	N.B. %			Ξ.Β. %		
	Φύλλα	Βλαστοί	Καρποί	Φύλλα	Βλαστοί	Καρποί
Big Red	43	13	44	55	17	28
Big Red x Big Red	35	13	52	47	17	36
Big Red x Heman	38	16	46	49	19	32

Από τα ποσοστά του νωπού βάρους των φυτικών τμημάτων των τριών μεταχειρίσεων φαίνεται ότι στο τέλος του πειράματος τα αυτόριζα φυτά είχαν την μεγαλύτερη % παραγωγή νωπού βάρους φύλλων και τη μικρότερη % παραγωγή νωπού βάρους καρπών. Αυτό σημαίνει ότι τελικά τα φυτά αυτής της μεταχείρισης αξιοποίησαν την απορρόφηση νερού για την παραγωγή φύλλων και όχι καρπών (Γράφημα 4.6). Αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red είχαν το μικρότερο ποσοστό νωπού βάρους φύλλων και το μεγαλύτερο ποσοστό νωπού βάρους καρπών. Τα φυτά αυτά συγκρατήσαν μεγαλύτερες ποσότητες νερού στους καρπούς και όχι στα υπόλοιπα όργανα.

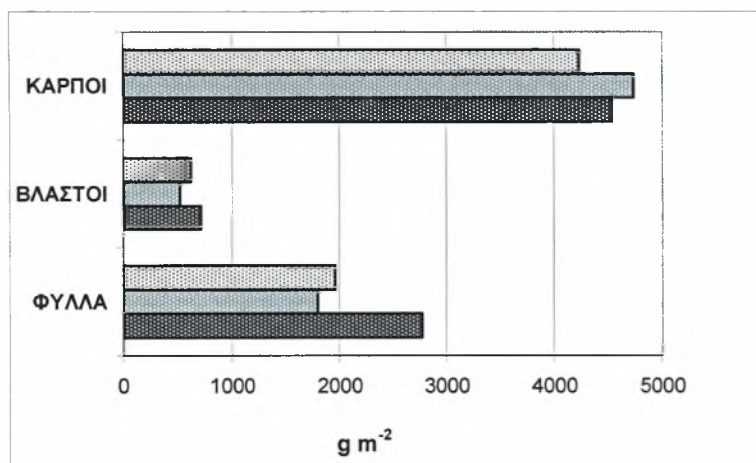
Όσον αφορά τα ποσοστά του ξηρού βάρους των φυτικών τμημάτων διαπιστώνεται ότι στο τέλος του πειράματος τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας είχαν την μεγαλύτερη % παραγωγή ξηρού βάρους φύλλων και τη μικρότερη % παραγωγή ξηρού βάρους καρπών. Γεγονός που σημαίνει ότι η μεγαλύτερη συσσώρευση των θρεπτικών στοιχείων έγινε στα φύλλα και όχι στους καρπούς που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρού βάρους καρπών και το μικρότερο ποσοστό ξηρού βάρους φύλλων. Τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red αξιοποίησαν με το

καλύτερο τρόπο τα θρεπτικά στοιχεία για την παραγωγή ποιοτικών καρπών και όχι φυτομάζας.

Βάση των παραπάνω διαπιστώνεται ότι τα εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red ήταν τελικά εκείνα που έδωσαν την μεγαλύτερη παραγωγή καρπών με τη μεγαλύτερη συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων.

4.5 Κατανομή νερού στα διάφορα φυτικά μέρη

Στο Γράφημα 4.10 φαίνεται η υγρασία στα διάφορα φυτικά τμήματα των τριών μεταχειρίσεων. Διαπιστώνεται ότι τα αυτόριζα φυτά περιείχαν υψηλότερη υγρασία συγκροτημένη στα φύλλα και τους βλαστούς συγκριτικά με τα αυτοεμβολιασμένα και τα εμβολιασμένα με την ποικιλία Heman φυτά

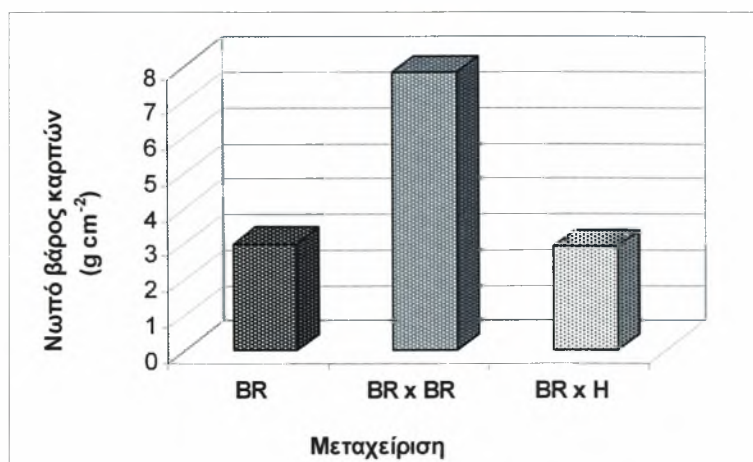


Γράφημα 4.10 Περιεχόμενη υγρασία στα διάφορα φυτικά μέρη σε αυτόριζα φυτά cv. Big Red (■), σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (■) και σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (■)

Αυτό πιθανώς να οφείλεται αρχικά σε γενετικούς παράγοντες που ευνοούν την μεγαλύτερη απορρόφηση και μετακίνηση νερού αλλά και στο ότι τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας είχαν την υψηλότερη φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.6) η οποία ευνόησε την απορρόφηση νερού. Όσον αφορά την περιεχόμενη στους καρπούς υγρασία, την μεγαλύτερη τιμή είχαν τα εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red τα οποία και συγκράτησαν μικρότερες ποσότητες νερού στα υπόλοιπα φυτικά όργανα τους.

4.6 Παραγωγή ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας

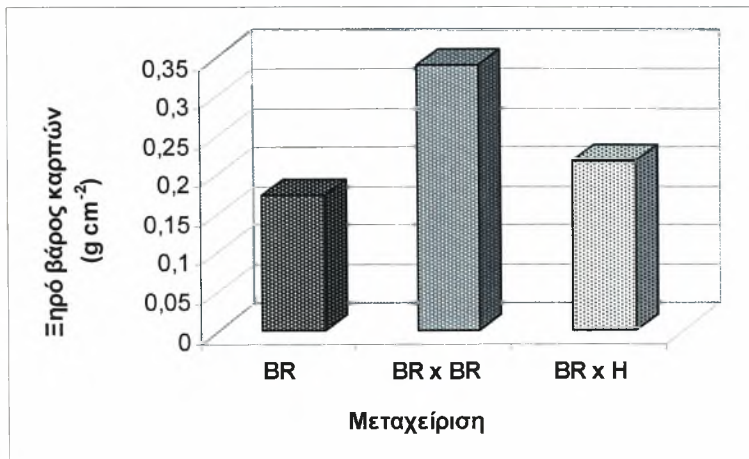
Στα επόμενα γραφήματα (Γράφημα 4.11 και 4.12) φαίνεται ο βαθμός αξιοποίησης της φυλλικής επιφάνειας για την παραγωγή νωπής και ξηρής ουσίας καρπών για την κάθε μεταχείριση.



Γράφημα 4.11 Συνολικό παραγόμενο νωπό βάρος καρπών ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας (g cm⁻²) σε αυτόριζα φυτά cv.Big Red (■), σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (■) και σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (■)

Τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red ήταν εκείνα που αξιοποίησαν τελικά καλύτερα την φυλλική τους επιφάνεια για την παραγωγή νωπού βάρους καρπών διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά των υπολοίπων μεταχειρίσεων, τα οποία όμως δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους.(Γράφημα 4.11). Συγκρίνοντας τα γραφήματα 4.4, 4.9 και 4.11 παρατηρούμε ότι παρά το γεγονός ότι τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας Big Red βρέθηκαν να έχουν την μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια και την μεγαλύτερη διαπνοή, τα εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red ήταν εκείνα που αξιοποίησαν καλύτερα τη φυλλική τους επιφάνεια αποθηκεύοντας μεγαλύτερη ποσότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων στους καρπούς και δίνοντας τελικά τη μεγαλύτερη παραγωγή. Η πρωίμηση λοιπόν της παραγωγής φαίνεται να είναι στενά συνδεδεμένη με την καλύτερη αξιοποίηση της φυλλικής επιφάνειας η οποία ευνοείται από τον εμβολιασμό πάνω στην ίδια ποικιλία, ενώ αντίθετα η οψίμηση της παραγωγής φαίνεται να επηρεάζεται από τον εμβολιασμός πάνω σε διαφορετική ποικιλία.

Στην περίπτωση του ξηρού βάρους τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red ήταν επίσης εκείνα που εμφάνισαν τον μεγαλύτερο βαθμό αξιοποίησης της φυλλικής επιφανείας τους για την παραγωγή ξηρού βάρους καρπών και συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων σε αυτούς διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά των άλλων δυο μεταχειρίσεων μεταξύ των οποίων δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Γράφημα 4.12).



Γράφημα 4.12 Συνολικό παραγόμενο ξηρό βάρος καρπών ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας (g cm⁻²) σε αυτόριζα φυτά cv.Big Red (■), σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red (■) και σε εμβολιασμένα φυτά Big Red x Heman (■)

Παρόλο το γεγονός ότι τα εμβολιασμένα φυτά Big Red x Big Red είχαν την μικρότερη φυλλική επιφάνεια, την αξιοποίησαν καλύτερα για την εναπόθεση υψηλότερων περιεκτικότητας των διαφορών θρεπτικών στοιχείων και για την παραγωγή ποιοτικότερων καρπών σε σχέση με τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας που είχαν την μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια.

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν κατά τη διάρκεια του πειράματος προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα :

- ↓ Το νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων και βλαστών της αυτόριζης ποικιλίας Big Red ήταν υψηλότερο από το νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων και των βλαστών των φυτών των δύο άλλων μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Heman είχαν ωστόσο το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος καρπών σε σχέση με τα φυτά των υπολοίπων μεταχειρίσεων.
- ↓ Τα φυτά της αυτόριζης ποικιλίας Big Red έδωσαν μια πρώιμη παραγωγή, τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red μια μεσοπρώιμη παραγωγή ενώ αντίθετα φυτά της ποικιλίας Big Red εμβολιασμένα πάνω σε φυτά της ποικιλίας Heman έδωσαν μια πιο όψιμη παραγωγή.
- ↓ Τα φύλλα της αυτόριζης ποικιλίας Big Red είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα κατιόντων εκτός από αυτή του Na το οποίο βρέθηκε να έχει τις μεγαλύτερες τιμές στα φύλλα της μεταχείρισης Big Red x Heman
- ↓ Οι βλαστοί της αυτόριζης ποικιλίας Big Red είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε NH_4 , K, Na, NO_3 , PO_4 και SO_4 . από ότι οι βλαστοί των φυτών των μεταχειρίσεων Big Red x Big Red και Big Red x Heman. Την μεγαλύτερη ωστόσο % περιεκτικότητα σε Ca και Mg είχαν οι βλαστοί της μεταχείρισης Big Red x Big Red.
- ↓ Οι καρποί των αυτόριζων φυτών είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε K, Ca, Cl, P και S, ενώ οι καρποί των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Big Red είχαν την μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε Mg και Na. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι καρποί των εμβολιασμένων φυτών Big Red x Heman είχαν την μικρότερη % περιεκτικότητα σε Ca. Οι τιμές αυτές ήταν οριακές για την εμφάνιση της φυσιολογικής ασθeneίας της σήψης της κορυφής
- ↓ Τα αυτόριζα φυτά είχαν την μεγαλύτερη % παραγωγή νωπού και ξηρού βάρους φύλλων σε σχέση με το συνολικό νωπό και ξηρό βάρος των φυτών τους και τη μικρότερη % παραγωγή νωπού και ξηρού βάρους καρπών αντίστοιχα. Αντίθετα τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red είχαν την μικρότερη % παραγωγή νωπού και ξηρού βάρους φύλλων σε σχέση με το

συνολικό νωπό και ξηρό βάρος των φυτών τους και τη μεγαλύτερη % παραγωγή νωπού και ξηρού βάρους καρπών αντίστοιχα.

- ✚ Τα φύλλα και οι βλαστοί των αυτόριζων φυτών περιείχαν υψηλότερα επίπεδα υγρασίας από τα αντίστοιχα φυτικά μέρη των αυτοεμβολιασμένων και εμβολιασμένων με την ποικιλία Heman φυτών, ενώ τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red ήταν εκείνα που είχαν τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας στους καρπούς.
- ✚ Τα φυτά της μεταχείρισης Big Red x Big Red φαίνεται να είναι εκείνα που αξιοποίησαν καλύτερα την φυλλική τους επιφάνεια για παραγωγή καρπών με μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Abdelhaffez A.T., Harssema and K. Verkerk, 1975. Effects of air temperature, soil temperature and soil moisture on growth and development of tomato itself and grafted on its own and eggplant rootstock. *Scientia Horticulturae*, 3: 65-73
- Acock B., Charles-Edwards D.A. and Hand D.W., 1976. An analysis of some effects of humidity on photosynthesis by a tomato canopy under winter light conditions and a range of carbon dioxide concentrations. *Journal of Experimental Botany*, 27,100:933-941
- Adams P., Davies J.N., Winsor G.W., 1978. Effect of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *Journal of Horticultural Science*, 53: 115-122
- Adams P., 1991. Effect of diurnal fluctuations in humidity on the accumulation of nutrients in the leaves of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Horticultural Science*, 66: 545-55
- Adams P., Ho L.C., 1989. Effect of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 64 (6), 725-732
- Adams P., Ho L.C., 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on incidence of blossom end rot. *Plant Soil* 154, 127-132.
- Adams P., Ho L., 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Horticulturae*, 412
- Ahn S.J., Im J.Y., Chung G.C., Cho B.H. and Suh S.R., 1999. Physiological responses of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low temperature. *Scientia Horticulturae*, 81:397-408
- Arnon D.I. and Hoagland D.R., 1943. Composition of the tomato plant as influenced by nutrient supply, in relation to fruiting: *Bot. Gaz.* 104, 576-590
- Asao T., Shimizu N., Ohta K. and Hosoki T., 1999. Effect of rootstocks on the extension of harvest period of cucumber (*Cucumis sativus L.*) grown in non-renewal hydroponic. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 68(3): 598-602
- Ashita E., 1927. Grafting of watermelons (in Japanese). *Korea (Chosum) Agricultural Newsl.* 1:9
- Baas R., Van der Berg D., 1999. Sodium accumulation and nutrient discharge in recirculation systems: a case study with roses. *Acta Horticulturae*, 507:157-164

- Bais A.J., Murphy P.J. and Dry I.B., 2000. The molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in *Vitis vinifera* during grape berry development. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 425-433
- Bakker R., Welles G.W.H. and Van Uffelen J.A.M., 1987. The effects of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumbers. *Journal of Horticultural Science*, 62 (30): 363-370
- Behboudian N.M., Walker R.R. and Torokfalvy E., 1986. Effects of water stress and salinity on photosynthesis of Pistachio. *Scientia Horticulturae*, 29: 251-261
- Bell R.W., Edwards D.G. and Asher C.J., 1989. Effects of Calcium Supply on Uptake of Calcium and Selected Mineral Nutrients by Tropical Food Legumes in Solution Culture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 40, pp.1003-1013
- Benton J., 1999. Tomato plant culture. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C. pp 1.
- Bernstein L., Brown J.W., and Hayward H.E., 1956. The influence of rootstock on growth and salt accumulation in stone fruit trees and almonds. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68: 86-95
- Bernstein L., Ehlig C.F. and Clark R.A., 1969. Effect of grape rootstocks on chloride accumulation on leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 584- 590
- Biles C.L., Martyn R.D. and Wilson H.D. 1989. Isoenzymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types. *Horticultural Science*, 24: 810-812
- Borochoy-Neori H. and Borochoy A., 1991. Response of melon plants to salt: 1. Growth, morphology and root membrane properties. *J. Plant Physiol.* 139:100-105
- Bradow J.M., 1990a. Chilling sensitivity of photosynthetic oil-seedlings. *Cucurbitaceae. J. Exp. Bot.* 41:1595-1600
- Bradow J.M., 1990a. Chilling sensitivity of photosynthetic oil-seedlings. *Cotton and Sunflower. J. Exp. Bot.* 41: 1585-1593
- Brewer C.A., Smith W.K., 1997. Patterns of leaf surface wetness for montane and subalpine plants. *Plant Cell Env.* 20, 1-11
- Brun R. and Chazell L., 1996. Water and nitrate absorption kinetics in the nycthemeral cycle of rose grown in the greenhouses using a recirculating solution. *Journal of Plant Nutrition*, 19:839-866

- Brun R. and Settembrino A., 1995. Production and quality of *Rosa hybrida* cv. Sonia in rockwool at three levels of electrical conductivity combined with two levels of relative humidity. *Acta Horticulturae* 424, 115-117
- Bulder HAM., van Hasselt PR., Kuiper PJC., Speek EJ., den Nijs APM., 1990. The effect of low root temperature in growth and lipid composition of low temperature tolerant rootstock genotypes for cucumber. *Journal of Plant Physiology* 138, 661-666
- Caldwell M., Flint S., 1994. Stratospheric ozone reduction, Solar UV-B radiation and terrestrial ecosystems. *Climatic Change*, 28: 375-394. (1994 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.)
- Cheeseuman J.M., 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plants Physiol.* 87: 547-550.
- Choi J.H., Chung G.C., Suh S.R., 1997. Effect of night humidity on the vegetative growth and the mineral composition of tomato and strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 70, 293-299
- Coggins W.C. and Lesley W., 1968. Attempts to improve flower bud retention and development in tomatoes with grafts, nutrition and growth regulators. *HortScience* 3:237-238.
- Conseil des Productions Vegetales du Quebec., 1990. Legumes de serre: culture sur film nutritif (NFT) sur laine de roche et en milieux tourbeux. *Ministere de l'Agriculture, des Pecheries et de l'Alimentation du Quebec*, Quebec, Que., Canada, pp. 56
- Copper W.C., 1961. Toxicity and accumulation of salts in citrus trees on various rootstocks in Texas. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 74: 95-104.
- Denna D.W., 1962. A simple grafting technique for Cucurbits. *Proc. Am. Hort. Sci.* 81: 369-370
- De villele O., 1972. Besoins en eau des cultures sous serres – Essai de conduite des arrosages en fonction de l'enseillement. *Acta Horticulturae*, 35:123-135
- De Wilt C.T., 1958. Transpiration and crop yields. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 64,6. Inst. Of Biol. And Chem. Res. On Field Crops and Herbang, Wageningen, The Netherlands
- Dominique-Andre D., Dorais M., Wien C.H., Gosselin A., 1998. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants and fruit yields. *Scientia Horticulturae* 74, 295-306

- Dorais M., Papadopoulos A.P., Gosselin A., 2001. Greenhouse tomato fruit quality. In: Janick, J. (Ed.), *Horticultural Reviews*, 26, 239–319
- Ehret D.L. and Ho L.C., 1986. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Annals of Botany*, 58:679-688
- El Sharkawy M.A. and Cock J.H., 1986. The humidity factor in stomatal control and its effect on crop productivity. In: Marcelle, R., Clijsters, H., van Poucke, M., (Editors), *Biological Control of Photosynthesis*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, 187-198
- Estan M.T., Martinez-Rodrigues M.M., Perez-Alfocea F., Flowers T.J., Bolarin M.C., 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *J. Exper. Botany*, 56, 703-712
- FAO (Food and Agriculture Organization) 2004
- Forner J.B. and Alcaide A., 1993. La mejora genetica de patrones de agrinos tolerantes a tristeza en Espana: 20 anos de historia (II) *Levante Agricola* 325: 261-267, 329: 273-279
- Gabelman W.H., Gerloft G.C., Schettini T., Coltman R., 1986. Genetic variability in root systems associated with nutrient acquisition and use. *Horticultural Science*, 21(4), 971-973.
- Graaf R., 1995. Influence Of Moisture Deficit And Cultural Practices On Transpiration Of Glasshouse Roses. *Acta Horticulturae*, 424
- Hain R., Rief H.J., Krause E., Langebartels R., Kinl H., Vorman B., Wiese W., Schmelzer E., Schreier P., Strocker R., and Stenzel K., 1993. Disease resistance results from foreign phytoalexin expression in a novel plant. *Nature* 361: 153-156
- Hall A.J. and Milthorpe F.L., 1978. Assimilate source-sink relationships in *Capsicum annuum* L. III. The effects of fruit excision on photosynthesis and leaf and stem carbohydrates. *Aust. J. Physiol.*, 5:1-13
- Hall F.R., Downer R.A., Cooper J.A., Ebert T.A., Ferree D.C., 1997. Changes in spray retention by apple leaves during the growing season. *Horticultural Science*, 32, 858–860.
- Harmanto., Salokhe V.M., Babel M.S., Tantau H.J, 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agricultural Water Management*, 71, 225–242
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T. and Geneve R.L. 1997. *Plant propagation: Principles and practices* (6th ed). Prentice-Hall, N.J

- Heuvelink E., 1996. Re-interpretation of an Experiment on the Role of Assimilate Transport Resistance in Partitioning in Tomato. *Annals of Botany* 78: 467-470
- Holdern R. and Cockshull K.E., 1990. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 65, 31-39.
- Hong M.S. 1710. *Forest Economics*. Vol 1, 38-39
- Ikeda H., Okitsu S. and Arai K., 1986. Comparison of magnesium deficiency of grafted and non-grafted cucumbers in water culture and soil culture and the effect of increased magnesium application on the prevention of magnesium deficiency disorder (in Japanese with English summary). *Bul. Natl. Res. Inst. Veg. Ornam. Plants & Tea*. C9: 31-41.
- Ikeda H., Osawa T., 1984. Lettuce growth as influenced by N source and temperature of the nutrient solution. In: *Proceedings of the Sixth International Congress On Soilless Culture*, pp. 273-284
- Ioannou N., Ioannou M. and Hadjiparaskevas K., 2002. Evaluation of watermelon rootstocks for off-season production in heated greenhouses. *ISHS Acta Horticulturae* 579
- Janick N., 1986. *Horticultural Science*. 4th ed. P. 334-346. W. H. Freeman & Co., New York.
- Kacjan-Marsic N. and Osvald J., 2004. The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agriculturae Slovenica*, 83 (2) 243-249.
- Kaufmann M.R., 1982. Leaf conductance as a function of photosynthetic photon flux density and absolute humidity difference from leaf to air. *Plant Physiology*, 69: 1018-1022
- Kim D.H. and Lee J.M., 1989. Effect of rootstocks and fertilizers on the growth and mineral contents in cucumber (*Cucumis sativus*). *Res. Collection, Inst. Food Develop.* 10:75-82. Kyung Hee Univ., Korea
- Kim D.H. and Lee J.M., 2000. Seed treatment for cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) in ground (*Lagenaria siceraria*) seeds and its detection. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41: 1-6
- Kim H.T., Kang N.J., Kang K.Y., 1998. Selection of «PusanDaemork 1» for high yield and quality in rootstocks of cucumber. *RDA J. Hort. Sci.* 40(2): 158-161

- Kittas C., Katsoulas N., Baille A., 1999. Transpiration and canopy resistance of greenhouse soilless roses in Greece. Measurements and Modeling. *Acta Horticulturae*, 507: 61-68
- Ko K.D., 1999. Response of cucurbitaceous rootstock species to biological and environmental stresses (in Korean with English summary). Ph. D. Diss., Seoul Natl Univ., Sowon, Korea
- Kosola K.R., Bloom A.J., 1996. Chlorate as a transport analogy for nitrate absorption by roots of tomato. *Plant Physiol.* 110(4), 1293-1299.
- Lazof D.B. and Bernstein N., 1998. The NaCl-induced inhibition of shoot growth: The case for disturbed nutrition with special consideration of calcium nutrition. *Bot.Res.* 29: 115-190
- Lee J.M., 1989. On the cultivation of grafted plants of cucurbitaceous vegetables (in Korean with English summary). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 30: 169-179
- Lee J.M., 1994. Cultivation of grafted vegetables I, current status, grafting methods and benefits. *HortScience* 29: 235-239
- Lee J.M. and Oda M., 2003. Grafting of herbaceous vegetables and ornamental crops. *Horticultural Reviews*, 28, 61-124
- Lee S.G, K.C. Seong J.H., Moon and K.D., Ko., 2000. Effects of root-prune insertion grafting on seedling quality and yield of watermelon. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18(2): 167
- Leonardi C. and D. Romano., 2004. Recent Issues on Vegetable Grafting. *Acta Hort.* 631, 163-174
- Liu L., Shelp B.J., 1993. Nitrogen partitioning in greenhouse-grown broccoli in response to varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratios. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24(1), 45-60
- Magarey R.D., Russo J.M., Seem R.C., Gadoury D.M., 2005. Surface wetness duration under controlled environmental conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128, 111-122
- Maroto J. V., et al. 1995. Influence of relative humidity in the appearance of cracking in tomato fruit. *Acta Horticulturae* 412,
- Marschener H., 1995. Mineral nutrition in higher plants, 2nd ed. Academic Press London, U.K

- Masuda T. and Gomi K., 1982. Diurnal changes of the exudation rate and the mineral concentration in xylem sap after decapitation of grafted and non-grafted cucumber (in Japanese with English summary). *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 51: 293-298
- McWilliam J.R., Kramer P.J. and Musser R.L., 1982. Temperature-induced water stress in chilling-sensitive plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 343-352
- Mengel K., 1986. Potassium in plant nutrition. Συμπόσιο καλίου. Αθήνα, 1986
- Mengel K. and Kirkby E.A., 1987. Principles of Plant Nutrition (4th Edition). Intern. Potash Inst., Bern, Switzerland, 336-370
- Mistrik I., Holobrada M. and Ciamporoda M., 1992. The root in unfavorable conditions. In: Physiology of the plant root system. J. Kolek and V. Kozanka (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands, p 110
- Mizrahi Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* 69, 966-970
- Morgan M.A., Volk R.J., Jackson W.A., 1973. Simultaneous influx and efflux of nitrate by perennial ryegrass. *Plant Physiol.* 51, 267-272.
- Morris L.G., Neale F.E., Postlethwaite J.D., 1957. The transpiration of glasshouse crops and its relationship to climate factors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 2(2): 111-122
- Munro D.S., 1989. Stomatal conductances and surface conductance modeling in mixed wet-land forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 48:235-249
- Murneek A.E., 1924. The effect of fruit on vegetative growth in plants, *Proc. Amer. Soc. Hort.Sci* 21,274-276.
- Nkansah G.O. and Ito T., 1995. Comparison of mineral absorption and nutrient composition of heat-tolerant and non heat-tolerant tomato plants at different root-zone temperatures. *Journal of Horticultural Science*, 70(3): 453-460
- Oda M., 1995. New grafting method for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly* 29:187-194.
- Oda M., 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production.
- Olson M., 2004. Physiological, Nutritional, and Other Disorders of tomato fruit. HS-954. Series of the Department of Horticultural Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. IFAS Extension

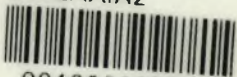
- Perez-Alfocea F., Balibrea M.E., Santa Cruz A., Estan M.T., 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant Soil* 180, 251-257
- Poinsettia Growers Association., 1995. *J. Poinsettia Professionals* 15:3-7.
- Pulgar G., Rivero R.M., Monero D.A., Lopez-Lefebre L.R., Villora G., Baghour M. and Romero L. 1998. Micronutrients en hojas de sandia injertadas. In: VII Simposio nacional-III iberico sobre Nutricion Mineral de las Plantas. Garate A.(Ed.), Universidad Autonoma de Padrid, Madrid, pp.255-260
- Rao K.P., Rains D.W., 1976. Nitrate absorption by barley: I. Kinetics and energetics. *Plant Physiol.* 57, 55-58.
- Raviv M. and Blom T.J., 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Scientia Horticulturae*, 88:256-276
- Reyes E. and Jennings P.H., 1994. Response of cucumber (*Cucumis sativus L.*) and squash (*Cucurbita pepo L. var. melopepo*) roots chilling stress during early stages of seedlings development. *J. Amer. Hort. Sci.* 119: 964-970
- Riley D., Barber S.A., 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35, 301-306
- Rivero R.M., Ruiz J.M., Sanchez E., Romero L., 2003a. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agriculture & Environment*. 1 (1), 70-74
- Rivero R.M., Ruiz J.M., Sanchez E., Romero L., 2003b. Does grafting provide tomato plants an advantage against H₂O₂ production under conditions of thermal shock? *Physiologia Plantarum* 117, 44-50
- Romano D. and Paratore A., 2001. Effects of grafting on tomato and eggplant. *Acta Horticulture*, 559
- Ruiz J.M., Belakbir L., Ragala J.M., Romero L., 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo L.*). *Soil Science of Plant Nutrition* 43, 855-862
- Salisbury F., Ross C., 1969. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California
- Savvas D. and Passam H., 2002. *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Embryo publications, Athens Greece

- Schulze E.D., 1986. Carbon dioxide and water vapour exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. *Annual Review of Plant Physiology*, 37:247-274
- Shelp B.J., 1987. Plant characteristics and nutrient composition and mobility of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) supplied with NH_4^+ , NO_3^- or NH_4NO_3 . *J. Exp. Bot.* 38(195), 1603-1618
- Siddiqi M.Y., Kronzucker H.J., Britto D.T., Glass ADM., 1998. Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. *Journal of Plant Nutrition* 21: 1879-1895
- Syros T., Yupsanis T., Omirou M., Economou A., 2004. Photosynthetic response and peroxidases in relation to water and deficiency in gerbera. *Environmental and Experimental Botany*, Article in press
- Thybo A.K., Edelenbosa M., Christensen L.P., Sørensen J.N., Thorup-Kristensen K., 2005. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. Department of Food Science, Danish Institute of Agricultural Sciences
- Van der Post C.J., Van Schie J.J., De Graaf R., 1974. Energy balance and water supply in glasshouses in the West-Netherlands. *Acta Horticulturae*, 35:13-22
- Van Os E.A., 1999. Closed soilless growing systems: A sustainable solution for Dutch greenhouse horticulture. *Wat. Sci. Tech.* 39 (5):105-112
- Weir R.G., Gresswell G.C., 1993. *Plant Nutrient Disorders*. 3. Vegetable crops. Inkata Press
- Yamakawa K., 1982. Grafting, pp.141-153. In: S. Nishi, *Handbook of vegetable production*. Yokendo, Tokyo
- Yang X., Short H., Robert D.F., Bauerle W.L., 1990. Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a cucumber crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 51:197-209
- Yokota S., Ojima K., 1995. Physiological response of root tip of alfalfa to low pH and aluminium stress in water culture. *Plant and Soil* 171(1), 163-165.
- Zsoldos F. and Karvaly B., 1978. Effects of Ca^{2+} and temperature on potassium uptake along roots of wheat, rice and cucumber. *Physiol.Plant.* 43, 326-330

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αναστασίου Α., Υδροπονικά Συστήματα Καλλιέργειας Και Έλεγχος Της Θρέψης. Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999. Αγρότυπος Α.Ε. pp. 60-74.
- Καράταγλης Σ., 1999. Φυσιολογία φυτών. Εκδόσεις Art of text, σελ.108-120, 141-153.
- Κατσούλας Ν., Λύκας Χρ., Γιαγλάρας Π., Κίττας Κ. ,2000. Διαχείριση Θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με καλλιέργεια τριανταφυλλιάς στη Μαγνησία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
- Κίττας Κ. Υδροπονία και υδροπονικές καλλιέργειες. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 2002.
- Λόλας, Π., 2000.Φυσιολογία Φυτού (Σημειώσεις Μαθήματος). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. pp. 95-140.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα
- Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., 2001. Θερμοκήπια. Περιβάλλον-Υλικά-Κατασκευή-Εξοπλισμός. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα
- Μπούρμπος Β.Α., Σκουντριδάκης Μ.Θ., 1990. Εχθροί και ασθένειες της τομάτας θερμοκηπίου. Τόμος ΙΙ. Αγροτικές εκδόσεις. Αθήνα.
- Ντόγρας Κ. 2001. Ειδική Λαχανοκομία Ι, Α μέρος. Θεσσαλονίκη.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης.
- Παναγιωτόπουλος, Α. 1995. Θρέψη και λίπανση της τομάτας, Αφιέρωμα Λιπ. – Θρ: 96. Αθήνα
- Τσουβαλτζής Π.Ι., Σιώμος Α.Σ. και Ντόγρας Κ.Χ., 2003. Η επίδραση του εμβολιασμού στην απόδοση, πρωιμότητα και ποιότητα των καρπών δυο υβριδίων τομάτας. Πρακτικά 21^{ου} Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών. Ιωάννινα, 2003, σελ: 51-53.
- Χουλιάρης Ν.Α., 2002. Η λίπανση στη βιολογική γεωργία. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι) Λάρισας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085706

