

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ(Β) ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ



Της φοιτήτριας Λαμπούδη Χριστίνας
Αριθμός Μητρώου 0012/2007

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Αναστασία Γιαννακούλα

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

<<Στην οικογένεια μου και
στον Νίκο>>

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο αγρόκτημα του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Ιδρύματος Θεσ/νίκης τη χρονική περίοδο από τα τέλη Μαΐου έως τα μέσα Ιουλίου 2013.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, με τη σειρά μου, στους ακόλουθους :

Την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα. Αναστασία Γιαννακούλα για την ανάθεση του θέματος , την επιστημονική καθοδήγηση , την παροχή βιβλιογραφίας και την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε.

Τον καθηγητή κ. Ηλία Ηλία για την παροχή βιβλιογραφίας καθώς και τις χρήσιμες υποδείξεις του.

Τον καθηγητή κ. Ηλία Τελόγλου για τις συμβουλές ,την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε και την συμβολή του στην παρούσα διατριβή.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Στέφανο Στεφάνου για την σημαντική συμβολή του και τις συμβουλές του στο τελευταίο στάδιο της παρούσας διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	Σελ.6
ABSTRACT.....	Σελ.7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	Σελ.8
1.1 Η καλλιέργεια της ντομάτας.....	Σελ.8
1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	Σελ.10
1.3 Ποικιλίες ντομάτας.....	Σελ.12
1.4 Τα κυριότερα θρεπτικά συστατικά της ντομάτας.....	Σελ.14
1.5 Καλλιεργητικές τεχνικές.....	Σελ.15
1.6 Εχθροί και ασθένειες.....	Σελ.17
1.7 Η φυσιολογία του βορίου στο φυτό.....	Σελ.20
1.7.1 Χημικά χαρακτηριστικά του βορίου	Σελ.20
1.7.2 Το βόριο ως θρεπτικό στοιχείο των φυτών.....	Σελ.20
1.7.3 Κατανομή του βορίου σε επίπεδο φυτού.....	Σελ.21
1.7.4 Μεταφορά και αφομοίωση του βορίου μέσα στο φυτό.....	Σελ.22
1.7.5 Λειτουργίες του φυτού που απαιτούν βόριο.....	Σελ.22
1.7.6 Επάρκεια του φυτού σε βόριο.....	Σελ.23
1.8 Έλλειψη βορίου, περίσσεια βορίου – συμπτώματα.....	Σελ.24
1.9 Το βόριο στο έδαφος.....	Σελ.25
1.10 Η επίδραση του βορίου στη φωτοσύνθεση.....	Σελ.26
1.11 Ο φθορισμός της χλωροφύλλης.....	Σελ.27

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	Σελ.29
2.1 Υλικά.....	Σελ.29
2.2 Μέθοδοι.....	Σελ.31
2.2.1 Άρδευση της βιομηχανικής ντομάτας.....	Σελ.31
2.2.2 Μέτρηση φθορισμού της χλωροφύλλης.....	Σελ.33
2.2.3 Προσδιορισμός χλωροφύλλης.....	Σελ.34
2.2.4 Ποσοτικός προσδιορισμός βορίου (B) σε φύλλα ντομάτας.....	Σελ.35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	Σελ.36
3.1 Εδαφική υγρασία.....	Σελ.36
3.2 Μέτρηση χλωροφυλλών και φθορισμού.....	Σελ.38
3.3 Ανάπτυξη ντομάτας.....	Σελ.41
3.4 Ποσοτικός προσδιορισμός βορίου (B)	Σελ.42
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	Σελ.43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	Σελ.44

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης δύο συγκεντρώσεων βορίου (B) (5, 10ppm) στην **αύξηση**, στον **επαγωγικό φθορισμό της χλωροφύλλης**, στην **συγκέντρωση των χλωροφυλλων** και στην **χημική σύσταση** σε ιστούς αρτιβλάστων ντομάτας.

Τα νεαρα φυτά καλλιεργήθηκαν για 60 ημέρες σε εξωτερικό χώρο και αρδεύονταν αρχικά ανα δυο ημέρες. Επειτα από τις μετρήσεις που διεξάχθησαν στην περιοχή όπου έγινε το πείραμα, παρουσιάστηκε υπόγεια στάθμη νερού με έντονη τριχοειδή ανύψωση η οποία θα τροφοδοτούσε το ριζικό σύστημα των φυτών με νερό. Έτσι οι αρδεύσεις περιορίστηκαν πολύ. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε 3 σειρές εκ των οποίων για κάθε μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν 20 φυτά.

Τα φυτά εκτός από την πρώτη σειρά (μάρτυρας) ψεκάστηκαν επανειλημμένα 1 φορά/εβδομάδα για 1 μήνα με υδατικό διάλυμα βορίου των 5 και 10 ppm αντίστοιχα για τις 2 σειρές.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το βόριο (B) προκάλεσε μείωση των παραμέτρων του φθορισμού χλωροφύλλης, διαταραχή της θρεπτικής κατάστασης του φυτού και μείωση των χλωροφυλλών.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of two concentrations of boron (B) (5, 10ppm) to increase the induction of chlorophyll fluorescence in chlorophyll concentration of the chemical composition in tissues of tomato seedlings.

The seedlings were grown for 60 days outdoors and irrigated initially every two days. After the measurements have been conducted in the area where the experiment presented underground water level with a strong capillary rise which would supply the root system of the plant with water. So we reduced watering. The plants were placed in three lines of which were used for each treatment 20 plants .

Plants except from the first series (control) sprayed repeatedly 1 time / week for 1 month with aqueous solution of boron 5 and 10 ppm respectively for the two series.

According to the results, the boron (B) caused a reduction of chlorophyll's fluorescence parameters disorder of the nutritional situation of the plant and reduction of chlorophylls.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η καλλιέργεια της ντομάτας

Η ντομάτα είναι ένα από τα πιο γνωστά λαχανικά παγκοσμίως. Κατάγεται από την Νότια Αμερική και ήλθε στην Ευρώπη από τους Ισπανούς κατακτητές τον 16ο Αιώνα. Η ντομάτα είναι πλούσια σε αλκαλοειδή, βιταμίνες, απαραίτητα αμινοξέα, ζάχαρα και φυτικές ίνες. Είναι ετήσιο φυτό το οποίο μπορεί να φτάσει σε ύψος 2 μέτρων. Το χρώμα της ποικίλει από κίτρινο έως κόκκινο.

Υπάρχουν τρεις ποικιλίες φυτών ντομάτας :

- Ψηλές ποικιλίες
- Ημιθαμνώδεις
- Θαμνώδεις

Γενικά τα πλεονεκτήματα της ντομάτας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Σχετικά μικρή διάρκεια βλαστητικής περιόδου
- Μικρή ή μεγάλη περίοδο παραγωγής
- Μπορεί να καλλιεργηθεί είτε ως υπαίθρια καλλιέργεια είτε ως θερμοκηπιακή
- Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα συστήματα καλλιέργειας
- Έχει μεγάλη οικονομική αξία
- Έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε διάφορα μικροστοιχεία
- Οι καρποί μπορούν να αποξηραθούν και να συσκευασθούν.

Η θερμοκρασία αποτελεί το βασικότερο παράγοντα εξέλιξης και ωρίμανσης του φυτού και οι απαιτήσεις του εξαρτώνται άμεσα από το στάδιο της ανάπτυξης που βρίσκεται. Κατά το φύτερωμα των σπόρων, απαιτείται θερμοκρασία εδάφους 18-24°C ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες έχουμε καθυστέρηση του φυτρώματος. Η ανάπτυξη επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες 19-26°C. Η ντομάτα γενικώς αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 10-12°C και σε υψηλές μέχρι 38°C, με φυσικά ανάλογη οψίμιση της καλλιέργειας και μείωση παραγωγικότητας.

Η τομάτα καλλιεργείται σε σχεδόν όλους τους τύπους εδάφους αλλά επιτυγχάνονται καλύτερες αποδόσεις σε εδάφη με ουδέτερο ή ελαφρά όξινο έδαφος, καθώς το ΡΗ σε καλά επίπεδα λειτουργεί ως καταλύτης για την καλύτερη πρόσληψη διαφόρων θρεπτικών συστατικών από το έδαφος. Στη σωστή επιλογή του αγροτεμαχίου που θα επιλεγεί για την καλλιέργεια της τομάτας, πέρα από το ΡΗ, θα πρέπει να υπολογιστεί και η ποσότητα οργανικής ουσίας, η ύπαρξη στραγγιστικών υποδομών, για την αποφυγή καταστροφών από το βρόχινο νερό, καθώς και η αποφυγή εντατικής και μακροχρόνιας καλλιέργειας τομάτας στο ίδιο αγροτεμάχιο.

Η προετοιμασία του χωραφιού αποτελεί την απαραίτητη εκκίνηση για την εγκατάσταση της φυτείας. Περιλαμβάνει όργωμα και ψιλοχωμάτισμα του εδάφους, καθώς και καλό «πάτημα», εάν κάνουμε απευθείας σπορά.

Οι τωρινές μέθοδοι καλλιέργειας της τομάτας περιλαμβάνουν τη φύτευση ή σπορά σε διπλές σειρές με 45cm απόσταση σειρά από σειρά και 120cm απόσταση διπλή σειρά με διπλή σειρά. Πάνω στη γραμμή μπορεί να φυτευτεί ή να σπαρθεί σε αποστάσεις ανάλογα με το μέγεθος του φυτού από 50cm για πληθυσμό 2.800 περίπου φυτών ανά στρέμμα, μέχρι 35cm, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη πληθυσμού 3.800 φυτών ανά στρέμμα. Το βάθος σποράς πρέπει να είναι από 1,5 – 2cm σε βάθος που ξεκινάει η υγρασία και όχι αρκετά βαθιά για να μπορεί να ποτιστεί (σε περίπτωση χρήσης τεχνητής βροχής το βάθος θα πρέπει να είναι το λιγότερο δυνατό).

Προσοχή: σε περίπτωση επιλογής εγκαθίδρυσης της καλλιέργειας με σπόρο, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί διπλάσιος αριθμός σπόρων από τον προσδοκώμενο αριθμό φυτών.

Τα τελευταία χρόνια η χρήση έτοιμων φυτών έχει κυρίαρχο ρόλο στο τρόπο εγκαθίδρυσης της καλλιέργειας. Εδώ θα πρέπει ο παραγωγός να προσέξει την επιλογή σωστού φυτωρίου που θα του δώσει σωστά προετοιμασμένα, υγιή φυτά. Το βάθος σποράς εξαρτάται από το μέγεθος της μπάλας χώματος του σπορόφυτου, καθώς θα πρέπει να καλυφθεί πλήρως. Μετά τη φύτευση απαιτείται ελαφρύ πότισμα για την μεγαλύτερη επιτυχία μεταφύτευσης.

1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της ντομάτας

Η ντομάτα είναι ένα φυτό της οικογένειας των Στρυχνοειδών (Solanaceae). Το επιστημονικό του όνομα είναι *Solanum lycopersicum* (Στρύχνον το λυκοπερσικόν). Είναι ποώδες φυτό, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές. Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια, όταν ο σπόρος σπέρνεται απευθείας στη μόνιμη θέση. Όταν όμως η ντομάτα φυτεύεται μία ή περισσότερες φορές, η κεντρική ρίζα κόβεται, καταστρέφεται και το φυτό αρχίζει να παράγει με ευκολία πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες, ακόμη και από το λαιμό του φυτού, γεγονός που θεωρείται πλεονέκτημα, γιατί διευκολύνει τη μεταφύτευση του φυτού ακόμη και με γυμνή ρίζα ή μπάλα χώματος.

Τα πραγματικά φύλλα της ντομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παραφύλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο, αλλά και το μέγεθός τους (μήκος – πλάτος) ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία και τη θέση του φύλλου επί του βλαστού. Συνήθως οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες έχουν πιο μακριά και πλατιά φύλλα, ενώ στις μικρόκαρπες οι διαστάσεις των φύλλων είναι μικρότερες. Τα φύλλα εμφανίζονται σε ελικοειδή διάταξη πάνω στο βλαστό. Η επάνω επιφάνειά τους έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοιχτό πράσινο (εικόνα 1).

Τα άνθη της ντομάτας εμφανίζονται σε ταξιανθίες από 2-3 ανά ταξιανθία, μέχρι 20 ή και περισσότερα. Ένας μέσος επιθυμητός αριθμός άνθων ανά ταξιανθία που θα εξελιχτεί σε καρπούς είναι 6-8. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται επί των βλαστών του φυτού και διακλαδίζονται συμμετρικά ή ασύμμετρα, ανάλογα με την ποικιλία. Στο άκρο κάθε διακλάδωσης υπάρχει και ένα άνθος. Το άνθος φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα, που αποτελείται από 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη κίτρινη με 5 ή περισσότερα ενωμένα πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες, ενωμένους στη βάση τους με τη στεφάνη και ενωμένους κατά μήκος μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από το στύλο, που είναι συνήθως πιο κοντός, εγκλωβισμένος από τους ανθήρες. Η ωοθήκη είναι πολύχωρη και κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια (εικόνα 2).

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

Ο σπόρος της τομάτας είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, το χρώμα του είναι κιτρινο-καφέ χρυσαφένιο και η επιφάνειά του καλύπτεται με τριχοειδείς αποφύσεις, που του δίνουν μεταξώδη επιφάνεια. Το μέγεθος των σπόρων είναι μικτό, διαμέτρου 3-5 mm. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό (σπειροειδές) έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο. Υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης διατηρεί τη βλαστικότητα του για τουλάχιστον 4 χρόνια μετά τη συγκομιδή, εάν όμως αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία και με χαμηλή περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, εύκολα διατηρεί τη βλαστικότητά του πάνω από 10 χρόνια. Ένα γραμμάριο σπόρου έχει 450 περίπου σπέρματα (εικόνα 3).



Εικόνα 1: Φύλλο ντομάτας



Εικόνα 2: Άνθη ντομάτας



Εικόνα 3: Σπόροι ντομάτας

1.3 Ποικιλίες ντομάτας

Υπάρχουν περίπου 1200 ποικιλίες ντομάτας. Οι ντόπιες παραδοσιακές ποικιλίες ντομάτας είναι: Ντομάτα Βραυρώνας, «Μπατάλα», ντομάτα καρδιά βουβαλιού, ντομάτα μαύρη, ντοματάκια Χίου, ντοματάκια μαύρα, ντοματάκια άσπρα, ντοματάκια κίτρινα αχλαδόσχημα. Ας δούμε μερικές βασικές:



Oxheart (Καρδιά βουβαλιού): Παράγουν πολύ μεγάλες, ροζ, σε σχήμα καρδιάς του βουβαλιού ντομάτες, βάρους από 400 έως 900 γραμμάρια. Η γεύση της είναι σταθερή και σαρκώδης, με λίγους σπόρους και ήπια γεύση.



Βραυρώνα ή Μπατάλα: Οι καρποί της συγκεκριμένης ποικιλίας είναι μεγαλύτεροι από τις συνηθισμένες ντομάτες, το σχήμα τους είναι ακανόνιστο και το κυριότερο είναι ασύγκριτα νοστιμότεροι από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Οι καρποί αυτής της ποικιλίας είναι ιδιαίτερα ευπαθείς στη μεταφορά.



Η **Ace 55** είναι μεσαίου μεγέθους κόκκινες τομάτες με λεπτή φλοίδα και γλυκιά γεύση. Έχουν πολύ καλή αντίσταση στις ασθένειες και είναι ανθεκτικές στο σκάσιμο και στα χτυπήματα. Αντέχει στις άνυδρες, άγονες και ξηρές περιοχές και είναι ευρέως διαδεδομένη στην περιοχή της νότιας Μεσογείου και στην χώρα μας. Είναι πολύ καλή γι' αυτούς που δεν τους αρέσει η όξινη γεύση της τομάτας. Χρησιμοποιείται κυρίως σε σαλάτες αλλά και σε γεμιστά.



Η **Roma VF-Ιταλικό ντοματάκι για πάστα** (καλλιεργείται από παλιά στην Ελλάδα).75 ημερών. Μία πολύ δημοφιλής ντομάτα σε σχήμα αχλαδιού. Έχει διαδοθεί και προσαρμοστεί παντού. Τα φρούτα ωριμάζουν ομοιόμορφα. Έχει καλή αντοχή στις ασθένειες, τη ζέστη και στα σκουλήκια των καρπών. Είναι από τις πιο αξιόπιστες ντομάτες για πάστα και κονσερβοποίηση.

1.4 Τα κυριότερα θρεπτικά συστατικά της ντομάτας

1. Βιταμίνη C , 2. Βιταμίνη A ,3. Λυκοπένιο ,4. Σίδηρο ,5. Κάλιο , 6. Ασβέστιο , 7. Μια ντομάτα μέτριου μεγέθους περιέχει περίπου 25 θερμίδες, 1 γραμμάριο πρωτεΐνες, 4 γραμμάρια ζάχαρα, 1 γραμμάριο φυτικές ίνες.

Όταν η ντομάτα ψήνεται ή μαγειρεύεται μαζί στα φαγητά, απελευθερώνει περισσότερο λυκοπένιο.

Η διάσπαση των μεμβρανών των κυττάρων της κατά το μαγείρεμα επιτρέπει έτσι στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου να απορροφά περισσότερο λυκοπένιο. Το ίδιο ισχύσει και για παράγωγα της ντομάτας όπως το κέτσαπ, ο χυμός ντομάτας, πολτός και σάλτσα. Το λυκοπένιο βρέθηκε σε πολλές έρευνες να συσχετίζεται με μείωση του κινδύνου για πολλές ασθένειες. Επιδημιολογικές έρευνες έδειξαν ότι η κατανάλωση ντομάτας σχετίζεται με μείωση του κινδύνου για διάφορους καρκίνους όπως ο καρκίνος του προστάτη, του μαστού, των ωθηκών, του στόματος και του εντέρου. Άλλες έρευνες έδειξαν ότι το λυκοπένιο της ντομάτας σχετίζεται με λιγότερο κίνδυνο για παθήσεις της καρδιάς, των αιμοφόρων αγγείων, με καλύτερη υγεία των πνευμόνων και μείωση κινδύνου τύφλωσης στους ηλικιωμένους εξαιτίας του εκφυλισμού της ωχράς κηλίδας του ματιού. Επίσης η κατανάλωση ντομάτας έχει συσχετισθεί με λιγότερο κίνδυνο για ψηλή πίεση, παχυσαρκία και δυσκοιλιότητα.

1.5 Καλλιεργητικές τεχνικές

Άρδευση

Η τομάτα όπως και τα περισσότερα κηπευτικά έχουν ανάγκη από ποτίσματα. Στην Τομάτα η σωστή και προγραμματισμένη άρδευση, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εργασίες στον κήπο μας. Η ποιότητα των καρπών αλλά και η επιτυχία της φυτείας μας εξαρτάτε σε μεγάλο βαθμό από την άρδευση.

Αποφεύγουμε στο πότισμα της Τομάτας και τον περισσότερων κηπευτικών, να βρέχουμε τα υπέργεια μέρη του φυτού (φύλλα, βλαστούς κ.α.). Άρδευση με μπεκ που δημιουργούν νέφος ή πότισμα με λάστιχο ώστε να «δροσιστεί» το φυτό, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες σε μύκητες που παραμονεύουν και μπορούν να κάνουν ζημιές στην φυτεία μας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, τα ποτίσματα γίνονται με τρόπους κατά τους οποίους τα φυτά μας, ποτίζονται με νερό το οποίο «τρέχει» δίπλα τους ή «στάζει» κοντά τους.

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι ποτίσματος είναι:

1. Πότισμα με αυλάκια
2. Πότισμα με σταγόνα (στάγδην άρδευση)

Όταν η τομάτα ποτίζετε σωστά, τότε έχουμε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής, την σωστή ανάπτυξη του φυτού, καλύτερη ποιότητα καρπών κ.α.. Η επαγγελματική μέθοδος άρδευσης σε θερμοκήπια, βασίζεται σε κάποια μοντέλα, που με την βοήθεια ειδικών οργάνων ορίζουν, τον όγκο και την συχνότητα ποτισμάτων.

Στους ερασιτεχνικούς κήπους η άρδευση στην τομάτα αλλά και σε όλα τα κηπευτικά γίνεται εμπειρικά. Δηλαδή παρατήρηση της υγρασίας του εδάφους, σκάβοντας κοντά στα φυτά με ένα φτυαράκι σε ένα βάθος 20 – 30 εκ.. Σε κτήματα που έχουν καλλιεργηθεί και στο παρελθόν με τομάτα, υπάρχει εμπειρία με τις ποσότητες νερού που πρέπει να δώσουμε στα φυτά μας. Το πιο σημαντικό που πρέπει να θυμόμαστε στο πότισμα της τομάτας είναι, ότι πρέπει ανάλογα με την υγρασία που «κρατάει» το χώμα στο κτήμα μας, να προγραμματίσουμε τα ποτίσματα μας, τα οποία θα εφαρμόσουμε όλη τη χρονιά. Δηλαδή εάν

παρατηρήσουμε ότι τα φυτά μας θέλουν ανά δύο ημέρες νερό, να ποτίζουμε σε αυτή τη συχνότητα μέχρι το τέλος της φυτείας.

Λίπανση

Ανάγκες θρεπτικών στοιχείων για την ντομάτα (κιλά/στρέμμα).

	Άζωτο(N)	Φώσφορος (P ₂ O ₅)	Κάλιο (K ₂ O)	Μαγνήσιο (MgO)
Βιομηχανική ντομάτα	25-35	15-20	30-40	5-8
Επιτραπέζια ντομάτα	30-40	15-20	40-50	8-10
Τομάτα θερμοκηπίου	35-45	20-22	55-65	10-12

Πίνακας 1 : Λίπανση ντομάτας

Αμειψισπορά και ταχύτητα καρποφορίας

Η αμειψισπορά δεν είναι απαραίτητη για την καλλιέργεια της ντομάτας. Η ντομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο έδαφος για αρκετά χρόνια αν δεν παρατηρήσουμε αύξηση των παρασίτων και προσβολή σημαντικού μέρους της σοδειάς από αυτά . Αν το φυτό μας προσβληθεί από περονόσπορο , τότε η μεταφορά της καλλιέργειας σε ικανοποιητική απόσταση κρίνεται απαραίτητη.

Η ανάπτυξη του φυτού και η ταχύτητα της καρποφορίας του εξαρτώνται άμεσα από το είδος του εδάφους , τη λίπανση του και το κλίμα της περιοχής. Αν η σπορά πραγματοποιηθεί στα τέλη Φλεβάρη , οι ντομάτες θα είναι έτοιμες για συγκομιδή γύρω στα μέσα Ιουλίου , όταν η καλλιέργεια πραγματοποιηθεί σε περιοχή με αρκετά ζεστό κλίμα και σε έδαφος με πολύ οργανικό λίπασμα (κοπριά).

Ζιζανιοκτονία

Η ζιζανιοκτονία τοποθετείται χρονικά πριν το τελευταίο σβάρνισμα, 3-6 ημέρες πριν τη μεταφύτευση. 100-130 γραμμάρια ανά στρέμμα metalachlor μαζί με 200-

250 γραμμάρια ανά στρέμμα πενταμεθαλίν 33% (οι δοσολογίες επιλέγονται ανάλογα με τον τύπο του αγροτεμαχίου) είναι ένας ιδανικός συνδυασμός φαρμάκων για τη βιομηχανική τομάτα, ώστε να μην δημιουργεί πρόβλημα στην καλλιέργεια. Μεγάλη προσοχή απαιτείται στη σωστή επιλογή των ζιζανιοκτόνων, καθώς λάθος σκεύασμα αυξάνει την τοξικότητα και καταστρέφει το φυτό.

Παράλληλα με τη ζιζανιοκτονία, προτείνουμε την εφαρμογή εντομοκτόνου εδάφους, κυρίως όταν προηγείται καλλιέργεια σιτηρών ή υπάρχει αρκετή εδαφική υγρασία.

1.6 Εχθροί και ασθένειες

Ασθένειες και συμπτώματα

•**Βοτρύτης** : Προκαλούνται στην αρχή καστανές υδατώδεις εκτεταμένες κηλίδες, που μπορεί να εξελιχθούν σε νεκρώσεις. Χαρακτηριστική είναι η γκρίζα εξάνθιση (χνούδι) του μύκητα στα προσβεβλημένα όργανα. Προσβάλλει όλα τα μέρη των φυτών (φύλλα, στελέχη, άνθη, καρπούς) και σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Ο βοτρύτης μπορεί να αναπτυχθεί και σαπροφυτικά σε υπολείμματα της καλλιέργειας και σε νεκρά μέρη των φυτών και από εκεί να μολύνει γειτονικούς υγιείς ιστούς.

•**Περονόσπορος** : Προσβάλλεται η βλάστηση και οι καρποί. Η προσβολή ξεκινά από τα κατώτερα φύλλα, όπου εμφανίζονται κιτρινωπές κηλίδες ακανόνιστου σχήματος («λαδίς»). Αυτές οι περιοχές στη συνέχεια γίνονται καστανές και ξηραίνονται. Με υγρές συνθήκες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων διακρίνεται το λευκό χνούδι (εξάνθιση) του μύκητα. Στους μίσχους και στους βλαστούς οι νεκρώσεις των ιστών παίρνουν επίμηκες σχήμα. Οι καρποί προσβάλλονται αρχικά στην περιοχή του ποδίσκου. Η προσβολή μπορεί να εξαπλωθεί στη συνέχεια σε ολόκληρο τον καρπό.

•**Αλτερναρίωση στελέχους τομάτας**: Οργανισμός που την προκαλεί: *Alternaria solani* Αυτός ο ατελής μύκητας είναι πολύ συνηθισμένος, προκαλεί απώλειες φύλλων στις θερμές ημέρες του καλοκαιριού και μπορεί να μπερδευτεί με τον περονόσπορο. Προκαλούνται έλκη στη βάση των στελεχών, που μπορεί να το περιβάλλουν ολόκληρο προκαλώντας την ξήρανση του φυτού. Προσβάλλονται και οι καρποί, όπου δημιουργούνται βυθισμένες καστανόμαυρες κηλίδες σε μεγάλες περιοχές.

•**Ωίδιο** : Στα φύλλα εμφανίζονται χλωρώσεις γωνιώδεις και ακανόνιστες. Εντονότερα είναι τα συμπτώματα στην τομάτα και στην πιπεριά ενώ ανοιχτοκίτρινες κηλίδες προκαλούνται στη μελιτζάνα και το αγγούρι. Οι κηλίδες αργότερα γίνονται νεκρωτικές. Η εξάνθιση του μύκητα εμφανίζεται και στις δύο επιφάνειες του φύλλου (λευκό χνούδι), πρώτα όμως στην κάτω επιφάνεια. Η ευαισθησία των φυτών αυξάνεται με την ηλικία τους, ενώ τα νεαρά φυτά παρουσιάζουν ανεκτικότητα. Η ασθένεια εμφανίζεται συνηθέστερα στο φύλλωμα

•**Κλαδοσπορίωση** : Προσβάλλονται πρώτα τα κατώτερα φύλλα, όπου δημιουργούνται ακανόνιστες χλωρωτικές (κιτρινοπράσινες) κηλίδες. Η καστανή εξάνθιση του μύκητα εμφανίζεται στην κάτω επιφάνεια. Αργότερα οι κηλίδες γίνονται καστανοκίτρινες, επεκτείνονται, τα φύλλα συστρέφονται, μαραίνονται και σε συνθήκες σοβαρής προσβολής πέφτουν. Σπάνια μπορεί να προσβληθούν άνθη ή καρποί τομάτας.

Εχθροί και συμπτώματα

•**Αλτης ή Ψύλλος**: Εξαιτίας των φαγωμάτων στα αναδυόμενα φυτάρια, εμφανίζονται στο χωράφι κενές θέσεις.

Στις κοτυληδόνες και στα πρώτα πραγματικά φύλλα προκαλούνται μικρές στρογγυλές τρύπες με γκρίζο περιθώριο, ώστε να τα κάνει να μοιάζουν με "σίτα"(εικόνα 1).

•**Δορυφόρος**: Τα ακμαία και οι προνύμφες προκαλούν φαγώματα στα φύλλα. Σε σοβαρή προσβολή το φύλλο εξαφανίζεται και μένουν στο φυτό μόνο τα νεύρα και τα στελέχη. Χαρακτηριστικό του εντόμου είναι τα πορτοκαλόχρωμα αυγά του, που τα τοποθετεί σε ομάδες των 10-30 στην κάτω επιφάνεια του φύλλου(εικόνα 2).

•**Κοινός Τετράνυχος**: Στην επάνω επιφάνεια των φύλλων παρουσιάζεται χλώρωση κατά κηλίδες, ενώ στην κάτω επιφάνεια διακρίνονται οι θέσεις διατροφής των αποικιών τους (ασημόχρωμες και ελαφρά βυθισμένες) και με τη χρήση μεγεθυντικού φακού οι τετράνυχτοι. Σημάδι της προσβολής είναι και οι μετάξινοι αραχνοειδείς ιστοί στα προσβεβλημένα μέρη. Σε έντονη προσβολή τα φύλλα καρουλιάζουν, ξηραίνονται και πέφτουν. Μπορεί να προσβληθούν επίσης τα στελέχη, τα άνθη και οι καρποί. Στους καρπούς των εσπεριδοειδών παρατηρούνται σκουρόχρωμες κηλίδες, οι οποίες επεκτείνονται και καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της επιφάνειας(εικόνα 3).

•Πράσινο σκουλήκι: Οι νεαρές προνύμφες (κάμπιες) τρέφονται από τα φύλλα και στη συνέχεια από τα "χτένια", τα οποία πέφτουν. Ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξής τους τα προσβεβλημένα καρύδια πέφτουν (τα μικρά) ή σαπίζουν επάνω στο φυτό, συνήθως λόγω δευτερογενών μυκητολογικών προσβολών(εικόνα 4).

•Αφίδες Λαχανικών: Βρίσκονται συνήθως στην κάτω επιφάνεια του φύλλου, όπου σχηματίζουν αποικίες. Χαρακτηριστικό είναι η παραγωγή μελιτώματος. Σε σοβαρές προσβολές τα φύλλα καρουλιάζουν και μεταχρωματίζονται. Εκτός από την απομύζηση χυμών οι αφίδες μπορεί να μεταφέρουν ιώσεις (π.χ. ιός Υ, μωσαϊκό αγγουριού CMV, ασπερμία τομάτας, μωσαϊκό καρπουζιού, ίκτερος κολοκυνθοειδών), οπότε σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζονται τα αντίστοιχα συμπτώματα(εικόνα 5).

•Tuta Absoluta: Βρίσκονται συνήθως στην κάτω επιφάνεια του φύλλου, όπου σχηματίζουν αποικίες. Χαρακτηριστικό είναι η παραγωγή μελιτώματος. Σε σοβαρές προσβολές τα φύλλα καρουλιάζουν και μεταχρωματίζονται. Εκτός από την απομύζηση χυμών οι αφίδες μπορεί να μεταφέρουν ιώσεις (π.χ. ιός Υ, μωσαϊκό αγγουριού CMV, ασπερμία τομάτας, μωσαϊκό καρπουζιού, ίκτερος κολοκυνθοειδών), οπότε σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζονται τα αντίστοιχα συμπτώματα(εικόνα 6).



Εικόνα 4: Άλτης

Εικόνα 5: Δορυφόρος **Εικόνα 6:** Κοινός τετράνυχος



Εικόνα 7: Πράσινο σκουλήκι **Εικόνα 8:** Αφίδες λαχανικών



Εικόνα 9: *Tuta absoluta*

1.7 Η φυσιολογία του βορίου (B) στο φυτό

1.7.1 Χημικά χαρακτηριστικά του βορίου

Το βόριο είναι το χημικό στοιχείο με σύμβολο B και ατομικό αριθμό 5 και σθένος 3, αποτελεί μέλος της υποομάδας III των μεταλλοειδών, και παρουσιάζει ενδιάμεσες ιδιότητες, δηλαδή άλλοτε συμπεριφέρεται σαν αμέταλλο και άλλοτε σαν μέταλλο (Merschner, 1995). Στην φύση, το βόριο δεν βρίσκεται ελεύθερο, δηλαδή σε στοιχειακή μορφή αλλά δεσμευμένο με άλλα χημικά στοιχεία σε πετρώματα, όπως ο βόρακας.

1.7.2 Το βόριο ως θρεπτικό στοιχείο των φυτών

Το βόριο αποτελεί ένα απαραίτητο μικροστοιχείο για την διατροφή των ανώτερων φυτών, ορισμένων θαλάσσιων φυκών και κυανοβακτηρίων. Ειδικότερα στα ανώτερα φυτά, είναι τεκμηριωμένα απαραίτητο για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου (Gupta 1979; Shorocks 1997). Ωστόσο, νεώτερα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η παρουσία βορίου επίσης συνεπάγεται ευνοϊκές επιδράσεις σε ζωικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου (Nielsen, 2000). Τα συμπτώματα της έλλειψης υποδεικνύουν ότι το στοιχείο αυτό παίζει βασικό ρόλο στην διατήρηση της ομοιόστασης των κυττάρων και στην διατήρηση των αναπτυξιακών και αναπαραγωγικών διεργασιών των ανώτερων φυτικών οργανισμών. Η τροφοπενία βορίου επιφέρει πληθώρα αλλαγών στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων, στην δομή και λειτουργία των μεμβρανών όπως και στον δευτερογενή μεταβολισμό, με την υπερπαραγωγή μορίων κυρίως της κατηγορίας

των φαινολικών συστατικών (Cakmak and Romheld 1997, Goldbach, 1997; Blevins and Lukaszewski, 1998).

Η έλλειψη βορίου παρεμποδίζει την επιμήκυνση των αναπτυσσόμενων κυττάρων (Hu and Brown, 1994, Dell and Huang, 1997), γεγονός που γίνεται ορατό στις πρώτες τρεις μέρες ανεπάρκειας βορίου. Η αντίδραση αυτή παρατηρείται εντονότερα στα κύτταρα του ριζικού συστήματος (Marschner, 1995), και δικαιολογεί την επιβράδυνση της αύξησης των μεριστωματικών ιστών, ένα από τα πιο χαρακτηριστικά συμπτώματα που προκαλεί η έλλειψη βορίου (Dugger, 1983, Marschner, 1995). Στο υπέργειο τμήμα, η ανάπτυξη του κορυφαίου μεριστωματικού ιστού εξαρτάται από την ομαλή τροφοδοσία σε βόριο, ενώ σε περίπτωση έλλειψης του στοιχείου μπορεί να παρατηρηθεί ακόμη και ολική νέκρωση του κορυφαίου μεριστώματος. Τα φύλλα παρουσιάζουν ανώμαλη ανάπτυξη και αδυνατούν να εκπτυχθούν πλήρως (Hu and Brown, 1994), αποκτούν αρχικά έντονο πράσινο χρώμα, έπειτα αναπτύσσουν καστανούς χρωματισμούς, ενώ σε ακραίες συνθήκες έλλειψης εμφανίζουν χλωρώσεις και απορρίπτονται (Dell and Huang, 1997, Marschner, 1995). Η τροφοπενία βορίου επιδρά αρνητικά και στην κυτταρική διαίρεση. Σε ορισμένες περιπτώσεις η τροφοπενία βορίου προκαλεί ανωμαλίες στην ανάπτυξη των αγγείων του ξύλου και των στοιχείων του ηθμού (Dell and Huang, 1997) ενώ σε άλλες δεν έχουν παρατηρηθεί ανάλογα συμπτώματα (Liakopoulos et al., 2005)

1.7.3 Κατανομή του βορίου σε επίπεδο φυτού

Κάθε φυτικός οργανισμός παρουσιάζει διαφορετική κινητικότητα βορίου μεταξύ των επιμέρους οργάνων και ιστών. Έτσι διακρίνονται σε φυτά με έντονη κινητικότητα βορίου και σε φυτά με μειωμένη κινητικότητα του στοιχείου (Brown and Shelp, 1997). Η διαφοροποίηση αυτή της κινητικότητας του στοιχείου καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η κατανομή του βορίου μεταξύ των οργάνων διαφορετικής ηλικίας καθώς και μεταξύ των οργάνων που διαφέρουν ως προς το ρυθμό διαπνοής. Παρατηρείται σε συνθήκες επάρκειας βορίου η συγκέντρωση του στοιχείου στα ώριμα όργανα να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα νεότερα, γεγονός που ανατρέπεται σε περίπτωση που η εξωτερική τροφοδοσία βορίου είναι ανεπαρκής (Stavrianakou et al., 2006b). Την ικανότητα

επανεκκίνησης του βορίου από τα ώριμα στα εκπτυσσόμενα φύλλα διαθέτει και η ελιά (Liakourou et al., 2005). Άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την κινητικότητα και την κατανομή του στοιχείου είναι τα σημεία εξάτμισης του νερού μέσω της διαπνοής, η τοπολογία εμφάνισης των συμπτωμάτων τροφοπενίας ή τοξικότητας, η συγκέντρωση του βορίου στον ηθμό και η συσχέτιση της με την περιεκτικότητα σε βόριο των αναπτυσσόμενων οργάνων και τέλος το πρότυπο αναδιανομής εξωγενούς χορηγούμενου βορίου με την χρήση του σταθερού ισότοπου B. Η ικανότητα επαναδιανομής του βορίου στο ηθμό φαίνεται να σχετίζεται με την δημιουργία συμπλόκων με πολυόλες μεταξύ των διακινούμενων φωτοσυνθετικών προϊόντων (Brown and Hu, 1996), γεγονός το οποίο δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό του βορίου ως δυσκίνητου θρεπτικού στοιχείου σε ορισμένα φυτά στα οποία τα διακινούμενα φωτοσυνθετικά προϊόντα δεν περιλαμβάνουν σακχαροαλκοόλες.

1.7.4 Μεταφορά και αφομοίωση του βορίου μέσα στο φυτό

Το βόριο μόλις βρεθεί στον ελεύθερο χώρο της ρίζας μπορεί:

- να συνδεθεί με πολυσακχαρίτες, ή
- να παραμείνει ελεύθερο ως επιφανειακό film βορίου, ή
- να προσαρτηθεί πάνω στα κυτταρικά τοιχώματα.

Το βόριο είναι σχετικά δυσκίνητο μέσα στο φυτό. Κινείται κυρίως στο ξύλο ως σύμπλοκο σακχάρων-βορικού, ενώ η κίνησή του στον φλοιό είναι περιορισμένη. Το βόριο μπορεί να χαθεί με τον μηχανισμό της σταγονόρροιας από τα υδατώδη.

1.7.5 Λειτουργίες του φυτού που απαιτούν βόριο

Οι λειτουργίες του βορίου στο φυτό σχετίζονται με την μεριστωματική αύξηση και εμπλέκονται άμεσα στην διαφοροποίηση των κυττάρων, την ωρίμανση, την διαίρεση και την επιμήκυνση. Η μοριακή βάση αυτής της λειτουργίας βρίσκεται στο ότι το βόριο είναι αναγκαίο για την σύνθεση της ουρακίλης. Η ουρακίλη είναι συστατικό του RNA και η πρόδρομη ένωση της ουριδινό-διφωσφορογλυκόζης. Όταν περιορίζεται η στάθμη του βορίου, οι ρυθμοί της κυτταρικής

διαίρεσης μειώνονται και αυξάνει ο αριθμός των αδιαφοροποίητων κυττάρων. Επιπλέον, το βόριο επηρεάζει την αύξηση του υπέρου, πιθανώς με αύξηση της απορρόφησης και του μεταβολισμού των σακχάρων και αύξηση της αναπνοής. Επομένως το βόριο ασκεί ένα έμμεσο έλεγχο στη βλάστηση.

Αρκετές άλλες λειτουργίες αποδίδονται στο βόριο:

- Συμπλοκοποιείται με πολυϋδρόξυ-υποστρώματα, ένζυμα και συν-ένζυμα και ενεργοποιεί ή παρεμποδίζει μεταβολικές διαδικασίες.
- Προστατεύει την οξειδάση του ινδολυλ-οξεικού οξέος από την συμπλοκοποίηση με τους παρεμποδιστές της.
- Συνδέεται με φωσφογλυκονικό και παρεμποδίζει την πορεία των φωσφοροπεντοζών, οπότε η γλυκόλυση ευνοείται και δεν συσσωρεύονται φαινόλες.
- Εμπλέκεται στη βιοσύνθεση της λιγνίνης και στη διαφοροποίηση των αγγείων του ξύλου.

1.7.6 Επάρκεια του φυτού σε βόριο

Η μέση περιεκτικότητα των περισσότερων φυτών σε βόριο είναι 20 mg kg⁻¹ (ppm) σε ξηρή βάση. Το βόριο κατανέμεται ακανόνιστα μέσα στο φυτό. Τα υψηλότερα επίπεδα βορίου βρίσκονται στα αναπαραγωγικά φυτικά μέρη, όπως τους ανθήρες, το στίγμα και τις ωθήκες (μερικές φορές σε επίπεδα διπλάσια από εκείνα των βλαστών).

Οι απαιτήσεις σε βόριο ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων τύπων των φυτών. Στα μονοκότυλα είδη, η περιεκτικότητα των φύλλων κυμαίνεται μεταξύ 1 και 6 ppm, ενώ στα περισσότερα δικότυλα μεταξύ 20 και 70 ppm. Στα δικότυλα που φέρουν σύστημα latex είναι μεταξύ 80 και 100 ppm.

Το περισσότερο από το βόριο των φύλλων συσσωρεύεται στην περιφέρεια και στα άκρα, σε επίπεδα 5 έως 10 φορές υψηλότερα από εκείνα του ελάσματος.

Ορισμένες καλλιέργειες όπως το ζαχαρότευτλο, το σέλινο, η μηλιά, η αχλαδιά, το αμπέλι, καλλιέργειες Brassica (όπως το γογγύλι, το κουνουπίδι, το λάχανο) και μερικά ψυχανθή, έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε βόριο.

1.8 Έλλειψη του βορίου - Περίσσεια βορίου - Συμπτώματα

Η **έλλειψη βορίου** στην τομάτα έχει ως συνέπεια κάποια εμφανή συμπτώματα στα κλαδιά και τους καρπούς της.

Στα κλαδιά οι μίσχοι γίνονται άκαμπτοι. Τα νέα άνθη πεθαίνουν και μειώνεται η ανάπτυξη. Αναπτύσσονται τα πλευρικά κλαδιά εμποδίζοντας την ανάπτυξη του φυτού σε ύψος. Τα φύλλα αποκτούν έντονη χροιά από μωβ, καφέ και κίτρινο χρώμα, είναι παχιά και εύθρυπτα (εικόνα 10).

Οι καρποί της τομάτας δεν έχουν σπόρους και παρουσιάζουν φελώδη υφή. Η ωρίμανση δεν είναι ομοιόμορφη και οι καρποί δεν <<δένουν>> (εικόνα 11).

Το εύρος μεταξύ επαρκών και τοξικών επιπέδων βορίου είναι στενό. Επίπεδα πάνω από 5 ppm βορίου στο νερό είναι τοξικά για τα περισσότερα φυτά. Πάνω από 10 ppm, η **τοξικότητα** μπορεί να γίνει εμφανής και στα ανθεκτικά φυτά.

Τα συμπτώματα της **τοξικότητας** είναι η χλώρωση και η νέκρωση των άκρων των φύλλων και τελικά το καψάλισμα και το κάψιμο των φύλλων. Τα φύλλα αυτά πέφτουν πρόωρα.



Εικόνα 10: Έλλειψη βορίου σε κλαδιά ντομάτας



Εικόνα 11 : Έλλειψη βορίου σε καρπούς ντομάτας

1.9 Το βόριο στο έδαφος

Το βόριο στα περισσότερα εδάφη απαντάται σε συγκεντρώσεις της τάξης των 10 mg kg⁻¹ ή χαμηλότερες. Η περιεκτικότητα των περισσότερων εδαφών σε βόριο ανέρχεται σε 10 mg kg⁻¹ περίπου. Εδάφη με χαμηλότερη συγκέντρωση (<10 mg kg⁻¹) χαρακτηρίζονται ως φτωχά σε βόριο ενώ εκείνα που περιέχουν 10-100 mg kg⁻¹ περιλαμβάνουν τα πλούσια σε βόριο εδάφη (Power, 1997). Το βόριο βρίσκεται στο έδαφος σε πέντε μορφές: (α) ως συστατικό των πρωτογενών ορυκτών, (β) ως συστατικό των δευτερογενών ορυκτών, (γ) προσροφημένο στην άργιλο, στην οργανική ουσία και σε ένυδρα οξείδια, (δ) ως διαλυτό βόριο στο εδαφικό διάλυμα και (ε) ως αφομοιωμένο από την βιομάζα. Συνήθως το διαλυτό βόριο, το οποίο αντιπροσωπεύει και τη διαθέσιμη μορφή για τα φυτά, αποτελεί το 10% του συνολικού εδαφικού βορίου (Power, 1997). Το διαλυτό βόριο απαντάται στο έδαφος με τη μορφή βορικού οξέος B(OH) ενώ σε υψηλές τιμές pH εμφανίζεται ως τετραεδρικό ανιόν B(OH)₄⁻ (Δροσόπουλος, 1998), γεγονός που δυσχεραίνει τη διάθεση του στα φυτά και την προσρόφηση του από τα ορυκτά συστατικά του εδάφους (Goldberg, 1997). Η διαθεσιμότητα του βορίου στο έδαφος φαίνεται επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως την υφή του εδάφους, την ατμοσφαιρική υγρασία, τη θερμοκρασία και το pH του εδαφικού διαλύματος. Η εύκολη έκπλυση του βορίου από το έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα του νερού, την ποιότητα και την υφή του εδάφους. Συνεπώς, τα λεπτά σε υφή εδάφη συγκρατούν το βόριο μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα σε σχέση με τα χονδρόκοκκα εδάφη (Δροσόπουλος, 1992). Επίσης τα εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία φαίνεται να είναι και πλούσια σε βόριο, σε σχέση με τα ξηρα εδάφη λόγω της περιορισμένης απελευθέρωσης βορίου από τα οργανικά σύμπλοκα καθώς και της περιορισμένης ικανότητας των φυτών να αντλήσουν το στοιχείο (Δροσόπουλος, 1992)

Τα δεδομένα για την πρόσληψη του Βορίου από το ριζικό σύστημα των φυτών φαίνεται να ήταν ασαφή. Νέες μελέτες αναφέρουν ότι παράλληλα με το μηχανισμό απορρόφησης του στοιχείου με παθητική μεταφορά, λειτουργούν και μηχανισμοί ενεργούς μεταφοράς μέσω εξειδικευμένων μεμβρανικών μεταφορέων (Dannel et al., 2002; Takano et al., 2002; Stavrianakou et al., 2006a). Περαιτέρω έρευνες έδειξαν ότι ο μηχανισμός παθητικής μεταφοράς αδρανοποιείται 24 ώρες μετά τη μεταφορά του φυτού σε περιβάλλον επαρκές σε βόριο (Preffer et al., 1999).

1.10 Η επίδραση του βορίου στη φωτοσύνθεση

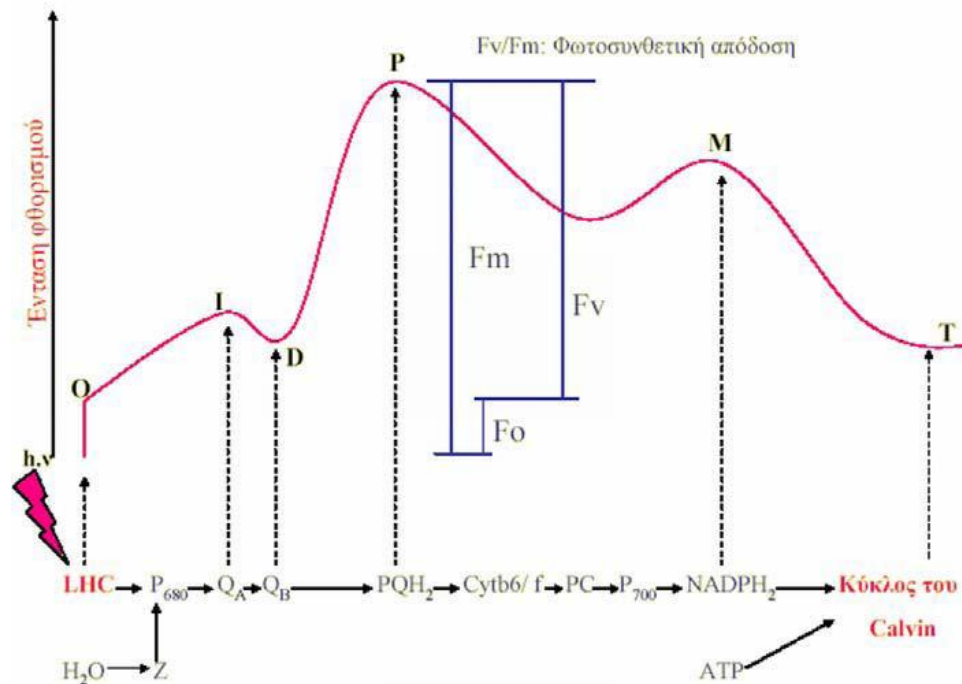
Η επίδραση του βορίου στη φωτοσύνθεση δεν έχει μελετηθεί αρκετά (Cakmak και Romheld, 1997, Kastori et al., 1995). Πάντως, η έλλειψη του βορίου φαίνεται να επηρεάζει έμμεσα μόνο τη φωτοσύνθεση (Sharma και Ramchandra, 1990, Shelp, 1993). Αυτό συμβαίνει διότι υπό συνθήκες τροφοπενίας βορίου:

- ✓ μειώνεται η φωτοσυνθετική επιφάνεια του φυτού (Kastori et al., 1995)
- ✓ μειώνεται ο αριθμός και το μέγεθος των στοματίων καθώς και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων (Sharma και Ramchandra, 1990)
- ✓ μειώνεται η περιεκτικότητα των φύλλων σε φωτοσυνθετικά ένζυμα και χλωροφύλλη. Κατά συνέπεια επηρεάζονται αρνητικά η αντίδραση Hill και η καθαρή φωτοσύνθεση (Sharma και Ramchandra, 1990)
- ✓ παρατηρείται συσσώρευση σακχάρων και αμύλου στα φύλλα, πράγμα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μειώνεται η μετακίνηση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης από τα σημεία παραγωγής τους προς τα μέρη εκείνα του φυτού που τα έχουν ανάγκη (Shelp, 1993). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φωτοσύνθεσης, εξαιτίας της "φαινομενικής επάρκειας" φωτοσυνθετικών προϊόντων (Dell και Huang, 1997)
- ✓ μειώνεται η μεταφορά ενέργειας από το φωτοσύστημα-II (PS-II) στο φωτοσύστημα-I (PS-I), πράγμα που αυξάνει τις πιθανότητες οξειδωτικής καταπόνησης των χλωροπλαστών (Goldbach et al., 1991; Kastori et al., 1995). Αυτό συμβαίνει επειδή το μοριακό οξυγόνο (O₂) λειτουργεί ως εναλλακτικός δέκτης των αχρησιμοποίητων ηλεκτρονίων (e⁻) και της φωτεινής ενέργειας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενεργών ριζών οξυγόνου (Cakmak, 1994).
- ✓ αυξάνεται η ευαισθησία των φύλλων στη φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης, καθώς μειώνεται το σημείο φωτοκορεσμού της (Dell και Huang, 1997)
- ✓ αυξάνεται το μέγεθος των ζημιών που προκαλούνται στις μεμβράνες και στη χλωροφύλλη, λόγω φωτοοξειδωτικής, ως αποτέλεσμα συνδυασμένης επίδρασης της μειωμένης φωτοσύνθεσης και της αύξησης της οξειδωτικής των φαινολών. Η ζημία αυτή γίνεται ακόμα μεγαλύτερη λόγω εξασθένησης της άμυνας του φυτού (μειωμένη παραγωγή ασκορβικού

οξέος, γλουταθειόνης και αναγωγάσης της γλουταθειόνης) (Cakmak και Romheld, 1997)

1.11 Ο φθορισμός της χλωροφύλλης

Μόνο ένα μέρος της ενέργειας που απορροφάται από τις χρωστικές του φωτοσυνθετικού μηχανισμού χρησιμοποιείται για τη φωτοχημεία της φωτοσύνθεσης. Η επιπλέον ενέργεια από αυτήν που χρησιμοποιείται για τη φωτοχημεία της φωτοσύνθεσης πρέπει να απελευθερωθεί αποτελεσματικά με μη-φωτοχημικές διαδικασίες. Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν την εκπομπή θερμότητας και την επανεκπομπή μικρών αλλά ανιχνεύσιμων ποσών της απορροφημένης ακτινοβολίας ως μεγαλύτερου μήκους κύματος φωτεινή ενέργεια. Αυτή η επανεκπομπή του φωτός καλείται φθορισμός χλωροφύλλης. Η επαγωγή του φθορισμού από φωτοσυνθετικούς οργανισμούς παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τους Kautsky and Hirsch το 1931 (Krause and Weis, 1991). Η επαγωγή του φθορισμού από τα φυτά πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, εκ των οποίων η πρώτη είναι ταχεία και η δεύτερη αργή. Σήμερα, η μελέτη της καμπύλης του επαγωγικού φθορισμού –ιδιαίτερα της ταχείας φάσης- έχει εξελιχθεί σε πολύτιμο ερευνητικό μέσο για τη μελέτη της δραστηριότητας, αλλά και της απόδοσης του φωτοσυνθετικού μηχανισμού. Ο φθορισμός αυξάνεται όταν η φωτοχημική απόδοση της φωτοσύνθεσης παρεμποδίζεται για οποιοδήποτε λόγο, για παράδειγμα όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος οξειδωμένος δέκτης ηλεκτρονίων σε κάποιο σημείο στην πορεία της ηλεκτρονιακής μεταφοράς. Το μεγαλύτερο μέρος του φθορισμού εκπέμπεται από τις χρωστικές της κεραίας του Φωτοσυστήματος II, κι αυτό γιατί το PSII έχει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό: όταν τα κέντρα του είναι «κλειστά», τότε αυτά τα ίδια τα κέντρα αποσβένουν αρκετά αποτελεσματικά τον φθορισμό. Όταν ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός, μετά από την προσαρμογή του στο σκοτάδι, δεχτεί την επίδραση συνεχούς φωτισμού, τότε ο φθορισμός του αυξάνεται από το αρχικό του επίπεδο (F_0) σε ένα μέγιστο επίπεδο (F_m) και στη συνέχεια μειώνεται βαθμιαία μέχρις ένα σταθερό επίπεδο (F_s)



Εικόνα 12: Τυπική καμπύλη επαγωγικού φθορισμού

- **Ελάχιστος φθορισμός (F0)**

Κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, τα κέντρα αντίδρασης στο PSII είναι ανοικτά και υπάρχει μια ελεύθερη ροή ηλεκτρονίων. Κάθε φωτόνιο που απορροφάται από ένα μόριο χλωροφύλλης μετατοπίζει ένα ηλεκτρόνιο από την θεμελιώδη σε μία διεγερμένη κατάσταση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας τα κέντρα αντίδρασης στο PSII είναι σε ανοικτή κατάσταση διότι η μεταφορά ηλεκτρονίων είναι αρκετά γρήγορη έτσι ώστε να επιτρέπεται η είσοδος περαιτέρω ηλεκτρονίων. Υπάρχει μια σταθερή ροή ηλεκτρονίων και εμφανίζεται ένας ελάχιστος φθορισμός (F0).

- **Μέγιστος φθορισμός (Fm)**

Όταν ένας παλμός κορεσμού φωτός στέλνεται σε ένα φωτοσυνθετικό δείγμα τότε προκαλείται σε αυτό ο μέγιστος φθορισμός. Το οξειδωμένο κέντρο αντίδρασης θα γίνει εντελώς ανοιγμένο με την αύξηση της μεταφοράς των ηλεκτρονίων (περισσότερο φως). Τα κέντρα αντίδρασης είναι τώρα κλειστά και ο αποδέκτης ηλεκτρονίων (QA) ανάγεται εντελώς. Η ροή των ηλεκτρονίων εμποδίζεται επειδή η ποσότητα των QA δεν μπορεί να μεταφέρει τα ηλεκτρόνια αρκετά γρήγορα έτσι ώστε να συμβαδίσει με την εισροή των φωτονίων με αποτέλεσμα να εμφανίζεται

η μέγιστη κβαντική απόδοση του PSII (F_m). Σε αυτή την κατάσταση, η εκπομπή φθορισμού είναι μέγιστη.

- **Μεταβλητός φθορισμός (F_v)**

Η διαφορά μεταξύ των εντάσεων φθορισμού με τα κλειστά και ανοικτά κέντρα αντίδρασης είναι γνωστή ως μεταβλητός φθορισμός χλωροφύλλης ($F_v = F_m - F_0$). Αυτό αντιστοιχεί στο μέρος της απορροφημένης φωτεινής ενέργειας που θα χρησιμοποιούταν στη φωτοσύνθεση εάν όλα τα κέντρα αντίδρασης ήταν στην ανοικτή κατάσταση.

- **Ο λόγος F_v/F_m**

Ο λόγος του φθορισμού F_v/F_m είναι ανάλογος του κβαντικού επιπέδου της φωτοχημείας της φωτοσύνθεσης. Η μείωση του λόγου F_v/F_m είναι ενδεικτική του αποτελέσματος κάποιων περιβαλλοντολογικών εξωτερικών παραγόντων, και αυτή η αλλαγή δείχνει απώλεια της φωτοχημικής απόδοσης. Η ευνοϊκότερη τιμή του λόγου F_v/F_m για τα περισσότερα είδη φυτών είναι $0,83 \pm 0,05$ (Krause and Weis, 1991). Τιμές χαμηλότερες από αυτή δείχνουν ότι το φυτό είναι εκτεθειμένο σε κάποιου είδους καταπόνηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Υλικά

Το πείραμα διεξάχθηκε σε φυσικές συνθήκες.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

1. 60 φυτάρια ντομάτας ποικιλίας *roma*
2. Βασικό λίπασμα
3. H_3BO_3 (βορικό οξύ)
4. Βασικό λίπασμα
5. 6 σωλήνες PVC
6. Σταλακτηφόροι σωλήνες $\Phi 16-4L/h-30cm$

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε πάνω σε φυτά **ντομάτας** ποικιλίας **roma** από τον Μάιο του 2013 έως και τον Ιούλιο του 2013 στο αγρόκτημα του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Ιδρύματος Θεσ/νίκης.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα μικρό αγροτεμάχιο του αγροκτήματος που είχε να καλλιεργηθεί ένα χρόνο. Συνέπεια αυτής της αγρανάπαυσης ήταν η εξάπλωση των ζιζανίων και ειδικότερα της κύπερης(το οποίο είναι ένα από τα πιο δύσκολα ζιζάνια στο θέμα της καταπολέμησης). Για την καταπολέμηση των ζιζανιών δεν χρησιμοποιήθηκε ζιζανιοκτόνο , αλλά έγινε απομάκρυνση με ειδικό γεωργικό εργαλείο και έπειτα το έδαφος οργώθηκε.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα φυτά σε 3 σειρές , όπου κάθε σειρά είχε από 20 φυτά (το σύνολο 60 φυτά) με βάθος φύτευσης 5-6 cm. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 50 cm επί των γραμμών και 70 cm μεταξύ των γραμμών. Έπειτα βάλαμε βασική λίπανση και ποτίσαμε.

Η σειρά Α ορίστηκε ως ο μάρτυρας του πειράματος , η οποία δεν επρόκειτο να δεχθεί κανένα ψεκασμό. Το μόνο που βάλαμε ήταν βασική λίπανση όπως και στις άλλες σειρές.

Στις 24 Μαΐου έγινε η φύτευση και άρδευση . Συνεχίστηκε η άρδευση ανά 3 ημέρες μέχρι τις 13 Ιουνίου μέχρι τα φυτάρια μας να αναπτυχθούν αρκετά.

Στις 13 Ιουνίου έγινε πότισμα και ψεκασμός με υδατικό διάλυμα βορίου . Στο αγροτεμάχιο μας είχαμε 3 σειρές. Η Α γραμμή ήταν ο μάρτυρας η οποία δεν δεχόταν καμία μεταχείριση. Στη Β γραμμή ψεκάσαμε τα φυτά με υδατικό δ/μα βορίου συγκέντρωσης 5 ppm ενώ στη Γ γραμμή ψεκάσαμε τα φυτά με υδατικό δ/μα βορίου συγκέντρωσης 10 ppm. Οι ίδιοι ψεκασμοί ακολούθησαν και στις 20/06 ,27/06 , 4/07 και στις 11/07.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών όποτε κρινόταν απαραίτητο κάναμε και το απαραίτητο ξεβοτάνισμα για την προστασία της καλλιέργειας μας από τα ζιζάνια.

Στο τέλος ,στις 17/07 αφού μαζέψαμε κάποια φύλλα από κάθε σειρά , προχωρήσαμε σε ανάλυση βορίου στο εργαστήριο.

2.2 Μέθοδοι

2.2.1 Άρδευση της βιομηχανικής ντομάτας

Σύμφωνα με την αρχική σχεδίαση του πειράματος είχε αποφασισθεί μεταξύ των άλλων και η μελέτη της υδατικής καταπόνησης των φυτών καλλιέργειας ντομάτας. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να εγκατασταθεί ένα σύστημα καταγραφής της εδαφικής υγρασίας προκειμένου να εφαρμόζεται το πρόγραμμα άρδευσης στην κάθε μεταχείριση. Χρησιμοποιήθηκε το φορητό υγρασιόμετρο εδάφους Diviner 2000 (Sentek, 2007) του Αυστραλιανού οίκου SENTEK Pty Ltd (Εικόνα 14).



Εικόνα 14 : Diviner 2000 **A)** Ράβδος αισθητήρων & καταγραφικό υγρασίας **B)** Σύστημα διάνοιξης οπής και εγκατάστασης σωλήνων PVC

Το Diviner 2000 διαθέτει μια ράβδο ενός μέτρου πάνω στην οποία προσαρμόζονται οι αισθητήρες υγρασίας ανά 10 cm. Η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων στηρίζεται στην τεχνολογία Frequency-Domain Reflectometry και λειτουργούν σε συχνότητα περίπου 100 MHz. Για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας προηγείται η εγκατάσταση σωλήνων PVC στο έδαφος με το ειδικό σύστημα που συνοδεύει το όργανο (Εικόνα 14B). Η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας επιτυγχάνεται βυθίζοντας τη ράβδο εντός του σωλήνα PVC με σταθερό ρυθμό και εν συνεχεία ανασύροντας τη ράβδο επίσης με σταθερό ρυθμό. Οι αισθητήρες πραγματοποιούν μια μέτρηση κατά την κάθοδο της ράβδου και μια κατά την άνοδο. Η τελική τιμή για κάθε βάθος προκύπτει από τον μέσο όρο των μετρήσεων και είναι εκφρασμένη κατ' όγκο (%V).

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λήψη ακριβών μετρήσεων υγρασίας είναι η βαθμονόμηση του οργάνου σε κάθε διαφορετική περιοχή που πρόκειται να διενεργηθούν μετρήσεις.

Για την περίπτωση του πειράματος τοποθετήθηκαν έξι σωλήνες PVC πάνω σε μια νοητή ευθεία κάθετη προς τις γραμμές των φυτών (Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Θέσεις μέτρησης του προφίλ της εδαφικής υγρασίας

Κατά τη διενέργεια των μετρήσεων παρατηρήθηκε ότι στην περιοχή εγκατάστασης του πειράματος υπάρχει υψηλή υπόγεια στάθμη (80 cm από την επιφάνεια του εδάφους) καθώς και μια ζώνη τριχοειδούς ανύψωσης του νερού που έφθανε σε βάθος περίπου 40 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Το γεγονός αυτό μας απέτρεψε να συμπεριλάβουμε την υδατική καταπόνηση στο σχέδιο του πειράματος διότι η παρουσία της υπόγειας στάθμης με την έντονη τριχοειδή ανύψωση θα τροφοδοτούσε το ριζικό σύστημα των φυτών με νερό και επομένως θα καθιστούσε αδύνατη την επιθυμητή διαβάθμιση της εδαφικής υγρασίας. Επίσης, λόγω του ότι το επιφανειακό έδαφος (0-60 cm) χαρακτηρίζεται ως αμμώδης πηλός (SL) με μετρημένη υδατοικανότητα 13% ξηρού βάρους εδάφους, γίνεται φανερή η δυσκολία διαβάθμισης της εδαφικής υγρασίας σε σχέση με τις διάφορες μεταχειρίσεις. Ωστόσο, για την κάλυψη των

υδατικών αναγκών ανάπτυξης των φυταρίων εγκαταστάθηκαν σε κάθε γραμμή φύτευσης σταλακτηφόροι σωλήνες Φ16-4L/h-30cm και οι αρδεύσεις εφαρμόζονταν κάθε εβδομάδα.

2.2.2 Μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης μετρήθηκε με μια ρυθμιζόμενη και χαμηλής έντασης ακτινοβολία από εκπεμπόμενο φως διόδων (διέγερσης μήκος κύματος στα 655 nm, ανίχνευση πάνω από 700 nm) χρησιμοποιώντας ένα φορητό ρυθμιζόμενο φθορισμόμετρο Plant Efficiency Analyzer (PEA 2000, Walz, Effeltrich, Germany) όπως περιγράφηκε από τους Shreiber et al. (1986). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην πάνω επιφάνεια των φύλλων, μετά από είκοσι λεπτά παραμονής τους στο σκοτάδι.

Το όργανο αποτελείται από τρεις μονάδες: α) τους συνδετήρες φύλλου (leaf clips) που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή του αισθητήρα (sensor) και διαθέτουν ειδικό κλείστρο για να κρατούν το φύλλο στο σκοτάδι β) τη μονάδα ελέγχου (control box) για αποθήκευση και επεξεργασία των μετρήσεων γ) τη μονάδα του αισθητήρα (sensor unit) που εκπέμπει ερυθρό φωτισμό. Η κεφαλή μέτρησης του αισθητήρα: i) φωτίζει τον ιστό και ii) ανιχνεύει και καταγράφει τα επαγόμενα σήματα του φθορισμού. Αποτελείται από 6 διόδους εκπομπής φωτός υψηλής έντασης (LEDs) που φωτίζουν ομοιόμορφα την επιφάνεια φύλλου (διάμετρος 4 mm) με μέγιστη φωτεινή ένταση 630 Wm⁻². Ο φθορισμός που εκπέμπεται από τον φωτοσυνθετικό ιστό περνάει μέσα από ένα οπτικό φίλτρο και φθάνει στον ανιχνευτή ο οποίος απορροφά τα μεγάλα μήκη κύματος και ανακλά το μικρότερο μήκος κύματος φωτός που προέρχεται από τα LEDs. Η μονάδα του αισθητήρα συνδέεται με ένα καλώδιο με τη συσκευή ελέγχου που έχει και όλα τα ηλεκτρονικά μέρη του PEA.

Ως πρώτη αξιόπιστη μέτρηση θεωρείται η μέτρηση στα 50 μs μετά την έναρξη φωτισμού του δείγματος γι αυτό εκλαμβάνεται ως η αρχική τιμή φθορισμού F₀. Ο φθορισμός επάγεται από ερυθρό φωτισμό (μέγιστο 735 nm) ρυθμιζόμενης έντασης η οποία αναφέρεται ως ένταση διέγερσης.

Η ελάχιστη απόδοση του φθορισμού F₀ του ακτινιδίου που προσαρμόστηκε στο σκοτάδι προσδιορίστηκε κάτω από αμυδρό κόκκινο φως χαμηλής

έντασης. Στην επάνω πλευρά του φύλλου και περίπου στο μέσο αυτού τοποθετήσαμε ένα κλιψάκι φύλλου σε καθορισμένη απόσταση από την οπτική ίνα του υποδοχέα και ένα αμυδρό 5 s ερυθρού φάσματος (735 nm) φως στάλθηκε για να οξειδώσει πλήρως την αλυσίδα μεταφοράς των ηλεκτρονίων. Η μέγιστη απόδοση του φθορισμού (Fm) φυτών ακτινιδίου επιτεύχθηκε με έκθεση του φωτοσυστήματος PSII σε ένα παλμικά κορεσμένο (0,8 s) άσπρο φως. Η διαφορά ανάμεσα στο Fm (μέγιστη τιμή φθορισμού) και το Fo (αρχική τιμή φθορισμού) έδωσε τον μεταβλητό φθορισμό Fv ($F_v = F_m - F_o$). Η μέγιστη φωτοχημική απόδοση του PSII (φωτοσυστήματος II) προσδιορίστηκε ως ο λόγος του μεταβλητού φθορισμού Fv προς το μέγιστο φθορισμό (F_v/F_m) και αντιπροσωπεύει την φωτοσυνθετική ικανότητα του PSII. Οι φυσιολογικές τιμές του F_v/F_m για τη ντομάτα είναι γύρω στα 0,79-0,85 .



Εικόνα 13 : Plant efficiency analyzer chlorophyll fluorescence meter.

2.2.3 Προσδιορισμός χλωροφύλλης

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλες προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Wintermans and Mots(1965)

Προετοιμασία των δειγμάτων για την μέτρηση των χλωροφυλλών

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των χλωροφυλλών (χλωροφύλλη α, β, α+β) ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Με τρυπητήρι διαμέτρου 1.00cm² κόπηκαν δύο μικροί δίσκοι φύλλου από το τρίτο φύλλο ανάπτυξης των φυτών

τομάτας για ανάλυση. Ακολούθησε ομογενοποίηση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας ως εκχυλιστικό διάλυμα αιθανόλης μέσα σε παγόλουτρο. Σε όλη την διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ένα αδύναμο πράσινο φως ώστε να αποφευχθεί τυχόν φωτομετατροπή των χρωστικών. Τα εκχυλίσματα φυγοκεντρήθηκαν στις 15000xg για 5min. Μετά την φυγοκέντρηση το υπερκείμενο φιλτραρίστηκε με την βοήθεια μεμβράνης φίλτρου PTFE Millex διαμέτρου 0,45μm (Millipore, Bedford, MA, USA).

Η μέτρηση έγινε σε φασματοφωτόμετρο (LKB Ultraspec II) στα 665 και 649nm an spectrophotometer.

2.2.4 Ποσοτικός προσδιορισμός του βορίου (B) σε φύλλα ντομάτας

Αρχικά πήραμε τα φύλλα τα ξεπλύναμε με απιονισμένο νερό για την απομάκρυνση ενδεχόμενων προσμύξεων και έπειτα προχωρήσαμε σε ξήρανση αυτών στο πυριαντήριο για τουλάχιστον ένα 24 ωρο στους 72°C. Αφού αποξηράθηκε το υλικό , ζυγίσαμε 1 gr φυτικού υλικού για καύση στους 550°C στον φούρνο καύσης.

Η ανάλυση βορίου έγινε ως εξής .Μεταφέρθηκαν όγκοι 2ml ,από τα πυκνά πρότυπα δ/ματα βορίου(1,2,4,6,8,10) συγκέντρωσης από 1-10 ppm που είχαμε ήδη ετοιμάσει ,σε πλαστικά δοχεία με το γυάλινο σιφώνιο. Κατόπιν , προστέθηκαν 4 ml ρυθμιστικού δ/τος με το αυτόματο σιφώνιο και το κάθε δοχείο πωματίστηκε και ανακινήθηκε καλά.

Στη συνέχεια , προστέθηκαν 4ml του δ/τος αζωμεθίνης με το αυτόματο σιφώνιο και το κάθε δοχείο πωματίστηκε και ανακινήθηκε καλά (σχηματισμός του κίτρινου σύμπλοκου Β-αζωμεθίνης ή ανάπτυξη χρώματος).

Επίσης, σε πλαστικό δοχείο προετοιμάστηκε το λευκό , που χρησιμοποιείται για τον μηδενισμό του οργάνου.

Σημειώνεται η ένδειξη του φασματοφωτόμετρου υπεριώδους-ορατού (Abs σε λ 420 nm) για τα πρότυπα δ/ματα Β, μετά από τουλάχιστον 45 min.

Σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις C (ppm) των πρότυπων δ/των Β (άξονας x) και οι αντίστοιχες ενδείξεις του οργάνου (άξονας y).

Στη συνέχεια χαράχτηκε η ευθεία γραμμή (καμπύλη αναφοράς Β , μόνο το γραμμικό τμήμα) , που αντιστοιχεί στα ζεύγη τιμών C-ένδειξη οργάνου και βγήκε η εξίσωση της ευθείας.



Εικόνα 16 : Προετοιμασία διαλυμάτων

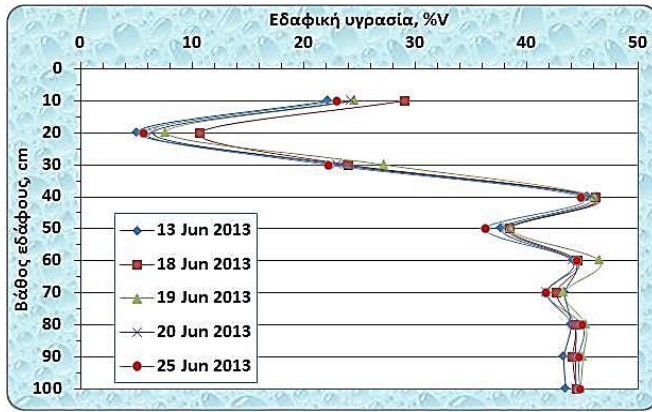


Εικόνα 17 : Φασματοφωτόμετρο

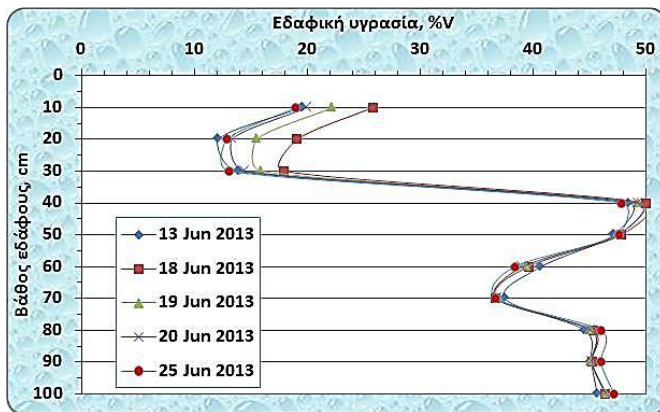
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Εδαφική υγρασία

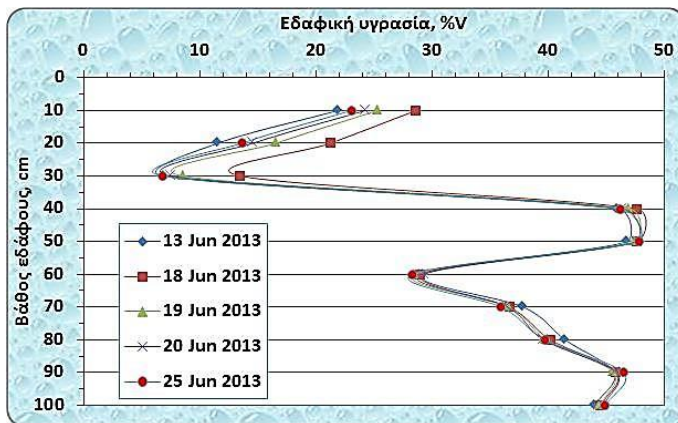
Στα σχήματα 18,19 και 20 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της εδαφικής υγρασίας κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων (13/06/2013-25/06/2013) στις θέσεις παρατήρησης 2, 4 και 6 αντίστοιχα (εικόνα 15).



Σχήμα 18 : Κατανομή της εδαφικής υγρασίας στη θέση 2



Σχήμα 19 : Κατανομή της εδαφικής υγρασίας στη θέση 4



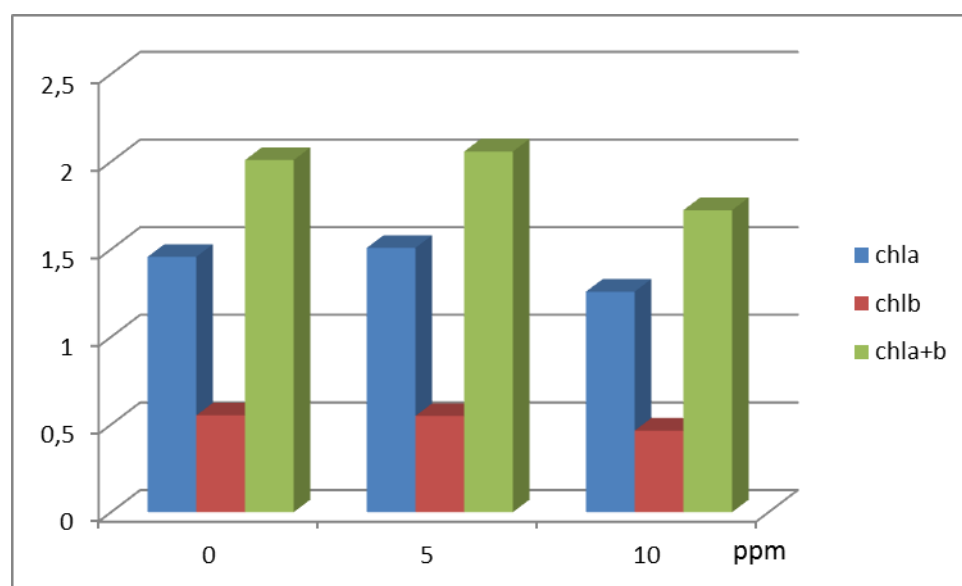
Σχήμα 20 : Κατανομή της εδαφικής υγρασίας στη θέση 6

3.2 Μέτρηση χλωροφυλλών και φθορισμού

Μετρώντας τις χλωροφύλλες, με την άνοδο της συγκέντρωσης Β παρατηρούμε στη chl_a ότι αρχικά ανεβαίνει ως ένα σημείο στα 5ppm και έπειτα μειώνεται αρκετά καθώς η συγκέντρωση αυξάνεται. Στη chl_b έχουμε σταδιακή μείωση καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση Β. Γενικότερα παρατηρείται άνοδος στο σύνολο των χλωροφυλλών chl_a+b ως ένα σημείο στα 5 ppm και έπειτα σημαντική μείωση καθώς η συγκέντρωση αυξάνεται και περνάει σε τοξικό επίπεδο.

ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ				ΠΟΣΟΣΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ		
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ(ppm)	chl _a	chl _b	chl _a +b	chl _a %	chl _b %	chl _a +b %
0	1,457	0,552	2,009	100%		
5	1,508	0,549	2,058	103,50%	99,45%	102,44%
10	1,258	0,465	1,723	86,34%	84,24%	85,76%

Πίνακας 2: Χλωροφύλλες για κάθε συγκέντρωση και ποσοστά σε σχέση με το μάρτυρα.



Εικόνα 21 : Διάγραμμα απεικόνισης χλωροφυλλών για κάθε συγκέντρωση.

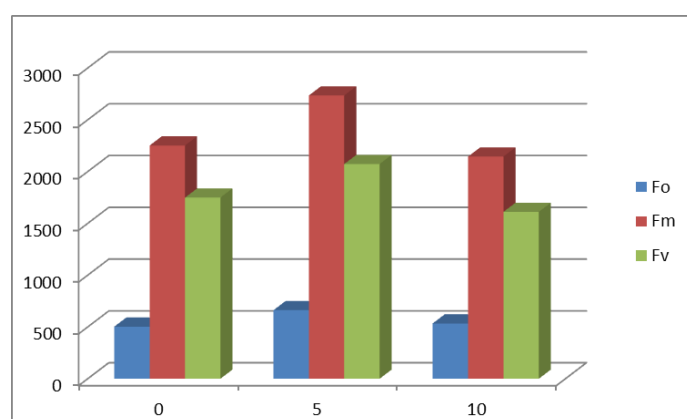
Στον φθορισμό παρατηρούμε ότι ,καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση έως τα 5ppm ,το F_o , F_m και F_v αυξάνονται , ενώ καθώς ξεπερνάνε τα 5ppm μειώνονται .Αντίθετα ο λόγος F_v/F_m και F_v/F_o σταδιακά μειώνονται όσο αυξάνει η συγκέντρωση βορίου.

ΦΘΟΡΙΣΜΟΣ							
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ (ppm)	F_o	F_m	F_v	F_v/F_m	F_v/F_o	Area	P.index
0	503	2252	1749	0,777	3,477	25125	1,557
5	662	2735	2073	0,758	3,131	40325	2,225
10	534	2145	1611	0,754	3,017	35450	1,339

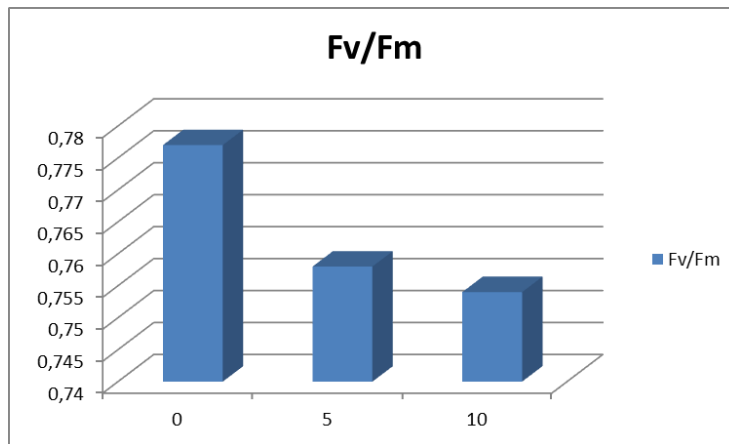
Πίνακας 3: Επαγωγικός φθορισμός χλωροφύλλης.

ΦΘΟΡΙΣΜΟΣ							
ΠΟΣΟΣΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΑΡΤΥΡΑ							
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ (ppm)	F_o %	F_m %	F_v %	F_v/F_m %	F_v/F_o %	Area %	P.index %
0	100						
5	131,6	121,45	118,5	97,56	90,05	160,5	142,9
10	106,16	95,25	92,11	97,04	86,77	141,1	86

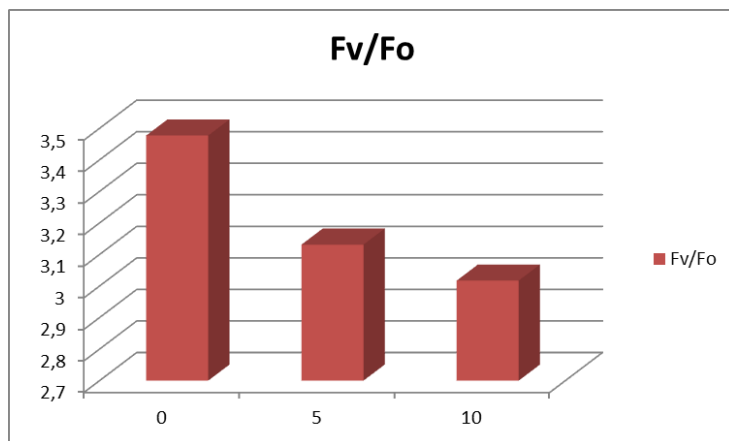
Πίνακας 4 : Ποσοστά μεταβολής φθορισμού σε σχέση με το μάρτυρα.



Εικόνα 22 : Διαγραμματική απεικόνιση τιμών F_o , F_m , F_v για κάθε συγκέντρωση βορίου.



Εικόνα 23 : Διαγραμματική απεικόνιση της σχέσης F_v/F_m για κάθε συγκέντρωση βορίου.



Εικόνα 24: Διαγραμματική απεικόνιση της σχέσης F_v/F_o για κάθε συγκέντρωση βορίου.

3.3 Ανάπτυξη ντομάτας

Στις 17/07/2013 πήραμε τα εξής στοιχεία:

ΔΕΙΓΜΑ ΤΑ→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1^ησειρά ύψος(cm)	41	55	54	56	57	55	50	53	36	44
καρποί	3	3	7	20	9	8	7	6	8	6
άνθη	2-3	14	21	30	12	15	10	15	12	14
2^η σειρά ύψος	45	50	57	55	50	62	61	62	60	57
καρποί	9	13	5	19	24	15	21	13	19	22
άνθη	18	23	16	12	20	10	20	10	17	18
3^η σειρά ύψος	64	62	70	65	67	67	60	69	65	66
καρποί	7	12	6	21	25	17	16	11	14	23
άνθη	19	16	20	26	17	16	10	7	18	14

Πίνακας 5 : Στοιχεία δειγμάτων στο τέλος του πειράματος.

Μ.Ο ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΝΤΟΜΑΤΑΣ			
	1η σειρά	2η σειρά	3η σειρά
ύψος (cm)	50,1	55,9	65,5
καρποί	7,7	16	15,2
άνθη	14,6	16,4	16,3

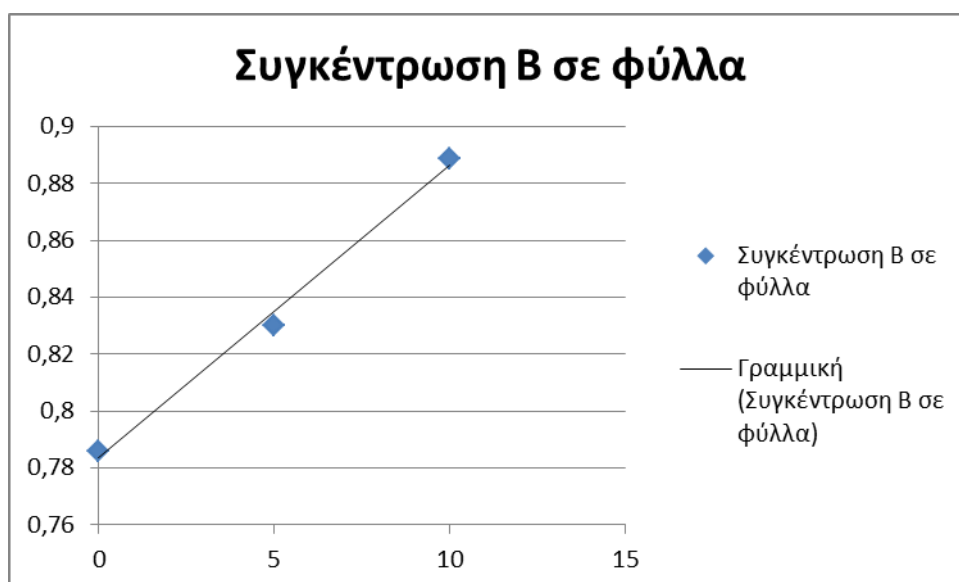
Πίνακας 6 : Μέσοι όροι ανάπτυξης του φυτού στο τέλος του πειράματος.

Βλέποντας τους πίνακες 5 και 6 παρατηρούμε ότι καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του βορίου στο φυτό αυξάνεται και ανάπτυξη του. Στα 5 ppm Β βλέπουμε ότι τα φυτά αυξάνουν κατά πολύ τους καρπούς και τα άνθη τους. Στα 10 ppm Β οι καρποί και τα άνθη είναι περίπου στα ίδια με μια απειροελάχιστη μείωση.

3.4 Ποσοτικός προσδιορισμός βορίου (B)

ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΒΟΡΙΟΥ(ppm)	ΣΕΙΡΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΕ ΦΥΛΛΑ(ppm) B	abs	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
0	1	0,786	0,095	100%
5	2	0,83	0,101	105,60%
10	3	0,889	0,109	113,10%

Πίνακας 7: Συγκέντρωση βορίου και απορρόφηση φωτός για κάθε συγκέντρωση σε φύλλα ντομάτας και ποσοστά μεταβολής συγκέντρωσης στα φύλλα σε σχέση με το μάρτυρα.



Εικόνα 25: Διάγραμμα απεικόνισης της σχέσης αρχικής συγκέντρωσης βορίου των ψεκαστικών δ/μάτων και των τελικών συγκεντρώσεων στα φύλλα της ντομάτας κατόπιν αναλύσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Είναι γνωστό ότι ο λόγος F_v/F_m χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της μέγιστης απόδοσης των φωτονίων στις αρχικές φωτοχημικές αντιδράσεις του PSII (Havaux & Lannoye, 1985) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της ικανότητας μεταφοράς ηλεκτρονίων στο PSII.

Στην παρούσα πτυχιακή μελετήθηκε ο λόγος F_v/F_m , (δείκτης της φωτοχημικής απόδοσης της φωτοσύνθεσης) και διαπιστώθηκε ότι δεν επηρεάστηκε από τις χαμηλές συγκεντρώσεις B και μόνο η υψηλή συγκέντρωση του B μείωσε το λόγο σε σχέση με τον μάρτυρα, υποδεικνύοντας καταπόνηση του φωτοσυνθετικού μηχανισμού.

Επίσης μεταβολή (μείωση) του μεταβλητού φθορισμού F_v , που σχετίζεται με τη βλάβη της φωτοοξειδωτικής θέσης του PSII, παρατηρήθηκε μόνο η υψηλή συγκέντρωση του B.

Η μεταβολή του F_o (αύξηση) που είναι υπεύθυνη για την πρόκληση δομικών αλλοιώσεων στις φωτοσυνθετικές χρωστικές του PSII και βλάβη των κέντρων αντίδρασης του PSII παρουσιάστηκε και στις δύο συγκεντρώσεις του B

Τέλος η εμφάνιση χλωρώσεων που παρατηρήθηκαν μακροσκοπικά στα φύλλα της τομάτας που είχαν δεχθεί την επίδραση διαφόρων συγκεντρώσεων B , σχετίζονται άμεσα με τις τιμές των ολικών χλωροφυλλών που προσδιορίστηκαν και με τις συγκεντρώσεις του μετάλλου. Έτσι στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις B παρατηρείται η μεγαλύτερη μείωση ολικών χλωροφυλλών.

BIBΛIOΓPAΦIA

Bassil, E., Hu, H., Brown, P.H. (2004). Use of phenylboronic acids to investigate boron function in plants. Possible role of boron in transvacuolar cytoplasmic strands and cell- to-wall adhesion. *Plant Physiology*, 136: 3383-3395.

Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M. 1998. Boron in plant structure and function. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49: 481-500.

Bongi, G., Loreto, F. 1989. Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europaea*L.) leaves. *Plant Physiology*, 90: 1408-1416.

Brown P. H. and Shelp, B. J. (1997) Boron mobility in plants. *Plant and soil* 193 : 85-101.

Brown P.H. and Hu H. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol –rich species. *Annals of Botany*, 77: 497–505.

Brown, P.H., Hu, H.1997. Does boron play only a structural role the growing tissues of higher plants. *Plant and Soil*, 196: 211-215.

Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu,H., Pfeffer, H., Dannel, F. and Römheld, V. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4: 205–223.

Bush, M.S., Marry, M., Huxham, I.M., Jarvis, M.C., McCann, M.C.2001. Developmental regulation of pectic epitopes during potato tuberisation. *Planta* 213: 869-880.

Cakmak I. and Römheld V. 1997. Boron deficiency –induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*, 193: 71–83.

Cakmak I., Kurz H.and Marschner H. 1995. Short –term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiologia Plantarum*, 95: 11–18.

- Canny, M.J. 1995. Apoplastic water and solute movement: New rules for an old space. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 46: 215-236.
- Dannel F., Pfeffer H. and Römheld V. 2002. Update on boron in higher plants – Uptake, primary translocation and compartmentation. *Plant Biology*, 4: 193–204.
- Dell, B., Huang, L. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193: 103-120.
- Delgado, A., Benlloch, M., Fernandez-Escobar, R. 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *Hort Science*, 29: 616-618.
- Dembitsky, V.M., R. Smoum, A.A. Al-Quntar, H. Abu Ali, I. Pergament and M. Srebnik. 2002. Natural occurrence of boron-containing compounds in plants, algae and microorganisms. *Plant Sci.*, 163: 931-942.
- Dixon, R.A., Paiva, N.L. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7: 1085-1097.
- Fernandez–Escobar R., Moreno R. and Garcia–Creus M. 1999. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate –bearing cycle. *Scientia Horticulturae*, 82: 25–45.
- Findelee P., Wimmer M. and Goldbach H.E. 1997. *Early effects of boron deficiency on physical cell wall parameters, hydraulic conductivity and plasmalemma –bound reductase activities in young C. pepo and V. Faba roots.* In: Boron in Soils and Plants, RW Bell and B Rerkasem (eds), The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fisher R. F. and Long S.R. 1992. Rhizobium –plant signal exchange. *Nature*, 387: 655–660.
- Fleischer A, O'Neill M.A. and Ehwald R. 1999. The pore size of non –graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross –linking of the pectic polysaccharide rhamno–galacturonan II. *Plant Physiology*, 121: 829–838.
- Sentek Pty, 2007. Sentek Diviner 2000 User Guide Version 1.4. Australia Sentek Pty Ltd, Stepney, South Australia.

Giannakoula A. and Ilias Ilias 2013. *The effect of water stress and salinity on growth and physiology of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)* Arch. Biol. Sci., Belgrade, 65 (2), 611-620.

Τσέκος Β.Ι. , Ηλίας Φ.Η. , (2006) *Εισαγωγή στη Φυσιολογία Φυτών*, Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.

Παπαδάκης Ι.Ε., (2002) *Φυσιολογική και Ανατομική Μελέτη της Τοξικότητας του Βορίου στα Εσπεριδοειδή*. Μεταπτυχιακή Διατριβή Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης , Τμήμα Γεωπονίας.

Γερασιμοπούλου Σ. ,(2009) *Επίδραση καδμίου (cd) σε μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά φυτών nicotiana tabacum και nicotiana glauca*, Πτυχιακή διατριβή ,ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα φυτικής παραγωγής.

Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών , *Η φυσιολογία του βορίου στο φυτό* , (on line) ,http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/gewp_biot/Phys_Elem/boron/AB_left.htm ,(πρόσβαση 16 Αυγούστου 2014)

Thomas Wallace ,(1943) , *The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms* , (on line) , <http://www.kalliergo.gr/component/k2/113-domates-astheneies-symptomata-elleipsis-threptikon-systatikon-sto-xoma.html> , (πρόσβαση 11 Αυγούστου 2014)

ΑΤΙ Α.Ε , *Ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιέργειας* ,(on line), <http://www.atifood.com/integrated-crop-management> , (πρόσβαση 13 Αυγούστου 2014)

Αγροτική στέγη , *Αυξημένη παραγωγή και άριστη ποιότητα* , (on line) , <http://agrotikistegi.gr/xrisima-arthra/lipansi/122-lipansitomatas>, (πρόσβαση 14 Αυγούστου 2014)

Φυτά Γιαντσάκης, *Συμπτώματα ανεπάρκειας θρεπτικών συστατικών* , (on line),<http://www.giantsakiplants.gr/Fyta/Laxanika/AsthenNtomatasAneparkeia.php> ,(πρόσβαση 14 Αυγούστου 2014)

Medlook , *Ντομάτα :Τα σημαντικά οφέλη της για την υγεία μας* , (on line) , <http://diatrofi.medlook.gr/articles.php?id=272&type=1>, (πρόσβαση 14 Αυγούστου 2014)

Μηνατίδης Γ. Δημήτρης , *Ιατρική Γεωλογία-Συμπτώματα από την έλλειψη βορίου στο έδαφος σε διάφορα φυτά* ,(on line), <http://www.crystalight.gr/el/krystallotherapeia/tekhni-skepsis-therapeias/114-iatriki-geologia?start=6> , (πρόσβαση 10 Αυγούστου 2014)

Βικιπαίδεια η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια , *Βόριο* , (on line) , <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%8C%CF%81%CE%B9%CE%BF> ,(πρόσβαση 11 Αυγούστου 2014)

