

ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

# ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ & ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ



Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
Εισαγωγής 84

2004-2005

ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ  
& ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ  
&  
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΣΠΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ  
Α.Μ: 7466

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΠΑΠΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

2004-2005

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Η Ανόργανη θρέψη των φυτών

1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία.....	1
1.3 Η αναγκαιότητα των θρεπτικών στοιχείων.....	2
1.4 Ρόλος των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά.....	2
1.5 Ρόλος των μακροθρεπτικών στοιχείων.....	3
1.5.1 Ρόλος του αζώτου.....	3
1.5.2 Ρόλος του φωσφόρου.....	4
1.5.3 Ρόλος του καλίου.....	4
1.5.4 Ρόλος του ασβεστίου.....	5
1.5.5 Ρόλος του μαγνησίου.....	5
1.5.6 Ρόλος του θείου.....	5
1.6 Ρόλος των μικροθρεπτικών στοιχείων.....	5
1.6.1 Ρόλος του σιδήρου.....	6
1.6.2 Ρόλος του ψευδαργύρου.....	6
1.6.3 Ρόλος του μαγγανίου.....	7
1.6.4 Ρόλος του χαλκού.....	7
1.6.5 Ρόλος του μολυβδαινίου.....	7
1.6.6 Ρόλος του βορίου.....	8
1.6.7 Ρόλος του χλωρίου.....	8

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Συμπτώματα τροφοπενιών

2.1 Θρέψη και μεταβολισμός των φυτών.....	9
2.2 Τροφοπενίες και τοξικότητες των θρεπτικών στοιχείων.....	9
2.3 Γενικά συμπτώματα τροφοπενιών θρεπτικών στοιχείων.....	10
2.3.1 Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου.....	12
2.3.2 Συμπτώματα τροφοπενίας φωσφόρου.....	12
2.3.3 Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου.....	13
2.3.4 Συμπτώματα τροφοπενίας ασβεστίου.....	13
2.3.5 Συμπτώματα τροφοπενίας μαγνησίου.....	14
2.3.6 Συμπτώματα τροφοπενίας θείου.....	14
2.3.7 Συμπτώματα τροφοπενίας σιδήρου.....	15
2.3.8 Συμπτώματα τροφοπενίας ψευδαργύρου.....	15
2.3.9 Συμπτώματα τροφοπενίας χαλκού.....	16
2.3.10 Συμπτώματα τροφοπενίας βορίου.....	16
2.3.11 Συμπτώματα τροφοπενίας μαγγανίου.....	17
2.4 Φυλλοδιαγνωστική.....	17
2.4.1 Δειγματοληψία φύλλων.....	17

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**  
**Τροφοπενίες και τοξικότητες στη τομάτα**

3.1	Αζωτο	
3.1.1	Τροφοπενία αζώτου.....	21
3.1.2	Τοξικότητα αζώτου.....	22
3.2	Φώσφορος	
3.2.1	Τροφοπενία φωσφόρου.....	23
3.2.2	Τοξικότητα φωσφόρου.....	25
3.3	Θείο	
3.3.1	Τροφοπενία θείου.....	25
	Τοξικότητα θείου.....	26
3.4	Κάλιο	
3.4.1	Τροφοπενία καλίου.....	27
3.4.2	Τοξικότητα καλίου.....	29
3.5	Ασβέστιο	
3.5.1	Τροφοπενία ασβεστίου.....	29
3.5.2	Τοξικότητα ασβεστίου.....	31
3.6	Μαγνήσιο	
3.6.1	Τροφοπενία μαγνησίου.....	32
3.6.2	Τοξικότητα μαγνησίου.....	34
3.7	Βόριο	
3.7.1	Τροφοπενία βορίου.....	34
3.7.2	Τοξικότητα βορίου.....	36
3.8	Χλώριο	
3.8.1	Τροφοπενία χλωρίου.....	37
3.8.2	Τοξικότητα χλωρίου.....	37
3.9	Μολυβδαίνιο	
3.9.1	Τροφοπενία μολυβδαινίου.....	38
3.9.2	Τοξικότητα μολυβδαινίου.....	40
3.10	Χαλκός	
3.10.1	Τροφοπενία χαλκού.....	40
3.10.2	Τοξικότητα χαλκού.....	42
3.11	Σίδηρος	
3.11.1	Τροφοπενία σιδήρου.....	42
3.11.2	Τοξικότητα σιδήρου.....	45
3.12	Μαγγάνιο	
3.12.1	Τροφοπενία μαγγανίου.....	45
3.12.2	Τοξικότητα μαγγανίου.....	47
3.13	Ψευδάργυρος	
3.13.1	Τροφοπενία ψευδαργύρου.....	49
3.13.2	Τοξικότητα ψευδαργύρου.....	51

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Τροφοπενίες και τοξικότητες στο κολοκύθι, αγγούρι, πεπόνι, καρπούζι.

4.1	Αζωτο	
4.1.1	Τροφοπενία αζώτου.....	53
4.1.2	Τοξικότητα αζώτου.....	54
4.2	Φώσφορος	
4.2.1	Τροφοπενία φωσφόρου.....	54
4.2.2	Τοξικότητα φωσφόρου.....	55
4.3	Κάλιο	
4.3.1	Τροφοπενία καλίου.....	55
4.3.2	Τοξικότητα καλίου.....	56
4.4	Ασβέστιο	
4.4.1	Τροφοπενία ασβεστίου.....	57
4.4.2	Τοξικότητα ασβεστίου.....	58
4.5	Μαγνήσιο	
4.5.1	Τροφοπενία μαγνησίου.....	58
4.5.2	Τοξικότητα μαγνησίου.....	59
4.6	Θείο	
4.6.1	Τροφοπενία θείου.....	59
4.6.2	Τοξικότητα θείου.....	60
4.7	Σίδηρος	
4.7.1	Τροφοπενία σιδήρου.....	60
4.7.2	Τοξικότητα σιδήρου.....	61
4.8	Μαγγάνιο	
4.8.1	Τροφοπενία μαγγανίου.....	61
4.8.2	Τοξικότητα μαγγανίου.....	62
4.9	Ψευδάργυρος	
4.9.1	Τροφοπενία ψευδαργύρου.....	62
4.9.2	Τοξικότητα ψευδαργύρου.....	63
4.10	Χαλκός	
4.10.1	Τροφοπενία χαλκού.....	64
4.10.2	Τοξικότητα χαλκού.....	64
4.11	Μολυβδαίνιο	
4.11.1	Τροφοπενία μολυβδαινίου.....	64
4.11.2	Τοξικότητα μολυβδαινίου.....	65
4.12	Βόριο	
4.12.1	Τροφοπενία βορίου.....	66
4.12.2	Τοξικότητα βορίου.....	66
4.13	Χλώριο	
4.13.1	Τροφοπενία χλωρίου.....	67
4.13.2	Τοξικότητα χλωρίου.....	67

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Τροφοπενίες και τοξικότητες στο φασόλι

5.1 Αζωτο	
5.1.1 Τροφοπενία αζώτου.....	68
5.2 Φώσφορος	
5.2.1 Τροφοπενία φωσφόρου.....	69
5.3 Κάλιο	
5.3.1 Τροφοπενία καλίου.....	69
5.4 Ασβέστιο	
5.4.1 Τροφοπενία ασβεστίου.....	70
5.5 Μαγνήσιο	
5.5.1 Τροφοπενία μαγνησίου.....	70
5.6 Θείο	
5.6.1 Τροφοπενία θείου.....	71
5.7 Σίδηρος	
5.7.1 Τροφοπενία σιδηρού.....	72
5.8 Ψευδάργυρος	
5.8.1 Τροφοπενία ψευδαργύρου.....	73
5.9 Μαγγάνιο	
5.9.1 Τροφοπενία μαγγανίου.....	73
5.9.2 Τοξικότητα μαγγανίου.....	74
5.10 Χαλκός	
5.10.1 Τροφοπενία χαλκού.....	75
5.11 Βόριο	
5.11.1 Τροφοπενία βορίου.....	75
5.11.2 Τοξικότητα βορίου.....	76
5.12 Μολυβδαίνιο	
5.12.1 Τροφοπενία μολυβδαινίου.....	77
5.13 Αργίλιο	
5.13.1 Τοξικότητα αργιλίου.....	77
5.15 Νάτριο και αλατότητα.....	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Τροφοπενίες και τοξικότητες στη πατάτα

6.1 Αζωτο	
6.1.1 Τροφοπενία αζώτου.....	79
6.2 Φώσφορος	
6.2.1 Τροφοπενία φωσφόρου.....	80
6.3 Κάλιο	
6.3.1 Τροφοπενία καλίου.....	80
6.4 Θείου	
6.4.1 Τροφοπενία θείου.....	81
6.5 Μαγνήσιο	
6.5.1 Τροφοπενία μαγνησίου.....	81
6.6 Ασβέστιο	

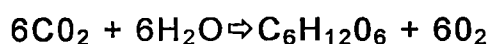
6.6.1 Τροφοπενία ασβεστίου.....	82
6.7 Βόριο	
6.7.1 Τροφοπενία βορίου.....	83
6.8 Σίδηρος	
6.8.1 Τροφοπενία σιδήρου.....	83
6.9 Ψευδάργυρος	
6.9.1 Τροφοπενία ψευδάργυρος.....	84
6.10 Μαγγάνιο	
6.10.1 Τροφοπενία μαγγανίου.....	85
6.10.2 Τοξικότητα μαγγανίου.....	85
6.11 Χαλκός	
6.11.1 Τροφοπενία χαλκού.....	86
Βιβλιογραφία.....	87

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

### Η Ανόργανη Θρέψη των Φυτών

#### 1.1 Εισαγωγή

Τα φυτά παίζουν σπουδαίο ρόλο στο περιβάλλον. Είναι αυτοτροφοί οργανισμοί που έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα ανόργανα στοιχεία σε οργανικές ενώσεις, απαραίτητες για τη διατροφή των ανθρώπων και των ζώων. Αυτό, το επιτυγχάνουν με τη φωτοσύνθεση. Δηλ. με τη συμβολή της χλωροφύλλης, η οποία με την έκθεση της στο ηλιακό φως μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε χημική, δηλ. σε οργανικές ενώσεις (υδατάνθρακες). Οι ενώσεις αυτές, σχηματίζονται κατά την αντίδραση του νερού με το διοξείδιο του άνθρακα ως εξής:



Καθώς όλες οι μορφές ζωής εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα ως προς την εξασφάλιση της τροφής τους, από τα φυτά, η φωτοσύνθεση, θεωρούμενη υπό την βασική και θεμελιώδη αυτή έννοια, αποτελεί την ουσιώδη φυσική διεργασία και επομένως τη βάση της ζωής. Εκτός από τη συμβολή της στην παραγωγή της τροφής, η φωτοσύνθεση εμπλουτίζει την ατμόσφαιρα με  $\text{O}_2$ . Επίσης, συμβάλλει στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ του ατμοσφαιρικού  $\text{O}_2$  και  $\text{CO}_2$ , στην ατμοσφαιρική υγρασία μέσω της διαπνοής, στον έλεγχο της διάβρωσης, στην ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων και στην ομοιομορφία του περιβάλλοντος.

#### 1.2 Τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία

Για την αύξηση-ανάπτυξη των φυτών, απαραίτητη είναι η ύπαρξη των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος.

Τα στοιχεία αυτά προσλαμβάνονται μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών, εισέρχονται στον μεταβολικό κύκλο και συμβάλλουν στην αύξηση και ανάπτυξη τους.

Όσον αφορά την προέλευσή τους, ορισμένα από τα θρεπτικά στοιχεία όπως ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O), προέρχονται από το  $\text{H}_2\text{O}$ , το  $\text{CO}_2$  και το  $\text{O}_2$  της ατμόσφαιρας, ενώ τα υπόλοιπα, από το έδαφος. Τα φυτά, καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες από αυτά τα θρεπτικά στοιχεία για την παραγωγή των υδατανθράκων και των άλλων οργανικών ενώσεων απαραίτητων για



την εξασφάλιση της ζωής στον πλανήτη μας, με αφετηρία πάντοτε τη φωτοσύνθεση.

### 1.3 Η αναγκαιότητα των θρεπτικών στοιχείων

Στο έδαφος υπάρχουν πάρα πολλά στοιχεία. Από αυτά, μόνο 16 είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών. Η αναγκαιότητα αυτή δεν έχει αποδοθεί στα στοιχεία ασφαλώς τυχαία, αλλά έχει καθοριστεί με πειραματικές διαδικασίες και βάση ορισμένων κριτηρίων, τα οποία είναι τα εξής:

- α. Έλλειψη του θρεπτικού στοιχείου καθιστά αδύνατη την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού.
- β. Μόνο με τη χορήγηση του στοιχείου που λείπει είναι δυνατή η διόρθωση της έλλειψης (τροφοπενίας) και
- γ. το στοιχείο παρεμβαίνει άμεσα στη θρέψη του φυτού ανεξάρτητα από τις επιδράσεις του στις χημικές και βιολογικές δραστηριότητες του εδάφους, ή γενικότερα του μέσου ανάπτυξης.

Τα στοιχεία που έχουν καθοριστεί, με βάση τα πιο πάνω επιστημονικά κριτήρια, ως αναγκαία ή ουσιώδη θρεπτικά στοιχεία είναι μέχρι σήμερα δεκαέξι (16) και αναφέρονται πιο κάτω: Άνθρακας (C), Οξυγόνο (O), Υδρογόνο (H), Άζωτο (N), Φώσφορος (P), Κάλιο (K), Μαγνήσιο (Mg), Ασβέστιο (Ca), Θείο (S), Σίδηρος (Fe), Ψευδάργυρος (Zn), Χαλκός (Cu), Μαγγάνιο (Mn), Βόριο (B), Μολυβδαίνιο (Mo) και το Χλώριο (Cl).

Τα θρεπτικά στοιχεία βασικά ταξινομούνται: **(α)** Σε **Μακροθρεπτικά** (N, P, K, Ca, Mg, S) **(β)** Σε **μικροθρεπτικά** (Mn, Zn, Fe, Cu, B, Mo, Cl).

Μία τρίτη κατηγορία (ομάδα) περιλαμβάνει τα λεγόμενα «ωφέλιμα» στοιχεία, που είναι: Νάτριο (Na), Πυρίτιο (Si) και Κοβάλτιο (Co). Από αυτά, το μεν Na μπορεί να υποκαταστήσει το K σε ορισμένες καλλιέργειες όπως π.χ. στα τεύτλα, το Co συμβάλλει στη δέσμευση  $N_2$  από τα ψυχανθή και το Si φαίνεται ότι είναι χρήσιμο για την ανάπτυξη του ρυζιού.

### 1.4 Ρόλος των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά

Τα θρεπτικά στοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο στη θρέψη, αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Συμμετέχουν σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις δια των οποίων παράγονται οι οργανικές και άλλες ενώσεις. Αποτελούν συμπαραγόντες των ενζύμων, ενεργοποιούν τα ενζυμικά συστήματα, συμμετέχουν ως συστατικά

διαφόρων ενώσεων και παίρνουν μέρος σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις μεταφοράς πρωτονίων και στις διεργασίες μεταφοράς ενέργειας.

### 1.5 Ρόλος των μακροθρεπτικών στοιχείων

Τα μακροθρεπτικά στοιχεία γενικά παίζουν ουσιώδη ρόλο στη θρέψη του φυτού. Συμμετέχουν στην παραγωγή της βιομάζας (πρωτεϊνών) μέσω του N (αζώτου), στην μεταφορά της ενέργειας που είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση των διαφόρων βιοχημικών αντιδράσεων μέσω του P (φωσφόρου), στη ρύθμιση του υδατικού καθεστώτος του φυτού, στην ενεργοποίηση ενζύμων και στην συσσώρευση και μεταφορά των υδατανθράκων μέσω του K (καλίου), ακόμη στην επιμήκυνση των κυττάρων και των βλαστών μέσω του Ca (ασβεστίου), στη δημιουργία της χλωροφύλλης μέσω του Mg (μαγνησίου) και αποτελούν συστατικό διαφόρων αμινοξέων, γλυκοσιδών και άλλων ενώσεων (S και N).

#### 1.5.1 Ρόλος του Αζώτου

Το στοιχείο αυτό αποτελεί τη βάση της ζωής. Η σπουδαιότητα του είναι ως εκ τούτου σημαντική. Συμμετέχει στο σχηματισμό των αμινοξέων ή αμιδίων, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών. Το N λοιπόν, είναι συστατικό των πρωτεϊνών, οι οποίες και αποτελούν το δομικό υλικό των κυττάρων και του πρωτοπλάσματος. Επίσης το N αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης, των αλκαλαιοειδών, ορισμένων ορμονών και του ινδολοξικού οξέος.

Η έλλειψη N από το φυτό, συνεπάγεται αναστολή της φωτοσύνθεσης, δεδομένου ότι μειώνεται η παραγωγή χλωροφύλλης. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την εμφάνιση των συμπτωμάτων της χλώρωσης. Επιπλέον, αναστέλλεται η περαιτέρω ανάπτυξη-αύξηση των φυτών και κυρίως λαμβάνει χώρα η δημιουργία πλευρικών κλαδίσκων συνεπεία της αδρανοποίησης των οφθαλμών.

Το N στα φυτά απαντάται υπό την οργανική μορφή κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, δηλ. ως συστατικό διαφόρων οργανικών ενώσεων και κυρίως πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων ενώσεων. Επίσης το N βρίσκεται και υπό την ανόργανη μορφή, δηλ. ως  $\text{NO}_3\text{-N}$  κυρίως στα φύλλα και στα αγγεία του ξυλώματος σε περιεκτικότητες που ποικίλουν με το είδος του φυτού, την ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης, την εφαρμοσμένη ποσότητα N στο έδαφος, καθώς και με τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

### 1.5.2 Ρόλος του Φωσφόρου

Ο Ρ αποτελεί συστατικό διαφόρων οργανικών ενώσεων του φυτού και ιδιαίτερα των ενεργοποιημένων υδατανθράκων, π.χ. του 6-φωσφορικού εστέρα της γλυκόζης και της φρουκτόζης, αντίστοιχα, του 1,5-διφωσφορικού εστέρα της ριβουλόζης των φωσφολιπιδίων, νουκλεϊκών οξέων.

Συμμετέχει στη ρύθμιση του pH των κυττάρων. Με τη φωσφορυλίωση ενεργοποιεί τους υδατάνθρακες, οι οποίοι γίνονται πιο δραστικοί κατά τις διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις. Το γεγονός ότι ο φώσφορος είναι συστατικό ορισμένων ενώσεων (όπως των νουκλεοτιδίων) όπου συνδέεται με υψηλούς δεσμούς χημικής ενέργειας, καθιστά τον φώσφορο βασικό παράγοντα μεταφοράς ενέργειας με τη διεργασία της φωσφορυλίωσης.

Σημαντική επίσης είναι η συμβολή του θρεπτικού αυτού στοιχείου στη μεταφορά και συσσώρευση των υδατανθράκων, καθώς επίσης και στη σύνθεσή τους. Καθώς ο Ρ συμμετέχει ενεργά στον μεταβολισμό των φυτών η έλλειψή του αναστέλλει την ανάπτυξή τους και όπως είναι φυσικό επηρεάζει όλα τα στάδια της αύξησης του φυτού σε επίπεδο μεταβολισμού.

### 1.5.3 Ρόλος του Καλίου

Η συμβολή και ο ρόλος του Κ στο φυτό είναι πολύπλευρος. Συμμετέχει στη ρύθμιση του υδατικού καθεστώτος του φυτού και ειδικότερα στη ρύθμιση των απωλειών νερού. Αυτό συμβαίνει διότι το επίπεδο της συγκέντρωσης του καλίου στα φύλλα αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της λειτουργίας των στομάτων. Σε περίπτωση επάρκειας Κ, τα στόματα λειτουργούν αποτελεσματικά, με συνέπεια να μειώνεται η απώλεια νερού λόγω διαπνοής. Σε περιόδους ξηρασίας, η παρουσία του Κ στο φυτό σε επαρκή επίπεδα, όχι μόνο εξασφαλίζει την επιβίωση του φυτού, αλλά συμβάλλει και στην αύξηση των αποδόσεων, λόγω της αποτελεσματικής λειτουργίας των στομάτων. Το Κ συμμετέχει επί πλέον και στη συσσώρευση και μεταφορά των υδατανθράκων στο φυτό. Η παρουσία του στους ιστούς σε υψηλά επίπεδα παρατηρείται κυρίως στα σημεία έντονης αύξησης.

Πρόκειται για ένα πολύ ευκίνητο στοιχείο, καθώς μέσα στο φυτό μεταφέρεται ευκόλως σε σημεία υψηλής μεταβολικής ενεργότητας ξεκινώντας από τους παλαιότερους ιστούς π.χ. κατά το στάδιο της ωρίμανσης από τα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα, μεταφέρεται με μεγάλη ευχέρεια στους καρπούς. Το Κ αποτελεί παράγοντα ενεργοποίησης πολλών ενζύμων. Περισσότερα από πενήντα ένζυμα εξαρτώνται πλήρως ή ενεργοποιούνται από την παρουσία του καλίου.

#### 1.5.4 Ρόλος του Ασβεστίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό του Ca βρίσκεται συσσωρευμένο στα κύτταρα και ειδικότερα στα κενοτόπια υπό τη μορφή οξαλικών, ανθρακικών, θειικών και φωσφορικών αλάτων. Το Ca παίζει το ρόλο της συνδετικής ουσίας μεταξύ των κυτταρικών τοιχωμάτων. Λαμβάνει μέρος στην επιμήκυνση των κυττάρων και των βλαστών καθώς και των αναπτυσσομένων κορυφών και ριζών.

#### 1.5.5 Ρόλος του Μαγνησίου

Το Mg είναι συστατικό της χλωροφύλλης και σχετίζεται άμεσα με τη φωτοσύνθεση. Αποτελεί συστατικό παράγοντα διαφόρων ενζύμων όπως της κινάσης, και της εξακινάσης. Τα ένζυμα αυτά για να ενεργοποιηθούν θα πρέπει να ενωθούν με δισθενή κατιόντα όπως το  $Mn^{2+}$ . Το Mg αναστέλλει τη δράση ορισμένων ενζύμων (φωσφορικής ριβουλόζης-καρβοξυλάσης), ενώ ενεργοποιεί το ένζυμο αυτό κατά τις ελαφρές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης που λαμβάνουν χώρα στους χλωροπλάστες.

Το Mg θεωρείται ότι δρα ως ενεργοποιητής των ενζύμων και αποτελεί συστατικό των ριβοσωμάτων. Δεδομένου ότι τα ριβοσώματα έχουν άμεση σχέση με την σύνθεση των πρωτεϊνών, άρα το Mg σχετίζεται με τη διεργασία της πρωτεϊνοσύνθεσης. Επομένως, μείωση της περιεκτικότητας του Mg στο φυτό, συνεπάγεται αναστολή της παραγωγής πρωτεϊνών.

#### 1.5.6 Ρόλος του Θείου

Το S είναι συστατικό ορισμένων αμινοξέων όπως της κυστίνης, θειαμίνης και μεθιονίνης. Συμμετέχει επίσης στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Είναι συστατικό του συνενζύμου A, της βιταμίνης B1 και της φερεδοξίνης, καθώς και των γλυκοσιδίων, τα οποία προσδίδουν μία ιδιάζουσα οσμή και γεύση σε ορισμένα φυτά όπως π.χ. αυτά της οικογενείας των Σταυρανθών (Cruciferae).

#### 1.6 Ρόλος των Μικροθρεπτικών στοιχείων

Τα μικροθρεπτικά στοιχεία επηρεάζουν ποικιλοτρόπως την ανάπτυξη του φυτού. Συμμετέχουν στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Είναι συστατικά διαφόρων ενζύμων. Λαμβάνουν μέρος άμεσα ή έμμεσα στην παραγωγή διαφόρων ουσιών όπως της χλωροφύλλης, των πρωτεϊνών, αμύλου και λιγνίνης και σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων. Ενεργούν ως ρυθμιστικοί παράγοντες μεγάλου αριθμού ενζύμων και ως ενεργοποιητές αυτών.

Επίσης, ορισμένα μικροστοιχεία σχετίζονται με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, ενώ άλλα συμβάλλουν στην προστασία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του CO<sub>2</sub>. Ορισμένα απ' αυτά μπορεί να σχετίζονται με τη γονιμοποίηση των ανθέων λόγω της επίδρασής τους στη βλάστηση των γυρεοκόκκων, ενώ άλλα επηρεάζουν τη διεργασία της αζωτοδέσμευσης, διότι συμβάλλουν στην αναγωγή του αζώτου.

#### 1.6.1 Ρόλος του Σιδήρου

Το στοιχείο αυτό συμμετέχει στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και στη μεταφορά ηλεκτρονίων κατά την οξείδωση του Fe<sup>2+</sup> σε Fe<sup>3+</sup>. Αποτελεί συστατικό διαφόρων ενζύμων όπως της κυτοχρωμικής οξειδάσης, και της καταλάσης. Έτσι, ο Fe λαμβάνει μέρος στις αντιδράσεις μετατροπής ενέργειας κατά τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή.

Επειδή ο Fe είναι συστατικό στοιχείο της φερεδοξίνης (πρωτεΐνης), υπεισέρχεται στην αναγωγή των νιτρικών (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) και θειικών ανιόντων, καθώς επίσης και στην αφομοίωση του N<sub>2</sub> και στην παραγωγή ενέργειας. Ακόμη, ο Fe συμμετέχει έμμεσα στην παραγωγή χλωροφύλλης και στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Δεδομένης της σχέσης του Fe με την χλωροφύλλη, η μεσονεύρια χλώρωση, είναι το κύριο σύμπτωμα της τροφοπενίας του σιδήρου.

#### 1.6.2 Ρόλος του Ψευδαργύρου

Ο ψευδάργυρος (Zn) σχετίζεται με τον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών, των αυξινών και του RNA. Επίσης παίζει σπουδαίο ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Επιδρά είτε ως μεταλλικό συστατικό των ενζύμων ή ως ρυθμιστικός παράγοντας μεγάλου αριθμού ενζύμων, ή τέλος ως δομικός παράγοντας αυτών. Ενεργοποιεί περιορισμένο αριθμό ενζύμων και μεταξύ αυτών την καρβονική ανυδράση.

Η έλλειψη Zn (τροφοπενία) οδηγεί στην απενεργοποίηση ορισμένων ενζύμων με συνέπεια την αναστολή της παραγωγής βασικών ουσιών για την αύξηση του φυτού. Επίσης η τροφοπενία του Zn παρεμποδίζει την παραγωγή χλωροπλαστών. Μία άλλη βασική λειτουργία του Zn είναι ότι ενεργεί ως σταθεροποιητικός παράγοντας του κυτοπλάσματος των ριβοσωμάτων. Πολλά ένζυμα συνδέονται με τον Zn στο φυτό, και ως εκ τούτου η παρουσία του στοιχείου θα πρέπει να είναι σε επαρκή επίπεδα για την επίτευξη της ενεργοποίησης των ενζύμων. Τέλος, ο Zn φέρεται να σχετίζεται με το σχηματισμό του αμύλου στο φυτό.

### 1.6.3 Ρόλος του Μαγγανίου

Το μαγγάνιο (Mn) λόγω των μεταβολών του σθένους του από  $Mn^{2+}$  σε  $Mn^{3+}$  παράγει ηλεκτρόνια και επομένως συμμετέχει σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις στο φυτό.

Ιδιαίτερα, όσον αφορά τη φωτοσύνθεση, παίζει βασικό ρόλο γιατί συμπράττει στην απελευθέρωση του  $O_2$  κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της. Το Mn συμβάλλει στην προστασία του μηχανισμού της φωτοσύνθεσης από τις δηλητηριώδεις επιδράσεις του οξυγόνου. Το Mn εξάλλου σχετίζεται και με την γονιμοποίηση των ανθέων, δεδομένου ότι συμμετέχει στην αύξηση των γυρεοκόκκων και του γυρεοσωλήνα.

### 1.6.4 Ρόλος του Χαλκού

Ο χαλκός (Cu) παίζει σπουδαίο ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις λόγω της μεταβολής του σθένους του από  $Cu^{2+}$  σε  $Cu^{3+}$ .

Σχετίζεται άμεσα με τη φωτοσύνθεση, δεδομένου ότι αποτελεί συστατικό του ενζύμου της πλαστοκυανίνης<sup>1</sup> το οποίο συμμετέχει στη φωτοσύνθεση. Το μεγαλύτερο ποσοστό του φυτικού Cu βρίσκεται στους χλωροπλάστες και περισσότερο από 50% στην πλαστοκυανίνη.

Στις περιπτώσεις τροφοπενίας Cu παρατηρείται μείωση της παραγωγής της πλαστοκυανίνης με συνέπεια την αναστολή της φωτοσύνθεσης.

Επίσης ο Cu αποτελεί συστατικό των ενζύμων της υπεροξειδικής δισμουτάσης, κυτοχρωμικής οξειδάσης, αμινικής οξειδάσης και της φαινολάσης, η οποία παίρνει μέρος στο σχηματισμό της λιγνίνης. Από το τελευταίο, γίνεται φανερό ότι η τροφοπενία Cu αναστέλλει την παραγωγή της λιγνίνης λόγω της περιορισμένης παρουσίας της φαινολάσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένιση και αποξύλωση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Γενικά, ο Cu λόγω των σχέσεων του με τα προαναφερθέντα ένζυμα, επηρεάζει τον μεταβολισμό των υδατανθράκων και του N στο φυτό.

### 1.6.5 Ρόλος του Μολυβδαινίου

Το Mo αποτελεί συστατικό κυρίως δύο ενζυμικών συστημάτων, αυτών της νιτρογενάσης και της νιτρικής ρεδουκτάσης. Το μεν πρώτο σχετίζεται με την αναγωγή του  $NO_3$  σε

<sup>1</sup> Πρωτεΐνη που περιέχει Cu του νιτρικού οξέως και σχετίζεται με τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το φωτοσύστημα II στο φωτοσύστημα I κατά τη φωτοσύνθεση.

NH<sub>4</sub> και το δεύτερο με την αναγωγή του NO<sub>3</sub> σε NO<sub>2</sub>. Συνέπεια της δράσης του αυτής, το μολυβδαίνιο παίζει σπουδαίο ρόλο στην αναγωγή του νιτρικού αζώτου στο φυτό. Επίσης, συνδέεται άμεσα με τη δέσμευση του N<sub>2</sub> και τη μεταφορά του N, που επιτυγχάνεται με τη δράση του ενζύμου της νιτρογενάσης.

#### 1.6.6 Ρόλος του Βόριου

Το Β (βόριο) είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των αζωτούχων βάσεων και ειδικότερα της ουρακίλης του RNA. Έτσι, το Β συμμετέχει στη σύνθεση των πρωτεϊνών μέσω του RNA.

Δεδομένου ότι η ριβόζη και τα ριβονουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των μεριστωματικών ιστών, η τροφопενία του Β μπορεί να αναστείλει όλες αυτές τις διεργασίες και κατά συνέπεια την ανάπτυξη του μεριστώματος των κορυφών και των ριζών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ανάπτυξης των βλαστών και των ριζών.

Το Β συμβάλλει στη διαίρεση, διαφοροποίηση, ωρίμανση, αναπνοή, καθώς και στην αύξηση των κυττάρων. Επίσης, επιδρά και στην βλάστηση των γυρεοκόκκων καθώς και στην αύξηση και βελτίωση της σταθερότητας του γυρεοσωλήνα των ανθέων. Έχει βρεθεί ότι η περιεκτικότητα του Β στους ανθήρες, στο στίγμα και στην ωοθήκη είναι σχεδόν διπλάσια εκείνης των στελεχών (κλάδων, βλαστών). Η κίνηση του Β στο φυτό είναι μικρή και γι' αυτό άλλωστε το στοιχείο αυτό χαρακτηρίζεται ως δυσκίνητο. Γενικά θεωρείται ότι το Β κινείται δια του φλοιώματος.

#### 1.6.7 Ρόλος του Χλωρίου

Καθιερώθηκε ως θρεπτικό στοιχείο μόλις το 1954. Η συμβολή του στην αύξηση και ανάπτυξη του φυτού συνίσταται στα εξής: Συμμετέχει στη διάσπαση του νερού (H<sub>2</sub>O) κατά τη φωτοσύνθεση και ενισχύει την έκλυση του O<sub>2</sub>. Επίσης, λαμβάνει μέρος στην φωσφορυλίωση. Σε μερικά φυτά το Cl επιδρά κατά τη λειτουργία των αποφρακτικών κυττάρων των στομάτων και επομένως επηρεάζει τη λειτουργία της διαπνοής, δηλ. σχετίζεται με το υδατικό καθεστώς του φυτού. Ακόμη, το ένζυμο της ATP-άσης, που απαντάται στους τονοπλάστες<sup>2</sup>, ενεργοποιείται ειδικά από το ανιόν του Cl. Το Cl είναι εξαιρετικά ευκίνητο μέσα στο φυτό.

<sup>2</sup> Μεμβράνη που βρίσκεται γύρω από το χυμοτόπιο ενός φυτικού κυττάρου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

### Συμπτώματα τροφοπενιών

#### 2.1 Θρέψη και μεταβολισμός των φυτών

Ο εφοδιασμός και η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων που απαιτούνται για το μεταβολισμό και την αύξηση των φυτών καλείται θρέψη. Ενώ οι μηχανισμοί δια των οποίων τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία μετατρέπονται σε χρήσιμες κυτταρικές ουσίες (αναβολισμός) και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από τα αναπτυσσόμενα φυτά (καταβολισμός), αποτελούν τις μεταβολικές διεργασίες, δηλ. τον μεταβολισμό.

Η διεργασία του μεταβολισμού διαλαμβάνει διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται μέσα στο κύτταρο για τη διατήρηση και συνέχιση της ζωής. Οι δύο αυτές διεργασίες της θρέψης και του μεταβολισμού σχετίζονται στενά και ουσιαστικά, και ο μεταβολισμός είναι η φυσική συνέπεια της φύσης. Επειδή το θέμα της θρέψης και του μεταβολισμού έχει άμεση σχέση με την τύχη των θρεπτικών στοιχείων στο φυτό, τη μετακίνησή τους μέσα σ' αυτό και τη συσσώρευσή τους στα φύλλα, είναι φανερό ότι τα φύλλα μπορεί να αποτελέσουν το δείκτη του εφοδιασμού των φυτών με θρεπτικά στοιχεία. Γι' αυτό άλλωστε έχουν επιτυχώς χρησιμοποιηθεί ως τα κύρια φυτικά όργανα για την ανάλυση και για τον καθορισμό του επιπέδου θρέψης του φυτού με σκοπό την πρόβλεψη των λιπαντικών αναγκών του.

#### 2.2 Τροφοπενίες και Τοξικότητες των θρεπτικών στοιχείων

Σε φυσικές συνθήκες η τέλεια έλλειψη ενός θρεπτικού στοιχείου από το έδαφος δεν είναι συνηθισμένη. Η πρόσληψη όμως από τα φυτά της αναγκαίας ποσότητας ανόργανων θρεπτικών στοιχείων προϋποθέτει την παρουσία τους στο έδαφος υπό μορφή αφομοιώσιμη και επιπλέον τα στοιχεία πρέπει να αφομοιώνονται, σε ορισμένες αναλογίες, ανταποκρινόμενες στις φυσικές ανάγκες των φυτών.

Επίσης, τα φυτά πρέπει να έχουν στην διάθεση τους διάφορα θρεπτικά στοιχεία σε ορισμένα φυσιολογικά στάδια κατά τα οποία οι εξωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, φως) επιτρέπουν το μεταβολισμό και την χρησιμοποίησή τους για την ανάπτυξη της νέας βλάστησης και καρποφορίας.

Οι διαταραχές της ανόργανης θρέψης προκύπτουν, όχι μόνο όταν ο εφοδιασμός του φυτού με ένα θρεπτικό στοιχείο είναι σε ανεπάρκεια ή σε περίσσεια, αλλά και όταν δεν υπάρχει κανονική σχέση μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων μέσα στα κύτταρα.



Τις ασθένειες από ανεπαρκή εφοδιασμό του φυτού με κάποιο θρεπτικό στοιχείο ονομάζουμε τροφοπενίες ενώ εκείνες από την περίσσεια ανόργανων στοιχείων τοξικότητες.

Οι τροφοπενίες είναι περισσότερο συνηθισμένες και ανάλογα με την έντασή τους, μπορεί να εκδηλώνονται με ορατά συμπτώματα ή χωρίς αυτά. Στην τελευταία περίπτωση μιλούμε για αφανείς ή κρυμμένες τροφοπενίες.

Οι τροφοπενίες έχουν μεγάλη σημασία γιατί παρόλο που μειώνουν την ποιοτική και ποσοτική απόδοση και την αντοχή των φυτών στις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος, είναι δύσκολο να διαγνωστούν. Υπάρχουν επίσης απλές και σύνθετες τροφοπενίες, ανάλογα, εάν οφείλονται στη στέρηση ενός ή περισσότερων θρεπτικών στοιχείων.

### 2.3 Γενικά συμπτώματα τροφοπενιών θρεπτικών στοιχείων

Όπως είναι γνωστό, η ανεπάρκεια εφοδιασμού του εδάφους με διάφορα θρεπτικά στοιχεία, δημιουργεί συγκεκριμένα συμπτώματα στα φύλλα, τα οποία χαρακτηρίζονται από σαφή μορφολογικά στοιχεία και συγκεκριμένη τάση εμφάνισης.

Το πρόβλημα με τα συμπτώματα των τροφοπενιών είναι ότι συχνά η αναγνώριση και ταυτοποίησή τους είναι δύσκολη λόγω του γεγονότος ότι αυτά συγχέονται με συμπτώματα που δημιουργούνται στα φύλλα των φυτών από διάφορα περιβαλλοντικά στρες. (π.χ. αλατότητα, ιώσεις, υψηλές θερμοκρασίες κλπ.). Ως εκ τούτου απαιτείται μεγάλη εμπειρία και προ πάντων χρήση και άλλων μεθόδων για την επιβεβαίωση των συμπτωμάτων. Διαφορετικά, μπορεί να οδηγηθεί κανείς σε λανθασμένους χειρισμούς και να αποπροσανατολιστεί από την ουσία του πραγματικού προβλήματος.

Γενικά τα συμπτώματα των τροφοπενιών ακολουθούν διαφορετικές τάσεις εμφάνισης. Αντίθετα, τα συμπτώματα που οφείλονται σε περιβαλλοντικά στρες, εμφανίζονται σε διάφορα σημεία του φυτού και εάν π.χ. είναι ίωση, μπορεί να επεκταθούν σ' όλα τα φυτά σε ελάχιστο χρονικό διάστημα διάρκειας λίγων ημερών, ενώ τα συμπτώματα των τροφοπενιών εμφανίζονται βραδέως μεν, αλλά σταθερά και ακολουθούν συγκεκριμένη τάση.

Οι τροφοπενίες εμφανίζονται στη διάρκεια του χρόνου σε περιόδους έντονης αυξητικής δραστηριότητας και εκδηλώνονται σε συγκεκριμένες περιοχές των φύλλων ή των βλαστών, με σαφή συμπτωματολογία.

Ειδικότερα, από χρωματική άποψη, μορφολογική και τοπική ως προς τα φύλλα, τα συμπτώματα εμφανίζονται ως εξής:

- i. Χλώρωση: Η χλώρωση μπορεί να είναι μεσονεύρια, εντοπισμένη, περιφερειακή ή γενικευμένη, καλύπτοντας όλη την περιοχή του ελάσματος (κιτρινοπράσινο χρώμα διαφορετικής χρωματικής έντασης ανάλογα με την οξύτητα της έλλειψης)
- ii. Μεταχρωματισμός: Εμφάνιση κίτρινου, πρασινοκίτρινου, λευκού, ιώδους, ερυθρωπού χρώματος και ενδιάμεσων αποχρώσεων.
- iii. Νέκρωση: Μπορεί να είναι εντοπισμένη (π.χ. κορυφές), περιφερειακή και σε σοβαρές περιπτώσεις γενικευμένη. Ουσιαστικά η νέκρωση είναι το τελευταίο στάδιο της χλώρωσης, η οποία σε προχωρημένο στάδιο νεκρώνει την περιοχή που εμφανίζεται. Είναι μια κατάσταση μη αναστρέψιμη.
- iv. Μικροφυλλία: (ροζέτα) Είναι χαρακτηριστικό σύμπτωμα της έλλειψης Zn.

Η τάση εμφάνισης των συμπτωμάτων τροφοπενίας έχει ως εξής:

- i. Αρχική εμφάνιση σε συγκεκριμένες θέσεις ή σημεία του φυλλώματος, των βλαστών ή των κλαδίσκων, ανάλογα με το βαθμό κινητικότητας του θρεπτικού στοιχείου μέσα στο φυτό. π.χ. Εάν το στοιχείο είναι ευκίνητο, τα συμπτώματα εμφανίζονται στα ωριμότερα (παλαιότερα) φύλλα.
- ii. Εάν το στοιχείο είναι δυσκίνητο μέσα στο φυτό, τα συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται καταρχήν στα νεαρά φύλλα ή στα σημεία ενεργούς μεριστωματικής δραστηριότητας. (στις κορυφές των βλαστών).
- iii. Τα συμπτώματα τροφοπενιών εμφανίζονται βραδέως μεν αλλά σταθερώς και καθώς οξύνεται η έλλειψη του συγκεκριμένου θρεπτικού στοιχείου, επεκτείνονται σταδιακά σε όλα τα φύλλα και σε πολλές οξείες περιπτώσεις τροφοπενιών, το έλασμα νεκρώνεται και το φυτό καταστρέφεται. Η διαδικασία αυτή απαιτεί χρόνο και αυτό αποτελεί τη διαφορά συγκριτικά με την εμφάνιση των συμπτωμάτων που οφείλονται σε προσβολές των φυτών από ιώσεις.

### 2.3.1 Συμπτώματα τροφοπενίας Αζώτου (N)

Γενικά τα συμπτώματα έλλειψης N εμφανίζονται αρχικά στα μεγάλα, πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα, σαν μια γενικευμένη χλώρωση. Καθώς οξύνεται η έλλειψη, η χλώρωση επεκτείνεται και στα μικρότερα φύλλα, ενώ στα μεγαλύτερα εμφανίζονται νεκρωτικές περιοχές οι οποίες, προϊόντος του χρόνου, γενικεύονται ενώ σε πολύ σοβαρές ελλείψεις ολόκληρο το έλασμα ξεραίνεται.

Το γεγονός ότι τα συμπτώματα τροφοπενίας εμφανίζονται πρώτα στα μεγάλα φύλλα, οφείλεται στην υψηλή κινητικότητα που έχει το στοιχείο αυτό στο φυτό. Έτσι, σε περιπτώσεις έλλειψης N, το στοιχείο κινείται από τα μεγαλύτερα φύλλα προς τα μικρότερα, τα οποία εμφανίζουν υψηλό βαθμό αύξησης (μεταβολισμού) με συνέπεια να έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε N. Γενικά τα επί μέρους συμπτώματα της έλλειψης N έχουν ως εξής:

Τα φύλλα είναι μικρού μεγέθους, ενώ ο χρωματισμός τους είναι πρασινωπός έως και ωχρός (χλώρωση). Η ανάπτυξη του φυτού πραγματοποιείται με μειωμένους ρυθμούς. Επί πλέον, παρατηρείται μια πρόιμη πτώση των φύλλων. Σε περίπτωση προχωρημένης τροφοπενίας εμφανίζονται νεκρωτικές περιοχές στο έλασμα των φύλλων. Επίσης διαπιστώνεται μία αναστολή στην ανάπτυξη των ριζών και ο σχηματισμός νέων βλαστών και κλαδίσκων περιορίζεται σημαντικά. Οι αποδόσεις μειώνονται και η ποιότητα υποβαθμίζεται.

Η συσσώρευση στα φύλλα υψηλών συγκεντρώσεων  $\text{NH}_4$  δημιουργεί στα ελάσματα τοξικά συμπτώματα, (νεκρώσεις), οι οποίες βέβαια δεν θα πρέπει να συγχέονται με την έλλειψη του στοιχείου.

Όσον αφορά τις υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών στα φύλλα, σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα, δεν φαίνεται να δημιουργούν συμπτώματα τοξικότητας, γεγονός που δείχνει ότι τα φυτά είναι πιο ανθεκτικά στη συσσώρευση των  $\text{NO}_3$ .

### 2.3.2 Συμπτώματα τροφοπενίας Φωσφόρου (P)

Τα συμπτώματα της τροφοπενίας P εμφανίζονται κατ' αρχήν στα παλαιότερα φύλλα λόγω της σχετικά υψηλής κινητικότητας του P στο φυτό.

Έλλειψη P παρατηρείται συνήθως όταν η περιεκτικότητα του P στα φύλλα είναι <0,20% της ξηράς ουσίας. Μερικές φορές μπορεί να παρατηρηθούν συμπτώματα τροφοπενίας P σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών σε εαρινές καλλιέργειες (καλαμπόκι, βιομηχανική τομάτα).

Τα συμπτώματα αυτά εξαφανίζονται όταν βελτιωθεί η θερμοκρασία. Γενικά η μορφολογία και η θέση εμφάνισης των

συμπτωμάτων έλλειψης του P έχουν ως εξής: αναστολή της αύξησης του φυτού, εμφάνιση σκουροπράσινου χρώματος στο φύλλωμα και σε αρκετές περιπτώσεις παρουσία ιώδους-μπλε χρώματος στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος με ενδεχόμενη νέκρωση στην περιφέρεια. Μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων.

### 2.3.3 Συμπτώματα τροφοπενίας Καλίου (K)

Το K είναι κατ' εξοχήν ευκίνητο μέσα στο φυτό. Κατά συνέπεια, τα συμπτώματα της έλλειψης του στοιχείου εμφανίζονται κατ' αρχήν στα ελάσματα των παλαιότερων φύλλων και μάλιστα, περιφερειακά του φύλλου, γεγονός που αποτελεί ιδιαίτερο γνώρισμα της έκφρασης έλλειψης του στοιχείου αυτού στα φυτά. Ειδικότερα τα συμπτώματα τροφοπενίας του K εκδηλώνονται ως ακολούθως: στα πρώτα στάδια εμφανίζεται μια περιφερειακή χλώρωση, η οποία, καθώς προχωρεί η τροφοπενία, μετατρέπεται σε νέκρωση, ενώ ταυτόχρονα ο μεταχρωματισμός κινείται προς το κέντρο του ελάσματος με τάση να καλύψει όλη την επιφάνειά του.

Κατά την έλλειψη K, τα κυτταρικά τοιχώματα γίνονται αδύνατα με συνέπεια τα ετήσια φυτά (σιτάρι) να πλαγιάζουν και να είναι ευαίσθητα στις προσβολές από ασθένειες και έντομα.

Σε οξείες περιπτώσεις έλλειψης, τα προϊόντα υποβαθμίζονται ποιοτικά, δεδομένου ότι το K είναι βασικός παράγοντας ποιότητας. Επίσης, η παρουσία υψηλών επιπέδων  $\text{NH}_4$  στο φυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη του K, μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνιση συμπτωμάτων τοξικότητας αμμωνίου στα φυτά. Τέλος, υψηλές συγκεντρώσεις Mg μπορούν να επιτείνουν την εμφάνιση των συμπτωμάτων τροφοπενίας K όταν το στοιχείο βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα εντός των φυτών.

### 2.3.4 Συμπτώματα τροφοπενίας Ασβεστίου (Ca)

Γενικά, λόγω της δυσκινητικότητας του στοιχείου αυτού στο φυτό, τα συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται στα σημεία εκείνα που χαρακτηρίζονται από ενεργό (έντονη) μεριστωματική δράση (π.χ. στις κορυφές των βλαστών). Η έλλειψη του θρεπτικού αυτού στοιχείου αναστέλλει τη μεριστωματική δράση με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής μεριστωματικών ιστών και αυτός είναι ο λόγος της εμφάνισης των χλωρωτικών ή νεκρωτικών φαινομένων στα σημεία των βλαστικών κορυφών και γενικότερα της ενεργούς αυξητικής δραστηριότητας.

Η μορφολογία των συμπτωμάτων έχει ως εξής: Στρέβλωση φύλλων και δημιουργία χλώρωσης, που σε προχωρημένη, οξεία έλλειψη μετατρέπεται σε νέκρωση, η οποία εντοπίζεται στην περιφέρεια των ελασμάτων.

Κάτω από υγρές καιρικές συνθήκες και νεφοσκεπείς περιόδους, λόγω της παρατηρούμενης μειωμένης διαπνοής, δημιουργείται προσωρινή έλλειψη Ca, η οποία όμως τείνει να εξαφανισθεί καθώς βελτιώνονται οι συνθήκες του περιβάλλοντος. Υπό την επίδραση τέτοιων συνθηκών μπορεί ορισμένοι καρποί, όπως της μηλιάς, να εμφανίσουν τα συμπτώματά της «πικρής κηλίδωσης» ή της “καμένης” κορυφής σε ορισμένα λαχανικά όπως στα μαρούλια και της ξηρής σήψης της κορυφής (στους καρπούς την τομάτας, στα πεπόνια και τα κολοκυθάκια).

### 2.3.5 Συμπτώματα τροφοπενίας Μαγνησίου (Mg)

Γενικά, το Mg είναι ευκίνητο μέσα στο φυτό, γι' αυτό τα συμπτώματα της έλλειψης του εμφανίζονται κατ' αρχήν στα μεγάλα και ώριμα φύλλα. Και τούτο διότι σε τέτοιες περιπτώσεις το Mg μετακινείται ευχερώς προς τα μικρότερα φύλλα, τα οποία έχουν αυξημένες ανάγκες, λόγω της μεγαλύτερης αυξητικής δραστηριότητάς τους.

Βασικό μορφολογικό γνώρισμα των συμπτωμάτων τροφοπενίας του Mg είναι η μεσονεύρια χλώρωση ή το ελαφρό κιτρίνισμα με την εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων στους μεσονεύριους χώρους, ενώ σε περίπτωση οξείας έλλειψης, οι κηλίδες αυξάνουν σε μέγεθος και αρχίζουν να καλύπτουν σταδιακά τους μεσονεύριους χώρους. Με την περαιτέρω πρόοδο της έλλειψης, τα ελάσματα των φύλλων γίνονται εύθρυπτα και παραμορφωμένα.

### 2.3.6 Συμπτώματα τροφοπενίας Θείου (S)

Τα συμπτώματα της έλλειψης του S μοιάζουν πολύ με τα αντίστοιχα της έλλειψης N, καθώς και τα δύο αυτά θρεπτικά στοιχεία σχετίζονται με τις πρωτεΐνες και τη χλωροφύλλη. Το S όπως και το N είναι εξαιρετικά ευκίνητο μέσα στο φυτό και κατά συνέπεια τα συμπτώματα της έλλειψης εμφανίζονται κατ' αρχήν στα παλαιότερα-ωριμότερα φύλλα.

Κατά τα πρώτα στάδια της έλλειψης, παρατηρείται ένα κιτρίνισμα ενώ αργότερα μπορεί να εμφανιστούν στο έλασμα στίγματα κοκκινωπά ή ιώδη. Η εμφάνιση των φυτών είναι γενικά ισχνή, οι κλαδίσκοι βραχείς και αδύνατοι. Επίσης, η φυλλική επιφάνεια μειώνεται σε μεγάλο βαθμό.

Όταν η συγκέντρωση του S αυξηθεί μέσα στα φύλλα πέραν του ορίου 0,50-0,70% της ξηράς ουσίας, τότε είναι δυνατό ανάλογα με το είδος του φυτού, να εμφανιστούν συμπτώματα τοξικότητας στα φύλλα.

### 2.3.7 Συμπτώματα τροφοπενίας Σιδήρου (Fe)

Δεδομένου ότι τόσο ο Fe όσο και το Mg σχετίζονται με την παραγωγή της χλωροφύλλης, τα συμπτώματα έλλειψης του Fe μοιάζουν πολύ με εκείνα του Mg. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο εμφάνισής τους. Επειδή ο Fe είναι δυσκίνητος μέσα στο φυτό, τα συμπτώματα τροφοπενίας εμφανίζονται κατ' αρχή στα μικρότερα (νεαρά) φύλλα, σε αντίθεση με το Mg, το οποίο λόγω της σχετικά μεγάλης κινητικότητας του εμφανίζει, τα συμπτώματα έλλειψης εκδηλώνονται κατ' αρχήν στα μεγάλα φύλλα, όπως ήδη αναφέρθηκε στα προηγούμενα.

Βασικό γνώρισμα των συμπτωμάτων της τροφοπενίας του Fe είναι η μεσονεύρια χλώρωση, η οποία με την παράταση της έλλειψης, καταλαμβάνει όλη την επιφάνεια του ελάσματος και σε οξείες περιπτώσεις το έλασμα μπορεί να γίνει λευκό διότι τελικά στερείται πλήρως της χλωροφύλλης.

Αύξηση του επιπέδου του Fe στους φυτικούς ιστούς σε επίπεδο μεγαλύτερο των 300-400 ppm, μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες τοξικότητας σε βάρος του φυτού. Συμπτώματα τοξικότητας Fe εμφανίζονται κυρίως στις καλλιέργειες που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες κατάκλυσης, όπως π.χ. στους ορυζώνες. Και τούτο διότι κάτω απ' αυτές τις συνθήκες αυξάνει σημαντικά η διαλυτότητα του Fe από 0,01 ppm σε 50 μέχρι 500 ppm.

### 2.3.8 Συμπτώματα τροφοπενίας Ψευδάργυρου (Zn)

Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της έλλειψης του Zn είναι η εμφάνιση χλωρωτικών λωρίδων εκατέρωθεν της κεντρικής νεύρωσης.

Οι λωρίδες αυτές, καθώς εξελίσσεται η τροφοπενία, σε οξείες περιπτώσεις, προσλαμβάνουν μία κίτρινη χροιά και τελικά γίνονται λευκές. Στις δενδρώδεις καλλιέργειες, η έλλειψη του Zn εμφανίζεται με το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της μικροφυλλίας ή ροζέτας, της μείωσης του αριθμού των ανθοφόρων οφθαλμών και της κλειστής εμφάνισής τους σε πολλές καλλιέργειες. Επίσης, παρατηρείται βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων και γενική εμφάνιση χλωρωτικών περιοχών στα ελάσματα των φύλλων.

Οι περιεκτικότητες των φύλλων σε Zn που μπορεί να συνδέονται με πιθανά τοξικά φαινόμενα στα φυτά (εκδήλωση συμπτωμάτων τοξικότητας) είναι συνήθως >200 ppm και σχετίζεται με την ταυτόχρονη έλλειψη Fe ή P, η οποία ενδεχομένως να είναι τελικά τοξική δράση των υψηλών συγκεντρώσεων Zn.

### 2.3.9 Συμπτώματα τροφопενίας Χαλκού (Cu)

Η τροφопενία του Cu είναι γενικά σπάνια στη χώρα μας λόγω της εκτεταμένης χρήσης χαλκούχων σκευασμάτων στις καλλιέργειες. Όσον αφορά στη μορφή και τα σημεία εκδήλωσης των συμπτωμάτων έλλειψης του Cu, λόγω της σχετικής δυσκινητικότητας του στοιχείου αυτού στα φυτά, τα συμπτώματα εμφανίζονται κυρίως στους νεαρούς βλαστούς (νέα φύλλα, βλαστικές κορυφές). Παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης, στρέβλωση και παραμόρφωση των νέων φύλλων, νέκρωση των μεριστωματικών περιοχών (κορυφών) και ενίοτε εμφάνιση λευκών κορυφών στα νεαρά φύλλα (π.χ. σιτηρά).

### 2.3.10 Συμπτώματα τροφопενίας Βορίου (B)

Η έλλειψη του B στις καλλιέργειες είναι πολύ διαδεδομένη. Λόγω της μειωμένης κινητικότητας του στοιχείου αυτού στο φυτό, τα συμπτώματα τροφопενίας εμφανίζονται κατ' αρχήν στις κορυφές και στα νεαρά φύλλα δηλ. στις περιοχές της ενεργούς μεριστωματικής δράσης.

Τα νέα φύλλα συνήθως παραμορφώνονται και διπλώνουν προς τα πάνω εμφανιζόμενα ως ρυτιδωμένα, με ελάσματα παχύτερα που συνήθως έχουν δε σκοτεινό χρώμα. Σε περιπτώσεις προχωρημένης έλλειψης παρατηρείται νέκρωση των κορυφών, τα φύλλα και τα στελέχη καθίστανται εύθρυπτα λόγω συσσώρευσης φαιολών και της αυξημένης ευαισθησίας των κυτταρικών τοιχωμάτων στις μηχανικές επιδράσεις. Στην περίπτωση των τεύτλων, τα συμπτώματα της έλλειψης B εμφανίζονται στις ρίζες υπό τη μορφή «σήψης της καρδιάς».

Υψηλές συγκεντρώσεις B στο φυτό δρουν τοξικά. Συνήθως η διαφορά μεταξύ του άριστου επιπέδου του B στα φύλλα και της τοξικής συγκέντρωσης αυτού, δεν είναι πολύ μεγάλη, 20-100ppm ξηράς ουσίας, είναι επαρκές επίπεδο για την κανονική ανάπτυξη των φυτών, ενώ πάνω από 100ppm μπορεί να δημιουργηθούν κάποια προβλήματα τοξικότητας, ανάλογα βέβαια με το είδος του φυτού.

### 2.3.11 Συμπτώματα τροφοπενίας Μαγγανίου (Mn)

Το στοιχείο αυτό είναι σχετικά δυσκίνητο μέσα στο φυτό. Έτσι, τα συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται στα νεότερα φύλλα. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της έλλειψης Mn είναι η : εμφάνιση χλώρωσης, τα δικοτυλήδονα φυτά γίνονται πολύ ισχνά, ενώ τα μονοκοτυλήδονα εμφανίζουν φαιές κηλίδες στο έλασμα των φύλλων.

Γενικά, τα συμπτώματα έλλειψης του Mn μεταβάλλονται (διαφοροποιούνται) με το φυτικό είδος και μπορεί να μοιάζουν με εκείνα της έλλειψης Fe ή Zn. Συχνά, τα συμπτώματα έλλειψης Mn μπορεί να οφείλονται σε ανταγωνιστική δράση του P ή του Fe.

Για τη διάγνωση των παραπάνω προβλημάτων (τροφοπενιών), οι περισσότεροι ερευνητές έχουν στραφεί προς τη μέθοδο της ανάλυσης των φυτικών ιστών και κυρίως των φύλλων, η περιεκτικότητα των οποίων σε θρεπτικά στοιχεία χρησιμοποιείται ως κριτήριο για τη διάγνωση της θρεπτικής κατάστασης του φυτού.



## 2.4 Φυλλοδιαγνωστική

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ένας κλάδος της Γεωπονικής που ασχολείται με την ανάλυση των φυτικών ιστών για τον καθορισμό των αναγκών των καλλιεργούμενων φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Η ανάλυση αυτή των φυτικών ιστών συνήθως περιορίζεται στην ανάλυση των φύλλων και για αυτό έχει καθιερωθεί η χρήση του όρου Φυλλοδιαγνωστική. Συνεπώς, Φυλλοδιαγνωστική ονομάζεται η κατά το δυνατόν εξακρίβωση των αναγκών των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία και των καλλιεργειών σε λιπάσματα με τη χημική ανάλυση των φύλλων που έχουν καθορισμένη φυσιολογία και λαμβάνονται από προκαθορισμένη θέση του φυτού.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της Φυλλοδιαγνωστικής είναι η πρόληψη των ελλείψεων θρεπτικών στοιχείων παρά η θεραπεία τους, όταν οι ελλείψεις στα καλλιεργούμενα φυτά έχουν ήδη εκδηλωθεί. Αυτό μπορεί να γίνει με τη συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων θρέψης των καλλιεργειών και την ανάλυση των φύλλων που λαμβάνονται από τα καλλιεργούμενα φυτά, ώστε να διαγνωστεί εγκαίρως η έλλειψη, προτού ακόμα αυτή εμφανιστεί με ορατά συμπτώματα στα φυτά.

### 2.4.1 Δειγματοληψία των Φύλλων

Η εφαρμογή της φυλλοδιαγνωστικής περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Τη δειγματοληψία
2. Την προετοιμασία του δείγματος για ανάλυση (ξήρανση, άλεση)
3. Την ανάλυση και
4. Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων για τη διατύπωση της συμβουλής λίπανσης.

Το στάδιο της δειγματοληψίας είναι το βασικότερο καθ' όσον επί του ληφθέντος δείγματος βασίζεται ο ακριβής καθορισμός των επιπέδων των θρεπτικών στοιχείων και συνεπώς η ορθότητα της παροχής της καλλιέργειας με τα ανάγκαία θρεπτικά στοιχεία. Κατά συνέπεια αυτή θα πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής. Για την επιτυχή και αποτελεσματική εφαρμογή της φυλλοδιαγνωστικής στην παραγωγική διαδικασία (πράξη) βασική προϋπόθεση είναι η συλλογή αντιπροσωπευτικού δείγματος φύλλων. Αυτό εξαρτάται από την ορθή δειγματοληψία. Για την λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής βασικές αρχές:

α. Λήψη κατάλληλου φυτικού οργάνου, ανάλογα με το είδος του φυτού (μίσχος, έλασμα, κορυφές ή άλλο τμήμα φυτού).

β. Μέρος ή σημείο του φυτού από το οποίο λαμβάνεται το φύλλο (π.χ. φύλλα βάσεως βλαστών, ώριμα φύλλα από το μέσο του βλαστού, φύλλα αντίθετα προς τον καρπό, κλπ). Αυτό εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.

γ. Στάδιο ανάπτυξης του φυτού (εποχή δειγματοληψίας)

δ. Αριθμός λαμβανομένων οργάνων (φύλλων, μίσχων κλπ).

Σκοπός των ανωτέρω είναι η επίτευξη της λήψης του πλέον κατάλληλου φύλλου-δείκτη της πραγματικής θρεπτικής κατάστασης του φυτού, καθώς επίσης και η επίτευξη ενός αξιόπιστου δείγματος, που να εξασφαλίζει μια αντικειμενική και ακριβή πρόβλεψη των αναγκών των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία-λιπάσματα. Οι οδηγίες δειγματοληψίας για κάθε καλλιέργεια, θα πρέπει να είναι σαφείς και επακριβείς και βέβαια να στηρίζονται στις προαναφερθείσες αρχές. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα εξής:

α. Αποφυγή λήψης φύλλων ή κορυφών από προσβεβλημένα ή ασθενή φυτά, ή προσβεβλημένα από έντομα, ιώσεις ή επηρεασμένα από δυσμενείς καιρικές συνθήκες (ξηρασία, παγετοί), ή φυτών τα οποία εμφανίζουν κακώσεις από την επίδραση μηχανικών επιδράσεων.

β. Αποφυγή λήψης φύλλων ή μίσχων ή κορυφών από φυτά που βρίσκονται στο περιθώριο της φυτείας ή του οπωρώνα.

γ. Αποφυγή λήψης φύλλων από φυτά που τυχόν σκιάζονται από άλλα υψηλότερα.

Τα λαμβανόμενα δείγματα θα πρέπει να είναι μικτά (σύνθετα), ή να προέρχονται από διάφορα φυτά της ίδιας εξωτερικής εμφάνισης, ανάπτυξης και υγιεινής κατάστασης. Τα δείγματα οφείλουν να λαμβάνονται τυχαία εντός της φυτείας ή του οπωρώνα. Η μείωση της παραλλακτικότητας της δειγματοληψίας εξαρτάται από τον αριθμό των λαμβανομένων "υποδειγμάτων" από τα οποία θα προκύψει το σύνθετο δείγμα. Προκειμένου περί δενδρώδους καλλιέργειας, ο αριθμός των "υποδειγμάτων" εξαρτάται από τον αριθμό των δειγματοληπτούμενων δένδρων. Όσο περισσότερα είναι τα δένδρα τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο αριθμός των λαμβανομένων υποδειγμάτων και επομένως τόσο μικρότερη θα είναι η παραλλακτικότητα, τηρουμένων πάντοτε των κανόνων και αρχών που διέπουν τη φυλλοληψία.

Τα λαμβανόμενα δείγματα θεωρούνται αντιπροσωπευτικά. Η λήψη σύνθετου δείγματος εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό την ομοιογένεια και κατά συνέπεια την αντιπροσωπευτικότητα της δειγματοληψίας. Τούτο δε διότι, τα θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται στα διάφορα μέρη του φυτού δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα, δεδομένου ότι κατά την ωρίμανση των ιστών, τα μεν ευκίνητα στοιχεία μετακινούνται από τους παλαιότερους ιστούς στους νεότερους, τα δε δυσκίνητα συσσωρεύονται στα νεότερα φύλλα ή τις κορυφές ή προϊόντος του χρόνου, στο έλασμα.

Ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να προσεχθεί κατά τη δειγματοληψία είναι ότι ο μίσχος δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και να αξιολογείται με τα ελάσματα κατά την ανάλυση, καθ' όσον αποτελεί τρόπον τινά ξεχωριστό όργανο. Μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις θα πρέπει να αναλύονται οι μίσχοι χωριστά (π.χ. μίσχοι αμπέλου). Αλλιώς οι μίσχοι πρέπει να εξαιρούνται κατά τη δειγματοληψία για να μην συμπεριληφθούν στην ανάλυση.

Η λήψη δειγμάτων για λόγους σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών φυτών μπορεί να δημιουργήσει κάποια προβλήματα. Και τούτο διότι εφ' όσον η περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων εκφράζεται επί τοις εκατό της ξηράς ουσίας, οποιοσδήποτε παράγοντας επηρεάζει την παραγωγή της ξηράς ουσίας θα επηρεάσει κατ' ανάγκην και την περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων. Εξάλλου, η δειγματοληψία από δύο διαφορετικούς πληθυσμούς φυτών του ίδιου είδους, όπου ο ένας έχει υποστεί τις επιδράσεις κάποιου περιβαλλοντικού στρες (π.χ. ξηρασίας), ενώ ο άλλος είναι απαλλαγμένος από κάθε μορφή καταπόνηση και έχει εφοδιαστεί με την απαραίτητη ποσότητα νερού, μπορεί η ανάλυσή τους να δείξει στην μεν πρώτη περίπτωση αυξημένη περιεκτικότητα του θρεπτικού στοιχείου και μειωμένη στη δεύτερη, λόγω του φαινομένου της αραίωσης. Κατά συνέπεια, απαιτείται πάντοτε προσοχή και ως προς τα σημεία αυτά.

Κατά τη δειγματοληψία επομένως θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα προαναφερθέντα σε τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται πάντοτε η λήψη κατά το δυνατόν περισσότερο αντιπροσωπευτικού δείγματος.

Μετά τη λήψη των δειγμάτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

α. Αποφυγή μόλυνσης των δειγμάτων με λιπάσματα ή άλλες χημικές ουσίες.

β. Συσκευασία των φύλλων σε χαρτοσακούλες και ακολούθως τοποθέτηση αυτών σε πλαστικές, καθαρές σακούλες.

γ. Άμεση αποστολή των δειγμάτων στο εργαστήριο για ανάλυση. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, τότε τοποθέτηση των δειγμάτων στη συντήρηση του ψυγείου για αποστολή την επόμενη. Δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται τα δείγματα στην κατάψυξη.

δ. Προσοχή στις συνθήκες και στο χρόνο μεταφοράς των δειγμάτων στο εργαστήριο. Δεν πρέπει να μένουν επί πολύ στους αποθηκευτικούς χώρους γιατί θα αλλοιωθούν.

ε. Έγκαιρη ενημέρωση του εργαστηρίου για άμεση παραλαβή των δειγμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗ ΤΟΜΑΤΑ

#### 3.1 Αζωτο

##### 3.1.1 Τροφοπενία Αζώτου (N)

Με την έλλειψη του N μειώνεται η φάση βλαστικής ανάπτυξης του φυτού και επιταχύνεται εκείνη της αναπαραγωγής. Παρατηρείται μια υψηλή εναπόθεση αμύλου στους ιστούς και μια έντονη τάση ξυλοποίησης των ιστών. Με τη διακοπή της σύνθεσης πρωτεϊνών, που παρατηρείται με την τροφοπενία του N, κάθε στάδιο ανάπτυξης του φυτού αδρανοποιείται. Χαρακτηριστική είναι επίσης η αποδόμηση των χλωροπλαστών που οδηγεί στην τοπική έλλειψη του N που εκδηλώνεται με χλώρωση. Σε έντονη έλλειψη N αποδομούνται και τα πλαστίδια. Στα νέα θερμοκήπια, τα αργιλώδη εδάφη, όσο είναι φτωχά σε N χωρίς κανονική λίπανση ή τα αμμώδη που εκπλύνονται εύκολα μπορεί να παρουσιάσουν έλλειψη N. Το ίδιο παρατηρείται αν προστεθεί οργανική ουσία μη αποσυντιθεμένη (χωνεμένη) σε μεγάλες ποσότητες.

Το N ανήκει στα στοιχεία που μπορούν εύκολα να κινηθούν από τα σημεία εναπόθεσης στους νεοαναπτυσόμενους φυτικούς ιστούς. Η περιεκτικότητα των φύλλων στην περίπτωση έλλειψης του N είναι διάφορη ανάλογα με το φυτικό είδος, την ποικιλία, την ηλικία των φυτών. Στα κηπευτικά, όταν ανιχνεύονται τιμές N στα φύλλα <1,5% της ξηρής ουσίας πρέπει να αναμένεται η εμφάνιση συμπτωμάτων έλλειψης του στοιχείου αυτού.

Συμπτώματα: Αν η έλλειψη N παρουσιαστεί σε ένα προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τότε με την αποδόμηση των πρωτεϊνών του πλάσματος, μπορεί το φυτό αυτό να συνεχίσει για ένα χρονικό διάστημα την ανάπτυξή του. Τα συμπτώματα της έλλειψης του N θα παρουσιαστούν στα παλιά φύλλα, από τα οποία και χρησιμοποιείται το απαραίτητο N.

Επειδή όμως οι συνολικές απαιτήσεις σε N του φυτού είναι πολύ μεγαλύτερες από το διαθέσιμο απόθεμα, τα συμπτώματα παρουσιάζονται και στα νεαρά φυτικά μέρη. Η έλλειψη του N προσδίδει στα φυτά τομάτας μια όψη «σκληραγωγημένου φυτού». Τα φύλλα παραμένουν μικρά με ανοιχτοπράσινο - κίτρινο χρωματισμό. Αν η έλλειψη συνεχίζει τα φύλλα ξηραίνονται παίρνοντας ένα καστανό χρώμα. Το στέλεχος είναι λεπτό, κοντό και ινώδες με πολύ και σκληρό χνούδι. Το χρώμα του όπως και εκείνο των νεύρων γίνεται έντονο πορφυρό. Τα άνθη πέφτουν πρόωρα. Οι καρποί μένουν μικροί και για πολύ χρόνο διατηρούν το πράσινο χρώμα τους. Όταν όμως κοκκινίσουν το χρώμα τους είναι πολύ έντονο.

Οι σπόροι ωριμάζουν πρόωρα, είναι όμως μικρότεροι και λιγότεροι σε αριθμό. Οι ρίζες είναι μακριές αλλά πολύ λίγο διακλαδισμένες.



1. Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου σε φυτό τομάτας.

Η διόρθωση του προβλήματος της τροφοπενίας N γίνεται με:

- αζωτούχες λιπάνσεις οι οποίες πρέπει να εφαρμόζονται κανονικά,
- αποφυγή χορήγησης μη αποδομημένης (χωνεμένης) οργανικής ουσίας,
- χορήγηση N από το έδαφος, με το νερό άρδευσης ή από το φύλλωμα (διαφυλλικές εφαρμογές).

### 3.1.2 Τοξικότητα Αζώτου (N)

Σε ελάχιστα εκπλυνόμενα εδάφη είναι πολύ πιθανή η συγκέντρωση N στο έδαφος με την αμμωνιακή ή νιτρική του μορφή. Ιδιαίτερα μετά από απολύμανση του εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο η συγκέντρωση αμμωνιακών αλάτων μπορεί να επιδράσει τοξικά στα φυτά. Σε περίπτωση που έχουμε συσσώρευση N στα φυτά η κατανάλωσή τους μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση ιδιαίτερα στα παιδιά αλλά και στους μεγάλους. Υψηλή αζωτούχος λίπανση σε όξινα εδάφη με λιπάσματα αμμωνιακής μορφής, όταν η νιτροποίηση εμποδίζεται, προκαλεί συμπτώματα περίσσειας N. Μπορεί επίσης να προκαλέσει μείωση της πρόσληψης του Ca, του K, καθώς και της προσρόφησης του νερού.

Υψηλές δόσεις N ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών. Ο μηχανικός ιστός στήριξης των φυτών εξαιτίας της διατάραξης της σχέσης Αζώτου/ Άνθρακα (N/C) υπέρ του N χάνει τη στερεότητά του. Σχηματίζονται δηλαδή σε βάρος του σκληρεγχυματικού ιστού πολλά παρεγχυματικά κύτταρα που καθιστούν τους ιστούς πιο υδαρείς και πιο ευπαθείς στις προσβολές από διάφορα παθογόνα.

**Συμπτώματα:** Τα φυτά με περίσσεια N έχουν φύλλα μεγάλα και χυμώδη και βαθύ πράσινο χρώμα. Τα στελέχη είναι μεγάλα, χοντρά και χυμώδη με λίγο χνούδι. Τα άνθη δεν δένουν και οι καρποί είναι μαλακοί, μειωμένης αντοχής στη μεταφορά και αποθήκευση και κατώτερης ποιότητας (συγκέντρωση αμιδίων). Η περίσσεια ιόντων αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) προξενεί χαρακτηριστικές τραυματικές κηλίδες στα στελέχη.



2. Συμπτώματα τοξικότητας αζώτου σε φυτό τομάτας.

Η διόρθωση της τοξικότητας N γίνεται με:

- Αποφυγή υπερλιπάνσεων με αζωτούχα λιπάσματα
- Έλεγχο του pH του εδάφους και χρησιμοποίηση όξινων ή ουδέτερων αζωτούχων λιπασμάτων κατά περίπτωση.
- Πλούσια καλιούχο λίπανση
- Πλούσια οργανική λίπανση με μη αποδομημένα υλικά.
- Ξέπλυμα του εδάφους με κατάκλιση (εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων νερού).

### 3.2 Φώσφορος

#### 3.2.1 Τροφοπενία Φωσφόρου (P)

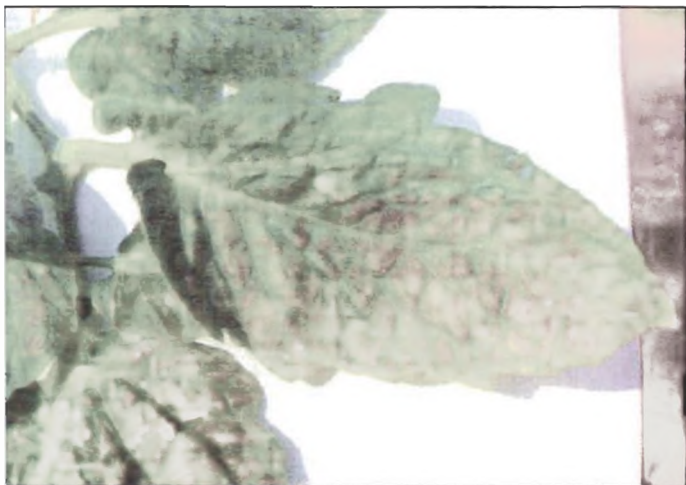
Η έλλειψη P δεν παρατηρείται μόνο όταν η διαθέσιμη ποσότητα του στοιχείου αυτού στο έδαφος είναι μικρή. Πολλοί άλλοι παράγοντες μπορούν να παρεμποδίσουν την πρόσληψή του από τα φυτά. Μια ποσότητα 0,04-0,08Kg διαλυτού P / στρέμμα είναι αρκετή για να καλύψει τις ανάγκες των φυτών.

Εδάφη πολύ πλούσια σε Ca ευνοούν την εμφάνιση της τροφοπενίας του P. Για μια άριστη δυναμική του P το pH του εδάφους πρέπει να είναι γύρω στο 6,5. Η θερμοκρασία παίζει επίσης βασικό ρόλο.

Φυτά μικρής ηλικίας τα οποία δέχονται κανονική τροφοδοσία σε P παρουσιάζουν συμπτώματα έλλειψης όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι χαμηλή και η άρδευση ελλιπής. Ο κακός αερισμός του εδάφους συντελεί επίσης στην εμφάνιση της έλλειψης P. Αν μάλιστα τα φυτά εκτεθούν για πολύ καιρό σε συνθήκες έλλειψης Οξυγόνου (O<sub>2</sub>) η παραγωγή τους μειώνεται κατά πολύ και αν ακόμα χορηγηθεί αρκετός P. Η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, σε Al και σε Fe, ευνοούν την εμφάνιση της έλλειψης ου στοιχείου.

Συμπτώματα: Η τομάτα είναι πολύ ευαίσθητη στην έλλειψη P, παρατηρείται παρεμπόδιση της ανάπτυξης των φυτών που προσδίδει σε αυτά μια σκληρή (τραχεία) όψη. Τα φύλλα αποκτούν ένα σκουροπράσινο–γαλαζοπράσινο χρωματισμό στην κάτω επιφάνεια και κατά μήκος των νεύρων. Ο μεταχρωματισμός αυτός οφείλεται στην αύξηση της χλωροφύλλης α σε σχέση με τη χλωροφύλλη β και των ανθοκυανών. Ο μίσχος των φύλλων κυρτώνει προς τα κάτω. Στα ηλικιωμένα φύλλα παρατηρούνται στη συνέχεια χλωρωτικές καστανές – σκούρες νεκρωτικές κηλίδες. Τα φύλλα αυτά αργότερα ξηραίνονται. Το στέλεχος είναι λεπτό και κοντό και φέρει καστανόμαυρες κηλίδες. Η άνθιση και η καρποφορία των φυτών μειώνεται σημαντικά. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση εμφάνισης παραμορφωμένων ανθέων. Οι καρποί γίνονται μικρότεροι, πιο συμπαγείς και κιτρινίζουν πρόωρα.

Μερικές φορές παρατηρείται μετάθεση της άνθισης και καθυστέρηση της ωρίμανσης των καρπών. Τα τελευταία συμπτώματα παρατηρούνται εντονότερα όταν γίνονται υπερβολικές αζωτούχες λιπάνσεις. Σε όξινα εδάφη η έλλειψη P μπορεί να επισκιαστεί από την τοξικότητα του Al.



3. Συμπτώματα τροφοπενίας φωσφόρου σε φύλλο τομάτας.



4. Συμπτώματα τροφοπενίας φωσφόρου σε φυτο τομάτας.

Η διόρθωση της τροφοπενίας P γίνεται με:

- Μείωση της χορήγησης αζωτούχων λιπασμάτων.
- Αν η τροφοπενία είναι φαινομενική πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια να αρθούν οι παράγοντες που την προκαλούν.
- Αν η τροφοπενία είναι πραγματική θα πρέπει να γίνει χορήγηση φωσφορικών λιπασμάτων.

### 3.2.2. Τοξικότητα Φωσφόρου (P)

Η περίσσια του P μπορεί να παρουσιαστεί ύστερα από υπερβολικές κυρίως φωσφορούχες λιπάνσεις. Υψηλή περιεκτικότητα P στο έδαφος προκαλεί ελλείψεις των ιχνοστοιχείων Fe (Σιδηρού), Zn (Ψευδάργυρου), Ca (Ασβεστίου), B (Βορίου), Cu (Χαλκού) και Mn (Μαγγανίου).

Συνήθως εκδηλώνεται στα φυτά με συμπτώματα έλλειψης άλλων στοιχείων που προαναφέρθηκαν και κυρίως του Zn. Παρατηρείται επίσης μια πρόωρη ωρίμανση των καρπών και αισθητή μείωση της παραγωγής.

Η διόρθωση της τοξικότητας γίνεται με:

- Περιορισμό χορήγησης φωσφορικών λιπασμάτων
- Διόρθωση τυχόν τροφοπενίας άλλου στοιχείου
- Χορήγηση πλούσιας αζωτούχου και οργανικής λίπανσης

## 3.3 Θείο

### 3.3.1 Τροφοπενία Θείου (S)

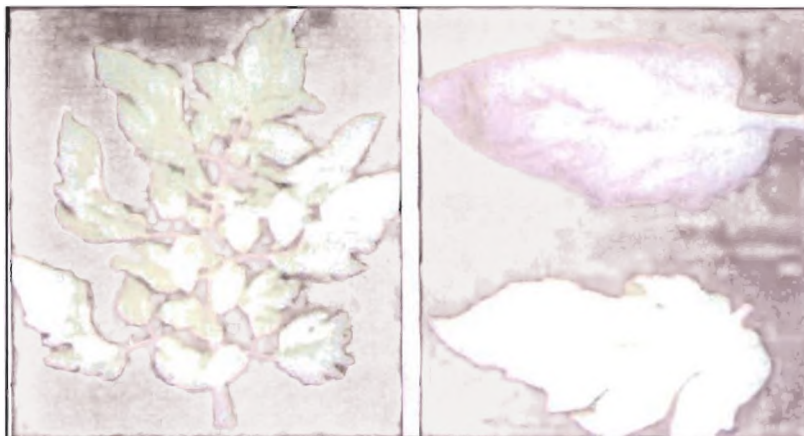
Συχνά συναντούμε την τροφοπενία του S σε ελαφρά εδάφη και σε περιοχές που επικρατούν υψηλές βροχοπτώσεις. Στις συνθήκες αυτές το S εκπλύνεται εύκολα. Το pH του εδάφους παίζει βασικό ρόλο στην πρόσληψη του S από τα φυτά. Στα όξινα εδάφη τα ιόντα  $SO_4^{2-}$  προσροφούνται πολύ καλύτερα παρά στα εδάφη με αλκαλική αντίδραση. Μια σίγουρη ένδειξη της έλλειψης του S μας δίνει η σχέση Αζώτου/Θείου (N/S) στα φυτά. Αντίθετα, η περιεκτικότητα των φυτών σε S ή θειϊκές ενώσεις δεν μας δίνει καμία πληροφορία.

Συμπτώματα: Η τροφοπενία του S εξωτερικεύεται με τα ίδια σχεδόν μακροσκοπικά συμπτώματα που χαρακτηρίζουν την έλλειψη του N. Εκδηλώνεται δηλαδή κιτρινοπράσινος μέχρι κίτρινος μεταχρωματισμός των φύλλων. Στο στάδιο της εντατικής ανάπτυξης των φυτών μπορεί εύκολα να ξεχωρίσει κανείς τις δυο τροφοπενίες. Τότε η έλλειψη του S εμφανίζεται στα νεαρά φύλλα, ενώ εκείνη του N στα παλαιότερα φύλλα. Ακόμα, στην τροφοπενία του S τα ηλικιωμένα φύλλα δεν ξηραίνονται όπως συμβαίνει με την περίπτωση της τροφοπενίας N.



Η βαθμιαία χλώρωση που παρατηρείται στην περίπτωση της έλλειψης του S, οφείλεται κυρίως στον ανώμαλο μεταβολισμό των λευκωμάτων, των χλωροπλαστών και διαταραχή στην σύνθεση της χλώρωσης. Παρατηρείται ακόμα ανάσχεση στη δημιουργία του πλάσματος και στην κυτταροδιαίρεση. Τέλος, εμποδίζεται η σύνθεση των πρωτεϊνών.

Γενικά τα φυτά με έλλειψη S είναι μικρότερα από τα κανονικά με φύλλα μικρά και στενά. Η κορυφή των φυτών είναι πολύ λεπτή. Τα νέα φύλλα μεταχρωματίζονται παίρνοντας ένα χλωμό (ωχρό) πράσινο προς κίτρινο χρώμα. Το κιτρίνισμα αυτό παρατηρείται και στα νεύρα. Σε μεγάλη έλλειψη τα νεύρα παίρνουν ένα κόκκινο-πορφυρό χρωματισμό. Η χλώρωση ξεκινάει με ζώνες γύρω από τα νεύρα και στη συνέχεια επεκτείνεται σε όλο το έλασμα. Αν η περιεκτικότητα του εδάφους σε S είναι πολύ μικρή, τότε στη θέση του το φυτό προσλαμβάνει περισσότερο Cl και προκαλείται έτσι διόγκωση του πλάσματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα φύλλα να γίνονται σκληρά και πολύ χυμώδη. Το στέλεχος και τα φύλλα παίρνουν έναν μπεζ χρωματισμό εξαιτίας της συγκέντρωσης ανθοκυανών.



5. Συμπτώματα τροφονίας θείου σε φυτό τομάτας

Η διόρθωση της τροφονίας του S γίνεται με:

- Εφαρμογή θειαφισμάτων σε υπαίθριες καλλιέργειες
- Χρησιμοποίηση (χορήγηση) λιπασμάτων που περιέχουν S.

### 3.3.2 Τοξικότητα Θείου (S)

Η τομάτα μαζί με το σιτάρι και τα ζαχαρότευτλα είναι τα λιγότερο ευαίσθητα φυτά στην περίσσεια του S. Δεν αναφέρεται περίπτωση περίσσειας στο έδαφος. Η ζημία από την περίσσεια του S πρέπει να αποδοθεί στη ρύπανση της ατμόσφαιρας από το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>).

Οι ζημιές εκδηλώνονται στα φυτά τόσο με την μορφή τοξικότητας (νεκρωτικές κηλίδες, κάψιμο), (φαινόμενο όξινης βροχής) όσο και με υψηλή συγκέντρωση σε S των συγκομιζόμενων

φυτικών προϊόντων εξαιτίας του SO<sub>2</sub>. Μια τέτοια συγκέντρωση δημιουργεί προβλήματα στα ζώα και στον άνθρωπο γιατί διαταράσσεται ο μεταβολισμός του Cu. Μια περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε SO<sub>2</sub> 0,2-1,0 με μέγιστη τιμή ανάλογα με το είδος των καλλιεργούμενων φυτών 2,5 mg/m<sup>3</sup> αέρα μπορεί να προκαλέσει φυτοτοξικότητα στις καλλιέργειες.

Η διόρθωση της τοξικότητας (ρύπανσης) του S συνεπάγεται μέτρα περιορισμού της ατμοσφαιρικής μόλυνσης από SO<sub>2</sub>.

### 3.4 Κάλιο

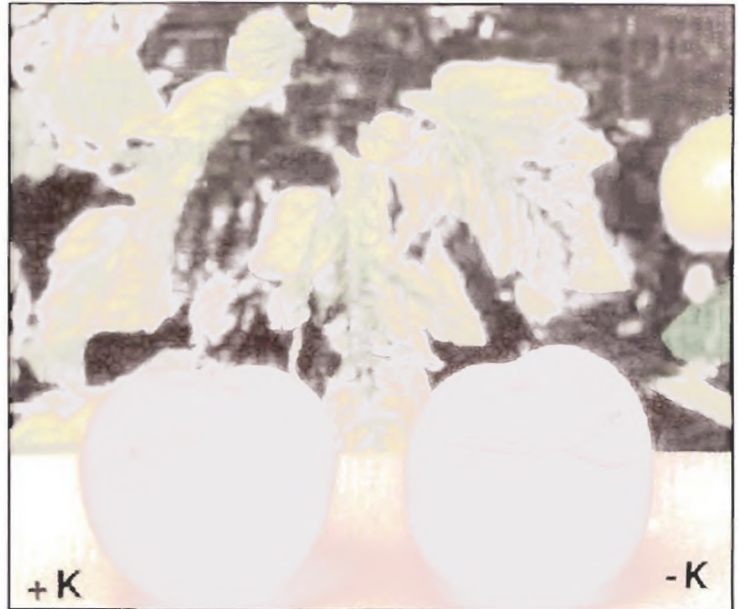
#### 3.4.1 Τροφοπενία Καλίου (K)

Σε έλλειψη K παρατηρείται μια άνιση κατανομή του στοιχείου αυτού μέσα στο φυτό. Τις υψηλότερες τιμές του βρίσκει κανείς στα πιο νέα και αναπτυσσόμενα φυτικά μέρη. Ανωμαλίες στην προσρόφηση του K κατά τα στάδια ανάπτυξης των φυτών δεν μπορούν να διορθωθούν αργότερα και εξωτερικεύονται με μείωση της παραγωγής.

Συμπτώματα: Πριν την εμφάνιση ορατών (μακροσκοπικών) συμπτωμάτων μπορεί κανείς έγκαιρα να αναγνωρίσει τα φυτά που πάσχουν από την έλλειψη K. Τα φυτά αυτά εξαιτίας της διαταραχής της σπαργής και της λειτουργίας των στοματίων παρουσιάζουν ιδιαίτερα τις ξηρές και θερμές μέρες πολύ γρήγορα συμπτώματα μάρανσης. Τα πιο ηλικιωμένα φύλλα καρουλιάζουν ή κρέμονται προς τα κάτω σε αντίθεση με την έλλειψη του P ή του N που παραμένουν όρθια. Στην αρχή παρουσιάζεται μια καθυστέρηση στην ανάπτυξη γιατί το K δεν κινείται πολύ γρήγορα από τα παλιά φύλλα και δεν καλύπτονται έτσι οι ποσότητες στο στοιχείο αυτό των νέων φύλλων και του μεριστώματος. Τα νέα φύλλα έχουν μικρότερο μέγεθος από το κανονικό. Τα παλιά φύλλα της βάσης έχουν ένα γκριζοπράσινο χρωματισμό. Η αφυδάτωση του κυτταροπλάσματος και η συγκέντρωση τοξικών ουσιών (πουτρεξίνη, περοξειδία) προκαλεί στην κορυφή και περιφερειακά του ελάσματος στα παλιά φύλλα πολύ μικρές νεκρωτικές κηλίδες ασπροκίτρινου χρώματος. Οι κηλίδες αυτές συνενώνονται και επεκτείνονται ανάμεσα στα νεύρα παίρνοντας ένα σκουρόφαιο χρωματισμό εξαιτίας της έντονης δράσης της τυροσίνης. Είναι το κλασσικό σύμπτωμα της έλλειψη K το "καψίμο του φύλλου".

Τα στελέχη παραμένουν λεπτά και σε ισχυρή έλλειψη K παρουσιάζουν επίσης νεκρώσεις. Οι καρποί ωριμάζουν ανομοιόμορφα και αποκτούν ένα χλωμό-ωχρο χρωματισμό. Τόσο σε καλλιέργειες υπαίθρου όσο και στο θερμοκήπιο μπορεί να παρατηρήσει κανείς την "κηλιδωτή ωρίμανση" του καρπού της τομάτας.

Το πράσινο ή κίτρινο περιλαίμιο, η πράσινη κηλίδωση, η κιτρινωπή κηλίδωση, και ο μεταχρωματισμός του καρπού με σχεδόν άχρωμες κηλίδες στο φλοιό είναι συμπτώματα που μπορούν να αποδοθούν και στην έλλειψη Κ. Στις τομάτες η Κ έλλειψη δημιουργεί χαρακτηριστικό πράσινο δακτύλιο στην περιοχή ποδίσκου.



6. Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου

7. Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου σε καρπούς τομάτας



8. Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου σε φυτό τομάτας

Για τη διόρθωση της τροφοπενίας Κ θα πρέπει:

- Στα βαριά αργιλώδη εδάφη στις ξηρές και θερμές περιοχές πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια εμπλουτισμού τους με Κ.
- Στα πλούσια σε οργανική ουσία και με μικρή προσροφητική

ικανότητα εδάφη πρέπει να εφαρμόζονται συχνές καλιούχες λιπάνσεις.

- Σε έλλειψη K θα πρέπει οι σχέσεις Ασβεστίου/Καλίου (Ca/K) και Αζώτου/Καλίου (N/K) να λαμβάνονται πολύ σοβαρά υπόψη. Θα πρέπει να αποφεύγεται η πλούσια αμμωνιακή αζωτούχος λίπανση.

### 3.4.2 Τοξικότητα Καλίου (K)

Είναι πολύ σπάνια η περίπτωση τοξικότητας στα φυτά από περίσσεια K. Αυτό δεν σημαίνει πως αποκλείεται να έχουμε τοξικότητα από άλλα άλατα ή εμφάνιση τροφοπενιών από αλλά στοιχεία των οποίων η πρόσληψη παρεμποδίζεται. Η περίσσεια K μπορεί να παρουσιαστεί μόνο ύστερα από χορήγηση μεγάλης ποσότητας K στο έδαφος.

Η υψηλή περιεκτικότητα K στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα από ιόντα χλωρίου (Cl<sup>-</sup>). Ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να παρατηρηθεί έλλειψη Ca, Mg, B, Zn, Mn, και ενίοτε Fe. Η περίσσεια K δημιουργεί προβλήματα στην ποιότητα των καρπών και παρατείνει την περίοδο ωρίμανσης.

Η διόρθωση της περίσσειας K γίνεται με:

- Περιορισμό των καλιούχων λιπάνσεων.
- Διόρθωση των τροφοπενιών που ενδεχόμενα θα παρατηρηθούν
- Προσθήκη οργανικής ουσίας στα εδάφη.

## 3.5 Ασβεστίου

### 3.5.1 Τροφοπενία Ασβεστίου (Ca)

Η προσρόφηση του Ca από το φυτό εξαρτάται από την ποσότητα του στοιχείου αυτού στο έδαφος, το pH και την περιεκτικότητα του εδάφους σε αλλά κατιόντα. Η έλλειψη Ca στο έδαφος συνδέεται με την αύξηση της οξύτητας που μπορεί με τη σειρά της να δημιουργήσει αρκετές παρενέργειες για την κανονική ανάπτυξη των φυτών.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί πως η απορρόφηση του Ca από το φυτό εξαρτάται και από την εδαφική υγρασία. Στη τομάτα ακόμα και οι απαραίτητες για την ανάπτυξη φυτοορμόνες, που αυξάνουν ή μειώνουν την περιεκτικότητα των φυτών σε Ca, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της τροφοπενίας Ca. Επίσης η κακή εφαρμογή των καλλιεργητικών φροντίδων μπορεί να προκαλέσει στην τομάτα τροφοπενία Ca εξαιτίας της έλλειψης οξυγόνου (O<sub>2</sub>) στο έδαφος. Μια τέτοια έλλειψη εμποδίζει την

ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και την προσρόφηση του νερού που περιέχει διαλυμένα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία.

**Συμπτώματα:** Η έλλειψη του Ca παρουσιάζεται κυρίως στους νέους ιστούς των φυτικών οργάνων. Και αυτό γιατί το Ca συσσωρεύεται και ακινητοποιείται στα παλαιά φύλλα. Παρατηρείται μια γενική καθυστέρηση της ανάπτυξης του φυτού. Στα νεαρά φύλλα εμφανίζονται καταρχάς χλωρωτικές κηλίδες και στη συνέχεια νεκρώσεις. Στην περιφέρεια τους τα φύλλα είναι κάπως διογκωμένα. Το έλασμά τους παραμένει μικρό. Με τη συσσώρευση των ανθοκυανών αποκτούν ένα καφεβιολετί χρωματισμό.

Πριν την εμφάνιση των χλωρωτικών και νεκρωτικών κηλίδων, παρουσιάζεται συχνά το τυπικό σύμπτωμα της έλλειψης Ca που είναι ένας καστανός μεταχρωματισμός των νεύρων του φύλλου στην πάνω και στην κάτω επιφάνεια. Οι γύρω ιστοί διατηρούν το πράσινο σκούρο χρώμα τους. Οι καστανοί αυτοί μεταχρωματισμοί αρχίζουν από την κορυφή και την περιφέρεια του ελάσματος των φύλλων. Τα άνθη ξηραίνονται και ρίπτονται (ανθόρροια). Στην κορυφή του φυτού παρατηρείται μάρανση, η οποία στη συνέχεια εξελίσσεται σε νέκρωση. Σε υψηλό ρυθμό ανάπτυξης των φυτών οποιαδήποτε έλλειψη Ca, εξαιτίας της μείωσης της διαπνευστικής δραστηριότητας, προκαλεί χαρακτηριστική «κύρτωση» του στελέχους. Στο σημείο κύρτωσης εμφανίζεται ζώνη μήκους 1-3 cm, υαλώδης, που γρήγορα παίρνει ένα σκούρο καφέ μεταχρωματισμό. Η δημιουργία της ζώνης αυτής συνοδεύεται συχνά από έκκριση σακχαρωδών ουσιών. Παρόμοια συμπτώματα μπορούν να εμφανισθούν και στους μίσχους των φύλλων. Το πέρα από το σημείο κύρτωσης φυτικό τμήμα (στέλεχος ή φύλλο) νεκρώνεται προοδευτικά. Η «ξηρή κορυφή» στους καρπούς της τομάτας πέρα από άλλες φυσιολογικές και χημικές αιτίες οφείλεται και στην ανεπαρκή τροφοδότηση των καρπών με Ca. Το σύμπτωμα αυτό εμφανίζεται τόσο πιο έντονα όσο πιο μεγάλη είναι η σχέση αμμωνιακό άζωτο/ασβέστιο ( $\text{NH}_4\text{-N}/\text{Ca}$ ). Στα φυτά που δεν εκδηλώνουν το σύμπτωμα της «ξηρής κορυφής» η σχέση αυτή είναι πάντα μικρότερη από την μονάδα. Χορήγηση N σε αμμωνιακή μορφή κατά την διάρκεια του σχηματισμού των καρπών συντελεί στην γρήγορη εμφάνιση του συμπτώματος. Αντίθετα η λίπανση με νιτρικό άζωτο δεν δημιουργεί παρόμοια συμπτώματα.

Φυτά που λιπάνθηκαν με ουρία ή νιτρική αμμωνία ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) έδειξαν μια μέση ένταση συμπτωμάτων. Η περιεκτικότητα σε Ca και Fe των ιστών των φυτών που παρουσιάζουν ξηρή κορυφή των καρπών ήταν αρκετά μειωμένη, ενώ εκείνη του K και του P αυξημένη. Η μεγάλη αλατότητα του εδαφικού διαλύματος με το να εμποδίζει την προσρόφηση του νερού, επιτείνει την εμφάνιση των συμπτωμάτων «της ξηρής κορυφής» των καρπών της τομάτας.

Ένα διαταραγμένο θρεπτικό ισοζύγιο εξαιτίας της χορήγησης μεγάλων ποσοτήτων θειικής αμμωνίας, Mg, Cl μεταβάλλει την κανονική πρόσληψη και μεταφορά του Ca, προκαλώντας έτσι την εκδήλωση των συμπτωμάτων. Η δέσμευση και αδρανοποίηση του Ca από τα οξαλικά οξέα συνιστά επίσης μια αιτία εμφάνισης της ασθένειας. Μια περιεκτικότητα των φύλλων τομάτας σε  $Ca < 3.0\%$  και των καρπών  $< 0,15-0,20\%$  της ξηρής ουσίας είναι δείκτης ότι πρέπει να αναμένεται την εμφάνιση της «ξηρής κορυφής». Ακόμα, η έλλειψη Ca μπορεί να οφείλεται σε φυτοορμονική διαταραχή της σχέσης Καλίου/Ασβεστίου (K/Ca) στους καρπούς.



9. Συμπτώματα έλλειψης ασβεστίου

10. Συμπτώματα έλλειψης ασβεστίου σε καρπούς τομάτας



Η διόρθωση της τροφοπενίας Ca γίνεται με:

- Αποφυγή υπερβολικής αζωτούχου, (ιδιαίτερα αμμωνιακής), καλιούχου και μαγνησιούχου λίπανσης, αν δεν προβλεφθεί κατάλληλη προσθήκη και Ca.
- Αποφυγή καταστροφής της δομής του εδάφους με βαρεία κατεργασία του εδάφους και υπερβολική άρδευση.
- Διαφυλλικούς ψεκασμούς με χλωριούχο ή νιτρικό (7,5g/l) ασβέστιο.

### 3.5.2 Τοξικότητα Ασβεστίου (Ca)

Σε μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε Ca, τα άλατα Cl και τα θειικά ανιόντα ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) δρουν φυτοτοξικά. Αντίθετα η διαθέσιμη ποσότητα του B, Fe, Mn, Zn και Cu μειώνεται αισθητά. Με την υπερασβέστωση του εδάφους διαπιστώνεται αύξηση της προσρόφησης Mg.

Τα συμπτώματα που περιμένει κανείς από μια περίσσεια Ca στο εδάφους θα πρέπει να είναι τα εξής:

- Φυτοτοξικότητα από την δράση των ιόντων Cl και  $\text{SO}_4^{-2}$
- Συμπτώματα τροφοπενίας Mg, B, Zn, Cu, Fe, Mn. Η τροφοπενία των δυο τελευταίων στοιχείων είναι πιο έντονη σε συνθήκες υψηλής περιεκτικότητας P.

Η διόρθωση της περίσσειας Ca είναι δύσκολη γι'αυτό συνιστάται:

- Ο έλεγχος του pH και η ανάλογη διόρθωσή του με όξινα λιπάσματα ή με την προσθήκη θείου
- Διόρθωση της τροφοπενίας Μαγνησίου (Mg)
- Αποφυγή υπεραρδεύσεων που μειώνουν τον δραστηριοποιημένο Σίδηρο (Fe).

## 3.6 Μαγνήσιο

### 3.6.1 Τροφοπενία Μαγνησίου (Mg)

Στην τομάτα είναι μια από τις πιο συνηθισμένες τροφοπενίες. Ιδιαίτερα ευαίσθητα είναι τα εύρωστης ανάπτυξης υβρίδια. Εμφανίζεται κυρίως στα αμμώδη, όξινα και με μικρή εναλλακτική ικανότητα κατιόντων εδάφη. Τροφοπενία Mg είναι δυνατό να παρατηρηθεί και σε πηλώδη, ασβεστούχα ή σε όξινα, μετά από ασβέστωση εδάφη. Και αυτό γιατί υπάρχει έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των κατιόντων Ca και Mg. Πολύ συνηθισμένη είναι η τροφοπενία Mg σε εδάφη στα οποία προστέθηκαν μεγάλες ποσότητες κοπριάς.

Σε εδάφη πλούσια σε Mg, η διαθέσιμη στα φυτά ποσότητα του στοιχείου αυτού εξαρτάται από την τιμή του pH. Έτσι, αν η τιμή του pH είναι γύρω στα 6,5 το Mg είναι περισσότερο διαθέσιμο στο φυτό από ότι σε τιμές pH γύρω στο 5,5. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει σε εδάφη με μικρή περιεκτικότητα Mg.

Πέρα από την πραγματική έλλειψη του Mg σε ένα έδαφος είναι δυνατό κάτω από ορισμένες συνθήκες, να έχουμε και φαινομενική έλλειψη. Αυτό συμβαίνει όταν έχουμε υψηλή περιεκτικότητα σε ανταγωνιστικά του Mg κατιόντα όπως του Υδρογόνου ( $\text{H}^+$ ), του Καλίου ( $\text{K}^+$ ), του Αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ), του Ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) και του Μαγγανίου ( $\text{Mn}^{2+}$ ).

**Συμπτώματα:** Η έλλειψη του Mg στο φυτό μειώνει αισθητά την ενζυματική δράση όλων των ενζύμων που περιέχουν το στοιχείο αυτό. Η μείωση όμως αυτή δεν είναι απότομη, ώστε να αποβεί καταστρεπτική για το μεταβολισμό του φυτού. Τα κατιόντα του Mg δεν έχουν την κινητικότητα του K, εντούτοις μπορούν να κινηθούν σχετικά εύκολα. Σε ένα φυτό που δέχεται ανεπαρκή εφοδιασμό σε Mg τα νεαρά φύλλα έχουν περισσότερο Mg από τα ηλικιωμένα. Στα υγιή φυτά συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Με τη μετακίνηση του Mg από τα παλαιά φύλλα στα νέα παρεμποδίζεται η ενζυματική δράση στα πρώτα και αποδομείται η χλωροφύλλη. Και αυτό γιατί το Mg της χλωροφύλλης που φθάνει στο 15-20% του ολικού είναι το πρώτο που μετακινείται. Αντίθετα, το δεσμευμένο από τις πηκτίνες Mg κρατιέται στο φυτό ως απόθεμα. Με την καταστροφή της χλωροφύλλης αρχικά στα παλιά και ηλικιωμένα φύλλα έχουμε την εμφάνιση των χαρακτηριστικών συμπτωμάτων της τροφοπενίας Mg.

Τα συμπτώματα αυτά παρουσιάζονται πριν το φυτό μπει στην παραγωγή. Τα φύλλα εμφανίζουν μεταξύ των νεύρων μια χλώρωση που αρχίζει από την άκρη της φυλλικής τους επιφάνειας και προχωρεί προς τη βάση. Η χλώρωση γενικεύεται προσδίνοντας έτσι ένα χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα στα παλαιότερα φύλλα. Στη συνέχεια οι χλωρωτικές κηλίδες νεκρώνονται παίρνοντας ένα καστανό χρώμα. Στο στάδιο αυτό τα φύλλα ξηραίνονται και κρέμονται από το στέλεχος του φυτού. Βέβαια τα παραπάνω συμπτώματα μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με την καλλιεργούμενη ποικιλία ή το υβρίδιο και τις συνθήκες καλλιέργειας. Αν το έδαφος περιέχει πολύ K ή γίνεται υπερβολική καλιούχος λίπανση, εξαιτίας της τροφοπενίας Mg μπορεί να παρουσιαστούν χαρακτηριστικές κηλιδώσεις στους καρπούς κατά την ωρίμανσή τους, όπως και στην περίπτωση της έλλειψης του K.

Γενικά η έντονη έλλειψη Mg προκαλεί μείωση της παραγωγής και της περιεκτικότητας των καρπών σε στερεά διαλυτά, οξέα και βιταμίνες. Το ριζικό σύστημα των άρρωστων φυτών είναι πιο ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες και στα παθογόνα του εδάφους.



11. Συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου σε φυτό τομάτας.





12. Έλλειψη μαγνησίου, μεσονεύρια χλώρωση φύλλου τομάτας.

Η διόρθωση της τροφοπενίας Μαγνησίου γίνεται:

- Με την αποφυγή της χρησιμοποίησης υπερβολικής ποσότητας Κ σε εδάφη που είναι σχετικά φτωχά σε Mg.
- Η προσθήκη κοπριάς σε φτωχά σε Mg εδάφη πρέπει να συνοδεύεται και από μαγνησιούχο λίπανση.
- Λαμβάνοντας πρόνοια ώστε να μην ανεβαίνει υπερβολικά η θερμοκρασία κατά την νύχτα στο θερμοκήπιο.

### 3.6.2 Τοξικότητα Μαγνησίου (Mg)

Η εμφάνιση περίσσειας Mg στη τομάτα είναι πολύ σπάνια. Μπορεί να εκδηλωθεί σε εδάφη με πολύ μικρή περιεκτικότητα Κ. Η συγκέντρωση Mg σε μεγάλη ποσότητα στο φυτό διαταράσσει τη σχέση Ασβεστίου/Μαγνησίου (Ca/Mg) και εμποδίζει την κανονική ανάπτυξη των φυτών. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση εμφάνισης φυτοτοξικότητας στα φυτά. Μεγάλη συγκέντρωση Mg στο έδαφος εμποδίζει την προσρόφηση του Mn.

Τα συμπτώματα από την περίσσεια Mg εκδηλώνονται με φυτοτοξικότητα, καθυστέρηση ανάπτυξης των φυτών και εκδήλωση τροφοπενίας Mn.

Η διόρθωση της τοξικότητας Mg γίνεται με:

- Εφαρμογή κανονικής καλιούχου λίπανσης.
- Αποκατάσταση της σχέσης Ασβεστίου/Μαγνησίου (Ca/Mg) με ασβέστωση του εδάφους.
- Χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων οργανικής ουσίας.
- Αποφυγή λίπανσης με λιπάσματα που περιέχουν Mg.

### 3.7 Βόριο

#### 3.7.1 Τροφοπενία Βορίου (B)

Η έλλειψη του Β εμφανίζεται μετά από αύξηση της τιμής του pH του εδάφους (>6,3-7,0). Αυτό μπορεί να γίνει αν πραγματοποιηθεί ασβέστωμα του εδάφους. Τα ελαφρά εδάφη, φτωχά σε Β και χούμο έχουν περισσότερες πιθανότητες εμφάνισης τροφοπενίας Β, ιδιαίτερα αν επικρατούν ξηρικές συνθήκες.

Συμπτώματα: Όλα τα συμπτώματα της έλλειψης Β ξεκινούν από την επίδραση του στοιχείου αυτού στην κυτταροδιαίρεση. Η απουσία Β προκαλεί διαίρεση των κυττάρων χωρίς στη συνέχεια να συμβαίνει διαφοροποίηση. Έτσι εξηγείται η ανώμαλη ανάπτυξη των ιστών σε περιπτώσεις τροφοπενίας Β. Τα νεαρά φύλλα της τομάτας γίνονται παχιά και εύθρυπτα. Στη συνέχεια παρατηρείται νέκρωση των φύλλων χωρίς προηγούμενη χλώρωση του ελάσματος τους. Τις περισσότερες όμως φορές παίρνουν μια χλωροκαστανή απόχρωση στην άκρη. Πολύ χαρακτηριστική είναι η ξήρανση των κορυφαίων διακλαδώσεων και το "κρέμασμα" των φύλλων. Αυτό πρέπει να αποδοθεί στην μεγάλη συγκέντρωση φαινολών και αυξινών που παρατηρείται στις περιπτώσεις απουσίας του Β από τους φυτικούς ιστούς. Τα παλαιότερα φύλλα κιτρινίζουν και διατηρούν μια περιφερειακή πορτοκαλοκαστανή απόχρωση. Το στέλεχος σπάει πολύ εύκολα. Στους καρπούς πολύ συχνά παρατηρείται μια καστανόμαυρη αλλοίωση της σάρκας (εσωτερική καστανίωση). Δεν είναι σπάνια η περίπτωση της εμφάνισης στην κορυφή των καρπών φελλωδών, καστανών κηλίδων. Το τελευταίο αυτό σύμπτωμα παρατηρείται όταν η περιεκτικότητα σε Β είναι  $\leq 6$  ppm για τους καρπούς και  $< 15$  ppm για τα φύλλα σε ξηρή ουσία. Γενικά στα φυτά με έλλειψη Β έχουμε αισθητή μείωση της καρπόδεσης και κατά συνέπεια της παραγωγής.



13,14 Συμπτώματα έλλειψης βορίου σε φυτά τομάτας.

Η διόρθωση της τροφοπενίας Β γίνεται με:

- Σωστό ασβέστωμα, χορήγηση κοπριά και φωσφοροκαλιούχου λίπανσης στα ελαφρά ή αργιλλώδη εδάφη.
- Αποφυγή δημιουργίας συνθηκών μεγάλης ατμοσφαιρικής υγρασίας, που μειώνουν τη διαπνοή και δυσχεραίνουν τη μετακίνηση του Β στους ιστούς των φυτών.

### 3.7.2 Τοξικότητα Βορίου (Β)

Περίσσεια Β μπορεί να παρατηρηθεί σε εδάφη που αρδεύονται από επιφανειακά ή υπόγεια νερά που έχουν μολυνθεί από υπερβολική χρησιμοποίηση απορρυπαντικών με βορικό νάτριο. Αυτό συμβαίνει συχνά σε θερμοκήπια ή υπαίθριες καλλιέργειες κοντά σε βιομηχανικές περιοχές. Στις που επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες περιοχές πολλές φορές τα νερά άρδευσης περιέχουν μεγάλη ποσότητα (>2 mg/l) Β. Μια περιεκτικότητα σε Β της τάξης των 0,5 ppm πρέπει να μας καθιστά πολύ προσεκτικούς στη χρησιμοποίηση των νερών αυτών για άρδευση.

Φυτά σε γλάστρες από ΑΙ που δεν έχουν ψηθεί καλά ή σε εμαγιέ δοχεία μπορούν να παρουσιάσουν περίσσεια Β αν το pH του χρησιμοποιούμενου εδάφους είναι πολύ χαμηλό.

Ο πιο σίγουρος τρόπος διάγνωσης της ενδεχόμενης τοξικότητας Β είναι η ανάλυση των φύλλων. Περιεκτικότητα 100-1.000 ppm σε ξηρή ουσία σημαίνει ότι έχουμε περίσσεια Β. Η περίσσεια Β εμφανίζεται σχεδόν όπως και η έλλειψη, με κιτρίνισμα, καστανό χρωματισμό και νέκρωση των ιστών. Τα συμπτώματα παρουσιάζονται πρώτα στα παλιά φύλλα. Έτσι μπορεί να παρατηρηθεί μια χαρακτηριστική διαφοροποίηση του χρωματισμού των φύλλων. Το μισό προς τα κάτω φυτό εμφανίζεται με ένα κιτρινοκαστανό χρωματισμό και το υπόλοιπο παραμένει πράσινο. Πολύ χαρακτηριστικό σύμπτωμα της περίσσειας Β είναι και ο μεταχρωματισμός των σεπάλων του κάλυκα, που στη συνέχεια ξηραίνονται, περιτυλίγονται και κάμπτονται.



15. Συμπτώματα τοξικότητας βορίου σε φυτά τομάτας.

16. Συμπτώματα τοξικότητας βορίου σε φύλλο τομάτας.



Η διόρθωση της τοξικότητας Β γίνεται με:

- Έκπλυση του καλλιεργούμενου εδάφους με άφθονο και χωρίς πολύ Β νερό.
- Ασβέστιο ( $0,10-0,15 \text{ Kg/m}^2$ ) αν η οξύτητα του εδάφους είναι πολύ υψηλή (pH χαμηλό)

### 3.8 Χλώριο

#### 3.8.1 Τροφοπενία Χλωρίου (Cl)

Η τροφοπενία του Cl στην πράξη εμφανίζεται πολύ σπάνια. Κι αυτό γιατί τα εδάφη είναι γενικά πλούσια σε Cl. Πράγματι, παρατηρείται εμπλουτισμός των εδαφών σε Cl ύστερα από καλιούχο λίπανση ή από βροχή κυρίως στις παραλιακές περιοχές.

Συμπτώματα: Για να εκδηλωθούν συμπτώματα τροφοπενίας στα φυτά θα πρέπει η περιεκτικότητά τους σε Cl να είναι γύρω στα 35-70 ppm της ξηρής ουσίας. Τα συμπτώματα αυτά πρωτοεμφανίζονται στα νεαρά και αναπτυσσόμενα φύλλα με μάρανση της κορυφής τους. Τα ηλικιωμένα φύλλα γίνονται τραχειά και περιφερειακά κυματοειδή. Στη συνέχεια μαραίνονται και παρουσιάζουν ένα χαρακτηριστικό αποχρωματισμό στη μεταξύ των νευρώσεων φυλλική επιφάνεια. Σε προχωρημένο στάδιο οι ιστοί παίρνουν ένα ορειχάλκινο χρώμα. Οι ιστοί τους αποδομούνται και εμφανίζονται τελικά νεκρωτικές ζώνες. Σε έντονη έλλειψη παρατηρείται μείωση της βλαστικότητας των σπόρων και η παραγωγή ελαττώνεται σημαντικά.

Η καλιούχος λίπανση και η χρησιμοποίηση ενώσεων για τη διόρθωση άλλων τροφοπενιών (π.χ χλωριούχο ασβέστιο) μπορούν να διορθώσουν και την έλλειψη Cl.

#### 3.8.2 Τοξικότητα Χλωρίου (Cl)

Η περίσσεια Cl είναι πολύ συχνή στις περιοχές που χρησιμοποιούνται αλατούχα νερά άρδευσης. Η τομάτα ανήκει στην κατηγορία των φυτών που είναι σχετικά ανεκτικά στην περίσσεια Cl. Μια περιεκτικότητα 500 mg/l ιόντων Cl στο νερό άρδευσης δεν

προκαλεί προβλήματα τοξικότητας αν δεν χρησιμοποιείται συχνά. Παρατεταμένη όμως χρήση νερού άρδευσης ακόμα και με μια περιεκτικότητα 100 mg/l προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών.

**Συμπτώματα:** Η περίσσεια Cl εκδηλώνεται με συμπτώματα που θυμίζουν επιπλοκή του κυτταρικού μεταβολισμού. Δεν είναι ξεκαθαρισμένη η πραγματική δράση της περίσσειας Cl στα φυτά. Φαίνεται όμως ότι προκαλεί μια φυσιολογική έλλειψη του K και εμποδίζει τη μεταφορά των επεξεργασμένων ουσιών στα διάφορα φυτικά μέρη. Στα φυτά παρατηρούνται χλωρωτικές κηλίδες κατά μήκος της περιφέρειας των φύλλων οι οποίες πολύ γρήγορα νεκρώνονται και θυμίζουν έλλειψη K ή περίσσεια νιτρικών αλάτων. Γενικά τα φύλλα είναι μικρότερα και η παραγωγή μειωμένη.



17. Συμπτώματα τοξικότητα χλωρίου σε φυτό τομάτας.

Η διόρθωση της τοξικότητας Cl μπορεί να γίνει με:

- Αποφυγή χρησιμοποίησης νερού άρδευσης με μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου. Νερά με συγκέντρωση χλωριόντων > 12 meq/l είναι ακατάλληλα.
- Έκπλυση των χλωριωμένων εδαφών με κατάλληλα νερά άρδευσης.
- Περιορισμένη χρήση αμμωνιακού αζώτου.

### 3.9 Μολυβδαίνιο

#### 3.9.1 Τροφοπενία Μολυβδαινίου (Mo)

Φυτά με έλλειψη Mo έχουν μια περιεκτικότητα 0,02 - 0,2 ppm σε ξηρή ουσία, όταν στα υγιή η συγκέντρωση του στοιχείου κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,5 - 5,0 ppm.

Τα φυτά που αναπτύσσονται σε όξινα εδάφη χρειάζονται λιγότερο Mo. Γενικά, η ποσότητα Mo που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός φυτού επηρεάζεται πολύ από το είδος, την ποικιλία και το έδαφος. Όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε άλλα ανταγωνιστικά του Mo στοιχεία (Mn) είναι υψηλή, η ποσότητα του Mo που χρειάζεται ένα φυτό για την κανονική του ανάπτυξη είναι μεγαλύτερη. Η ανάγκη των φυτών σε Mo είναι μεγαλύτερη όταν στη λίπανση χρησιμοποιείται νιτρικό άζωτο.

Η έλλειψη Mo προκαλεί συσσώρευση νιτρικών αλάτων στους ιστούς των φυτών. Και αυτό γιατί μειώνεται κατά πολύ η χρησιμοποίηση του N στη σύνθεση των λευκωμάτων. Η συσσώρευση νιτρικών αλάτων σε εδάφιμα φυτικά προϊόντα δημιουργεί προβλήματα δηλητηριάσεων στα ζώα και στον άνθρωπο.

Η αιτία εμφάνισης της τροφοπενίας Mo είναι αφενός μεν η μικρή ποσότητα του στοιχείου στο έδαφος και αφετέρου το χαμηλό pH. Σε χρονιές με λίγες ή χωρίς βροχοπτώσεις η έλλειψη του Mo εμφανίζεται πιο συχνά. Η ολική περιεκτικότητα του εδάφους σε Mo κυμαίνεται από 0,3 - 05,0 ppm. Εδάφη με περιεκτικότητα 0,7 ppm θεωρούνται ως εδάφη που συντελούν στην εμφάνιση της τροφοπενίας Mo στα φυτά.

Συμπτώματα: Η τομάτα είναι πολύ ευαίσθητη στην έλλειψη του Mo. Πολλές φορές η συσσώρευση νιτρικών αλάτων στα φύλλα εξαιτίας της έλλειψης Mo μπορεί να προκαλέσει περιφερειακή χλώρωση-νέκρωση. Στα όξινα εδάφη είναι δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς τα συμπτώματα της έλλειψης Mo από εκείνα της τοξικότητας του Mn, Al, Cu και B ή της έλλειψης άλλων στοιχείων Mg, P, Ca. Τα τυπικά συμπτώματα από την έλλειψη του Mo στην τομάτα εκδηλώνονται με ένα ωχροπράσινο μεταχρωματισμό των φύλλων. Μεταξύ των νεύρων εμφανίζονται κιτρινοπράσινες-κίτρινες κηλίδες. Η χλώρωση περιορίζεται κυρίως στο πρόσθιο τμήμα των φύλλων. Τα προσβεβλημένα φύλλα συστρέφονται περιφερειακά παίρνοντας σωληνωτό σχήμα. Οι χλωρωτικές κηλίδες αρχίζουν να ξηραίνονται πρώτα από την περιφέρεια. Τα συμπτώματα αυτά εξαπλώνονται από τα ηλικιωμένα προς τα νεαρότερα φύλλα. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση εμφάνισης ενός καστανού-πορφυρού μεταχρωματισμού των φύλλων εξαιτίας του εμπλουτισμού τους σε σάκχαρα και άμυλο.

Η διόρθωση του προβλήματος της τοξικότητας Mo γίνεται με:

- Μείωση της τιμής του pH με τη χρησιμοποίηση όξινων λιπασμάτων ή θείου, μειώνει τη διαθεσιμότητα του Mo στο έδαφος.
- Το ξέπλυμα του εδάφους με κατάκλιση βοηθάει πολύ στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλεί η περίσσεια του Mo.

### 3.10 Χαλκός

#### 3.10.1 Τροφοπενία Χαλκού

Τα συμπτώματα από την έλλειψη του Cu είναι πολύ αντιπροσωπευτικά. Η αιτία εμφάνισής τους είναι η μη ξυλοποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων και η δημιουργία ακανόνιστων αγγείων, που από τη μια μεριά μειώνουν τη σταθερότητα των ιστών και από την άλλη δυσχεραίνουν τη μεταφορά του νερού.

Συμπτώματα: Η έλλειψη του Cu στη τομάτα χαρακτηρίζεται από νανισμό των φυτών και έντονα φαινόμενα μάρανσης. Στο αρχικό στάδιο τα φύλλα παίρνουν κυανοπράσινο χρωματισμό. Αργότερα, απ' τις κορυφές των φύλλων και προς τη βάση εμφανίζονται χλωρώσεις και νεκρώσεις. Τα νέα φύλλα παραμένουν μικρά και έχουν μειωμένη σπαργή.

Παρατηρείται χαρακτηριστική συστροφή των φύλλων προς τα πάνω και παράλληλα προς το κύριο νεύρο. Οι μίσχοι τους εμφανίζουν επίσης συστροφή. Επίσης μπορεί να δει κανείς νεκρωτικές κηλίδες του ελάσματος στα κύρια νεύρα. Τα συνεστραμένα φύλλα μαραίνονται μέσα σε λίγες μέρες απ' την κορυφή προς τη βάση. Η άνθιση είναι μειωμένη και η καρποφορία πολύ περιορισμένη, γιατί η έλλειψη Cu επηρεάζει τη γονιμότητα της γύρης. Συχνή είναι και η εμφάνιση πρόωρης μασχαλιαίας (πλάγιας) βλάστησης. Το ριζικό σύστημα δεν έχει κανονική ανάπτυξη. Τα φυτά με έλλειψη Cu είναι ευαίσθητα στις ασθένειες. Δεν αποκλείεται και το ενδεχόμενο εμφάνισης συμπτωμάτων περίσσειας Μη.



19. Συμπτώματα έλλειψης χαλκού σε φυτά τομάτας.



20. Συμπτώματα έλλειψης χαλκού σε φύλλα τομάτας.

Η διόρθωση της τροφοπενίας Cu γίνεται με:

- Ανύψωση της αντίδρασης του εδάφους στα πολύ όξινα εδάφη με ασβέστωση γιατί αν το έδαφος είναι πλούσιο σε Cu θα παρουσιάσει έλλειψη στο στοιχείο αυτό.
- Αποφυγή πλούσιας φωσφορούχου λίπανσης σε εδάφη φτωχά σε Cu.
- Αποφυγή υπερβολικής αζωτούχου λίπανσης.
- Εφαρμογή κανονικής άρδευσης ιδιαίτερα τις ξηρικές χρονιές και στο στάδιο έντονης ανάπτυξης των φυτών.

### 3.10.2 Τοξικότητα Χαλκού (Cu)

Στην πράξη στις καλλιέργειες που δεν γίνονται συχνές επεμβάσεις με χαλκούχα μυκητοκτόνα είναι σπάνια η εμφάνιση περίσσειας Cu. Αντίθετα σ' άλλες καλλιέργειες (αμπέλι) οι συχνοί ψεκασμοί με χαλκούχα μπορούν να αυξήσουν την περιεκτικότητα του Cu στο έδαφος.

Η διαγνωστική σημασία της ανάλυσης των φύλλων για την περίσσεια Cu είναι πολύ περιορισμένη. Κι αυτό γιατί ο Cu συγκεντρώνεται κυρίως στις ρίζες. Η υψηλή συγκέντρωση του Cu εμποδίζει την πρόσληψη και μεταφορά του Fe. Αδρανοποιούνται κατά συνέπεια τα ενζυματικά συστήματα που περιέχουν Fe και τα δισθενή ενεργά ιόντα του Σιδήρου ( $Fe^{2+}$ ) μεταπίπτουν στα αδρανή τρισθενή ( $Fe^{3+}$ ). Η περίσσεια Cu επιδρά αρνητικά και στην πρόσληψη του Mn. Πολλές φορές η υψηλή συγκέντρωση Cu στο έδαφος συνοδεύεται και από αντίστοιχη συγκέντρωση Νικελίου (Ni), Μολύβδου (Pb), Ψευδαργύρου (Zn). Έτσι, η διάγνωση της τροφικής αυτής διαταραχής γίνεται πιο δύσκολη.



Συμπτώματα: Τα συμπτώματα από την περίσσεια του Cu είναι όμοια μ' εκείνα της έλλειψης του Fe. Αν η περίσσεια είναι ακόμα μεγαλύτερη τότε εξωτερικεύεται με τα συμπτώματα τοξικότητας από τα βαρεία μέταλλα. Στην κορυφή και περιφέρεια των ηλικιωμένων φύλλων εμφανίζονται κοκκινοκάστανες νεκρώσεις. Οι νεκρώσεις αυτές εφόσον δεν αίρεται η αιτία που τις προκαλεί εξαπλώνονται στην υπόλοιπη φυλλική επιφάνεια. Τα νεαρά φύλλα είναι έντονα σκουροπράσινα. Οι ρίζες αποκτούν ένα σκούρο μεταχρωματισμό. Σε υψηλή περιεκτικότητα Cu νεκρώνονται και μαζί τους ξηραίνονται και τα φυτά.

Η διόρθωση της περίσσειας Cu γίνεται με:

- Χορήγηση Ca (Ασβεστίου) ή P (Φωσφόρου) ή N (Αζώτου) ή Mo (Μολυβδαινίου), μειώνει σε κάποιο βαθμό την τοξική δράση της περίσσειας του Cu.

### 3.11 Σίδηρος

#### 3.11.1 Τροφοπενία Σιδήρου (Fe)

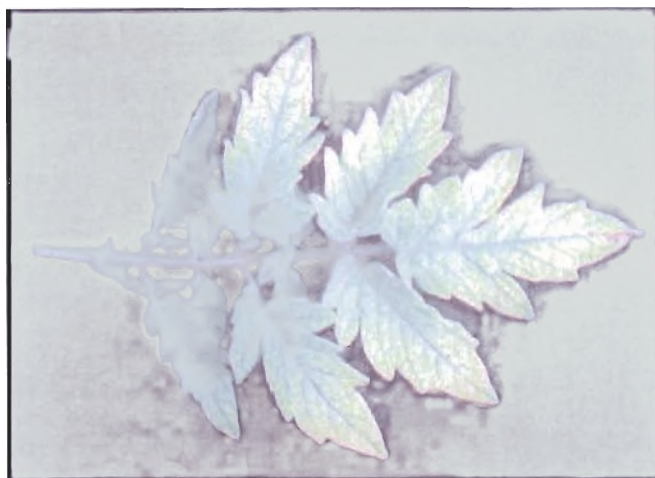
Πολύ πριν γίνουν αντιληπτά τα συμπτώματα της τροφοπενίας του Fe, υφίσταται μείωση της περιεκτικότητας των ιστών σε λευκώματα και ταυτόχρονα αύξηση των διαλυτών ενώσεων του N.

Η έλλειψη Fe μπορεί να παρατηρηθεί:

- Σε πολύ όξινα ή αλκαλικά ασβεστούχα εδάφη
- Σε εδάφη γόνιμα και με μεγάλη περιεκτικότητα σε Al
- Όταν στο έδαφος υφίσταται πολύ μικρή ή πολύ υψηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας
- Όταν παρουσιάζεται ανισορροπία κατιόντων στο εδαφικό θρεπτικό διάλυμα.
- Όταν σε ένα έδαφος υπάρχουν ιόντα βαρέων μετάλλων σε μεγάλη ποσότητα, (B, Mn, Cu, Zn).
- Σε εδάφη που περιέχουν ουσίες που δημιουργούν εύκολα σύμπλοκα.
- Όταν γίνεται χορήγηση υπερβολικών ποσοτήτων P σε εδάφη με υψηλή τιμή pH.
- Συνέπεια της συσσώρευσης νιτρικών αλάτων στα φυτά ύστερα από υπέρμετρη αζωτούχο λίπανση.
- Στα ασβεστούχα εδάφη που παρουσιάζουν έλλειψη K.
- Στα εδάφη με τάση για έλλειψη στο στοιχείο αυτό, όταν επικρατούν ακραίες τιμές θερμοκρασίας. Ο βροχερός καιρός και η μικρή ένταση του φωτός βοηθούν στην εκδήλωση της έλλειψης. Παρατεταμένη ξηρασία ή ακόμα υψηλή ένταση του φωτός και έντονη ανάπτυξη των φυτών μπορούν να προκαλέσουν τροφοπενία Fe.

- Όταν για οποιοδήποτε λόγο παρακωλύεται η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.
- Αν σε εδάφη φτωχά σε Fe καλλιεργούνται φυτά πολύ απαιτητικά στο στοιχείο αυτό.
- Αν τα φυτά είναι προσβεβλημένα από ιολογικές και άλλες ασθένειες.

Συμπτώματα: Η έλλειψη Fe παρουσιάζεται πιο συχνά στις αυτοκορυφολογούμενες ποικιλίες και ιδιαίτερα την περίοδο ωρίμανσης των καρπών. Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα είναι η χλώρωση των νεαρών κυρίως φύλλων της κορυφής. Εφόσον όμως δεν γίνεται καμιά διόρθωση της διαταραχής, η χλώρωση προχωρεί προοδευτικά σ' όλο το φύλλωμα του φυτού. Η έναρξη της απώλειας του πράσινου χρώματος των φύλλων, αρχίζει απ' τη βάση των κατώτερων φύλλων τους και προχωρεί προς την υπόλοιπη φυλλική επιφάνεια. Τα νεύρα διατηρούν το πράσινο χρώμα τους δίνοντας έτσι τη χαρακτηριστική για την έλλειψη του Fe "χλώρωση του φτερού". Τα φύλλα στη συνέχεια και ιδιαίτερα προς την κορυφή, αποκτούν λευκωπό χρωματισμό. Νεκρωτικές κηλίδες στην αρχή στην περιφέρεια και στη συνέχεια σ' όλη την έκταση του ελάσματος αποξηραίνουν τελικά το φύλλωμα. Τα φυτά που υποφέρουν από τροφοπενία Fe έχουν μικρότερη ανάπτυξη και μικρότερη παραγωγή.



21. Συμπτώματα έλλειψης σιδήρου.

22. Συμπτώματα έλλειψης σιδήρου.



Η διόρθωση της τροπενίας Fe γίνεται με διάφορους τρόπους όπως:

- Σε βαριά εδάφη η προσθήκη οργανικής ουσίας μπορεί να διορθώσει την τροποπενία Fe.
- Σε αλκαλικά εδάφη πρέπει να αποφεύγεται η χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων φωσφορούχων λιπασμάτων. Το ίδιο ισχύει και για αζωτούχες λιπάνσεις.
- Να γίνεται κανονική χορήγηση του K στα ασβεστούχα εδάφη.
- Να αποφεύγονται οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας που ευνοούν την εμφάνιση της τροποπενίας.
- Να καταβάλλεται προσπάθεια δημιουργίας ευνοϊκών συνθηκών ανάπτυξης του ριζικού συστήματος της τομάτας.
- Χορήγηση χηλικών ενώσεων του Fe από το έδαφος σε ποσότητα 2-2,5 Kg/στρ. Η ποσότητα αυτή μπορεί να χορηγηθεί και τμηματικά με το νερό άρδευσης δυο έως τρεις φορές στη δόση 0,05-0,1 Kg/στρ. με την εμφάνιση των συμπτωμάτων.
- Η διάλυση που θα χρησιμοποιηθεί για ψεκασμούς φυλλώματος πρέπει να περιέχει περισσότερο από 0,6-1,5 mg Fe/l. Σε έντονη διαταραχή μπορεί να απαιτηθούν δόσεις έως 2 mg Fe/l.
- Η μορφή των χηλικών ενώσεων που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την οξύτητα του εδάφους. Οι κυριότερες μορφές είναι:

EDDHA για εδάφη με pH 3-9. Το προϊόν αυτό είναι πολύ ευαίσθητο στις υπεριώδεις ακτίνες και για αυτό πρέπει να διατηρείται σε σκοτεινό μέρος. Τα εμπορικά σκευάσματα που κυκλοφορούν περιέχουν 5,9-7% μεταλλικό Fe.

HEDTA για εδάφη με pH 3-7,8. Προϊόντα με 2% μεταλλικό Fe.

DIPA για εδάφη με pH 3-7. Προϊόντα με 2-2,2% μεταλλικό Fe.

EDTA για εδάφη με pH 3-6,5. Προϊόντα με 1,8-2,3% μεταλλικό Fe.

### 3.11.2 Τοξικότητα Σιδήρου (Fe)

Στις περιπτώσεις περίσσειας Fe τα φύλλα αποκτούν ένα σκούρο, πράσινο-γαλάζιο χρωματισμό που θυμίζει τροποπενία P. Παρατηρείται έντονη μείωση της ανάπτυξης της κορυφής των φύλλων και του ριζικού συστήματος. Οι ρίζες παίρνουν ένα καστανό μεταχρωματισμό. Τα συμπτώματα αυτά είναι πιο έντονα σε όξινα εδάφη.

Είναι πολύ χαρακτηριστική η συμπτωματολογική εικόνα της έλλειψης του Mn σε μια δεδομένη στιγμή. Τα νεότερα φύλλα δεν παρουσιάζουν συμπτώματα, ενώ τα νέα και μέσης ηλικίας με συμπτώματα. Σε περίπτωση πρόσληψης Mn τα συμπτώματα της έλλειψης εξαφανίζονται πρώτα από τα νεαρά φύλλα.



23. Συμπτώματα έλλειψης μαγγανίου σε φυτό τομάτας.

Η διόρθωση της τροφοπενίας Mn αν και δεν είναι τόσο περίπλοκη όσο εκείνη του Fe, εντούτοις έχει και αυτή τις δυσκολίες της.

- Στα όξινα εδάφη μπορεί μια λίπανση με 2,5-5,0 Kg θειικού μαγγανίου / στρ. να εξασφαλίσει ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Σε εδάφη πλούσια σε Ca η χρησιμοποίηση όξινων λιπασμάτων μπορεί να μειώσει ή να εξαλείψει την έλλειψη. Στα εδάφη αυτά καλιούχος ή ασβεστοφωσφορούχος λίπανση επιδεινώνει την κατάσταση.
- Σε εδάφη φτωχά σε Mn πρέπει να αποφεύγεται η πλούσια οργανική λίπανση με δύσκολα διασπώμενα οργανικά συστατικά. Αντίθετα, η χορήγηση κανονικής οργανικής λίπανσης με εύκολα αποδομούμενα οργανικά λιπάσματα επιβραδύνει ή διορθώνει την έλλειψη Mn.
- Στα ελαφρά εδάφη με υψηλές βροχοπτώσεις ή συχνές αρδεύσεις πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα χορήγησης Mn. Το ίδιο θα πρέπει να γίνεται και στην περίπτωση των αργιλλωδών εδαφών.

### 3.12.2 Τοξικότητα Μαγγανίου (Mn)

Μπορεί να πει κανείς πως η περίσσεια Mn στην πράξη είναι περισσότερο συχνή από την έλλειψη. Χαμηλή τιμή του pH ενός εδάφους μπορεί να προκαλέσει αύξηση της περιεκτικότητας του Mn στο εδαφικό διάλυμα. Κάτι ανάλογο συμβαίνει κι όταν το έδαφος έχει υψηλό αναγωγικό δυναμικό.

Η υπερβολική εδαφική υγρασία (πλημμύρα, πολλές βροχοπτώσεις) βοηθάει στην απελευθέρωση των ιόντων του Mn. Η κακή κατεργασία του εδάφους (σβώλοι κ.λπ.) δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες που συντελούν πολύ στην αύξηση του διαθέσιμου Mn. Η αύξηση της εδαφικής θερμοκρασίας έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Πολλές φορές αιτία της περίσσειας του Mn σ' ένα έδαφος μπορεί να είναι ο ανεπαρκής εφοδιασμός του με Ca. Σε εδάφη φτωχά σε Fe η απολύμανση του εδάφους με ατμό οδηγεί στην αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας του Mn. Συνήθως σε εδάφη με περίσσεια Mn υπάρχουν και άλλα στοιχεία σε τοξικά επίπεδα όπως το B και άλλα βαριά μέταλλα και ιδιαίτερα το Al.

Τα φυτά ανάλογα με την ευαισθησία τους στην περίσσεια Mn μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Στα ευαίσθητα φυτά με συμπτώματα τοξικότητας στα 200-600 ppm Mn σε ξηρή ουσία (φασόλια)
- Στα λιγότερα ευαίσθητα 601-800 ppm (αγγούρι)
- Στα λίγο ευαίσθητα 801-2.000 ppm (τομάτα)

Συμπτώματα: Τα συμπτώματα της περίσσειας ξεκινούν απ' την κάτω επιφάνεια των ηλικιωμένων φύλλων, το στέλεχος και το μίσχο, όπου παρουσιάζονται καστανές μέχρι καστανόμαυρες ζώνες ή κηλίδες. Αργότερα στα νεαρά φύλλα εμφανίζεται χλώρωση. Τα φύλλα αυτά παραμένουν μικρά κι έχουν στρογγυλεμένες απολήξεις. Σε μεγάλη περίσσεια Mn τα φύλλα ξηραίνονται, η παραγωγή μειώνεται και η ποιότητα υποβαθμίζεται.



24. Συμπτώματα τοξικότητας μαγγανίου σε φύλλο τομάτας

Η διόρθωση της τοξικότητας Mn πρέπει να γίνεται με:

- Αποφυγή υπερβολικής άρδευσης στα εδάφη που νεροκρατούν.
- Κανονική κατεργασία του εδάφους.

- Πλούσια φωσφορούχο λίπανση για τη μείωση του προσροφούμενου από το φυτό Mn.
- Ασβέστωση του εδάφους ώστε η οξύτητα να είναι πάνω από 5,0-5,5. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο απλή και η πιο οικονομική.
- Χορήγηση στο έδαφος Mo διορθώνει κάπως την περίσσεια Mn.

### 3.13 Ψευδάργυρος

#### 3.13.1 Τροφοπενία Ψευδαργύρου

Σε υψηλές τιμές του pH τα ιόντα  $Zn^{2+}$ ,  $ZnCl^+$  και  $Zn(OH)^+$  προσροφούνται ισχυρά στα κolloειδή του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή η κινητικότητα του Zn είναι μηδαμινή και η παρουσία του στα εδαφικό θρεπτικό διάλυμα πολύ μικρή. Σε παρόμοιες συνθήκες μπορεί να προσροφηθεί από τα ορυκτά της αργίλλου στη θέση του Mg ή από την οργανική ουσία. Στην τιμή pH= 7 η κινητικότητα του Zn είναι μηδαμινή.

Η έλλειψη Zn παρουσιάζεται σε τιμές pH = 6-8. Σε αμμώδη κατά συνέπεια εδάφη αν διορθωθεί το pH του εδάφους πέρα απ' το 6,5 με την προσθήκη Ca, θα πρέπει να περιμένουμε εμφάνιση τροφοπενίας Zn. Σε κανονικές όμως τιμές του pH, όσο περισσότερη οργανική ουσία έχει ένα έδαφος, τόσο περισσότερος ανταλλάξιμος Zn υπάρχει στο εδαφικό διάλυμα. Η ποσότητα του διαθέσιμου στα φυτά Zn εξαρτάται περισσότερο από τη σύνθεση των ορυκτών της αργίλλου παρά από την ολική περιεκτικότητα του εδάφους σε Zn.

Στην πράξη, θα πρέπει να περιμένουμε έλλειψη Zn αν συντρέχουν οι παρακάτω περιπτώσεις:

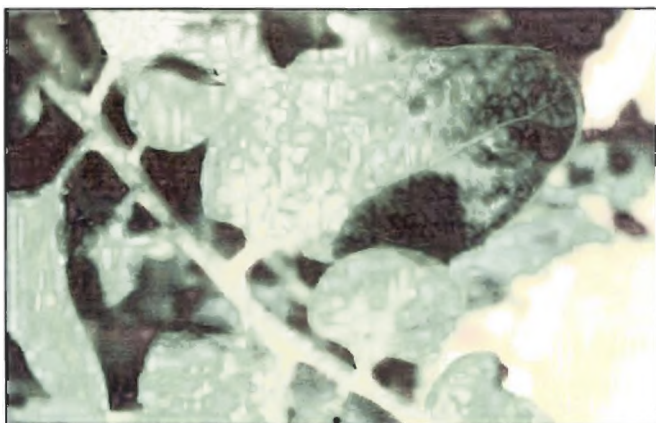
- Αν έχουμε όξινα, ξεπλυμένα αμμώδη εδάφη φτωχά σε Zn και ιδιαίτερα μετά από χορήγηση υψηλών ποσοτήτων P και Ca.
- Αν έχουμε ουδέτερα ή ασβεστούχα εδάφη με λίγο διαθέσιμο Zn και με μεγάλη περιεκτικότητα σε P και οργανική ουσία.
- Αν τα εδάφη περιέχουν πολλή μη χωνεμένη οργανική ουσία.
- Αν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και παρατεταμένη ξηρασία. Οι συνθήκες αυτές μειώνουν την κινητικότητα του Zn.

Η προσρόφηση του Zn από τα φυτά μπορεί να μειωθεί αν στο έδαφος υπάρχει πολύ Fe ή Cu. Το Mn φαίνεται πως δεν έχει καμία επίδραση στην προσρόφηση του Zn. Η παρουσία του Na στο εδαφικό διάλυμα μειώνει τη διαθέσιμη στο φυτό ποσότητα Zn.

**Συμπτώματα:** Η έλλειψη του Zn εξαιτίας της μείωσης των διαφόρων αυξητικών παραγόντων που προκαλεί, εξωτερικεύεται με μικροφυλλία και παραμόρφωση των φύλλων. Ανάλογη παραμόρφωση παρατηρείται και στους καρπούς που πέφτουν πρόωρα. Κάτω από συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και

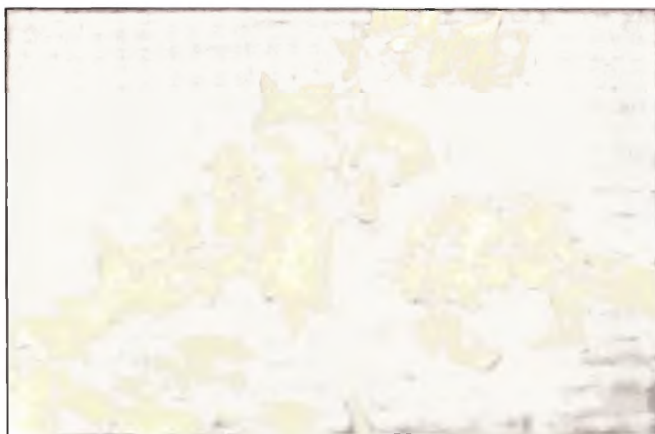
υψηλής φωτοσυνθετικής δραστηριότητας είναι δυνατή η εμφάνιση χλώρωσης. Τα μεσογονάτια διαστήματα των στελεχών είναι 2-3 φορές κοντύτερα από τα αντίστοιχα των υγιών φυτών. Τα στελέχη γίνονται πολύ λεπτά. Τα συμπτώματα αυτά προσδίδουν μια όψη φυτού καθηλωμένης ανάπτυξης. Τα ηλικιωμένα φύλλα συστρέφονται προς τα πάνω. Εμφανίζουν στη συνέχεια διάσπαρτες κιτρινοπράσινες κηλίδες μεταξύ των νεύρων που αργότερα παίρνουν ένα καστανό χρώμα. Οι κηλίδες αυτές συνενώνονται και καταλαμβάνουν όλη τη φυλλική επιφάνεια. Τα φύλλα στο στάδιο αυτό παίρνουν ένα πορτοκαλοχάλκινο χρωματισμό και ξηραίνονται. Τα νεύρα διατηρούν για πολύ καιρό το πράσινο χρώμα τους. Τα κάτω νεαρότερα μεσαία φύλλα διατηρούν ακόμα το βαθύ πράσινο χρώμα τους αλλά περιφερειακά συστρέφονται ελαφρά προς τα πάνω. Τα φύλλα της κορυφής είναι μικρότερα, στενότερα, παχιά, σκληρά, με ανώμαλη επιφάνεια και καθίστανται εύθρυπτα.

Τα φυλλίδιά τους με έντονη επινασσία παρουσιάζουν ενίοτε στα νεύρα από την κάτω επιφάνεια βιολετί μέχρι βιολετί - καστανές κηλίδες. Οι μίσχοι των φύλλων παίρνουν συχνά οφιοειδή μορφή και σπάζουν εύκολα. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση εμφάνισης στην επιφάνεια των φύλλων σταγόνων «ελαίου» εξαιτίας της διαταραχής του μεταβολισμού των φυτών. Η άνθιση εφόσον υφίσταται, είναι πολύ περιορισμένη. Τα άνθη έχουν κοντούς μίσχους. Οι σταυροί που σχηματίζονται στα νεότερα τμήματα του φυτού ξηραίνονται και απορρίπτονται. Οι καρποί που σχηματίζονται στα παλιότερα τμήματα παραμένουν μικροί και ωριμάζουν πρόωρα.



25.  
Συμπτώματα  
έλλειψης  
ψευδαργύρου

26. Συμπτώματα  
έλλειψης  
ψευδαργύρου



Είναι δύσκολη η διόρθωση της τροφοπενίας Zn. Μπορεί κανείς να υπολογίζει μια οξεία ή λανθάνουσα τροφοπενία με μια περιεκτικότητα του φυτού σε Zn της τάξης των 10-12 ppm. Τιμές μικρότερες των 10 ppm εκδηλώνουν με βεβαιότητα ορατά συμπτώματα της έλλειψης του στοιχείου. Η χορήγηση του Zn από το έδαφος επιδρά θετικά στο φυτό για πολλά χρόνια αλλά δεν έχει άμεσα και γρήγορα αποτελέσματα που επιζητούνται στην περίπτωση οξείας τροφοπενίας. Επιπρόσθετα, στις από εδάφους εφαρμογές εξαιτίας της ευκολίας με την οποία δεσμεύεται ο Zn χρειάζονται συχνά μεγάλες δόσεις εφαρμογής.

Για τους διαφυλλικούς ψεκασμούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ένυδρος θειικός ψευδάργυρος ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) στη δόση 0,2-1,0%. Για την αποφυγή φυτοτοξικότητας πρέπει να προστίθεται και 0,25% υδροξείδιο του ασβεστίου [ $Ca(OH)_2$ ]. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν διάφορες χηλικές ενώσεις Zn [(sequestren  $Na_2Zn$  (Σεκεστρέν  $Na_2Zn$  με 14,2% Zn), folicin- Zn (φολισίν- Zn με 14% Zn)] ή ακόμα φυτοφάρμακα που περιέχουν Zn (Zineb).

Η εμφάνιση της τροφοπενίας Zn μπορεί να περιοριστεί αν αποφευχθεί:

- Η χορήγηση υψηλών ποσοτήτων P και «αχώνευτης» οργανικής ουσίας στα όξινα, αμμώδη, ουδέτερα και ασβεστούχα εδάφη που περιέχουν λίγο Zn.
- Η βελτίωση των εδαφών με επιχωμάτωση τους με άλλα εδάφη φτωχά σε Zn.
- Η παρατεταμένη ξηρασία του εδάφους ιδιαίτερα στην περίοδο επικράτησης υψηλών θερμοκρασιών.

### 3.13.2 Τοξικότητα Ψευδάργυρου (Zn)

Στην πράξη είναι πολύ σπάνια η εμφάνιση περίσσειας Zn. Μόνο εδάφη που γειτνιάζουν με βιομηχανικές ζώνες επεξεργασίας του Zn έχουν πολλές πιθανότητες να εμπλουτιστούν με μεγάλες ποσότητες Zn. Τελευταία αναφέρονται περιπτώσεις εμπλουτισμού θερμοκηπιακών εδαφών με Zn από τις ψευδαργυρωμένες μεταλλικές κατασκευές. Ανάλογα αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσουν νερά άρδευσης προερχόμενα από στέγες και υδρορροές κατασκευασμένες από Zn. Τοξικότητα στα φυτά από Zn μπορεί να παρατηρηθεί σε όξινα εδάφη ύστερα από πλούσιο ασβέστωμα, μεγάλη χορήγηση P και οργανικής ουσίας. Φαίνεται πως η σχέση ψευδαργύρου/ασβεστίου (Zn/Ca) στο έδαφος παίζει βασικό ρόλο στην εκδήλωση των συμπτωμάτων φυτοτοξικότητας από περίσσεια Zn. Στην τομάτα μια συγκέντρωση γύρω στα 450 ppm σε ξηρή ουσία μπορεί να μειώσει την παραγωγή κατά 20%.



Γενικά η τομάτα πρέπει να θεωρείται ως φυτό μέσης ευαισθησίας στον Zn. Μια περιεκτικότητα 1000 ppm Zn στο έδαφος επιφέρει διακοπή της νιτροποίησης.

Συμπτώματα: Τα συμπτώματα της περίσσειας Zn μοιάζουν μ' εκείνα της τροφοπενίας Fe ή Mn. Η ανάπτυξη των φυτών είναι περιορισμένη. Το φύλλωμα αποκτά ένα γαλαζοπράσινο μεταχρωματισμό που θυμίζει έλλειψη P.

Η μικροφυλλία και οι κοκκινοκάστανοι μεταχρωματισμοί στην κάτω επιφάνεια των νεύρων είναι πολύ χαρακτηριστικά συμπτώματα. Στη συνέχεια παρατηρείται μια περιφερειακή αλλοίωση του χρώματος της κατώτερης επιφάνειας των φύλλων, προς το κοκκινοκάστανο. Ο μεταχρωματισμός αυτός επεκτείνεται σιγά-σιγά σε ολόκληρο το έλασμα του φύλλου. Τα φυλλίδια κάμπτονται έντονα προς τα κάτω. Αργότερα τα φύλλα κιτρινίζουν ενώ τα νεύρα διατηρούν τον κοκκινοκάστανο χρωματισμό και ξηραίνονται.

Για τη διόρθωση της τοξικότητας Zn θα πρέπει να γίνονται τα εξής:

- Αποφυγή χρησιμοποίησης για άρδευση νερών που περιέχουν πολύ Zn.
- Κανονική λίπανση με οργανική ουσία και P.
- Μη χρησιμοποίηση για καλλιέργεια τομάτας εδαφών που γειτνιάζουν με βιομηχανίες Zn.
- Στις μεταλλικές κατασκευές θερμοκηπίων να ελέγχεται ανά διαστήματα η περιεκτικότητα του εδάφους σε Zn.
- Αποφυγή συχνής εφαρμογής απολυμάνσεων στα θερμοκηπιακά εδάφη.
- Επιχωμάτωση των εδαφών με άλλα εδάφη φτωχά σε Zn, θα μειώσει την περιεκτικότητά τους στο στοιχείο αυτό σε χαμηλά επίπεδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

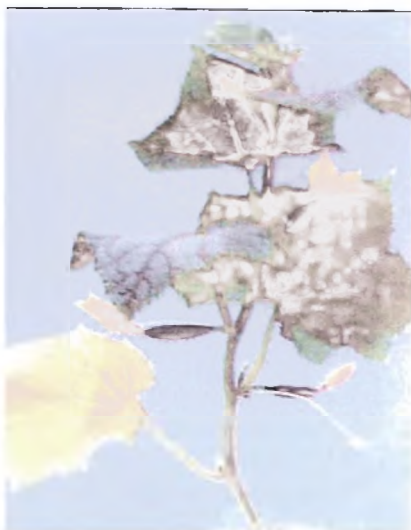
### ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΚΟΛΟΚΥΘΙ, ΑΓΓΟΥΡΙ, ΠΕΠΟΝΙ ΚΑΙ ΚΑΡΠΟΥΖΙ.

#### 4.1 Αζωτο

##### 4.1.1 Τροφοπενία Αζώτου (N)

Σε ελαφρά εδάφη, ύστερα από έντονες βροχοπτώσεις, είναι πιθανή η εμφάνιση έλλειψης N. Η έλλειψη N συνεπάγεται μειωμένη ανάπτυξη του φυτού και περιορισμένη καρποφορία. Το N είναι ευκίνητο στοιχείο με αποτέλεσμα τα συμπτώματα να αρχίζουν από τα παλαιότερα φύλλα και να επεκτείνονται στα νεότερα φύλλα του φυτού. Τα φύλλα αποκτούν ανοικτόπράσινο χρώμα και τα πιο ώριμα κιτρινίζουν, όταν δε ξηραίνονται, αποκτούν ανοικτό καφέ χρώμα. Η ανάπτυξη του φυλλώματος μειώνεται, ενώ τα στελέχη γίνονται αδύνατα. Επίσης, παρατηρείται πρόωμη πτώση των φύλλων. Στην αγγουριά οι καρποί έχουν λεπτή και οξιά κορυφή και ανοιχτότερο από τον φυσιολογικό βαθυπράσινο χρωματισμό.

Η μείωση της παραγωγής και η υποβάθμιση της ποιότητας σχετίζονται άμεσα με την ένταση της έλλειψης N. Η τροφοπενία N αντιμετωπίζεται με προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος, επιφανειακά ή στο νερό άρδευσης.



27. Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου στο αγγούρι.



28. Συμπτώματα τροφοπενία αζώτου σε καρπούς αγγουριάς.

#### 4.1.2 Τοξικότητα Αζώτου (N)

Η περίσσεια N είναι πολύ καταστρεπτική στην παραγωγή των φυτών. Περίσσεια N ευνοεί τη βλαστική ανάπτυξη και τη δημιουργία τρυφερής βλάστησης. Καθυστερεί την ανθοφορία και ελαττώνει την αντοχή των φυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες. Ανταγωνίζεται το K ιδιαίτερα στην αμμωνιακή μορφή του.

Η διόρθωση γίνεται με:

- Αποφυγή υπερλιπάνσεων με αζωτούχα λιπάσματα.
- Πλούσια καλιούχο λίπανση.
- Πλούσια οργανική λίπανση με μη αποδομημένα υλικά.

#### 4.2 Φώσφορος

##### 4.2.1 Τροφοπενία Φωσφόρου (P)

Τα συμπτώματα της έλλειψης P είναι συχνά δύσκολο να αναγνωριστούν. Είναι ευκίνητο στοιχείο με συνέπεια τα αρχικά συμπτώματα να εμφανίζονται στα παλαιότερα φύλλα. Στα φυτά κολοκύθιας με έλλειψη P συχνά παρατηρείται καθυστέρηση στη βλάστηση και στην ωρίμανση, μικρή παραγωγή καρπών και περιορισμένη ανάπτυξη ριζών. Συχνά τα φύλλα αποκτούν βαθύ πράσινο χρώμα, ενώ πολλές φορές εμφανίζεται κόκκινο ή πορφυρό χρώμα, κυρίως περιφερειακά στα παλαιότερα φύλλα και έντονος κυανοπράσινος χρωματισμός στα νεότερα φύλλα, που οφείλεται στη σχετική αύξηση της χλωροφύλλης α, σε σχέση με τη χλωροφύλλη β. Τα φύλλα αποκτούν χαρακτηριστικό μπρούντζινο χρώμα και φέρουν νεκρωτικές κηλίδες κυρίως στην περιφέρεια του ελάσματος. Επίσης, η έλλειψη P μπορεί να προκαλέσει νανισμό στα φυτά, ενώ οι ιστοί είναι πολύ μαλακοί και υδαρείς και παρουσιάζουν μικρή αντοχή σε ορισμένες ασθένειες. Ο κακός αερισμός του εδάφους ευνοεί την έλλειψη του στοιχείου.



29,30 Τροφοπενία φωσφόρου στην αγγουριά.



31. Τροφοπενία φωσφόρου σε φύλλο πεπεωνίας .

Η διόρθωση της τροφοπενίας P γίνεται με την χορήγηση φωσφορικού μοναμμωνίου ή φωσφορικού οξέος (85% P) με υδρολίπανση.

#### 4.2.2 Τοξικότητα Φωσφόρου (P)

Είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αδιαλυτοποίηση των Fe, Zn και Mn, προκαλώντας έτσι συνθήκες τροφοπενίας αυτών των στοιχείων. Παρατηρείται μια πρόωρη ωρίμανση των καρπών και αισθητή μείωση της παραγωγής.

Η διόρθωση γίνεται με περιορισμό χορήγησης φωσφορικών λιπασμάτων και χορήγηση πλούσιας αζωτούχου και οργανικής λίπανσης.

### 4.3 Κάλιο

#### 4.3.1 Τροφοπενία Καλίου (K)

Το πρώτο και κύριο σύμπτωμα της έλλειψης K είναι η αργή αύξηση των φυτών. Είναι ευκίνητο στοιχείο και τα αρχικά συμπτώματα έλλειψης εντοπίζονται κυρίως στα παλαιότερα φύλλα. Το σύνηθες σύμπτωμα της έλλειψης K είναι το περιφερειακό κιτρίνισμα του ελάσματος, ενώ το εσωτερικό τμήμα του ελάσματος παραμένει βαθυπράσινο. Σε πολύ σοβαρές ελλείψεις K το περιφερειακό κιτρίνισμα επεκτείνεται μεσονεύρια προς το εσωτερικό του ελάσματος, ενώ περιφερειακά παρατηρούνται ξηράνσεις. Σε πολλά φυτά είναι χαρακτηριστικό το καρούλιασμα των κορυφαίων και όλων των φύλλων ενός βλαστού, που μοιάζει με το καρούλιασμα που προκαλεί η προσβολή των φυτών από αφίδες.

Οι βλαστοί είναι λεπτοί και παρουσιάζονται σε αυτούς επιμήκη σχισίματα.

Οι καρποί έχουν ανώμαλο μέγεθος, με διόγκωση του ακραίου τμήματος του καρπού, συνήθως στην αγγουριά.

Η έλλειψη K ευνοείται από την περίσσεια Mg και Ca. Ελλείψεις K είναι συνηθέστερες σε αμμώδη, οργανικά εδάφη καθώς και σε αυτά που κυριαρχεί ο ιλλίτης και ο βερμικουλίτης (έχουν υψηλή ικανότητα δέσμευσης του  $K^+$ ).

Η τροφοπενία K αντιμετωπίζεται με προσθήκη καλιούχων λιπασμάτων (ενσωμάτωση τους στο έδαφος πριν από τη φύτευση).



32,33. Τροφοπενία καλίου σε φυτά αγγουριάς.



34. Συμπτώματα έλλειψης καλίου σε φύλλα πεπτονιάς.

#### 4.3.2 Τοξικότητα Καλίου (K)

Η περίσσεια K προκαλεί λόγω ανταγωνισμού, τροφοπενία Mg, Ca και N. Στα φύλλα εμφανίζεται μια περιφερειακή χλώρωση, η οποία μετατρέπεται σε νέκρωση, ενώ ταυτόχρονα επεκτείνεται προς το κέντρο του ελάσματος με τάση να καλύψει όλη την επιφάνειά του.

Εάν η ζημία παρατηρείται στο αρχικό στάδιο της αύξησης, η έντονη άρδευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έκπλυση των υπερβολικών αλάτων και ελαχιστοποίηση των συμπτωμάτων τοξικότητας της καλλιέργειας.

#### 4.4 Ασβέστιο

##### 4.4.1 Τροφοπενία Ασβεστίου (Ca)

Ελλείψεις Ca είναι συνηθέστερες σε εδάφη ισχυρώς όξινα, αλκαλιωμένα, φτωχά σε οργανική ουσία και αμμώδη. Αμμωνιακό N, K και Mg σε υψηλές συγκεντρώσεις οδηγούν σε συνθήκες έλλειψης Ca λόγω ανταγωνισμού.

Το Ca είναι δυσκίνητο στοιχείο με συνέπεια τα συμπτώματα να εκδηλώνονται αρχικά στα νεαρά φύλλα και την κορυφή. Στα νεαρά φύλλα έχουμε νεκρώσεις στην κορυφή και την περιφέρεια. Επίσης, τα φυτά υφίστανται νέκρωση της βλαστικής κορυφής. Ο κορυφαίος οφθαλμός νεκρώνεται μετά την εμφάνισή του, ενώ παρατηρούνται παραμορφώσεις στις κορυφές ή τις βάσεις των νέων φύλλων. Στα νέα φύλλα προκαλεί συστροφή. Στην περιφέρεια και στις περιοχές μεταξύ των νεύρων των νέων φύλλων είναι δυνατό να αναπτυχθούν κίτρινες ή καστανές κηλίδες. Επίσης, η τροφοπενία Ca καθυστερεί την ανάπτυξη των ριζών, πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων στα φύλλα.



35. Τροφοπενία ασβεστίου σε φύλλο αγγουριάς.



36. Τροφοπενία ασβεστίου σε φυτό πεπονιάς.

Η διόρθωση μπορεί να γίνει με:

- Προσθήκη στο έδαφος Ca σε ποσότητα 150-200 g/m<sup>2</sup> αντιμετωπίζει την τροφοπενία στα όξινα και αμμώδη εδάφη.
- Απομάκρυνση των αλάτων με ξέπλυμα του εδάφους με κατάκλυση (εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων νερού).

- Αποφυγή της κακής εφαρμογής των ορμονικών σκευασμάτων καρπόδεσης.

#### 4.4.2 Τοξικότητα Ασβεστίου (Ca)

Η τοξικότητα Ca δεν εμφανίζει ιδιαίτερα συμπτώματα στα κολοκυνθοειδή. Τα φυτά αναπτύσσονται κανονικά στα ασβεστούχα εδάφη. Τα τοξικά αποτελέσματα της περίσσειας Ca συσχετίζονται συνήθως με το συνοδευτικό ανιόν του στοιχείου. Η υπερβολική ποσότητα χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να οδηγήσει σε επίπεδα τοξικότητας στις καλλιέργειες των κολοκυνθοειδών.

Αυξημένη συγκέντρωση Ca θα οδηγήσει πιθανόν σε συνθήκες έλλειψης P, Fe, B και Mg, είτε λόγω δέσμευσης είτε λόγω ανταγωνισμού.

#### 4.5 Μαγνήσιο

##### 4.5.1 Τροφοπενία Μαγνησίου (Mg)

Είναι ευκίνητο στοιχείο και τα συμπτώματα της έλλειψης του εμφανίζονται κυρίως στα παλαιότερα φύλλα κοντά στη βάση του φυτού. Τα νεύρα των φύλλων παραμένουν πράσινα, ενώ η περιοχή μεταξύ των νεύρων αποκτά κίτρινο χρώμα. Δηλαδή έχουμε εμφάνιση μεσονεύριων χλωρώσεων. Οι μεσονεύριες χλωρώσεις στη συνέχεια αποκτούν καστανό χρώμα και ξηραίνονται. Τα φύλλα γίνονται εύθραυστα και έχουν την τάση να κάμπτονται (συστρέφονται) προς τα πάνω.

Σε καλλιέργεια καρπουζιού όταν οι καρποί αυξάνουν σε βάρος τα συμπτώματα στα φύλλα γίνονται πιο έντονα. Δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα συμπτώματα στους βλαστούς και στους καρπούς των φυτών.

Η έλλειψη του Mg ευνοείται σε αμμώδη εδάφη και εδάφη με χαμηλό pH και συνθήκες υπερβολικής υγρασίας, καθώς και σε εδάφη πλούσια σε Ca. Επίσης, λιπάνσεις πλούσιες σε K είναι δυνατόν λόγω ανταγωνισμού, να οδηγήσουν σε συνθήκες έλλειψης Mg. Εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία και πλούσια σε οξείδια και άργιλο του τύπου 1:1 ευνοούν την έλλειψη του στοιχείου αυτού.



37. Συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου σε φύλλο αγγουριάς.



38. Συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου σε φυτά πεπονιάς.

Για τη διόρθωση της τροφοπενίας Mg συνιστώνται τα ακόλουθα μέτρα:

- Χορήγηση με τη βασική λίπανση θειικού μαγνησίου σε ποσότητα 40-50 Kg/στρ.
- Χορήγηση μαγνησίου είτε υπό μορφή νιτρικού είτε υπό μορφή θειικού μαγνησίου.
- Μείωση της καλιούχου λιπάνσεως.

#### 4.5.2 Τοξικότητα Μαγνησίου (Mg)

Τα υψηλά ποσοστά Mg δεν προκαλούν ιδιαίτερα προβλήματα στα φυτά. Εντούτοις, τα υψηλά επίπεδα Mg μπορούν να μειώσουν τη λήψη άλλων στοιχείων από τα φυτά, όπως K, Ca, Mn, και να προκαλέσουν προβλήματα τροφοπενίας.

### 4.6 Θείο

#### 4.6.1 Τροφοπενία Θείου (S)

Είναι ευκίνητο στοιχείο με συμπτώματα έλλειψης που χαρακτηρίζονται από μείωση του πράσινου χρώματος στα φυτά, το οποίο σταδιακά μετατρέπεται σε κίτρινο, ενώ αργότερα μπορεί να εμφανιστούν στίγματα κοκκινωπά ή ιώδη. Η έλλειψη S καταλήγει σε περιορισμένη ανάπτυξη και σε χλώρωση των φύλλων. Γενικά, τα συμπτώματα μοιάζουν με αυτά της έλλειψης N. Διαφέρει ως προς το N στο ότι τα νεύρα είναι πιο ευδιάκριτα και στο ότι εμφανίζεται σε σχετικά νεότερα φύλλα. Δεν είναι συνηθισμένες οι ελλείψεις του S, γεγονός που οφείλεται στο συνεχή εμπλουτισμό του εδάφους με τα νερά της βροχής, της άρδευσης και με τα λιπάσματα. Παράλληλα, είναι δυνατή η πρόσληψή του και διαφυλλικά.



Η απορρόφηση του S μειώνεται όταν το Cl υπάρχει σε υψηλές συγκεντρώσεις. Αμμώδη εδάφη και εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία ευνοούν την έλλειψη S.

#### 4.6.2 Τοξικότητα Θείου (S)

Δεν είναι ιδιαίτερα γνωστές περιπτώσεις περίσσειας ή τοξικότητας του S.

Τα κολοκυνθοειδή σπάνια επηρεάζονται από το υπερβολικό S στο έδαφος. Το υπερβολικό SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (0,5-0,7 mg SO<sub>2</sub>-S / m<sup>3</sup>) θα μπορούσε όμως να οδηγήσει στον τραυματισμό των φύλλων. Τα νεότερα φύλλα είναι περισσότερο ανεκτικά στη σκόνη του S από ότι τα παλαιότερα φύλλα.

#### 4.7 Σίδηρος

##### 4.7.1 Τροφοπενία Σιδήρου (Fe)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο, με συμπτώματα που αρχίζουν από τα νεότερα φύλλα και προχωρούν προς τα παλαιότερα φύλλα. Γενικά παρατηρείται μεσονεύρια χλώρωση, κιτρινοπράσινος μεταχρωματισμός, ενώ και τα μικρότερα νεύρα παραμένουν πράσινα (σχέδιο ψαροκόκαλου). Σε προχωρημένο στάδιο το φύλλο κιτρινίζει ολόκληρο, ενώ σε ακραίες περιπτώσεις γίνεται άσπρο διότι στερείται πλήρως χλωροφύλλης, ενώ νεκρώνονται οι κορυφές και τα άκρα των φύλλων.

Ευνοείται σε εδάφη με υψηλό pH πλούσια σε Ca, ή σε εδάφη με χαμηλό pH πλούσια σε P. Αμμώδη και οργανικά εδάφη ευνοούν επίσης την έλλειψη του στοιχείου. Χαμηλές θερμοκρασίες, σοκαρισμένα φυτά (προσβεβλημένα από νηματώδεις, τοξική δράση ζιζανιοκτόνων), υψηλά επίπεδα νιτρικού αζώτου, υψηλές τιμές Cu, Zn και Mn, ευνοούν την τροφοπενία Fe. Υψηλές συγκεντρώσεις P εμποδίζουν την ομαλή τροφοδοσία των φυτών με Fe.



39. Συμπτώματα τροφοπενίας σιδήρου σε φύλλο αγγουριάς.



40. Τροπενία σιδήρου σε φυτό πεπονιάς.

Η διόρθωση της τροφοπενίας Fe γίνεται με ψεκασμούς με 0,5-1,0% Σεκεστρέν 138 Fe ή εφαρμογή υδρολίπανσης με 5 ppm Fe. Ακόμη, διαφυλλικοί ψεκασμοί με χηλικές ενώσεις σιδήρου.

#### 4.7.2 Τοξικότητα Σιδήρου (Fe)

Συμπτώματα περίσσειας Fe παρατηρούνται ιδιαίτερα στα όξινα εδάφη. Τα φύλλα αποκτούν ένα σκούρο πράσινο χρωματισμό. Παρατηρείται έντονη μείωση της ανάπτυξης των φύλλων, της βλαστικής κορυφής και του ριζικού συστήματος. Οι ρίζες παίρνουν ένα καστανό μεταχρωματισμό.

Η περίσσεια Fe ευνοεί την τροφοπενία Mn. Αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με ρύθμιση του pH (ασβέστωση) του εδάφους.

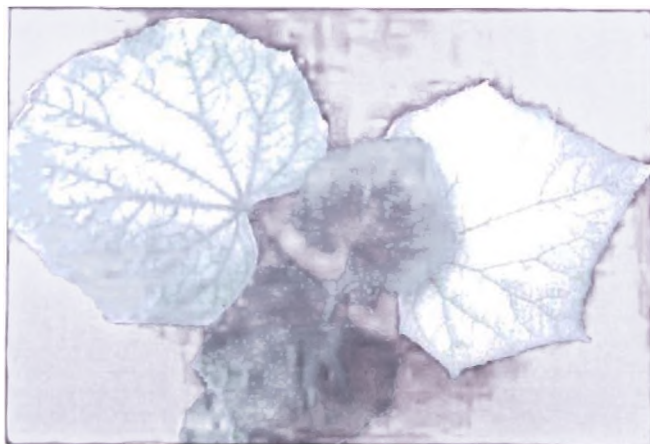
### 4.8 Μαγγάνιο

#### 4.8.1 Τροφοπενία Μαγγανίου (Mn)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο και τα συμπτώματα έλλειψης εκφράζονται κυρίως στα νεαρά φύλλα. Συνήθως υφίστανται μεσονεύρια χλώρωση, ενώ στα φυτά παρατηρούνται νεκρωτικές κηλίδες (στίγματα) στα φύλλα. Αυτή είναι και η σημαντικότερη διαφορά του από τον Fe.

Η έλλειψη Mn καταλήγει σε νεκρωτικές κηλίδες στο έλασμα, οι οποίες είναι δυνατό να λείπουν στα πρώτα στάδια της έλλειψης, και σε ανοικτοπράσινο χρωματισμό μεταξύ των νεύρων, που αργότερα επεκτείνεται σε ολόκληρο το φύλλο.

Η έλλειψη του ευνοείται από υπερβολικές λιπάνσεις με P, Fe, B και Ca και από συνθήκες υψηλής αλατότητας, υψηλού pH και κακής στράγγισης. Αμμώδη και οργανικά εδάφη ή εδάφη έντονης γεωργικής εκμετάλλευσης θα οδηγήσουν πιθανόν σε έλλειψη του εν λόγω στοιχείου.



41. Συμπτώματα τροφοπενίας μαγγανίου σε φυτό αγγουριάς.

#### 4.8.2 Τοξικότητα Μαγγανίου (Mn)

Το πεπόνι και το καρπούζι είναι ευαίσθητα στα όξινα εδάφη. Το pH θα πρέπει να διατηρείται με ασβέστωση πάνω από 6,0. Εδάφη πλούσια σε Mn με pH μικρότερο από 5,5 συχνά προκαλούν τοξικότητα Mn. Στην περίπτωση αυτή η συγκέντρωση Mn στα φύλλα είναι μεγαλύτερη από 800ppm Mn.

Ιδιαίτερα προβλήματα παρατηρούνται σε φυτά καρπουζιάς, σε σχέση με τα άλλα κολοκυνθοειδή. Τα συμπτώματα εντοπίζονται στα φύλλα και τα στελέχη του φυτού. Αρχικά εμφανίζονται στη βάση του φυτού και επεκτείνονται γρήγορα προς την κορυφή.

Στα φύλλα παρατηρείται στην αρχή μια μεσονεύρια χλώρωση και αργότερα εμφανίζονται νεκρωτικές κηλίδες. Τελικά ολόκληρο το έλασμα του φύλλου ξεραίνεται. Τα νεύρα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων αποκτούν καστανό χρώμα και παρουσιάζουν νεκρώσεις.

Στα στελέχη σημειώνεται εμφάνιση νεκρωτικών κηλίδων, αρχικά στη βάση του φυτού, οι οποίες σιγά σιγά επεκτείνονται προς την κορυφή. Παρατηρείται καθυστέρηση της βλάστησης, μείωση της παραγωγής ενώ σε έντονη τοξικότητα δεν έχουμε καρπόδεση.

Η διόρθωση της τοξικότητας Mn μπορεί να γίνει με τα παρακάτω μέτρα:

- Ασβέστωση του εδάφους για ανύψωση του pH.
- Καλή στράγγιση του εδάφους.
- Αποφυγή οξινοποιών λιπασμάτων μέσω της υδρολίπανσης (νιτρική αμμωνία, κ.λ.π.).

#### 4.9 Ψευδάργυρος

##### 4.9.1 Τροφοπενία Ψευδαργύρου (Zn)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο και τα αρχικά συμπτώματα της έλλειψης εκδηλώνονται κυρίως στα νεαρά φύλλα. Μεταξύ των κύριων νευρώσεων παρατηρούνται χλωρωτικές κηλίδες .

Μπορεί επίσης να προκληθεί μικροφυλλία, βραχυγονάτωση και χλώρωση, συνήθως κατά κηλίδες ακανόνιστου σχήματος που σε οξείες περιπτώσεις γίνονται λευκές. Η αύξηση των φυτών, μειώνεται αναλογικά, καθώς αυξάνεται η ένταση της έλλειψης Zn.

Αμμώδη ή οργανικά εδάφη και εδάφη έντονης εκμετάλλευσης ευνοούν την έλλειψη του στοιχείου. Εδάφη αλκαλικής αντίδρασης και υψηλά επίπεδα αφομοιώσιμου P ευνοούν την εμφάνιση τροφοπενιών Zn.



42. Τροφοπενία ψευδαργύρου σε φυτό αγγουριάς.

Η τροφοπενία μπορεί να περιοριστεί εάν αποφευχθεί:

- Η χορήγηση υψηλών ποσοτήτων φωσφορικών λιπασμάτων.
- Η βελτίωση των εδαφών με επιχωμάτωσή τους με άλλα εδάφη φτωχά σε Zn.

#### 4.9.2 Τοξικότητα Ψευδαργύρου (Zn)

Η τοξικότητα Zn στα κολοκυνθοειδή δεν είναι διαδεδομένη. Οι συγκεντρώσεις ψευδαργύρου στα ώριμα φύλλα γύρω στα 400 ppm (ξηρού βάρους) αποβαίνουν τοξικές. Η ανάπτυξη της ρίζας των φυτών και η κορυφαία αύξηση μειώνονται λόγω της τοξικότητας ψευδαργύρου.

Υψηλές συγκεντρώσεις Zn μπορεί να δράσουν τοξικά στα φυτά, ενώ ανταγωνίζονται τον P και τον Fe (εντός του φυτού) και μπορεί να δημιουργήσουν συνθήκες έλλειψης P .



43. Συμπτώματα τοξικότητας ψευδαργύρου σε φύλλο αγγουριάς.

## 4.10 Χαλκός

### 4.10.1 Τροφοπενία Χαλκού (Cu)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο και τα συμπτώματα της έλλειψης του παρουσιάζονται κυρίως στα νεαρά φύλλα, τα οποία είναι μονίμως μαραμμένα. Ο φλοιός στους βλαστούς σχίζεται και μερικές φορές παρατηρείται έκκριση κόμμεος. Συμπτώματα όπως μικροφυλλία, σχηματισμός ρόδακα και βραχογονάτωση είναι συνηθισμένα. Τα κορυφαία φύλλα πιθανόν να εμφανίσουν περιφερειακές ξηράνσεις χωρίς μεταχρωματισμό ή έντονη χλώρωση καθώς και παραμόρφωση φύλλων και βλαστών.

Αμμώδη και οργανικά εδάφη ή εδάφη εντατικής εκμετάλλευσης ευνοούν την έλλειψη του Cu. Σε pH μικρότερο του 4,5 ή μεγαλύτερο του 7 ή σε συνθήκες έλλειψης O<sub>2</sub> γύρω από το ριζικό σύστημα, δεν ευνοείται η πρόσληψή του. Υψηλά επίπεδα P επιδρούν αρνητικά στην πρόσληψη και θρέψη του Cu.

### 4.10.2 Τοξικότητα Χαλκού (Cu)

Η προσθήκη Ca στο έδαφος μειώνει την τοξικότητα Cu. Στις περιοχές που χρησιμοποιούνται συχνά για την καλλιέργεια κηπευτικών ειδών, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για να αποφεύγεται η υπερβολική συσσώρευση Cu στο έδαφος.

Η περίσσεια Cu επηρεάζει αρνητικά την πρόσληψη του Fe, καθώς και του Mn, ιδιαίτερα σε συνθήκες ανεπάρκειας των εν λόγω στοιχείων.

## 4.11 Μολυβδαίνιο

### 4.11.1 Τροφοπενία Μολυβδαινίου (Mo)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο με τα αρχικά συμπτώματα έλλειψης να εμφανίζονται κυρίως στα νεαρά φύλλα. Στην αρχή παρουσιάζεται περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη με φύλλωμα ανοικτοπράσινο ή κιτρινωπό.

Τα νεότερα φύλλα παραμένουν πράσινα, ενώ τα παλαιότερα μπορεί να κιτρινίσουν τελείως και να ξεραθούν. Αργότερα εμφανίζεται περιφερειακή ξήρανση, συστροφή και κύρτωση των φύλλων. Το σύνολο των παραγόμενων καρπών μειώνεται.

Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων Zn, Cu, Ni, καθώς και θειικών αλάτων, μειώνει την πρόσληψη του στοιχείου από τα φυτά. Αμμώδη και οργανικά εδάφη, καθώς και εδάφη έντονης γεωργικής εκμετάλλευσης, ευνοούν την έλλειψη του Mo. Σύμφωνα με άλλη πηγή το Mo αφομοιώνεται μόνο παρουσία  $\text{SO}_4^{=}$ . Οι ελλείψεις του Mo παρατηρούνται συχνότερα σε όξινα εδάφη, με τιμές pH 5,0 ή και χαμηλότερες.



44. Τροφοπενία μολυβδαινίου σε φυτό αγγουριάς.



45. Συμπτώματα τροφοπενίας μολυβδαινίου σε φύλλο πεπονιάς.

#### 4.11.2 Τοξικότητα Μολυβδαινίου (Mo)

Οι κολοκυθιές είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στις υπερβολικές ποσότητες Mo. Συγκεντρώσεις Mo που ανέρχονται στα 1.000 ppm ή και υψηλότερες στους φυτικούς ιστούς, συχνά υφίστανται χωρίς την εκδήλωση μακροσκοπικών συμπτωμάτων τοξικότητας στα καλλιεργούμενα φυτά. Έχουν αναφερθεί αρνητικές αλληλεπιδράσεις με S, Fe, Mn και Cu.

#### 4.12 Βόριο

##### 4.12.1 Τροφοπενία Βορίου (B)

Είναι δυσκίνητο στοιχείο και τα συμπτώματα τροφοπενίας εκδηλώνονται πρώτα στα νεαρά φύλλα και στην κορυφή. Τα φυτά παρουσιάζουν νέκρωση στα νεαρά φύλλα, στον ακραίο οφθαλμό, στο μίσχο και στην κορυφή των φυτών. Επίσης παρατηρείται ανεπαρκής άνθιση και καρποφορία, στρέβλωση και συστροφή των νεώτερων φύλλων. Τα άκρα και οι περιφέρειες των φύλλων είναι δυνατό να λάβουν καστανή ή ερυθρωπή προς κιτρίνη απόχρωση, πριν από την πρόωρη ξήρανσή τους. Στους καρπούς μπορούν να προκληθούν ρωγμές, νεκρωτικά σημεία, και εσωτερική υποβάθμιση της σάρκας.

Υπερβολικές λιπάνσεις με K και Ca ευνοούν την εμφάνιση τροφοπενίας B. Υψηλά επίπεδα  $Ca^{++}$  και  $PO_4^{2-}$  μειώνουν την απορρόφησή του από τα φυτά.

Το pH, τα ορυκτά της αργίλου και οι οργανικές ουσίες επηρεάζουν την πρόσληψη του B. Αύξηση του pH πέραν του 6,3-6,5 συνεπάγεται απότομη μείωση του διαθέσιμου στα φυτά B. Τα οξειδία Al και Fe προσροφούν υψηλές ποσότητες B.

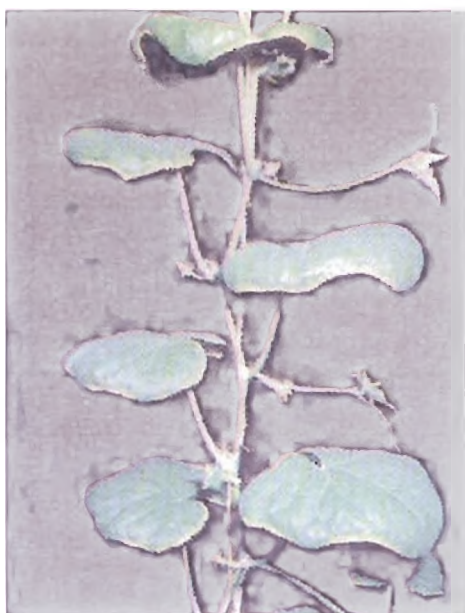


46,47. Συμπτώματα τροπενίας βορίου σε φυτά αγγουριάς.

#### 4.12.2 Τοξικότητα Βορίου (B)

Η συγκέντρωση του υδατοδιαλυτού B αυξάνει με την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC). Τα όρια επάρκειας B στο έδαφος είναι σε πολύ χαμηλές τιμές, περίπου 0,5 ppm. Πάνω από 1 ppm η συγκέντρωσή του θεωρείται υψηλή και γενικά είναι πιθανό να δράσει τοξικά επί των φυτών.

Η περίσσεια B μπορεί να προκαλέσει κιτρίνισμα των περιθωρίων των φύλλων, το οποίο αργότερα επεκτείνεται σε ολόκληρο το φύλλο.



48. Συμπτώματα τοξικότητας βορίου σε φυτό αγγουριάς.

#### 4.13 Χλώριο

##### 4.13.1 Τροφοπενία Χλωρίου (Cl)

Το Cl είναι ιδιαίτερα ευκίνητο στο έδαφος. Η έλλειψη Cl προκαλεί μπρούτζινο χρωματισμό των φύλλων και σε καθυστέρηση της ανάπτυξης των ριζών. Τα φυτά γίνονται χλωρωτικά και νεκρωτικά κατά θέσεις. Τα περισσότερα εδάφη έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Cl. Το Cl στο έδαφος προστίθεται με εφαρμογή λιπασμάτων όπως το χλωριούχο κάλιο.

##### 4.13.2 Τοξικότητα Χλωρίου (Cl)

Η τοξικότητα Cl είναι ένα σοβαρό πρόβλημα για τις καλλιέργειες κολοκυνθοειδών. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν το κάψιμο των κορυφών ή των περιθωρίων των φύλλων και το πρόωρο κιτρίνισμα. Το Cl είναι ιδιαίτερα ευκίνητο στοιχείο στο έδαφος και οι υπερβολικές συγκεντρώσεις του μπορούν να εκπλυθούν από το έδαφος, με την υπερβολική άρδευση των καλλιεργειών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

### ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΦΑΣΟΛΙ

#### 5.1 Αζωτο

##### 5.1.1 Τροφοπενία Αζώτου (N)

Η έλλειψη N, μπορεί να εμφανιστεί σε όλα τα εδάφη και είναι ιδιαίτερα έντονη στα ελαφρά αμμώδη εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Μπορεί να προκληθεί από τη δυνατή βροχή ή την υπερβολική άρδευση μέσω της έκπλυσης των νιτρικών αλάτων. Το pH του εδάφους όταν κυμαίνεται πέρα από τα επίπεδα των τιμών 6.0-8.0, μπορεί να περιορίσει τη διαθεσιμότητα του στοιχείου. Το N αποτελεί ένα ουσιαστικό συστατικό των αμινοξέων, των πρωτεϊνών, της χλωροφύλλης, των νουκλεοτιδίων και των νουκλεϊνικών οξέων.

Με την έλλειψη του στοιχείου παρατηρείται νανισμός και περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Τα συμπτώματα ξεκινούν κυρίως από τα παλαιότερα φύλλα. Το φύλλωμα αρχικά έχει ανοικτό πράσινο χρώμα, ενώ αργότερα παρατηρείται κίτρινος μεταχρωματισμός με παρουσία νεκρώσεων στα κατώτερα φύλλα. Επίσης, εμφανίζεται μεταχρωματισμός στο έλασμα και στους μίσχους πορτοκαλί ή ερυθράς απόχρωσης.

Η έλλειψη N μπορεί να διορθωθεί με τη χορήγηση της αναγκαίας ποσότητας αζωτούχων λιπασμάτων και οργανικής ουσίας.



49. Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου σε φυτό φασολιάς.

## 5.2 Φώσφορος

### 5.2.1 Τροφοπενία Φωσφόρου (P)

Η έλλειψη P εμφανίζεται σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε ολικό P ή σε εκείνα που δεσμεύουν P (πολύ όξινα ή αλκαλικά) και οργανικά εδάφη. Η διαθεσιμότητα του στοιχείου περιορίζεται σημαντικά σε τιμές pH κάτω του 6,2.

Η αργή ανάπτυξη των φυτών είναι το κύριο χαρακτηριστικό τη έλλειψης. Τα ανώτερα φύλλα είναι μικρά και σκούροπράσινα, ενώ τα παλαιότερα φύλλα γίνονται κίτρινα, κατόπιν καφετιά, και τέλος μπορεί να εκδηλωθεί πρόωρος γηρασμός. Η ανάπτυξη των φυτών διακόπτεται. Τα φυτά παρουσιάζουν λεπτούς μίσχους και μικρά μεσογονάτια διαστήματα. Ο αριθμός των ανθέων είναι υψηλός, όμως υφίστανται χαμηλά ποσοστά καρπόδεσης.

Η έλλειψη P μπορεί να διορθωθεί με χορήγηση φωσφορικών λιπασμάτων.



50. Συμπτώματα τροφοπενίας φωσφόρου σε φασόλι.

## 5.3 Κάλιο

### 5.3.1 Τροφοπενία Καλίου (K)

Η έλλειψη K παρατηρείται ιδιαίτερα σε ελαφρά, όξινα και βαριά αργιλώδη εδάφη που δεσμεύουν K. Επίσης, σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα Ca και Mg και με χαμηλό pH.

Τα συμπτώματα της έλλειψης K εμφανίζονται κυρίως στα παλαιότερα φύλλα. Στα παλαιότερα φύλλα η περιφέρεια του ελάσματος γίνεται καστανή, ο μεταχρωματισμός επεκτείνεται προς το εσωτερικό του φύλλου και η προσβλημένη περιοχή νεκρώνεται. Η περιφέρεια των φύλλων συχνά συστρέφεται. Τα φυτά μπορεί να έχουν αδύνατους μίσχους, κοντά μεσογονάτια διαστήματα και μειωμένη αύξηση του ριζικού συστήματος.

Η έλλειψη K μπορεί να διορθωθεί με χορήγηση καλιούχων λιπασμάτων.



51. Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου σε φυτό φασολιάς.

## 5.4 Ασβέστιο

### 5.4.1 Τροφοπενία Ασβεστίου (Ca)

Η έλλειψη Ca παρατηρείται σε όξινα εδάφη με κορεσμό Ca κάτω του 30% και σε αμμώδη εδάφη που δέχονται μεγάλες βροχοπτώσεις. Η μέγιστη διαθεσιμότητα του Ca εμφανίζεται σε επίπεδα τιμών pH που κυμαίνονται μεταξύ 7,0-8,5.

Τα συμπτώματα της τροφοπενίας Ca παρουσιάζονται με μειωμένη αύξηση του φυτού, με σκούρο πράσινο χρώμα των παλαιότερων φύλλων και με κιτρίνισμα των νεότερων. Τα νεαρά φύλλα της κορυφής κάμπτονται, παραμορφώνονται και εμφανίζουν νέκρωση στην περιφέρεια. Οι λοβοί μπορεί να είναι μαλακοί και κίτρινοι και οι σπόροι μπορεί να αποτύχουν να αναπτυχθούν.

Η έλλειψη Ca μπορεί να διορθωθεί με την εφαρμογή ασβέστη ή και υπερφωσφορικού λιπάσματος.

## 5.5 Μαγνήσιο

### 5.5.1 Τροφοπενία Μαγνησίου (Mg)

Η έλλειψη Mg παρατηρείται σε όξινα ή ελαφριάς σύστασης (αμμώδη) εδάφη, που δέχονται μέτρια ή υψηλή βροχόπτωση. Η διαθεσιμότητα του στοιχείου μειώνεται σταδιακά σε τιμές pH κάτω του 6,5.

Τα συμπτώματα έλλειψης Mg παρουσιάζουν μεσονεύρια χλώρωση ή ελαφρό κιτρίνισμα με εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων

στους μεσονεύριους χώρους, ενώ σε περίπτωση έντονης έλλειψης, οι κηλίδες αυξάνουν σε μέγεθος και αρχίζουν να καλύπτουν βαθμιαία τις μεσονεύριες περιοχές του ελάσματος.

Γενικά η έντονη έλλειψη Mg προκαλεί μείωση της παραγωγής και το ριζικό σύστημα των άρρωστων φυτών είναι πιο ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Η έλλειψη Mg μπορεί να διορθωθεί με χορήγηση στα φυτά θειικού μαγνησίου.



52. Συμπτώματα τροφοπενίας μαγνησίου σε φύλλα φασολιά.

## 5.6 Θείο

### 5.6.1 Τροφοπενία Θείου (S)

Περίπτωση έλλειψης S εμφανίζεται στα ελαφρώς όξινα εδάφη. Η διαθεσιμότητα του στοιχείου μειώνεται σε τιμές pH κάτω του 6,0. Μεταξύ των πολλών λειτουργιών του, το S είναι συστατικό ορισμένων αμινοξέων όπως της κυστίνης, θειαμίνης, μεθιονίνης και συμμετέχει στη σύνθεση πρωτεϊνών, ενώ αποτελεί συστατικό του συνενζύμου A.

Τα συμπτώματα της έλλειψης στα φυτά, είναι παρόμοια με εκείνα της έλλειψης N. Εκδηλώνεται μια έντονη, ομοιόμορφη, κίτρινη χλώρωση των νεώτερων φύλλων και η βλαστική αύξηση διακόπτεται. Η διάφορα μεταξύ τροφοπενίας N με S είναι ότι η έλλειψη S παρατηρείται στα νεότερα φύλλα, ενώ του N στα παλαιότερα. Τα φυτά με έλλειψη S είναι μικρότερα από τα κανονικά με φύλλα μικρά και στενά. Τα νέα φύλλα μεταχρωματίζονται παίρνοντας ένα χλωμό (ωχρό) πράσινο προς κίτρινο χρωματισμό. Κιτρίνισμα παρατηρείται επίσης και στα νεύρα.

Η έλλειψη S μπορεί να διορθωθεί με χορήγηση θειούχων λιπασμάτων.



53. Συμπτώματα τροπενίας θείου σε φασολιά.

## 5.7 Σίδηρος

### 5.7.1 Τροφοπενία Σιδήρου (Fe)

Η έλλειψη Fe παρατηρείται συνήθως σε ασβεστούχα και κακώς στραγγιζόμενα εδάφη. Επίσης, η έλλειψη παρουσιάζεται και σε όξινα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα βαριών μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα (Cu, Mn, κ.α.) και σε εδάφη με υψηλό pH. Οι προσωρινές ελλείψεις Fe (λιγότερο από 48 ώρες) μπορούν να εμφανιστούν στα νεώτερα φύλλα των φυτών φασολιάς που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλό pH, που έχουν υψηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας, από τις βροχοπτώσεις ή την άρδευση, ιδιαίτερα τις ημέρες με δροσερές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Τα συμπτώματα της έλλειψης Fe παρατηρούνται ιδιαίτερα στα νεότερα φύλλα, τα οποία γίνονται ωχροκίτρινα, σχεδόν άσπρα, ενώ τα νεύρα παραμένουν πράσινα. Έντονα νεκρωτικά συμπτώματα μπορεί να αναπτυχθούν στα χλωρωτικά φύλλα. Σε προχωρημένο στάδιο της έλλειψης Fe έχουμε πλήρη αποχρωματισμό και νέκρωση του ελάσματος. Τα νέα φυλλάρια εμφανίζουν σημεία γήρανσης.

Η έλλειψη Fe μπορεί να διορθωθεί με την εφαρμογή χηλικών ενώσεων σιδήρου στο έδαφος ή με διαφυλλική εφαρμογή θειϊκού σιδήρου (0.5%) στα φύλλα της καλλιέργειας. Μερικές ποικιλίες είναι λιγότερο ευαίσθητες στα χαμηλά επίπεδα Fe στο έδαφος.



54.  
Συμπτώματα  
τροφοπενίας  
σιδήρου σε  
φύλλα  
φασολιάς.

## 5.8 Ψευδαργύρος

### 5.8.1 Τροφοπενία Ψευδαργύρου (Zn)

Η έλλειψη Zn παρατηρείται σε εδάφη με υψηλό pH ή σε όξινα εδάφη στα οποία έχει χορηγηθεί μεγάλη ποσότητα Ca ή P. Το πρόβλημα μπορεί να επιδεινωθεί από την συμπίεση του εδάφους, τα χαμηλά επίπεδα οργανικής ουσίας και την υπερβολική εφαρμογή λιπασμάτων. Ο Zn εμφανίζει υψηλότερα επίπεδα διαθεσιμότητας σε τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 5,0-7,0.

Στην έλλειψη Zn παρατηρείται έντονη μικροφυλλία. Ιδιαίτερα συμπτώματα αυτής της έλλειψης είναι η χλώρωση, συνήθως κατά κηλίδες (κίτρινες) ακανόνιστου σχήματος. Στο έλασμα αναπτύσσονται συχνά σκοτεινού χρώματος νεύρα, ενώ οι κηλίδες σε προχωρημένο στάδιο γίνονται λευκές. Τα άνθη και οι λοβοί μπορεί να αποκοπούν από τους μίσχους – ποδίσκους που τα συγκρατούν. Σε έντονη έλλειψη Zn τα νέα φύλλα γίνονται άσπρα και τα φυτά μπορεί να καταστραφούν ολοκληρωτικά.

Η έλλειψη Zn μπορεί να διορθωθεί με χορήγηση θειικού ή χηλικού Zn.



55. Συμπτώματα τροφοπενίας ψευδαργύρου σε φύλλα φασολιάς.

## 5.9 Μαγγάνιο

### 5.9.1 Τροφοπενία Μαγγανίου (Mn)

Η έλλειψη Mn εμφανίζεται σε εδάφη με υψηλό pH, ή κακώς αποστραγγιζόμενα. Ακόμα, σε ασβεστόχα ή πολύ ελαφρά εδάφη καθώς και σε εδάφη υψηλής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία. Το στοιχείο καθίσταται περισσότερο διαθέσιμο σε τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 5.0-6.5. Το Mn συμμετέχει στη φυσιολογία φυτών ως ενεργοποιητής ορισμένων ένζυμων.

Τα συμπτώματα της έλλειψης Μn χαρακτηρίζονται από ομοιόμορφο κιτρίνισμα των νεώτερων φύλλων, με τα νεύρα του ελάσματος να παραμένουν πράσινα. Στα φύλλα μπορεί να εμφανίζονται λεπτά στίγματα ή μπορεί να παρουσιάζονται ακόμη και εξανθήματα. Τα παλαιότερα φύλλα εμφανίζονται να είναι χλωρωτικά. Οι λοβοί μπορεί να είναι κίτρινοι και να παρουσιάζουν μικρότερο αριθμό σπόρων στο εσωτερικό τους.

Η έλλειψη Μn μπορεί να αντιμετωπιστεί με την προσθήκη λιπασμάτων που περιέχουν Μn.



56. Συμπτώματα τροφοπενίας μαγγανίου σε φασόλι.

57. Συμπτώματα τροφοπενίας μαγγανίου σε φυτό φασολιάς.



### 5.9.2 Τοξικότητα Μαγγανίου (Mn)

Τα συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν ως πορφυρά-μαύρα σημεία στο μίσχο και στα νεύρα των φύλλων. Η χλώρωση μπορεί να αναπτυχθεί μεταξύ των κυρίων νεύρων του ελάσματος, ειδικά στα νεώτερα φύλλα. Μερικές ποικιλίες είναι λιγότερο ευαίσθητες στην τοξικότητα Μn από ότι άλλες. Η βελτιωμένη αποξήρανση, η προσθήκη οργανικής ουσίας, και η εφαρμογή ασβέστη μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα.



58. Συμπτώματα τοξικότητας μαγγανίου σε φυτό φασολιάς.

## 5.10 Χαλκός

### 5.10.1 Τροφοπενία Χαλκού (Cu)

Η έλλειψη Cu παρατηρείται σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία, αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη και εδάφη υπερβολικά λιπαινόμενα με αζωτούχα λιπάσματα.

Τα φυτά που επηρεάζονται από την έλλειψη Cu παρουσιάζουν ανάσχεση της ανάπτυξής τους και έχουν κοντά μεσογονάτια διαστήματα. Τα νέα φύλλα αποκτούν ωχρή γκριζωπή εμφάνιση. Οι ανώμαλες νεκρωτικές περιοχές ή οι κηλίδες εμφανίζονται στις νευρώσεις του ελάσματος, κοντά στη βάση του φυλλαρίου. Το καψάλισμα μπορεί να αναπτυχθεί σε μια πλευρά του φυλλαρίου, το οποίο αναπτύσσεται και έπειτα εμφανίζει σημεία γήρανσης. Τα νέα φύλλα παραμένουν μικρά και έχουν μειωμένη σπαργή. Οι βλαστικές κορυφές μπορεί να νεκρωθούν, και η ανθοφορία μπορεί να κατασταλεί.

Η έλλειψη Cu μπορεί να διορθωθεί με την εφαρμογή άλατος θειικού χαλκού στο έδαφος.

## 5.11 Βόριο

### 5.11.1 Τροφοπενία Βορίου (B)

Η έλλειψη B παρατηρείται σπάνια στα φασόλια, αλλά μπορεί να εμφανιστεί στα χονδρόκοκκα (μεγάλης μηχανικής σύστασης) εδάφη, στα εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, σε εκείνα με υψηλό pH και χαμηλό συνολικό περιεχόμενο B, καθώς και στα αμμώδη ή ασβεστούχα εδάφη. Η μέγιστη διαθεσιμότητα του στοιχείου εμφανίζεται σε επίπεδα pH 5.0-7.0.

Οι λειτουργίες του B στα φυτά δεν είναι πλήρως γνωστές. Στα φυτά που αντιμετωπίζουν έλλειψη B, τα τοιχώματα των κυττάρων είναι λεπτά και εύθραυστα και καταρρέουν εύκολα.



Τα κύτταρα στο φύλλο συνεχίζουν να επεκτείνονται, αναγκάζοντας το φύλλο να παραμορφώνεται και να γίνεται δερματώδες. Η συσσώρευση του Β εμφανίζεται να είναι δυσκολότερη κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης απ' ό,τι στη φάση της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών. Κατά συνέπεια, όταν τα επίπεδα του Β στο έδαφος είναι οριακά, τα συμπτώματα μπορούν να μην εμφανιστούν στα φυτά έως ότου εισέλθει η καλλιέργεια στο στάδιο της παραγωγής καρπών.

Ένα πρόωρο σύμπτωμα της έλλειψης Β είναι η μειωμένη αύξηση ή η νέκρωση του ακραίου μεριστώματος. Οι πλευρικοί οφθαλμοί παράγουν πολλούς μικρούς κλάδους (σύμπτωμα σκούπα της μάγισσας), ενώ οι ακραίοι οφθαλμοί νεκρώνονται. Τα αρχικά φύλλα πυκνώνουν και παραμορφώνονται. Οι μίσχοι είναι διογκωμένοι κοντά στους κόμβους (γόνατα). Τα φύλλα και οι μίσχοι εμφανίζονται αποξηραμένοι και μπορούν να έχουν μια δύσκαμπτη, ξυλώδη υφή. Επίσης επιμήκεις ρωγμές εμφανίζονται κοντά στη βάση των μίσχων. Τα συμπτώματα εντείνονται από τα χαμηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας.

Η έλλειψη Β παρότι εμφανίζεται σπάνια θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί με την προσθήκη βορικών αλάτων στο έδαφος.



59. Συμπτώματα τροφοπενίας βορίου σε φυτό φασολιάς.

#### 5.11.2 Τοξικότητα Βορίου (B)

Η τοξικότητα Β γενικά εμφανίζεται μετά από ανομοιόμορφη λίπανση, που εφαρμόζεται κατά τη σπορά της καλλιέργειας, ειδικά στη διάρκεια ξηρικών συνθηκών. Το υπερβολικό Β προκαλεί το κιτρίνισμα και τη νέκρωση των περιθωρίων των νεαρών φύλλων αμέσως μετά την εμφάνισή τους, καθώς και των παλαιότερων φύλλων. Τα συμπτώματα τοξικότητας μπορούν να εμφανιστούν όταν η περιεκτικότητα του Β στο έδαφος υπερβαίνει τα 5 ppm.



60. Συμπτώματα τοξικότητας βορίου σε φύλλα φασολιάς.

## 5.12 Μολυβδαίνιο

### 5.12.1 Τροφοπενία Μολυβδαινίου (Mo)

Η έλλειψη Mo εμφανίζεται σε όξινα εδάφη, (pH κάτω του 6,0) λόγω δέσμευσης του στοιχείου.

Τα συμπτώματα έλλειψης Mo μοιάζουν με εκείνα της έλλειψης N. Τα φύλλα παρουσιάζουν χλώρωση, νέκρωση και καρούλιασμα. Σε έντονη έλλειψη εμφανίζεται σοβαρός περιορισμός του ελάσματος. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί και φυλλόπτωση.

Η έλλειψη Mo μπορεί να αντιμετωπισθεί με την προσθήκη ασβέστη εάν η εγγενής διαθεσιμότητα Mo μειώνεται ως αποτέλεσμα του χαμηλού pH του εδάφους.

## 5.13 Αργίλιο

### 5.13.1 Τοξικότητα Αργιλίου (Al)

Το Al δεν απαιτείται για την αύξηση των φυτών φασολιάς αλλά μπορεί να γίνει τοξικό σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η τοξικότητα Al συνδέεται με τα όξινα εδάφη και είναι κοινή στην τροπική ζώνη καλλιέργειας των φασολιών. Η διαλυτότητα του Al αυξάνεται εμφανώς κάτω από pH 5,0, που οδηγεί στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του στοιχείου στην ζώνη ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών. Το Al παρεμποδίζει το μεταβολισμό των φωσφορικών αλάτων και αναγκάζει το ανόργανο φωσφορικό άλας να συσσωρευτεί στις ρίζες μειώνοντας το μεταβολισμό και τη μεταφορά του.

Τα φασόλια ενδέχεται να αρχίσουν να παρουσιάζουν συμπτώματα της τοξικότητας Al, σε τιμές pH κάτω από 6,0. Τα παλαιότερα φύλλα, γίνονται χλωρωτικά και αναπτύσσουν νεκρωτικά περιθώρια. Τα φυτά που επηρεάζονται από υπερβολικό Al, μπορούν να παρουσιάσουν συμπτώματα έλλειψης Fe, Ca, και P.

## 5.15 Νάτριο (Na) και αλατότητα

Τα φασόλια δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες νατρίου (Na) αλλά είναι πολύ ευαίσθητα στην αλατότητα και την περιεκτικότητα του εδάφους σε Na. Γενικά, η περιεκτικότητα του εδάφους σε Na γίνεται πρόβλημα όταν το ποσοστό κορεσμού είναι μεγαλύτερο από 4% και η συμπίεση του εδάφους είναι μέτρια έως έντονη. Η αλατότητα έχει επιπτώσεις στα φασόλια όταν η αγωγιμότητα έχει τιμές υψηλότερες από 0,8 mmhos / εκατ.

Σε περίπτωση που φυτεύονται ευαίσθητες ποικιλίες φασολιών σε αλατούχα εδάφη ή σε εδάφη με υψηλά επίπεδα N, μπορεί να προκληθεί μείωση της αύξησης, "καψάλισμα" των φύλλων, και θάνατος των φυτών. Η ζημία μπορεί να είναι υψηλή κατά τη διάρκεια της βλάστησης και της ανάπτυξης των σπορόφυτων, και η ανάπτυξη των φυτών μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Η διόρθωση των προβλημάτων της αλατότητας εξαρτάται από την προσεκτική διαχείριση του υδροφόρου ορίζοντα προκειμένου να αποτραπεί η συσσώρευση του άλατος στην/ή κοντά, στην επιφάνεια του εδάφους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

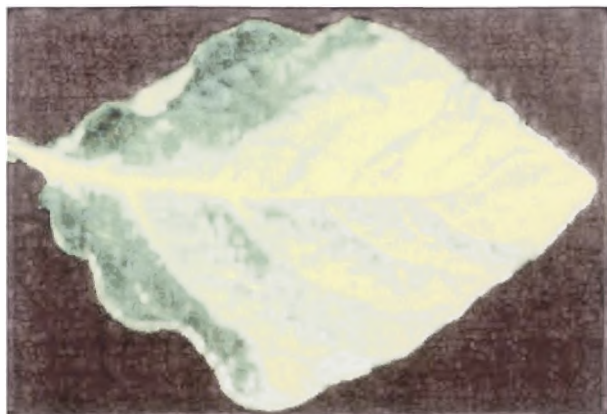
### ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗ ΠΑΤΑΤΑ

#### 6.1 Αζωτο

##### 6.1.1 Τροφοπενία Αζώτου (N)

Η τροφοπενία N παρατηρείται σε ελαφρά αμμώδη εδάφη τα οποία είναι φτωχά σε οργανική ουσία. Φυτά πατάτας που αναπτύσσονται σε συνθήκες έλλειψης N παρουσιάζουν μεταχρωματισμό, από ανοικτό πράσινο έως κίτρινο. Όταν η έλλειψη του N εντείνεται, τα φύλλα στην κορυφή των φυτών είναι μικρότερα και συστρέφονται προς τα κάτω. Τα παλαιότερα φύλλα αποκτούν βαθύ κίτρινο ως και ανοικτό καφέ χρώμα και νεκρώνονται, όταν όμως είναι ξηρά αποχωρίζονται πολύ εύκολα από το μίσχο.

Η διόρθωση των προβλημάτων της έλλειψης N μπορεί να γίνει με χορήγηση στο έδαφος αζωτούχων λιπασμάτων και οργανικής ουσίας.



61. Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου σε φύλλο πατάτας.



62. Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου σε πατάτα.

## 6.2 Φώσφορος

### 6.2.1 Τροφοπενία Φωσφόρου (P)

Η έλλειψη P παρατηρείται σε όξινα ή ασβεστούχα εδάφη και εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε ολικό φωσφόρο. Τα συμπτώματα της έλλειψης P στην πατάτα δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμα. Τα φυτά εμφανίζουν μειωμένη ανάπτυξη και έχουν ένα σκοτεινότερο πράσινο χρώμα από τα φυτά που διαθέτουν επαρκή ποσότητα P. Η έλλειψη P εμφανίζεται συχνά όταν οι θερμοκρασίες του εδάφους είναι σχετικά χαμηλές, 10° C ή χαμηλότερες. Η έλλειψη P εμφανίζεται συχνά στα όξινα και ασβεστούχα εδάφη.

## 6.3 Κάλιο

### 6.3.1 Τροφοπενία Καλίου (K)

Η τροφοπενία K παρατηρείται σε ελαφρά, όξινα εδάφη και εδάφη που έχουν υποστεί εντατική καλλιέργεια μεγάλο διάστημα. Τα φυτά ιδιαίτερα τις θερμές και ξηρές μέρες παρουσιάζουν πολύ γρήγορα συμπτώματα μάρανσης. Τα παλιά φύλλα συστρέφονται προς τα κάτω. Στην αρχή παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης και τα παλιά φύλλα της βάσης αποκτούν ένα γκριζοπράσινο χρωματισμό. Τα νεότερα φύλλα έχουν μικρότερο μέγεθος. Στην τροφοπενία K πολλές φορές εμφανίζονται μικρές λευκές, κίτρινες ή καστανές κηλίδες στα φύλλα που εμφανίζουν νεκρώσεις (καψίματα) στην περιφέρεια και την κορυφή του ελάσματος.



63. Τροφοπενία καλίου σε φυτό πατάτας.

## 6.4 Θείο

### 6.4.1 Τροφοπενία Θείου (S)

Τα συμπτώματα της έλλειψης S εξελίσσονται αργά και είναι παρόμοια με εκείνα της έλλειψης N, χωρίς τα φύλλα να ξηραίνονται. Εμφανίζεται ένα γενικό κιτρίνισμα των φύλλων και των νεύρων. Η ανάπτυξη του φυτού διακόπτεται, σε περίπτωση όμως έντονης έλλειψης S, εμφανίζονται μερικά στίγματα στα φύλλα.

Η έλλειψη S αντιμετωπίζεται με χρήση υπερφοσφορικών λιπασμάτων που περιέχουν θειούχες ενώσεις.

## 6.5 Μαγνήσιο

### 6.5.1 Τροφοπενία Μαγνησίου (Mg)

Τα συμπτώματα έλλειψης Mg παρατηρούνται στα παλαιότερα φύλλα τα οποία αποκτούν ένα πιο ανοικτό πράσινο χρωματισμό από τον κανονικό. Παρατηρείται περιφερειακό κιτρίνισμα του ελάσματος στα κατώτερα φύλλα και στη συνέχεια επέκταση της χλώρωσης μεσονεύρια, προς το εσωτερικό του ελάσματος. Αργότερα τα φύλλα γίνονται ξηρά και καφετιά. Ακόμα, παρατηρείται μια ευδιάκριτη διόγκωση μεταξύ των νεύρων και πάχυνση του ελάσματος του φύλλου, που το καθιστά εύθρυπτο. Τα συμπτώματα, είναι εντονότερα στα παλαιότερα φύλλα. Σε μερικά εδάφη τα συμπτώματα έλλειψης Mg μπορούν να προκληθούν από την συχνή λίπανση με K χωρίς το πρόγραμμα λίπανσης να συμπεριλαμβάνει χορήγηση ποσοτήτων Mg στα φυτά πατάτας.



64,65. Τροφοπενία μαγνησίου σε φυτά πατάτας.

## 6.6 Ασβέστιο

### 6.6.1 Τροφοπενία Ασβεστίου (Ca)

Τα συμπτώματα έλλειψης Ca εμφανίζονται πρώτα στα ακραία σημεία βλαστικής ανάπτυξης των φυτών πατάτας. Όταν τα φυτά αυξάνονται στην υδροπονία, οι άκρες της ρίζας των φυτών που αντιμετωπίζουν έλλειψη Ca, παραμορφώνονται και αποκτούν σκοτεινό χρώμα. Αυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται ακόμα και όταν η συγκέντρωση Ca κυμαίνεται η συγκέντρωση Ca στο θρεπτικό διάλυμα από 3 έως 8 ppm. Σύντομα, τα συμπτώματα στα άκρα εμφανίζονται στα νεώτερα κεντρικά φύλλα συμπεριλαμβανομένου του σημείου αύξησης (ακραίο μερίστωμα) του φυτού. Οι έντονες ελλείψεις, αναγκάζουν τα νέα ώριμα φυλλάκια να συστραφούν (καρουλιάσουν) προς τα πάνω, με έντονα συμπτώματα χλώρωσης και καφέ μεταχρωματισμούς. Οι κόνδυλοι παρουσιάζουν νεκρά στίγματα, που στην αρχή εμφανίζονται σαν καφέ μεταχρωματισμοί.

Οι ανάγκες των φυτών σε Ca μπορούν να ικανοποιηθούν από την κατάλληλη χρήση ασβεστούχων λιπασμάτων στα όξινα εδάφη ή εφαρμογή γύψου στα αμμώδη εδάφη. Η έλλειψη Ca στις πατάτες εκδηλώνεται όταν οι μίσχοι περιέχουν Ca λιγότερο από 0,15% (ξηρό βάρος).



66,67. Συμπτώματα έλλειψης ασβεστίου σε φυτά πατάτας.

## 6.7 Βόριο

### 6.7.1 Τροφοπενία Βορίου (B)

Η έλλειψη B στην πατάτα προκαλεί το σχηματισμό ενός θαμνώδους φυτού, με μαραμένα φύλλα καθηλωμένης ανάπτυξης (νανισμού) λόγω του ότι τα μεσογονάτια διαστήματα μένουν κοντά. Τα φύλλα παραμορφώνονται, καρουλιάζουν προς τα πάνω και γίνονται παχύτερα, ενώ οι μίσχοι γίνονται εύθρυπτοι. Μπορεί να εμφανισθεί κοκκινωπός χρωματισμός στα φύλλα όπως επίσης και νέκρωση του ακραίου οφθαλμού και ανάπτυξη πλαγίων βλαστών. Οι άκρες της ρίζας διογκώνονται και σκουραίνουν, τα ανώριμα κεντρικά φύλλα παραμορφώνονται. Οι κόνδυλοι παραμένουν μικροί και συχνά η επιφάνειά τους εμφανίζεται σα να έχει σκάσει. Η έλλειψη B εμφανίζεται, όταν τα παραμορφωμένα φύλλα περιέχουν λιγότερο από 20 ppm του B (ξηρό βάρος).



68. Συμπτώματα έλλειψης βορίου σε φυτό πατάτας.

## 6.8 Σίδηρος

### 6.8.1 Τροφοπενία Σιδήρου (Fe)

Η έλλειψη Fe σε φυτά πατάτας εμφανίζεται αρχικά ως κιτρίνισμα (χλώρωση) των νέων φύλλων κοντά στην κορυφή του φυτού. Γρήγορα, τα φύλλα γίνονται ανοικτοκίτρινα, σχεδόν άσπρα (χωρίς χλωροφύλλη). Κατά τη διάρκεια της έλλειψης, τα νεύρα του ελάσματος των φύλλων παραμένουν πράσινα.

Στα όξινα εδάφη, η έλλειψη Fe είναι απίθανο να εμφανιστεί, αλλά όταν εμφανίζονται τα συμπτώματα στα ασβεστούχα εδάφη, οι ψεκασμοί φυλλώματος με χηλικές ενώσεις σιδήρου μπορούν να αντιμετωπίσουν την έλλειψη.





69. Συμπτώματα έλλειψης σιδήρου σε φυτό πατάτας.

## 6.9 Ψευδάργυρος

### 6.9.1 Τροφοπενία Ψευδαργύρου (Zn)

Η έλλειψη Zn στις πατάτες, συχνά γνωστή ως "φύλλο φτέρης", εμφανίζεται στα νέα αναπτυσσόμενα φύλλα ως χλώρωση. Τα χαμηλότερα φύλλα εμφανίζονται χλωρωτικά και παρουσιάζουν ακανόνιστα στίγματα, γκρι-καφέ έως μπρούτζινης απόχρωσης. Τα συμπτώματα αρχικά εκδηλώνονται στα εσωτερικά φύλλα, εντός της βλάστησης, των φυτών πατάτας τα οποία τελικά απλώνονται σε όλο το φύλλωμα. Τα στίγματα βαθουλώνουν και οι ιστοί τους τελικά νεκρώνονται. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις έλλειψης τα μεσογονάτια διαστήματα παραμένουν κοντά και τα φύλλα μικρά και παχιά.

Η έλλειψη Zn είναι λιγότερο πιθανό να εμφανιστεί στα όξινα εδάφη από ότι στα ασβεστούχα εδάφη. Η τροφοπενία Zn μπορεί να αντιμετωπισθεί με διαφυλλικούς ψεκασμούς θειικού ψευδαργύρου.



70. Έλλειψη ψευδαργύρου σε φυτά πατάτας.

## 6.10 Μαγγάνιο

### 6.10.1 Τροφοπενία Μαγγανίου (Mn)

Η πρώτη ένδειξη της έλλειψης Mn είναι ένα κιτρίνισμα των νεώτερων φύλλων. Οι επιφάνειες των φύλλων στις βλαστικές κορυφές γίνονται πιο ανοιχτοπράσινες από το κανονικό, αρχικά μεταξύ των νεύρων, ενώ αργότερα μπορεί να γίνουν κίτρινες ή και άσπρες. Πολυάριθμα μικρά καφετιά στίγματα εμφανίζονται και αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Τα χαμηλότερα φύλλα παρουσιάζουν σπανιότερα συμπτώματα.

Η τροφοπενία Mn αντιμετωπίζεται με χρήση (εφαρμογή) θειικού μαγνησίου.



71. Συμπτώματα έλλειψης μαγανίου σε φυτά πατάτας.

### 6.10.2 Τοξικότητα Μαγγανίου (Mn)

Στην τοξικότητα Mn, η οποία είναι και η πιο γνωστή των προβλημάτων περίσσειας στοιχείων στην πατάτα, παρατηρείται εμφάνιση καστανών κηλίδων στα φύλλα, τους μίσχους και τους βλαστούς.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της περίσσειας Mn μπορεί να γίνει με ασβέστωση του εδάφους με δολομίτη ή ανθρακικό ασβέστιο (συνήθως μαρμαρόσκονη) ή υδροξείδιο του ασβεστίου  $[(Ca(OH)_2]$  ή οξειδίο του ασβεστίου (CaO), ώστε το pH του εδάφους να γίνει μεγαλύτερο από 5,5.



72. Συμπτώματα τοξικότητας μαγγανίου σε φυτό πατάτας.

## 6.11 Χαλκός

### 6.11.1 Τροφοπενία Χαλκού (Cu)

Τα συμπτώματα της τροφοπενίας Cu παρουσιάζονται στα νεαρά φύλλα τα οποία χάνουν την σπαργή τους και παραμένουν μαραμένα. Σε προχωρημένο στάδιο της έλλειψης Cu τα άκρα των μικρών φύλλων ξεραίνονται. Δεν εμφανίζεται χαρακτηριστική χλώρωση, μόνο ένας ελαφρύς ανοιχτοπράσινος χρωματισμός στα νεώτερα φύλλα.

Η έλλειψη Cu αντιμετωπίζεται με χρήση θειικού χαλκού σε σκόνη συνήθως.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καράταγλης, Σ. 1995. Φυσιολογία φυτών. Εκδόσεις *Art of Text* Θεσσαλονίκη. σελ.148, 151, 153, 155, 157, 159, 160, 162, 164, 165.
- Κουκουλάκης, Π.Χ και Παπαδόπουλος, Α.Η. 2003. Η ερμηνεία της φυλλοδιαγνωστικής. 1η έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε. Αθήνα. σελ. 20-31, 56-64.
- Μπούρμπος, Β. και Σκουντριδάκης Μ. 1987. Εχθροί και ασθένειες της τομάτας θερμοκηπίου. Μέρος Ι. 1η έκδοση, Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική, σελ.126, 130, 133, 136, 138.
- Ολυμπίου, Χ. 1994. Στοιχεία γενικής λαχανοκομίας, Σημειώσεις ΤΕΙ Μεσολογγίου, Αθήνα, σελ.54-65.
- Τσαπικούνης, Φ. 1997. Θρέψη – Λίπανση των φυτών, Β' μέρος. Εκδόσεις Α. Σταμούλης Αθήνα, σελ.57-91,95-115,117-143,147-177.
- Τσίτσια, Κ.1996. Εδαφολογία. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα 1996. Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων. σελ.104, 107, 122, 124, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 137, 145-148.
- Τσίτσια Κ.,1995. Φυλλοδιαγνωστική. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα. Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων. σελ. 83, 87, 88, 97, 115, 118.
- Τσίτσια Κ.,1997. Λιπασματολογία. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα. Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων. σελ. 64-71.
- Bergman, Werner. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag Jena New York. pp. 126, 141, 153, 171, 172, 190, 209, 237, 320-323.
- Howard B., 1994. Hunger sings in crops. Third edition David McKAY Company New York, pp. 245-272.
- Περιοδικό:
  - Γεωργία Κτηνοτροφία, 2002, Αφιέρωμα: Κολοκυνθοειδή. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε. τεύχος 10/2002. σελ. 18-20, 40-50.

Internet:

<http://www.agmin.com.au/nutrient%20deficiencies%20overview.htm>

<http://www.hydromall.com>