

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΙΣ
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ, ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΠΕΤΑΚΥΑΝΙΝΩΝ ΣΕ
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΑΝΤΖΑΡΙΟΥ (*Beta vulgaris* L.)**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΟΥ ΞΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΠΑΣΑΒΒΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1. Το άζωτο.....	3
1.1 Ο ρόλος του αζώτου στα φυτά	4
2. Το παντζαρι.....	5
2.1. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	5
2.2. Θρεπτικά στοιχεία και οφέλη για τον ανθρώπινο οργανισμό.....	6
3. Πρωτογενής και δευτερογενής μεταβολισμός.....	7
4. Δευτερογενείς Μεταβολίτες.....	8
4.1. Ομάδες Δευτερογενών Μεταβολιτών.....	8
4.2. Βιολογικός Ρόλος Δευτερογενών Μεταβολιτών	12
4.3. Αντιμικροβιακή Δράση των Δευτερογενών Μεταβολιτών.....	15
4.4. Χρήσεις Δευτερογενών Μεταβολιτών.....	16
5. Φαινολικές Ενώσεις και Μπεταλαΐνες.....	18
5.1. Τι είναι οι Φαινολικές Ενώσεις;.....	18
5.2. Τι είναι οι Μπεταλαΐνες;.....	19
5.3. Τα οφέλη των Φαινολικών στον Ανθρώπινο Οργανισμό.....	21
6. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	23
7. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
7.1. Ανάπτυξη της καλλιέργειας.....	24
7.2. Προσδιορισμός ξηρής βιομάζας.....	25
7.3. Προσδιορισμός Χλωροφυλλών.....	25
7.4. Μέτρηση φυσιολογικών παραμέτρων.....	25
7.5. Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών και των μπετακυανινών.....	26
8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	27
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	37
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

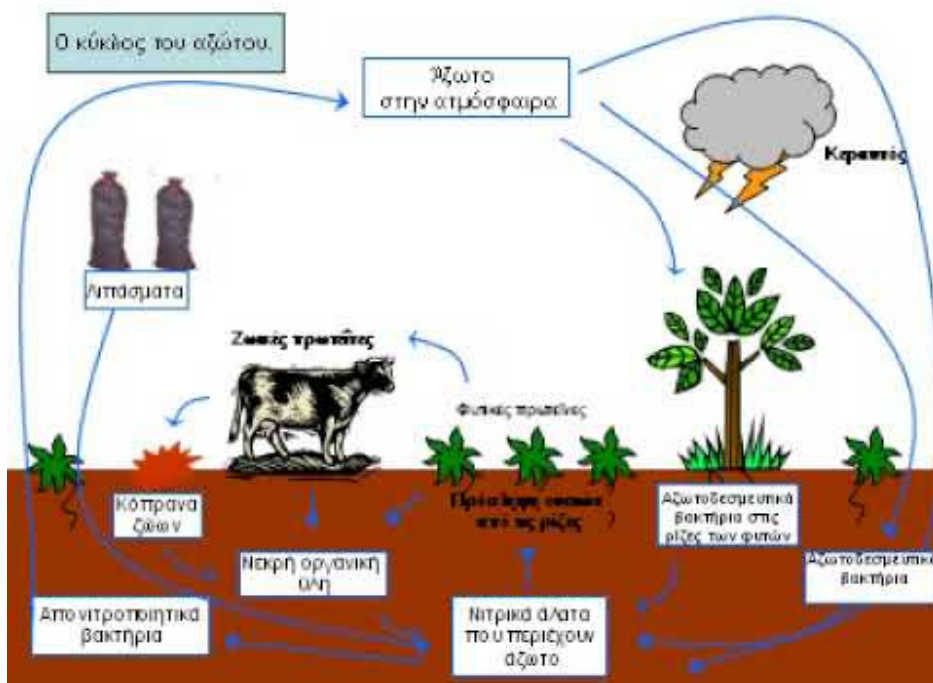
1. ΤΟ ΑΖΩΤΟ

Το άζωτο είναι ένα χημικό στοιχείο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αποτελεί βασικό συστατικό τόσο για τους ζωντανούς οργανισμούς όσο και για την ατμόσφαιρα της οποίας αποτελεί το 78%. Η ατμόσφαιρα, πάνω από μια επιφάνεια 10 στρεμμάτων εδάφους περιέχει 35.000 τόνους στοιχειακό άζωτο. Ονομάστηκε άζωτο γιατί χωρίς αυτό δεν μπορεί να υπάρξει ζωή .

Συμμετέχει στο μόριο των νουκλεοτιδίων και των αμινοξέων που αποτελούν τα δύο δομικά συστατικά των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών αντίστοιχα καθώς και στο μόριο της χλωροφύλλης.

Ο κύκλος του αζώτου αποτελεί παράδειγμα ιδιαίτερα σύνθετου κύκλου και είναι πιθανότατα ο πληρέστερος όλων των κύκλων των θρεπτικών στοιχείων καθώς έχει πολλούς αυτορυθμιζόμενους μηχανισμούς (Εικόνα 1).

Περιλαμβάνει διάφορες αλλαγές από το στοιχειακό ατμοσφαιρικό άζωτο σε ανόργανο, σε οργανικό και αντίστροφα.



Εικόνα 1. Ο κύκλος του αζώτου στην φύση

Αν και πιστεύεται ότι η μεγαλύτερη πηγή αζώτου είναι η ατμόσφαιρα (περίπου $3,8 \cdot 10^{15}$ τόνοι μοριακού αζώτου) εντούτοις τα μεγαλύτερα ποσά είναι δεσμευμένα στο στερεό φλοιό της γης και τα ιζήματα (περίπου $18 \cdot 10^{15}$ τόνοι). Παρά τις μεγάλες ποσότητες αζώτου στο έδαφος ελάχιστα ποσά απελευθερώνονται (και από αυτά πάλι πολύ μικρά ποσοστά είναι διαθέσιμα στα φυτά). Για τους αυτότροφους οργανισμούς η βασικότερη πηγή αζώτου είναι τα νιτρικά άλατα του εδάφους, μορφή με την οποία συνήθως απελευθερώνεται και διατίθεται στα φυτά. Το εδαφικό άζωτο που χρησιμοποιείται από τα φυτά προέρχεται κυρίως από τα χημικά λιπάσματα και δευτερευόντως από οργανικές ουσίες που ενσωματώνονται στο έδαφος και αποσυντίθενται ή από τη δράση ορισμένων μικροοργανισμών που προσλαμβάνουν ατμοσφαιρικό άζωτο και σχηματίζουν πρωτεΐνες και πιθανά άλλες αζωτούχες ουσίες μέσα στο σώμα τους.

1.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Τα αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη γεωργία, αφού βρέθηκε ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα των φυτών επηρεάζεται κατά μεγάλο ποσοστό από τη διαθεσιμότητα του αζώτου. Η έλλειψη του αζώτου είναι από τα πιο συνήθη φαινόμενα, που παρατηρούνται στις καλλιέργειες επηρεάζοντας άμεσα την παραγωγικότητα των φυτών. Επειδή συμμετέχει στην πρωτεϊνσύνθεση, αλλά κυρίως στη δομή της χλωροφύλλης, τα συμπτώματα της έλλειψής του εμφανίζονται υπό μορφή χλώρωσης. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στα ηλικιωμένα κατώτερα φύλλα τα οποία κιτρινίζουν και πέφτουν. Τα νεώτερα φύλλα μπορεί να μην εμφανίζουν αρχικά αυτά τα συμπτώματα, επειδή το άζωτο είναι ευκίνητο στοιχείο και μετακινείται εύκολα από τα παλαιότερα προς τα νεώτερα φύλλα που το έχουν ανάγκη. Έτσι η έλλειψη του αζώτου σε ένα φυτό μπορεί να προσδίδει ελαφρώς πράσινο χρώμα στα ανώτερα φύλλα και κίτρινο στα κατώτερα. Παράλληλα με την χλώρωση αναπτύσσονται ανθοκυανίνες 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 επειδή αδρανοποιούνται οι πλευρικοί οφθαλμοί. Αντίθετα αύξηση της ποσότητας του αζώτου συνεπάγεται εντονότερη αύξηση του βλαστού και των φύλλων με ταυτόχρονη όμως βράχυνση της ρίζας.

2. ΤΟ ΠΑΝΤΖΑΡΙ

Το παντζαρι *Beta Vulgaris*, της οικογένειας Chenopodiaceae είναι φυτό αυτοφυές της Ευρώπης, όπως και της Βόρειας και Δυτικής Ασίας και γνωστό από την αρχαιότητα. Ο Θεόφραστος πιθανώς να αναφέρεται σε αυτό ως «τεύλιον το μέλαν». Τα σακχαρότευτλα, τα κτηνοτροφικά τεύτλα και τα λαχανοκομικά τεύτλα ανήκουν στο ίδιο είδος.

Το παντζάρι καλλιεργείται για τη σαρκώδη γογγυλόριζα και για τα φύλλα του. Το βρώσιμο τμήμα του ριζοκονδύλου αποτελείται από αλλεπάλληλους κύκλους ιστών, αγωγού και αποθηκευτικού ιστού. Οι λωρίδες του αποθηκευτικού ιστού είναι σχετικά ευρείες και σκοτεινές, ενώ του αγωγού ιστού σχετικά στενές και ανοιχτόχρωμες. Η εναλλαγή αυτή του χρώματος διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία, όπως και στην ίδια ποικιλία. Υψηλές θερμοκρασίες συντελούν σε μειωμένη ανάπτυξη χρώματος του ριζοκονδύλου.

Το τεύτλο έχει αρκετό ριζικό σύστημα με ρίζες 70-90 cm, με πολλές διακλαδώσεις κοντά στην πεπαχημένη ρίζα.

Το στέλεχος είναι μικρός δισκοειδής, όπως του καρότου. Τα φύλλα είναι απλά, σπειροειδώς τακτοποιημένα κοντά στο ρόδακα. Το χρώμα τους ποικίλλει από βαθύ ερυθρό μέχρι χλωροπράσινο. Υπάρχουν στομάτια στις δύο επιφάνειες του φύλλου την άνω και την κάτω. Τα φύλλα έχουν την ίδια ερυθρή χρωστική (μπετανίνη) η οποία χαρακτηρίζει το υπόγειο μέρος του.

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

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

2.1. ΕΛΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

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

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

Άρδευση-Καλλιεργητικές φροντίδες

Κατά την διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, γίνονται σκαλίσματα, ένα ή δύο αραιώματα, (ξεκινώντας όταν τα φυτά έχουν 3-4 φύλλα και έως ότου να βρεθούν σε απόσταση 25 εκ. 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 αυτές ξεπροβάλλουν από το έδαφος και έχουν φθάσει περίπου τα δέκα εκατοστά. Οι ρίζες ομαδοποιούνται ανά 4 ή 6, πλένονται και μεταφέρονται στην αγορά.

2.2. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Το παντζάρι είναι πλούσιο σε φώσφορο, σίδηρο, χαλκό, ιώδιο, θείο, ασβέστιο και μεταλλικά άλατα, βιταμίνη Β και κυρίως βιταμίνη Α. Όλα αυτά τα συστατικά το καθιστούν πολύτιμο για την ενδυνάμωση του αίματος.

Το χαρακτηριστικό του χρώμα οφείλεται στις μπεταλαΐνες, οι οποίες είναι υδατοδιαλυτές χρωστικές και ταξινομούνται στις κόκκινες μπετακυανίνες και στις κίτρινες μπεταξανθίνες. Η κύρια μπετακυανίνη είναι η μπετανίνη, που αποτελεί το 75 έως 95% των συνολικών χρωστικών του παντζαριού.

Οι μπεταλαΐνες είναι αντιοξειδωτικές ουσίες και γι αυτόν τον λόγο το παντζάρι θεωρείται πως έχει πιθανές αντικαρκινικές ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε μεγάλη γκάμα τροφίμων στα οποία προσδίδουν το κόκκινο χρώμα τους αλλά και την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, καθιστώντας τες ένα φθινό, ασφαλές και φυσικό συντηρητικό που όχι μόνο δεν βλάπτει τον οργανισμό αλλά τον ωφελεί.

Το παντζάρι είναι πλούσιο σε φυλλικό οξύ. Το φυλλικό οξύ είναι απαραίτητο για τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων λόγω της συμμετοχής του στη σύνθεση των νουκλεϊκών οξέων και απαραίτητο για την λειτουργία του νευρικού συστήματος. Επίσης, βοηθά στην αναγέννηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων και γι αυτό η έλλειψή του προκαλεί μακροκυτταρική αναιμία.

Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί πως το παντζάρι είναι πλούσιο σε κάλιο. Το κάλλιο ρυθμίζει τον όγκο των ενδοκυττάρων υγρών και επηρεάζει την σύσπαση των λείων μυϊκών ινών και έτσι είναι απαραίτητο για την διατήρηση του καρδιακού παλμού.

3. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αναπτύσσονται και επιζούν χάρη σε ένα σύνθετο σύνολο διαφόρων χημικών αντιδράσεων στις οποίες δίνουμε το γενικό όνομα «μεταβολισμός».

Οι αντιδράσεις που επιτρέπουν τη σύνθεση και τη χρησιμοποίηση ουσιών σημαντικών για τη ζωή όπως τα σάκχαρα, τα αμινοξέα, τα νουκλεοτίδια πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα, αποτελούν αυτό που ονομάζουμε πρωτογενή μεταβολισμό.

Είναι αξιοσημείωτο ότι όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί από τα βακτήρια έως τον άνθρωπο χρησιμοποιούν τους ίδιους τύπους πρωτογενών μεταβολιτών. Αυτή η εκπληκτική ομοιότητα των διαδικασιών και αντιδράσεων του πρωτογενούς μεταβολισμού σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς αποτελεί ένα ισχυρό επιχείρημα για την κοινή προέλευση όλων των οργανισμών στον πλανήτη μας.

Τα φυτά παράγουν μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων που φαίνονται να μην έχουν άμεση σχέση με τον πρωτογενή μεταβολισμό και την κανονική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται δευτερογενείς μεταβολίτες, δευτερογενή προϊόντα ή φυσικά προϊόντα. Φαίνεται να μην παίζουν άμεσο ρόλο στις βασικές μεταβολικές πορείες, όπως η φωτοσύνθεση, η αναπνοή, η πρωτεϊνοσύνθεση, η αφομοίωση, η διαφοροποίηση ή η σύνθεση υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπιδίων. Πολλοί από τους δευτερογενείς μεταβολίτες περιορίζονται σε ένα μόνο γένος, ή ακόμα και σε ένα μόνο είδος φυτού. Η περίπτωση της μορφίνης η οποία βρίσκεται σε δύο μόνον είδη παπαρούνας, είναι ένα τυπικό παράδειγμα. Γνωρίζουμε σήμερα ότι οι ουσίες αυτές παίζουν συχνά το ρόλο των χημικών μηνυμάτων που καθορίζουν τις σχέσεις των ζωντανών οργανισμών με το περιβάλλον τους. Ιδιαίτερα οι ουσίες αυτές βοηθούν στην επιβίωση ενός οργανισμού αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητα του.

Ενώ ο πρωτογενής μεταβολισμός εκφράζει σε μοριακό επίπεδο τη βαθιά ενότητα του ζωντανού κόσμου ο δευτερογενής μεταβολισμός και οι δευτερογενείς μεταβολίτες που είναι διαφορετικοί σε κάθε φυτό ή ομάδα φυτών εκφράζει την ποικιλότητά του.

4. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ

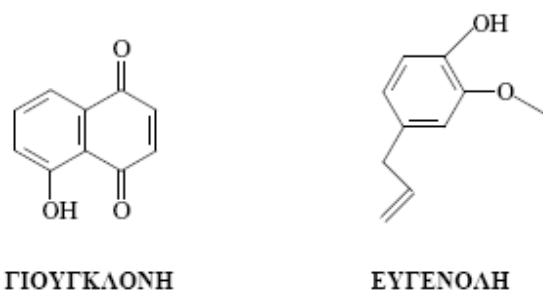
4.1. ΟΜΑΔΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ

Στη χημική άμυνα, όπως ήδη αναφέρθηκε συμμετέχουν και οι δευτερογενείς μεταβολίτες του φυτού, οι οποίοι είτε προϋπάρχουν σε συγκεκριμένες θέσεις στους φυτικούς ιστούς (προϋπάρχοντες), είτε παράγονται εκ νέου μετά από επίθεση εχθρών (επαγόμενοι). Τα βιομόρια αυτά προέρχονται από ενδιάμεσες ενώσεις του πρωτογενούς μεταβολισμού και συντίθενται μέσω βιοχημικών οδών, που στο σύνολο τους αποτελούν το δευτερογενή μεταβολισμό.

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες κατατάσσονται με βάση τα βιομόρια από τα οποία προέρχονται, σε τρεις κύριες ομάδες:

(α) Την ομάδα των **φαινολικών ενώσεων**, η οποία περιλαμβάνει μεταβολίτες που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός τουλάχιστον αρωματικού δακτυλίου (C_6) με ένα ή περισσότερα υδροξύλια (Σχ. 1). Μέσω αντιδράσεων συμπύκνωσης, προσθήκης ή πολυμερισμού του βασικού αρωματικού δακτυλίου, προκύπτει ένας μεγάλος αριθμός παραγώγων (Πιν. 1). Οι φαινολικές ενώσεις συντίθενται μέσω των βιοσυνθετικών οδών του σικιμικού ή/και του μηλονικού οξέος, και έχουν ως πρόδρομο ένωση τη φαινυλανίνη.

Σχήμα 1. Χημική δομή ορισμένων χαρακτηριστικών ενώσεων της ομάδας των φαινολών (φλαβονοειδή).



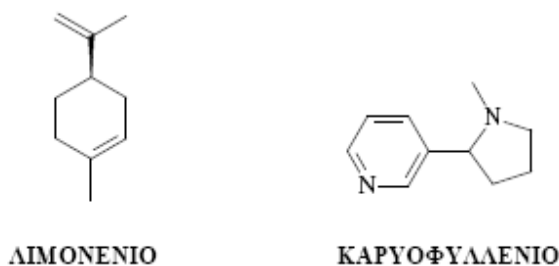
Αριθμός ατόμων άνθρακα	Τύπος βασικού ανθρακικού σκελετού	Κατηγορία ενώσεων	Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι
6	C ₆	Απλές φαινόλες	Υδροκινόνη, κατεχόλη
7	C ₆ - C ₁	Παράγωγα υδροξυβενζοϊκού	4- υδροξυβενζοϊκό
8	C ₆ - C ₂	Ακετοφαινόνες, Παράγωγα οξικού φαινυλίου	4- υδροξυκετοφαινόνη 4-υδροξυφαινυλιζικό
9	C ₆ - C ₃	Παράγωγα υδροξυκινναμικού φαινυλπροπανίου, κουμαρίνες	Καφεϊκό οξύ Ευγενόλη Αισκουλετίνη
10	C ₆ - C ₄	Ναφθοκικινόνες	Γιουγκλόνη
13	C ₆ - C ₁ - C ₆	Ξανθόνες	Μαντζιφερίνη
14	C ₆ - C ₂ - C ₆	Στιλβένια, ανθρακινόνες	Εμοδίνη, Ρεσβερατρόλη
15	C ₆ - C ₃ - C ₆	Φλαβονοειδή	Κερκετίνη
18	(C ₆ - C ₃) ₂	Λιγνάνες	Πινορεσινόλη
30	(C ₆ - C ₃ -C ₆) ₂	Διφλαβονοειδή	Αμεντοφλαβόνη
n	(C ₆) _n	Μελανίνες της κατεχόλης	Πολυμερή του ναφθαλινίου
n	(C ₆ - C ₁) _n :Glc	Υδρολυόμενες ταννίνες	Γαλλοταννίνες
n	(C ₆ - C ₃) _n	Λιγνίνες	Πολυμερή της γουαϊακόλης(γυμνόσπερμα) Πολυμερή της γουαϊακόλης και της συρινκόλης(αγγειόσπερμα)
n	(C ₆ - C ₃ -C ₆) _n	Συμπυκνωμένες ταννίνες	Πολυμερή της κατεχίνης

Πηγή: Καραμπουρνιώτης, 2003

Πίνακας 1. Οι κυριότερες υποομάδες των φαινολικών ενώσεων

(β) Την ομάδα των **τερπενίων**. Οι ενώσεις αυτές προέρχονται από την βασική μονάδα του ισοπρενίου (C₅) (Σχ. 2). Η ομάδα αυτή αποτελείται από πάρα πολλά μέλη, με εξαιρετική ποικιλότητα δομής. Έχουν προσδιορισθεί πάνω από 23.000 διαφορετικά τερπένια, με διαφορετική δομή (Cheng et al., 2007). Η φύση των μελών αυτής της ομάδας είναι λιπιδική, ενώ ορισμένα από αυτά αποτελούν αναπόσπαστα συστατικά θεμελιωδών λειτουργιών π.χ. τα καροτενοειδή, οι χλωροφύλλες και ορισμένες φυτοορμόνες. Με τη συνένωση βασικών μονάδων δημιουργούνται μεγαλύτερα μόρια, διαφορετικά μεταξύ τους (Πιν.2).

Τα τερπένια συντίθενται μέσω της βιοσυνθετικής οδού α) του μεβαλονικού οξέος, με πρόδρομο μόριο το ακετυλο-συνένζυμο Α και β) της μεθυλοτριετόλης, με πρόδρομο μόριο το πυρουβικό οξύ. Ορισμένα μονοτερπένια και διτερπένια αποτελούν τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων, δηλαδή πτητικών μιγμάτων που περιέχονται στις αδενώδεις τρίχες ή στους αδένες.



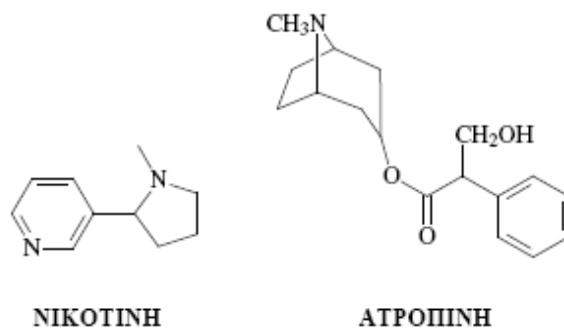
Σχήμα 2. Χημική δομή ορισμένων χαρακτηριστικών ενώσεων της ομάδας των τερπενίων

Αριθμός ατόμων άνθρακα	Τύπος βασικού ανθρακικού σκελετού	Κατηγορία ενώσεων	Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι
5	C_5H_8	Ισοπρένιο (ημιτερπένια)	ισοπεντενυλοφωσφορικό
10	$C_{10}H_{16}$	Μονοτερπένια	Γερανιόλες (μενθόλη, καμφορά, πινένιο, κιτρονελλάλη)
15	$C_{15}H_{24}$	Σεσκιτερπένια	Φαρνεζόλες (ουβικινόνη, πλαστοκινόνη, αμπισισικό, ρισιτίνη)
20	$C_{20}H_{32}$	Διτερπένια	Γερανυλγερανιόλες (φυτόλη, καουρένιο, γιββερελικό, φουσικοσίνη)
30	$C_{30}H_{48}$	Τριτερπένια	Σκουαλένια (στεροειδή, σαπωνίνες)
40	$C_{40}H_{64}$	Τετρατερπένια	Φυτοένιο, καροτενοειδή
n	$(C_5H_8)_n$	πολυτερπένια	Κόμμεα, γουταπέρκα

Πηγή: Καραμπουρνιώτης, 2003

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι της ομάδας των τερπενίων

(γ) Την ομάδα των **αζωτούχων ενώσεων**, που περιλαμβάνει ενώσεις που προέρχονται κυρίως από αμινοξέα. Πρόκειται για μια ετερογενή ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών, η οποία αποτελείται από τα αλκαλοειδή (Σχ. 3), τις μεταλαΐνες, διάφορα μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, αμίνες όπως η ισταμίνη, κυανογενή γλυκοσίδια, θειογλυκοζίτες και αμυντικές πρωτεΐνες.



Σχήμα 3. Χημική δομή ορισμένων χαρακτηριστικών ενώσεων της ομάδας των αλκαλοειδών

4.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ

Δευτερογενείς μεταβολίτες βρίσκονται σε όλα τα φυτά, όμως διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του φυτού, ενώ κάποια από αυτά τα προϊόντα παράγονται μόνο σε επιμέρους ιστούς και σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης.

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες δεν φαίνεται να απαιτούνται για την ομαλή διεξαγωγή των βασικών φυσιολογικών λειτουργιών, που είναι κοινές σε όλα τα φυτά και αναγκαίες για την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη. Έτσι ο ρόλος τους αποτέλεσε συχνά αφορμή για διαφωνίες μεταξύ των ερευνητών, κάποιοι από τους οποίους υποστήριζαν ότι αποτελούν «άχρηστα» προϊόντα μεταβολισμού. Η θεωρία αυτή αναιρείται από έναν αριθμό παρατηρήσεων όπως:

- 1) Τα φυτά δεν έχουν απεκκριτικό σύστημα για να αποβάλλουν αυτά τα «άχρηστα» μεταβολικά προϊόντα, όπως γίνεται στα ζώα.

- 2) Επίσης τα φυτά έχουν περιορισμένες πηγές αζώτου. Επομένως θα ήταν δύσκολο να εξηγηθεί η παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών που περιέχουν άζωτο, όπως για παράδειγμα τα αλκαλοειδή, εξαιτίας της άσκοπης κατανάλωσης του πολύτιμου για

τα φυτά αζώτου.

- 3) Τα αλκαλοειδή βρίσκονται σε νεαρούς και μεταβολικά ενεργούς ιστούς και όχι σε νεκρά ή γηρασμένα ανενεργά κύτταρα.
- 4) Οι δευτερογενείς μεταβολίτες δεν αποτελούν τελικά προϊόντα του μεταβολισμού και πολλοί από αυτούς μεταβολίζονται από τα φυτικά κύτταρα, έτσι ώστε στη συνέχεια να εξυπηρετήσουν άλλους σκοπούς.
- 5) Και τέλος ο δευτερογενής μεταβολισμός είναι ένας πολύπλοκος μηχανισμός, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με την θεωρία των «άχρηστων» προϊόντων (Wink, 1988).

Έτσι λοιπόν θεωρήθηκε ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες έχουν εξελιχθεί κατά την προσαρμογή των φυτών, ως μηχανισμοί επικοινωνίας και άμυνας. Στα φυσικά οικοσυστήματα τα φυτά βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με ένα εχθρικό βιοτικό περιβάλλον. Δεδομένου ότι τα φυτά δεν έχουν την ικανότητα κίνησης ώστε να μπορέσουν να αποφύγουν τις αντίξοες βιοτικές επιδράσεις, αναγκάστηκαν μέσω της εξέλιξης να εφοδιαστούν εκτός από την κατάλληλη δομή, και με ένα τεράστιο βιοχημικό οπλοστάσιο δευτερογενών μεταβολιτών, οι οποίοι θωρακίζουν τα κύτταρα έναντι των επίδοξων εχθρών (Καραμπουρνιώτης, 2003).

Οι βιολογικές δράσεις των δευτερογενών μεταβολιτών είναι οι ακόλουθες:

A) Προσελκυστική δράση στους επικονιαστές, έχουν κυρίως οι ανθοκυάνες και τα πτητικά τερπένια (Wink, 1988). Επιπλέον όταν τα φυτά δέχονται επίθεση εκλύουν πτητικούς δευτερογενείς μεταβολίτες, κυρίως τερπένια οι οποίοι προσελκύουν φυσικούς εχθρούς των οργανισμών που τους επιτίθενται (Heil and Kost, 2006).

B) Εντομοαπωθητική ή εντομοκτόνο δράση, έχουν κυρίως τα αλκαλοειδή αλλά και τα τερπένια, τα φλαβονοειδή, και οι απλές φαινολικές ενώσεις (Wink, 1988). Φαινολικά γλυκοσίδια και τερπένια έχει αναφερθεί ότι απωθούν και θηλαστικά τα οποία είναι θηρευτές της φυτομάζας (Andrew et al., 2007).

Γ) Αντιμικροβιακή δράση έναντι βακτηρίων, μυκήτων και ιών εκδηλώνουν αλκαλοειδή, τερπένια, ταννίνες (De Bruyne et al., 1999), φλαβονοειδή (Friedman, 2007), κυανογενή γλυκοσίδια, θειογλυκοζίτες (Wink, 1988).

Δ) Αλληλοπαθητική δράση παρουσιάζουν φαινολικές ενώσεις, οι οποίες είναι οι πλέον διαδεδομένες αλληλοπαθητικές ουσίες και ακολουθούν τα τερπένια, τα φλαβονοειδή, τα αλκαλοειδή και τα κυανογενή γλυκοσίδια (Machrafi et al., 2006). Οι δευτερογενείς μεταβολίτες, που παρουσιάζουν τέτοιου είδους δράση, εκλύονται είτε από τις ρίζες είτε από το φύλλωμα των φυτών και μπορούν να προκαλέσουν αναστολή της ανάπτυξης ή της αναπαραγωγής γειτονικών φυτών, όπως για παράδειγμα η έκλυση κατεχίνης από το ζιζάνιο *Centaurea maculosa* (Taiz and Zeiger 2006). Ένα άλλο παράδειγμα αλληλοπαθητικής δράσης είναι αυτό του σιταριού. Το σιτάρι παράγει δευτερογενείς μεταβολίτες, οι οποίοι εμποδίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων όπως τα *Digitaria sanguinalis*, *Amaranthus retroflexus* L., *Echinochloa crusgalli* L., *Poa annua* L. και *Avena fatua*. (www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2475_zhengyq).

ΣΤ) Αντιοξειδωτική και προστατευτική δράση από την υπεριώδη ακτινοβολία, έχουν κυρίως τα φλαβονοειδή καθώς και άλλες ενώσεις της επιδερμίδας των φύλλων, οι οποίες απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία (Xu et al., 2008).

Ζ) Προστατευτική δράση έναντι υψηλών θερμοκρασιών, βρέθηκε ότι έχουν τα τερπένια, των οποίων η μείωση καθιστά το φυτό περισσότερο ευάλωτο σε θερμοκρασιακές καταπονήσεις (Pare and Tumlinson, 1999).

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι ο ρόλος των δευτερογενών μεταβολιτών για την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτών στα οικοσυστήματα είναι εξαιρετικά σημαντικός. Προκειμένου να απολαμβάνει τα οφέλη των ουσιών αυτών, το φυτό πρέπει να καταβάλει ενεργειακό κόστος τόσο για την σύνθεση όσο και για την αποθήκευσή τους. Η σύνθεση των τερπενοειδών έχει μεγαλύτερο μεταβολικό κόστος από την σύνθεση όλων των πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών (Pare and Tumlinson, 1999).

Το τελικό αποτέλεσμα του κόστους της παραγωγής των δευτερογενών μεταβολιτών, θα καθορισθεί από τις πιέσεις που δέχεται το φυτό. Η αντιμετώπιση των εχθρών είναι καθοριστικής σημασίας για την επιβίωση των φυτών και αφού οι δευτερογενείς μεταβολίτες

αποτελούν μηχανισμούς αντιμετώπισής τους, η σύνθεσή τους είναι απαραίτητη, ειδικά στις περιπτώσεις υψηλών βιοτικών πιέσεων. Το κόστος λοιπόν της σύνθεσης ή/και της αποθήκευσής τους σε πολλές περιπτώσεις αντισταθμίζεται από το όφελος της προστασίας, την οποία προσφέρουν στο φυτό.

4.3. ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ

Η ανάγκη αντιμετώπισης των παθογόνων μικροοργανισμών οδήγησε πολλούς ερευνητές στη μελέτη των αντιμυκητιακών, αντιβακτηριακών και αντικών δράσεων των δευτερογενών μεταβολιτών. Ενώσεις και από τις τρεις ομάδες των δευτερογενών μεταβολιτών έδειξαν τέτοιες δράσεις.

Το φυτό *Arabidopsis thaliana*, όπως και πολλά άλλα είδη της οικογένειας Brassicaceae παράγουν αντιμικροβιακά συστατικά, τους θειογλυκοζίτες. Οι ουσίες αυτές αποθηκεύονται ως ανενεργές μορφές και με τη βλάβη κάποιου ιστού, διασπώνται από μία θειογλυκοσιδάση σε επιμέρους προϊόντα, μερικά από τα οποία αναστέλλουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η συμβολή, όμως, των θειογλυκοζιτών στην προστασία από τα παθογόνα, φαίνεται να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταυτότητα του παθογόνου. Για παράδειγμα φυτά *Brassica napus* που συνθέτουν θειογλυκοζίτες, έδειξαν ανθεκτικότητα στο μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*, ενώ υψηλά επίπεδα θειογλυκοζιτών σε άλλα είδη του γένους *Brassica* δεν έδειξαν κάποια συσχέτιση με την ανθεκτικότητα στον παθογόνο μύκητα *Leptosphaeria maculans* (Tierens et al., 2001).

Εκχυλίσματα από το φυτό *Centaurea raphanina* Sm. ssp. *mixta*, βρέθηκαν να έχουν μυκητοκτόνο δράση. Τα κύρια συστατικά τους ήταν πολυφαινόλες και μόνο μία σεσκιτερπενική λακτόνη, η κνικίνη. Οι *in vitro* δοκιμές έδειξαν ότι η μυκητοκτόνος δράση οφείλεται στην κνικίνη, η οποία φαίνεται να είναι περισσότερο δραστική και από το μυκητοκτόνο μικοναζόλη (Panagouleas et al., 2003).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μίας άλλης έρευνας, αιθέρια έλαια από φυτά *Origanum*, *Thymus*, και *Satureja* έδειξαν αντιβακτηριακές δράσεις, έναντι βακτηρίων που αναπτύσσονται σε τρόφιμα. Τα κύρια συστατικά αυτών των αιθέριων ελαίων ήταν μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες και φαινολικά μονοτερπένια. Συγκριτικά μεγαλύτερη ήταν η δράση των εκχυλισμάτων, τα οποία προέκυψαν από τα φυτά ειδών του γένους *Satureja*. Όπως και σε άλλα πειράματα με αιθέρια έλαια, τα Gram-θετικά ήταν πιο ευαίσθητα από τα Gram-αρνητικά βακτήρια (Chorianopoulos et al., 2004).

Παράδειγμα αντιμικροβιακής δράσης είναι και αυτό των εκχυλισμάτων του φυτού

Thymus fallax. Μελέτες έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα αυτού του φυτού είναι πλούσια σε μονοτερπένια, φαινόλες και ειδικά σε θυμόλη, καρβακρόλη, c-τερπενίνη και p-κιμίνη. Τα αποτελέσματα μίας μελέτης, των Ozturk και Ercisli (2005), οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το μεθανολικό εκχύλισμα του *Thymus*, είχε αντιβακτηριακή δράση σε 27 από τα 52 είδη βακτηρίων που δοκιμάστηκαν, μεταξύ των οποίων και το *P. syringae*.

Ο Friedman (2007), σε ένα άρθρο ανασκόπησης, αναφέρει μεταξύ των άλλων και τις αντιβακτηριακές, αντιμυκητιακές και αντικές δράσεις των φλαβονοειδών του τσαγιού. Αντιβακτηριακές ιδιότητες φαίνεται να έχουν και εκχυλίσματα από σπόρους σταφυλιού, με περιεκτικότητα φαινολικών συστατικών. Σε μία άλλη μελέτη έγινε έλεγχος *in vitro* και *in vivo* της αντιμικροβιακής δράσης τριών λιγνανίων, που ανιχνεύονται στο μοσχοκάρυδο (*Myristica argentea*). Η ευαισθησία τόσο των μυκήτων όσο και των βακτηρίων σε αυτές τις ενώσεις διέφερε ανάλογα με το είδος του μικροοργανισμού και την χρησιμοποιούμενη ένωση.

4.4. ΧΡΗΣΕΙΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ

Η χρησιμοποίηση των δευτερογενών μεταβολιτών είναι συνυφασμένη με την επιβίωση του ανθρώπου στη γη και με την ανάπτυξη του πολιτισμού του. Αρχικά με κριτήριο το ένστικτο και αργότερα με οδηγό την επιστήμη, οι εφαρμογές τους στην καθημερινή ζωή και στην φαρμακευτική είναι πολύ διαδεδομένες.

Αν και παρουσιάζονται δυσκολίες στην πράξη, υπάρχουν κάποια προϊόντα τα οποία βασίζονται στους δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών. Γνωστή είναι η χρήση, στην ιατρική, των αλκαλοειδών ατροπίνη, μορφίνη, κινίνη και διγίτοξίνη. Οι ουσίες αυτές χρησιμοποιούνται είτε ως καθαρές ουσίες είτε ως παράγωγα αυτών των ουσιών όπως η ασπιρίνη και κάποια τοπικά αναισθητικά. Η κινίνη, που βρίσκεται σε φυτικά είδη του γένους *Cinchona*, θεωρείτο φάρμακο επιλογής κατά της ελονοσίας και το στερεοϊσομερές της κινιδίνη χρησιμοποιείται ως φάρμακο κατά της αρρυθμίας (Verpoorte, 1998).

Ένα άλλο παράδειγμα, είναι τα λιμονοειδή και συγκεκριμένα η αζαδιραχτίνη. Η αζαδιραχτίνη είναι ένα τριτερπενικό παράγωγο το οποίο παραλαμβάνεται από εκχύλισμα του φυτού *Azadirachta indica* και χρησιμοποιείται στην γεωργία ως εντομοκτόνο. Τα λιμονοειδή του *Azadirachta indica* χρησιμοποιούνταν επιπλέον στην παραδοσιακή ιατρική εξαιτίας των αντικαρκινικών καθώς και άλλων θεραπευτικών ιδιοτήτων τους. Έρευνες συνεχίζουν να γίνονται όσον αφορά κυρίως τις θεραπευτικές ιδιότητες των λιμονοειδών, με σκοπό την διερεύνηση της χρήσης τους στη σύγχρονη ιατρική (www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/eu570/papers1998/bagge).

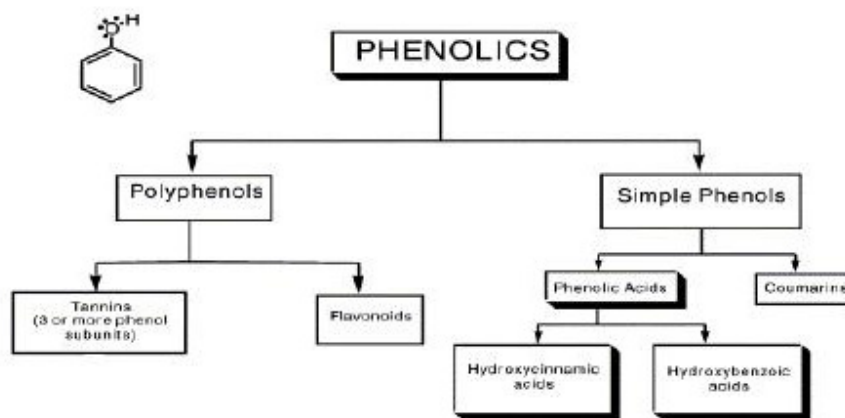
Για την προστασία των φυτών από βακτηριακές προσβολές, στη γεωργική πρακτική, χρησιμοποιείται το σκεύασμα Bactosan. Το σκεύασμα αυτό περιέχει εκχύλισμα του φυτού *Pongamia pinnata*, με δραστική ουσία την πογκαμίνη, η οποία παρορσιάζει ισχυρή αντιβακτηριακή δράση εναντίον διαφόρων επιβλαβών στελεχών. Εμφανίζει δράση τόσο στα gram-θετικά όσο και στα gram-αρνητικά βακτήρια και συνίσταται για συμπτώματα όπως η κηλίδωση των φύλλων, ο μαρασμός και τα καρκινώματα (www.ottawaorchidsociety.com/orchid/neem_oil.htm).

5. ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΠΕΤΑΛΑΪΝΕΣ

5.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ;

Με τον όρο φαινολικές ενώσεις ή φαινολικά συστατικά εννοούμε μια κατηγορία χημικών ενώσεων οι οποίες αποτελούνται από ένα βενζολικό δακτύλιο ο οποίος φέρει μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Δεδομένου ότι ο ορισμός αυτός συμπεριλαμβάνει και τις τερπενοειδείς ενώσεις είναι προτιμότερος ένας ορισμός που βασίζεται στη μεταβολική προέλευση. Σύμφωνα με αυτήν μαζί με τα αλκαλοειδή και τα τερπενοειδή οι φαινολικές ενώσεις είναι προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών και βρίσκονται εντός αυτών ελεύθερα, ή ενωμένα με μόρια γλυκόζης ή άλλα σάκχαρα (γλυκοζίτες ή γλυκοσίδες), ενώ πολλές περιλαμβάνουν αμίνες, οργανικά οξέα, λιπίδια και άλλα συστατικά. Φαινολικές ενώσεις θεωρούνται εκείνες που προέρχονται από τα μεταβολικά μονοπάτια του σικιμικού οξέος και του φαινυλοπροπανίου και βασικός τους ρόλος είναι η προστασία των φυτών από το φωτοσυνθετικό και το περιβαλλοντικό stress. Τα φαινολικά οξέα και τα φλαβονοειδή, βασικές κατηγορίες φαινολικών ενώσεων, είναι δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από τη φαινυλαλανίνη, μέσω της βιοσυνθετικής οδού του σικιμικού οξέος, από το γενικό βιοσυνθετικό μονοπάτι του φαινυλοπροπανίου και το ειδικό μονοπάτι σύνθεσης των φλαβονοειδών.

Ένας τρόπος κατηγοριοποίησης των φαινολικών ενώσεων είναι ανάλογα με τον αριθμό των φαινολικών δακτυλίων που περιέχουν. Όπως δείχνει το σχήμα 4 οι φαινολικές ενώσεις διακρίνονται σε απλές φαινόλες, όταν έχουν έναν φαινολικό δακτύλιο και σε πολυφαινόλες όταν έχουν δύο ή περισσότερους. Στις απλές φαινόλες ανήκουν τα φαινολικά οξέα και οι κουμαρίνες, ενώ στις πολυφαινόλες τα φλαβονοειδή και οι ταννίνες.



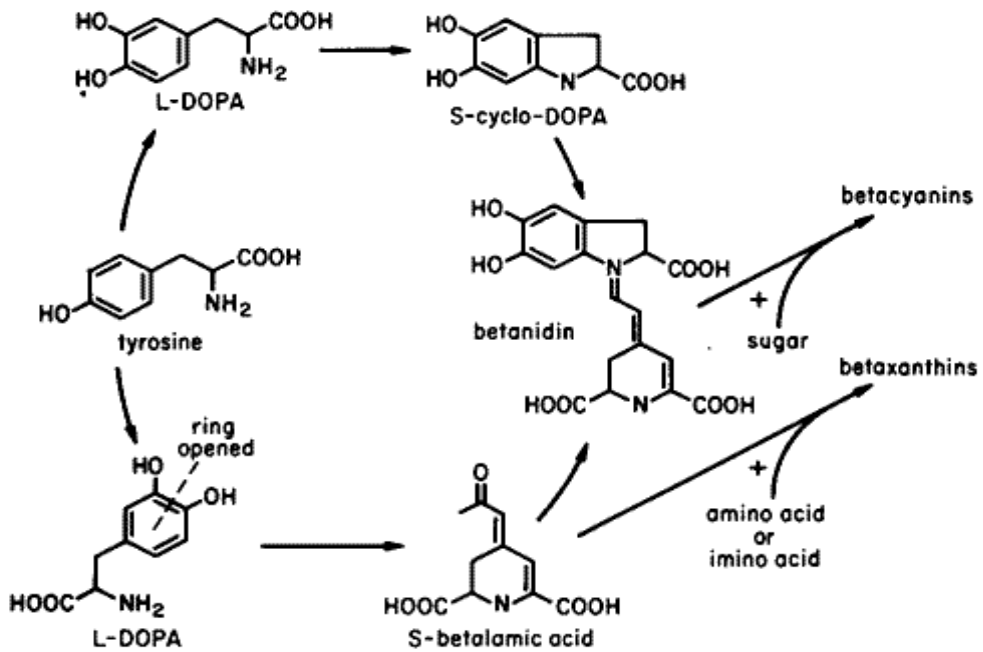
Σχημα 4. Κατηγορίες φαινολικών συστατικών

Τα φυτά αντιμετωπίζουν διάφορους εχθρούς (μύκητες, βακτήρια, ιούς, νηματώδεις και έντομα) καθώς και αντίξοες συνθήκες ανάπτυξης που μπορούν να περιλαμβάνουν υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, τροφопενίες ή τοξικότητες από διάφορα στοιχεία κ.α. Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων δεν είναι εύκολη, αφού τα φυτά δεν μπορούν να κινηθούν, έτσι ώστε να αποφύγουν τις αντιξοότητες του κάθε περιβάλλοντος. Τα φυτά λοιπόν έχουν αναπτύξει μηχανισμούς άμυνας για να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τόσο τις βιοτικές όσο και τις αβιοτικές πιέσεις που δέχονται (Dangl and Jones, 2001).

5.2. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΜΠΕΤΑΛΑΪΝΕΣ;

Οι μπεταλαΐνες προέρχονται από το αμινοξύ τυροσίνη, σε αντίθεση με τις ανθοκυανίνες που προέρχονται από το αμινοξύ φαινυλαλανίνη. Είναι υδατοδιαλυτές κίτρινες (μπεταξανθίνες) και ιώδεις (μπετακυανίνες) χρωστικές ουσίες που αντικαθιστούν τις ανθοκυανίνες σε 10 φυτικές οικογένειες, που όλες τους είναι μέλη των Caryophyllales. Βρίσκονται επίσης σε μερικά είδη μυκήτων των γενών Amanita και Hygrocybe. Οι μπεταλαΐνες προσδίδουν το χρώμα τόσο στα άνθη όσο και στους καρπούς που εμφανίζουν ένα χρωστικό φάσμα που κυμαίνεται από κίτρινο και πορτοκαλί μέχρι κόκκινο και ιώδες. Σε μερικές περιπτώσεις προσδίδουν χρώμα και σε βλαστικά όργανα. Ο όρος Μπεταλαΐνη (Betalain) εισήχθη για να περιγράψει αυτές τις χρωστικές ουσίες ως παράγωγα του μπεταλαμικού οξέως (betalamic acid) (Wohlpart and Mabry, 1968) (Σχ. 5). Κατά το παρελθόν οι μπεταλαΐνες ονομάστηκαν λανθασμένα ως «αζωτούχες ανθοκυανίνες» ενώ σήμερα

αναφέρονται ως «χρωμοαλκαλοειδή» (chromoalkaloids), λόγω της παρουσίας ενός ατόμου αζώτου στο χρωμοφόρο τους.



Σχήμα 5. Η σύνθεση των μεταλαϊνών γίνεται με την συμμετοχή του αμινοξέως της τυροσίνης μέσω της L-DOPA σε δύο υποκατηγορίες, τις μετακυανίνες και τις μεταξανθίνες

Οι μεταλαϊνες λόγω των χρωστικών τους ιδιοτήτων βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στην βιομηχανία τροφίμων. Οι άνθρωποι έρχονται συχνά σε επαφή με τις μεταλαϊνες, είτε τρώγοντας παντζάρια ή βατόμουρα ή γιαούρτι χρωσμένο με χυμό παντζαριού, είτε θαυμάζοντας κάκτους ή τα άνθη της βουκαμβίλλιας.

Τα φυτά που παράγουν μετακυανίνες, κυρίως της οικογένειας Chenopodiaceae (τεύτλα) και της οικογένειας Amaranthiaceae χρησιμοποιούνται παραδοσιακά ως τροφή, φάρμακα ή σε τελετές θυσίας. Τα τελευταία χρόνια επιβεβαιώνονται οι αντικαρκινικές ιδιότητες που αποδίδονται από παλιά στο ρίζωμα του κόκκινου τεύτλου.

Η χρήση του χυμού, ωμού ή επεξεργασμένου, ως πρόσθετη χρωστική στα τρόφιμα, στην Ευρώπη αντιστοιχεί σε μία παραγωγή 4.000 τόνων τον χρόνο.

5.3. ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Πληθώρα επιστημονικών δεδομένων οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση φυσικών πηγών φαινολικών συστατικών, όπως κάποια φρούτα και λαχανικά, το πράσινο τσάι, το κόκκινο κρασί, το κακάο, η σοκολάτα και άλλα φυτικά τρόφιμα, συντελούν στην πρόληψη της στεφανιαίας νόσου, η οποία είναι η κυριότερη αιτία θανάτου στις δυτικές κοινωνίες. Τα διάφορα φαινολικά συστατικά, σε διαφορετικό βαθμό το καθένα, ανάλογα με τη χημική τους δομή και τον τρόπο μεταβολισμού τους στον οργανισμό, αποτρέπουν με συγκεκριμένους μηχανισμούς δράσης τη δημιουργία αθηροσκλήρυνσης στις στεφανιαίες αρτηρίες, που είναι το σημαντικότερο αίτιο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων.

Οι κυριότεροι τρόποι δράσης των φαινολικών συστατικών είναι οι ακόλουθοι :

- α) Εμφανίζουν αντιαθηρωματική δράση, αποτρέποντας την παραγωγή ουσιών υπεύθυνων για τη δημιουργία αθηρωματικών πλακών, όπως οι μεταλοπρωτεϊνάσες (MMP), και ο αυξητικός παράγοντας VEGF.
- β) Εμφανίζουν αντιφλεγμονώδη δράση, αναστέλλοντας προφλεγμονώδεις παράγοντες όπως οι κυτοκίνες και τα μόρια προσκόλλησης ICAM-1, VCAM-1 και E-Selectin, που προωθούν το φλεγμονώδες στάδιο της αθηροσκλήρυνσης.
- γ) Εμφανίζουν αντιοξειδωτική δράση αφενός μεν δεσμεύοντας τις ελεύθερες ρίζες και προστατεύοντας το ενδοθήλιο από το οξειδωτικό stress, αφετέρου δε αποτρέποντας την οξείδωση της LDL, η οποία συνεπάγεται την οξείδωση των μακροφάγων και τη δημιουργία των foam cells, βασικών κυττάρων της αθηρωματικής πλάκας.
- δ) Βελτιώνουν τη λειτουργία του αρτηριακού ενδοθηλίου, αυξάνοντας την ελαστικότητα του μέσω της αύξησης παραγωγής NO, EDGF και προστακυκλίνης και της αναστολής δράσης της ενδοθηλίνης-1.
- ε) Βελτιώνουν τη λειτουργία των αιμοπεταλίων αποτρέποντας την έκκριση από αυτά φλεγμονόδων παραγόντων και εμποδίζοντας τη συσσωμάτωσή τους, μέσω της αναστολής ουσιών όπως η κυκλοοξυγενάση, κάτι που οδηγεί στην αποτροπή θρόμβωσης.
- στ) Μειώνουν τα λιπίδια στο αίμα, γεγονός σημαντικό για την πρόληψη της αθηροσκλήρυνσης. Μειώνουν την ολική χοληστερόλη, τα τριγλυκερίδια και την LDL, ενώ αυξάνουν την HDL.
- ζ) Τροποποιούν την έκφραση κάποιων γονιδίων που σχετίζονται με τη στεφανιαία νόσο. Όλες αυτές οι δράσεις περιλαμβάνουν πολύπλοκους μηχανισμούς και εμφανίζουν αλληλοσύνδεση. Επίσης από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και ερευνούν την δράση των φαινολικών κατά του καρκίνου έχουν καταλήξει στα εξής συμπεράσματα:

- α) Η κερσετίνη και το gallic acid εμποδίζουν το σχηματισμό όγκων σε ποντίκια.
- β) In vivo χημειοπροστατευτική δράση των εστέρων του καφεϊκού οξέος στην εξέλιξη του παχέος εντέρου ποντικών.
- γ) Η κερσετίνη οδηγεί σε απόπτωση αδενωματικά κύτταρα του παχέος εντέρου
- δ) Η προσθήκη φαινολικών ουσιών σε H-Ras NIH3T3 μετασχηματισμένα κύτταρα επαναφέρει τα κύτταρα από το μετασχηματισμένο τους φαινότυπο (Morton et al., 2000).

6. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην εργασία αυτή θελήσαμε να διερευνήσουμε την επίδραση της συγκέντρωσης της αζωτούχου λίπανσης , χορηγούμενης υπό την μορφή NO_3^- στο θρεπτικό διάλυμα υδροπονικής καλλιέργειας παντζαριού:

1. στην ανάπτυξη και τις φυσιολογικές παραμέτρους των φύλλων των φυτών,
2. στην συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα διάφορα μέρη του φυτού (φύλλα, μίσχοι, ριζώματα),
3. στην συγκέντρωση των μπετακυανινών στα διάφορα μέρη του φυτού (φύλλα, μίσχοι, ριζώματα).

7. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

7.1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο πλαστικό θερμοκήπιο την Φυτοπροστασίας του ΤΕΙ Μεσολογγίου, από τις αρχές Μαρτίου έως τις αρχές Μαΐου του 2008.

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν σπόροι παντζαριού (*Beta vulgaris* L.) οι οποίοι στην αρχή τοποθετήθηκαν για 48 ώρες σε δίσκους με διηθητικό χαρτί το οποίο διαβρεχόταν κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Αφού ενυδατώθηκαν οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε σπορείο με υπόστρωμα περλίτη όπου ποτίζονταν με πλήρες θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 3), προκειμένου να αναπτυχθούν τα σπορόφυτα.

Μακροστοιχεία (mM)		Ιχνοστοιχεία (μM)	
KNO ₃	8	H ₃ BO ₃	45
Ca(NO ₃) ₂	4	MnCl ₂	9
MgSO ₄	2	ZnSO ₄	0,7
KH ₂ PO ₄	1	CuSO ₄	0,3
MgCl ₂	4	MoNa ₂ O ₄	0,1
NaFe-EDTA	0,4		

Πίνακας 3. Σύσταση πλήρες θρεπτικού διαλύματος υδροπονίας.

Μετά από δύο εβδομάδες, όταν τα σπορόφυτα βρίσκονταν στο στάδιο του δεύτερου πραγματικού φύλλου, μεταφυτεύθηκαν σε πέντε πλαίσια διαστάσεων 100×15×15 cm. που ήταν εφοδιασμένα με σύστημα απορροής. Σε κάθε πλαίσιο φυτεύτηκαν 16 φυτά, σε υπόστρωμα περλίτη. Οι πέντε διαφορετικές μεταχειρίσεις ποτίζονταν με θρεπτικό διάλυμα το οποίο διέφερε μόνο ως προς την συγκέντρωση των νιτρικών. Οι συγκεντρώσεις των NO₃ στις πέντε μεταχειρίσεις είχαν ως εξής: 867, 560, 260, 173 και 86 ppm. Η μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών, σε σχέση με το πλήρες θρεπτικό διάλυμα, έγινε με την μείωση των ποσοτήτων του KNO₃ και του Ca(NO₃)₂. Οι ελλείψεις σε ποσότητες σε ποσότητες K και Ca που προέρχονται από την μείωση των KNO₃ και Ca(NO₃)₂ αναπληρώνονται με την προσθήκη KCl και K₂SO₄ στην περίπτωση του K και CaCl₂ και CaSO₄ στην περίπτωση του Ca.

Το θρεπτικό διάλυμα φυλασσόταν σε πλαστικά δοχεία των 30 λίτρων και το pH κυμαινόταν από 6,6 έως 6,9 καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας. Η χορήγηση των διαλυμάτων γινόταν με το χέρι και το διάλυμα δεν ανακυκλωνόταν.

7.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Πενήντα ημέρες μετά την έναρξη της εφαρμογής των διαφορετικών μεταχειρίσεων επιλέχθηκαν δύο φυτά από κάθε πλαίσιο ώστε να προσδιορισθεί η ξηρή βιομάζα τους. Τα φυτά, αφού πλύθηκαν και στέγνωσαν, χωρίστηκαν στο υπέργειο και υπόγειο τμήμα τους. Κατόπιν τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο με αέρα και σε θερμοκρασία 65°C. Εκεί παρέμειναν μέχρι να παρατηρηθεί σταθεροποίηση του βάρους τους μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων (ανά 12 ώρες). Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε τρεις φορές κατά την διάρκεια του πειράματος.

7.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ

Η πρώτη μέτρηση των χλωροφυλλών έγινε 40 ημέρες μετά την μεταφύτευση. Για την μέτρηση της χλωροφύλλης επιλέχθηκαν 5 φύλλα της ίδιας ηλικίας από κάθε πλαίσιο. 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 3 δίσκοι από κάθε φύλλο. Οι δίσκοι του κάθε φύλλου τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα όπου προστέθηκαν 3 ml DMSO και μπήκαν στο φούρνο για 2 ώρες και σε θερμοκρασία 65 °C.

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

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

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

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

Η μέτρηση των χλωροφυλλών επαναλήφθηκε τρεις φορές κατά την διάρκεια του πειράματος.

7.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Η μέτρηση των φυσιολογικών παραμέτρων ξεκίνησε 40 ημέρες μετά την εφαρμογή των μεταχειρίσεων και πραγματοποιήθηκε με την χρήση του φορητού οργάνου μέτρησης της

φωτοσύνθεσης LCI Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Ltd. England). Μετρήθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ο ρυθμός διαπνοής ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) και η στοματική αγωγιμότητα του CO_2 ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν ώριμα φύλλα της ίδιας ηλικίας και οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν την ίδια ώρα της ημέρας. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν τρεις φορές.

7.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΠΕΤΑΚΥΑΝΙΝΩΝ

Τα φυτά συλλέγονταν τις πρωινές ώρες από το θερμοκήπιο, κλείνονταν αεροστεγώς σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρονταν στο ψυγείο του εργαστηρίου. Κάθε φυτό πριν την εκχύλιση, πλενόταν με νερό βρύσης, κατόπιν με απιονισμένο, και χωριζόταν σε τρία μέρη: έλασμα, μίσχο και ρίζωμα.

Οι εκχυλίσεις έγιναν σε πορσελάνινο γουδί, με 1 gr φυτικού ιστού και 10 ml διάλυμα εκχύλισης το οποίο περιείχε Μεθανόλη : Απιονισμένο νερό : Μυρμιγκικό οξύ (Formic acid) σε αναλογία 50 : 48,5 : 1,5 αντίστοιχα (Mazza et al. 1999).

Κατά την εκχύλιση αλλά και καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας τα διαλύματα καθώς και τα εκχυλίσματα διατηρούνταν στον πάγο και στο σκοτάδι. Μετά την εκχύλιση το εκχύλισμα τοποθετήθηκε σε πλαστικό σωλήνα φυγοκέντρου 25 ml και ακολούθως φυγοκεντρήθηκε σε ψυχόμενη φυγόκεντρο Centra MP4R (IEC, USA) στα 10.000g για 10 λεπτά στους 4°C. Μετά την φυγοκέντρωση το υπερκείμενο μεταφέρθηκε σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα και ακολούθησε η κατάλληλη αραιώση, με το διάλυμα μεθανόλης το οποίο χρησιμοποιήθηκε και κατά την εκχύλιση. Το υπερκείμενο αυτό διάλυμα χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο.

Τα δείγματα αφήνονταν σε ηρεμία για 15 min και κατόπιν ακολουθούσαν οι μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο.

Για τον ποιοτικό και τον ποσοτικό προσδιορισμό των φαινολικών ουσιών χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο UV-1601 της Shimadzu.

Λάβαμε φάσμα από τα 190nm έως τα 900 nm μέσα στο οποίο και περιλαμβάνονται οι περιοχές απορρόφησης των ολικών φαινολικών (280 nm), και μεταλαϊνών (535 nm).

Τα πρότυπα διαλύματα για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ολικών φαινολικών και μεταλαϊνών παρασκευάστηκαν με την χρήση Gallic acid (Sigma, USA) και Betanin (Red Beet extract diluted with Dextrin, TCI EUROPE, BELGIUM) αντίστοιχα.

8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

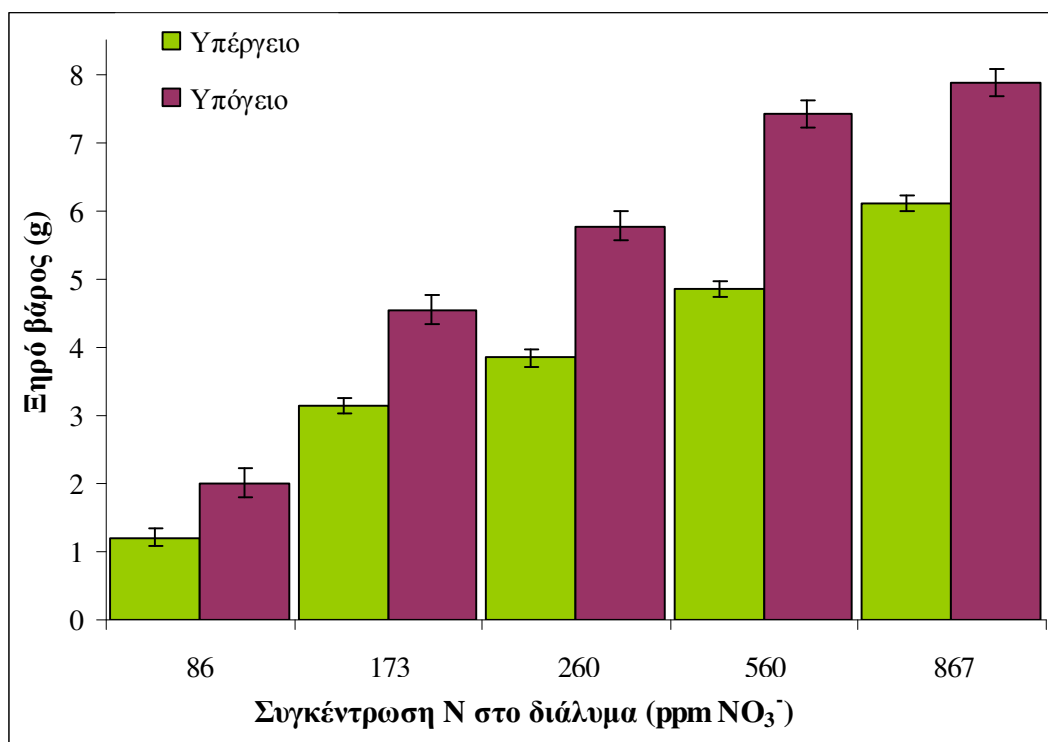
Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών του παντζαριού. Όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα, η ανάπτυξη των φυτών περιορίζεται σταδιακά καθώς μειώνονται τα χορηγούμενα νιτρικά. Ιδιαίτερα κάτω από την συγκέντρωση των 560 ppm και μάλιστα στην χαμηλότερη συγκέντρωση (86 ppm) το χρώμα των φύλλων από πράσινο έχει γίνει ερυθρό-ιώδες (υπερίσχυση ποσοτικά των μετακαυανινών σε σχέση με τις χλωροφύλλες).



Εικόνα 2 Φυτά παντζαριού στα πλαίσια καλλιέργειάς τους. Διακρίνονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα, οι οποίες μειώνονται από αριστερά προς τα δεξιά. Διακρίνονται οι διαφορές στην ανάπτυξη του υπέργειο τμήματός τους.

8.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.

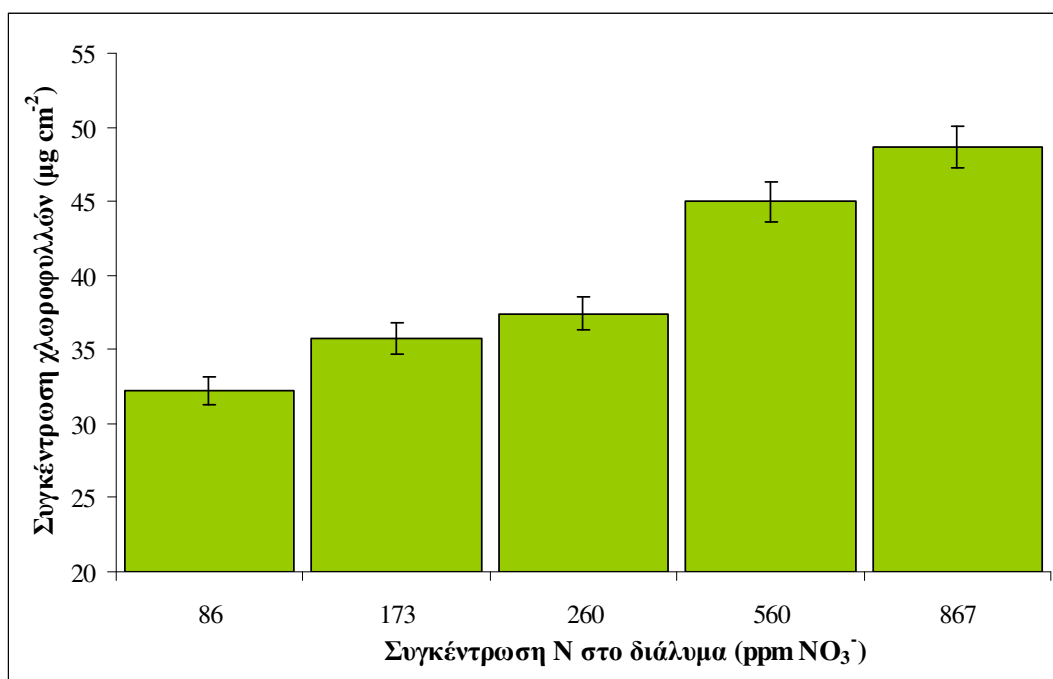
Η μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα είχε αρνητική επίδραση στην παραγωγή βιομάζας, τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος των φυτών (Γράφημα 1). Η μείωση του ξηρού βάρους ήταν εντονότερη στις χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, και ιδιαίτερα στις συγκεντρώσεις των 173 και 86 ppm. Πιο συγκεκριμένα τα φυτά της μεταχείρισης των 86 ppm παρουσίασαν μια μείωση κατά 80% στην παραγωγή βιομάζας στο υπέργειο μέρος και κατά 75% στο υπόγειο σε σχέση με την μεταχείριση των 867 ppm NO_3^- .



Γράφημα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος στην παραγωγή βιομάζας.

8.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ.

Στο Γράφημα 2 εμφανίζεται η συσχέτιση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος με την συγκέντρωση των συνολικών χλωροφυλλών στα φύλλα των φυτών (total chlorophylls=Chla+Chlb). Παρατηρήθηκε μια συνεχής μείωση των συνολικών χλωροφυλλών όσο μειωνόταν η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα. Συγκρίνοντας την μεταχείριση των 867 ppm με αυτήν των 86 ppm NO_3^- συμπαιρένουμε ότι η μείωση αυτή άγγιξε το 33%.

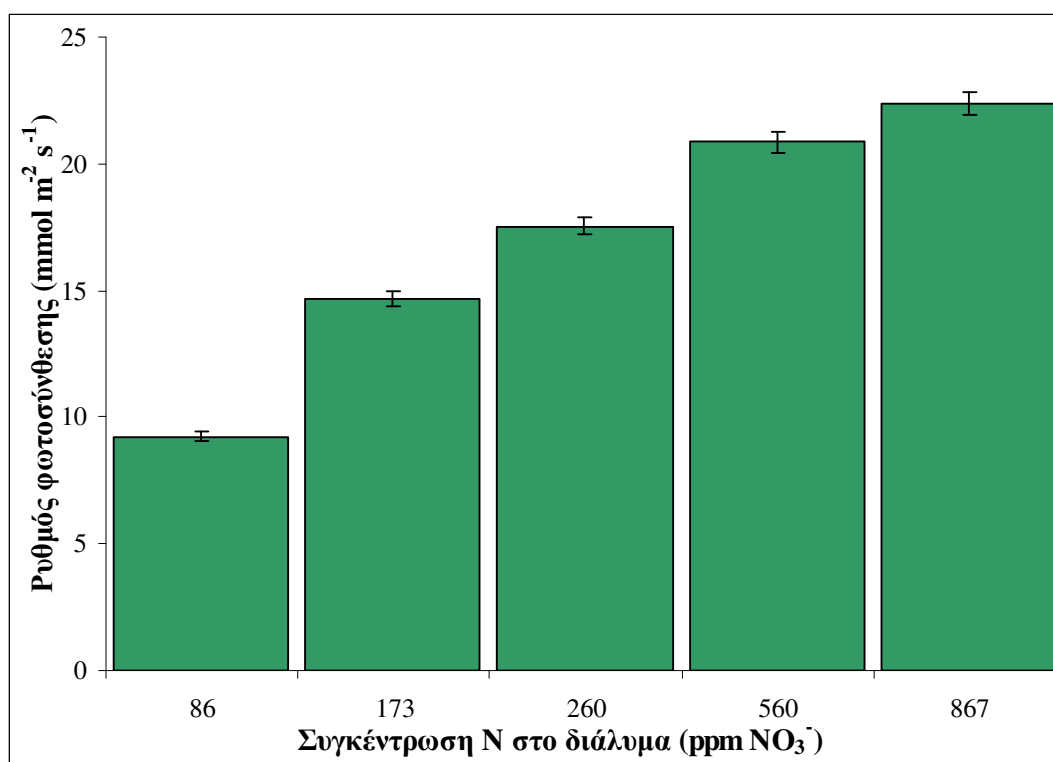


Γράφημα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος στην συγκέντρωση των συνολικών χλωροφυλλών

8.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.

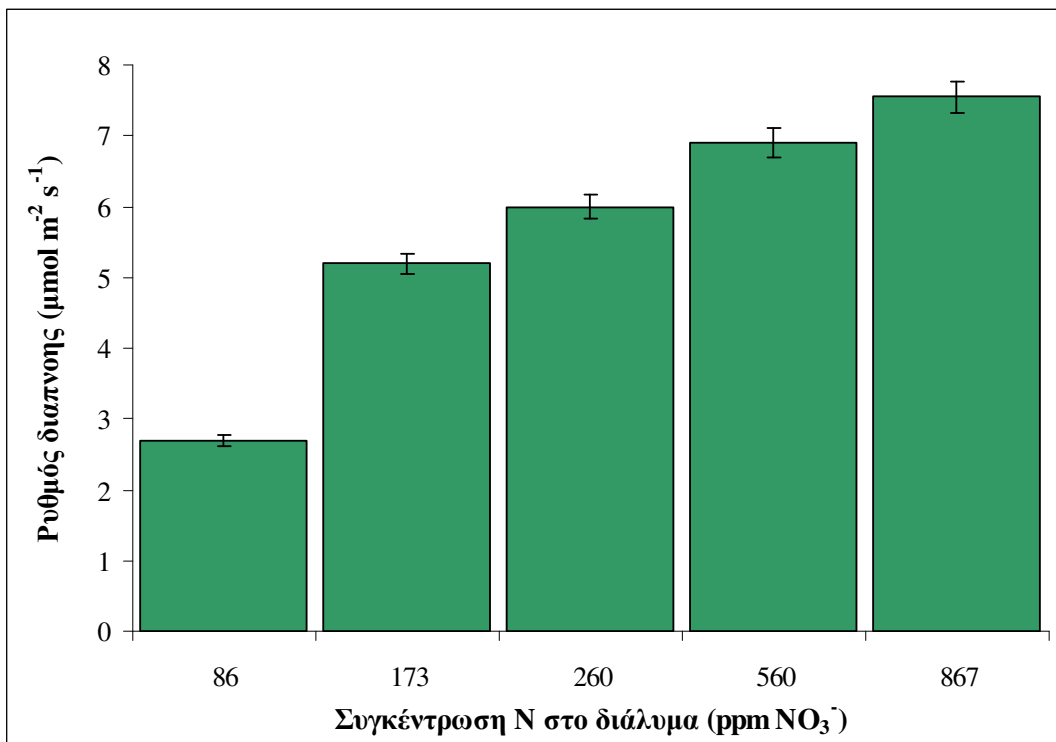
Παρακάτω παραθέτονται οι μετρήσεις που αφορούν τις φυσιολογικές παραμέτρους των φύλλων των φυτών και πιο συγκεκριμένα ο ρυθμός φωτοσύνθεσης, ο ρυθμός διαπνοής και η στοματική αγωγιμότητα του CO².

- **Ρυθμός φωτοσύνθεσης:** στο Γράφημα 3 παρατηρούμε ότι η μείωση των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα ακολουθείται από μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης. Ξεκινώντας από την μεταχείριση των 867 ppm και προχωρώντας στις μικρότερες συγκεντρώσεις παρατηρούμε ότι η μείωση είναι ιδιαίτερος εμφανής στις τρεις μικρότερες συγκεντρώσεις (260, 173 και 86 ppm). Συγκρινόμενες οι μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm NO₃⁻ παρατηρούμε μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης κατά 58%.



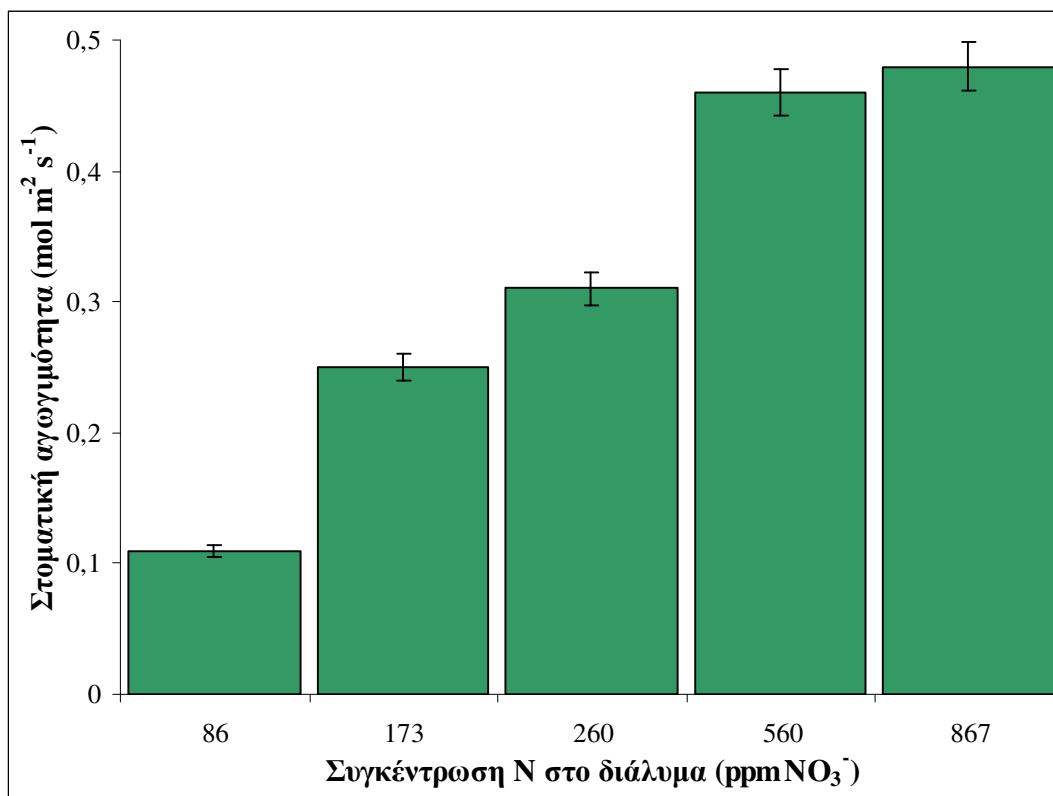
Γράφημα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος στον ρυθμό φωτοσύνθεσης.

- Ρυθμός διαπνοής:** στο Γράφημα 4 παρατηρούμε ότι η μείωση των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα ακολουθείται και πάλι, όπως και στην φωτοσύνθεση, από μείωση του ρυθμού διαπνοής. Ξεκινώντας από την μεταχείριση των 867 ppm και προχωρώντας στις μικρότερες συγκεντρώσεις παρατηρούμε ότι η μείωση είναι ιδιαίτερος εμφανής στις τρεις μικρότερες συγκεντρώσεις (260, 173 και 86 ppm). Συγκρινόμενες οι μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm NO_3^- παρατηρούμε μείωση του ρυθμού διαπνοής κατά 64%.



Γράφημα 4. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος στον ρυθμό διαπνοής.

- Στοματική αγωγιμότητα του CO_2 :** στο Γράφημα 5 παρατηρούμε ότι η μείωση των νιτρικών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα ακολουθείται και πάλι, όπως και στα παραπάνω, από μείωση της στοματικής αγωγιμότητας. Ξεκινώντας από την μεταχείριση των 867 ppm και προχωρώντας στις μικρότερες συγκεντρώσεις παρατηρούμε ότι η μείωση είναι εξαιρετικά έντονη στις τρεις μικρότερες συγκεντρώσεις (260, 173 και 86 ppm). Συγκρινόμενες οι μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm NO_3^- παρατηρούμε μείωση της στοματικής αγωγιμότητας κατά 77%.

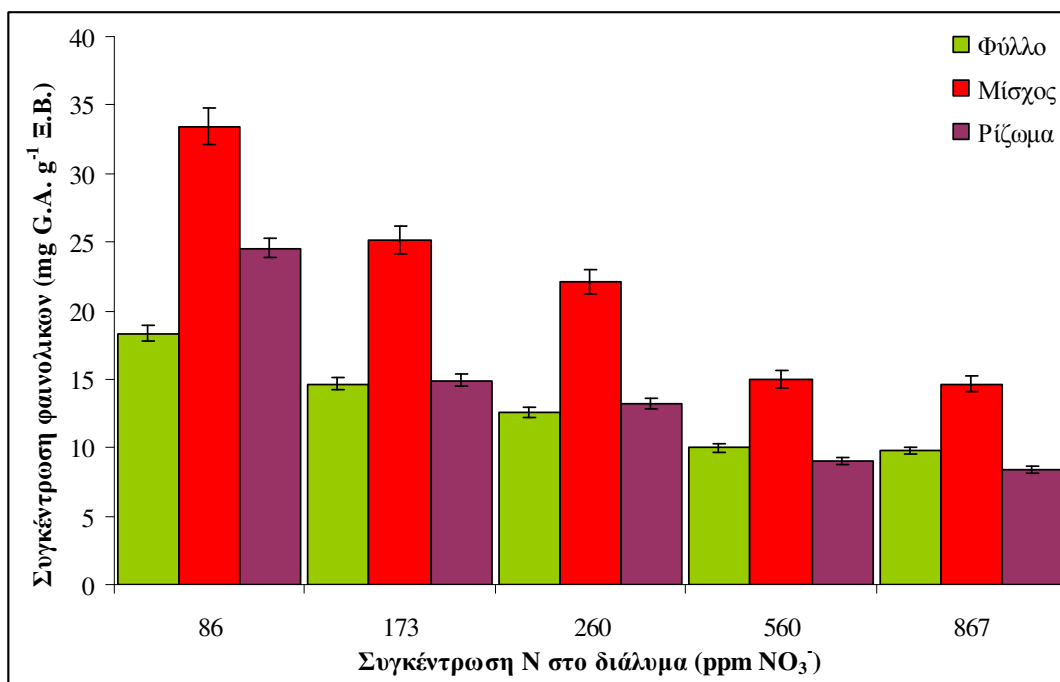


Γράφημα 5. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών του θρεπτικού διαλύματος στην στοματική αγωγιμότητα του CO₂.

8.4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ.

Όπως προαναφέρθηκε οι μετρήσεις των φαινολικών πραγματοποιήθηκαν σε τρία διαφορετικά μέρη των φυτών, φύλλα, μίσχους και ρίζωμα, όπως φαίνεται και στο γράφημα 6. Θα αναφερθούμε αναλυτικά στο καθένα.

- **Φύλλα:** Στα φύλλα παρατηρούμε ότι περιέχεται αρκετά μικρότερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών σε σχέση με τον μίσχο αλλά περίπου ίδια με αυτή του ριζώματος, εξαιρουμένης της μεταχείρισης των 86 ppm. Η συγκέντρωση των φαινολικών αυξάνει με την μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Η αύξηση αυτή παρατηρείται στις τρεις μεταχειρίσεις με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών. Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολικών κατά 87% στο μέρος των φύλλων.
- **Μίσχοι:** Οι μίσχοι παρατηρούμε ότι είναι το μέρος των φυτών με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών. Αυτή η συγκέντρωση τείνει να αυξάνει αρκετά στις μεταχειρίσεις όπου έχουμε χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε μια μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολικών κατά 128% στο μέρος των μίσχων.
- **Ρίζωμα:** Στο ρίζωμα παρατηρούμε ότι περιέχεται αρκετά μικρότερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών σε σχέση με τον μίσχο αλλά περίπου ίδια με αυτή του φύλλου, εξαιρουμένης της μεταχείρισης των 86 ppm. Η συγκέντρωση των φαινολικών αυξάνει με την μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Η αύξηση αυτή παρατηρείται στις τρεις μεταχειρίσεις με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε και την μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολικών, σε σχέση με αυτά που είδαμε στο φύλλο και τον μίσχο. Η αύξηση αυτή αγγίζει το 192%.

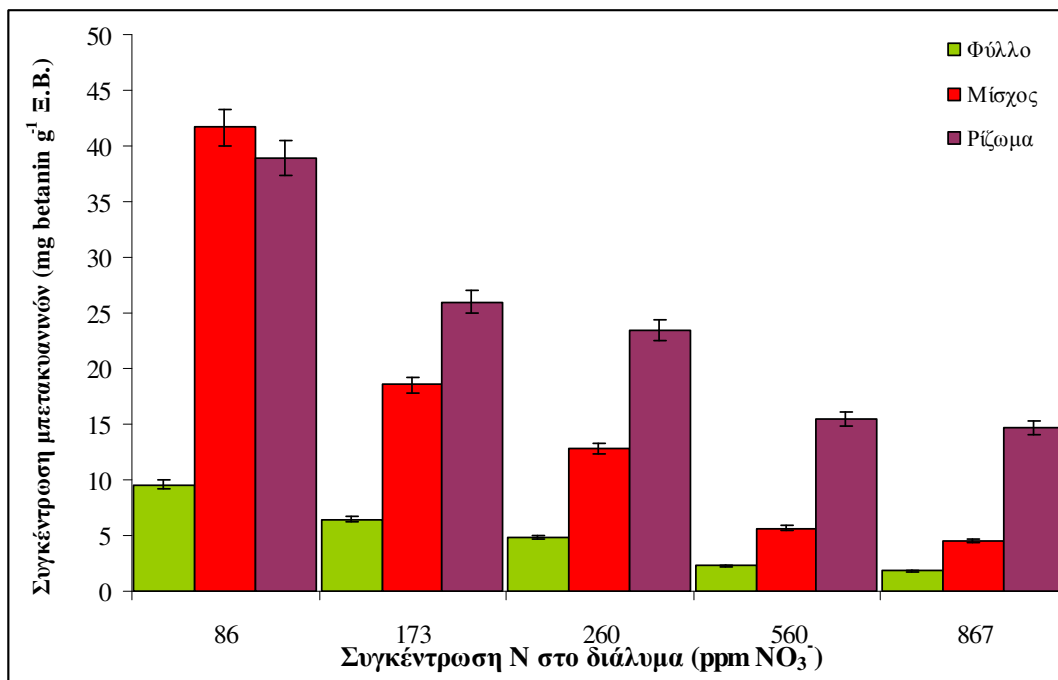


Γράφημα 6. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων του θρεπτικού διαλύματος στην παραγωγή συνολικών φαινολικών.

8.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΠΕΤΑΚΥΑΝΙΝΩΝ.

Όπως προαναφέρθηκε οι μετρήσεις των μπετακυανινών πραγματοποιήθηκαν σε τρία διαφορετικά μέρη των φυτών, φύλλα, μίσχους και ρίζωμα, όπως άλλωστε φαίνεται και στο γράφημα 7. Θα αναφερθούμε αναλυτικά στο καθένα.

- **Φύλλα:** Στα φύλλα παρατηρούμε ότι περιέχεται η μικρότερη συγκέντρωση μπετακυανινών σε σχέση με τα υπόλοιπα μέρη του φυτού. Η συγκέντρωση των μπετακυανινών αυξάνει με την μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Η αύξηση αυτή παρατηρείται κυρίως στις τρεις μεταχειρίσεις με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών. Συγκρίνοντας όμως τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε μια πολύ μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των μπετακυανινών κατά 411% στο μέρος των φύλλων.
- **Μίσχοι:** οι μίσχοι περιέχουν κατά πολύ μεγαλύτερες ποσότητες μπετακυανινών σε σχέση με τα φύλλα αλλά λιγότερες από το ρίζωμα, εξαιρουμένης της μεταχείρισης των 86 ppm όπου είναι περίπου ίδιες. Η συγκέντρωση των μπετακυανινών αυξάνει με την μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών στο θρεπτικό διάλυμα. Στην μεταχείριση των 86 ppm παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση των μπετακυανινών έχει αυξηθεί κατά πολύ και έχει ξεπεράσει οριακά την συγκέντρωση των μπετακυανινών στο ρίζωμα. Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε ότι η αύξηση αυτή είναι της τάξης του 800%.
- **Ρίζωμα:** Στο ρίζωμα υπό φυσιολογικές συνθήκες ανάπτυξης των φυτών παρατηρείται και η μεγαλύτερη συγκέντρωση μπετακυανινών. Η μείωση όμως της χορηγούμενης ποσότητας νιτρικών οδηγεί και εδώ στην αύξηση των μπετακυανινών. Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις των 867 και 86 ppm παρατηρούμε και την μικρότερη αύξηση της συγκέντρωσης των μπετακυανινών, σε σχέση με αυτά που είδαμε στο φύλλο και τον μίσχο. Η αύξηση αυτή αγγίζει το 164%.



Γράφημα 7. Επίδραση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων του θρεπτικού διαλύματος στην παραγωγή μετακτανινών.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πείραμα πραγματοποιήθηκε υδροπονική καλλιέργεια φυτών παντζαριού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στο χορηγούμενο θρεπτικό διάλυμα.

Τα αποτελέσματα του πειράματός μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μείωση των νιτρικών ιόντων στο χορηγούμενο θρεπτικό διάλυμα οδηγεί σε:

- μείωση του ξηρού βάρους των φυτών, τόσο στο υπέργειο όσο και στο υπόγειο μέρος των φυτών,
- μείωση την συγκέντρωσης των συνολικών χλωροφυλλών (Chl a + Chl b) στα φύλλα των φυτών,
- μείωση όλων των φυσιολογικών παραμέτρων των φύλλων (ταχύτητα φωτοσύνθεσης, ταχύτητα διαπνοής, ταχύτητα διαχύσεως του CO₂),
- αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών σε όλα τα μέρη του φυτού (φύλλα, μίσχος, ρίζωμα), ιδιαίτερα στις τρεις χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών,
- αύξηση της συγκέντρωσης των μετακυανινών σε όλα τα μέρη του φυτού (φύλλα, μίσχος, ρίζωμα), ιδιαίτερα στις τρεις χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andrew, R.L., Wallis, I.R., Harwood, C.E., Herson, M. and Foley, W.J. 2007. Heritable variation in the foliar secondary metabolite sideroxylonal in *Eucalyptus* confers cross-resistance to herbivores. *Oecologia* 153: 891-901

Cheng, A.-X., Lou, Y.-G., Mao, Y.-B., Lu, S., Wang, L.-J. and Chen, X.-Y. 2007. Plant terpenoids: biosynthesis and ecological functions. *J. Integr. Plant Biol.* 49: 179-186

Chorianopoulos, N., Kalpoutzakis, E., Aligiannis, N., Mitaku, S., Nychas, G.-J. and Haroutounian, S.A. 2004. Essential oils of *Satureja*, *Origanum*, and *Thymus* species: chemical composition and antibacterial activities against foodborne pathogens. *J. Agric. Food Chem.* 52: 8261-8267

De Bruyne, T., Pieters, L., Deelstra, H. and Vlietinck, A. 1999. Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities. *Biochem. System. Ecol.* 27: 445-459

Friedman, M. 2007. Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. *Mol. Nutr. Food Res.* 51: 116-134

Heil, M. and Kost, C. 2006. Priming of indirect defences. *Ecol. Lett.* 9: 813-817

Machrafi, Y., Prevost, D. and Beauchamp, C.J. 2006. Toxicity of phenolic compounds extracted from bark residues of different ages. *J. Chem. Ecol.* 32: 2595-2615

Mazza, G., Fukumoto, L., Delaquis, P., Girard, B., Ewert, B., 1999. Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir wines from British Columbia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (10), pp. 4009-4017

Morton LW, Caccetta RA, Puddey IB, Croft KD., 2000. Chemistry and biological effects of dietary phenolic compounds. *Clin. Exp. Pharmac. and Physiol.* 27:152.

Ozturk, S. and Ercisli, S. 2005. Broad-spectrum antibacterial properties of *Thymus fallax*. *Pharmac. Biol.* 43 (7): 609-613

Panagouleas, C., Skaltsa, H., Lazari, D., Skaltsounis, A.-L. and Sokovic, M. 2003. Antifungal activity of secondary metabolites of *Centaurea raphanina* ssp. *mixta*, growing wild in Greece. *Pharmac. Biol.* 41 (4): 266-270

Pare, P.W. and Tumlinson, J.H. 1999. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant Physiol.* 121: 325-331

Tierens, K.F.M.-J., Thomma, B.P.H.J., Brouwer, M., Schmidt, J., Kistner, K., Pozler, A., Mauch-Mani, B., Cammue, B.P.A. and Broekaert, W.F. 2001. Study of the role of antimicrobial glucosinolate-derived isothiocyanates in resistance of *Arabidopsis* to microbial pathogens. *Plant Physiol.* 125: 1688-1699

Verpoorte, R. 1998. Exploration of nature's chemodiversity: the role of secondary metabolites as leads in drug development. *Drug Devel. Tod.* 3 (5): 232-238

Wink, M. 1988. Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theor. Appl. Genet.* 75: 225-233

Wohlpert A. and T. J. Mabry. 1968. On the Light Requirement for Betalain Biogenesis. *Plant Physiol.* 43., pp. 457-459.

Xu, C., Natarajan, S. and Sullivan, J.H. 2008. Impact of solar ultraviolet-B radiation on the antioxidant defense system in soybean lines differing in flavonoid contents. *Environ. Experim. Bot.* 63: 39-48

Καραμπουρνιώτης Γ.Α., 2003. Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών, οι λειτουργίες των φυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες. Εμβryo.

Καράταγλης Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Art of Text

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

www.science.jrank.org/pages/714/Bacteria

www.britannica.com/eb/article-272371/bacteria

www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2475_zhengyq

www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/eu570/papers1998/bagge

www.ottawaorchidsociety.com/orchid/neem_oil.htm