

253. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ – ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

Διατροφικοί Παράγοντες
Οι διαταραχές που προκύπτουν από την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων



ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- **Απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία**

Μακροστοιχεία: C, H, O, N, K, P, Ca, S, Mg

Μικροστοιχεία: Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni

- **Επωφελή στοιχεία**

Na, V, Se, Ce, Co, Si, J

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Αφομοιώσιμες μορφές και φυσιολογικοί ρόλοι των θρεπτικών στοιχείων

Θρεπτικό στοιχείο	Αφομοιώσιμη μορφή	Φυσιολογικοί ρόλοι
Ομάδα 1		
C, H, O, N, S	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , H ₂ O, O ₂ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ , SO ₄ ²⁻ , SO ₂	Συστατικά των οργανικών μορίων. Ουσιαστικά χημικά στοιχεία των ενζυμικών αντιδράσεων. Αφομοίωση μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Αφομοιώσιμες μορφές και φυσιολογικοί ρόλοι των θρεπτικών στοιχείων

Θρεπτικό στοιχείο	Αφομοιώσιμη μορφή	Φυσιολογικοί ρόλοι
Ομάδα 2		
P, B, Si	φωσφορικά ανιόντα, βορικό οξύ ή βορικό ανιόν, πυριτικό οξύ	Συστατικά κυτταρικών δομών. Εστεροποίηση με ομάδες υδροξυλίου. Φωσφορικοί εστέρες που εμπλέκονται στον ενεργειακό μεταβολισμό.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Αφομοιώσιμες μορφές και φυσιολογικοί ρόλοι των θρεπτικών στοιχείων

Θρεπτικό στοιχείο	Αφομοιώσιμη μορφή	Φυσιολογικοί ρόλοι
Ομάδα 3		
K, Na, Ca, Mg, Mn, Cl	ως ιόντα από το εδαφικό διάλυμα	Ρύθμιση του οσμωτικού δυναμικού. Ενεργοποίηση ενζύμων. Σύνδεση συστατικών που συμμετέχουν σε αντιδράσεις. Ρύθμιση της ιοντικής ομοιόστασης. Έλεγχος της περατότητας της πλασματικής μεμβράνης και του ηλεκτροχημικού δυναμικού.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Αφομοιώσιμες μορφές και φυσιολογικοί ρόλοι των θρεπτικών στοιχείων

Θρεπτικό στοιχείο	Αφομοιώσιμη μορφή	Φυσιολογικοί ρόλοι
Ομάδα 4		
Fe, Cu, Zn, Mo	ως ιόντα ή χηλικά σύμπλοκα από το εδαφικό διάλυμα	Προσθετικές ομάδες ενζύμων. Μεταφορά ηλεκτρονίων μέσω αλλαγής σθένους

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Μέση συμμετοχή των θρεπτικών στοιχείων στην ξηρή βιομάζα για ικανοποιητική ανάπτυξη

θρεπτικό στοιχείο	mg kg ⁻¹	θρεπτικό στοιχείο	mg kg ⁻¹
Mo	0.1	Ca	5000
Ni	0.1	K	10000
Cu	6	N	15000
Zn	20		
B	20		
Mn	50		
Fe	100		
Cl	100		
S	1000		
P	2000		
Mg	2000		

ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- **Και οι τρεις συνιστώσες επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων:**

Στερεή φάση

Υγρή φάση

Αέρια φάση

ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Η στερεή φάση είναι η κύρια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων:

Μητρικά ορυκτά

Στερεά συστατικά λεπτής υφής

Άμμος

Πηλός

Άργιλος

Κολλοειδή της αργίλου

Οργανική ουσία

Κολλοειδή και χουμικά οξέα

Διαλυμένα άλατα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων:

Μηχανικά χαρακτηριστικά

Κοκκομετρική σύσταση

Πορώδες

Χημικά χαρακτηριστικά

Τιμή pH

Βιοτικές παράμετροι

Σύσταση και δραστηριότητα μικροχλωρίδας

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Χαρακτηριστικά του εδάφους που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων:

Κλιματολογικά χαρακτηριστικά

Θερμοκρασία

Εδαφική υγρασία

Σύσταση της αέριας φάσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

•Ο ρόλος του pH του εδάφους στη διαθεσιμότητα:

Το pH του εδάφους επηρεάζεται από:

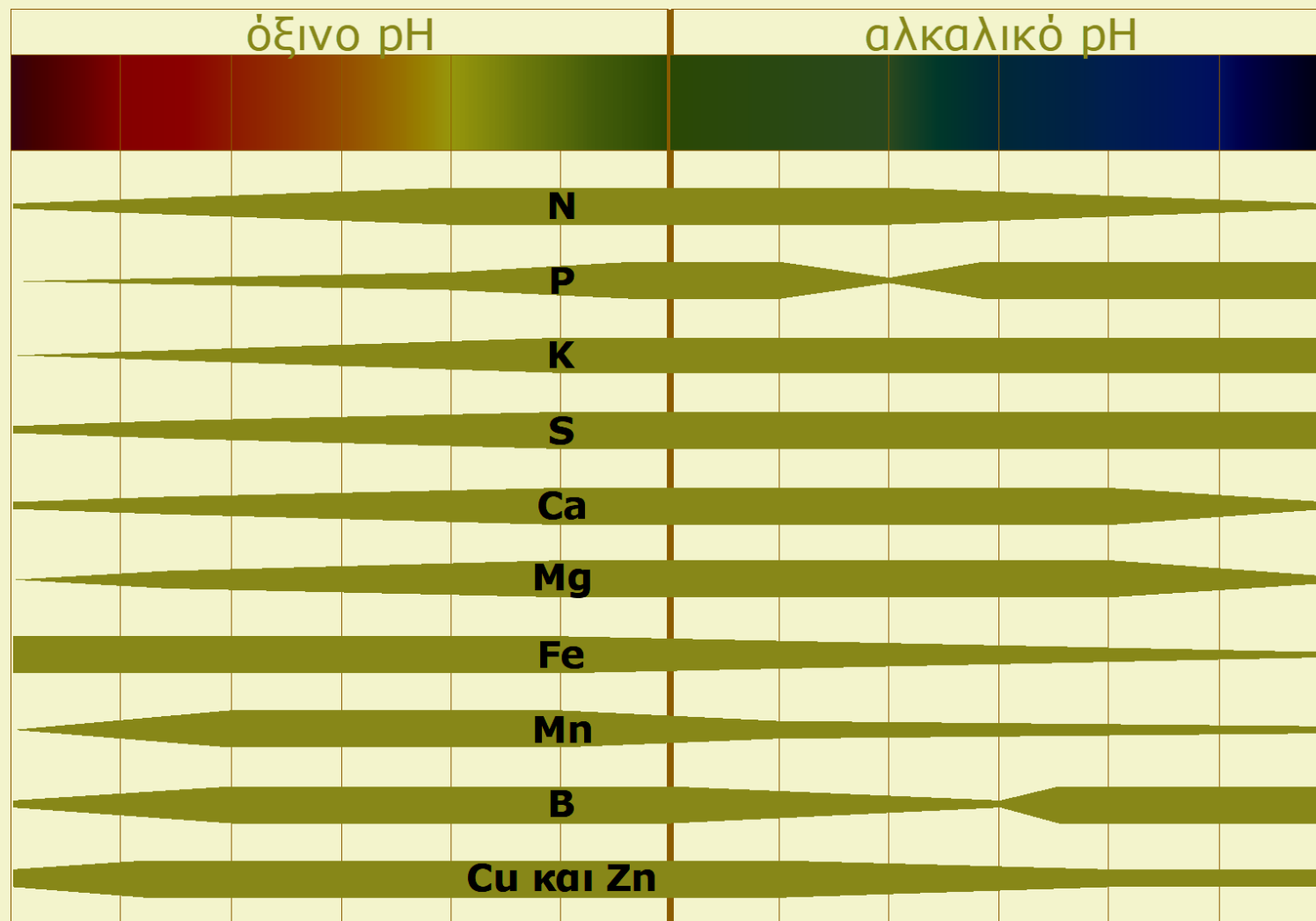
Τη συγκέντρωση κατιόντων αλκαλικών γαιών
(Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+})

Τη βροχόπτωση

Τη λίπανση

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Ο ρόλος του pH του εδάφους στη διαθεσιμότητα:



ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

•Ο ρόλος της εδαφικής υγρασίας στη διαθεσιμότητα:

Υπό συνθήκες περιορισμένης εδαφικής υγρασίας μειώνεται η γονιμότητα :

Περιορισμός απορρόφησης νερού

Αύξηση αλατότητας

Τοξικές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων

Υπό συνθήκες υπερβολικής εδαφικής υγρασίας μειώνεται η γονιμότητα:

Υποξία, ανοξία

Αλλοίωση της μικροχλωρίδας

Απώλεια θρεπτικών στοιχείων λόγω έκπλυσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

•Αργιλώδη και αμμώδη εδάφη:

Τα αργιλώδη εδάφη παρουσιάζουν υψηλότερη γονιμότητα λόγω:

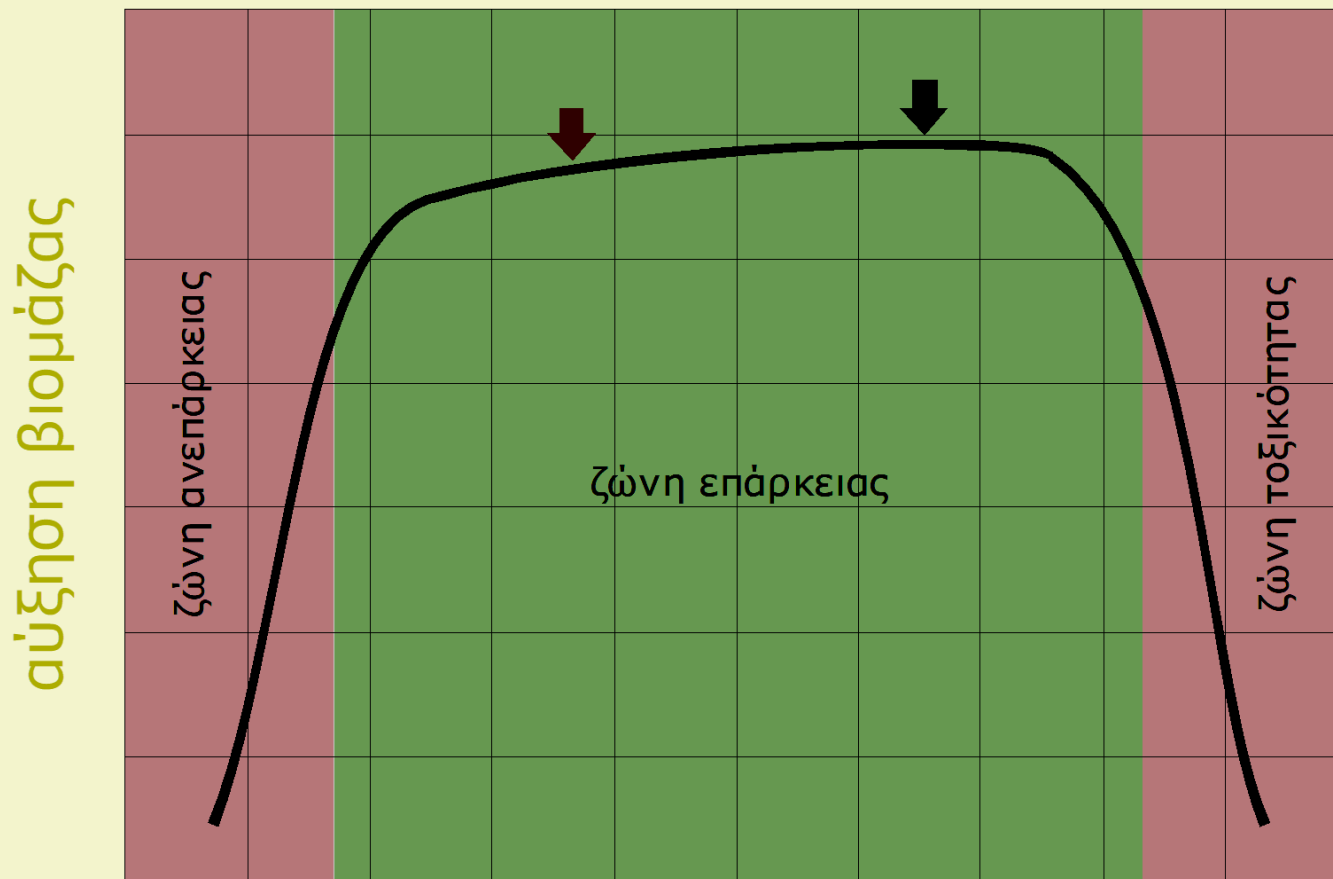
Υψηλότερης περιεχόμενης υγρασίας

Υψηλότερου βαθμού συγκράτησης κατιόντων

Ωστόσο τα αργιλώδη εδάφη εμφανίζουν μεγάλες απώλειες θρεπτικών στοιχείων υπό μορφή ανιόντων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Οι ανάγκες των φυτών ποσοτικοποιούνται:



παρεχόμενη ποσότητα θρεπτικού στοιχείου

ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

•Χαρακτηριστικά των μηχανισμών πρόσληψης:

Συσώρευση

Τα φυτά απορροφούν κατά τρόπο ώστε οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο εσωτερικό των κυττάρων να είναι πολλαπλάσιες αυτών στο εδαφικό διάλυμα

Εκλεκτικότητα

Τα φυτά απορροφούν μόνο (ή κατά μεγαλύτερο ποσοστό) τα στοιχεία που επιθυμούν ανεξαρτήτως της παρουσίας και άλλων αδιάφορων ή και ανεπιθύμητων στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα

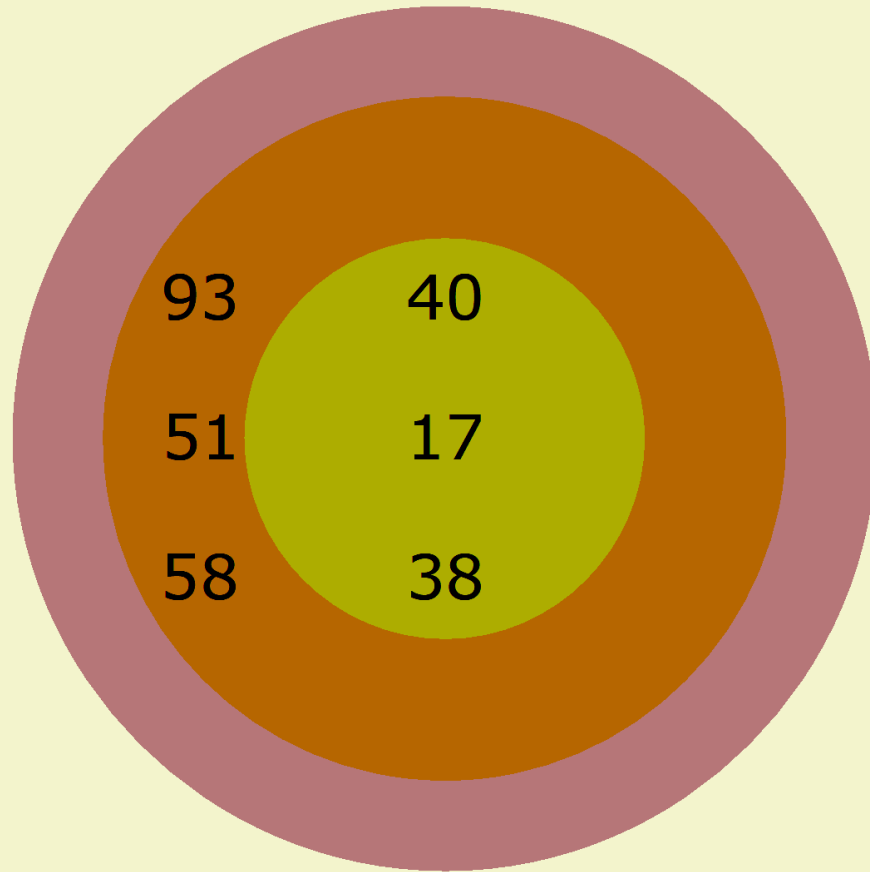
ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

•Συσσωρευση:

[K⁺] 0,1

[Na⁺] 1,0

[Cl⁻] 1,3



ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

•Εκλεκτικότητα:

$$E = -110 \mu V$$

θεωρητική τιμή

πειραματική τιμή

74	[K ⁺]	75
74	[Na ⁺]	8
10800	[Ca ⁺⁺]	2
0,014	[Cl ⁻]	7
0,027	[NO ₃ ⁻]	28

σε mM, στο διάλυμα: (1mM)
KCl, Ca(NO₃)₂, NaH₂PO₄

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Συγκέντρωση στο θρεπτικό διάλυμα (mM)		Συγκέντρωση Cl (μmol g ⁻¹ v.β.)	
Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Ρίζες	Βλαστοί
1	0	52	93
1	0.2	26	73
1	1.0	13	54
1	5.0	9	46

Συγκεντρώσεις χλωρίου σε ρίζες και βλαστούς φυτών κριθαριού υπό διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα

ΣΥΝΕΡΓΙΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

	Κατιόντα				Ανιόντα					
Μορφή παροχής αζώτου	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σύνολο	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Οργανικά οξέα	Σύνολο
NO ₃ ⁻	99	85	28	212	44	18	11	2	137	212
NH ₄ ⁺	55	43	22	120	0	23	33	5	59	120

Ισορροπία πρόσληψης ιόντων σε βλαστούς ρετινολαδιάς υπό διαφορετικές μορφές παροχής αζώτου

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ

- **Τι ονομάζουμε τροφοπενία;**

Κάθε **νοσηρή κατάσταση** που οφείλεται στην ανεπαρκή πρόσληψη, λόγω έλλειψης ή μη διαθεσιμότητας, των απαραίτητων ποσοτήτων κάθε ενός απαραίτητου θρεπτικού στοιχείου από τα φυτά κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου

ΑΙΤΙΑ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Που οφείλονται οι τροφοπενίες;

Στη έλλειψη στο έδαφος των απαραίτητων ποσοτήτων ενός θρεπτικού στοιχείου

Στην ακατάλληλη για τις ανάγκες του φυτού χημική μορφή ενός θρεπτικού στοιχείου

- Συχνά, παρόλο που το θρεπτικό στοιχείο βρίσκεται στο έδαφος, δεν είναι διαθέσιμο για τα φυτά λόγω ακραίων τιμών pH, έλλειψης οξυγόνου, έλλειψης νερού

Στην μη ισορροπημένη χημική σύσταση του εδάφους

- Συχνά μια τροφοπενία είναι το αποτέλεσμα τοξικότητας ενός άλλου χημικού στοιχείου
- Σημαντική επίδραση στη διαθεσιμότητα των στοιχείων παίζει η αλατότητα του εδάφους

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

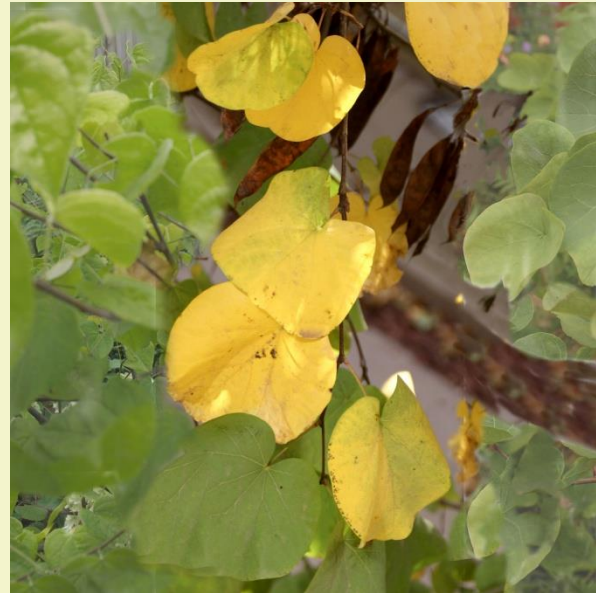
• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 1) Χλώρωση φύλλων
 - a) καθολική
 - b) μεσονεύρια
- 2) Νέκρωση φύλλων ή τμημάτων του ελάσματος
 - a) κορυφαία ή πλευρική νέκρωση
 - b) μεσονεύρια
- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία
- 4) Μεταχρωματισμοί
 - a) συσσώρευση ανθοκυανινών
 - b) συσσώρευση άλλων χρωστικών (μπρούτζινης ή μελανής απόχρωσης)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 1) Χλώρωση φύλλων
 - a) καθολική
 - b) μεσονεύρια



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

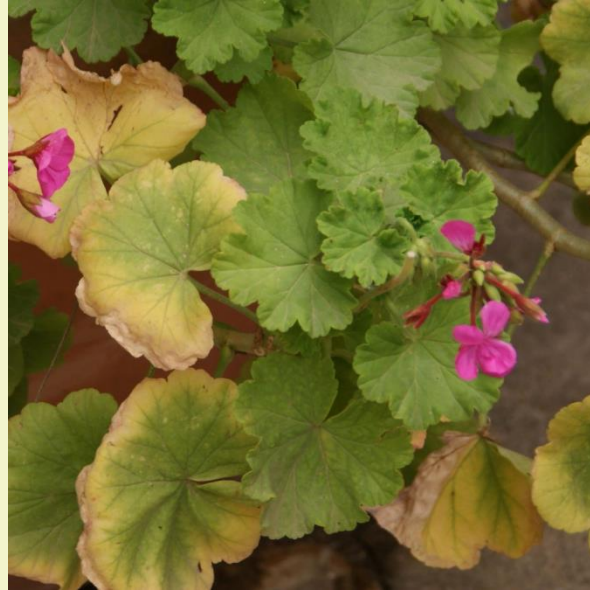
- 1) Χλώρωση φύλλων
 - a) καθολική
 - b) μεσονεύρια



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 2) Νέκρωση φύλλων ή τμημάτων του ελάσματος
 - a) κορυφαία ή πλευρική νέκρωση
 - b) μεσονεύρια



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 2) Νέκρωση φύλλων ή τμημάτων του ελάσματος
 - a) κορυφαία ή πλευρική νέκρωση
 - b) μεσονεύρια



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

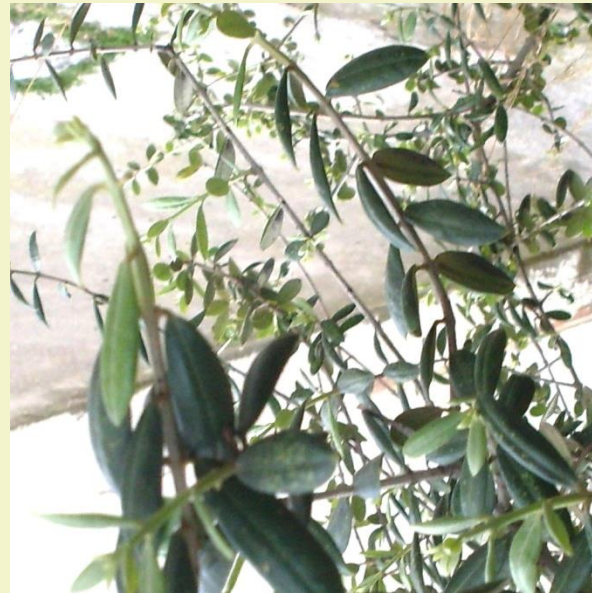
- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 3) Ανωμαλίες στην ανάπτυξη
 - a) επιβράδυνση ή παύση ανάπτυξης
 - b) ακανόνιστη ή ιδιαίτερη ανάπτυξη φύλλων ή βλαστών
 - c) νέκρωση ακραίου ή/και πλάγιων οφθαλμών
 - d) όψη ροζέτας
 - e) νανισμός, μικροφυλλία, μικροκαρπία



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

- 4) Μεταχρωματισμοί
 - a) συσσώρευση ανθοκυανινών
 - b) συσσώρευση άλλων χρωστικών (μπρούτζινης ή μελανής απόχρωσης)



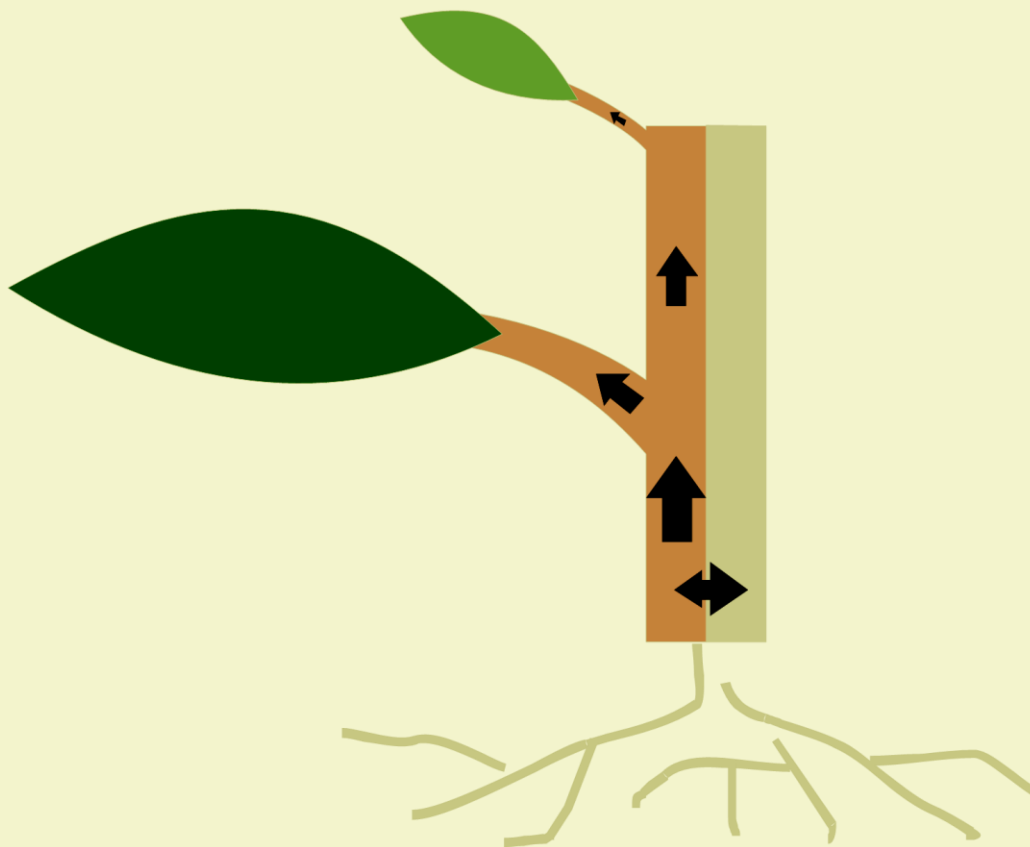
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

• Συμπτώματα – επιπτώσεις των τροφοπενιών:

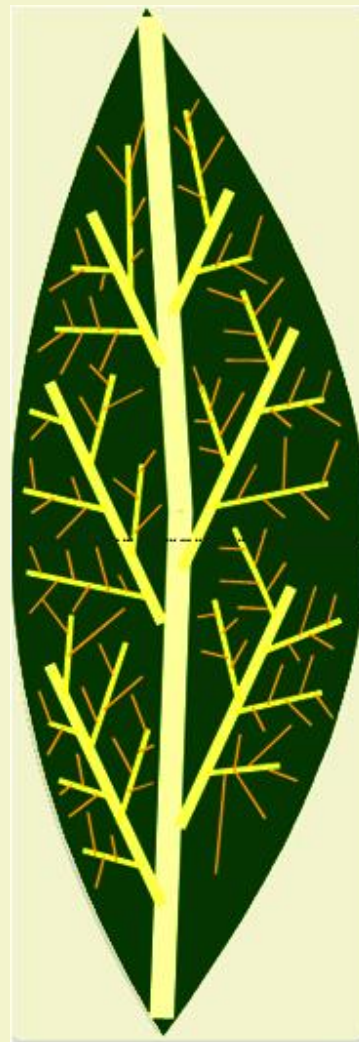
- 4) Μεταχρωματισμοί
 - a) συσσώρευση ανθοκυανινών
 - b) συσσώρευση άλλων χρωστικών (μπρούτζινης ή μελανής απόχρωσης)



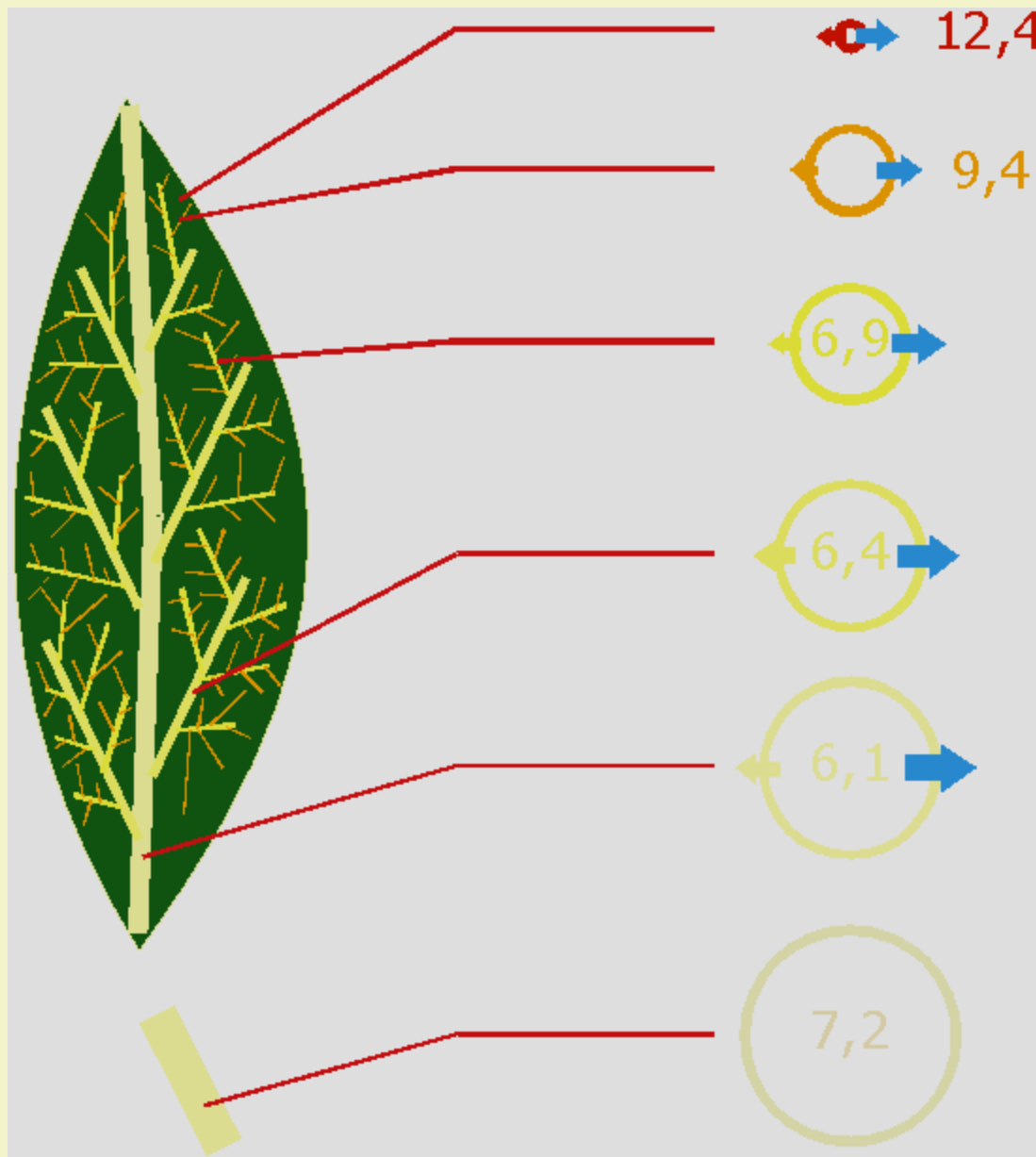
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ



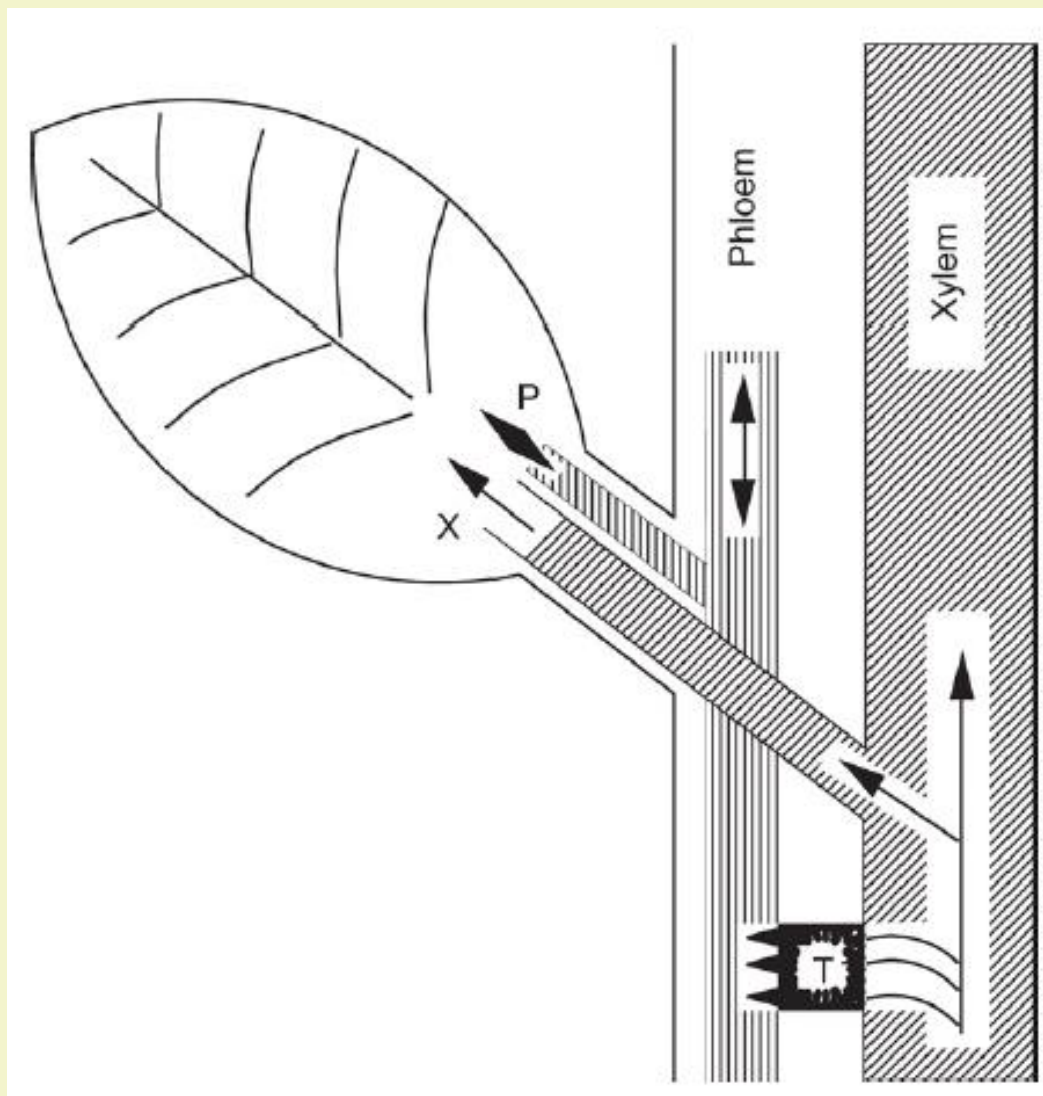
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ



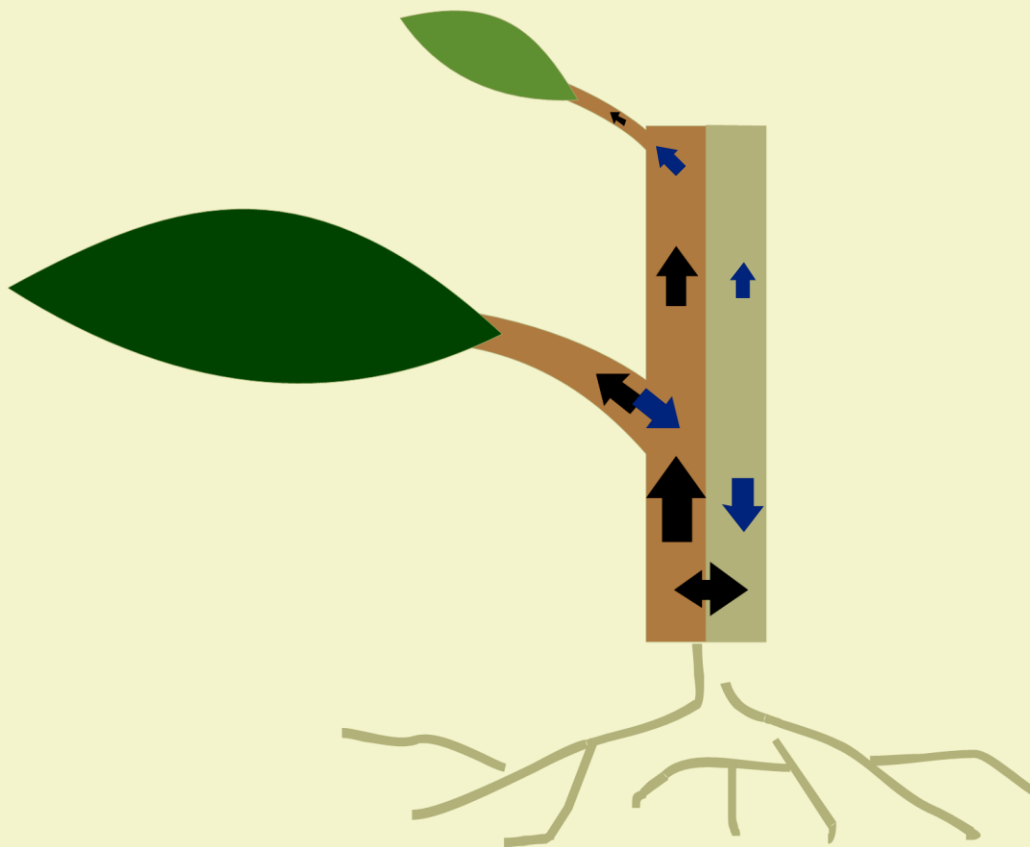
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ



ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- **Ο μηχανισμός κίνησης των στοιχείων μέσω του ηθμού:**

Τα θρεπτικά στοιχεία μπορούν να κινηθούν **αντίθετα** προς τη φορά κίνησης του ανιόντος χυμού και συνεπώς μπορούν να αναδιανεμηθούν σε σημεία όπου η διαπνοή είναι περιορισμένη

Η διακίνηση μέσω του ηθμού καθορίζεται όχι από τη ροή του διαπνευστικού ρεύματος αλλά κυρίως από τη **ροή των φωτοσυνθετικών προϊόντων** από τα σημεία παραγωγής προς τα σημεία κατανάλωσης

ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- **Ο μηχανισμός κίνησης των στοιχείων μέσω του ηθμού:**

Τα θρεπτικά στοιχεία (ανα)διανέμονται προς τα σημεία **υψηλής κατανάλωσης** τα οποία, συχνά, δεν χαρακτηρίζονται από έντονη διαπνευστική δραστηριότητα αλλά εντούτοις έχουν **μεγάλη ανάγκη από θρεπτικά στοιχεία**

ΕΥΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΙΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Ο μηχανισμός κίνησης των στοιχείων μέσω του ηθμού:

υψηλή κινητικότητα	μέτρια κινητικότητα	χαμηλή κινητικότητα
K	Fe	Ca
Mg	Zn	Mn
B	B	B
P	Cu	
S	S	
N	Mo	
Cl		

ΕΥΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΙΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Ο μηχανισμός κίνησης των στοιχείων μέσω του ηθμού:

Ημέρες μετά την έκπτυξη	N (nmol φύλλο ⁻¹)		
	ξύλο	ηθμός	σύνολο
1-12	+2,7	+1,4	+4,10
13-20	+2,5	-1,1	+1,36
21-40	+2,8	-3,7	-0,87
41-60	+1,4	-4,0	-2,63

Εισροή (+) και εκροή (-) αζώτου κατά την διάρκεια ζωής των φύλλων της ρετσινολαδιάς υπό θρέψη με νιτρικά

ΕΥΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΙΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Ο μηχανισμός κίνησης των στοιχείων μέσω του ηθμού:

	κορυφαίο μερίστωμα			νεαρά φύλλα		
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
	(μmol φυτό ⁻¹ (9 ημέρες) ⁻¹)					
ξύλο	3,9	8,0	4,2	20,6	5,2	2,4
ηθμός	20,4	2,0	0,03	19,3	2,0	0,03

Εισροή καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου μέσω του ξύλου και του ηθμού στο κορυφαίο μερίστωμα και τα νεαρά φύλλα της ρετινολαδιάς

ΕΥΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΙΝΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

	συγκέντρωση στους καρπούς ($\mu\text{mol g}^{-1}$ ξ.β.)	
	Ca	K
συγκέντρωση Ca στη ρίζα (mM)		
0,5	26,9	1315
5,0	33,2	1228
σχετική υγρασία στο περιβάλλον των καρπών (%)		
90	32,7	1892
40	55,4	1918
ρυθμός αύξησης καρπών ($\text{mg ξ.β. ημέρα}^{-1}$)		
20	28,2	1772
30	20,7	1846
39	17,2	1813

Συγκέντρωση Ca και K σε καρπούς κόκκινης πιπεριάς υπό διαφορετική συγκέντρωση Ca, υπό διαφορετική σχετική υγρασία και υπό διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης των καρπών

ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ – ΒΙΟΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

A) Σε επίπεδο κόμης



φύλλα όμοιας ηλικίας και θέσης στην κόμη επηρεάζονται όμοια

διατροφική
καταπόνηση



τα φύλλα εμφανίζουν σποραδικά συμπτώματα ανεξαρτήτως θέσης και ηλικίας

βιοτική
καταπόνηση

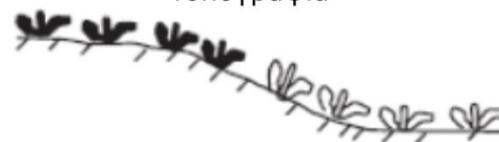
B) Σε επίπεδο φυτείας



ομοιόμορφη χλώρωση



χλώρωση εξαρτώμενη από την τοπογραφία



χλώρωση εξαρτώμενη από την κλίση του αγρού



τα χλωρωτικά φυτά εμφανίζονται σε ακανόνιστες θέσεις

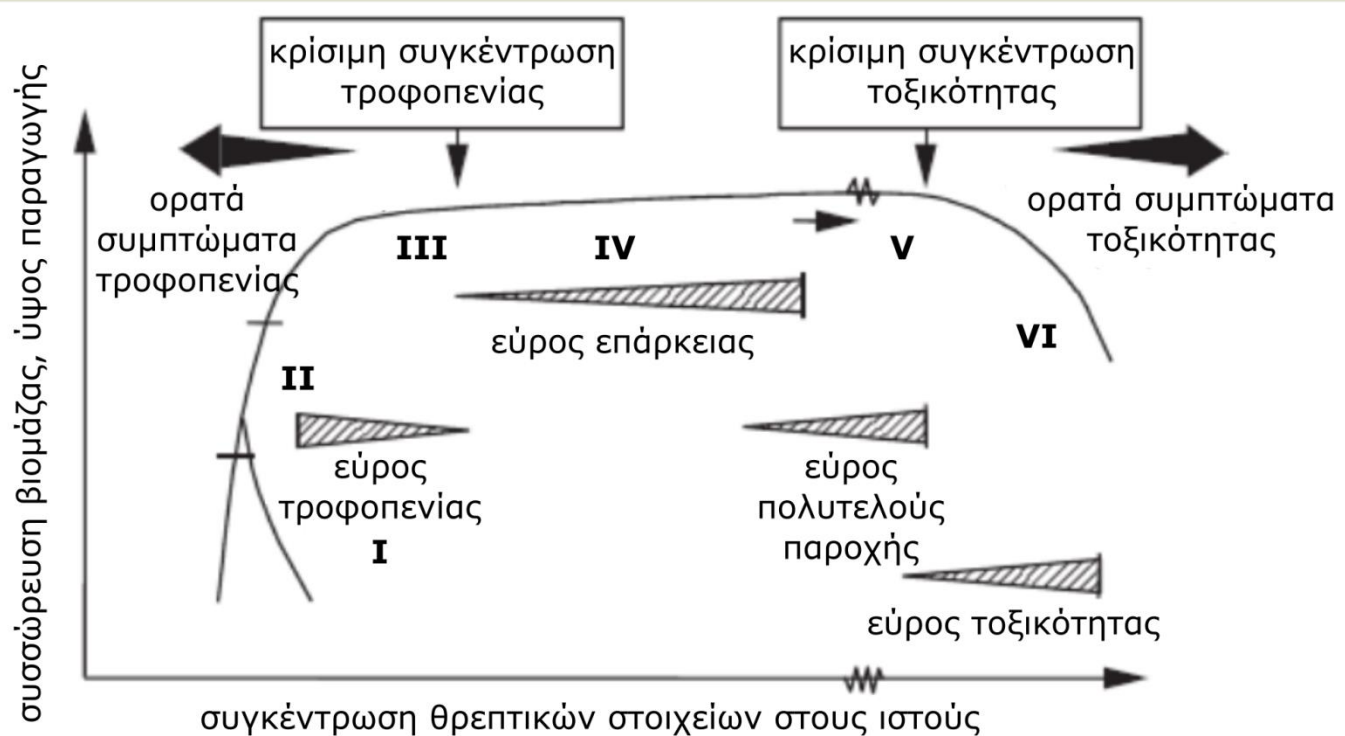


τα χλωρωτικά φυτά εμφανίζονται σε ακανόνιστες θέσεις

διατροφική
καταπόνηση

βιοτική
καταπόνηση

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ



	I	II	III	IV	V	VI
	τροφοπενιακά	χαμηλά	επαρκή	υψηλά	τοξικά	
P (g kg⁻¹)	<1.6	1.6-2.5	2.6-5.0	5.1-8.0	>8.0	
N (g kg⁻¹)	<12.6	12.6-17.0	17.1-25.0	25.1-27.5	>27.5	
Mn (mg kg⁻¹)	<15	15-20	21-100	101-250	>250	

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

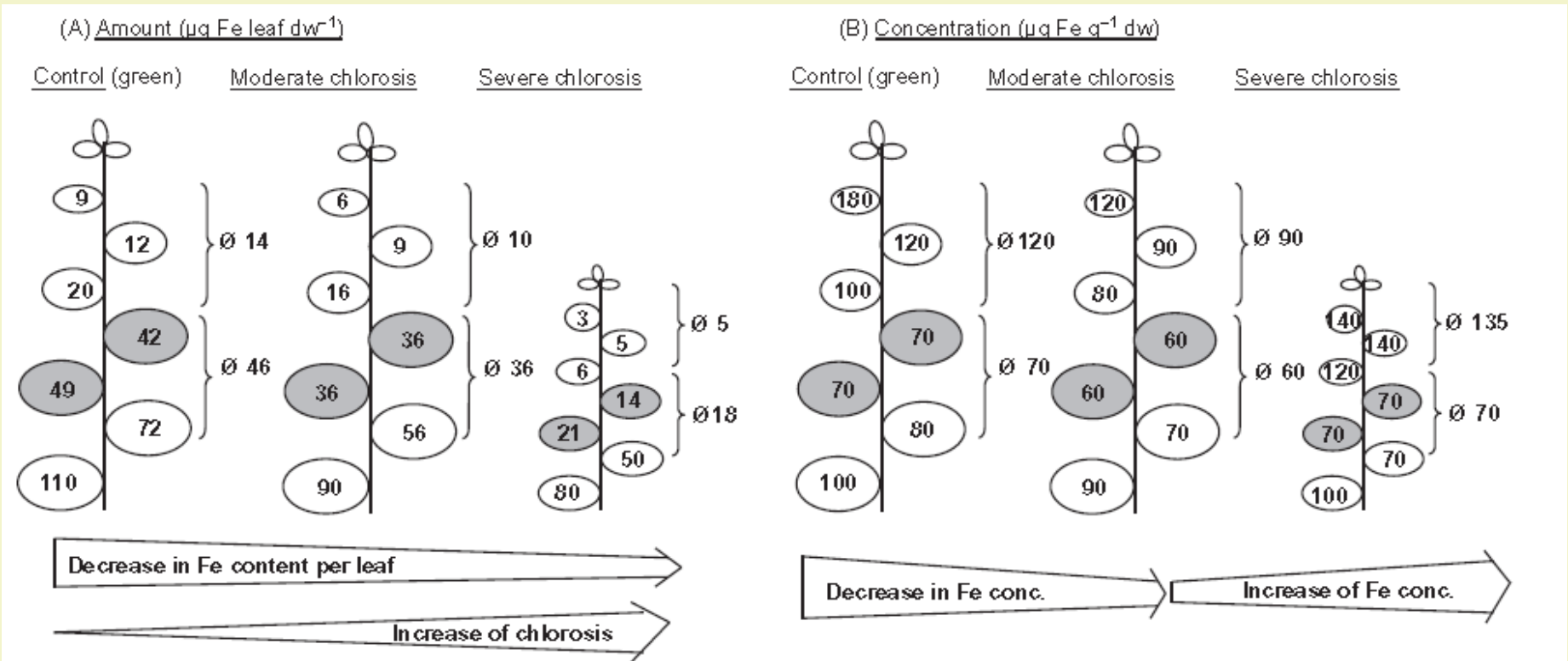


FIGURE 11.6 Schematic presentation of the amount ($\mu\text{g leaf}^{-1}$) and concentration ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ dw}$) of Fe in leaves of grapevine with different extent of chlorosis in relation with leaf expansion growth. Based on Römheld (2000).

Εξάρτηση της εμφάνισης χλώρωσης λόγω τροφοπενίας Fe των νεαρών φύλλων από το ρυθμό έκπτυξης λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

TABLE 11.2 Critical deficiency concentration for Cu for maximum yield in subterranean clover whole plants or youngest open leaf blade at different plant ages

	Critical deficiency concentration (mg kg^{-1} dw)				
	Age of plants (d after sowing)				
	26	40	55	98	Early flowering
Whole plant tops	3.9	3.0	2.5	1.6	1.0
Youngest open leaf blade	3.2	3	3	3	3

Based on Reuter *et al.* (1981).

Κρίσιμη συγκέντρωση Cu στη βιομάζας στα νέα φύλλα για την επίτευξη μέγιστης απόδοσης ανάλογα με την ηλικία της καλλιέργειας υπόγειου τριφυλλιού

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

TABLE 11.3 Critical deficiency and adequate concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ in press sap of leaf sheath from basal stem at different developmental stages of maize and estimated amounts of $\text{NO}_3\text{-N}$ stored in the above-ground biomass

Developmental stage	Concentration range ($\text{mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$)		Estimated stored ($\text{kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$)	
	Critical deficiency	Adequate	Critical deficiency	Adequate
4–5 leaf stage	800	1,400	3.6	6.3
Onset of shooting	375	700	6.2	11.6
Shooting	250	550	7.0	15.3
Heading	250	550	10.6	23.3

Based on Geyer and Marschner (1990) and Geyer, unpublished.

Κρίσιμη και επαρκής συγκέντρωση στο χυμό του κολεού φύλλων βάσης και εκτιμώμενη συσσώρευση νιτρικών στη βιομάζα σε διάφορα στάδια ανάπτυξης του αραβοσίτου

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

TABLE 11.5 Nutrient concentrations in the adequate range of some annual and perennial species

	Concentrations									
	(g kg ⁻¹ dw)					(mg kg ⁻¹ dw)				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mo	Mn	Zn	Cu
Spring wheat (whole shoot, booting stage)	30-45	3.0-5	29-38	4-10	1.5-3	5-10	0.1-0.3	30-100	20-70	5-10
Ryegrass (whole shoot)	30-42	3.5-5	25-35	6-12	2-5	6-12	0.15-0.5	40-100	20-50	6-12
Sugar beet (mature leaf)	40-60	3.5-6	35-60	7-20	3-7	40-100	0.25-1.0	35-100	20-80	7-15
Cotton (mature leaf)	36-47	3-5	17-35	6-15	3.5-8	20-80	0.6-2.0	35-100	25-80	8-20
Tomato (mature leaf)	40-55	4-6.5	30-60	3-4	3.5-8	40-80	0.3-1.0	40-100	30-80	6-12
Alfalfa (upper shoot)	35-50	3-6	25-38	1-2.5	3-8	35-80	0.5-2.0	30-100	25-70	6-15
Apple (mature leaf)	22-28	1.8-3	11-15	13-22	2-3.5	30-50	0.1-0.3	35-100	20-50	5-12
Orange (<i>Citrus</i> spp.) (mature leaf)	24-35	1.5-3	12-20	30-70	2.5-7	30-70	0.2-0.5	25-125	25-60	6-15
Norway spruce (1-2-year-old needles)	14-17	1.3-2.5	5-12	3.5-8	1-2.5	15-50	0.04-0.2	50-500	15-60	4-10
Oak, Beech (mature leaves)	19-30	1.5-3	10-15	3-5	1.5-3	15-40	0.05-0.2	35-100	15-50	6-12

Based on Bergmann (1992).

Όρια συγκεντρώσεων επάρκειας θρεπτικών στοιχείων για ορισμένες ετήσιες ή πολυετείς καλλιέργειες

ΟΡΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

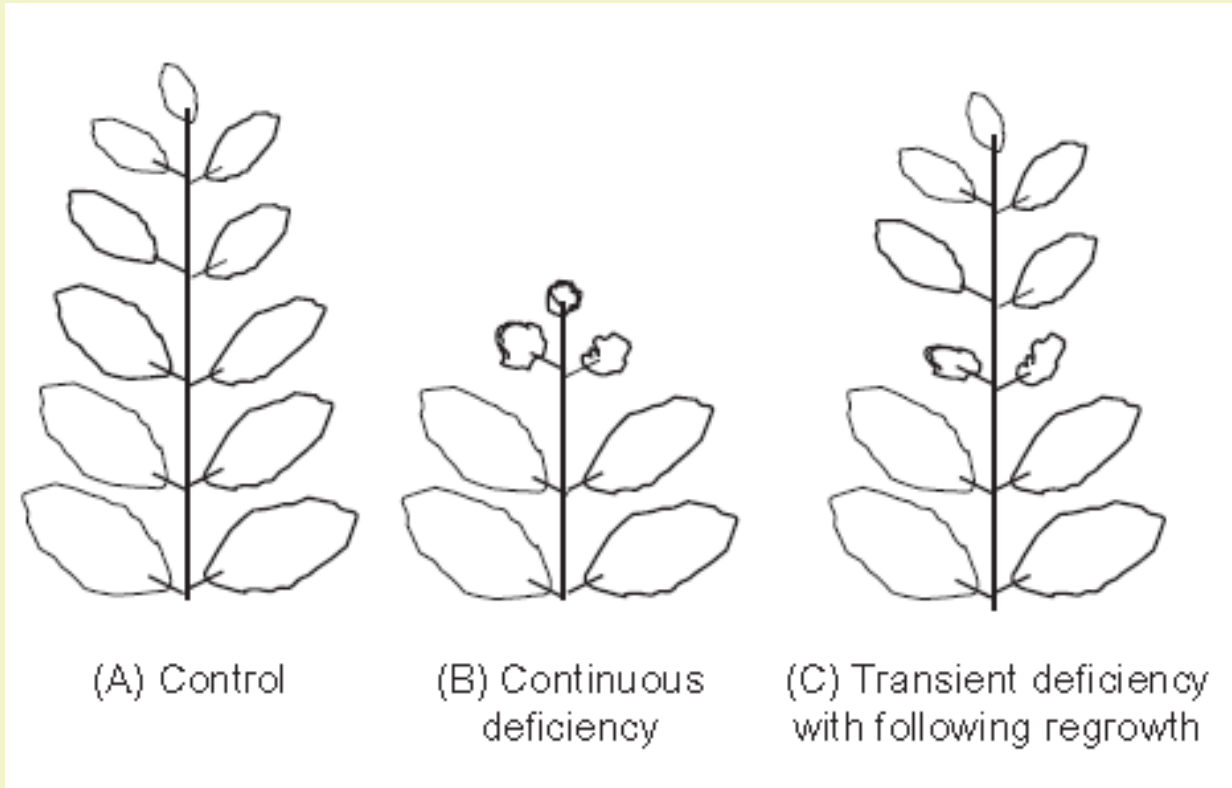
TABLE 11.5 Nutrient concentrations in the adequate range of some annual and perennial species

	Concentrations									
	(g kg ⁻¹ dw)					(mg kg ⁻¹ dw)				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Mo	Mn	Zn	Cu
Spring wheat (whole shoot, booting stage)	30-45	3.0-5	29-38	4-10	1.5-3	5-10	0.1-0.3	30-100	20-70	5-10
Ryegrass (whole shoot)	30-42	3.5-5	25-35	6-12	2-5	6-12	0.15-0.5	40-100	20-50	6-12
Sugar beet (mature leaf)	40-60	3.5-6	35-60	7-20	3-7	40-100	0.25-1.0	35-100	20-80	7-15
Cotton (mature leaf)	36-47	3-5	17-35	6-15	3.5-8	20-80	0.6-2.0	35-100	25-80	8-20
Tomato (mature leaf)	40-55	4-6.5	30-60	3-4	3.5-8	40-80	0.3-1.0	40-100	30-80	6-12
Alfalfa (upper shoot)	35-50	3-6	25-38	1-2.5	3-8	35-80	0.5-2.0	30-100	25-70	6-15
Apple (mature leaf)	22-28	1.8-3	11-15	13-22	2-3.5	30-50	0.1-0.3	35-100	20-50	5-12
Orange (<i>Citrus</i> spp.) (mature leaf)	24-35	1.5-3	12-20	30-70	2.5-7	30-70	0.2-0.5	25-125	25-60	6-15
Norway spruce (1-2-year-old needles)	14-17	1.3-2.5	5-12	3.5-8	1-2.5	15-50	0.04-0.2	50-500	15-60	4-10
Oak, Beech (mature leaves)	19-30	1.5-3	10-15	3-5	1.5-3	15-40	0.05-0.2	35-100	15-50	6-12

Based on Bergmann (1992).

Όρια συγκεντρώσεων επάρκειας θρεπτικών στοιχείων για ορισμένες ετήσιες ή πολυετείς καλλιέργειες

ΠΡΟΤΥΠΑ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑΣ



Η εναλλαγή μεταξύ υγιών και μη φύλλων στη χρονική διαδοχή της έκπτυξής τους σχετίζεται με συνεχείς ή διακοπτόμενες τροφοπενίες

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

N

Αφομοιώσιμες μορφές:

NO_3^- , NH_4^+ , ουρία, αμινοξέα

Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό των πρωτεϊνών

Συστατικό των νουκλεϊκών οξέων

Συστατικό της χλωροφύλλης

Συστατικό συνενζύμων, ορμονών και αλκαλοειδών

Συμπτώματα τροφопενίας:

Χλώρωση των ώριμων φύλλων

Μείωση φυλλικής επιφάνειας

Μείωση ανάπτυξης φυτών

Μείωση αριθμού σπερμάτων ανά ταξικαρπία

Μείωση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Στην **πρώτη φάση** της τροφοπενίας **μειώνεται ο ρυθμός έκπτυξης** του ελάσματος χωρίς να επηρεάζεται η φωτοσύνθεση.

Αυξάνεται η επανεκκίνηση του στοιχείου και η απορρόφησή του από το έδαφος.

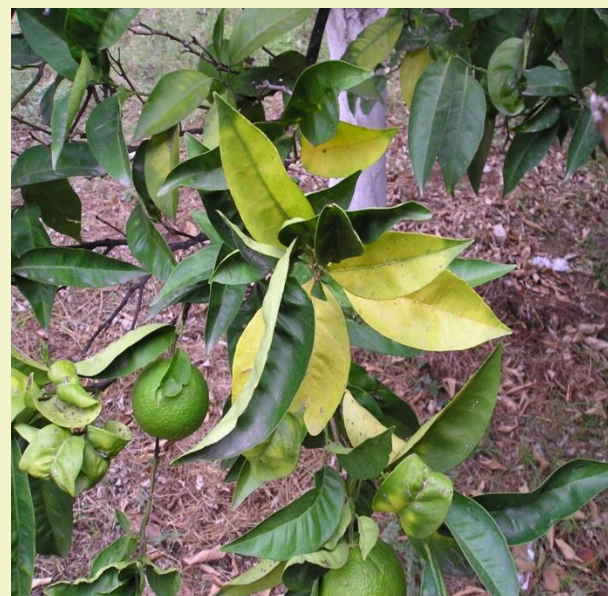
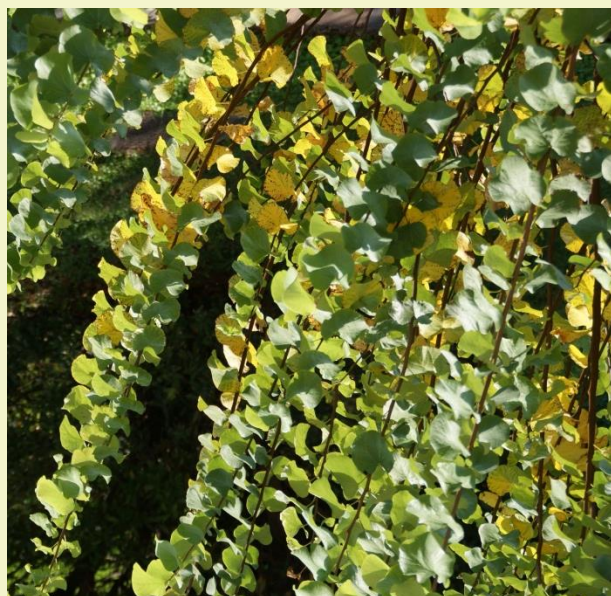
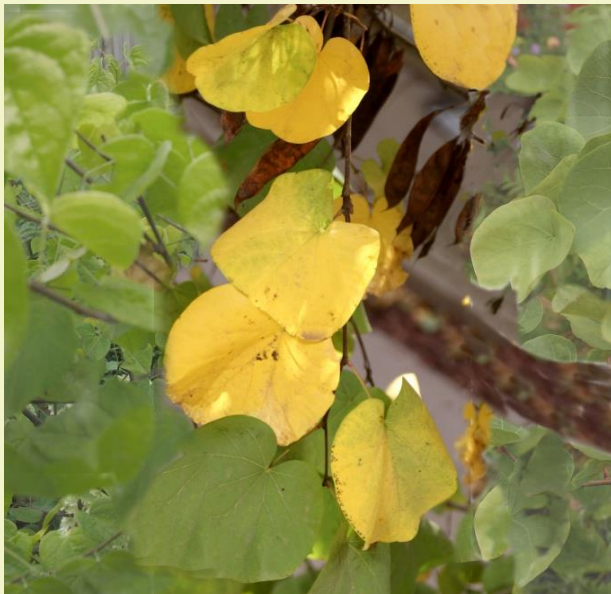
Στη **δεύτερη φάση** της τροφοπενίας αποδομούνται τα νουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες και η χλωροφύλλη των ώριμων φύλλων ώστε να τροφοδοτηθεί η επανεκκίνηση.

Το παραπάνω προκαλεί **χλώρωση** και κατόπιν **πρόωρη γήρανση** των **ώριμων φύλλων**.

Η αποδόμηση των συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής μειώνει τη φωτοσυνθετική ταχύτητα και συνεπώς περαιτέρω το ρυθμό ανάπτυξης του φυτού.

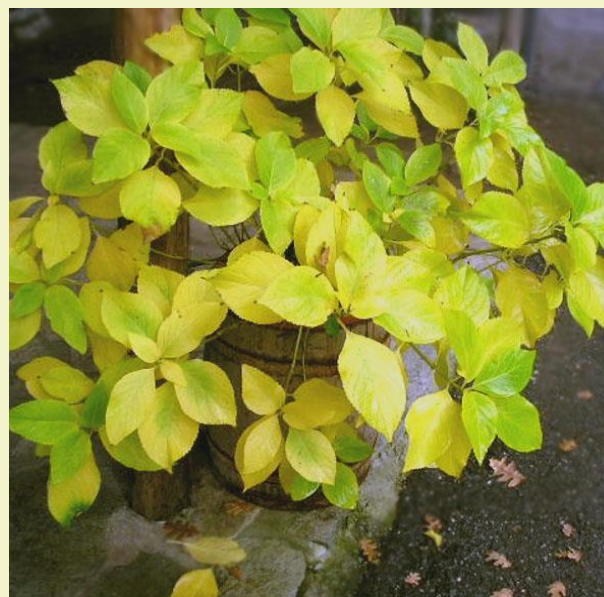
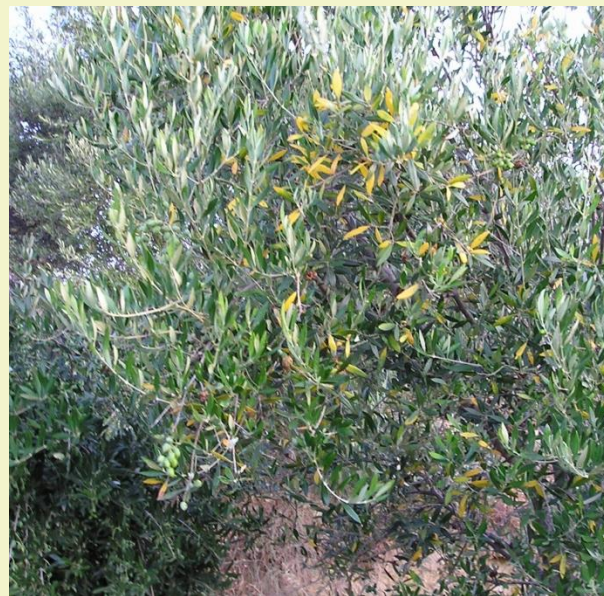
ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

N



ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

N



Αφομοιώσιμες μορφές:

K^+

Φυσιολογικοί ρόλοι:

Εξαιρετικά ευκίνητο: συμβάλλει στην οσμωτική και ηλεκτροχημική ισορροπία των φυτικών κυττάρων

Βασικό ιόν του μηχανισμού στοματικών κινήσεων και ναστιών (ηλιοτροπικές κινήσεις, κ.λπ.)

Βασικό ιόν του μηχανισμού μεταφοράς μέσω του ηθμού

Βελτιστοποίηση της σφαίρας ενυδάτωσης των πρωτεϊνών

Ρύθμιση της καταλυτικής δράσης ενζύμων

Ρύθμιση του μηχανισμού μεταγραφής-μετάφρασης

Συνοδό ιόν κατά την ανάπτυξη χημειοσμωτικού δυναμικού πρωτονίων στους χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια

Συμπτώματα τροφопενίας:

Σημαντικός περιορισμός της κυτταρικής επιμήκυνσης

Μεσονεύριες χλωρώσεις που εξελίσσονται σε ξηράνσεις κυρίως επάκρια και περιφερειακά του ελάσματος στα **ώριμα φύλλα**

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **μειωμένη ανάπτυξη** οφείλεται στον περιορισμό της ρύθμισης της πίεσης σπαργής που είναι η κινητήρια δύναμη της κυτταρικής επιμήκυνσης.

Επίσης οφείλεται στον περιορισμό της φωτοσύνθεσης και της διανομής σακχάρων μέσω του ηθμού.

Οι χαρακτηριστικές **ξηράνσεις** οφείλονται 1) στην αφυδάτωση ως συνέπεια της δυσλειτουργίας των στομάτων και 2) στην αύξηση της παραγωγής ROS η οποία με τη σειρά της οφείλεται α) στον περιορισμό της φωτοσύνθεσης, β) στη διαταραχή της κυτταρικής οσμωτικής και ηλεκτροχημικής ομοιόστασης και γ) στη μείωση της καταλυτικής δράσης των κυτταρικών ενζύμων.

Τα συμπτώματα είναι **επάκρια** διότι η επανεκκίνηση του στοιχείου σε συνθήκες έλλειψης ξεκινά από την περιφέρεια του ελάσματος.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

K



ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ



www.treloarroses.com.au



<https://agdev.anr.udel.edu/weeklycropupdate/?p=3476>
R Taylor



<http://www.yarara.us/agriculture/crops/tomato/crop-nutrition/deficiencies/k/10449-potassium-deficiency---tomato/>



Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό των νουκλεϊκών οξέων

Συστατικό των φωσφορολιπιδίων των πλασματικών μεμβρανών

Συστατικό μορίων φορέων μεταβολικής ενέργειας όπως τα ATP, UTP, GTP μέσω πυροφωσφορικών δεσμών

Μέσω φωσφορικών εστέρων πραγματοποιούνται πολυάριθμες αντιδράσεις του μεταβολισμού

Η συγκέντρωση των ελεύθερων φωσφορικών ριζών αποτελεί παράγοντα ρύθμισης της κατανομής άνθρακα σε επίπεδο φυτού και σε επίπεδο κυττάρου



Συμπτώματα τροφοπενίας:

Σημαντικός περιορισμός της επιφάνειας και του αριθμού των φύλλων

Το έλασμα κυρίως των **ώριμων φύλλων** παραμένει πράσινο ή (λόγω περιορισμού της επιφάνειας) αποκτά σκοτεινή πράσινη απόχρωση

Παρατηρείται συσσώρευση ανθοκυανινών στα **ώριμα φύλλα**

Περιορισμός της ανάπτυξης των βλαστών και των αναπαραγωγικών οργάνων

Καθυστέρηση άνθησης

Επιτάχυνση γήρανσης **ώριμων φύλλων**

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **μειωμένη ανάπτυξη** οφείλεται στον περιορισμό των μεταβολικών και γενετικών διεργασιών στις οποίες ο φώσφορος παίζει ενεργό ρόλο. Παρατηρείται τόσο μείωση του μεγέθους όσο και του αριθμού των κυττάρων.

Ο φώσφορος είναι **ευκίνητο στοιχείο** και για το λόγο αυτό τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα **κατώτερα φύλλα**.

Η φωτοσύνθεση και η συσσώρευση χλωροφύλλης επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με την ανάπτυξη. Για το λόγο αυτό **δεν παρατηρείται χλώρωση των φύλλων**.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ





Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος και της μέσης πλάκας, κυρίως στους διαδεσμούς μεταξύ των ομάδων καρβοξυλίου των πηκτινικών αλυσίδων

Συστατικό της πλασματικής μεμβράνης όπου συμμετέχει στη διασύνδεση φωσφορολιπιδίων και πρωτεϊνών

Συσσωρεύεται στο χυμοτόπιο

Συμμετέχει ως δευτερεύον σηματοδοτικό μόριο σε ποικίλες κυτταρικές σηματοδοτικές ακολουθίες

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Παραμορφώσεις, συχνά συνοδευόμενες από χλωρώσεις, των **ακραιών φύλλων** υπό μορφή επαρμάτων και αυλάκων

Τμήματα των παραμορφωμένων φύλλων σταδιακά εμφανίζουν ξηράνσεις

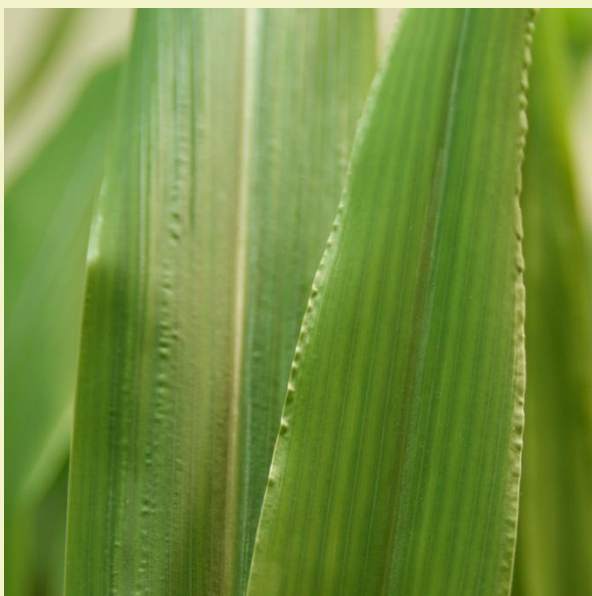
Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **παραμόρφωση του ελάσματος** οφείλεται στην αλλαγή των μηχανικών χαρακτηριστικών των κυτταρικών τοιχωμάτων καθώς και τη διαταραχή της επιφάνειας συγκόλλησης μεταξύ γειτονικών κυττάρων ως αποτέλεσμα της απουσίας ασβεστίου από τα πηκτινικά πολυμερή της μέσης πλάκας.

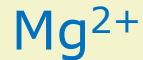
Η **χλώρωση** μπορεί να αποδοθεί στην κατάρρευση των πλασματικών μεμβρανών λόγω απουσίας ασβεστίου. Υπό συνθήκες τροφοπενίας, παρατηρείται διαρροή και απώλεια της εκλεκτικής δράσης των μεμβρανών.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Ca



Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Λειτουργικός παράγοντας διαφόρων βιοχημικών στοιχείων όπου είτε συμμετέχει απευθείας σε χημικές αντιδράσεις (όπως στη χλωροφύλλη) είτε βοηθά άμεσα στη λειτουργικότητά τους (όπως στα ριβοσώματα)

Συνενζυμικός παράγοντας ποικίλων ενζύμων

Παράγοντας διατήρησης της οσμωτικής και ιοντικής ομοιόστασης των κυττάρων

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Αρχικά εμφανίζονται χλωρώσεις στα **κατώτερα φύλλα** καθώς το μαγνήσιο είναι φυσιολογικά ευκίνητο μέσα στο φυτό

Προοδευτικά η χλώρωση από την κορυφή επεκτείνεται στις μεσονεύριες περιοχές του ελάσματος

Σε προχωρημένο στάδιο εμφανίζονται ξηράνσεις με το ίδιο πρότυπο αυτού της τροφοπενίας καλίου με την οποία μπορεί να μην μπορεί να διακριθεί

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ



Mg

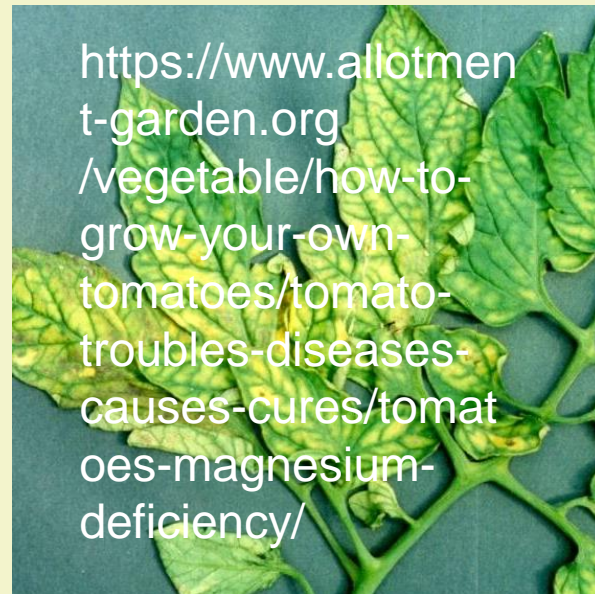
Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **χλώρωση** οφείλεται στην αλλοίωση της λεπτής δομής των χλωροπλαστών καθώς και στο γεγονός ότι το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για τη βιοσύνθεση της χλωροφύλλης και τη διατήρηση των πρωτεϊνών των χλωροπλαστών των συμπλόκων φωτοσυλλογής.

Σε μέτρια έλλειψη, η αποδόμηση των πρωτεϊνών προκαλεί απώλεια της χλωροφύλλης ενώ σε έντονη έλλειψη δεν βιοσυντίθενται επαρκείς ποσότητες χλωροφύλλης στα εκπτυσσόμενα φύλλα.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Mg



ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



S

Αφομοιώσιμες μορφές:

SO_4^- , ατμοσφαιρικό SO_2

Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό των αμινοξέων κυστεΐνη και μεθειονίνη
Συστατικό συνενζύμων (φερρεδοξίνες, θειορρεδοξίνες, συνένζυμο A, κ.λπ.), της γλουταθειόνης και των φυτοχελατινών

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Καθώς το θείο είναι σχετικά δυσκίνητο, τα συμπτώματα αρχικά εμφανίζονται στα **νεώτερα φύλλα** ή **ομοιογενώς μεταξύ των φύλλων** (σε αντίθεση με την τροφοπενία του αζώτου όπου η χλώρωση είναι σαφώς στα ώριμα φύλλα).

Η τροφοπενία θείου χαρακτηρίζεται από διάχυτη χλώρωση στο έλασμα. Ανάλογα με το φυτό, οι περιοχές των νευρώσεων μπορεί να παραμένουν πράσινες ή να είναι και αυτές χλωρωτικές.

Η τροφοπενία θείου σπάνια συνοδεύεται από ξηράνσεις ή νεκρωτικές περιοχές στο έλασμα, γεγονός το οποίο βοηθάει στη διάκριση της συγκεκριμένης διαταραχής.

Μερικές φορές, ιδιαίτερα στα δικότυλα φυτικά είδη, η τροφοπενία θείου συνοδεύεται από συσσώρευση ανθοκυανινών.

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **χλώρωση** οφείλεται σε μειωμένη βιοσύνθεση των απαραίτητων συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής και των φωτοσυνθετικών χρωστικών ή σε προοδευτική αποδόμηση των πρωτεϊνών και των συνενζυμικών παραγόντων ώστε να τροφοδοτηθεί η επανεκκίνηση του θείου προς τα νεώτερα όργανα.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ



<http://news.utcrops.com/2015/08/sulfur-deficiencies-in-cotton/>



<http://www.mississippicrops.com/2014/06/14/diagnosing-nutrient-deficiencies-in-mississippi-soybeans/>



ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



Αφομοιώσιμες μορφές:

Fe^{2+} , Fe^{3+}

Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό των ενζύμων που περιέχουν αίμη (κυτοχρώματα, καταλάση, υπεροξειδάσες, κ.λπ.)

Συστατικό συνενζυμικών παραγόντων που περιέχουν μονάδες Fe-S (φερρεδοξίνες, θειορεδοξίνες, κ.λπ.)



Συμπτώματα τροφοπενίας:

Η τροφοπενία σιδήρου προκύπτει κυρίως ως αποτέλεσμα της υψηλής περιεκτικότητας ανθρακικού ασβεστίου λόγω του γεγονότος ότι σε αλκαλικές τιμές pH ο σίδηρος καθίσταται δυσδιάλυτος.

Το βασικό σύμπτωμα της τροφοπενίας σιδήρου είναι η χλώρωση των **νεαρών φύλλων** (κυρίως) και δευτερευόντως των **ώριμων**. Σε σοβαρές τροφοπενίες τα φύλλα εμφανίζονται σχεδόν λευκά.

Η χλώρωση εμφανίζεται κυρίως στις μεσονεύριες περιοχές.

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

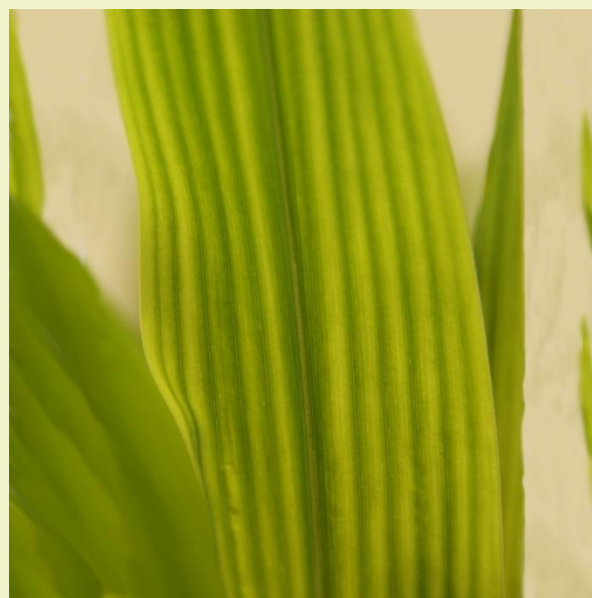
Η **χλώρωση** που παρατηρείται υπό τροφοπενία σιδήρου οφείλεται στη μειωμένη βιοσύνθεση των απαραίτητων συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής (ιδιαίτερα του PSI) και των φωτοσυνθετικών χρωστικών (η βιοσύνθεση πρόδρομων μορίων της χλωροφύλλης απαιτεί την παρουσία σιδήρου).

Η απαίτηση μεγάλων ποσοτήτων σιδήρου από τα συστατικά της φωτοσυνθετικής συσκευής εξηγεί την ευαισθησία των **χλωροπλαστών** και ιδιαίτερα των θυλακοειδών στην έλλειψη σιδήρου.

Η **έλλειψη της χλωροφύλλης** είναι ιδιαίτερα έντονη, συνήθως μεγαλύτερη αυτής των καροτενοειδών. Σημειώνεται η μικρή επίδραση της ήπιας τροφοπενίας σιδήρου στο μέγεθος των φύλλων, τον αριθμό των κυττάρων και των χλωροπλαστών.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Fe



Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό ενζύμων (της MnSOD και της οξαλικής οξειδάσης) και συνενζυμικός παράγοντας

Συστατικό του συμπλέγματος μαγγανίου του OEC του PSII

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Η τροφοπενία μαγγανίου εμφανίζεται υπό μορφή διάχυτης μεσονεύριας **χλώρωσης** στα μεσαία ή κορυφαία φύλλα καθώς το μαγγάνιο είναι ιδιαίτερα δυσκίνητο στο φυτικό σώμα.

Σε αντίθεση με την τροφοπενία σιδήρου, το δίκτυο των νευρώσεων δεν είναι τόσο εμφανές ενώ η **χλώρωση** δεν καλύπτει ομοιογενώς το έλασμα. Επίσης, στην τροφοπενία μαγγανίου, είναι συχνότερη η εμφάνιση **νεκρωτικών κηλίδων** συγκριτικά με την τροφοπενία σιδήρου.

Σε αντίθεση με την τροφοπενία μαγνησίου, η τροφοπενία μαγγανίου εμφανίζεται στα **νεαρά** φύλλα.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Mn

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η τροφοπενία μαγγανίου εμφανίζεται σε εδάφη με εγγενώς χαμηλή περιεκτικότητα σε μαγγάνιο ή σε ασβεστούχα εδάφη με αλκαλικό pH.

Η **χλώρωση** οφείλεται στην αδυναμία βιοσύνθεσης των βασικών συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής και κυρίως του PSII. Η οξειδωτικές βλάβες στους χλωροπλάστες προκαλούν φωτολεύκανση και εμφάνιση **νεκρωτικών κηλίδων**.

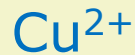
ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Mn





Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Το μεγαλύτερο μέρος του χαλκού των φυτών εντοπίζεται ως μέρος συνενζυμικών παραγόντων και προσθετικών ομάδων.

Σημαντικά χαλκοένζυμα περιλαμβάνουν τελικές οξειδάσες (π.χ. την c-κυτοχρωμική οξειδάση στα μιτοχόνδρια), φαινολοξειδάσες, CuZnSOD, οξειδάσες, κ.λπ.

Μεγάλο ποσοστό του χαλκού περιέχεται στην πλαστοκυανίνη των χλωροπλαστών.



Συμπτώματα τροφοπενίας:

Παρατηρείται **κορυφαία** (λόγω μέτριας έως χαμηλής κινητικότητας του στοιχείου) νέκρωση των ιστών που προεκτείνεται προς τα κάτω (die back) και ανάπτυξη τύπου ροζέτας

Η χλώρωση εμφανίζεται επίσης **στην κορυφή** και συνοδεύεται συχνά από δυσμορφίες των φύλλων όπως συστροφές κ.λπ.

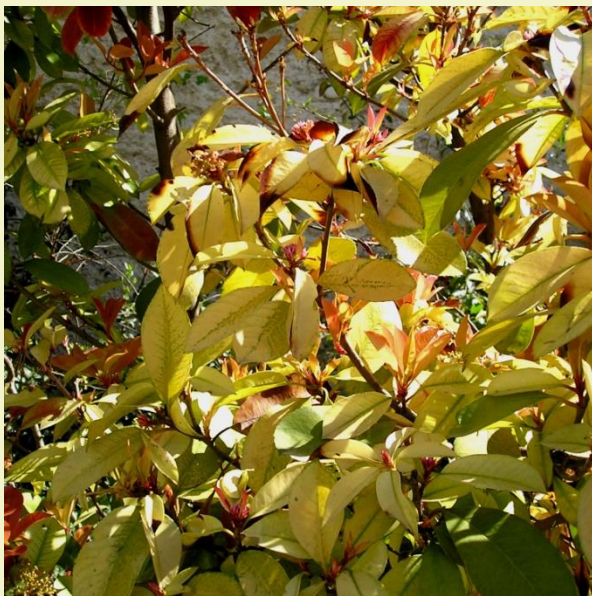
Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **χλώρωση** οφείλεται στην αδυναμία βιοσύνθεσης των βασικών στοιχείων της φωτοσυνθετικής συσκευής (όπως του PSI) αλλά και τη γενικότερη μεταβολική δυσλειτουργία των κυττάρων.

Η **μείωση της ανάπτυξης** οφείλεται στις μεταβολικές δυσλειτουργίες σε συνδυασμό με τη δραστική διατάραξη της φωτοσυνθετικής λειτουργίας.

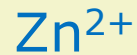
Η **συστροφή** των φύλλων οφείλεται στην διαταραχή της λιγνινοποίησης λόγω μη δραστηριότητας των πολυφαινολοξειδασών.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ





Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Συστατικό πολυάριθμων ενζύμων όπως η αλκοολική αφυδρογονάση, η καρβονική ανυδράση, η άφθονη CuZnSOD, ένζυμα της αντιγραφής του DNA και της γονιδιακής έκφρασης, κ.λπ.

Είναι το μόνο μεταλλικό θρεπτικό στοιχείο που απαντάται σε ένζυμα όλων των κατηγοριών (οξειδοαναγωγάσες, υδρολάσες, μεταφοράσες, λυάσες, ισομεράσες και λιγάσες).



Συμπτώματα τροφοπενίας:

Σημαντική **μείωση της επιφάνειας των φύλλων** (μικροφυλλία) και των μεσογονατίων διαστημάτων.

Στα περισσότερα φυτά εμφανίζεται μεσονεύρια **χλώρωση** κατά κύριο λόγο στα **νεώτερα φύλλα** λόγω χαμηλής κινητικότητας του στοιχείου.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ



Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **τροφοπενία** εμφανίζεται σε πολύ όξινα ή πολύ αλκαλικά εδάφη, ιδιαίτερα σε αυτά με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Η **χλώρωση** και η **μικροφυλλία** αποδίδονται στη σημαντική αναμενόμενη διαταραχή και γενικότερη μεταβολική δυσλειτουργία λόγω των πολυάριθμων ενζύμων στα οποία συμμετέχει ο ψευδάργυρος.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

Zn



Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

Δομικό και λειτουργικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος, των πλασματικών μεμβρανών και του κυτταροσκελετού

Διαθέτει τη δυνατότητα σχηματισμού διεστερικών συμπλόκων με μόρια που διαθέτουν ζεύγη υδροξυλίων. Τα σταθερότερα σύμπλοκα είναι τα δισυποκατεστημένα με αποτέλεσμα το βορικό οξύ να δρα ως μόριο σχηματισμού διαδεσμών

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Σημαντική **ανάσχεση** της ανάπτυξης, ιδιαίτερα της μεριστωματικής. Η **νέκρωση** των κορυφαίων μεριστωμάτων ακολουθείται από μερική έκπτυξη των πλάγιων οφθαλμών με αποτέλεσμα να αποκτάται η χαρακτηριστική όψη της **‘σκούπας της μάγισσας’**

Συχνά η τροφοπενία βορίου συνοδεύεται από **χλώρωση** των φύλλων και **ζημιές** στους βλαστούς (ρηγματώσεις και οξειδωτική κασάνωση)

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η **αδυναμία ανάπτυξης των μεριστωματικών ιστών** οφείλεται στην μη εκτασιμότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων λόγω απώλειας της ελαστικότητάς τους.

Η αδυναμία ανάπτυξης σε συνδυασμό με τη μέτρια μείωση της φωτοσύνθεσης και τη διαταραχή της διανομής σακχάρων οδηγεί σε υπερσυσσώρευση σακχάρων στα φύλλα παραγωγούς με συνέπεια την **υπερπαραγωγή φαινολικών ουσιών**.

Οι μεταβολικές δυσλειτουργίες και η διαρροή των πλασματικών μεμβρανών οδηγεί σε **οξειδωση φαινολικών ουσιών**.

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως **στα νεαρά φύλλα** λόγω της συνήθους περιορισμένης κινητικότητας του στοιχείου. Σε ορισμένα είδη όμως, το βόριο εμφανίζει **μεγάλη κινητικότητα** λόγω του σχηματισμού συμπλόκων του βορικού οξέος με σακχαροαλκοόλες στον ηθμό. Στα είδη αυτά συμπεριλαμβάνονται πολλά Rosaceae καθώς και άλλα είδη όπως το σέλινο, η ελαιοκράμβη, το κουνουπίδι, τα μηλοειδή, τα πυρηνόκαρπα και η ελιά.



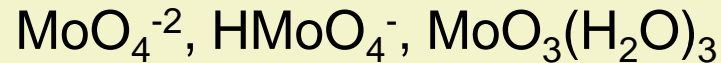
ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ



ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Mo

Αφομοιώσιμες μορφές:



Φυσιολογικοί ρόλοι:

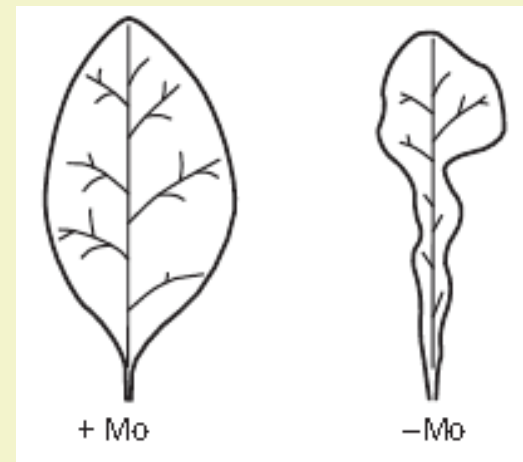
Συστατικό της αναγωγάσης των νιτρικών, της αναγωγάσης των θειωδών, της αφυδρογονάσης της ξανθίνης και της αλδεϋδικής οξειδάσης.

Αποτελεί συμπράγοντα της νιτρογενάσης των συμβιωτικών αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων.

Συμπτώματα τροφοπενίας:

Παρατηρείται τροφοπενία αζώτου, καθήλωση της ανάπτυξης, και χλώρωση των **νεαρών φύλλων**. Το έλασμα είναι μικρότερο και με ακανόνιστο σχήμα.

Στα ώριμα φύλλα παρατηρείται τοπική νέκρωση των ιστών η οποία, σε συνδυασμό με τις ανωμαλίες στο σχήμα των νεαρών φύλλων, αποδίδονται στο ίδιο αίτιο. Έτσι, τα συμπτώματα μπορούν να εμφανίζονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης των φύλλων.



Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η ανάπτυξη **ακανόνιστου σχήματος** στο έλασμα των νεαρών φύλλων οφείλεται στην τοπική νέκρωση των ιστών σε συνδυασμό με την μη διαφοροποίηση των αγωγών ιστών.

Η τροφοπενία μολυβδαινίου είναι μοναδική στο ότι τα συμπτώματά της εμπεριέχουν **συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου** ή / και υπερσυσσώρευσης νιτρικών λόγω μη αναγωγής των νιτρικών. Τα συμπτώματα συμπεριλαμβάνουν τόσο τα νεαρά όσο και τα ώριμα φύλλα.

ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ

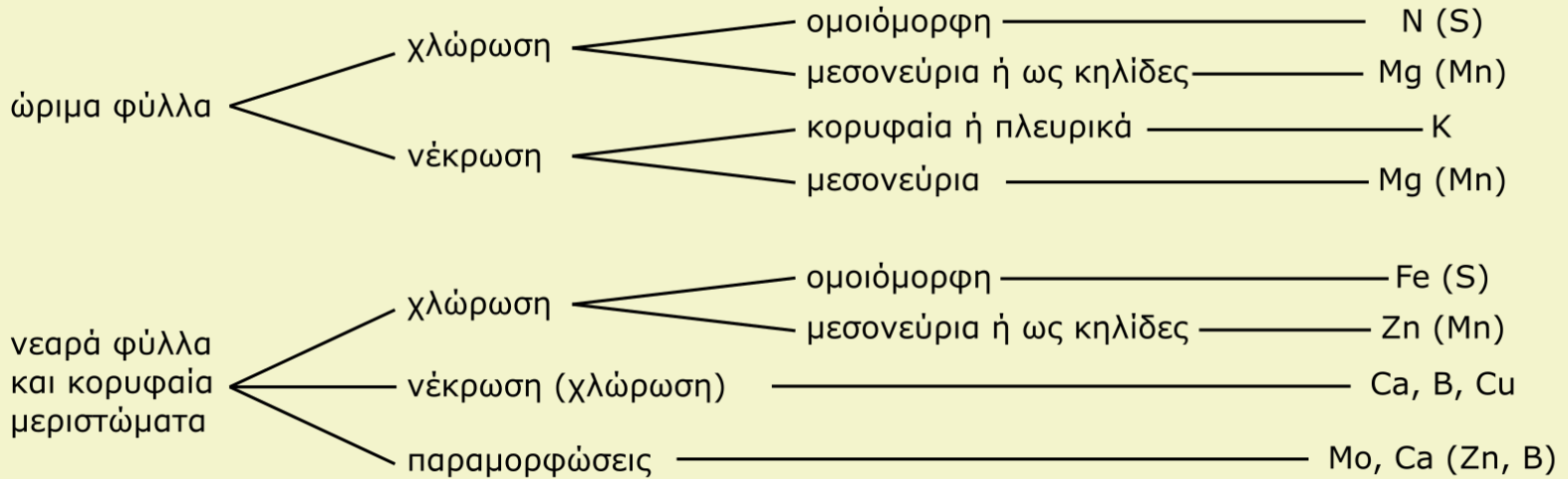
Mo



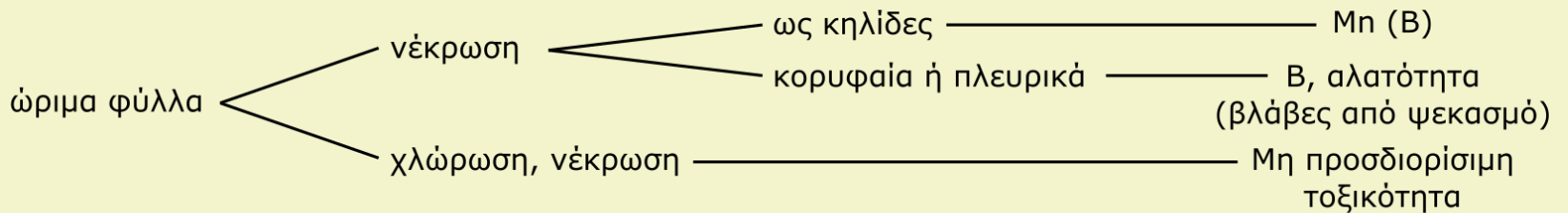
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ (ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑΣ-ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ)

Φυτικό μέρος ————— Κύριο σύμπτωμα ————— Καταπόνηση

Τροφοπενίες



Τοξικότητες



ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑΣ

	ώριμα	νεαρά φύλλα
ομοιόμορφη χλώρωση	N	Fe, S*, Cu*, ***
μεσονεύρια χλώρωση	Mg	Zn, Mn**, Fe**, Cu***
κορυφαίες ή περιφερειακές ξηράνσεις	K	Ca, Cu***, B
μεσονεύριες ξηράνσεις	Mg	Mn
παραμορφώσεις	-	Mo, Ca, B
ερυθροί μεταχρωματισμοί	P	-
μικροφυλλία και φυλλόπτωση	-	Zn

*: αν τα συμπτώματα εντοπίζονται αυστηρά στα νεαρά φύλλα: Cu / αν είναι διάχυτα: S

** : αν το δίκτυο των νευρώσεων είναι ιδιαίτερα εμφανές: Fe / αν δεν είναι ιδιαίτερα: Mn

***: αν υπάρχουν ξηράνσεις και παραμορφώσεις (π.χ. συστροφές): Cu

1

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mn



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

2

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Κ



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

3

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mg



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

4

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

P



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

5

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Ca



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

6

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mg



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

7

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Cu



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

8

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

S



Τα συμπτώματα παρατηρούνται **ομοιογενώς** μεταξύ των φύλλων

9

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Zn



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

10

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Fe



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

11

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

N



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

12

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mo



Χλώρωση στα **ώριμα** φύλλα ενώ τα **νεαρά** είναι παραμορφωμένα

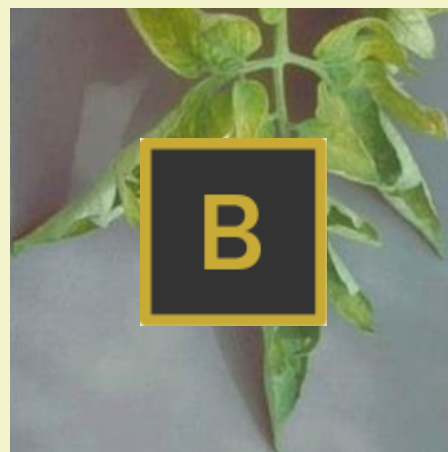
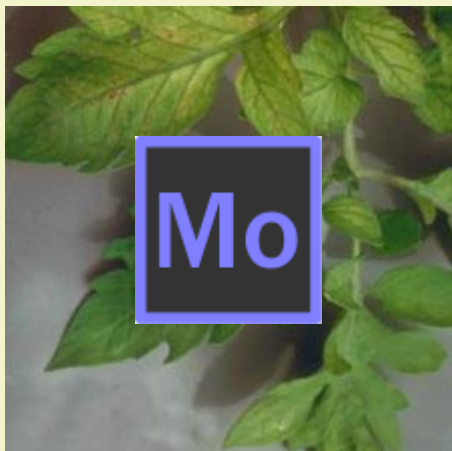
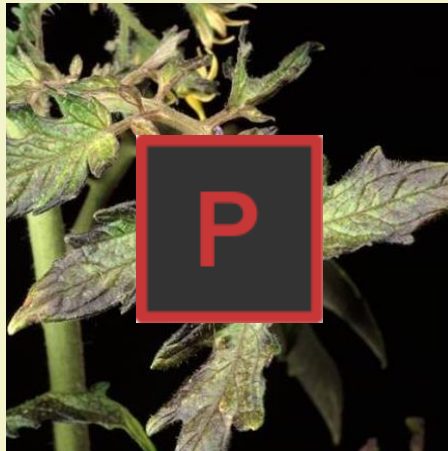
13

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

B



Χλώρωση στα **ώριμα** φύλλα ενώ τα **μεριστώματα** δεν εκπτύσσονται



1

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mn



Μεσονεύριες χλωρώσεις στα **νεαρά** φύλλα

2

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Κ



Κορυφαίες και περιφερειακές ξηράνσεις στα **ώριμα** φύλλα

3

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mg



Περιφερειακές χλωρώσεις και ξηράνσεις στα **ώριμα** φύλλα

4

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

P



Ερυθροί μεταχρωματισμοί στα **ώριμα** φύλλα και το λαιμό

5

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Ca



Παραμορφώσεις και συστρώσεις στα **νεαρά** φύλλα

6

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Cu



Χλωρώσεις και συστροφή στα **νεαρά** φύλλα

7

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

S

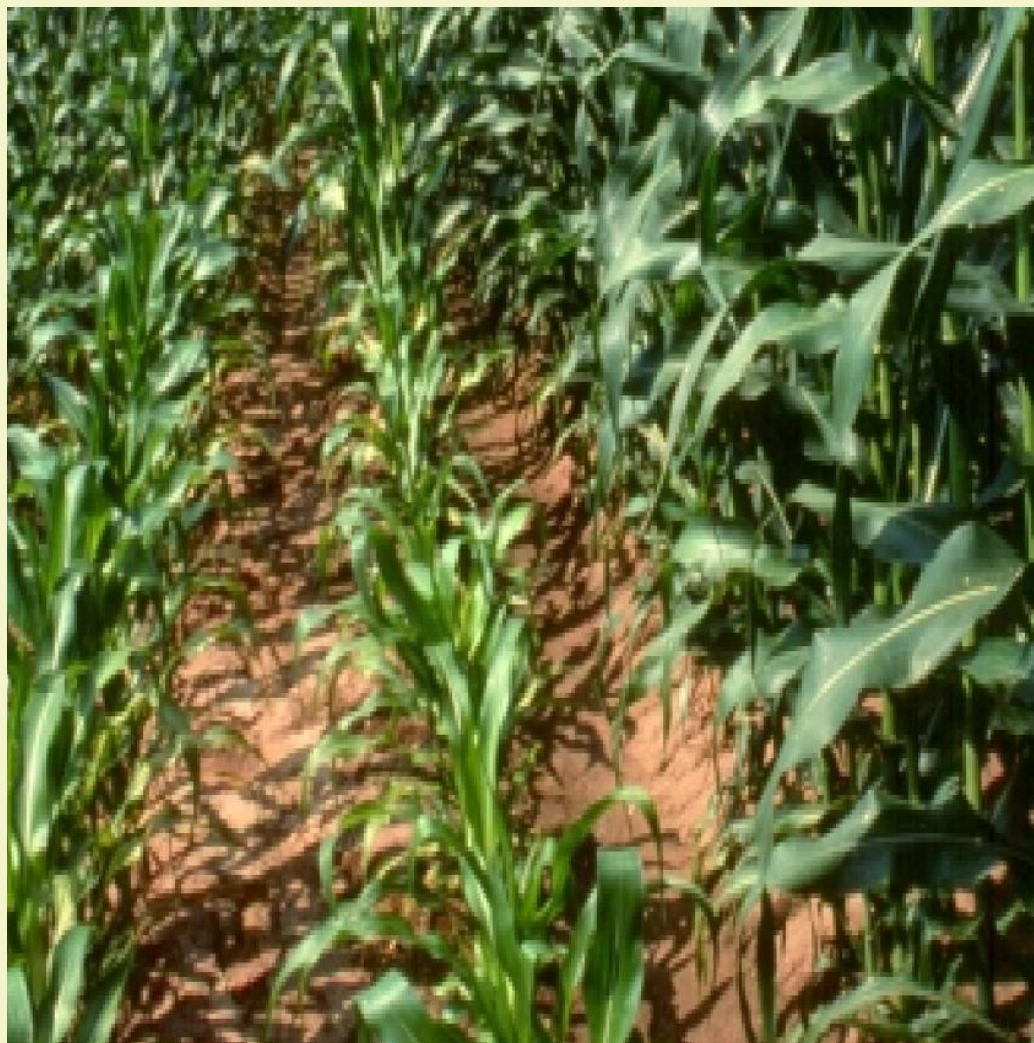


Ομοιογενής χλώρωση κυρίως στα **κορυφαία** φύλλα

8

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Zn



Συμπτώματα μικροφυλλίας και ξηράνσεις στα **νεαρά** φύλλα

9

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Fe



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **νεαρά** φύλλα

10

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

N



Τα συμπτώματα παρατηρούνται στα **ώριμα** φύλλα

11

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

Mo



Ξηράνσεις στα **ώριμα** και απρόθυμη έκπτυξη στα **νεαρά** φύλλα

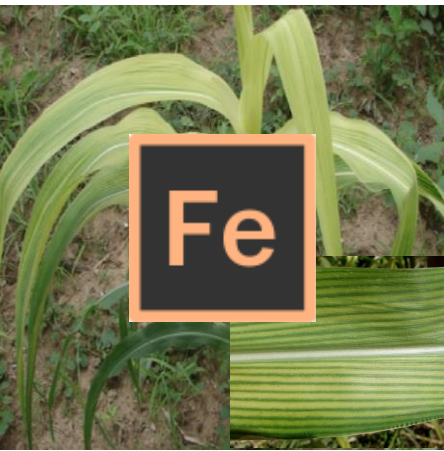
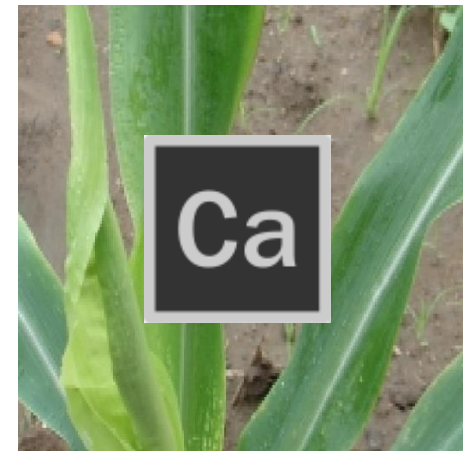
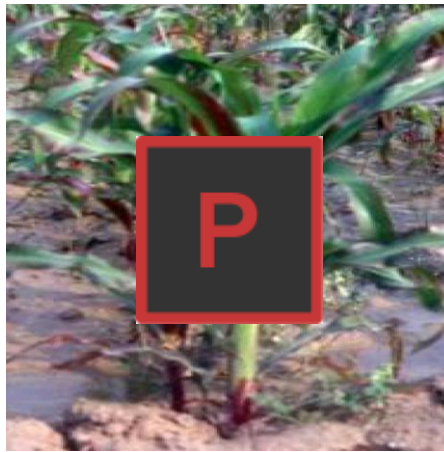
12

ΒΡΕΙΤΕ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑ!

B



Παραμορφώσεις στα **νεαρά** φύλλα με ακανόνιστη έκπτυξη



ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΜΜΩΝΙΟΥ



Συμπτώματα τοξικότητας:

Χλώρωση των φύλλων, επιβράδυνση ανάπτυξης και τελικά νεκρωτικές κηλίδες στα **ώριμα** κυρίως φύλλα

Τα συμπτώματα μπορούν να εκληφθούν ως ένδειξη τροφοπενίας K^+

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

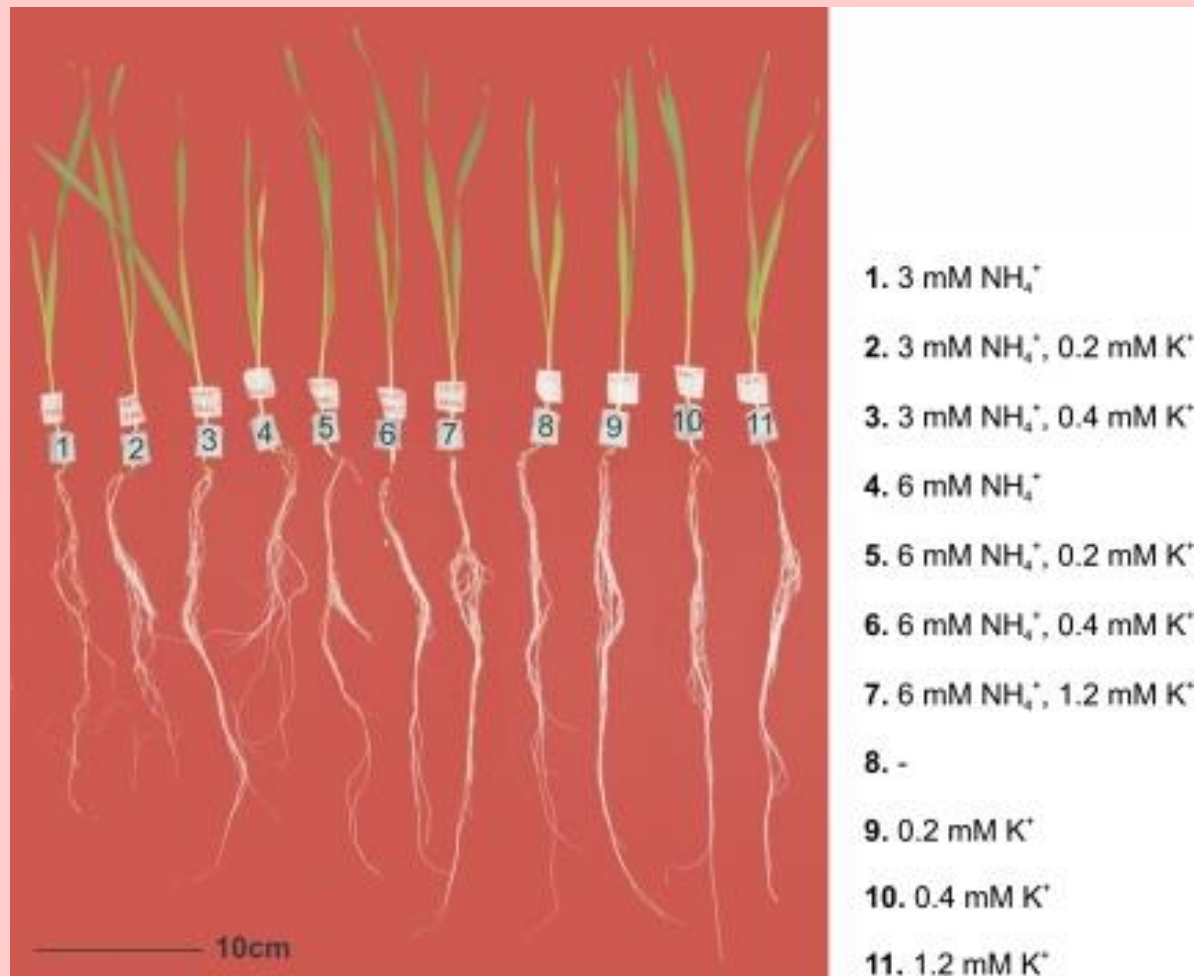
Η τοξικότητα πιστεύεται ότι οφείλεται (**α**) στη **μείωση απορρόφησης** απαραίτητων στοιχείων όπως τα K, Ca και Mg, (**β**) σε **διαταραχές στην ιοντική ομοιόσταση** (pH, κ.λπ.) και (**γ**) στον καταβολισμό των υδατανθράκων για την αφομοίωση των υπερβολικών ποσοτήτων NH_4^+ και τον ενεργό αποκλεισμό των ιόντων NH_4^+ στο εξωτερικό περιβάλλον που οδηγεί σε **πενία άνθρακα**.

Επίσης, η απορρόφηση NH_4^+ ιόντων προκαλεί οξίνιση της ριζόσφαιρας η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε **καταπόνηση** ή / και σε **τοξικότητα Al** στα όξινα εδάφη.

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΜΜΩΝΙΟΥ

N

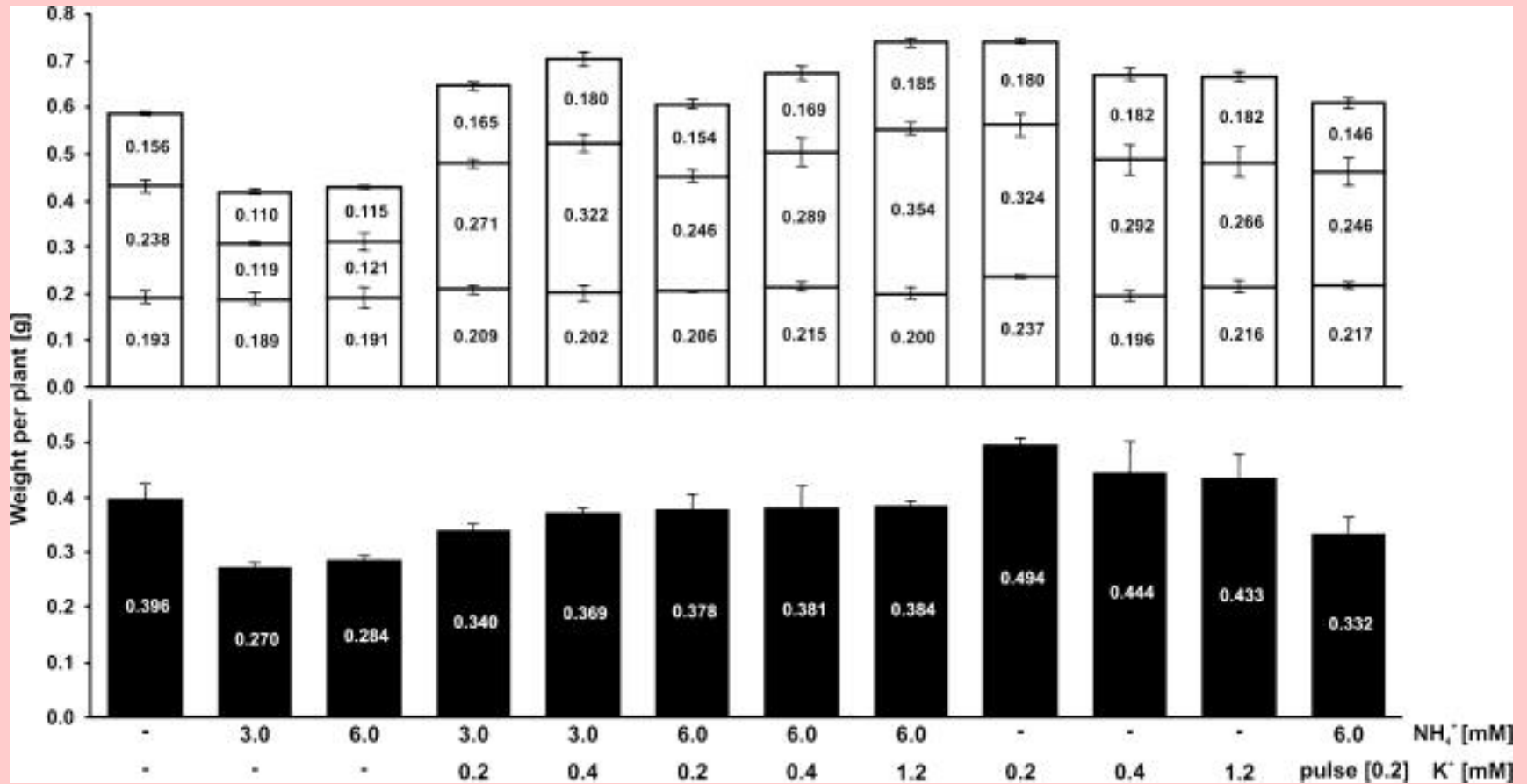
Ερμηνεία των συμπτωμάτων:



ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΜΜΩΝΙΟΥ

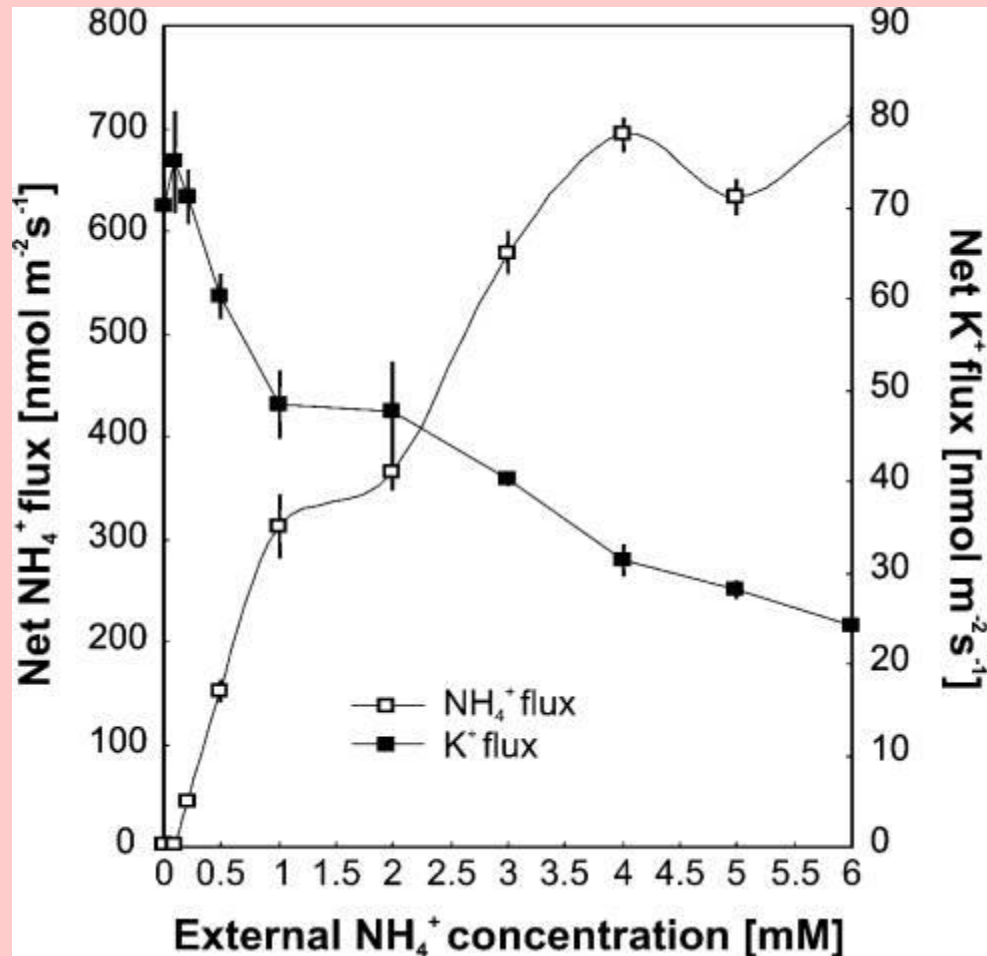


Ερμηνεία των συμπτωμάτων:





Ερμηνεία των συμπτωμάτων:



ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΜΜΩΝΙΟΥ



ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ



Συμπτώματα τοξικότητας:

Εμφανίζεται ιδιαίτερα σε φυτά που καλλιεργούνται υπό κατάκλυση λόγω των ανοξικών συνθηκών που δημιουργούνται στο έδαφος.

Στα συμπτώματα περιλαμβάνονται η απόκτηση σκούρου πράσινου χρώματος ή σκούρας καστανής απόχρωσης στα φύλλα και η επιβράδυνση της αύξησης βλαστών και ριζών.

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ



Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Θεωρείται πως οι υπερβολικές ποσότητες σιδήρου ευνοούν την παραγωγή ROS μέσω αντιδράσεων όπως η αντίδραση Fenton και άλλες.

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ



Συμπτώματα τοξικότητας:

Αρχικά εμφανίζονται **καστανές κηλίδες** ή στίγματα στα φύλλα και σε επιδερμικά εξαρτήματα όπως οι τρίχες

Οι κηλίδες έπονται της **αυξημένης εναπόθεσης καλλόζης** στις ίδιες περιοχές

Ακολούθως εμφανίζονται **μεσονεύριες χλωρώσεις** και **ξηράνσεις**. Ιδιαίτερα στα δικότυλα, τα συμπτώματα αυτά συνοδεύονται από **παραμορφώσεις των νεαρών φύλλων**

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Οι **καστανές κηλίδες** οφείλονται στην αυξημένη συγκέντρωση οξειδωμένων φαινολικών συστατικών. Η έκταση των περιοχών όπου σχηματίζονται αυτές οι κηλίδες αποτελεί μέτρο της αντοχής ενός γονοτύπου στις αυξημένες συγκεντρώσεις Mn στο έδαφος.

Η **καλόζη** σχηματίζεται λόγω αυξημένης εισροής Ca, δείγμα τοξικότητας του Mn.

Οι **παραμορφώσεις των νεαρών φύλλων** αποτελούν συνέπεια της μειωμένης μεταφοράς Ca λόγω επίδρασης της τοξικότητας Mn στο μεταβολισμό της IAA. Η βασιπέταλη μεταφορά της IAA καταστέλλεται από την αυξημένη δράση της οξειδάσης της IAA.

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ

Mn



Συμπτώματα τοξικότητας:

Είναι περισσότερο συχνή σε ξηρά ή ημίξηρα περιβάλλοντα, σε εδάφη με εγγενώς υψηλή περιεκτικότητα σε Β και σε εδάφη που αρδεύονται με νερό με υψηλή συγκέντρωση Β

Τα τυπικά συμπτώματα περιλαμβάνουν περιφερειακή ή κορυφαία χλώρωση και ξήρανση σε ώριμα φύλλα

Ερμηνεία των συμπτωμάτων:

Η αύξηση των κυτταροπλασματικών συγκεντρώσεων Β παρεμβαίνουν με κρίσιμα μόρια του μεταβολισμού λόγω σχηματισμού συμπλόκων με μόρια όπως το NAD, η ριβόζη των νουκλεϊκών οξέων, κ.λπ.

Είδη με μεγάλες απαιτήσεις σε Β έχουν και μεγάλη ικανότητα απομόνωσής του στο κυτταρικό τοίχωμα.

Σε κάποιο βαθμό, η αντοχή σε υψηλές συγκεντρώσεις Β σχετίζεται με την ικανότητα ανακυκλοφορίας του στοιχείου σε επίπεδο κυττάρου και σε επίπεδο φυτού.

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΒΟΠΙΟΥ

B



1

CASE STUDY

?

Ποιο θρεπτικό στοιχείο μπορεί να είναι υπεύθυνο για τα παρακάτω τροφοπενιακά συμπτώματα σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας:

- Μη ομαλή έκπτυξη των κορυφαίων φύλλων (νεότερων).
- Τα φύλλα παρουσιάζουν επάρματα και περιοχές βύθισης ή και δυσμορφίες.
- Το έδαφος είναι αμμώδες, ελαφρώς όξινο (pH 6.5) και ελαφρώς αλατούχο (3,8 dS/m).
- Παρατηρείται ιδιαίτερα υψηλή σχετική υγρασία αέρα.



Σε καλλιέργεια βαμβακιού διακρίνουμε τα εξής συμπτώματα:

- Τα ώριμα φύλλα παρουσιάζουν περιφερειακές και μεσονεύριες ξηράνσεις.
- Το έδαφος είναι αμμώδες, ουδέτερο (pH 7.2) και αρκετά αλατούχο (7,4 dS/m).
- Προ δύο εβδομάδων εφαρμόστηκε συνδυασμένη λίπανση MgO, SO₃, MnO και P₂O₅.



Ποιο θρεπτικό στοιχείο μπορεί να είναι υπεύθυνο για τα παρακάτω τροφοπενιακά συμπτώματα σε καλλιέργεια χειμερινών σιτηρών:

- Χλώρωση και ξηράνσεις στις μεσονεύριες περιοχές των φύλλων της βάσης (ώριμα).
- Το έδαφος είναι αμμώδες, όξινο και υγρό με υψηλή περιεκτικότητα σε κάλιο.
- Η εν λόγω καλλιέργεια διαδέχθηκε καλλιέργεια μηδικής με ενσωμάτωση των φυτών (χλωρή λίπανση).