



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας  
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας

Πτυχιακή Εργασία με Θέμα:  
Επίδραση Νιτρικών Ιόντων στη Συσσώρευση Χρωστικών  
σε Υδροπονική Καλλιέργεια Παντζαριού



Βαφείδης Λέανδρος  
Σταματιάδου Κλειώ

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

+ CD-ROM

Αριθμ. Εισαγωγής

128

Υπεύθυνος Καθηγητής:  
Ζερβουδάκης Γεώργιος

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου  
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας  
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας

**Πτυχιακή Εργασία των:**  
Βαφείδης Λέανδρος  
Σταματιάδου Κλειώ

**Με Θέμα:**  
Επίδραση Νιτρικών Ιόντων στη Συσσώρευση Χρωστικών  
Σε Υδροπονική Καλλιέργεια Παντζαριού

## Περιεχόμενα

1)	Εισαγωγή.....	σελ. 3
1.1)	Το Στοιχείο Αζώτο .....	σελ. 3
1.1.1)	Δέσμευση του Αζώτου.....	σελ. 3
1.1.2)	Βιολογική δέσμευση του αζώτου.....	σελ. 4
1.1.3)	Αφομοιώσιμες Μορφές Αζώτου .....	σελ. 6
1.1.4)	Επιδράσεις .....	σελ. 7
1.2)	Το Παντζάρι .....	σελ. 9
1.3)	Χλωροφύλλες .....	σελ. 13
1.4)	Μπεταλαΐνες (Betalains).....	σελ. 17
1.4.1)	Οι χρωστικές γενικότερα.....	σελ. 17
1.4.2)	Δομή των Μπεταλαΐνων .....	σελ. 18
1.4.3)	Βιοσύνθεση της Μπεταλαΐνης .....	σελ. 20
1.4.4)	Οι μπεταλαΐνες στο παντζάρι .....	σελ. 22
2)	Σκοπός της Εργασίας .....	σελ. 23
3)	Υλικά και Μέθοδοι.....	σελ. 25
3.1)	Μεταχείριση Φυτών Παντζαριού .....	σελ. 25
3.2)	Προσδιορισμός παραγωγικότητας (βιομάζας) .....	σελ. 27
3.3)	Χρωματογραφία κατανομής επί χάρτου.....	σελ. 27
3.4)	Προσδιορισμός χλωροφύλλης.....	σελ. 27
3.5)	Προσδιορισμός μπετακυανίνων .....	σελ. 27
4)	Αποτελέσματα .....	σελ. 29
4.1)	Αποτελέσματα παραγωγικότητας (βιομάζας).....	σελ. 29
4.2)	Αποτελέσματα χρωματογραφία επί χάρτου .....	σελ. 32
4.3)	Αποτελέσματα μετρήσεων χλωροφύλλης.....	σελ. 34
4.4)	Αποτελέσματα μετρήσεων μπετακυανίνων.....	σελ. 35
5)	Συζήτηση και Συμπεράσματα .....	σελ. 37
5.1)	Γενικές παρατηρήσεις του πειράματος.....	σελ. 37
5.2)	Παρατηρήσεις Βιομάζας Παντζαριών.....	σελ. 37
5.3)	Παρατηρήσεις χρωματογραφία επί χάρτου .....	σελ. 38
5.4)	Παρατηρήσεις μετρήσεων χλωροφύλλης .....	σελ. 38
5.5)	Παρατηρήσεις Μετρήσεων Μπετακυανίνης .....	σελ. 38
5.6)	Γενικά Συμπεράσματα.....	σελ. 39
6)	Βιβλιογραφία.....	σελ. 40

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Το Στοιχείο Άζωτο

Το άζωτο είναι από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση αφού υπάρχει στην ατμόσφαιρα μας με αναλογία 78% περίπου. Αν και πιστεύεται γενικώς ότι η μεγαλύτερη πηγή αζώτου είναι η ατμόσφαιρα (περίπου  $3.8 \times 10^{15}$  τόνοι μοριακού αζώτου) εντούτοις τα μεγαλύτερα ποσά είναι δεσμευμένα στο στερεό φλοιό της γης και τα ιζήματα (περίπου  $18 \times 10^{15}$  τόνοι). Παρά τις μεγάλες ποσότητες αζώτου στο έδαφος ελάχιστα ποσά απελευθερώνονται και από αυτά πάλι πολύ μικρά ποσοστά είναι διαθέσιμα στα φυτά. (1)

Το ατμοσφαιρικό άζωτο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τους οργανισμούς, επειδή απαιτείται η λύση ενός ιδιαίτερα σταθερού ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ δύο ατόμων αζώτου ( $N \equiv N$ ), προκειμένου να σχηματισθεί νιτρικό οξύ ( $HNO_3$ ), νιτρικά ( $NO_3^-$ ) ή αμμωνιακά ( $NH_4^+$ ) ιόντα. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορους φυσικούς και ανθρωπογενείς τρόπους, που ονομάζονται δέσμευση αζώτου (nitrogen fixation). (2)

Το άζωτο είναι το ανόργανο στοιχείο που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα φυτά. Απαντά στο έδαφος κυρίως υπό μορφή νιτρικών ιόντων και πολύ λιγότερο υπό μορφή αμμωνιακών ιόντων. Τα αμμωνιακά ιόντα προέρχονται κυρίως από την αποδόμηση φυτικών ή ζωικών υπολειμμάτων. Πολύ γρήγορα, όμως, αυτά μετατρέπονται σε νιτρικά, με οξειδωση τους από τα βακτήρια νιτροποίησης. Εδάφη πλούσια σε αμμωνιακά ιόντα είναι αυτά με πτωχό αερισμό λόγω κακής αποστράγγισης, όπου τα βακτήρια νιτροποίησης δεν επιβιώνουν. (2)

Το μεγαλύτερο μέρος του εδαφικού αζώτου (98%) ευρίσκεται υπό οργανική μορφή και μόνο το 2% υπό ανόργανη μορφή, κυρίως σαν αμμωνιακό και ελάχιστο σαν νιτρικά και νιτρώδη ιόντα. Κατά έτος ένα ποσοστό 2-3% περίπου του οργανικού αζώτου ανοργανοποιείται (mineralization) με ελευθέρωση του υπό μορφή αμμωνίας και στη συνέχεια προς νιτρώδη και νιτρικά. Συγχρόνως ένα μέρος του αζώτου (N) ενσωματώνεται στα κύτταρα των μικροοργανισμών που πραγματοποιούν τις διασπάσεις (φαινόμενο γνωστό ως ακινητοποίηση). (3)

Για τους αυτότροφους οργανισμούς η βασικότερη πηγή αζώτου είναι τα νιτρικά άλατα του εδάφους, μορφή με την οποία συνήθως απελευθερώνεται και διατίθεται στα φυτά. (1)

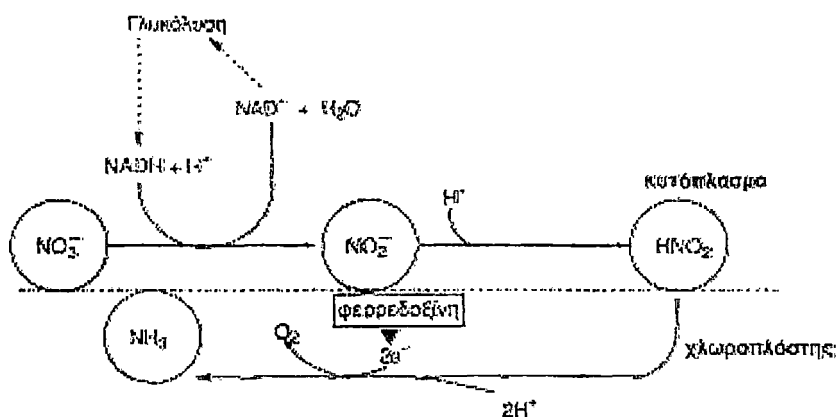
#### 1.1.1 Δέσμευση του Αζώτου

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο κυρίως με τη μορφή νιτρικών ( $NO_3^-$ ) ή αμμωνιακών ( $NH_4^+$ ) ιόντων. Κύριες πηγές αζώτου για τα φυτά είναι οι νιτρικές ενώσεις  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $NH_4NO_3$  και  $Ca(NO_3)_2$  καθώς και μερικά αμμωνιακά άλατα. (4) Η πρόσληψη εξαρτάται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, ενώ τα φυτά έχουν αναπτύξει εναλλακτικούς μηχανισμούς πρόσληψης και χρησιμοποίησης του. (2)

Και στις δύο περιπτώσεις τα άλατα αυτά για να μεταβολισθούν πρέπει να αναχθούν σε  $NH_3$ . Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αναγωγή του αζώτου. Για την μεταβολή των αλάτων  $NO_3^-$  σε  $NH_3$  γίνεται από τα εξής δύο βασικά στάδια:

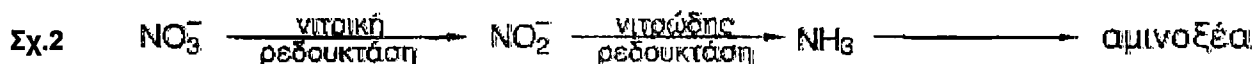
α) αναγωγή του  $NO_3^-$  σε  $NO_2^-$  και β) αναγωγή του  $NO_2^-$  σε  $NH_3$ .

Ο μηχανισμός, με τον οποίο γίνεται η αφομοίωση των  $NO_3^-$  ιόντων στους ιστούς των πράσινων φυτών παρουσία φωτός φαίνεται στο (Σχ.1). (4)

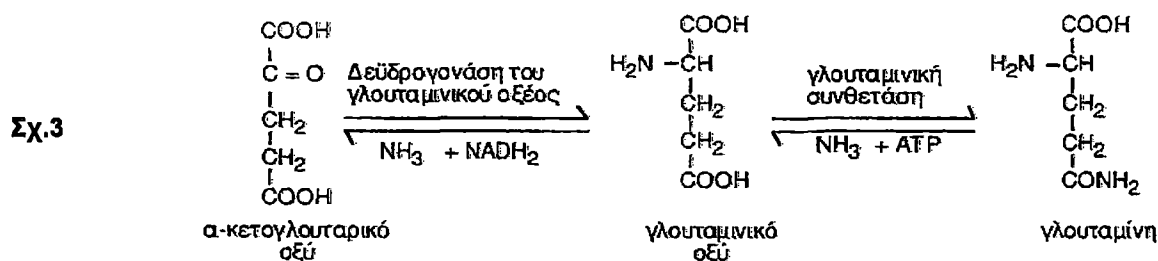


Σχ.1 Σχήμα, που παριστάνει την αναγωγή νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη και αμμωνία

Τα δύο ένζυμα που συμμετέχουν στη διαδικασία αυτή είναι η νιτρική ρεδοουκτάση και η νιτρώδης ρεδοουκτάση. Το πρώτο ένζυμο καταλύει την αναγωγή των  $\text{NO}_3^-$  σε  $\text{NO}_2^-$  ιόντα, που πραγματοποιείται μέσα στο κυτόπλασμα. Η παραπέρα αναγωγή των  $\text{NO}_2^-$  σε  $\text{NH}_3$  γίνεται μέσα στους χλωροπλάστες από τα ένζυμα της νιτρώδους ρεδοουκτάσης (Σχ.2). Τα δύο ένζυμα λειτουργούν διαδοχικά το ένα μετά το άλλο έτσι, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε συσσώρευση νιτρωδών αλάτων. (4)



Επειδή όμως η  $\text{NH}_3$  είναι τοξική για τα φυτικά κύτταρα, δεσμεύεται με αναγωγική αμίνωση των ακετονοξέων και σχηματίζει τελικά αμινοξέα ή αμίδια. Τα ακετονοξέα, και από αυτά κυρίως το ακετογλουταρικό οξύ, σχηματίζονται κατά τον κύκλο του Krebs. Στη συνέχεια με αναγωγική αμίνωση μετατρέπονται σε αμινοξέα ή αμίδια κατά τον ακόλουθο τρόπο (Σχ3): (4)



### 1.1.2 Βιολογική δέσμευση του αζώτου

Τα βακτήρια που ζουν ελεύθερα στο έδαφος δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και το μετατρέπουν σε αμμωνία, η οποία ελευθερώνεται στο έδαφος για χρήση από τα φυτά, μετά τον θάνατο των βακτηρίων και τη λύση των βακτηριακών κυττάρων. Στη συμβιωτική βιολογική αζωτοδέσμευση, στην ουσία χρησιμοποιείται η ίδια ενζυμική αντίδραση, αλλά τα βακτήρια βρίσκονται σε συμβίωση με τα φυτά και έτσι η αμμωνία, που παράγεται από τη δράση της νιτρογενάσης, αποδίδεται αμέσως στα φυτά είτε ως αμμωνία είτε ως άλλο αζωτούχο βιομόριο, όπως θα δούμε παρακάτω. Η συμβίωση των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων και των φυτών-ξενιστών είναι ένα παράδειγμα στο οποίο και οι δύο συμβιώτες αποκομίζουν οφέλη. Τα βακτήρια προσφέρουν στα φυτά

το άζωτο και τα φυτά ανταποδίδουν με παροχή υδατανθράκων στα βακτήρια. (2)

Τα σημαντικότερα βακτήρια για τη γεωργία ανήκουν στα είδη *Rhizobium* και *Bradyrhizobium*. Αυτά δείχνουν μεγάλη εξειδίκευση ως προς τα φυτικά είδη με τα οποία μπορούν να συμβιώσουν (Πίν.1). Τα κυριότερα φυτικά είδη που συμβιώνουν με τα βακτήρια που δεσμεύουν άζωτο ανήκουν στα ψυχανθή (οικογένεια *Fabaceae*).

Από τα 3.000 είδη της οικογένειας *Fabaceae* που έχουν μελετηθεί, περίπου το 90% έχει την ικανότητα συμβιωτικής αζωτοδέσμευσης. Ωστόσο, υπάρχουν και φυτικά είδη που δεν ανήκουν στην οικογένεια *Fabaceae*, αλλά έχουν αζωτοδεσμευτική ικανότητα. Αυτά ανήκουν σε 8 διαφορετικές οικογένειες και 23 γένη, π.χ. στα γένη *Alnus*, *Myrica*, *Shepherdia*, *Hippophae*, *Casuarina*, *Ceanothus*, *Coriaria*, και *Eleagnus*. Τα φυτά αυτά δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε υποστρώματα που δεν είναι πλούσια σε άζωτο, αν δεν έχουν μολυνθεί από βακτήρια. Οι συμβιωτικοί αζωτοδεσμευτικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν από τον ξενιστή οργανικές ενώσεις, κυρίως σάκχαρα, και προσφέρουν σε αυτόν αμμωνία, που είναι το προϊόν της αναγωγής του αζώτου. Η συμβιωτική δέσμευση του αζώτου στοιχίζει 12-17 g υδατανθράκων ανά γραμμάριο δεσμευμένου αζώτου. (2)

Πίν.1 Εξειδίκευση βακτηρίων <i>Rhizobium</i> και <i>Bradyrhizobium</i> για συμβιωτική βιολογική δέσμευση αζώτου.	
Βακτήριο	Φυτό
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Σόγια
<i>Rhizobium meliloti</i>	Μηδική
<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i>	Γαρύφαλλο
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Μπιζέλι
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Φασόλι
<i>Rhizobium loti</i>	Λωτός
<i>Rhizobium huakuii</i>	<i>Astragalus sinicus</i>
<i>Rhizobium cicer</i>	Ρεβύθι
<i>Rhizobium tropici</i>	<i>Leucaena</i> spp., <i>Macroptilium</i> spp.
<i>Rhizobium galegae</i>	<i>Galega officinalis</i> , <i>G. orientalis</i>
<i>Rhizobium fredii</i>	Σόγια
<i>Rhizobium</i> sp. strain NGR234	Τροπικά λαχανικά
<i>Rhizobium elti</i>	Φασόλι
<i>Bradyrhizobium elkanii</i>	Σόγια

Αναλυτικότερα, τα βακτήρια που μπορούν να συμμετάσχουν στη συμβίωση αυτή είναι:

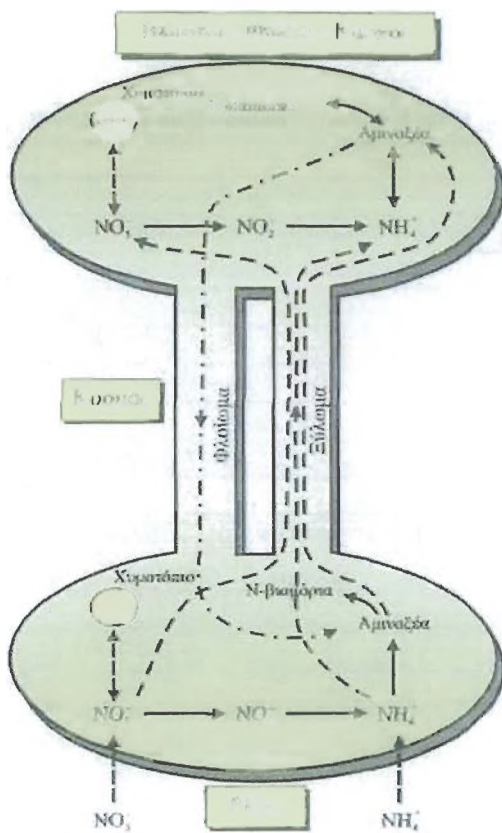
- Βακτήρια αρνητικά κατά Gram. Σε αυτά ανήκουν τα ριζόβια (*Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Photobacterium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*) που συμβιώνουν με διάφορα ψυχανθή, όπως φιστίκι, σόγια, φακή, φασόλι, μπιζέλι, τριφύλλι και γαρύφαλλο, και τουλάχιστον ένα είδος μη ψυχανθούς, το *Parasponia* (*Ulmaceae*).
- Βακτήρια θετικά κατά Gram. Σε αυτά ανήκουν ακτινομύκητες του γένους *Frankia*, που συμβιώνουν με διάφορες ομάδες δικοτυληδόνων, κυρίως δένδρων και ξυλωδών θάμνων από περίπου 60 γένη 9 οικογενειών, όπως σκλήθρο (*Alnus*), μυρτιά (*Myrica*), *Casuarina* και *Ceanothus*.
- Κυανοβακτήρια (π.χ. *Nostoc*), τα οποία συμβιώνουν με μεγάλο φάσμα φυτικών ειδών, όπως δικοτυλήδονα (π.χ. *Gunnerd*), κυκαδώδη, φτέρες, βρύα κ.ά. Στους ορυζώνες, τα κυανοβακτήρια *Anabaena* μπορούν να συμβιώσουν με την υδροχαρή πτέρη *Azolla*. Αυτό το δίδυμο μπορεί να δεσμεύσει έως και 50 g ατμοσφαιρικού

αζώτου ανά στρέμμα ημερησίως, ποσότητα ικανή να συμβάλει σε ικανοποιητική παραγωγή ρυζιού. Επίσης, το *Acetobacter* συμβιώνει με το σακχαροκάλαμο. (2)

### 1.1.3 Αφομοιώσιμες Μορφές Αζώτου

#### A) Πρόσληψη νιτρικών ιόντων

Τα νιτρικά ιόντα είναι η κύρια μορφή υπό την οποία προσλαμβάνεται το άζωτο από τα φυτά. Εκτός από τη σημασία του για τη θρέψη τους, έχει τον ρόλο σήματος και έτσι επηρεάζει σοβαρά την πορεία αύξησης και ανάπτυξης των φυτών. Τα νιτρικά ιόντα διαχέονται από το εδαφικό διάλυμα στον αποπλάστη της ρίζας και προσλαμβάνονται από τα επιδερμικά κύτταρα και τα κύτταρα του φλοιού δια μέσου ειδικών πρωτεϊνών-μεταφορέων νιτρικών. Στα κύτταρα της ρίζας, τα νιτρικά ιόντα μπορούν να έχουν την ακόλουθη χρήση (Σχ.4): (2)



Επ. Σχ.4

Χρήση νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων στα φυτά (από Loulakis and Roubelakis-Angelakis, 2001).

- Να αναχθούν σε αμμωνία και να ενσωματωθούν σε οργανικά αζωτούχα βιομόρια που θα χρησιμοποιηθούν στη ρίζα.
- Να αναχθούν σε αμμωνία και να ενσωματωθούν σε οργανικά αζωτούχα βιομόρια που θα μεταφερθούν στο υπέργειο τμήμα του φυτού, συνήθως ως αμίδια ή αμινοξέα, όπου θα χρησιμοποιηθούν ή θα αποταμιευθούν στα χυμοτόπια.
- Να μεταφερθούν ως νιτρικά στο υπέργειο τμήμα του φυτού, δια μέσου των αγγείων του ξύλου, όπου θα αναχθούν.
- Να αποταμιευθούν προσωρινά ως νιτρικά στα χυμοτόπια των ριζικών κυττάρων. Ως ζήτηση για άζωτο μπορεί να ορισθεί η διαφορά μεταξύ οργανικού αζώτου, που προέρχεται από την αφομοίωση της αμμωνίας, και της ποσότητας αζώτου που απαιτείται για τις ανάγκες του φυτικού οργανισμού. Η συγκέντρωση του αζώτου στο κυτταρόπλασμα των φυτικών ριζών ρυθμίζει τη σύνθεση ή την ενεργότητα των

πρωτεϊνών-μεταφορέων για τα νιτρικά. Ενδεχομένως κάποιο άλλο βιομόριο, παράγωγο της αφομοίωσης των νιτρικών, αποτελεί επίσης «μήνυμα» για την ενεργοποίηση ή την παρεμπόδιση της πρόσληψης. Π.χ. έχει βρεθεί ότι ο παρεμποδιστής της γλουταμινικής συνθετάσης, σουλφοξιμική μεθειονίνη (methionine sulfoxime), επηρεάζει την πρόσληψη νιτρικών. (2)

#### B) Πρόσληψη ιόντων αμμωνίας

Τα αμμωνιακά ιόντα είναι η δεύτερη, μετά τα νιτρικά, σημαντική πηγή αζώτου για τα φυτά. Η σημασία τους είναι μεγαλύτερη στα όξινα εδάφη, όπου η ταχύτητα νιτροποίησης και επομένως η διαθεσιμότητα νιτρικών ιόντων είναι μικρή. Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων έχει χαρακτηριστεί ως πολυφασική, σε διάφορα φυτικά είδη, υποδηλώνοντας τη συμμετοχή πολλών συστημάτων μεταφοράς. Οι τιμές της σταθεράς Michaelis-Menten,  $K_m$ , είναι 10-70  $\mu\text{M}$ .

Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων γίνεται με τη μεσολάβηση μιας μεμβρανικής πρωτεΐνης-μεταφορέα περίπου 500 αμινοξέων, υδρόφοβης, με διαμεμβρανικές περιοχές. Η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από την κινητήρια δύναμη πρωτονίων (proton motive force). (2)

### 1.1.4 Επιδράσεις

Το άζωτο είναι βασικό συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων του κυττάρου, μεταξύ των οποίων οι πρωτεΐνες, που αποτελούν το κύριο μέρος του πρωτοπλάσματος και τα νουκλεϊνικά οξέα, που περιέχουν την κωδικοποιημένη γενετική πληροφορία. Οι δύο αυτές μεγάλης σημασίας αζωτούχες ουσίες (πρωτεΐνες και νουκλεϊνικά οξέα) αποτελούν τα κλειδιά της ζωής κάθε έμβιου οργανισμού. Το άζωτο επίσης αποτελεί συστατικό πολλών οργανικών ουσιών του φυτικού κυττάρου, όπως χλωροφύλλης, αμινοξέων, αλκαλοειδών και μερικών ορμονών. (4)

Βρέθηκε ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα των φυτών επηρεάζεται κατά μεγάλο ποσοστό από τη διαθεσιμότητα του αζώτου. (2) Η έλλειψη του αζώτου είναι από τα πιο συνήθη φαινόμενα, που παρατηρούνται στις καλλιέργειες. Επειδή το άζωτο συμμετέχει στην πρωτεϊνική σύνθεση, αλλά κυρίως στη δομή της χλωροφύλλης, τα συμπτώματα έλλειψης εμφανίζονται αρχικά υπό μορφή χλώρωσης. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στα ηλικιωμένα κατώτερα φύλλα, τα οποία ως χλωρωτικά κιτρινίζουν και πέφτουν. Τα πιο νέα φύλλα (δηλαδή τα κορυφαία) μπορεί να μη δείχνουν αρχικά αυτά τα συμπτώματα, επειδή το άζωτο μπορεί να μετακινηθεί από τα παλαιότερα προς τα νεώτερα φύλλα.

Έτσι η έλλειψη του αζώτου σ' ένα φυτό μπορεί να προσδίδει ελαφρώς πράσινο χρώμα στα ανώτερα φύλλα και κίτρινο στα κατώτερα. Παράλληλα με τη χλώρωση αναπτύσσονται ανθοκυανίνες και μπεταλαΐνες στους μίσχους και κατά μήκος των "νεύρων" του πλατύσματος των φύλλων. Ένα άλλο επίσης σύμπτωμα έλλειψης αζώτου είναι η αναστολή της αύξησης των μερών του φυτού και κυρίως των πλευρικών κλάδων, γιατί αδρανοποιούνται οι πλευρικοί οφθαλμοί. Αντίθετα αύξηση της ποσότητας του αζώτου συνεπάγεται εντονότερη αύξηση του βλαστού και των φύλλων, βράχυνση όμως της ρίζας. (4)

Στα φυτά οι πρωτεΐνες είναι τα πλουσιότερα σε άζωτο συστατικά αφού συγκεντρώνουν περίπου το 80 με 85% του συνολικού αζώτου. Εξάλλου το άζωτο των νουκλεϊνικών οξέων φτάνει μέχρι 10% και των διαλυτών αζωτούχων ενώσεων περίπου 5% του συνολικού αζώτου των φυτών. Έχει διαπιστωθεί ότι στη φάση της βλάστησης του φυτού οι πρωτεΐνες που περιέχονται βρίσκονται κυρίως υπό μορφή ενζύμων, ενώ στο στάδιο σχηματισμού σπερμάτων και καρπών το μεγαλύτερο μέρος



των πρωτεϊνών βρίσκεται υπό μορφή αποταμιευτικών πρωτεϊνών. Ανεξάρτητα από τη μορφή των πρωτεϊνών, αποταμιευτικές ή με ενζυμική δράση, η ποσοτική παρουσία τους επηρεάζεται από την παρεχόμενη ποσότητα αζωτούχων λιπασμάτων. (4)

Είναι γνωστό πως απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο ποικίλουν μεταξύ των ειδών. Διαπιστώθηκε όμως ότι οι απαιτήσεις αυτές κυμαίνονται γενικώς μεταξύ 2 και 5% του ξηρού βάρους των φυτών. Όταν η παροχή αζώτου είναι μικρότερη του αρίστου, η αύξηση επιβραδύνεται, ενώ παράλληλα αρχίζουν να εκδηλώνονται πρόωρα συμπτώματα γήρατος των ηλικιωμένων φύλλων. Αύξηση στη χορηγούμενη ποσότητα αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση του γήρατος και προώθηση της αύξησης του φυτού, πέραν τούτου προκαλεί και μεταβολές στη μορφολογία του φυτού.

Οι μορφολογικές αυτές μεταβολές γίνονται πιο εμφανείς αν η χορήγηση του αζώτου είναι ψηλή κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της αύξησης. Έτσι η επιμήκυνση του βλαστού είναι ταχεία, ενώ αντίθετα αναστέλλεται η αύξηση της ρίζας, πράγμα που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών και του νερού. Το μήκος, το πλάτος και η επιφάνεια του ελάσματος του φύλλου αυξάνει, ενώ το πάχος ελαττώνεται καθώς η χορηγούμενη ποσότητα αζώτου αυξάνει. (4)

Σε μελέτες που έχουν γίνει πάνω στα τεύτλα και ειδικότερα στο παντζάρι έχει βρεθεί ότι η έλλειψη αζώτου προκαλεί επίσης και μείωση στην μετακίνηση νερού από της ρίζες στα φύλλα με συνέπεια την μείωση της διαπνοής και άλλων σε σχέση με αυτήν λειτουργιών. (5)

## 1.2 Το Παντζάρι

### Παντζάρι (*Beta vulgaris* L. Koch)

Το παντζάρι ανήκει στην οικογένεια **Chenopodiaceae** και στο είδος ***Beta vulgaris***, στο οποίο διακρίνονται τα παρακάτω βοτανικά είδη:

- ***Beta vulgaris* var *maritima***, αυτοφυές και γνωστό ως άγριο σέσκουλο.
- ***Beta vulgaris* var *cicla***. Είναι το καλλιεργούμενο σέσκουλο.
- ***Beta vulgaris* var *rapacea***, από το οποίο γενικώς τα τεύτλα.

Από νεότερη ταξινόμηση το παντζάρι κατατάσσεται στην βοτανική ποικιλία ***Beta vulgaris* L. Koch**

Το παντζάρι καλλιεργείται για τη σαρκώδη γογγυλόρριζα και για τα φύλλα του. Είναι είδος ιθαγενές της Ευρώπης και γνωστό από την αρχαιότητα. Ο Θεόφραστος πιθανώς να αναφέρεται σε αυτό ως «τευτλίον το μέλαν».

Το φυτό είναι διετές. Έχει ρίζα πασσαλώδη, η οποία στη συνέχεια εξελίσσεται σε γογγυλόρριζα σαρκώδη, σφαιροειδή, πεπλατυσμένη ή κωνική, συνήθως ερυθρή. Τα φύλλα, εναλλασσόμενα και παράρριζα, είναι μεγάλα, ακέραια, χρώματος πράσινου ή και ερυθρωπού.

Κατά το δεύτερο έτος του φυτού σχηματίζεται ανθικό στέλεχος ύψους 1,5 περίπου μέτρου, διακλαδιζόμενο, επί του οποίου σχηματίζονται τα άνθη κατά ταξιανθίες.

Η ρίζα του παντζαριού αποτελείται από 86% νερό, 1% πρωτεΐνες και 9% υδατάνθρακες.

### Η καλλιέργεια του *Beta vulgaris* L. Koch

- Εδαφοκλιματολογικές απαιτήσεις.

Το φυτό είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί οπουδήποτε, ευδοκίμει όμως σε κλίματα εύκρατα. Είναι αρκετά ανθεκτικό στο ψύχος ενώ καλλιεργούμενο κατά την ψυχρότερη εποχή δίνει γογγυλόρριζα με εντονότερο ερυθρό χρώμα.

Καταλληλότερα για τη καλλιέργειά του εδάφη είναι τα μέσης σύστασης ή ελαφρά, βαθιά και γόνιμα με pH 6-7 αν και ευδοκίμει επίσης και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη. Επιθυμητή είναι η ύπαρξη αρκετής εδαφικής υγρασίας, όχι όμως υπερβολικής, η οποία επιδρά δυσμενώς στην ποιότητα του προϊόντος.

- Σπορά.

Η σπορά περιλαμβάνει 3 εφαρμογές από τον Δεκέμβριο έως τον Φεβρουάριο, κατευθείαν στο χωράφι, με πολύ φρέσκους σπόρους. Για 100 τετρ. μέτρα χρειάζονται 125 γραμμάρια σπόρου. Το έδαφος πριν τη σπορά δουλεύεται και λιπαίνεται με ώριμα οργανικά λιπάσματα.

- Άρδευση-Καλλιεργητικές φροντίδες.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, γίνονται σκαλίσματα, ένα ή δύο αραιώματα -αρχίζοντας όταν τα φυτά έχουν τρία ή τέσσερα φύλλα, ώσπου να βρεθούν σε απόσταση 25εκ. το ένα από το άλλο - και συχνά ποτίσματα, γιατί σε ξερό έδαφος το φυτό ανθίζει.

- Συγκομιδή.

Η συγκομιδή του παντζαριού γίνεται βαθμιαία, ξεριζώνοντας τις ρίζες, όταν προβάλουν από το έδαφος και έχουν φθάσει τα δέκα εκατοστά. Οι ρίζες ενώνονται ανά 4-6, πλένονται και μεταφέρονται στην αγορά. (6)

### Ιδιότητες του *Beta vulgaris* L. Koch

Το παντζάρι έχει από τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε N σε σχέση με τα άλλα λαχανικά. Είναι αρκετά ανθεκτικό σε αντίξοες συνθήκες και διάφορα παθογόνα αντί άλλων λαχανικών. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ο κόκκινος-μοβ πορφυρός χρωματισμός της γογγύλης, της ρίζας και των μίσχων των φύλλων του. Αυτός ο χρωματισμός οφείλεται στις χρωστικές ουσίες, τις μπεταλαΐνες.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το άζωτο αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο για τα τεύτλα (και για το παντζάρι) καθώς είναι υπεύθυνο για τις σημαντικότερες λειτουργίες που φυτού (Πιν.2-6). (7)

Πίν.2 Περιεκτικότητα νιτρικών σε διάφορα φυτικά είδη (Sicilliano et al 1975)

Είδος φυτού	NO <sub>3</sub> ppm νωπού βάρους
Αραβόσιτος	45
Τομάτα	62
Κουνουπίδι	547
Λάχανο	635
Μαρούλι	850
Σπανάκι	1860
Σέλινο	2340
<b>Παντζάρι</b>	<b>2760</b>

Πηγή: Σιμώνης 1991

Πίν.3 Επίδραση του αζώτου και της έντασης του φωτός στη συσσώρευση των νιτρικών στα σπανάκια και τα παντζάρια

Φυτό	Αζωτο που (mg/kg εδ) προστέθηκε	NO <sub>3</sub> -N % ξ.ο.	
		Υψηλή Ένταση φωτισμού*	Χαμηλή Ένταση φωτισμού**
Σπανάκι (φύλλα)	0	0,09	0,14
	100	0,35	1,09
	200	0,72	1,61
Παντζάρι (φύλλα)	0	0,06	0,15
	50	0,18	0,50
	100	1,12	1,26
Παντζάρι (ρίζες)	0	0,02	0,04
	50	0,04	0,13
	100	0,35	0,44

\*, \*\*:  $3,23 \times 10^4$  χ και  $1,08 \times 10^4$  αντίστοιχα

Πηγή: Αγνώστος 1992

**Πίν.4** Μέγιστη και μέση ετήσια παραγωγή (κάτω από άριστες συνθήκες και κάτω από συνήθεις συνθήκες, αντιστοίχως) και μέση απώλεια παραγωγής εξαιτίας αβιοτικών και βιοτικών καταπονήσεων όπως καταγράφονται στις Η.Π.Α. για οκτώ βασικές καλλιέργειες και συγκριτικά για πέντε αντίστοιχες καλλιέργειες στην Ελλάδα. Η τελευταία στήλη αφορά απώλειες (% της μέγιστης παραγωγής) εξαιτίας αβιοτικών καταπονήσεων για τις Η.Π.Α., ενώ για την Ελλάδα οι απώλειες αποδίδονται αδιακρίτως σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις.

Καλλιέργεια	Μέγιστη παραγωγή (Kg/HA)	Μέση παραγωγή (Kg/HA)	Μέση Απώλεια (Kg/HA) από καταπόνηση		Απώλεια %
			Βιοτική <sup>β</sup>	Αβιοτική <sup>γ</sup>	
Η.Π.Α. <sup>α</sup>					
Καλαμπόκι	19300	4600	2000	12700	66
Σιτάρι	14500	1900	730	11900	82
Σόγια	7400	1600	700	5100	69
Σόργο	20100	2800	1000	16200	81
Βρώμη	10600	1700	900	8000	75
Κριθάρι	11400	2000	800	8600	75
Πατάτα	94100	28300	17800	50900	54
<b>Τεύτλο</b>	<b>121000</b>	<b>42600</b>	<b>17100</b>	<b>61300</b>	<b>51</b>
Ελλάδα <sup>δ</sup>					
Καλαμπόκι	15000	10000			33
Σιτάρι	4000	2500			38
Κριθάρι	5000	3000			40
Πατάτα	50000	25000			50
<b>Τεύτλο</b>	<b>90000</b>	<b>60000</b>			<b>33</b>

<sup>α</sup> Διασκευή από τους Bray et al. 2000. <sup>β</sup> Περιλαμβάνει ασθένειες, έντομα, ζιζάνια. <sup>γ</sup> Περιλαμβάνει ξηρασία, αλατότητα, πλημμύρες, παγετό, καύσωνα και λοιπές, μικρότερης σημασίας, καταπονήσεις.

<sup>δ</sup> Οι διαφορές στη μέγιστη και μέση παραγωγή μεταξύ Η.Π.Α. και Ελλάδος, οφείλονται σε κλιματικές διαφορές, σε διαφορετικές ποικιλίες-υβρίδια αλλά και σε διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές (π.χ. το τεύτλο αρδεύεται στην Ελλάδα, στην Αμερική μερικώς- το σιτάρι και το κριθάρι δεν αρδεύονται στην Ελλάδα, στην Αμερική αρδεύονται σε αρκετές Πολιτείες).**(8)**

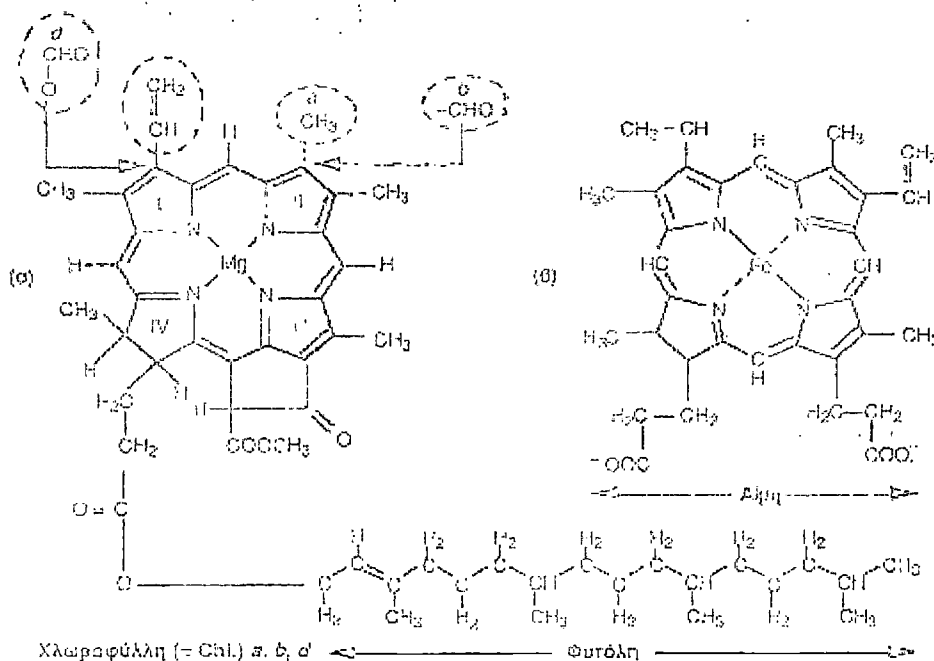
### 1.3 Χλωροφύλλες

Στα ανώτερα φυτά ο πιο δραστήριος ιστός, από φωτοσυνθετική άποψη, είναι ο ιστός του μεσόφυλλου. Τα κύτταρα του μεσόφυλλου έχουν ένα μεγάλο αριθμό χλωροπλαστών, οι οποίοι εκτός της χλωροφύλλης περιέχουν και άλλες χρωστικές.

Χρωστικές, που συμμετέχουν στις αντιδράσεις, για να "παγιδεύουν" το φως κατά τη φωτοσύνθεση, είναι οι χλωροφύλλες και οι δευτερεύουσες ή συμπληρωματικές χρωστικές, **καροτενοειδή** και **φυκοδιλίνες**. Πέρα από αυτές, χρωστικές, όπως η φλαβοπρωτεΐνη, η πλαστοκυανίνη, τα κυτοχρώματα, η φερρεδοξίνη και οι κινόνες, έχουν βρεθεί στους χλωροπλάστες, οι οποίες όμως κατά πάσα πιθανότητα δε συμμετέχουν άμεσα στη συλλογή του φωτός, αλλά μάλλον στη μεταφορά ηλεκτρονίων. (4)

#### α) Χλωροφύλλες:

Υπάρχουν περισσότερα του ενός είδη χλωροφυλλών, που διαφέρουν μεταξύ τους μόνο σε λεπτομέρειες της μοριακής τους δομής. Οι χλωροφύλλες που υπάρχουν σε φωτοσυνθετικούς οργανισμούς είναι η a, b, c, d, η βακτηριο-χλωροφύλλη και αρκετά άλλα παράγωγα τους. Η χλωροφύλλη a (Σχ.5) εμφανίζεται σ' όλους τους φωτοσυνθετικά ευκαρύωτους οργανισμούς και στα προκαρυωτικά κυανοβακτήρια. (4)

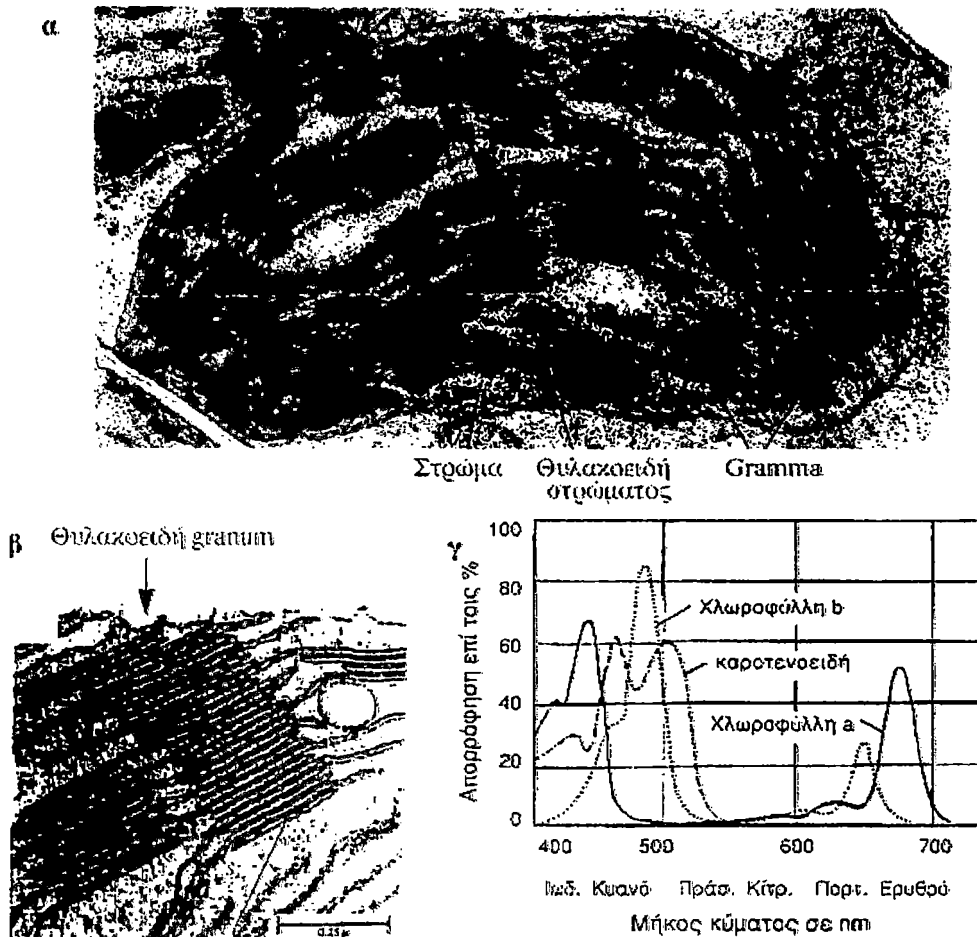


Σχ.5 (α) Η χλωροφύλλη b (=Chl. b) είναι όμοια με την a, με τη διαφορά ότι η ομάδα  $-CH_3$  του δακτυλίου II αντικαθίσταται από την ομάδα  $-CHO$ . Η βασική διαφορά μεταξύ της Chl. a και της c (που βρίσκεται στα διάτομα, δυνομαστιγώτα και τα φαιοφύκη) είναι ότι από την Chl. c απουσιάζει η «ουρά» της φυτόλης. Τέλος η Chl. d διαφέρει από την a ως προς την ομάδα  $CH_2=CH-$  του δακτυλίου I, η οποία αντικαθίσταται από τη ομάδα  $-O-CHO$ .

(β) Η Αίμη (που είναι μια κόκκινη χρωστική) είναι συστατικό της αιμοσφαιρίνης. Ο πορφυρινικός δακτύλιος της αίμης περιέχει Fe αντί του Mg της Chl.

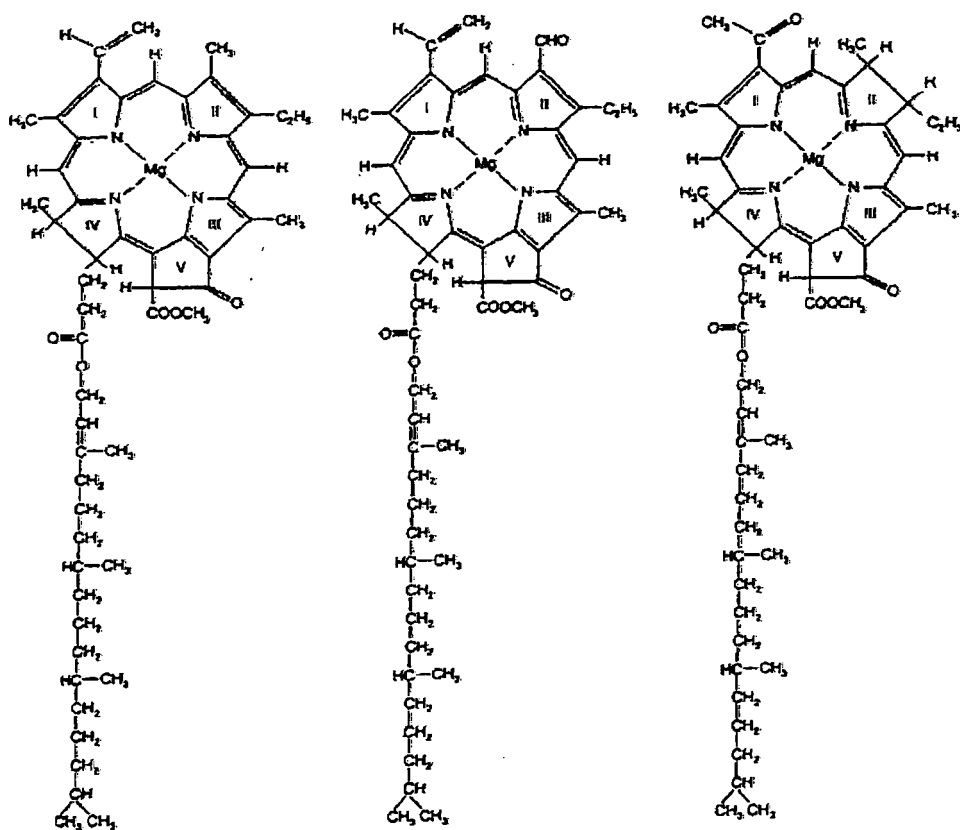
Κατά συνέπεια οι χλωροφύλλες a και b μαζί με τα καροτενοειδή είναι οι τυπικές χρωστικές των φωτοσυνθετικών οργανισμών. Όλοι όμως οι οργανισμοί αυτοί περιέχουν περισσότερες της μιας χρωστικής, η κάθε μια από τις οποίες προσφέρει και μια ειδική λειτουργία. (4)

Τα τραχεόφυτα, τα βρυόφυτα, τα χλωροφύκη και τα ευγλενώδη φύκη περιέχουν χλωροφύλλη a και b. Η χλωροφύλλη b, απορροφάει σε διαφορετικό μήκος κύματος φωτός από ότι η χλωροφύλλη a, π.χ. η χλωροφύλλη a δεν απορροφά αρκετά στα 460nm, ενώ η χλωροφύλλη b απορροφά έντονα σ' αυτό το μήκος κύματος (βλ. Σχ.6γ). Έτσι η χλωροφύλλη b θεωρείται ως μια δευτερεύουσα χρωστική, που βοηθάει στη διεύρυνση του φάσματος απορρόφησης του φωτός κατά τη φωτοσύνθεση. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφάει φως, το διεγερμένο μόριο της μεταβιβάζει την ενέργεια σ' ένα μόριο της χλωροφύλλης a, το οποίο στη συνέχεια τη μετατρέπει σε χημική με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Γενικώς στα φύλλα των πράσινων φυτών η χλωροφύλλη b, αποτελεί το 1/4 περίπου της συνολικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη. (4)



**Σχ.6** α) Χλωροπλάστης φύλλου *Zea mays*, όπως φαίνεται με το ΗΜ.  
 β) Λεπτομερής απεικόνιση της σύστασης ενός granum. Τα θυλακοειδή των διαφόρων grana συνδέονται μεταξύ τους με άλλα θυλακοειδή, που χαρακτηρίζονται ως θυλακοειδή στρώματος.  
 Η χλωροφύλλη βρίσκεται στα grana.  
 γ) Φάσμα απορρόφησης χλωροφύλλης a, b και καροτενοειδών. Σημειώστε ότι οι χλωροφύλλες απορροφούν, τόσο στο ερυθρό, όσο και στο κυανούν τμήμα του φάσματος, ενώ τα καροτενοειδή απορροφούν μόνο στο κυανούν και μεταξύ κυανού-πρασίνου.

Η χλωροφύλλη c παίρνει τη θέση της χλωροφύλλης b σε μερικές ομάδες φυκών και ιδιαίτερα στα φαιοφύκη και διάτομα. Στα φωτοσυνθετικά βακτήρια το ρόλο της χλωροφύλλης a έχει αναλάβει η βακτηριοχλωροφύλλη, η οποία αποτελεί χημική παραλλαγή της βασικής δομής της χλωροφύλλης. Εκτός όμως από τη διαφορά αυτή, διαφέρει και ως προς το φάσμα απορρόφησης, αφού το μέγιστο απορρόφησης βρίσκεται στην υπέρυθη περιοχή μεταξύ 700-800 nm, την οποία δεν μπορούν να αξιοποιήσουν τα υπόλοιπα αυτότροφα φυτά. (4)



Χλωροφύλλη *a*

Χλωροφύλλη *b*

Βακτηριοχλωροφύλλη *a*

Σχ.7 Δομή των μορίων φωτοσυνθετικών χρωστικών.

Χαρακτηριστικό των φωτοσυνθετικών αυτών βακτηρίων είναι ότι δεν μπορούν να αποσπάσουν ηλεκτρόνια από το μόριο του νερού και συνεπώς να ελευθερώσουν οξυγόνο. Αντί αυτού όμως χρησιμοποιούν ως δότες ηλεκτρονίων ανόργανες ενώσεις π.χ.  $H_2S$ , όπως φαίνεται στην αντίδραση:



Οι χλωροφύλλες *b*, *c* και *d* καθώς και η βακτηριοχλωροφύλλη είναι απλές χημικές παραλλαγές της δομής της χλωροφύλλης *a* (βλέπε Σχ.5,7), από την οποία επιπλέον διαφέρουν και ως προς τα φάσματα απορρόφησης τους. (4)

### β) Άλλες βοηθητικές χρωστικές:

Δύο άλλες ομάδες χρωστικών, που συμμετέχουν στη δέσμευση της ηλιακής ενέργειας είναι τα **καροτενοειδή** και οι **φυκοβιλίνες**. Η ενέργεια, που απορροφάται από τις συμπληρωματικές αυτές χρωστικές πρέπει να μεταφερθεί στη χλωροφύλλη *a*, την οποία δεν μπορούν να υποκαταστήσουν στη φωτοσύνθεση.

Πέρα όμως από τη λειτουργία τους αυτή, ως χρωστικές, συμβάλλουν και στην προστασία της χλωροφύλλης από την οξειδωση, όταν τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι ψηλά και συνεπώς και του  $O_2$ . (4)

Τα καροτενοειδή είναι ερυθρές, πορτοκαλί ή κίτρινες λιποδιαλυτές χρωστικές, που βρίσκονται σ' όλους τους χλωροπλάστες και τα κυανοβακτήρια, συνδεδεμένες με τη χλωροφύλλη *a*. Όπως οι χλωροφύλλες έτσι και τα καροτενοειδή των χλωροπλάστων είναι βυθισμένα στις μεμβράνες των θυλακοειδών. Συνήθως βρίσκονται δύο ομάδες καροτενοειδών στους χλωροπλάστες, τα **καροτένια** και οι **ξανθοφύλλες** (οι τελευταίες είναι οξυγονούχα παράγωγα των πρώτων). Τα βήτα καροτένια, που

βρέθηκαν στα φυτά, είναι οι κύριες πηγές της βιταμίνης A, από τις οποίες τροφοδοτείται, τόσο ο άνθρωπος, όσο και τα άλλα ζώα. Στα πράσινα φύλλα το χρώμα των καροτενοειδών καλύπτεται από την πληθώρα των χλωροπλάστων.

Η τελευταία ομάδα των συμπληρωματικών χρωστικών είναι οι **φυκοβιλίνες**, που βρίσκονται στα κυανοβακτήρια και στους χλωροπλάστες των ερυθροφυκών. Αντίθετα προς τα καροτενοειδή, οι φυκοβιλίνες είναι υδατοδιαλυτές και περιλαμβάνουν τις γνωστές χρωστικές **φυκοκυανίνη** (μπλε) και **φυκοερϋθρίνη** (κόκκινη). (4)



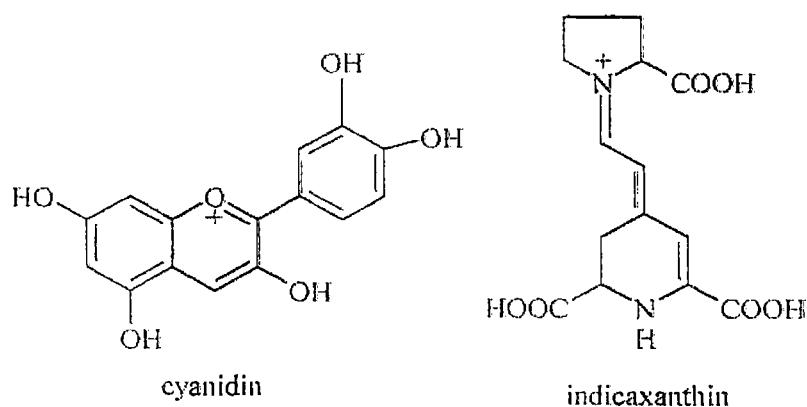
## 1.4 Μπεταλαΐνες (Betalains)

### 1.4.1 Οι χρωστικές γενικότερα

Τα φυτά είναι γνωστό ότι εμφανίζουν μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων ως αποτέλεσμα της συσσώρευσης χρωστικών ουσιών σε διάφορους ιστούς και όργανα. Μερικές χρωστικές ουσίες έχουν ένα σημαντικό ρόλο σε μεταβολικές διαδικασίες όπως η φωτοσύνθεση (χλωροφύλλες και καροτενοειδή) και σε κάποιες βιοχημικές αντιδράσεις (φλαβονοειδή). Επίσης, οι χρωστικές ουσίες εμφανίζονται στα άνθη, τους καρπούς και τα σπέρματα βοηθώντας στη γονιμοποίηση και τη διασπορά των σπερμάτων. Σε ορισμένα φυτά έχει παρατηρηθεί η συσσώρευση χρωστικών ουσιών για την επούλωση μιας πληγής, λειτουργώντας και ως προστατευτικές ουσίες εμφανίζοντας βακτηριοστατικές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες.

Επίσης, οι μπεταλαΐνες και ειδικότερα οι μπετακυανίνες εμποδίζουν την οξείδωση των ενζύμων και των κυτάρων του φυτού από το ενεργό  $O_2$ .<sup>(9)</sup> Γι αυτό γίνεται και χρήση τους στην βιομηχανία κρασιού σαν χρωστική ουσία, καθώς δεν αλλοιώνει τον οίνο.<sup>(10)</sup> Σε πειράματα ιατρικής έχει βρεθεί ότι οι αντιοξειδοτικές δράσεις των μπεταλαΐνων προλαμβάνουν σοβαρές ασθένειες όπως οι καρδιοπάθειες, ο καρκίνος και κάποιες αλλεργίες, βελτιώνοντας το αγγειακό σύστημα και την ανθεκτικότητα των κυτάρων από προσβολές.<sup>(11, 12)</sup>

Οι χρωστικές ουσίες φαίνεται να έχουν μια προστατευτική λειτουργία ενάντια στη UV-ακτινοβολία ή έναν πιθανό ρόλο ως φωτοδέκτες. Οι χρωστικές ουσίες μπορούν να διαιρεθούν σε δύο σημαντικές ομάδες τις ανθοκυάνες, που βρίσκονται σε μεγάλη πλειοψηφία σε διάφορα είδη φυτών, και τις μπεταλαΐνες. Και οι δύο ομάδες συσσωρεύονται στα χυμοτόπια και έχουν μια παρόμοια δομή.<sup>(13)</sup>



Σχ.8 Παράδειγμα των χρωστικών ουσιών ανθοκυανίνης (cyaniding) και μπεταλαΐνης (indicaxanthins).

Οι ανθοκυάνες εμφανίζουν ένα ευρύ φάσμα χρωμάτων από το κίτρινο ως το πορτοκαλί και από το κόκκινο ως το μπλε. Αυτή η μεγάλη ποικιλία χρωμάτων οφείλεται στη σύνθετη δομή του μορίου της ανθοκυανίνης που επιτρέπει πολυάριθμες αντικαταστάσεις (στην αλυσίδα του μορίου του) και το γεγονός ότι αλλάζει το χρώμα της ανάλογα με το pH.<sup>(13)</sup>

Οι μπεταλαΐνες δεν έχουν μπλε χρώμα αλλά έχουν κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο και πορφυρό. Αντίθετα από τις ανθοκυάνες, δεν είναι δείκτες pH. Στα διάφορα φυτά οι μπεταλαΐνες βρίσκονται μόνο σε 10 οικογένειες της τάξεως των *caryophyllales* (*centrospermae*).

Οι ανθοκυάνες και οι μπεταλαΐνες δεν έχει αναφερθεί μέχρι σήμερα να βρίσκονται και να δρουν ταυτόχρονα στο ίδιο φυτό. Αυτή η αμοιβαία αποκλειστικότητα των χρωστικών ουσιών είναι ένα σημαντικό κριτήριο που χρησιμοποιείται στη συστηματική βοτανική. **(13)**

#### 1.4.2 Δομή των Μπεταλαΐνων

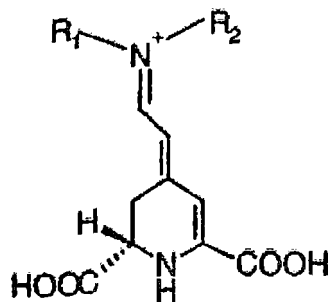
Ο όρος μπεταλαΐνες πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τους Mabry και Dreiding το 1968 για να αντικαταστήσει την παλιά ονομασία «νιτρικές ανθοκυανίνες» και προέρχεται από τη λατινική ονομασία του παντζαριού "beta vulgaris" το οποίο χρησιμοποίησαν για να μελετήσουν τη χημική δομή και τη σύνθεση των μπετακυανινών. Η χημική δομή των μπεταλαΐνων προέρχεται από το betalamic acid. Οι διπλοί δεσμοί δίνουν ένα κίτρινο χρώμα στο betalamic acid, που έχει ένα μέγιστο απορροφητικότητας στα 424 nm. **(13)**

Οι μπεταλαΐνες είναι χωρισμένες σε δύο ομάδες: μπετακυανίνες (betacyanins) και μπεταξανθίνες (betaxanthins) με κόκκινα-πορφυρά και κίτρινα χρώματα, αντίστοιχα. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, κάθε ομάδα χρωστικών ουσιών χαρακτηρίζεται από το συγκεκριμένο  $R_1-N-R_2$  υποκατάστατο.

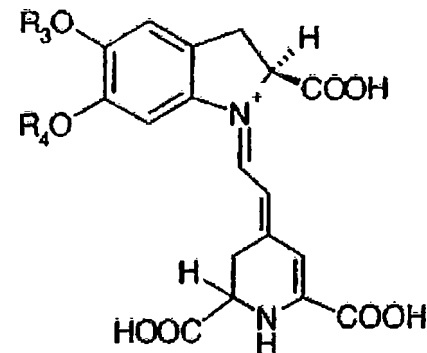
Περισσότερες από 50 μπεταλαΐνες έχουν περιγραφεί, όλες με την ίδια βασική δομή, αλλά με διαφορετικά υποκατάστατα  $R_1$  και  $R_2$ . **(13)**

## Examples of Betalains

### Betacyanins



### Betaxanthins



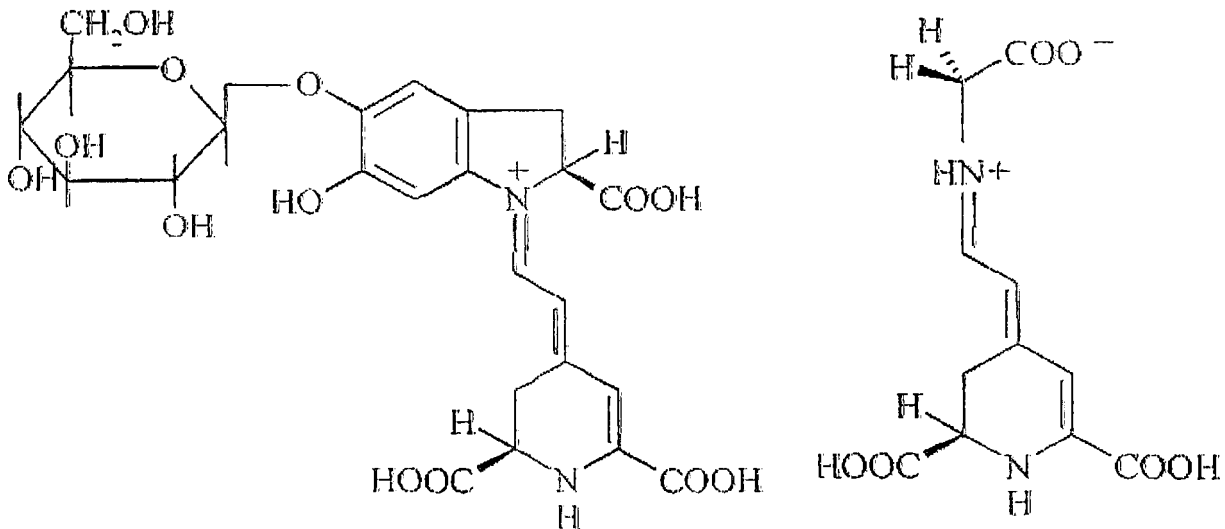
Σχ.9 Βασική δομή Μπετακυανίνων και Μπεταξανθίνων

Name	Substituent group		Botanical source	Name	Substituent group		Botanical source
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	
<i>Betainin</i>	<i>β-glucose</i>	<i>H</i>	<i>Beta vulgaris</i>	Indicaxanthin	Both	groups together from proline	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Phyllocactin	6'-O-(malonyl)- <i>β-glucose</i>	<i>H</i>	<i>Phyllocactus hybridus</i>	Portulacaxanthin-I	Both	groups together from hydroxyproline	<i>Portulaca grandiflora</i>
Lamparanthin I	6'-O-p-coumaroyl- <i>β-glucose</i>	<i>H</i>	<i>Lamparanthus spp.</i>	<i>Vulgaxanthin-I</i>	<i>H</i>	<i>Glutamine</i>	<i>Beta vulgaris</i>
Amaranthin	2'-O-( <i>β-glucuronic acid</i> )- <i>b-glucose</i>	<i>H</i>	<i>Amaranthus tricolor</i>	<i>Vulgaxanthin-II</i>	<i>H</i>	<i>Glutamic acid</i>	<i>Beta vulgaris</i>
Celosianin-II	2'-O-[0-(trans-feruloyl)- <i>β-glucuronic acid</i> ]- <i>β-glucose</i>	<i>H</i>	<i>Celosia cristata L.</i>	Dopaxanthin	<i>H</i>	L-DOPA	<i>Glottiphyllum longum</i>

R<sub>3</sub> and R<sub>4</sub> may be acyl or glycosyl substituent groups

Πιν.5 Sources: Adapted from Jackman and Smith (1996)<sup>4</sup> and Delgado-Vargas et al. (2000).<sup>17</sup> (13)

Οι μπεταξανθίνες εμφανίζουν μέγιστο απορροφητικότητα στα 470-484 nm (Σχ.10).(13)  
Οι μπετακυανίνες έχουν βιολετί (ιώδες) χρώμα. Εμφανίζει μέγιστο απορροφητικότητα στα 534-552 nm (Σχ.10).(13)



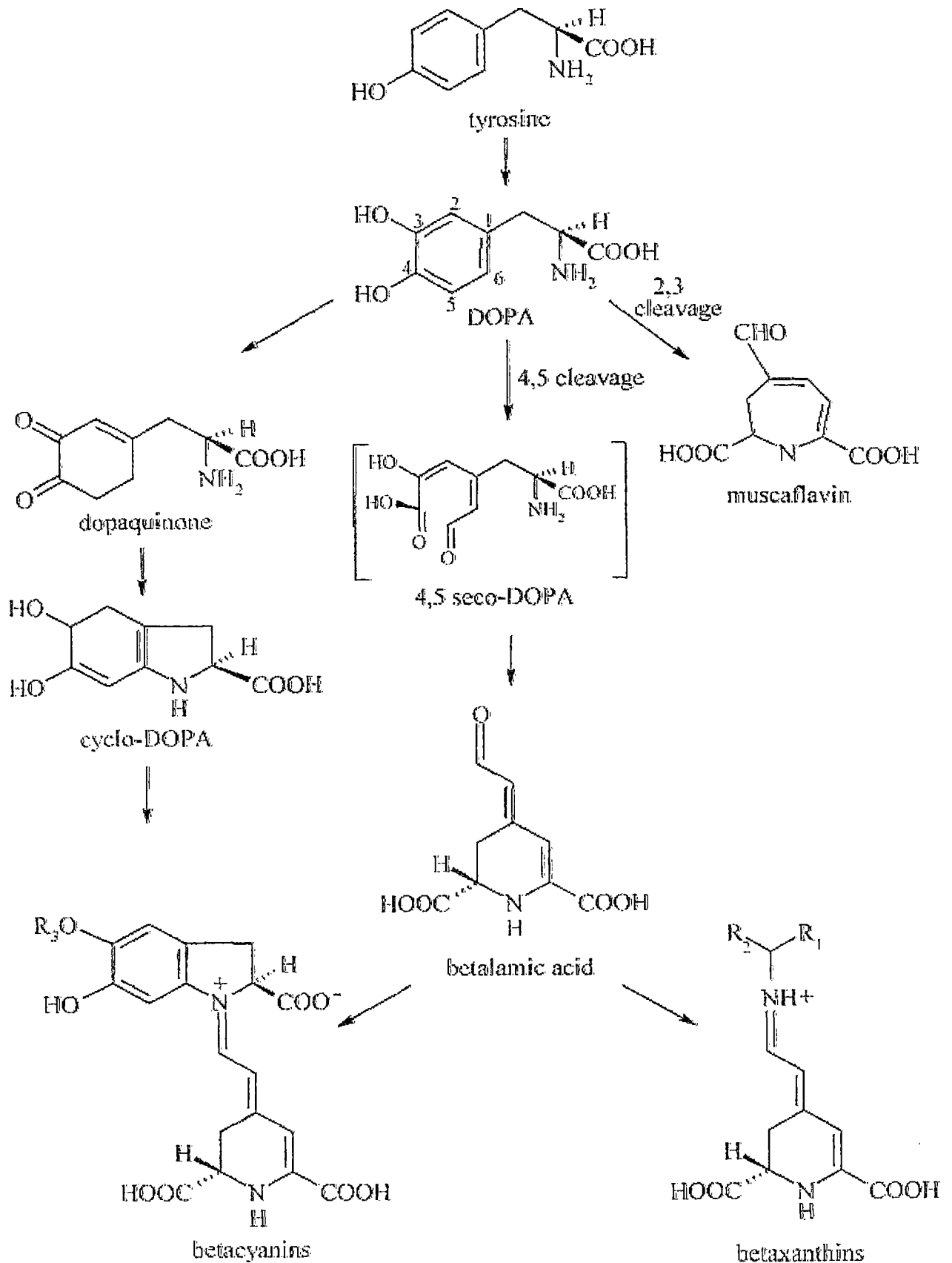
Σχ.9 Χημική δομή της betanin (betacyanin) και της portulacaxanthin III (betaxanthin)

### 1.4.3 Βιοσύνθεση της Μπεταλαΐνης

Αντίθετα με τις ανθοκυάνες που προέρχονται από τη φαινυλαλανίνη οι μπεταλαΐνες έχουν ως πρόδρομο τους την τυροσίνη. Η τυροσίνη υδρολύεται από την τυροσινάση και δίνει 3,4-dihydroxyphenylalanine. Το ίδιο ένζυμο μπορεί να καταλύσει το σχηματισμό του cyclo-DOPA μέσω της dopaquinone. Ο αρωματικό δακτύλιος του DOPA διασπάται στη θέση 4, 5 και δίνει ένα ενδιάμεσο προϊόν το seco-DOPA. Το seco-DOPA είναι ασταθές και μετατρέπεται σε betalamic acid (Σχ.11).(13),(14),(15),(16)

Η ταχύτητα αυτής της αντίδρασης είναι πολύ μεγάλη και εξαρτάται από την παρουσία των καταλυτικών ενζύμων (π.χ τυροσινάση) τα οποία είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό των μπεταλαΐνων. Ένας ακόμα καταλυτικός παράγοντας της αντίδρασης είναι και η συγκέντρωση της τυροσίνης.(17)

Το betalamic acid μπορεί να αντιδράσει με τα πρωτεϊνικά και μη πρωτεϊνικά οξέα και να δώσει τις κίτρινες μπεταξανθίνες. Συμπύκνωση με cyclo-DOPA μας δίνει μπετακυανίνες.(13)



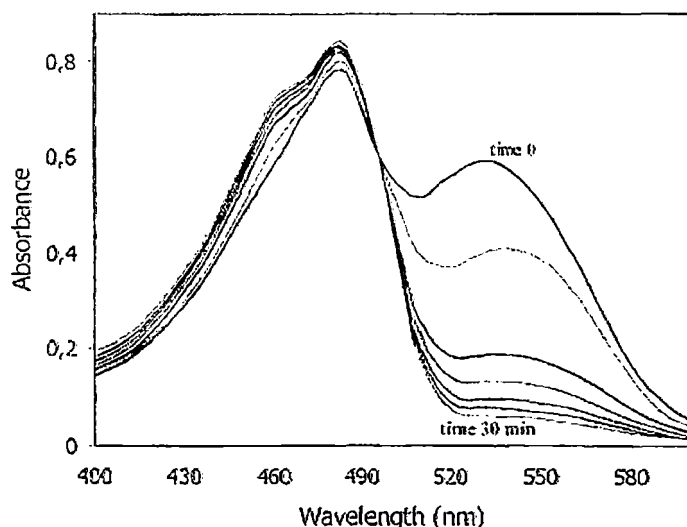
Betalain biosynthetic pathway.

Σχ.10 Ακολουθία βιοσύνθεσης μπεταλαΐνων

Οι μπεταλαΐνες βρίσκονται στα διαφορετικά όργανα φυτών, και συσσωρεύονται στα χυμοτόπια, κυρίως στους επιδερμικούς και υποεπιδερμικούς ιστούς. Εντούτοις, συσσωρεύονται μερικές φορές στους μίσχους των φυτών όπως και στα υπόγεια μέρη του κόκκινου τεύτλου. Η μπετακυανίνη των παντζαριών διαχωρίζεται κανονικά στα χυμοτόπια των κυττάρων της ρίζας. Φυσικά, όταν το παντζάρι κόβεται, τα κύτταρα διασπώνται και η χρωστική ουσία εξέρχεται. (13)

Σε πρόσφατες μελέτες έχει βρεθεί ότι το ένζυμο PPO συμμετέχει στη δημιουργία των μπεταλαΐνων. Το συγκεκριμένο ένζυμο έχει βρεθεί στη ρίζα των παντζαριών όπου κατά πολλούς είναι το τμήμα του φυτού όπου παράγονται οι μπεταλαΐνες. Το άριστο pH για τη δράση του ενζύμου είναι 6-7,5, όσο είναι δηλαδή και το άριστο pH για την ανάπτυξη του παντζαριού και την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. (18)

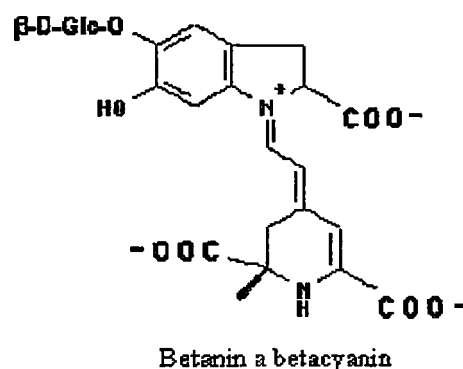
Η ημιζωή της χρωστικής ουσίας παντζαριών είναι 413 λεπτά σε 25°C αλλά μόνο 83,5 λεπτά σε 60°C. Αυτές οι τιμές διπλασιάζονται στο ασκορβικό οξύ 0,1%. Η υψηλή θερμοκρασία επιδρά αρνητικά στις μπετακυανίνες μειώνοντας τον αριθμό τους ενώ η μπεταξανθίνες παρουσιάζουν μικρή αύξηση. Έχει βρεθεί ότι σε έκθεση 70°C για 30 λεπτά είχαμε απώλεια των μπετακυανίνων κατά 70% και σε 90°C για τον ίδιο χρόνο απώλεια 90% (Σχ.12). (13), (10)



Σχ.11 Επίδραση της θερμοκρασίας στο ορατό φάσμα απορρόφησης από τα κοκκινωπά πορφυρά φρούτα τραχιών αχλαδιών. Οι διαφορετικές γραμμές αντιστοιχούν στα φάσματα μετά από τους χρόνους έκθεσης 90°C για 0, 5, 10, 15, 20, 25 και 30 λεπτά. (10)

#### 1.4.4 Οι μπεταλαΐνες στο παντζάρι

- Οι μπετακυανίνες εμφανίζονται γενικά κόκκινο και κόκκινο βιολετί χρωματισμό.
- Οι μπεταξανθίνες γενικά εμφανίζουν κίτρινο χρωματισμό και βρίσκονται στα χυμοτόπια
- Είναι υδατοδιαλυτές
- Οι μπετακυανίνες έχουν μέγιστο απορρόφησης στα 535-550 nm, οι μπεταξανθίνες στα 475-480 nm.
- Το παντζάρι περιέχει 2 μπετακυανίνες τη betanin και ένα παράγωγό της (Σχ.13).
- Λίγα είναι γνωστά για το ρόλο των μπεταλαΐνων αλλά θεωρείται ότι μπορούν να προστατεύσουν από τα παθογόνα.



## 2. Σκοπός της Εργασίας

Από αρχαιοτάτων χρόνων το παντζάρι έπαιζε σημαντικό ρόλο στη διατροφή και ζωή του ανθρώπου, λόγω του χαρακτηριστικού κόκκινου χρώματός του και των αντισηπτικών και άλλων ιδιοτήτων του. Χρησιμοποιείται ευρέως σαν βρώσιμο λαχανικό αλλά και σαν πηγή χρωστικής ουσίας για διάφορες εργασίες.

Το χαρακτηριστικό κόκκινο-ιώδες χρώμα του οφείλεται στις χρωστικές ουσίες που ονομάζονται **μπεταλαΐνες**, και ειδικότερα στις **μπετακυανίνες**. Οι χρωστικές αυτές είναι πολύ σταθερές και δύσκολα διαλυτές και παρουσιάζουν μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Σκοπός μας ήταν να μελετήσουμε την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του παντζαριού και στη συγκέντρωση των μπετακυανίνων και της χλωροφύλλης οι οποίες, ως γνωστόν, απαιτούν άζωτο για τη βιοσύνθεσή τους.

### 3. Υλικά και Μέθοδοι

#### 3.1 Μεταχείριση Φυτών Παντζαριού

Για την εφαρμογή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν σπόροι παντζαριού κόκκινου τεύτλου (*Beta vulgaris* varietas rubra) οι οποίοι σπάρθηκαν επιφανειακά, στα πεταχτά με τα χέρια, σε υπόστρωμα περλίτη.

Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα (4) μεταλλικά ορθογώνια πλαίσια διαστάσεων 15x15x150 cm, τα οποία γεμίστηκαν με περλίτη.

Οι σπόροι μετά τη φύτευση τους σε περλίτη ποτίστηκαν με τρία λίτρα νερού βρύσης για κάθε πλαίσιο και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας και φωτισμού. Η θερμοκρασία στο θάλαμο κυμαίνονταν από 20-22°C και η διάρκεια φωτισμού ήταν 16 ώρες (8 ώρες σκοτάδι).

Η ενεργοποίηση των σπόρων έγινε μετά την πάροδο 2 ημερών (διακοπή λήθαργου). Οι σπόροι μαλάκωσαν (ενυδάτωση σπερμάτων) και ξεκίνησε η βλάστησή τους.

Το πότισμα συνεχίστηκε με την προσθήκη νερού βρύσης ποσότητας 0,5-1 λίτρο για κάθε πλαίσιο κάθε 2-3 μέρες.

Μια εβδομάδα μετά τη φύτευσή τους είχαμε την εμφάνιση των πρώτων φύλλων, και μερικές μέρες μετά την ανάπτυξη ριζικών τριχιδίων.

Όταν τα φυτά έφτασαν το ύψος των 3 cm ξεκίνησε η εφαρμογή της υδρολίπανσης με το ενδεδειγμένο θρεπτικό διάλυμα κάθε 2-3 μέρες (Πιν.9-10).**(19)**

Πιν.6 Ανάλυση Μακροστοιχείων θρεπτικού διαλύματος.

Αντιδραστήρια	Stock συγκέντρωση	Όγκος (ml) ανά 20 l θρεπτικού διαλύματος
KNO <sub>3</sub>	1M	120
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1M	80
MgSO <sub>4</sub>	1M	40
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1M	20
MgCl <sub>2</sub>	1M	80
NaFe - EDTA	3,86 mg / 250ml	20

Πιν.7 Ανάλυση ιχνοστοιχείων θρεπτικού διαλύματος.

Ιχνοστοιχεία - Trace Elements	Ποσότητα (mg) σε 250 ml H <sub>2</sub> O
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	715
MnCl <sub>2</sub> * 4H <sub>2</sub> O	452
ZnSO <sub>4</sub> * 7H <sub>2</sub> O	55
CuSO <sub>4</sub> * 7H <sub>2</sub> O	20
NaMoO <sub>4</sub> * 2H <sub>2</sub> O	7,25

**(19)**



Το θρεπτικό διάλυμα τοποθετήθηκε σε τέσσερα (4) αντίστοιχα πλαστικά δοχεία και η μεταφορά του στα φυτά έγινε μέσω τεσσάρων (4) περισταλτικών αντλιών. Η άρδευση έγινε με υδροσταγονίδια και η ρύθμιση της συχνότητάς της έγινε χειροκίνητα.

Το παραπάνω θρεπτικό διάλυμα περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία (μακροστοιχεία- μικροστοιχεία) για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών παντζαριού (*Beta vulgaris*). Χρησιμοποιούμε αυτό το θρεπτικό διάλυμα για την άριστη ανάπτυξη του φυτού μας. (19) Εκτός όμως από τα απαραίτητα στοιχεία απαιτείται και η σωστή αλκαλικότητα στο διάλυμα ώστε όλα τα στοιχεία να είναι εύκολα απορροφήσιμα από τις ρίζες του φυτού. Το άριστο pH για την απορρόφηση των στοιχείων από το παντζάρι κυμαίνεται στο 6-7. Το παραπάνω διάλυμα εμφανίζει pH 5,5-6. Θα πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι το θρεπτικό διάλυμα αν και αραιωμένο παρουσίασε μεταβολή του pH κατά την αποθήκευση του με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση αυτού κατά 0,5-1 βαθμό.

Για να διορθώσουμε τα παραπάνω σφάλματα λαμβάνοντας υπόψη μας όλες τις παραμέτρους και να επιτύχουμε το άριστο pH προσθέσαμε KOH το οποίο πήραμε από κορεσμένο διάλυμα. Η ποσότητα του διαλύματος που προσθέσαμε ήταν από 10-30 ml στα 20 l θρεπτικού διαλύματος ανάλογα των ενδείξεων που είχαμε από τη μέτρηση του pH του κάθε διαλύματος. Σκοπός μας ήταν να έχουμε pH στα θρεπτικά διαλύματα γύρω στις 7 μονάδες ώστε να επιτύχουμε το άριστο. Το KOH που προσθέσαμε ήταν σε τόση μικρή ποσότητα που δεν επηρέασε την ολική συγκέντρωση καλίου στο θρεπτικό διάλυμα, καθώς το κάλιο που προστέθηκε ήταν μικρότερο από το 1% του ολικού.

Η παραπάνω λίπανση όπως αναγράφεται στους πίνακες χρησιμοποιήθηκε από τη στιγμή που εμφανίστηκαν οι κοτυληδόνες και οι πρώτες ρίζες. Συνεχίστηκε να εφαρμόζεται καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών μέχρι αυτά να αναπτύξουν τα 2-4 πραγματικά φύλλα.

Ένα μήνα μετά έγινε η πρώτη αραιώση στα φυτά ώστε να μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά. Δύο μήνες αργότερα έγινε η μεταφορά των πλαισίων στο θερμοκήπιο και εφαρμόστηκε σε αυτά σκίαση καθώς η θερμοκρασία ήταν υψηλή και η ένταση φωτισμού μεγάλη. Μια εβδομάδα μετά τη μεταφορά τους και αφού ξεπέρασαν το σοκ της απότομης αλλαγής θερμοκρασίας μεταφυτεύθηκαν σε έξι διαφορετικά πλαίσια με υπόστρωμα τον περλίτη.

Μετά από αυτό το στάδιο τα φυτά χωρίστηκαν και ακολούθησαν διαφορετική λίπανση. Το στοιχείο στο οποίο μεταβάλαμε τις συγκεντρώσεις ήταν το άζωτο, το οποίο προστέθηκε σε διάφορα ποσοστά επί τοις εκατό με βάση το άριστο (Πιν.11). Τα φυτά παρέμειναν στο θερμοκήπιο για περίπου άλλους δύο μήνες ώστε να αναπτυχθούν πλήρως.

**Πιν.8** Ανάλυση ιχνοστοιχείων θρεπτικού διαλύματος.

Πλαίσιο	Ποσοστό NO <sub>3</sub> στο θρεπτικό διάλυμα	ppm NO <sub>3</sub>
1	100 %	868
2	55 %	477
3	37,5 %	325
4	25 %	217
5	12,5 %	108
6	0 %	0

### 3.2 Προσδιορισμός παραγωγικότητας (βιομάζας)

Τα τρία πιο εύρωστα φυτά του κάθε πλαισίου εκριζώθηκαν και πλύθηκαν στο εργαστήριο με καθαρό νερό. Αφού στέγνωσαν καλά ζυγίστηκαν ολόκληρα και κατά μέρη (ρίζα, βολβός, φύλλα) με ζυγαριά ακριβείας.

### 3.3 Χρωματογραφία κατανομής επί χάρτου

Στα παραπάνω ομογενοποιημένα των φύλλων, έγινε διαχωρισμός των μπετακυανίνων από τις χλωροφύλλες με χρωματογραφία κατανομής επί χάρτου. Χρησιμοποιήθηκαν 0,3 ml από το κάθε ομογενοποιημένο τα οποία τοποθετήθηκαν σε χαρτί χρωματογραφίας, και με υγρό έκλουσης διάλυμα πετρελαϊκού αιθέρα και ισοπροπανόλης 95,5 και 0,5% (v/v) αντίστοιχα.

### 3.4 Προσδιορισμός χλωροφύλλης

Για μέτρηση της χλωροφύλλης επιλέχθηκαν 7 (επτά) φύλλα από κάθε πλαίσιο. Διαλέχθηκαν τα μεγαλύτερα και ομοιότερα με το σύνολο φύλλα ώστε να έχουμε αντιπροσωπευτικό δείγμα του κάθε πλαισίου. Μετρήθηκαν με το SPAD-502 (Minolta) και στη συνέχεια κόπηκαν και μπήκαν σε αεροστεγή αριθμημένα σακουλάκια για την μεταφορά τους στο εργαστήριο, όπου και πλύθηκαν καλά με απιονισμένο νερό.

Εκεί με ένα φελοτρυπητήρα διαμέτρου 0,65 cm, κόπηκαν 6 (έξι) δίσκοι από κάθε φύλλο. Οι τρεις ζυγίστηκαν με ζυγαριά ακριβείας (νωπό βάρος) και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ειδικό φούρνο για 24 ώρες στους 80°C. Κατόπιν ζυγίστηκαν και πάλι (ξηρό βάρος).

Οι υπόλοιποι τρεις δίσκοι του κάθε φύλλου τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα όπου προστέθηκαν 3 ml DMSO και μπήκαν στο φούρνο για 8 ώρες και σε θερμοκρασία 65°C.

Τα διαλύματα που προέκυψαν φωτομετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο (UV-1601 Shimadzu) αφού πρώτα αυτό μηδενίστηκε με διάλυμα καθαρού DMSO. Οι μετρήσεις έγιναν στα 648 και 665 nm για κάθε δοκιμαστικό σωλήνα. Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τύποι: **(20)**

$$\text{Chl}_a = (14,85 \times \text{ABS}_{665}) - (5,14 \times \text{ABS}_{648}) \text{ (}\mu\text{gr Chl a/ml)}$$

$$\text{Chl}_b = (25,48 \times \text{ABS}_{648}) - (7,36 \times \text{ABS}_{665}) \text{ (}\mu\text{gr Chl b/ml)}$$

$$\text{Chl} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \text{ (}\mu\text{gr Chl /ml)}$$

### 3.5 Προσδιορισμός μπετακυανίνων

Για τον υπολογισμό των μπετακυανίνων επιλέχθηκαν 4 φύλλα από κάθε πλαίσιο με βάση το χρώμα τους. Επιλέχθηκαν τα πιο αντιπροσωπευτικά φύλλα από κάθε πλαίσιο. Κόπηκαν και τοποθετήθηκαν σε αριθμημένα αεροστεγή σακουλάκια και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου και πλύθηκαν καλά με απιονισμένο νερό.

Εκεί, σε ζυγαριά ακριβείας κόπηκαν 0,5 g φυτικής μάζας από το καθένα και τεμαχίστηκαν σε μικρά κομμάτια. Κατόπιν, ομογενοποιήθηκαν σε πορσελάνινα γουδιά παρουσία άμμου και 5 ml διαλύματος αιθανόλης 80% (v/v). **(13),(21)**,

Τα μείγματα τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες και φυγοκεντρήθηκαν στις 3000 στρ./λεπτό για 4 λεπτά και σε θερμοκρασία 10°C (IEC Centra-MP4R). Στη συνέχεια, τα υπερκείμενα διαλύματα τοποθετήθηκαν σε νέους δοκιμαστικούς σωλήνες αφού πρώτα έγινε ογκομέτρηση για το κάθε ένα. **(13),(21),(10)**

Για τη μέτρησή τους από το φασματοφωτόμετρο αραιώθηκαν 10 (δέκα) φορές αφού πρώτα έγινε μηδενισμός του οργάνου με διάλυμα αιθανόλης 80%. Για όλα τα δείγματα πήραμε φάσματα απορρόφησης σε μήκη κύματος από 400 μέχρι 700 nm, και ειδικότερα μετρήσαμε την ABS στα 536 nm όπου είχαμε τη μέγιστη απορρόφηση. Η ποσοτικοποίηση των μπετακυανίνων έγινε με τη χρήση του συντελεστή απόσβεσης  $E_{1cm}^{1\%}=1120$  στα 535 nm. **(13),(21),(22),(23),(24),(25),(26)**

## 4. Αποτελέσματα

### 4.1 Αποτελέσματα Παραγωγικότητας (βιομάζας)

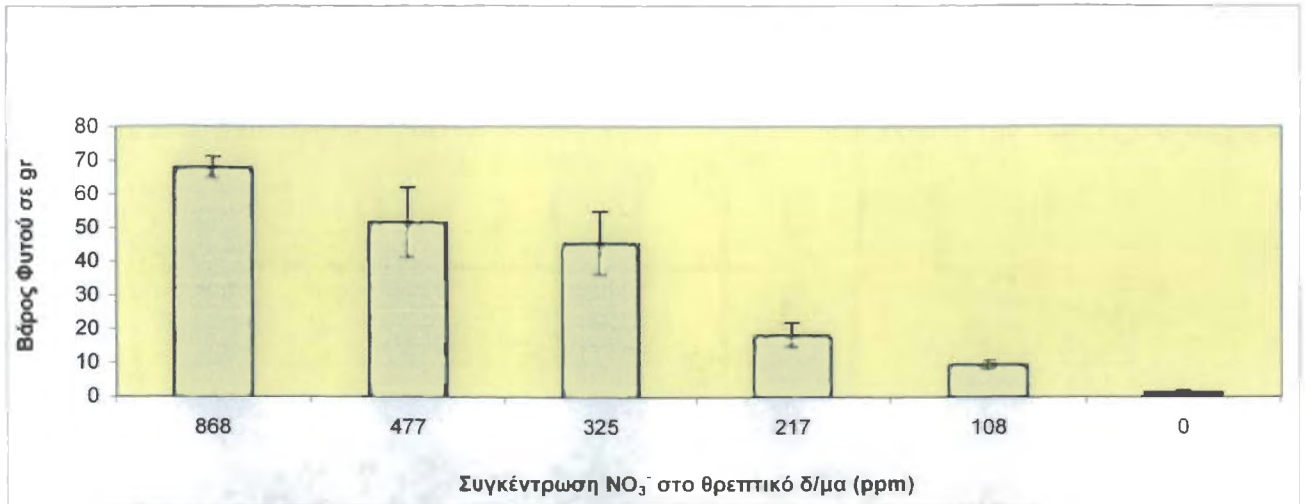
**Φωτ.1** Μακροσκοπική παρατήρηση των φυτών παντζαριού. Τα φυτά από αριστερά προς τα δεξιά δέχθηκαν θρεπτικό διάλυμα με περιεχόμενο  $\text{NO}_3$  στις παρακάτω συγκεντρώσεις, 0, 108, 217, 325, 477 και 868ppm αντίστοιχα.



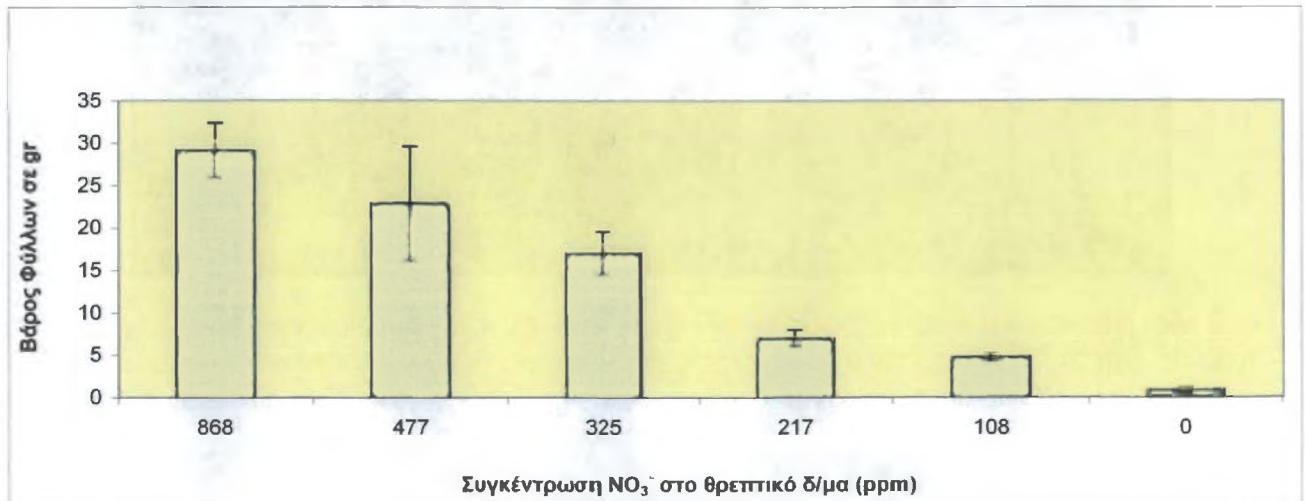
**Φωτ.2** Μακροσκοπική παρατήρηση ολόκληρων των φυτών σύμφωνα με την  $\text{NO}_3$  λίπανση που δέχθηκαν. Τα φυτά από δεξιά προς τα αριστερά δέχθηκαν θρεπτικό διάλυμα με περιεχόμενο  $\text{NO}_3$  στις παρακάτω συγκεντρώσεις, 0, 108, 217, 325, 477 και 868ppm αντίστοιχα.



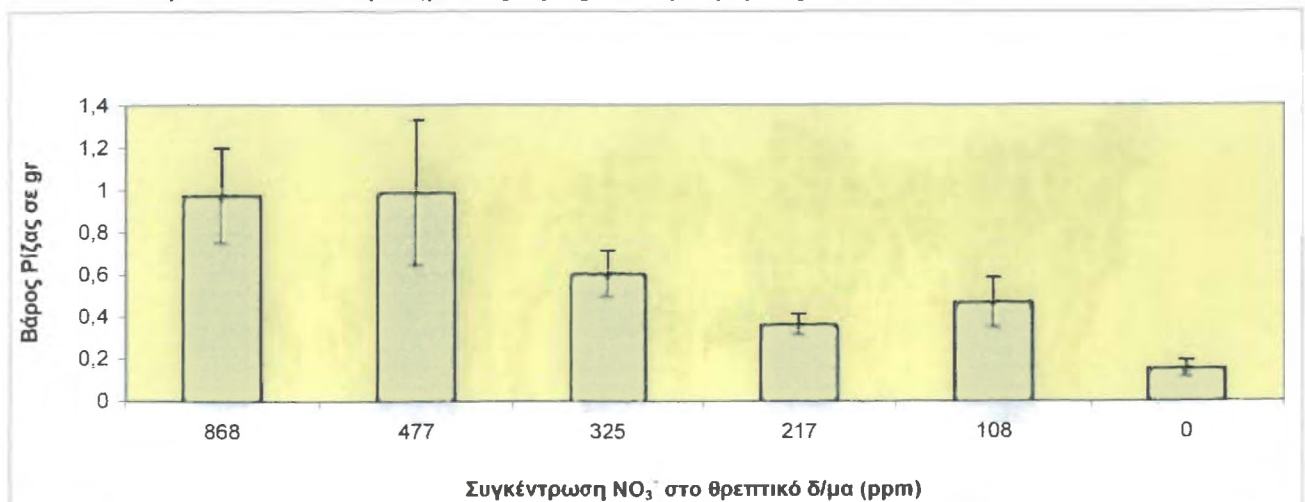
**Γραφ.1** Βάρος του φυτού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 3 φυτά ανά πλαίσιο).



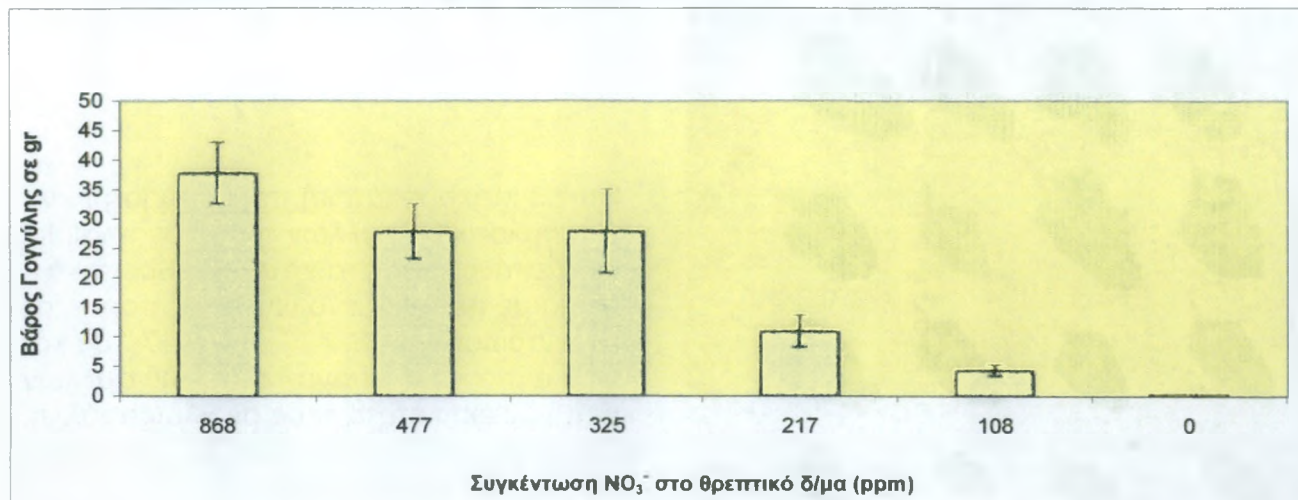
**Γραφ.2** Βάρος φύλλων του φυτού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 3 φυτά ανά πλαίσιο).



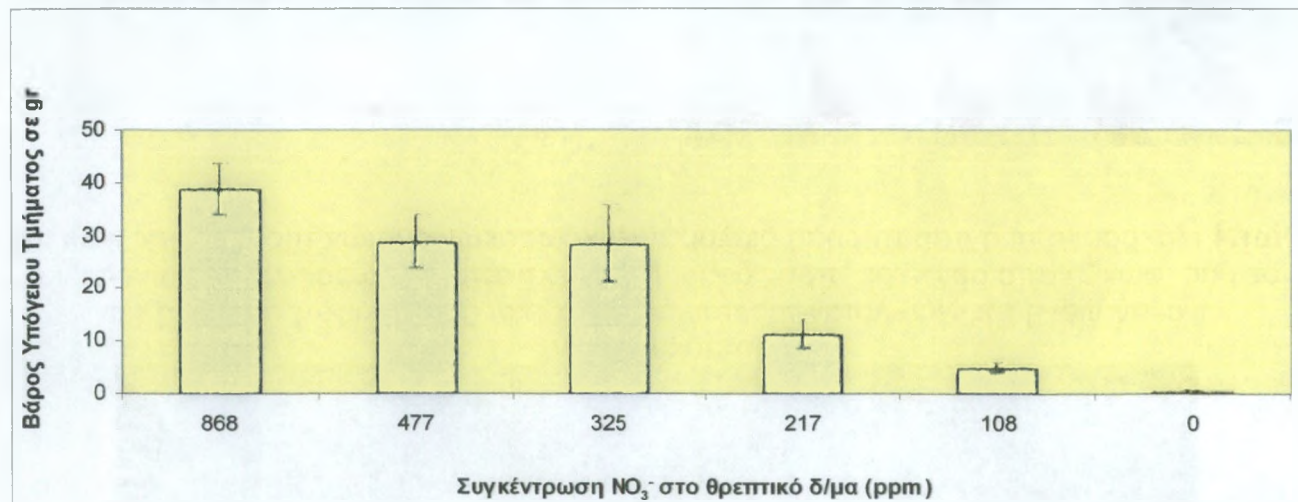
**Γραφ.3** Βάρος ρίζας του φυτού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 3 φυτά ανά πλαίσιο).



**Γραφ.4** Βάρος γογγύλης του φυτού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 3 φυτά ανά πλαίσιο).



**Γραφ.5** Βάρος υπόγειου τμήματος του φυτού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 3 φυτά ανά πλαίσιο).

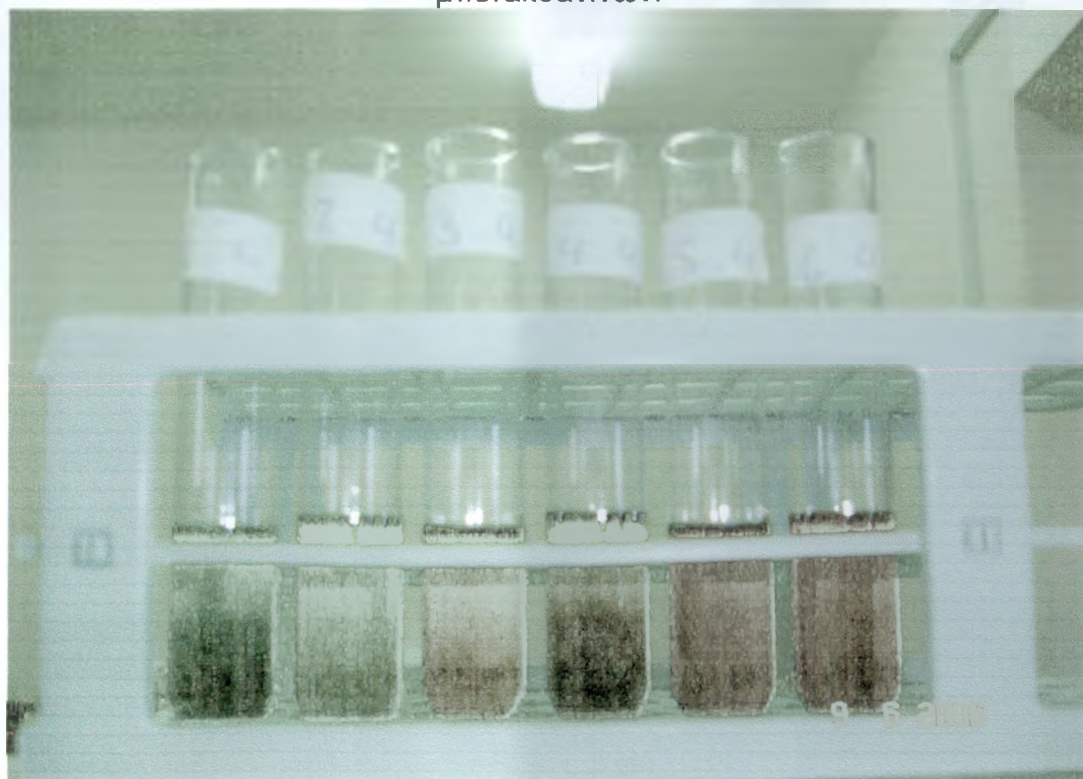


## 4.2 Αποτελέσματα Χρωματογραφίας επί Χάρτου

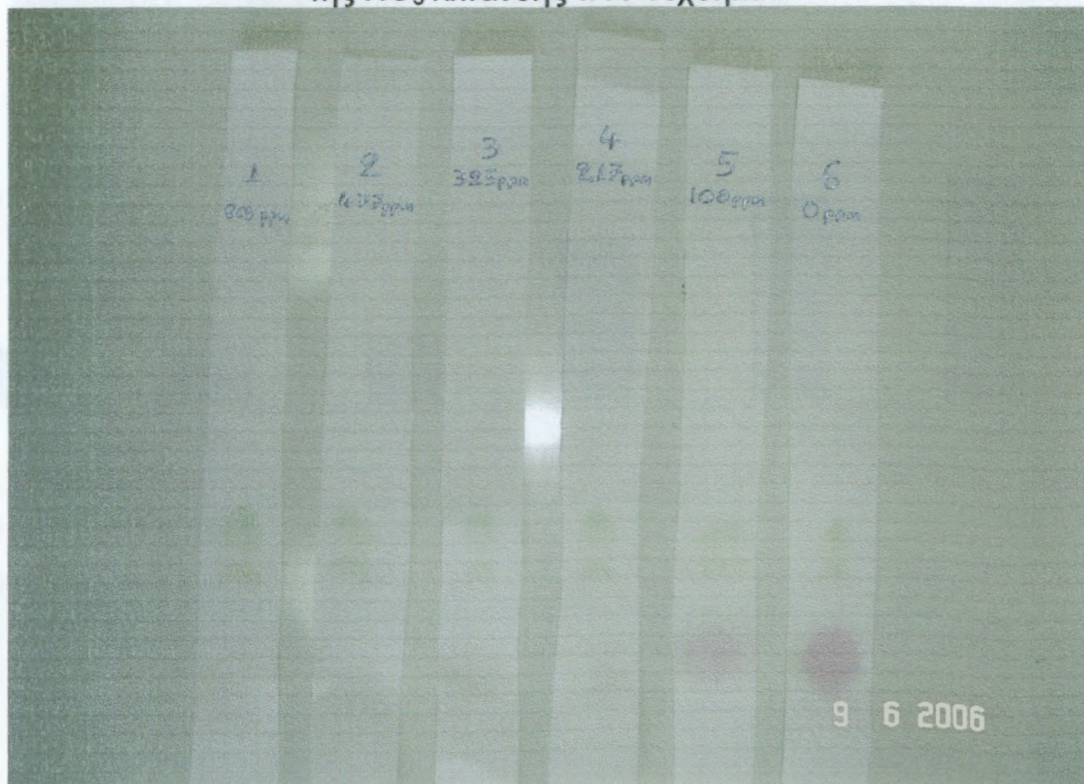


**Φωτ.3** Μακροσκοπική παρατήρηση των χαρακτηριστικών φύλλων του κάθε πλαισίου από επάνω προς τα κάτω. Το θρεπτικό διάλυμα με περιεχόμενο  $\text{NO}_3$  στις παρακάτω συγκεντρώσεις, 868, 477, 325, 217, 108 και 0ppm αντίστοιχα. Η ανάπτυξη των φύλλων και η περιεκτικότητά τους σε χλωροφύλλη φαίνεται να είναι ανάλογη της  $\text{NO}_3$  λίπανσης που δέχθηκαν.

**Φωτ.4** Μακροσκοπική παρατήρηση διαλυμάτων χρωστικών ουσιών της τέταρτης κάθετης σειράς (φωτ.2) από αριστερά προς δεξιά. Η περιεκτικότητα χλωροφύλλης φαίνεται να είναι ανάλογη της  $\text{NO}_3$  λίπανσης που δέχθηκαν και αντιστρόφως ανάλογη των μπετακυανίνων.



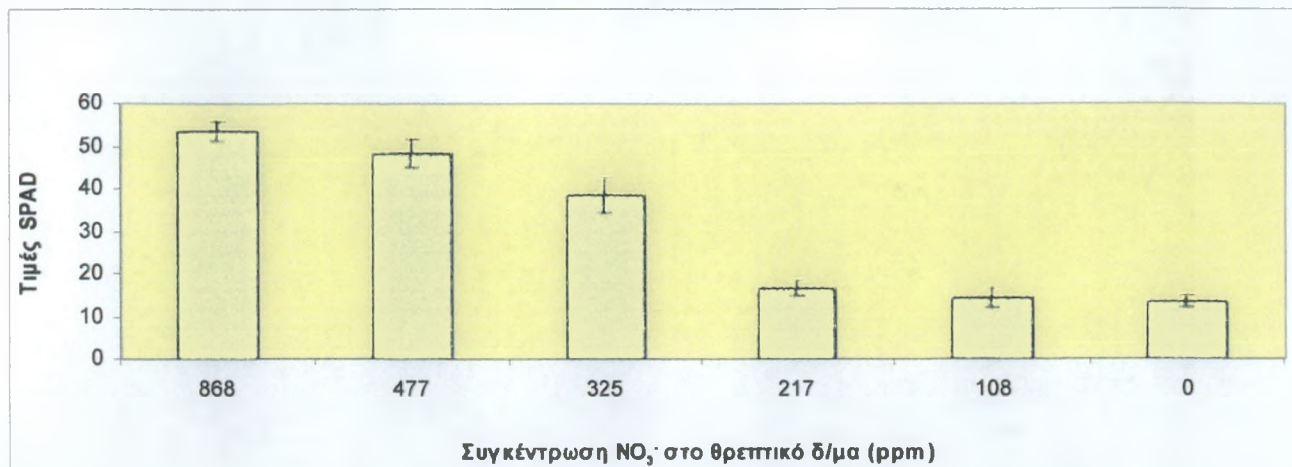
**Φωτ.5** Η παραπάνω χρωματογραφία χάρτου επιβεβαιώνει τη μακροσκοπική παρατήρηση των παραπάνω φωτογραφιών (φωτ. 2,3), καθώς φαίνεται ξεκάθαρα από αριστερά προς τα δεξιά μείωση των χλωροφυλλών και αύξηση των μπετακυανίνων αντιστρόφως ανάλογη της  $\text{NO}_3$  λίπανσης που δέχθηκαν.



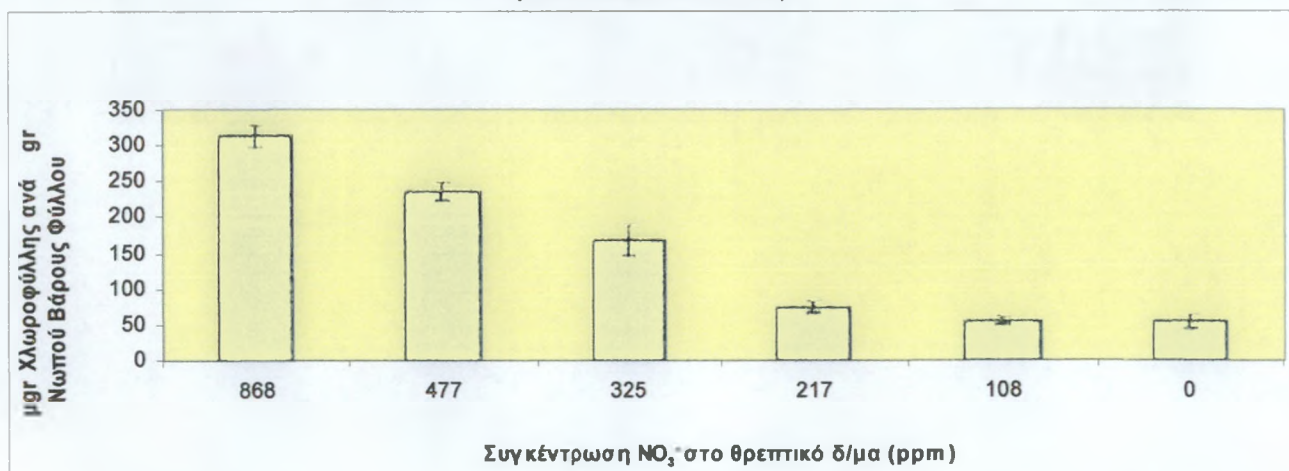


### 4.3 Αποτελέσματα Μετρήσεων Χλωροφύλλης

**Γραφ.6** Ενδείξεις του χλωροφυλλόμετρου SPAD-502 (Minolta) σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 7 φύλλα ανά πλαίσιο).



**Γραφ.7** Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα ( $\mu\text{g}/\text{g}$  νωπού βάρους) σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 7 φύλλα ανά πλαίσιο).

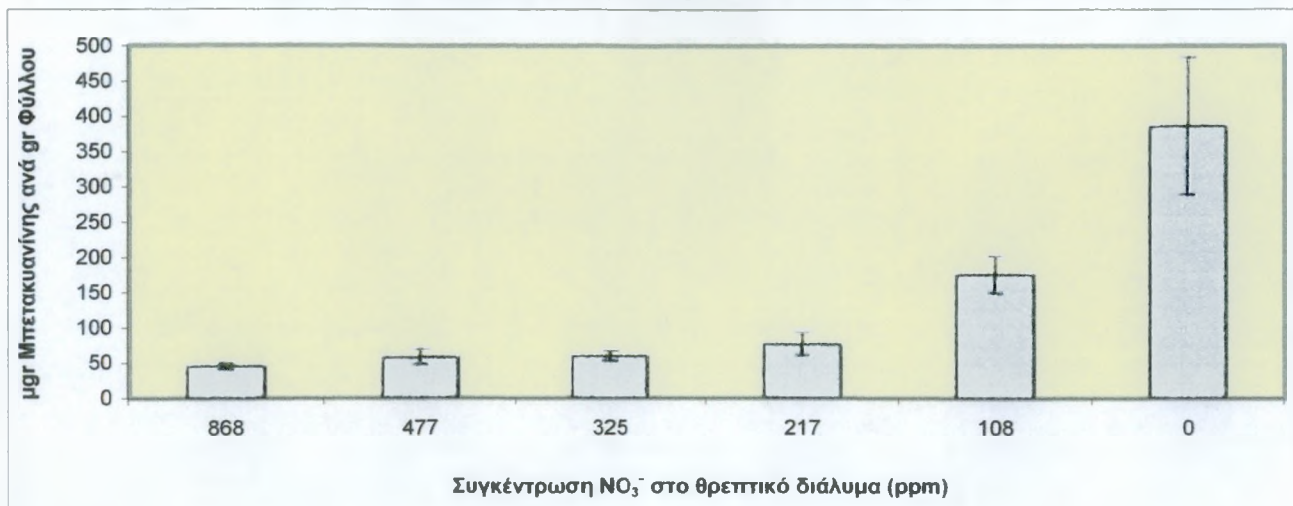


**Γραφ.8** Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα ( $\mu\text{g}/\text{g}$  ξηρού βάρους) σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 7 φύλλα ανά πλαίσιο).

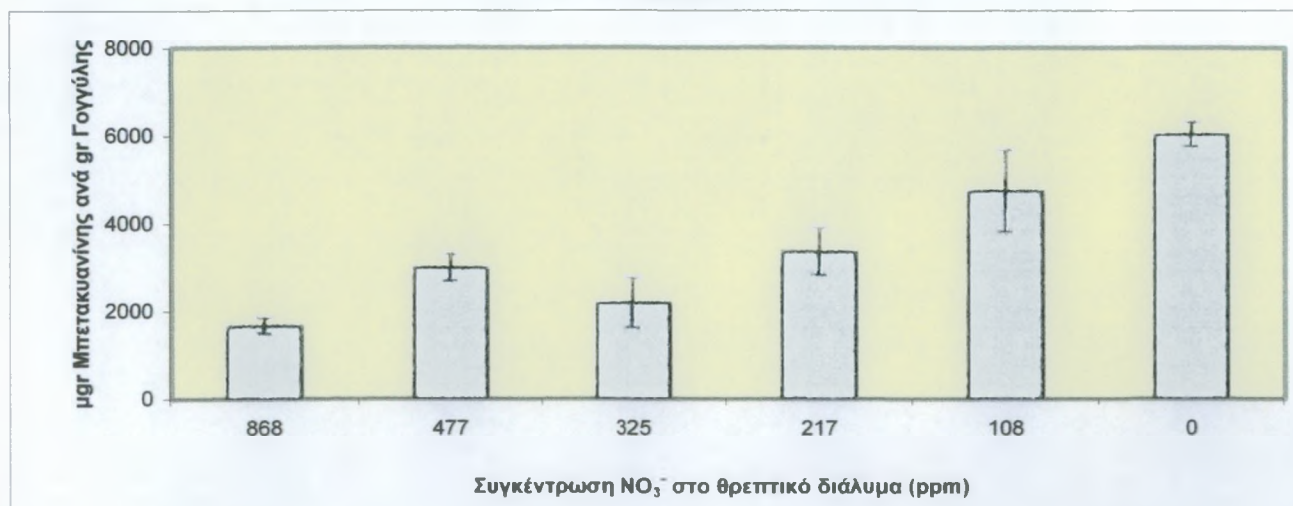


#### 4.4 Αποτελέσματα Μετρήσεων Μπετακουανίνων

**Γραφ.9** Συγκέντρωση μπετακουανίνης στα φύλλα σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 4 φύλλα ανά πλαίσιο).



**Γραφ.10** Συγκέντρωση μπετακουανίνης στις γογγύλες σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα (μέσος όρος από μετρήσεις σε 2 γογγύλες ανά πλαίσιο).



## 5. Συζήτηση και Συμπεράσματα

### 5.1 Γενικές παρατηρήσεις του πειράματος

Σκοπός μας ήταν να μελετήσουμε την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του παντζαριού και στη συγκέντρωση των μπετακυανίνων και της χλωροφύλλης οι οποίες, ως γνωστόν, απαιτούν άζωτο για τη βιοσύνθεσή τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δοθεί στη συσχέτιση της αζωτούχου λίπανσης με την παρουσία μπεταλαϊνών στους κονδύλους και στα φύλλα του παντζαριού (*Beta vulgaris*). Ως γνωστόν, το κόκκινο χρώμα του παντζαριού οφείλεται σε μια συγκεκριμένη ομάδα χρωστικών ουσιών, τις μπετακυανίνες. Παρατηρήθηκε λοιπόν με μακροσκοπική παρατήρηση ότι η συσσώρευση της συγκεκριμένης χρωστικής στα φυτά ήταν αντιστρόφως ανάλογη της νιτρικής λίπανσης.

Εκτός όμως απ' αυτή τη συγκεκριμένη διαφορά παρατηρήθηκαν διαφορές και στα μεγέθη των φυτών. Το μέγεθος των φυτών ήταν ανάλογο της νιτρικής λίπανσης που δέχτηκαν. Επίσης, από την καθημερινή εποπτεία των φυτών παρατηρήθηκε ότι τα μικρότερα και κόκκινα φυτά ήταν ανθεκτικότερα και παρουσίαζαν μικρότερες μεταβολές (π.χ. μαρασμός) όταν αυτά βρίσκονταν σε υψηλή θερμοκρασία και μεγάλη ηλιοφάνεια. Το ίδιο ίσχυε και κατά τη περίοδο έλλειψης νερού από το υπόστρωμα.

Όπως αναφέραμε παραπάνω η συγκεκριμένη χρωστική ουσία φαίνεται να έχει εκτός των προαναφερθέντων και αντιπαρασιτική δράση. Σε προσβολές από διάφορα έντομα τα μικρότερα και κόκκινα φυτά φάνηκαν ανθεκτικότερα και λιγότερο ευπρόσβλητα.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε και θα αναλύσουμε τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων και θα εξηγήσουμε τα αίτια και τις συνθήκες που οδήγησαν σ' αυτά.

### 5.2 Παρατηρήσεις Βιομάζας Παντζαριών

Με τη μακροσκοπική παρατήρηση φυτών παντζαριού γίνεται αμέσως αντιληπτή η σημασία του αζώτου στην ανάπτυξή τους. Τα φυτά παρουσίασαν μείωση του μεγέθους τους αλλά και αλλαγή του χρώματος των φύλλων (κοκκίνισμα) όσο το ποσοστό της νιτρικής λίπανσης ( $\text{NO}_3^-$ ) μειωνόταν. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα φυτά που δεν δέχτηκαν νιτρική λίπανση είχαν ελάχιστα (2-4) και πολύ μικρότερου μεγέθους φύλλα. Ο κόκκινος χρωματισμός των φύλλων ξεκινούσε σταδιακά από το κεντρικό νεύρο προς τα μικρότερα νεύρα του φύλλου. Στη συνέχεια, επεκτεινόταν σε μέρη του ελάσματος του φύλλου, και τέλος σε όλο το φύλλο, καθώς μειωνόταν η νιτρική λίπανση.

Παρατηρώντας τις γογγυλόριζες των φυτών που δέχθηκαν νιτρική λίπανση από 868 μέχρι 325 ppm βλέπουμε μικρή μείωση του μεγέθους των βολβών. Μεγάλες διαφορές παρατηρήθηκαν στο μήκος της κεντρικής ρίζας, η οποία αυξάνει, καθώς ελαττώνονται τα νιτρικά στο θρεπτικό διάλυμα, σε αντίθεση με τα ριζικά τριχίδια τα οποία δείχνουν να μειώνονται.

Στις γογγυλόριζες των φυτών που δέχθηκαν νιτρική λίπανση από 217 έως 0 ppm, οι γογγύλες των φυτών μικραίνουν σε μεγάλο βαθμό. Η σμίκρυνση είναι τόσο μεγάλη, στα φυτά που δέχθηκαν νιτρική λίπανση 0 ppm, που η γογγύλη σχεδόν δεν έχει σχηματιστεί. Οι ρίζες όπως και στα άλλα φυτά παρουσιάζουν τα ίδια συμπτώματα με τη διαφορά ότι στα φυτά που δέχθηκαν νιτρική λίπανση από 217 μέχρι 0 ppm έχουμε λέπτυνση της κεντρικής ρίζας.

Αυτές οι διαφορετικές διαμορφώσεις της ρίζας μπορούν να εξηγηθούν με την αντίδραση που παρουσιάζουν τα τεύτλα στην έλλειψη αζώτου, η οποία επηρεάζει τη μετακίνηση νερού από τη ρίζα στα φύλλα με συνέπεια τη μείωση της διαπνοής (βλ.1.1.3).(5) Αποτέλεσμα που οδηγεί το φυτό να αναπτύσσει τη ρίζα του έτσι ώστε να απορροφά πιο εύκολα μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

Έτσι η διαπνοή των φυτών που δέχτηκαν κανονική λίπανση αζώτου ήταν σαφώς μεγαλύτερη από τα φυτά τα οποία δέχτηκαν μικρότερη λίπανση από το άριστο (27). Επίσης, τα φύλλα αυτών των φυτών ήταν πιο μαλακά από τα φύλλα των φυτών που δέχτηκαν μικρότερη ή καθόλου νιτρική λίπανση, τα οποία ήταν σκληρά και άκαμπτα.

Τη μακροσκοπική παρατήρηση των φύλλων επιβεβαιώνει η μέτρηση του συνολικού τους βάρους το οποίο μειώνεται δραματικά όσο μειώνεται η νιτρική λίπανση.

Για την μελέτη της γογγυλόριζας το υπόγειο τμήμα του φυτού τεμαχίστηκε σε δύο μέρη, την κεντρική ρίζα με τα ριζικά τριχίδια και την γογγύλη. Διαπιστώθηκε ότι τόσο το βάρος της ρίζας όσο και της γογγύλης μειώνονται δραματικά με τη μείωση της νιτρικής λίπανσης. Συνεπώς, το ίδιο συμβαίνει και με το συνολικό βάρος του υπόγειου τμήματος του φυτού.

Παρατηρώντας γενικότερα όλα τα γραφήματα και τις φωτογραφίες και γνωρίζοντας τις μεγάλες απαιτήσεις του παντζαριού σε άζωτο καταλαβαίνουμε ότι είναι το πιο απαραίτητο στοιχείο για τα φυτά του παντζαριού. Μειώνοντας την νιτρική λίπανση έχουμε μείωση της βιομάζας σε όλα τα μέρη του φυτού καθώς έχουμε προκαλέσει αναστολή των λειτουργιών του (φωτοσύνθεση, διαπνοή, κ.τ.λ).

### 5.3 Παρατηρήσεις Χρωματογραφίας επί Χάρτου

Παρατηρούμε ότι στα διαλύματα των φυτών που δέχτηκαν τη μέγιστη νιτρική λίπανση (868 ppm) φαίνονται ξεκάθαρα οι χλωροφύλλες χωρίς όμως ίχνος μπετακυανίνης ενώ στα διαλύματα των φυτών που δέχθηκαν νιτρική λίπανση 0 ppm συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.

### 5.4 Παρατηρήσεις Μετρήσεων Χλωροφύλλης

Οι ενδείξεις του SPAD-502 δείχνουν μια βαθμιαία μείωση της χλωροφύλλης καθώς μειώνεται το ποσοστό της νιτρικής λίπανσης. Στα φύλλα των φυτών που δέχτηκαν νιτρική λίπανση από 325 στα 217 ppm έχουμε μία απότομη πτώση και στη συνέχεια μία μικρή μείωση μέχρι τα 0 ppm. Η εικόνα που μας δίνει το SPAD-502 επιβεβαιώνεται από το γράφημα που μας δείχνει τα  $\mu\text{g}$  χλωροφύλλης στους δίσκους φύλλων. (Τα παραπάνω αποτελέσματα ταυτίζονται οπτικά με τα αποτελέσματα της χρωματογραφίας επί χάρτου). Αυτό καθιστά την χρήση του SPAD-502 αξιόπιστη διότι οι χρωστικές που παράγει το φυτό δεν επηρεάζουν τις μετρήσεις του.

Συγκρίνοντας τα γραφήματα της ποσότητας της χλωροφύλλης ανά  $\text{g}$  νωπού ή ξηρού βάρους φαίνεται ότι οι διαφορές των συγκεντρώσεων ανά ξηρό βάρος, των φυτών που δέχτηκαν νιτρική λίπανση από 868 έως 325 ppm είναι μικρότερες σε σχέση με αυτές ανά νωπό βάρος. Αυτό οφείλεται στην ποσότητα του νερού που μεταφέρεται από την ρίζα στα φύλλα και την διαπνοή. (5),(27)

Γενικά επιβεβαιώνεται η σημασία του αζώτου στο σχηματισμό της χλωροφύλλης.

### 5.5 Παρατηρήσεις Μετρήσεων Μπετακυανίνης

Η συσσώρευση μπετακυανίνης στα φύλλα των φυτών που δέχθηκαν μικρή νιτρική λίπανση είναι αρκετά αυξημένη σε σχέση με τα υπόλοιπα. Από το γράφημα 9 γίνεται αντιληπτό ότι η συγκέντρωση μπετακυανινών στα φύλλα που δεν δέχθηκαν νιτρική λίπανση είναι διπλάσιες ή και οχταπλάσιες από αυτές των άλλων φυτών. Η αύξηση της

συγκέντρωσης της μπετακυανίνης στα φύλλα των φυτών που δέχτηκαν νιτρική λίπανση από 868 μέχρι 217 ppm εμφανίζει μια ομαλή αύξηση ενώ από εκεί και πέρα δίνει μία ραγδαία αύξησή της σε ποσοστό 150% περίπου. Αυτό δείχνει την αντίδραση του φυτού όταν αυτό δέχεται χαμηλή νιτρική λίπανση και ειδικότερα κάτω από 217 ppm νιτρικής λίπανσης. Δεδομένου ότι για το σχηματισμό της μπετακυανίνης απαιτούνται δύο άτομα αζώτου ένα ερώτημα που προκύπτει είναι το πώς προσλήφθηκαν από τα φυτά που λιπάνθηκαν με 0 ppm  $\text{NO}_3^-$  (δηλαδή χωρίς καθόλου νιτρικά).

Η συγκέντρωση μπετακυανίνων στις γογγύλες παρουσιάζουν αύξηση καθώς η νιτρική λίπανση μειώνεται. Εξαίρεση αποτελούν οι γογγύλες των φυτών που δέχτηκαν νιτρική λίπανση 477 ppm. Τα συγκεκριμένα φυτά παρουσιάζουν μια μεγάλη συγκέντρωση μπετακυανίνων σε σχέση με τα φυτά που δέχτηκαν 868 και 325 ppm  $\text{NO}_3^-$ . Αν εξαιρέσουμε τη συγκέντρωση νιτρικών στα 477 ppm, οι συγκεντρώσεις μοιάζουν πολύ με αυτές των φύλλων.

Καθώς η γογγύλη είναι το βαρύτερο κομμάτι του φυτού είναι φυσικό τα αποτελέσματα ολικής μπετακυανίνης στο φυτό να είναι περίπου τα ίδια με αυτά της γογγυλόριζας. Οπότε τα συμπεράσματα που βγάλαμε πιο πάνω ισχύουν και για την ολική περιεκτικότητα μπετακυανίνης στο φυτό.

## 5.6 Γενικά Συμπεράσματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα σε σχέση με τα αποτελέσματα της χλωροφύλλης μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το φυτό που δεν μπορεί να αναπτυχθεί κανονικά δημιουργεί μόρια μπετακυανίνης και πιθανώς έτσι μπορεί να προστατευθεί από την ηλιακή ακτινοβολία και τις υψηλές θερμοκρασίες. Ο τρόπος δράσης της μπετακυανίνης ως προστατευτικό μέσο βασίζεται στις εργασίες όπου αναφέρεται η διάσπαση του μορίου της μπετακυανίνης σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα παράγωγα που παίρνουμε από αυτή τη διάσπαση μπορούν μαζί με τη δράση κάποιων ενζύμων του φυτού, να δώσουν εκ νέου μόριο μπετακυανίνης. Στα φυτά η διαπνοή λειτουργεί και θερμορυθμιστικά. Στα φυτά τα οποία η διαπνοή είναι μειωμένη πιθανώς η αυξημένη συγκέντρωση μπετακυανίνης μπορεί να προστατεύει από τις δυσμενείς επιδράσεις και της αυξημένης θερμοκρασίας.

Όπως αναφέρεται στην εισαγωγή για τον σχηματισμό των μπετακυανινών απαιτούνται δύο άτομα αζώτου και παρόλο που κάποια φυτά δεν δέχτηκαν καθόλου αζωτούχο λίπανση κατάφεραν να σχηματίσουν την συγκεκριμένη χρωστική. Συμπεραίνουμε ότι πιθανώς το άζωτο για το σχηματισμό των μπετακυανινών ήταν αποθηκευμένο στα μέρη του φυτού κατά την πλήρη αρχική λίπανση που δέχτηκαν για να αναπτυχθούν ή είχαμε αποδόμηση των μορίων της χλωροφύλλης για πρόσληψη του αζώτου από αυτή (ένα μόριο χλωροφύλλης περιέχει τέσσερα άτομα αζώτου δηλαδή μπορεί να δημιουργήσει δύο μόρια μπετακυανίνης).

Παρατηρούμε λοιπόν ότι όσο μειώνεται η νιτρική λίπανση τόσο αυξάνεται η βιοσύνθεση μορίων μπετακυανίνης και παράλληλα μειώνεται η χλωροφύλλη.

## Βιβλιογραφία

- 1) Καράταγλης Στέλιος, 1992, Φυσιολογία Φυτών, Εκδόσεις Art of Text.
- 2) Καλλιόπη Α. Ρουμπελάκη - Αγγελάκη, 2003, Φυσιολογία Φυτών, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- 3) Φάνης Α. Τσαπικούνης, 1995, Θρέψη-Λίπανση των Φυτών, Εκδόσεις Βάρδας.
- 4) Στυλιανός Σ. Καράταγλης, 1999, Φυσιολογία Φυτών, Εκδόσεις Art of Text
- 5) Barbara Shaw, T.H.Thomas and D.T. Cooke, 2002, Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress, *Plant Growth Regulation* 37:77-83, Kluwer Academic Publishers.
- 6) ΤΕΙ Κρήτης, ΣΤΕΓ, Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ., Πρόγραμμα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης "Βιολογική Γεωργία".
- 7) Chia-Jung Tsai & J. W. Saunders, 2000, Evaluation of sole nitrogen sources for shoot and leaf disc cultures of sugar beet, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 59:47-56, Kluwer Academic Publishers.
- 8) Ελένη-Γις Α.Κωνσταντινίδου, 2003, Φυσιολογία Φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις, Εκδόσεις Reptime A.E.
- 9) Atanas Pavlov, Vasil Georgiev & Petia Kovatcheva, 2003, Relationship between type and age of the inoculum culture, *Biotechnology Letters* 25:307-309, Kluwer Academic Publishers.
- 10) Jose A. Fernandez-Lopez, Luis Almela, 2001, Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits, *Journal of Chromatography A*, 913 415-420, Elsevier.
- 11) Luisa Tesoriere, Daniela Butera, Mario Allegra, Marco Fazzari, and Maria A. Livrea, 2005, *J. Agric. Food Chem.*, 53, 1266-1270.
- 12) Yizhong Cai, Mei Sun, and Harold Corke, 2003, Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 2288-2294
- 13) Delgado Francisco – Octavio Vargas Paredes - Lopez, 2003, Natural colorants for food and nutraceutical uses, Εκδόσεις CRS Press.
- 14) Fernando Gandiaa-Herrero, Josefa Escribano, and Francisco Garciaa-Carmona, 2005, Characterization of the Activity of Tyrosinase on Betaxanthins Derived from (R)-Amino Acids, *J. Agric. Food Chem.*, 53, 9207-9212 9207.
- 15) Fernando Gandia-Herrero, Josefa Escribano, Francisco Garcia-Carmona, 2005, Characterization of the monophenolase activity of tyrosinase on betaxanthins: the tyramine-betaxanthin/dopamine- betaxanthin pair, *Planta* (2005) 222: 307-318, Springer-Verlag.
- 16) Nikolaus Fischerl and Andre S. Dreiding, 1972, Biosynthesis of Betalaines. On the Cleavage of the Aromatic Ring, during the Enzymatic Transformation of Dopa into Betalamic Acid, *Helvetica Chimica Acta- Vol.55, Fasc. 2 - Nr. 71*.
- 17) Fernando Gandia-Herrero, Josefa Escribano and Francisco Garcia-Carmona, 2007, Characterization of the Activity of Tyrosinase on Betanidin, *J. Agric. Food Chem.*, 55, 1546-1551.
- 18) Fernando Gandia-Herrero, Francisco Garcia-Carmona and Josefa Escribano, 2004, Purification and Characterization of a Latent Polyphenol Oxidase from Beet Root (*Beta vulgaris* L.), *J. Agric. Food Chem.*, 52, 609-615.
- 19) Manual του Οξυγονομέτρου
- 20) Barnes, J. D., Balaguesr, L. Manarique, E. F.E., Davison, A.W., 1992, A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants, *Environ .Exp. Bot.* 32:85-100.
- 21) Rosario Castellar, Jose M. Obon, Mercedes Alacid, and Jose A. Fernandez- Lopez, 2003, Color Properties and Stability of Betacyanins from *Opuntia* Fruits, *J. Agric. Food Chem.* 51, 2772-2776.

- 22) Steven J. Schwartz and Joachim H. von Elbe, 1980, Quantitative Determination of Individual Betacyanin Pigments by High-Performance Liquid Chromatography, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 28, No. 3, 1980 541.
- 23) Vincent, K. R., Scholz, R. G., *J. Agric. Food Chem.* 26,812 (1978).
- 24) Thimmaraju R., Bhagyalakshmi N., Narayan M. S., Ravishankar G. A., 2003a, Kinetics of pigment release from hairy root cultures of *Beta vulgaris* under the influence of pH, sonication, temperature and oxygen stress. *Process Biochem.* , 38, 1069-1076.
- 25) Thimmaraju R., Bhagyalakshmi N., Narayan M. S., Ravishankar G. A., 2003b, Food-grade chemical and biological agents permeabilize red beet hairy roots, assisting the release of betalains. *Biotechnol. Prog.*, 19, 1274-1282.
- 26) Thimmaraju Rudrappa, Bhagyalakshmi Neelwarne and Ravishankar G. Aswathanarayana, 2004 India, In Situ and Ex Situ Adsorption and Recovery of Betalains from Hairy Root Cultures of *Beta vulgaris*, *Biotechnol. Prog.*, 20, 777-785.
- 27) **G. KAPOTIS, G. ZERVOUDAKIS, T. VELTSISTAS and G. SALAHAS (2003).** Comparison of chlorophyll meter readings with leaf chlorophyll concentration in *Amaranthus vlitus*: Correlation with physiological processes. **Russian Journal of Plant Physiology, 50 (3): 395-397.**