

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ- ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ



Εισηγητές: Βασίλειος Τζανακάκης & Φοιτητές ΕΛΜΕΠΑ



Η μορφές του αζώτου με τις
οποίες προσλαμβάνεται από
τα φυτά

Απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία

- ✓ Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία κατηγοριοποιούνται σε μακρο-θρεπτικά και μικρο-θρεπτικά ανάλογα με την συγκέντρωσή τους στους φυτικούς ιστούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Στοιχεία που είναι Απαραίτητα για την Ανάπτυξη των Φυτών και οι Πηγές τους^α

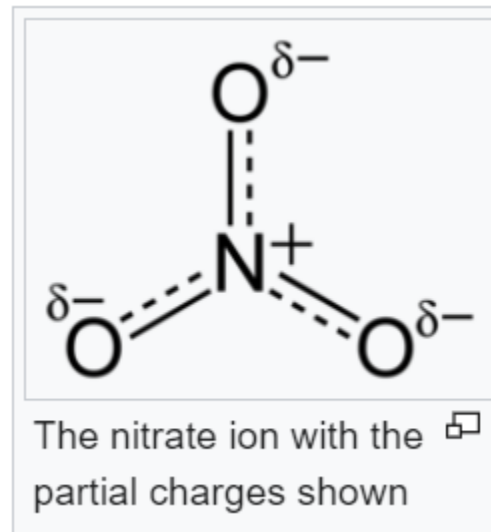
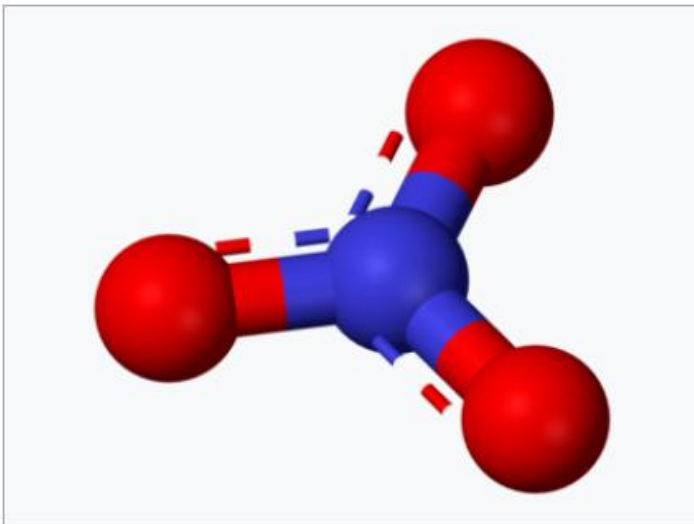
Οι χημικές μορφές που συνήθως προσλαμβάνονται από τα φυτά δείχνονται σε παρένθεση, με το χημικό σύμβολο του στοιχείου να αναγράφεται με έντονη γραφή.

<i>Μακροθρεπτικά: Χρησιμοποιούνται σε σχετικά μεγάλα ποσά (> 0,1 % ξηρού φυτικού ιστού)</i>		<i>Μικροθρεπτικά: Χρησιμοποιούνται σε σχετικά μικρά ποσά (< 0,1 % ξηρού φυτικού ιστού)</i>
<i>Κυρίως από τον αέρα και το νερό</i>	<i>Κυρίως από τα στερεά του εδάφους</i>	<i>Από τα στερεά του εδάφους</i>
Ανθρακας (CO ₂)	Κατιόντα:	Κατιόντα:
Υδρογόνο (H ₂ O)	Ασβέστιο (Ca ²⁺)	Χαλκός (Cu ²⁺)
Οξυγόνο (O ₂ , H ₂ O)	Μαγνήσιο (Mg ²⁺)	*Κοβάλτιο (Co ²⁺) ^β
	Άζωτο (NH ₄ ⁺)	Σίδηρος (Fe ²⁺)
	Κάλιο (K ⁺)	Μαγγάνιο (Mn ²⁺)
	Ανιόντα:	Νικέλιο (Ni ²⁺)
	Άζωτο (NO ₃ ⁻)	*Νάτριο (Na ⁺) ^β
	Φώσφορος (H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻²)	Ψευδάργυρος (Zn ²⁺)
	Θείο (SO ₄ ⁻²)	Ανιόντα:
	*Πυρίτιο (H ₄ SiO ₄ , H ₃ SiO ₄ ⁻) ^β	Βόριο (H ₃ BO ₃ , H ₄ BO ₄ ⁻)
		Χλώριο (Cl ⁻)
		Μολυβδαίνιο (MoO ₄ ²⁻)

Μορφές αζώτου που προσλαμβάνονται από τα φυτά

- ✓ Το ριζικό σύστημα των φυτών προσλαμβάνει το άζωτο από το έδαφος υπό τη μορφή νιτρικών (NO_3^-) και αμμονιακών (NH_4^+) ιόντων.
- ✓ Εκτός από τα νιτρικά και τα αμμωνιακά ιόντα, τα φυτά μπορεί να απορροφήσουν και νιτρώδη (NO_2^-) ιόντα που είναι τοξικά, ωστόσο η συγκέντρωσή τους στο εδαφικό διάλυμα είναι μικρή.
- ✓ τα φυτά είναι δυνατόν να προσλαμβάνουν μικρομοριακές υδατοδιαλυτές ενώσεις αζώτου (κυρίως πρωτεΐνες και αμινοξέα).

Nitrate



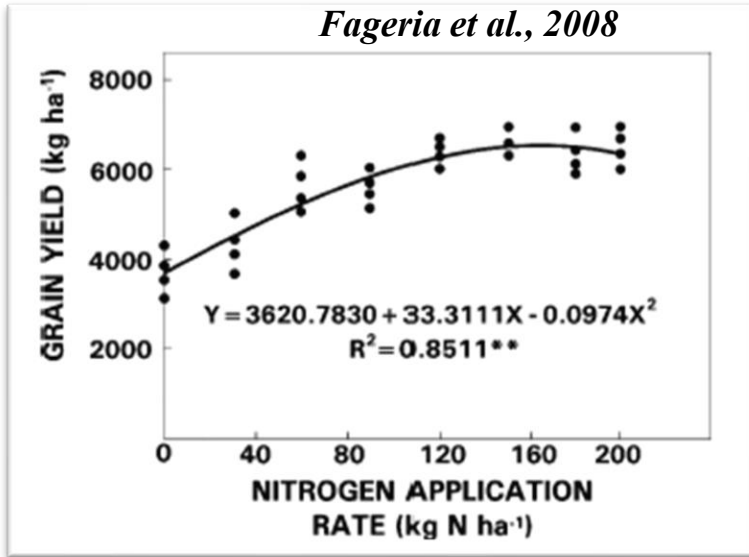
Η σημασία του αζώτου

Η σημασία του Αζώτου στα φυτά

- ✓ Το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο πολλών απαραίτητων οργανικών ουσιών των φυτών.
- ✓ Αποτελεί σημαντικό στοιχείο των αμινοξέων, τα οποία αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων και των ενζύμων, μέσω των οποίων ελέγχονται οι βιολογικές διαδικασίες.
- ✓ Μια άλλη μεγάλη κατηγορία ουσιών που περιέχουν άζωτο είναι τα νουκλεϊκά οξέα, στα οποία βασίζεται η κληρονομικότητα και η χλωροφύλλη, στην οποία στηρίζεται ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός των φυτών.
- ✓ Επιπρόσθετα, το άζωτο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για το μεταβολισμό των υδατανθράκων στα φυτά.
- ✓ Επάρκεια αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την προαγωγή της αύξησης και ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, καθώς επίσης και την πρόσληψη από τα φυτά άλλων θρεπτικών στοιχείων.
- ✓ Το άζωτο αυξάνει γενικά τη βιομάζα και την παραγωγικότητα των φυτών.

Επίδραση της εφαρμογής αζώτου στην παραγωγή

Fageria et al., 2008



S. Jagadamma et al. / Soil & Tillage Research 98 (2008) 120–129

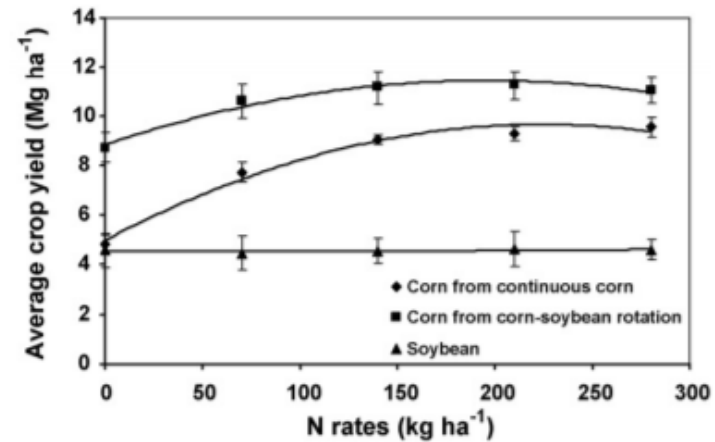


Fig. 1. The effect N fertilization on long-term average grain yield of corn and soybean.

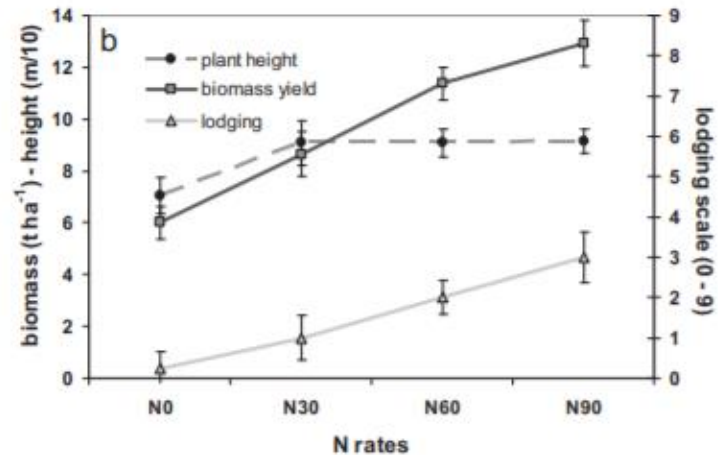
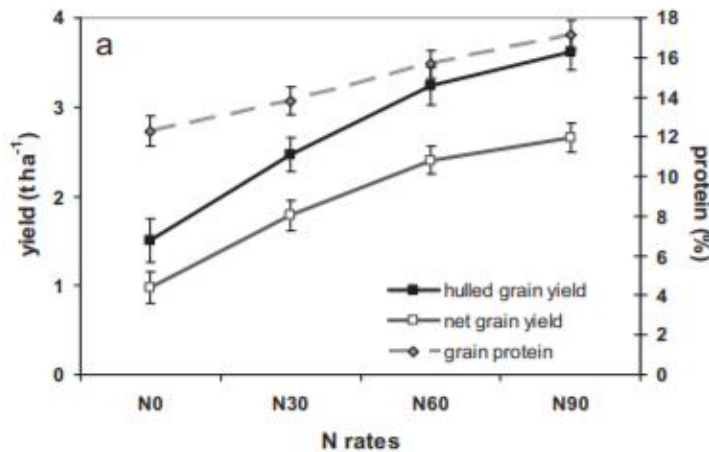
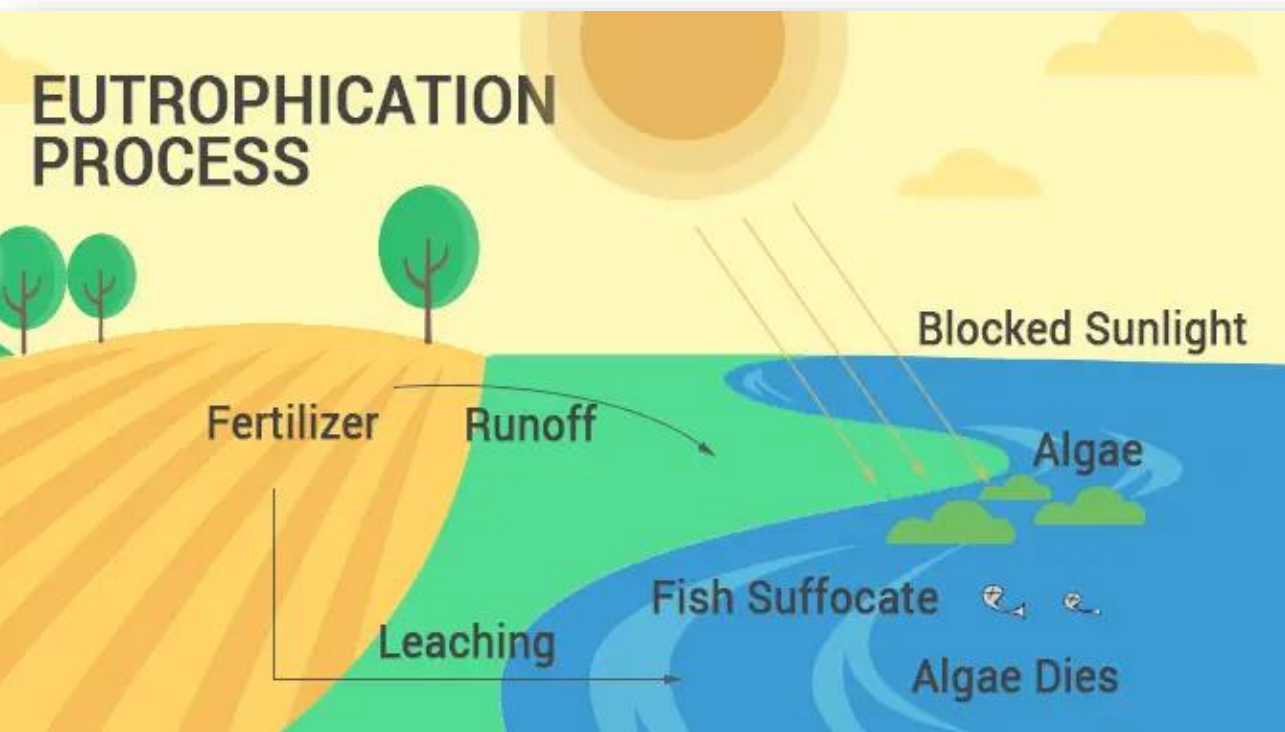


Fig. 2. Effect of N fertilization rate (exp. 1): (a) emmer hulled and net grain yield (t ha⁻¹) and grain protein content (%); (b) on biomass (t ha⁻¹), plant height (m/10) and lodging (0–9). Vertical bars represent ± standard error.

Η σημασία του Αζώτου για το περιβάλλον: Ευτροφισμός

EUTROPHICATION PROCESS



ECOLOGY

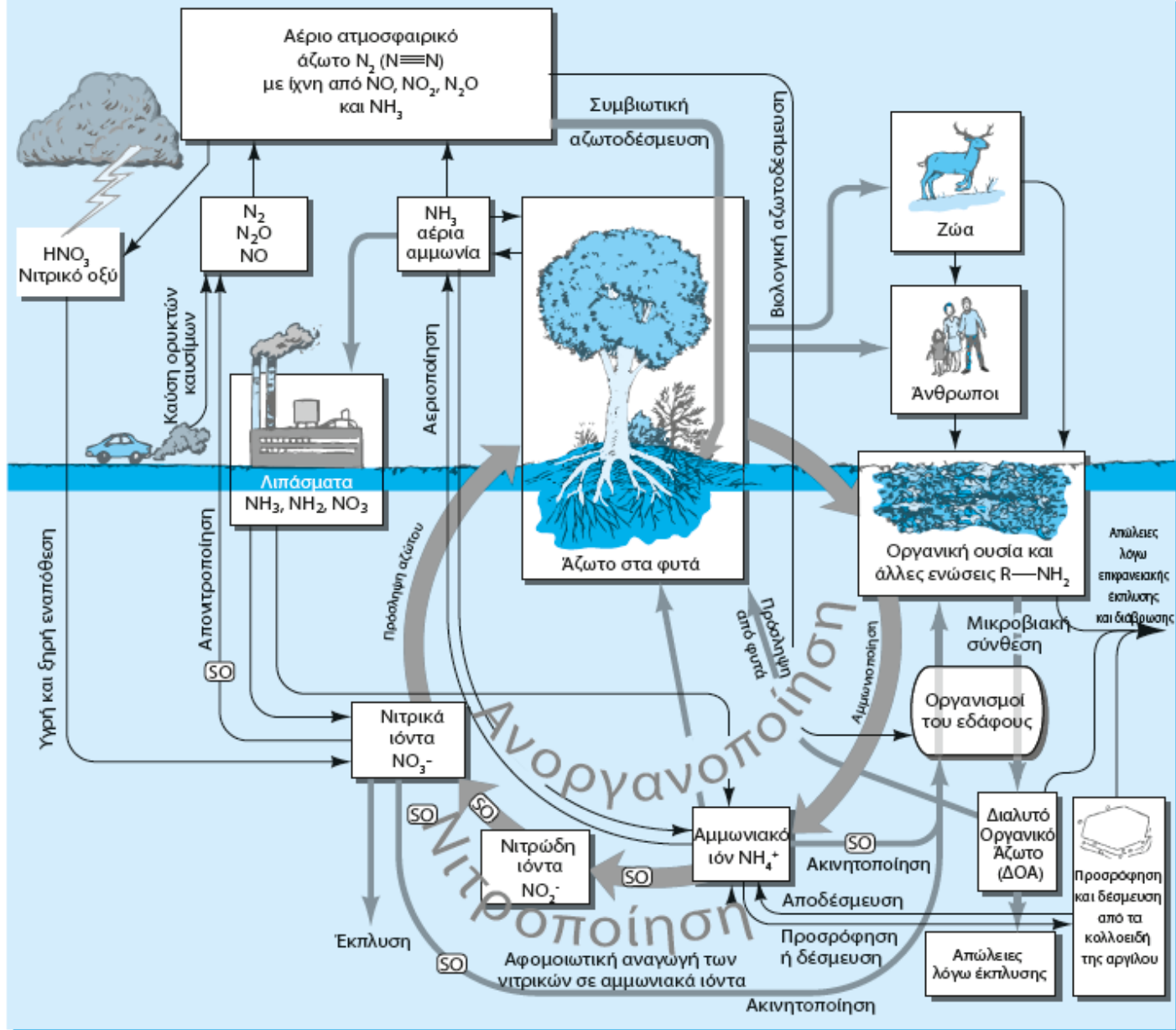
Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus

Daniel J. Conley,^{1*} Hans W. Paerl,² Robert W. Howarth,³ Donald F. Boesch,⁴ Sybil P. Seitzinger,⁵ Karl E. Havens,⁶ Christiane Lancelot,⁷ Gene E. Likens⁸

Too much algae. (Top) Removing macroalgal blooms at the Olympic Sailing venue, China. (Middle) Seagrasses covered with attached algae in a Danish estuary. (Bottom) Non-N₂-fixing cyanobacteria blooms in Lake Okeechobee, Florida, U.S.A.

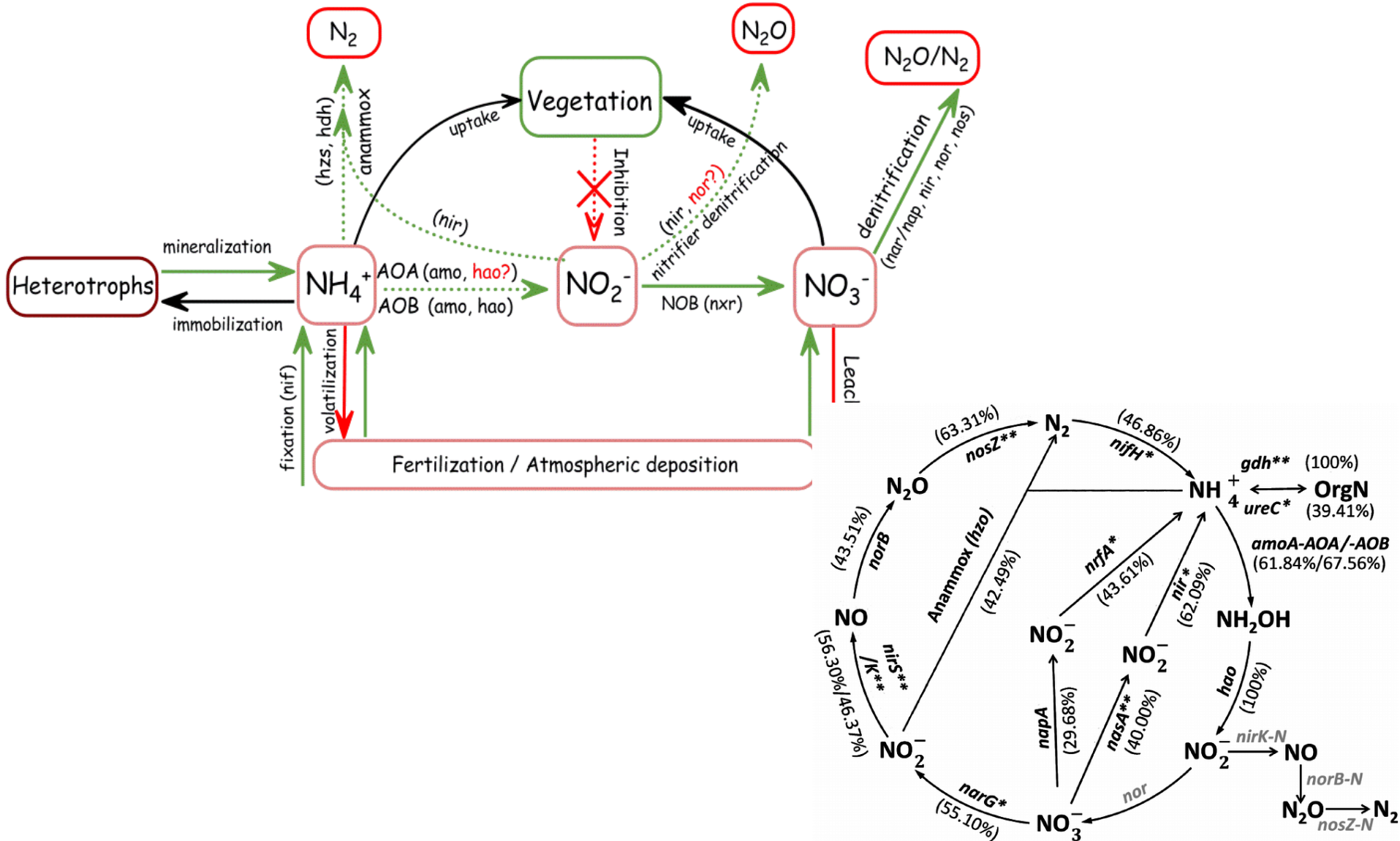
Η κύκλος του αζώτου

Ο κύκλος του αζώτου

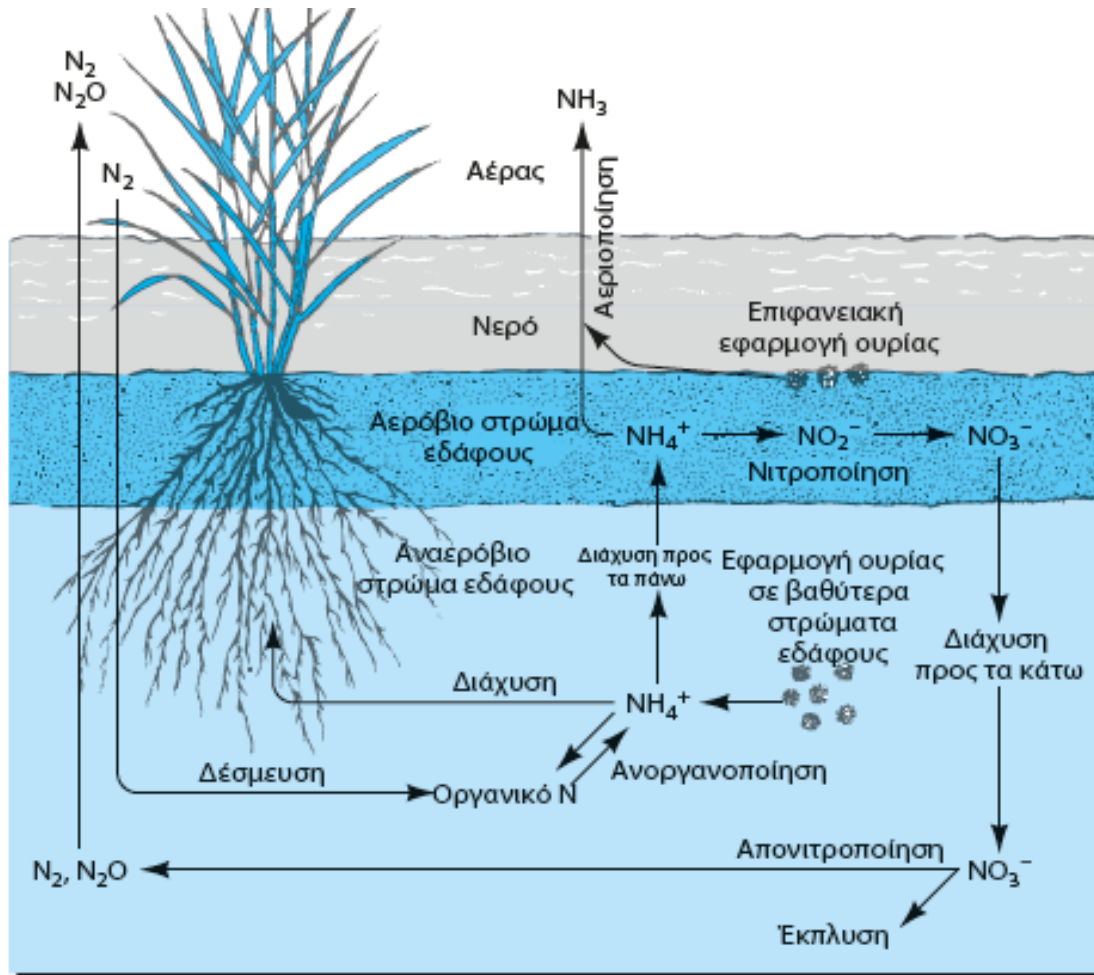


ΕΙΚΟΝΑ 13.2 Ο κύκλος του αζώτου, με έμφαση στο κύριο μέρος του κύκλου (χοντρά, γκρι βέλη), όπου το οργανικό αζώτο ανοργανοποιείται, τα φυτά προσλαμβάνουν το ανόργανο άζωτο, και τελικά το οργανικό άζωτο επιστρέφει στο έδαφος, μέσω των φυτικών υπολειμμάτων. Σημειώστε τις διαδικασίες με τις οποίες άζωτο των εδαφών χάνεται και αναπληρώνεται. Τα κουτιά αντιπροσωπεύουν διάφορες μορφές του αζώτου, τα βέλη αντιπροσωπεύουν διαδικασίες με τις οποίες η μια μορφή μετατρέπεται σε άλλη. Οι οργανισμοί του εδάφους, τα ένζυμα των οποίων καταλύουν το μεγαλύτερο μέρος των αντιδράσεων του κύκλου, παρουσιάζονται στα κουτιά με στρογγυλεμένες άκρες και φέρουν την ένδειξη "ΜΟ" [Φωτογραφία, με την ευγενική παραχώρηση R. Weil]

Ο κύκλος του αζώτου



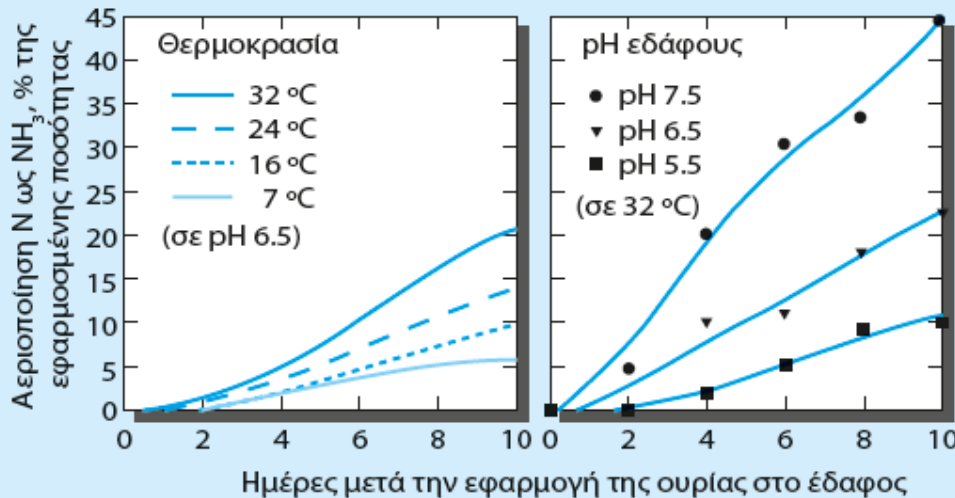
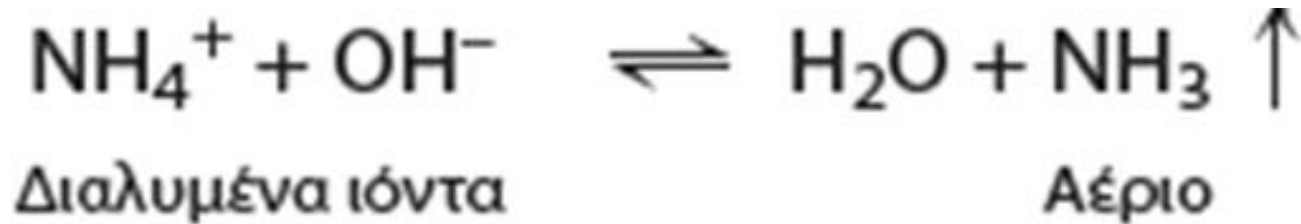
Η νιτροποίηση-απονιτροποίηση



ΕΙΚΟΝΑ 13.16 Αντιδράσεις νιτροποίησης και απονιτροποίησης και η πορεία των συναφών διαδικασιών που ελέγχουν τις απώλειες αζώτου από τα αερόβια και αναερόβια στρώματα ενός κατακλυσμένου από νερό εδάφους. Τα νιτρικά που σχηματίζονται στο λεπτό αερόβιο στρώμα εδάφους ακριβώς κάτω από το νερό, κινούνται προς τα κάτω μέσω διάχυσης στην αναερόβια περιοχή (αναγωγική) και απονιτροποιούνται σε αέριο N_2 και N_2O και οι οποίες διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Η ενσωμάτωση της ουρίας ή των αμμωνιακών λιπασμάτων βαθιά στο αναερόβιο τμήμα του εδάφους αποφεύγεται η οξειδωση των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρικά και ως εκ τούτου μειώνεται σημαντικά η απώλεια N [Όπως τροποποιήθηκε από Patrick (1982)].

Z. Η εξάχνωση (αεριοποίηση) του αζώτου

Η αέρια αμμωνία (NH_3) παράγεται από τη διάσπαση οργανικών υλικών και της ζωικής κοπριάς, καθώς και από λιπάσματα όπως η ουρία και η άνυδρη αμμωνία. Η αέρια αμμωνία βρίσκεται σε ισορροπία με το αμμωνιακό ιόν, σύμφωνα με την αμφίδρομη αντίδραση:



ΕΙΚΟΝΑ 13.4 Η αεριοποίηση αμμωνίας εξαρτάται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του pH στο έδαφος. Σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιήθηκε επιφανειακή εφαρμογή ουρίας σε ένα ιλυοπηλώδες έδαφος. Η ουρία απορροφά υγρασία από την ατμοσφαιρα ή το έδαφος, υδρολύεται και παράγεται αμμωνία. Η απώλεια αμμωνίας είναι εξαιρετικά γρήγορη όταν το pH του εδάφους είναι μεγαλύτερο του 7 και η θερμοκρασία ξεπερνά τους 16°C. Η απώλεια αμμωνίας μπορεί να είναι ακόμη πιο γρήγορη στις κοπριές των ζώων σε σύγκριση με την ουρία. Έτσι, υλικά από τα οποία μπορεί να παράγεται αμμωνία δεν πρέπει να αφήνονται στην επιφάνεια θερμών και αλκαλικών εδαφών για περισσότερο από μια ημέρα. [Redrawn from Glibert et al. (2006) using data in Franzen (2004)]

Δ. Dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA)

- ✓ Η ανομοιογενής αναγωγή νιτρικών σε αμμώνιο (DNRA), επίσης γνωστή ως αμμωνοποίηση νιτρικών/νιτρωδών,
- ✓ Είναι το αποτέλεσμα αναερόβιας αναπνοής από χημειοοργανοετεροτροφικά μικρόβια που χρησιμοποιούν νιτρικό (NO_3^-) ως δέκτη ηλεκτρονίων για την αναπνοή. Σε αναερόβιες συνθήκες, τα μικρόβια που αναλαμβάνουν το DNRA οξειδώνουν την οργανική ύλη και χρησιμοποιούν νιτρικά άλατα (και όχι οξυγόνο) ως δέκτη ηλεκτρονίων, μειώνοντάς τα σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε αμμώνιο ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_4^+$)
- ✓ Δεδομένου ότι το DNRA παίρνει νιτρικό άλας και το μετατρέπει σε αμμώνιο, δεν παράγει N_2 ή N_2O . Κατά συνέπεια, το DNRA ανακυκλώνει το άζωτο αντί να προκαλεί απώλεια N, η οποία οδηγεί σε πιο βιώσιμη πρωτογενή παραγωγή και νιτροποίηση
- ✓ Μέσα σε ένα οικοσύστημα, η απονιτροποίηση και το DNRA μπορούν να συμβούν ταυτόχρονα. Συνήθως το DNRA είναι περίπου το 15% του συνολικού ρυθμού μείωσης των νιτρικών, που περιλαμβάνει τόσο το DNRA όσο και την απονιτροποίηση
- ✓ Ωστόσο, η σχετική σημασία κάθε διαδικασίας επηρεάζεται από περιβαλλοντικές μεταβλητές

Ε. Η βιολογική δέσμευση του αζώτου

- ✓ Μετά τη φωτοσύνθεση των φυτών, η βιολογική δέσμευση του αζώτου είναι πιθανώς η σημαντικότερη βιοχημική αντίδραση για τη ζωή στη γη. Αυτή η διαδικασία μετατρέπει το αδρανές αέριο άζωτο της ατμόσφαιρας (N₂) σε ενεργές μορφές αζώτου, που ακολούθως είναι διαθέσιμο σε όλες τις μορφές ζωής μέσω του κύκλου αυτού του στοιχείου.
- ✓ Η διαδικασία πραγματοποιείται από έναν περιορισμένο αριθμό βακτηρίων, συμπεριλαμβανομένων διαφόρων ειδών *Rhizobium*, ακτινοβακτηρίων και κυανοβακτηρίων (γνωστών προηγουμένως ως γαλαζοπράσινα φύκη).
- ✓ Σε παγκόσμιο επίπεδο, τεράστιες ποσότητες αζώτου δεσμεύονται βιολογικά κάθε χρόνο. Εκτιμάται ότι μόνο τα χερσαία οικοσυστήματα δεσμεύουν 139 εκατομμύρια Mg.
- ✓ Ανεξάρτητα από τον μικροοργανισμό που εμπλέκεται, το κλειδί για τη βιολογική δέσμευση του αζώτου είναι το ένζυμο νιτρογενάση, που καταλύει την αντίδραση αναγωγής του αερίου αζώτου σε αμμωνία.



Συστήματα Βιολογικής αζωτοδέσμευσης	Εμπλεκόμενοι Μικροοργανισμοί	Εμπλεκόμενα Φυτά	Χώρος αζωτοδέσμευσης
Συμβιωτική Υποχρεωτικά συμβιωτική Ψυχανθή	Βακτήρια του γένους <i>Rhizobia</i> και <i>Bradyrhizobia</i>	Ψυχανθή	Φυμάτια στο ριζικό σύστημα
Μη-ψυχανθή (αγγειόσπερμα)	Ακτινοβακτήρια (<i>Frankia</i>)	Μη-ψυχανθή (αγγειόσπερμα)	Φυμάτια στο ριζικό σύστημα
Συνεργιστική Μορφολογικές τροποποιήσεις	Κυανοβακτήρια, Βακτήρια	Διάφορα ανώτερα φυτά και μικροοργανισμοί	Φυμάτια στα φύλλα και στο ριζικό σύστημα, λειχήνες
Μη μορφολογικές τροποποιήσεις	Κυανοβακτήρια, Βακτήρια		Ριζόσφαιρα (μικροπεριβάλλον ριζικού συστήματος)
Μη συμβιωτική	Κυανοβακτήρια, Βακτήρια	Δεν συμμετέχουν φυτά	Φυλλόσφαιρα (μικροπεριβάλλον φύλλων) Έδαφος και νερό ανεξάρτητα από την παρουσία φυτών

Η τροφοπενία (ανεπάρκεια)
του αζώτου στα φυτά –
Συμπτώματα ανεπάρκειας

Κατηγορίες συμπτωμάτων τροφοπενιών

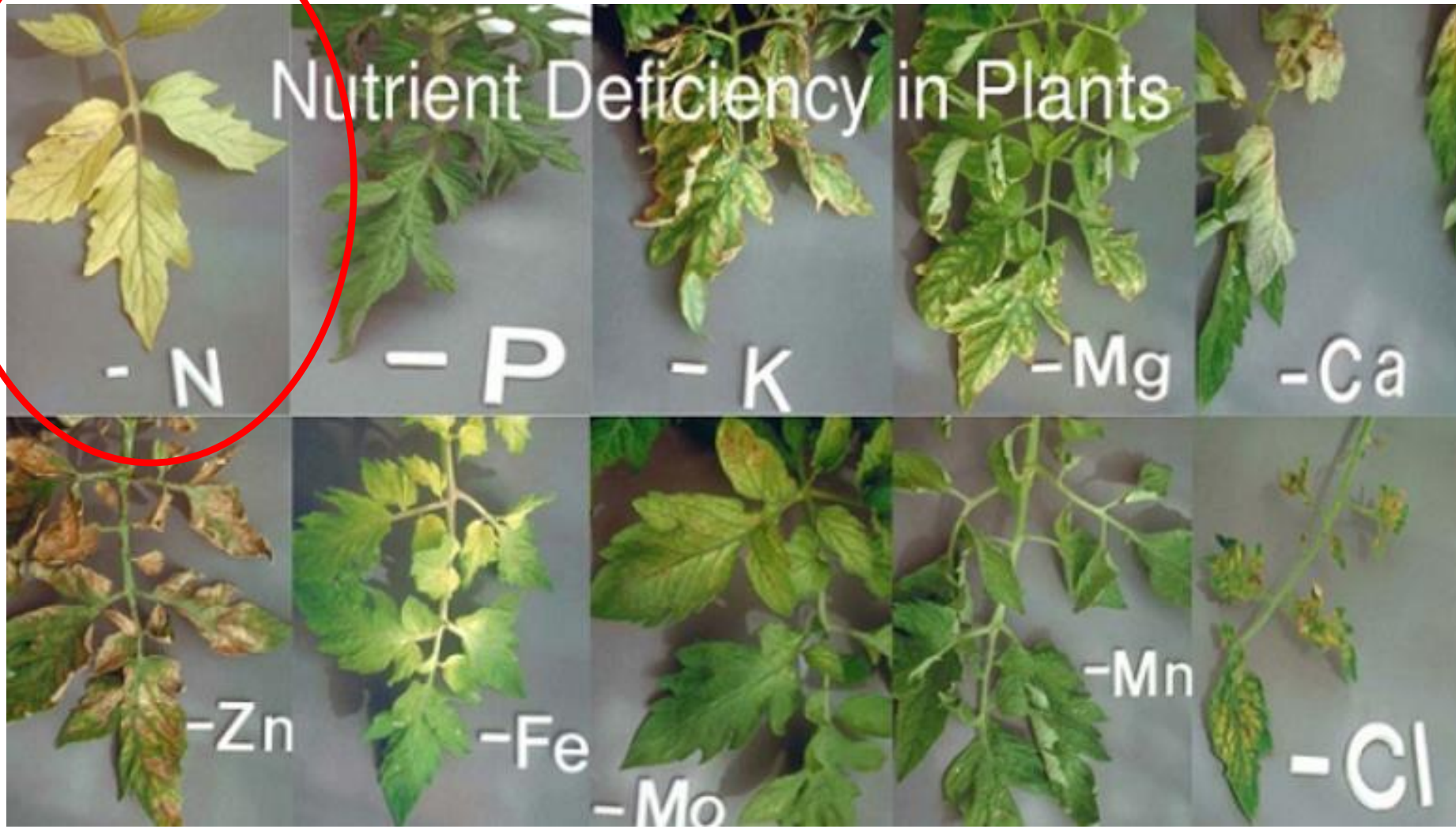
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ

•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)

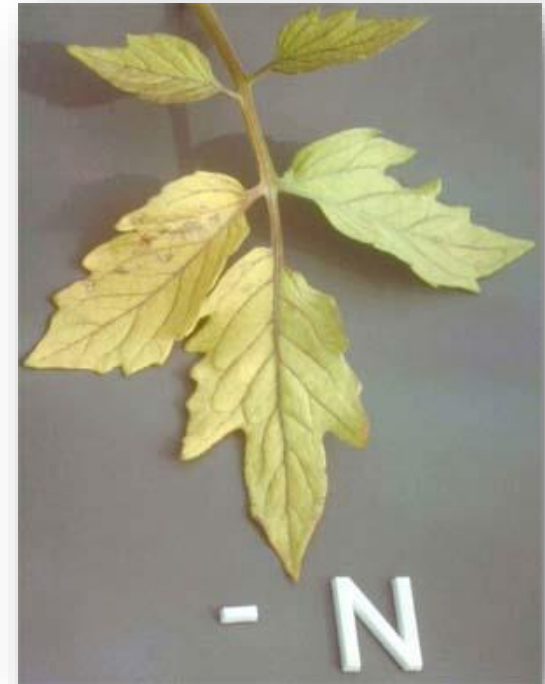


Η ανεπάρκεια του Ν στα φυτά



Συμπτώματα ανεπάρκειας N

- ✓ Υπό έλλειψη αζώτου **τα φύλλα γίνονται εντελώς κίτρινα και σταδιακά απορρίπτονται.**
- ✓ Τα νεότερα φύλλα μπορεί να μην εμφανίζουν συμπτώματα αρχικά επειδή το άζωτο μπορεί να κινητοποιηθεί από παλαιότερα φύλλα.
- ✓ **Αδύναμοι βλαστοί ή κλαδιά (περιορισμένη ανάπτυξη του φυτού)**
- ✓ **Περιορισμένη ανθοφορία και η καρποφορία.**
- ✓ Όταν η ανεπάρκεια αζώτου αναπτύσσεται αργά, **τα φυτά μπορεί έχουν έντονα λεπτά και ξυλώδη στελέχη.** Αυτό μπορεί να οφείλεται σε συσσώρευση υδατανθράκων που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στη σύνθεση αμινοξέων ή άλλων ενώσεων αζώτου.
- ✓ Οι υδατάνθρακες που δεν χρησιμοποιούνται στο μεταβολισμό του αζώτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σύνθεση ανθοκυανίνης, διαδικασία που οδηγεί σε **συσσώρευση αυτής της χρωστικής (μοβ χρωματισμός σε φύλλα, μίσχους και στελέχη ορισμένων φυτών, όπως στη ντομάτα και ορισμένες ποικιλίες καλαμποκιού).**



Nitrogen deficiency symptoms in tomato.
(Epstein and Bloom 2004)



<https://blog.bluelab.com/how-to-identify-and-treat-nitrogen-deficiency-in-plants>

<https://plantpro.gr/kaliergies/f1140300/24>



https://agriculturistmua.com/function-and-deficiency-symptoms-of-nitrogen/?utm_content=cmp-true



<https://www.afentoulis-geo.gr/page/6/13/%CE%A3%CF%85%CF%87%CE%BD%CE%AD%CF%82-%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%80%CE%B5%CE%BD%CE%AF%CE%B5%CF%82>



<https://www.novagreen.gr/oi-kyriotes-trofopenies-esperidoeidon-agravia-2/>



(α)



(β)



(γ)



(δ)

ΕΙΚΟΝΑ 13.1 Συμπτώματα έλλειψης και περίσσειας αζώτου. (α) Φυτό φασολιάς με έλλειψη αζώτου (δεξιά) παρουσιάζει τυπικά συμπτώματα χλώρωσης στα κατώτερα φύλλα και σημαντική αναστολή της ανάπτυξης του φυτού σε σχέση με το φυτό στα δεξιά που αναπτύσσεται σε κανονικές συνθήκες. (β) τα φύλλα του φυτού αγγουριάς κόντα στο φυτοδοχείο όπου αναπτύσσεται το φυτό, είναι χλωρωτικά λόγω του ότι το N μεταφέρθηκε από τα παλαιότερα στα νεότερα φύλλα τα οποία έχουν ένα βαθύ πράσινο χρώμα στα αριστερά της εικόνας. (γ) Ένα τυπικό σύμπτωμα από έλλειψη N στο καλαμπόκι είναι το κιτρίνισμα των φύλλων στη βάση του φυτού, ο μεταχρωματισμός της ξεκινά από την κορυφή του φύλλου και εκτείνεται κατά μήκος του κεντρικού νεύρου. (δ) Καλλιέργεια ρυζιού η οποία δέχθηκε υπερβολική ποσότητα N. Η παραδοσιακή ποικιλία όπως φαίνεται στο αριστερό μέρος της εικόνας έχει μεγαλύτερο ύψος με αποτέλεσμα να έχει πλαγιάσει σε αντίθεση με μια «νέα» ποικιλία η παραγωγή της οποίας είναι ικανοποιητική σε συνθήκες αυξημένης ποσότητας αζώτου λόγω του μικρού ύψους ανάπτυξης που παρουσιάζει και του ανθεκτικού άχυρου που παράγει. (Φωτογραφία, με την ευγενική παραχώρηση R. Weil)

Τροφοπενία αζώτου (αριστερά), επάρκεια σε άζωτο (δεξιά) Εικ.1



Τροφοπενία αζώτου δείχνει η περιοχή με πιο ανοιχτό πράσινο χρώμα

Πηγή: <https://www.haifa-group.com/el/%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CE%B8%CF%81%CF%AD%CF%88%CE%B7-%CF%81%CF%85%CE%B6%CE%B9%CF%BF%CF%8D>

Η ανεπάρκεια του Αζώτου στο αμπέλι

Τα παλαιότερα φύλλα γίνονται ανοιχτά πράσινα ή κίτρινα, η ανάπτυξη είναι σαφώς καθυστερημένη. Με συνεχή έλλειψη, ο αποχρωματισμός εξαπλώνεται σε ολόκληρο το φύλλωμα.

Οι νεαροί βλαστοί, οι μίσχοι και οι μίσχοι των συστάδων γίνονται ροζ ή κόκκινοι, ανεξάρτητα από την ποικιλία. Σε συνθήκες ξηρασίας, τα περιθώρια των φύλλων τείνουν ελαφρά προς τα πάνω, μαραίνονται και στεγνώνουν.

Σε σοβαρή ανεπάρκεια, αναπτύσσονται νεκρωτικές περιοχές στα παλαιότερα φύλλα μπορεί να μαραθούν και να ξεραθούν.



<https://lodigrowers.com/identification-of-nutrient-deficiencies-from-leaf-symptoms/>

<https://plantpro.gr/kaliergies/f1140501/26>

<https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/grapes/nutrient-deficiencies-grapevines/nitrogen-deficiency-grapevines/?activeSlide=8998>

Η ανεπάρκεια του Αζώτου στην ελιά

Κιτρίνισμα κυρίως στα νεαρά φύλλα
Γενικός αποχρωματισμός του δένδρου.
Περιορισμένο μέγεθος βλαστών και φύλλων
Περιορισμένη-καχεκτική ανάπτυξη του δένδρου.
Έλλειψη νέας βλάστησης



<https://www.cultifort.com/en/fruiting-production-ripening-olive/>

<https://www.haifa-group.com/olives-fertilizer/crop-guide-olive-trees-nutrition>



<https://www.yara.co.nz/crop-nutrition/olive/nutrient-deficiencies-olives/nitrogen-deficiency-olives/>



Η ανεπάρκεια του Αζώτου στα κηπευτικά

Κιτρίνισμα-χλώρωση των φύλλων. Αυτή η χλώρωση συνήθως ξεκινάει πρώτα από τα ώριμα, κατώτερα φύλλα.

Γενικός αποχρωματισμός του φυτού.

Το φυτό έχει ακανθώδη εμφάνιση με αραιή ανάπτυξη, αν και το συνολικό ύψος δεν μειώνεται.

Με τη συνεχιζόμενη ασιτία τα κάτω (παλιά) φύλλα γίνονται κίτρινα και πολλά αποκτούν μοβ χρώμα πριν πεθάνουν πρόωρα.



<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=21735>



Tomato Nutrient Deficiency – Haifa Group



Η ανεπάρκεια του Αζώτου στα κηπευτικά

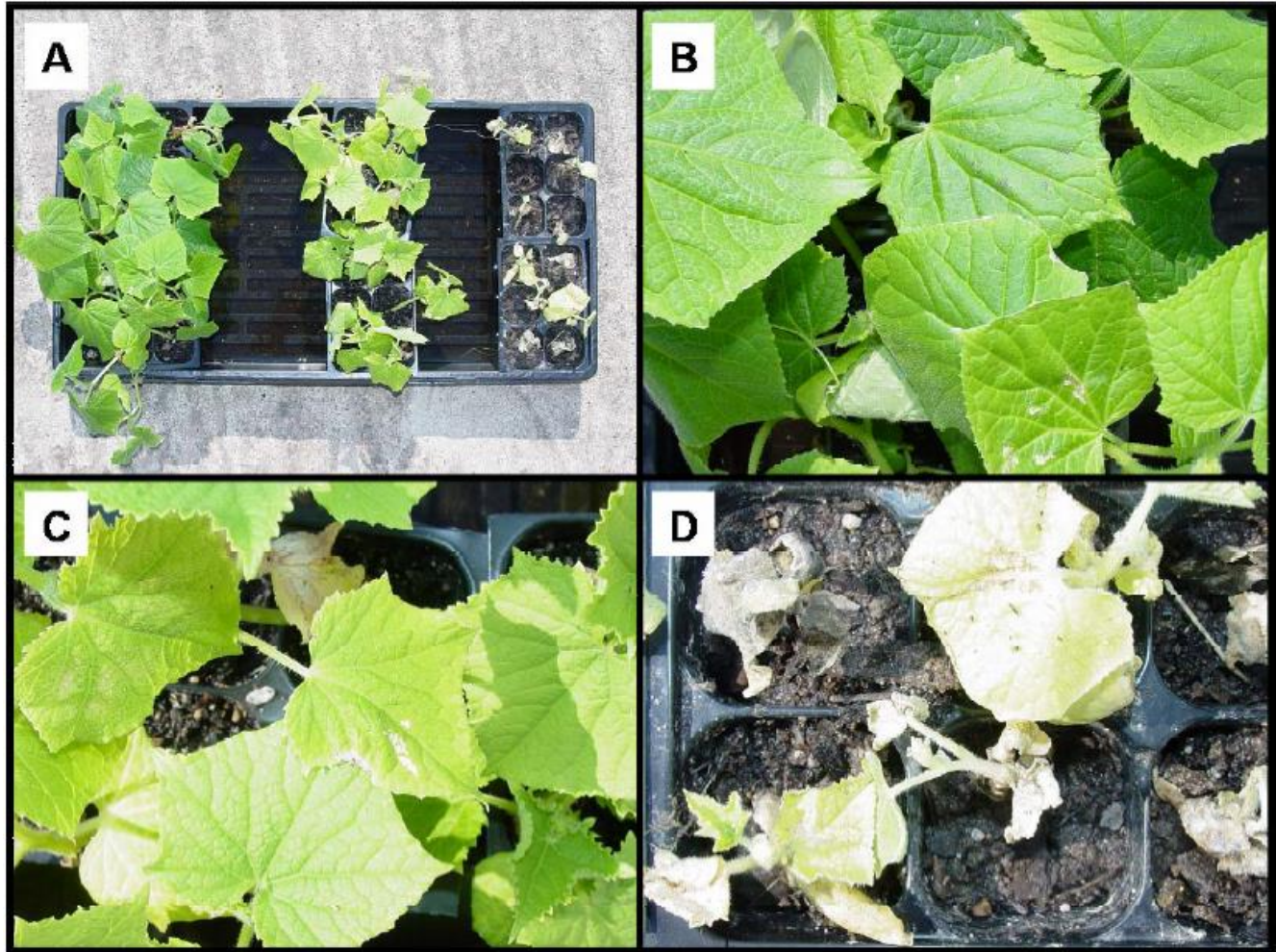


Figure 2. Cucumber (*Cucumis sativus*) plants subjected to three levels of nitrogen deficiency (A); minimal (B), intermediate (C), and stressed (D).

Η ανεπάρκεια του Αζώτου στα αγρωστώδη



Κιτρίνισμα-χλώρωση των φύλλων.

Επειδή το άζωτο είναι ένα κινητό θρεπτικό συστατικό στο φυτό, τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα γηραιότερα φύλλα και στη συνέχεια αναπτύσσονται στα νεότερα φύλλα καθώς οι συνθήκες γίνονται οξείες.

Γενικός αποχρωματισμός του φυτού.

Μειωμένη ανάπτυξη.

Τα φυτά με έλλειψη αζώτου ωριμάζουν νωρίς με σημαντικά μειωμένη απόδοση και ποιότητα.

<https://www.flickr.com/photos/cimmyt/5083622155>



<https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-nitrogen-deficiency-wheat>

<https://www.powerag.com/deficiencies/nitrogen-deficiency-cereal-grains/>

Η ανεπάρκεια του Αζώτου στα εσπεριδοειδή



<https://www.globalnetacademy.edu.au/listen-to-your-lemons-what-are-your-citrus-trees-trying-to-tell-you/>

Κιτρίνισμα-χλώρωση των φύλλων. Επειδή το άζωτο είναι ένα κινητό θρεπτικό συστατικό στο φυτό, τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα γηραιότερα φύλλα και στη συνέχεια αναπτύσσονται στα νεότερα φύλλα.

Γενικός αποχρωματισμός του δένδρου.

Μειωμένη ανάπτυξη.

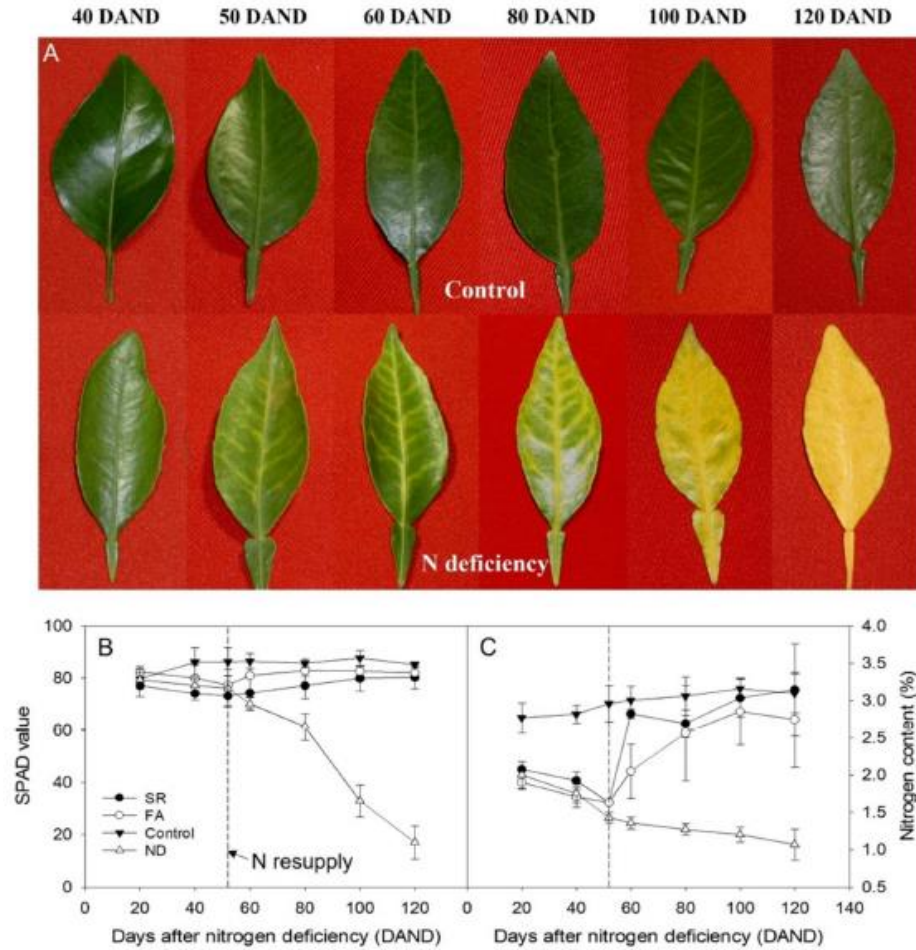


Figure 1. (A) Leaf symptoms of N deficiency in 'Shiranuhi'. (B) Changes in SPAD values of the leaves of 'Shiranuhi' according to the period of N deficiency and resupply. (C) Changes in leaf N content in 'Shiranuhi'.

Η ανεπάρκεια του Αζώτου στα πυρηνόκαρπα

Κιτρίνισμα-χλώρωση των φύλλων.

Επειδή το άζωτο είναι ένα κινητό θρεπτικό συστατικό στο φυτό, τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα γηραιότερα φύλλα και στη συνέχεια αναπτύσσονται στα νεότερα φύλλα καθώς οι συνθήκες γίνονται οξείες.

Γενικός αποχρωματισμός του δένδρου.

Μειωμένη ανάπτυξη.



<https://fruitsandnuts.ucdavis.edu/peach-nectarine-deficiencies>

https://ucanr.edu/sites/fruitreport/Nutrition_Fertilization/Individual_Nutrients/Nitrogen/?repository=27129&a=83008



Παράγοντες που προκαλούν έλλειψη N στα φυτά

Η έλλειψη N μπορεί να σχετίζεται:

- ✓ Με τον **τύπο του εδάφους** και είναι χαρακτηριστική για αμμώδη και καλά στραγγιζόμενα εδάφη με γρήγορη έκπλυση θρεπτικών στοιχείων.
- ✓ Με την **υπερβολική άρδευση και οι έντονες βροχοπτώσεις** προκαλούν έλλειψη αζώτου λόγω υπερβολικού ποτίσματος.
- ✓ Η **έλλειψη υγρασίας** του εδάφους επηρεάζει την απορρόφηση των υδατοδιαλυτών θρεπτικών συστατικών από τις ρίζες των φυτών.
- ✓ Ο **αερισμός του εδάφους** επιρεάζει την μικροβιακή δραστηριότητα (σε αναερόβιες συνθήκες γίνεται απονιτροποίηση).
- ✓ Η **θερμοκρασία του εδάφους** επηρεάζει επίσης τους μικροοργανισμούς και την μικροβιακή δραστηριότητα
- ✓ Τα **υψηλά επίπεδα Zn, Mn, K** και ιόντων χλωρίου είναι επίσης μεταξύ των αιτιών ανεπάρκειας αζώτου στα φυτά.
- ✓ Η αυξημένη **αλατότητα** του εδάφους επηρεάζει αρνητικά την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών λόγω της οσμωτικής πίεσης και μειώνει την πρόσβαση σε N.
- ✓ Το **pH** του εδάφους επηρεάζει επίσης τη διαθεσιμότητα N για τις καλλιέργειες: είτε το υψηλό είτε το χαμηλό pH είναι δυσμενές. Πολλαπλή επίδραση, δηλαδή στους μικροοργανισμούς, είτε στη διαθεσιμότητα άλλων θρεπτικών στοιχείων κ.α.
- ✓ Η παρουσία ζιζανίων προκαλεί ασιτία από N, αφού τα ζιζάνια στερούν τις καλλιέργειες ζωτικών στοιχείων.
- ✓ Προσθήκη οργανικών υποστρωμάτων: θετική ή αρνητική επίδραση που σχετίζεται με την ποιότητα αυτών των υλικών (ανθεκτικότητα στην βιοαποδόμηση, αναλογία C/N κ.α.)

Ο προσδιορισμός του
αζώτου στους φυτικούς
ιστούς

Προσδιορισμός ολικού N με τη μέθοδο Kjeldhal

Χρησιμοποιούμε φιάλες-σωλήνες Kjeldahl (75 ml) στις οποίες:

- ✓ Προσθέτουμε 500-1000 mg ξηρού φυτικού ιστού
- ✓ Προσθέτουμε 5.0 g of digestion mixture (100:1:1000 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}/\text{Se}/\text{K}_2\text{SO}_4$ or 1:60:1670 ($\text{CuSO}_4/\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{SO}_4$)).
- ✓ Εναλλακτικά χρησιμοποιούμε δύο ταμπλέτες με τα παραπάνω.
- ✓ Προσθέτουμε 20 mL πυκνού H_2SO_4 .
- ✓ Τοποθετούμε τις φιάλες Kjeldahl σε κατάλληλη συσκευή θέρμανσης και θερμαίνουμε σταδιακά έως τους 400°C (ορισμός προγράμματος θερμοκρασιών και διάρκειας χώνευσης)
- ✓ Το αφήνουμε να κρυώσει και μετράμε το NH_4
- ✓ Επιλέγουμε τη μέθοδο τιτλοδότησης αφού προηγουμένως αποστάξουμε το αμμώνιο με χρήση NaOH (30%) και το δεσμεύσουμε σε διάλυμα βορικού οξέος (4%). Στη συνέχεια τιτλοδοτούμε με αραιό διάλυμα HCl ή H_2SO_4 (0.1 ή 0.05N)



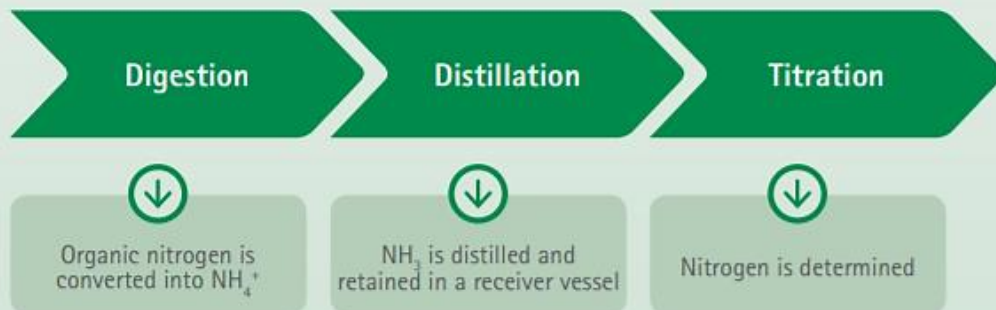
Nitrogen Determination by Kjeldahl Method

The Kjeldahl method is used to determine the nitrogen content in organic and inorganic samples.

For longer than 100 years the Kjeldahl method has been used for the determination of nitrogen in a wide range of samples. The determination of Kjeldahl nitrogen is made in foods and drinks, meat, feeds, cereals and forages for the calculation of the protein content. Also the Kjeldahl method is used for the nitrogen determination in wastewaters, soils and other samples.

It is an official method and it is described in different normatives such as AOAC, USEPA, ISO, DIN, Pharmacopeias and different European Directives.

The Kjeldahl procedure involves three major steps:



1. Digestion

The aim of the digestion procedure is to break all nitrogen bonds in the sample and convert all of the organically bonded nitrogen into ammonium ions (NH₄⁺). Organic carbon and hydrogen form carbon dioxide and water. In this process the organic material carbonizes which can be visualized by the transformation of the sample into black foam. During the digestion the foam decomposes and finally a clear liquid indicates the completion of the chemical reaction. For this purpose, the sample is mixed with sulfuric acid at temperatures between 350 and 380 °C. The higher the temperature used, the faster digestion can be obtained. The speed of the digestion can be greatly improved by the addition of salt and catalysts. Potassium sulfate is added in order to increase the boiling point of sulfuric acid and catalysts are added in order to increase the speed and efficiency of the digestion procedure. Oxidizing agents can also be added to improve the speed even further.



After digestion is completed the sample is allowed to cool to room temperature, then diluted with water and transferred to the distillation unit.

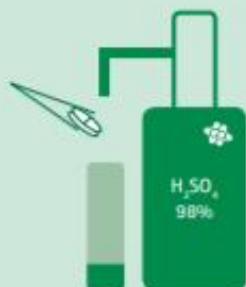


1. DIGESTION



Balance

- Shake the milk sample carefully so that it does not foam.
- Weigh approx. 5 g of the homogeneous sample.



- Place the sample into a digestion flask.
- Add 2 Kjeldahl tablets of 5 g of the Missouri catalyst.
- Add 20 ml Sulfuric Acid 98%.
- Carefully suspend the sample by gently swirling the tube.



Heating
block

Scrubber

- Bring the digestion tube/flask and mixture into the digestion unit and into a heating block.
- Heat the mixture (350 – 380 °C) until white fumes can be seen.
- Continue the heating for about 180 minutes.
- The vapours of water and sulfuric acid are bubbled through a solution of sodium hydroxide (scrubber) to neutralize them.
- The digestion is finished when the sample will be totally transparent with a slightly blue color due to the Cu from the catalyst.
- The sample is allowed to cool to room temperature and cautiously approx. 100 ml of water is added.
- Then the content of the glass tube is transferred to the distillation unit.



2. Distillation

During the distillation step the ammonium ions (NH_4^+) are converted into ammonia (NH_3) by adding alkali (NaOH). The ammonia (NH_3) is transferred into the receiver vessel by means of steam distillation.



The receiving vessel for the distillate is filled with an absorbing solution in order to capture the dissolved ammonia gas.

- Common absorbing solutions involve aqueous boric acid [$\text{B}(\text{OH})_3$] of 2-4% concentration. The ammonia is quantitatively captured by the boric acid solution forming solvated ammonium ions.



- Also other acids can be used as precisely dosed volume of sulfuric acid or hydrochloric acid that captures the ammonia forming solvated ammonium ions.



2. DISTILLATION

2

50 ml of sodium hydroxide 50% solution is added to the sample to neutralize the pH and to convert NH_4^+ into NH_3 .

3

A stream of water vapor is bubbled into the sample to entrain the NH_3 formed.

1

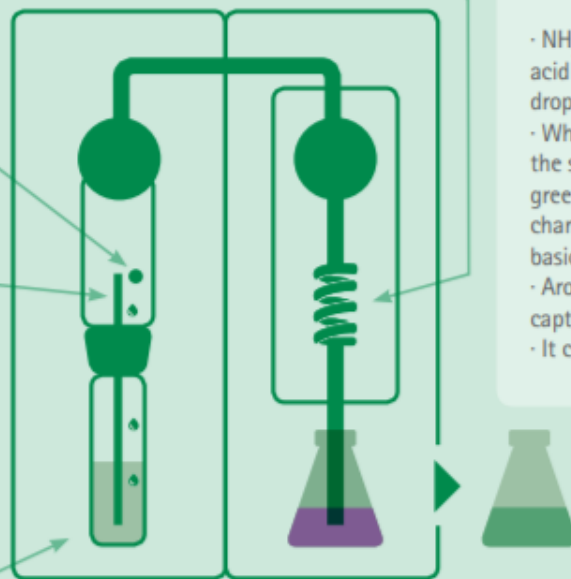
Sample already digested with sulfuric acid 98%.

4

NH_3 is condensed.

5

- NH_3 is captured in a 50 ml of boric acid solution 4% that contains 6 - 7 drops of Tashiro's indicator.
- When NH_3 reacts with boric acid the solution turns from red violet to green (pH 4.4-5.8) due to the color change of the indicator from acid to basic medium.
- Around 150 ml of condensate is captured in the boric acid solution.
- It can take approx. 5 minutes.



Distillation unit

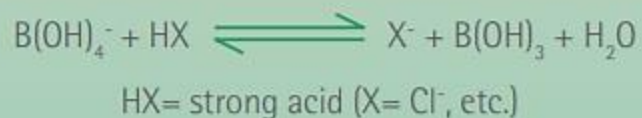


3. TITRATION

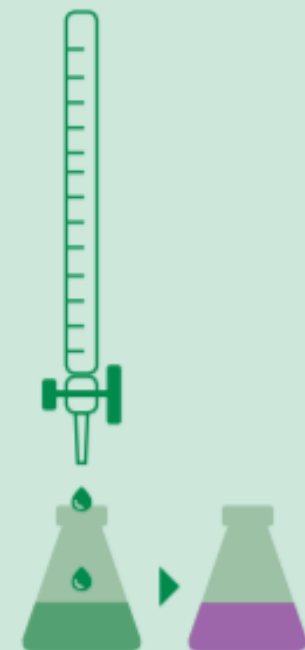
3. Titration

The concentration of the captured ammonium ions can be determined using two types of titrations:

- When using the boric acid solution as absorbing solution, an acid-base titration is performed using standard solutions of sulfuric acid or hydrochloric acid and a mixture of indicators. Depending on the amount of ammonium ions present, concentrations in the range of 0.01N to 0.5N are used. Alternatively the end point can be determined potentiometrically with a pH-electrode. This titration is called **direct titration**.



- When using sulfuric acid standard solution as absorbing solution, the residual sulfuric acid (the excess not reacted with NH₃) is titrated with sodium hydroxide standard solution and by difference the amount of ammonia is calculated. This titration is called **back titration**.



CALCULATIONS

The calculations for % nitrogen or % protein must take into account which type of receiving solution was used and any dilution factors used during the distillation process. In the equations below, "N" represents normality. "ml blank" refers to the millilitres of base needed to back titrate a reagent blank if standard acid is the receiving solution, or refers to millilitres of standard acid needed to titrate a reagent blank if boric acid is the receiving solution.

- When boric acid is used as the receiving solution the equation is:

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(\text{ml standard acid} - \text{ml blank}) \times \text{N of acid} \times 1.4007}{\text{weight of sample in grams}}$$

Πρόβλημα-Υπολογισμοί

Πραγματικό βάρος ξηρών φυτικών ιστών:1 g,
12,1 ml κατανάλωση διαλύματος H₂SO₄ (0.1N) κατά την
τιτλοδότηση του δείγματος και 0,1 ml κατανάλωση για το
τυφλό (απόσταξη χωρίς δείγμα).

% κ.β. N = (ml δείγματος – ml τυφλού)*1.4 * Κανονικότητα
οξέος/βάρος ξηρού δείγματος = (12,1 -0,1)*1,4 * 0,1 / 1 =
1.68 %

Άρα η περιεκτικότητα σε άζωτο είναι 1,68% επί του ξηρού
δείγματος.

Ερμηνεία αποτελέσματος: Κρίσιμη Συγκέντρωση-Ζώνες επάρκειας/ανεπάρκειας/τοξικότητας

- ✓ «Κρίσιμη συγκέντρωση» στον φυτικό ιστό είναι εκείνη η συγκέντρωση κατά από την οποία η ανάπτυξη του φυτού-απόδοση περιορίζεται σημαντική.
- ✓ «Αριστη συγκέντρωση» είναι εκείνη η συγκέντρωση κατά από την οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση.
- ✓ Κάτω από την κρίσιμη συγκέντρωση δημιουργείται μία ζώνη ανεπάρκειας στην οποία η απόδοση μειώνεται σημαντικά
- ✓ Η ζώνη επάρκειας έπεται της κρίσιμης συγκέντρωσης και στην οποία η αύξηση της συγκέντρωσης ενός στοιχείου σχετίζεται με την μέγιστη απόδοση.
- ✓ Περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του θρεπτικού στοιχείου στους φυτικούς ιστούς προκαλεί ελάττωση της απόδοσης πιθανότατα λόγω τοξικότητας από το θρεπτικό στοιχείο γιαυτό και ονομάζεται ζώνη τοξικότητας.

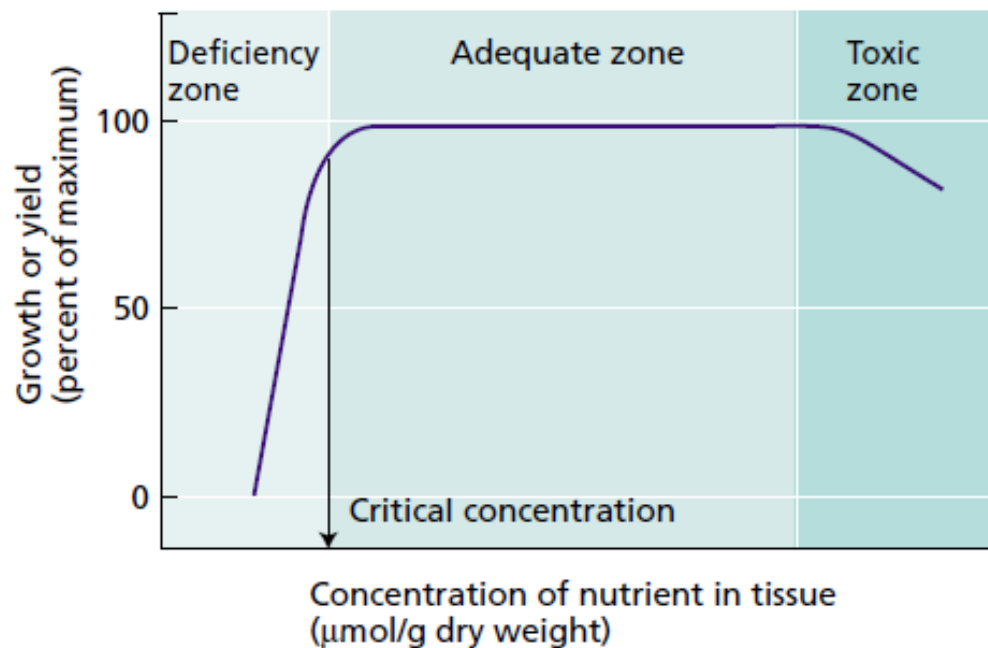


FIGURE 5.3 Relationship between yield (or growth) and the nutrient content of the plant tissue. The yield parameter may be expressed in terms of shoot dry weight or height. Three zones—deficiency, adequate, and toxic—are indicated on the graph. To yield data of this type, plants are grown under conditions in which the concentration of one essential nutrient is varied while all others are in adequate supply. The effect of varying the concentration of this nutrient during plant growth is reflected in the growth or yield. The critical concentration for that nutrient is the concentration below which yield or growth is reduced.

Παράδειγμα αποτελέσματος αναλύσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ

Αποτελεσμάτων Ανάλυσης Δείγματος Φύλλων.
Ελιά (Χειμώνας) 25 ετών

	Μακροστοιχεία %										
	Ολικό N		P		K		Ca		Mg		S
Τιμές Επάρκειας:	1.60	2.00	0.09	0.12	0.70	1.00	1.00	2.50	0.10	0.30	
Αποτέλεσμα:	1.554		0.41		0.77		2.12		0.24		
Χαρακτηρισμός:	MA		Y		E		E		E		

	Ιχνοστοιχεία ppm										
	B		Mn		Zn		Fe		Cu		Mo
Τιμές Επάρκειας:	20	50	50	150	10	30	50	150	5.00	20.00	
Αποτέλεσμα:	18.57		46.35		10.87		128.80		6.8		
Χαρακτηρισμός:	MA		MA		ME		E		E		

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: **A:** Ανεπάρκεια, **MA:** Μερική Ανεπάρκεια, **ME:** Μερική Επάρκεια, **E:** Επάρκεια, **Y:** Υπερεπάρκεια

Η διαχείριση του αζώτου στο αγρό

✓ Η αειφόρος διαχείριση του αζώτου έχει ως σκοπό την επίτευξη τριών στόχων:

- 1)τη διατήρηση της οργανικής ουσίας έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μακροχρόνια προμήθεια του εδάφους με άζωτο,
- 2)τη ρύθμιση της ποσότητας των διαλυτών μορφών αζώτου ώστε να διασφαλίζεται η κάλυψη των θρεπτικών απαιτήσεων των φυτών σε άζωτο και
- 3)την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της ελαχιστοποίησης των απωλειών διαφόρων μορφών αζώτου από το σύστημα φυτό – έδαφος, όπως είναι η έκπλυση και επιφανειακή απορροή των νιτρικών ιόντων και του διαλυτού οργανικού αζώτου, καθώς και της αμμωνίας και των οξειδίων του αζώτου, κατά τις εκπομπές αερίων.

Η διαχείριση του αζώτου στο αγρό

✓ Κατά τη διαχείριση του αζώτου (N) μεγάλη πρόκληση αποτελεί η παροχή στα φυτά διαθέσιμων μορφών αζώτου την κατάλληλη χρονική στιγμή, σε ικανοποιητικές αλλά όχι υπερβολικές ποσότητες και με την ελάχιστη δυνατή απώλεια από το περιβάλλον. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές τεχνολογίες ή πρακτικές που εφαρμόζονται στα λιπάσματα:

- 1) Εφαρμογή σε δόσεις ενός αζωτούχου λιπάσματος αφορά την εφαρμογή της συνολικής ποσότητας του αζώτου σε μια καλλιέργεια σε πολλές μικρές δόσεις αντί να γίνει η εφαρμογή μια μόνο φορά (συνήθως πριν ή κατά τη σπορά μιας ετήσιας καλλιέργειας)
- 2) Χημικοί αναστολείς της νιτροποίησης είναι ουσίες οι οποίες αναστέλλουν τη δραστηριότητα των βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas* που μετατρέπουν τα NH_4^+ σε NO_3^- στο πρώτο στάδιο της νιτροποίησης (μονοξυγενάση ένζυμο) (χρήση παρεμποδιστών).
- 3) Τα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης είναι ένας τρόπος μείωσης της απώλειας του N από το έδαφος. Ωστόσο η πλειονότητα των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης αζώτου παρασκευάζονται με την επεξεργασία της ουρίας με διάφορα υλικά που επιβραδύνουν τη διαλυτοποίηση της ή αναστέλλουν την υδρόλυση της σε αμμωνία. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν η ουρία-φορμαλδευδη, ισοβουτυλική διουρία (IBDU), ρητινο-επικαλυπτόμενα λιπάσματα (π.χ. Osmocote®) και ουρία επικαλυμμένη με πολυμερή ή θείο.
- 4) Εφαρμογή μικτών καλλιεργειών με ψυχανθή τα οποία δεσμεύουν άζωτο από την ατμόσφαιρα μέσω της βιολογικής δέσμευσης του αζώτου.



Σας ευχαριστώ για την
προσοχή σας