

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ
ΦΑΣΚΟΜΗΛΙΑΣ (*Salvia officinalis*): ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



Πτυχιακή των:
ΚΟΥΖΩΝΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ
ΑΝΔΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

Επιβλέπων καθηγητής:
ΓΙΩΡΓΟΣ ΖΕΡΒΟΥΔΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
1. Φασκόμηλο.....	3
1.1. Ταξινόμηση και περιγραφή του φασκόμηλου.....	3
1.2. Εδαφοκλιματικές συνθήκες.....	4
1.3. Φύτευση και καλλιεργητικές φροντίδες.....	4
1.4. Χρήσιμα μέρη του φυτού.....	5
1.5. Ιδιότητες-Ενδείξεις.....	5
1.6. Παρενέργειες.....	6
2. Το φως και η επίδρασή του στα φυτά.....	7
3. Φυσιολογικές διαδικασίες των φυτών.....	9
3.1. Φωτοσύνθεση.....	9
3.1.1. Φωτοσυνθετικές χρωστικές.....	10
3.2. Διαπνοή.....	13
3.2.1. Ρόλος της διαπνοής.....	14
3.3. Στοματική αγωγιμότητα.....	14
4. Φαινόλες.....	16
4.1. Βιοσύνθεση φαινολών.....	17
Σκοπός της εργασίας	18
Υλικά και μέθοδοι	19
1. Ανάπτυξη της καλλιέργειας.....	19
2. Προσδιορισμός φωτοσυνθετικών χρωστικών.....	20
3. Προσδιορισμός φαινολών.....	21
4. Μέτρηση φυσιολογικών παραμέτρων.....	21
5. Παραγωγικότητα-φυσιολογικά χαρακτηριστικά.....	22
Αποτελέσματα	23
1. Παραγωγικότητα-φυσιολογικά χαρακτηριστικά.....	23
2. Μέτρηση φυσιολογικών παραμέτρων.....	27
3. Προσδιορισμός φωτοσυνθετικών χρωστικών.....	29
4. Προσδιορισμός φαινολών.....	33
Συζήτηση και συμπεράσματα	36
Βιβλιογραφία	38

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ

1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ

Το φασκόμηλο ανήκει στην οικογένεια Lamiales ή Labiales (Χειλανθή) και στο γένος *Salvia*. Είναι γνωστό με διάφορα ονόματα όπως ελελίφασκος ο φαρμακευτικός, αλισφακιά, χαμοσφακιά, μηλοσφακιά κ.ά. Τα πιο εμπορικά είδη είναι η *Salvia fruticosa*, η *Salvia officinalis* και η *Salvia triloba*.

Τα είδη του γένους *Salvia* είναι αειθαλείς μικροί θάμνοι με βλαστούς τετραγωνικούς, πολύκλαδους, χνουδωτούς, ύψους 30-50 cm. Τα άνθη είναι μωβ-μπλε και τα φύλλα είναι λογχοειδή ή προμήκη, οδοντωτά όπου σε νεαρές ηλικίες είναι γκριζα και χνουδωτά και αργότερα γίνονται γκριζοπράσινα. Τα φύλλα του φασκόμηλου φύονται αντίθετα και είναι έμμισχα.

Τα είδη της *Salvia* πολλαπλασιάζονται με σπόρο που σπέρνεται σε σπορείο ή απ' ευθείας στο χωράφι, ορισμένες όμως φορές ο πολλαπλασιασμός γίνεται και με μοσχεύματα και παραφυάδες. (Σκρουμπής, 1990, www.randomwalk.gr/enki/) (εικόνα 1 και 2 www.fotosearch.com)



Εικόνα 1. Φύλλο φασκόμηλου



Εικόνα 2. Άνθη φασκόμηλου

1.2. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το φασκόμηλο αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών, προτιμά όμως τα μέσης σύστασης, ασβεστούχα, με καλή αποστράγγιση, με pH ουδέτερο ή ελαφρώς όξινο αλλά αποδίδει καλά και σε εδάφη με pH μέχρι 8. Ακατάλληλα εδάφη θεωρούνται τα πολύ αμμώδη και τα βαριά συνεκτικά που συγκρατούν υγρασία. Ευδοκιμεί τόσο σε θερμές, όσο και σε ψυχρές περιοχές. Η αντοχή του στο κρύο είναι μεγάλη, αντέχει μέχρι -25°C . (www.randomwalk.gr/anki/)

1.3. ΦΥΤΕΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Η καλύτερη εποχή φύτευσης της φασκομηλιάς στο χωράφι είναι το φθινόπωρο (Οκτώβριος-Νοέμβριος), όμως μπορεί να γίνει και την άνοιξη (Φεβρουάριος-Μάρτιος). Οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των γραμμών είναι 2 m και των φυτών πάνω στις γραμμές 1 m.

Βασική καλλιεργητική φροντίδα είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων, η οποία γίνεται με σκαλίσματα, βοτανίσματα και με τη χρήση ζιζανιοκτόνων.

Οι ανάγκες σε νερό και λιπάσματα είναι πολύ περιορισμένες, έχει χαμηλές απαιτήσεις σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Γι' αυτό μπορεί να καλλιεργηθεί χωρίς λίπανση και χωρίς αρδεύσεις. Σε ποτιστικές καλλιέργειες υποφέρει περισσότερο από τα ζιζάνια από ό,τι σε ξηρικές, διότι τα ζιζάνια αξιοποιούν το νερό καλύτερα από τα φυτά του φασκόμηλου. (www.randomwalk.gr/anki/)

(εικόνα 3 και 4 www.fotosearch.com)



Εικόνα 2. Φυτό φασκομηλιάς στο χωράφι



Εικόνα 3. Συλλογή φασκόμηλου

1.4. ΧΡΗΣΙΜΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Από το φυτό χρησιμοποιούμε τα φύλλα και τα άνθη του. Δεν πρέπει να πιούμε ποτέ το αιθέριο λάδι του, γιατί είναι δύο φορές πιο τοξικό από το αφέντι και ακόμη και σε μικρή δόση είναι δυνατό να προκαλέσει επιληψία και τοξίνωση στο νευρικό σύστημα. (Μπαζαίος, 1999) (εικόνα 5 και 6 www.fotosearch.com)



Εικόνα 4. Άνθος φασκόμηλου



Εικόνα 5. Φύλλα φασκόμηλου

1.5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Τα άνθη και τα φύλλα του φασκόμηλου χρησιμοποιούνται σε φάρμακα, σε αρώματα, καρυκεύματα και ως βότανο σε πολλές ασθένειες. Η χρήση του γίνεται είτε ως έγχυμα είτε ως σκόνη.

Κάποιες από τις ιδιότητές τους είναι οι παρακάτω:

- ανυψώνει όλες τις δυνάμεις του οργανισμού (τονωτικό)
- διεγερτικό των νεύρων σε περιπτώσεις αδυναμίας και για ασθενείς σε ανάρρωση
- ηρεμιστικό, βοηθάει ιδιαίτερα σε νευρωτικές καταστάσεις, σε περίπτωση κατάθλιψης, δυσμηνόρροιας κ.α.
- γαργάρες με αφέψημα φασκόμηλου ωφελούν στη φαρυγγίτιδα και στο βράχνιασμα
- ορεκτικό
- εμποδίζει την εφίδρωση, πολύτιμο για τον νυχτερινό ιδρώτα των φυματικών αλλά και για όσους ιδρώνουν στα χέρια και στις μασχάλες
- σπασμολυτικό
- υπερτασικό, για όσους έχουν υπόταση

- σε δυσπεψία από ατονία του γαστροεντερικού συστήματος
- συνίσταται σε γαστρίτιδα και εντερικές παθήσεις
- ευστόμαχο και καθαρτικό
- αντισηπτικό
- αντιδιαβητικό
- διουρητικό, όσοι υποφέρουν από αρθρικά ωφελούνται πίνοντας τακτικά ένα έγχυμα
- αντικαρκινικό

Με εξωτερική χρήση είναι αντισηπτικό, επουλωτικό και θαυμάσιο καλλυντικό. Διατηρεί το δέρμα σε υγεία, τονώνει το τριχωτό μέρος του κεφαλιού και σταματάει την τριχόπτωση. Όταν σας δαγκώνουν έντομα (σφήκες, κουνούπια), τρίψτε σαν πρώτη βοήθεια το πονεμένο μέρος με φρέσκα φύλλα φασκόμηλου.

Επίσης, χρησιμοποιείται για πλύσιμο του στόματος σε άφθες, στοματίτιδα, για έγχυση στον κόλπο, σε κομπρέσες για εκζέματα και δερματίτιδες. Επίσης, για την τριχόπτωση όταν λούζουμε το κεφάλι μας χρησιμοποιούμε νερό στο οποίο έχουμε μουλιάσει για μία ώρα φασκόμηλο. (Μπαζαίος, 1999)

1.6. ΠΑΡΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Δεν πρέπει να πίνουμε κάθε μέρα, ούτε σε μεγάλες ποσότητες φασκόμηλο γιατί μπορεί να πάθουμε ελαφριά δηλητηρίαση και ταχυπαλμία ή πονοκέφαλο. Απαγορεύεται να πίνουν φασκόμηλο οι γυναίκες που θηλάζουν, γιατί θα γίνει πικρό το γάλα τους. (Μπαζαίος, 1999)

2. ΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

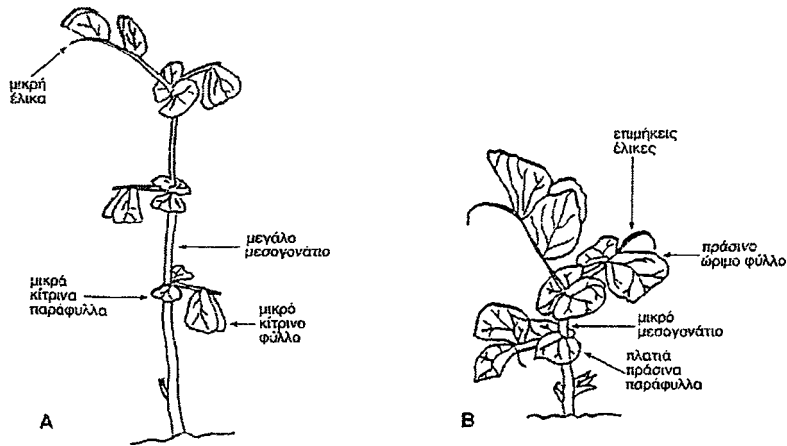
Η μόνη πηγή ενέργειας για τα χλωροφυλλούχα φυτά είναι η ακτινοβολός ενέργεια του ήλιου. Το ορατό φάσμα αυτής της ακτινοβολίας, το οποίο συνήθως ονομάζουμε φως, είναι το πιο ενδιαφέρον τμήμα της ακτινοβολίας για τη ζωή των φυτών.

Το φως επηρεάζει πολλές φυσιολογικές και αναπτυξιακές διαδικασίες των φυτών. Για παράδειγμα, επηρεάζει τη βλάστηση των σπερμάτων, τη φωτοσύνθεση, τη σύνθεση της χλωροφύλλης, τη θερμοκρασία των φύλλων κ.α. Το ηλιακό φως έχει άμεση επίδραση στη φωτοσύνθεση. Επομένως, όταν η ένταση του φωτός είναι τέτοια ώστε να σχηματίζονται περισσότερες ουσίες από αυτές που καταναλώνονται κατά την αναπνοή, τότε το φυτό αρχίζει να αυξάνει σε ξηρό βάρος, καθώς αποταμιεύει υψηλής ενέργειας συστατικά, όπως είναι οι υδατάνθρακες και κυρίως το άμυλο.

Κάθε φυτό απαιτεί τέτοια ένταση φωτός ώστε οι ουσίες που συντίθενται να του εξασφαλίσουν τουλάχιστον την απαιτούμενη ενέργεια για τη διατήρησή του στη ζωή. Επομένως, αν το φυτό δε σχηματίζει αρκετές αποταμιευτικές ουσίες, από τις οποίες να προμηθεύεται την απαιτούμενη ενέργεια για την αύξηση, τότε δεν παραμένει ενεργό για μεγάλο χρονικό διάστημα οπότε ή πρέπει να πεθάνει ή να περάσει μια περίοδο ληθάργου.

Στα εύκρατα κλίματα, η χρονική περίοδος που ένα φυτό εκτίθεται στο φως καθημερινά, ποικίλει από εποχή σε εποχή. Έτσι, η αύξηση πραγματοποιείται σε εποχές ευνοϊκού κλίματος και σταματάει όταν πλησιάζει ο χειμώνας. Οι εναλλαγές της έντασης του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς και οι εποχιακές, ελέγχουν σημαντικά την αύξηση του φυτού, την ανθογονία, το σχηματισμό κονδύλων, βολβών ή υπόγειων ριζωμάτων, καθώς και άλλες λειτουργίες τους. Στα τροπικά κλίματα δεν παρατηρείται περιοδικότητα αύξησης, επειδή η ένταση του φωτός παραμένει σχεδόν σταθερή καθόλη τη διάρκεια του έτους.

Η μορφή της αύξησης μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ένταση του φωτός, στην οποία εκτίθενται τα φυτά. Τα αποτελέσματα γίνονται αντιληπτά όταν συγκρίνουμε νεαρά φυτά, που αυξάνουν στο σκοτάδι και το φως. Τα πρώτα εμφανίζουν μακρύ και λεπτό βλαστό, τα μεσογονάτια διαστήματα γίνονται ασυνήθιστα επιμήκη και τα φύλλα παραμένουν εμβρυώδη χωρίς να αναπτύσσουν χλωροφύλλη, ενώ το χρώμα τους παραμένει λευκοκίτρινο. Η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως χλώρωση ή εκχλόιωση.



Σχήμα 6. Χλώρωση ή εκχλοίωση: (Α) φυτό που αναπτύσσεται στο σκοτάδι σε σύγκριση με το φυτό (Β) που αναπτύσσεται στο φως. Επισημαίνονται μορφολογικές διαφορές. (Καράταγλης, 1999)

Αντίθετα, τα φωτιζόμενα φυτά έχουν κοντότερο βλαστό, μικρότερα μεσογονάτια διαστήματα, πράσινο χρώμα, καλά αναπτυγμένα φύλλα και περισσότερο διαφοροποιημένους ιστούς. Επομένως το φως έχει άμεση επίδραση στο σχηματισμό της μορφής του φυτού.

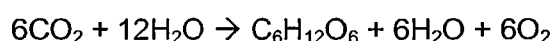
Τέλος, οι έμμεσες επιδράσεις του φωτός στην αύξηση του φυτού εκδηλώνονται με τη ρύθμιση του ανοίγματος των στομάτων, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του φυτού, τη σύνθεση της χλωροφύλλης και την ένταση της φωτοσύνθεσης. (Καράταγλης, 1999)

3. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

3.1. ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Η δυνατότητα των πράσινων τμημάτων του φυτού να φωτοσυνθέτουν είναι η προϋπόθεση για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη μας.

Στη φωτοσύνθεση, μεταμορφώνεται η ηλιακή ενέργεια σε χημική σχηματίζοντας οργανικές ενώσεις από το νερό του εδάφους και το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Από δύο χημικές ενώσεις σχηματίζονται προϊόντα πλούσια σε ενέργεια, τα οποία περιέχουν εκτός από C τα στοιχεία H και O. Τα προϊόντα αυτά είναι οι υδατάνθρακες. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται από τα στομάτια των φύλλων, το δε ηλιακό φως δεσμεύεται από τη χλωροφύλλη. Στα διάφορα στάδια της φωτοσύνθεσης συμμετέχουν ειδικά ένζυμα. Ο συνολτικός χημικός τύπος είναι:



και δείχνει ότι πρώτα διασπάται το νερό και μετά ανάγεται το διοξείδιο του άνθρακα σε υδατάνθρακες.

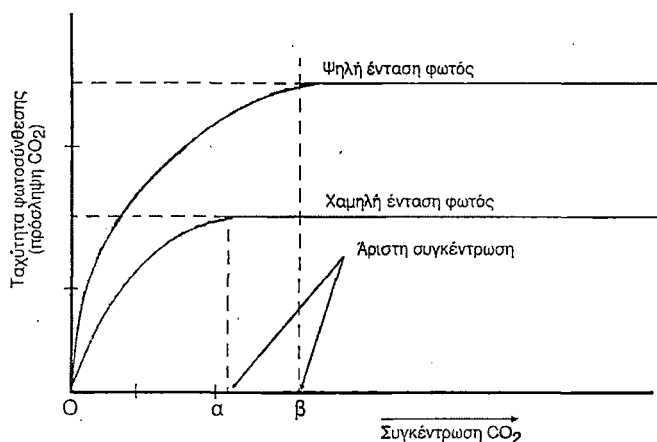
Η πρώτη αντίδραση ονομάζεται αντίδραση φωτός και περιλαμβάνει την φωτόλυση του νερού. Η δεύτερη αντίδραση που συμπεριλαμβάνει την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα είναι η αντίδραση σκότους.

Η αντίδραση του φωτός είναι μοναδική και σπουδαία λειτουργία, ενώ η αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα διενεργείται και με άλλους τρόπους. Η φωτεινή αντίδραση πραγματοποιείται σ' ένα καθορισμένο μήκος κύματος του ηλιακού φωτός μεταξύ 400 και 700 nm. Η όλη διεργασία πραγματοποιείται στις χρωστικές ουσίες των χλωροπλαστών και ιδιαίτερα στη χλωροφύλλη α.

Όταν οι άλλες συνθήκες είναι άριστες μπορεί η ποσότητα σε διοξείδιο του άνθρακα να είναι περιοριστικός παράγοντας για μεγάλες φωτοσυνθετικές αποδόσεις. Το νερό είναι βασική προϋπόθεση για τον σχηματισμό των υδατανθράκων. Ο ανεπαρκής εφοδιασμός των φυτών με νερό επιδρά αρνητικά στην φωτοσύνθεση γιατί με την έλλειψη του νερού κλείνουν τα στομάτια των φύλλων και εμποδίζεται η πρόσληψη του διοξειδίου του άνθρακα.

Η φωτοσύνθεση είναι η σπουδαιότερη βιοχημική αντίδραση στη γη. Κατ' αυτή σχηματίζονται από ανόργανα στοιχεία μεγάλες ποσότητες ενώσεων πλούσιων σε ενέργεια. Μόνο τα φυτά που περιέχουν χλωροφύλλη μπορούν με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας να φωτοσυνθέτουν, να είναι δηλαδή αυτότροφα.

Όλες οι άλλες μορφές ζωής, όπως ο άνθρωπος και τα ζώα χρησιμοποιούν τις έτοιμες οργανικές ενώσεις που είναι πλούσιες σε ενέργεια. (Μάνος, 2000)



Σχήμα 2. Ταχύτητα φωτοσύνθεσης σε σχέση με τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και την ένταση του φωτός. Όλοι οι άλλοι ρυθμιστικοί παράγοντες της φωτοσύνθεσης παραμένουν σταθεροί. (Καράταγλης, 1999)

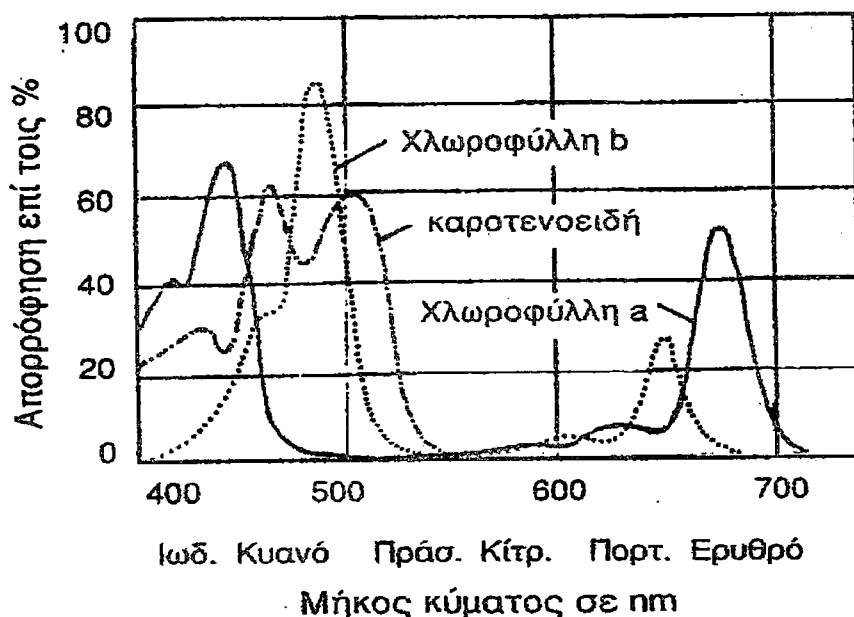
3.1.1. ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

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. Οι χρωστικές που συμμετέχουν στις αντιδράσεις για να “παγιδεύουν” το φως κατά την φωτοσύνθεση είναι οι χλωροφύλλες και οι δευτερεύουσες ή συμπληρωματικές χρωστικές, καροτενοειδή και φυκοβιλίνες. Πέρα από αυτές, υπάρχουν και άλλες χρωστικές όπως η φλαβοπρωτεΐνη, η πλαστοκυανίνη, τα κυτοχρώματα, η φερρεδοξίνη και οι κινόνες οι οποίες έχουν βρεθεί στους χλωροπλάστες και δε συμμετέχουν άμεσα στη συλλογή του φωτός αλλά στη μεταφορά ηλεκτρονίων.

α) χλωροφύλλες

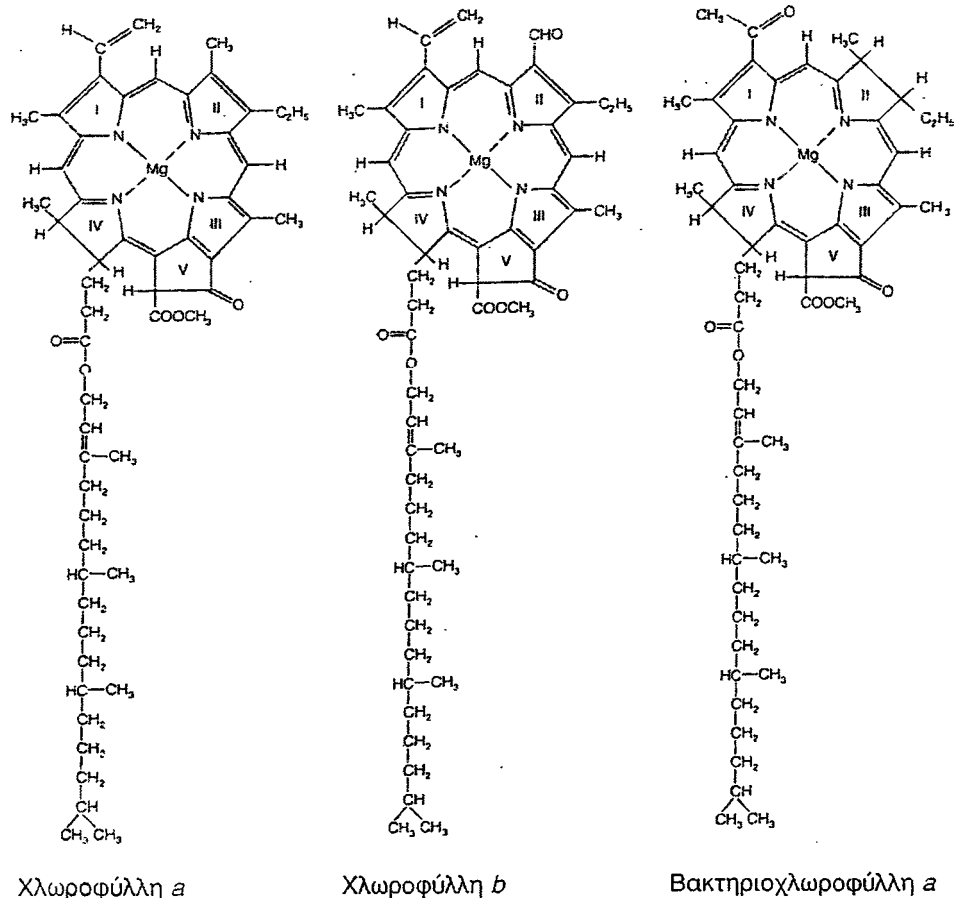
Υπάρχουν περισσότερα του ενός είδη χλωροφυλλών, που διαφέρουν μεταξύ τους μόνο σε λεπτομέρειες της μοριακής τους δομής. Οι χλωροφύλλες που υπάρχουν σε φωτοσυνθετικούς οργανισμούς είναι η a, b, c, d, η βακτηριοχλωροφύλλη και αρκετά άλλα παράγωγά τους. Η χλωροφύλλη a εμφανίζεται σ' όλους τους φωτοσυνθετικά ευκαρυωτικούς οργανισμούς και στα προκαρυωτικά κυανοβακτήρια. Γενικά, οι χλωροφύλλες a και b μαζί με τα καροτενοειδή είναι οι τυπικές χρωστικές των φυτοσυνθετικών οργανισμών.

Η χλωροφύλλη b, απορροφάει σε διαφορετικό μήκος κύματος φωτός από ότι η χλωροφύλλη a (Σχήμα 3). Η χλωροφύλλη b θεωρείται ως μια δευτερεύουσα χρωστική που βοηθάει στη διεύρυνση του φάσματος απορρόφησης του φωτός κατά την φωτοσύνθεση. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφάει φως, το διεγερμένο μόριό 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 ¼ περίπου της συνολικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.



Σχήμα 3. Φάσμα απορρόφησης χλωροφύλλης a, b και καροτενοειδών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι χλωροφύλλες απορροφούν, τόσο στο ερυθρό όσο και στο κυανόν τμήμα του φάσματος, ενώ τα καροτενοειδή απορροφούν μόνο στο κυανόν και μεταξύ κυανού-πράσινου. (Καράταγλης, 1999)

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. (Καράταγλης, 1999)



Σχ. 4 Δομή των μορίων φωτοσυνθετικών χρωστικών (Καράταγλης, 1999)

β) δευτερεύουσες 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.

Εκτός από τη λειτουργία τους αυτή, συμβάλλουν και στην προστασία της χλωροφύλλης από την οξειδωση, όταν τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι υψηλά.

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.

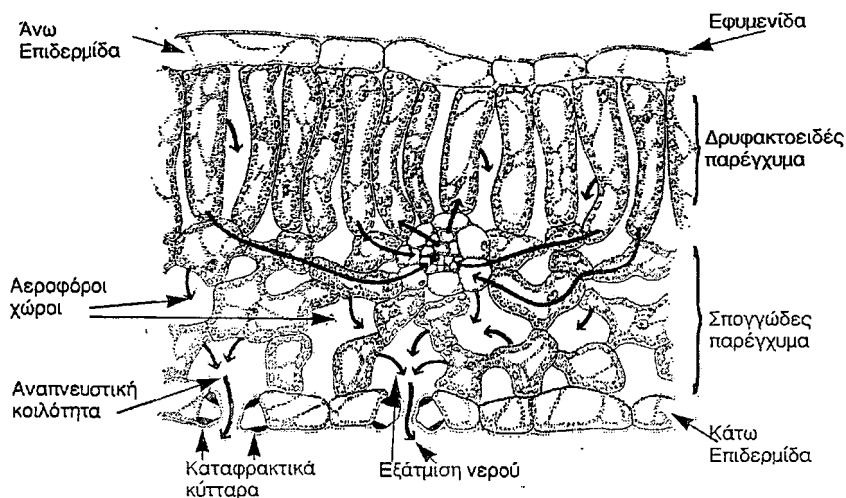
Η τελευταία ομάδα των συμπληρωματικών χρωστικών είναι οι φυκοβιλίνες, που βρίσκονται στα κυανοβακτήρια και στους χλωροπλάστες των ερυθροφυκών. Αντίθετα προς τα καροτενοειδή, οι φυκοβιλίνες είναι υδατοδιαλυτές και περιλαμβάνουν τις γνωστές χρωστικές φυκοκυανίνη (μπλε) και φυκοερυθρίνη (κόκκινη). (Καράταγλης, 1999)

3.2. ΔΙΑΠΝΟΗ

Το φυτό απορροφά το νερό από το έδαφος με το ριζικό του σύστημα και το αποβάλλει στην ατμόσφαιρα με τα φύλλα (διαπνοή). Είναι γεγονός ότι περισσότερο από 95% του νερού που προσλαμβάνουν τα φυτά κατά την καλλιεργητική περίοδο αποβάλλεται με το φαινόμενο της διαπνοής.

Το μεσόφυλλο των περισσότερων φύλλων είναι ένας πολύ χαλαρός ιστός με μεγάλους μεσοκυττάριους χώρους. Οι χώροι αυτοί συνδέονται μεταξύ τους σε όλη την έκταση του φύλλου (Σχήμα 5). Έτσι, το νερό εξατμίζεται συνεχώς στους αεροφόρους χώρους από τα τοιχώματα των κυττάρων του μεσόφυλλου με αποτέλεσμα να είναι οι χώροι αυτοί σχεδόν πάντοτε κορεσμένοι από υδρατμούς. Συνήθως, στην κάτω επιφάνεια των φύλλων υπάρχουν τα στόματα, τα οποία επικοινωνούν με τους μεσοκυττάριους χώρους. Με τη βοήθεια επομένως των στομάτων γίνεται επικοινωνία του εσωτερικού μέρους των φύλλων με τον ατμοσφαιρικό αέρα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων. Η συνεχής αυτή κίνηση του νερού μέσα στον φυτικό οργανισμό είναι απαραίτητη για την επιβίωσή του, ενώ μόνο το 1% του προσλαμβανόμενου νερού με το ριζικό σύστημα των φυτών χρησιμοποιείται κατά την φωτόλυση στο φαινόμενο της φωτοσύνθεσης.

Επάρκεια νερού μέσα στο φυτό εξασφαλίζεται όταν η απορρόφηση του νερού απ' αυτό υπερκαλύπτει την απώλεια από την διαπνοή, ενώ όταν η διαπνοή είναι μεγαλύτερη το φυτό μαραίνεται λόγω της μείωσης του νερού στους ιστούς. Η υδάτινη κατάσταση του φυτού επηρεάζεται απ' όλους τους εξωτερικούς παράγοντες που ρυθμίζουν την ταχύτητα απορρόφησης και διαπνοής. Η ταχύτητα διαπνοής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, το φως, την ένταση του ανέμου και την ύπαρξη νερού στο έδαφος. (Καράταγλης, 1999, Μάνος, 2000).



Σχήμα 5. Διάγραμμα του φύλλου που δείχνει τους δρόμους που ακολουθούν τα μόρια του νερού κατά την στοματική διαπνοή. Τα βέλη που έχουν κατεύθυνση προς την ηθμαγγειώδη δέσμη δείχνουν την πορεία που ακολουθούν τα ζάχαρα για να φτάσουν στους ηθμοσωλήνες. (Καράταγλης, 1999)

3.2.1. ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΠΝΟΗΣ

Η διαπνοή εξυπηρετεί δύο λειτουργίες στα φυτά:

- Δροσίζει τα φύλλα, καθώς ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνειά τους χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού. Σε θερμά περιβάλλοντα στα οποία επικρατούν υψηλές εντάσεις φωτός, τέτοιου είδους ψύξη μπορεί να είναι σημαντική για την επιβίωση.

- Προκαλώντας τη ροή του νερού δια μέσου του φυτού, η διαπνοή προωθεί τη μεταφορά των θρεπτικών συστατικών που απορροφούνται, από τις ρίζες στα φύλλα. (Ridge, 2005)

3.3. ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Είναι μία ιδιότητα των φυτών που σχετίζεται με την ευκολία την οποία διαρρέουν υδρατμοί από τα φύλλα των φυτών μέσα από τους μικρούς πόρους στα φύλλα, γνωστά ως στόματα.

Η στοματική αγωγιμότητα διαδραματίζει ρόλο στην ανταλλαγή νερού μεταξύ φυτού και ατμόσφαιρας και γι' αυτό αποτελεί βασική παράμετρο σε πολλά οικολογικά μοντέλα. Επίσης, η διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα στη μεσοφυλλική επιφάνεια των φύλλων προέρχεται κυρίως από το στοματικό άνοιγμα, το οποίο ελέγχεται από ένα πολύπλοκο σύστημα των φυτών.

Τα φυτά λειτουργούν με τέτοιους τρόπους ώστε να εξασφαλίζουν τη μέγιστη αφομοίωση διοξειδίου του άνθρακα με τη μικρότερη απώλεια νερού. Για παράδειγμα,

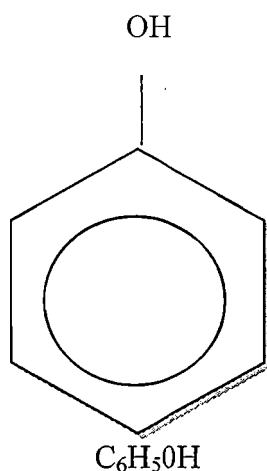
τα στόματα είναι συνήθως ανοιχτά μόνο στο φως, έτσι ώστε να σταματά η διαπνοή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Εντούτοις, σε συνθήκες έντονης έλλειψης νερού, τα στόματα μπορεί να κλείσουν κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν η ανάγκη οικονομίας νερού υπερισχύει της ανάγκης για πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα, τα φυτά έχουν αναπτύξει διάφορες προσαρμογές με σκοπό την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού όταν τα στόματα είναι ανοιχτά. Έτσι, το διαθέσιμο νερό (π.χ. βροχόπτωση) μαζί με τη θερμοκρασία αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για τον τύπο της βλάστησης διαφόρων γεωγραφικών περιοχών. Σχεδόν όλο το νερό που περιέχουν τα φυτά χάνεται μέσω των στομάτων. (Ridge, 2005)

4. ΦΑΙΝΟΛΕΣ

Σχεδόν όλα τα ανώτερα φυτά και πολλοί μικροοργανισμοί περιέχουν διάφορα είδη και διαφορετικές ποσότητες φαινολικών συστατικών. Τα συστατικά αυτά ίσως είναι τα πιο άφθονα από όλες εκείνες τις φυτικές χημικές ουσίες που περιλαμβάνονται στην κατηγορία των φυσικών ή δευτερογενών προϊόντων. Βρίσκονται ευρέως στη φύση και χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσα στη βιομηχανική σύνθεση διαφόρων προϊόντων, όπως κόλλες, ρητίνες, αντισηπτικά, συντηρητικά τροφίμων κ.ά.

Η λέξη φαινόλη αποτελεί όχι μόνο την ονομασία μιας συγκεκριμένης ένωσης αλλά μιας ευρύτερης κατηγορίας ενώσεων.

Οι φαινόλες είναι ενώσεις που φέρουν μια ομάδα $-OH$ απ' ευθείας συνδεδεμένη με ένα αρωματικό δακτύλιο. Η απλούστερη μορφή της φαινόλης είναι φαινόλη C_6H_5OH .

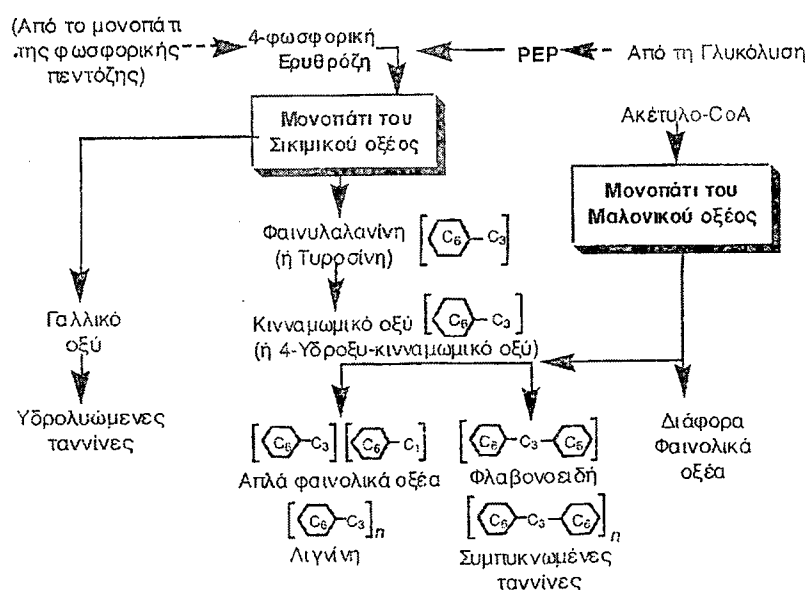


Σχήμα 6. Απλούστερος τύπος φαινόλης.

Οι φαινόλες εκδηλώνουν διάφορους ρόλους στα φυτά. Μερικές έχουν κάποιους αμυντικούς ρόλους κατά των φυτοφάγων ζώων και των παθογόνων οργανισμών. Άλλες λειτουργούν για μηχανική υποστήριξη, άλλες για την προσέλκυση επικονιαστών και τη διασπορά των καρπών, ενώ άλλες για τη μείωση της αύξησης των γειτονικών ανταγωνιστικών φυτών. (Καράταγλης, 1999)

4.1. ΒΙΟΣΥΝΘΕΣΗ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Οι φυτικές φαινόλες βιοσυντίθενται με αρκετά διαφορετικές πορείες και κατά συνέπεια συνιστούν μια ετερογενή ομάδα από άποψη μεταβολικής διαδικασίας. Για τη βιοσύνθεσή τους δύο κυρίως μονοπάτια συμμετέχουν. Το μονοπάτι του σικιμικού οξέος και το μονοπάτι του μαλονικού οξέος (Σχήμα 7). Το μονοπάτι του σικιμικού οξέος συμμετέχει στη βιοσύνθεση των περισσότερων φυτικών φαινολών. Η σημασία της πορείας αυτής δεν οφείλεται μόνο στο σχηματισμό των φαινολών, αλλά κυρίως επειδή προμηθεύει τον αρωματικό δακτύλιο για τον σχηματισμό των αρωματικών αμινοξέων: της φαινυλαλανίνης, της τυροσίνης και της θρυπτοφάνης. Το μονοπάτι αυτό έχει βρεθεί τόσο στους μικροοργανισμούς όσο και στους μύκητες και τα ανώτερα φυτά. Το άλλο μονοπάτι του μαλονικού οξέος, αν και είναι μια σημαντική πηγή των φαινολικών δευτερογενών προϊόντων στους μύκητες και τα βακτήρια, είναι μικρότερης σημασίας στα ανώτερα φυτά (Καράταγλης, 1999).



Σχήμα 7. Βιοσύνθεση φυτικών φαινολών από διαφορετικά μονοπάτια. (Καράταγλης, 1999)

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Από την αρχαιότητα, οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν διάφορα φυτά για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες. Ο Ιπποκράτης, ο Έλληνας θεραπευτής και πατέρας της Ιατρικής συνιστούσε τη χρήση βοτάνων, τον καθαρό αέρα, την άσκηση και την ισορροπημένη διατροφή ως στοιχεία της καλής υγείας. Ένα από τα βότανα-φυτά είναι και το φασκόμηλο (*Salvia officinalis*), με τις πολλές ευεργετικές/προστατευτικές δράσεις του.

Σκοπός της εργασίας μας ήταν να μελετήσουμε την επίδραση που έχει η ένταση του φωτός στην παραγωγικότητα, τις φωτοσυνθετικές χρωστικές, τις ολικές φαινόλες καθώς στη γενικότερη φυσιολογική κατάσταση του φασκόμηλου.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πλαστικό θερμοκήπιο του Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ, από τέλη Μαρτίου μέχρι μέσα Ιουλίου του 2009.

Για το πείραμα χρησιμοποιήσαμε 16 νεαρά φυτάρια φασκομηλιάς (*Salvia officinalis*), τα οποία αγοράστηκαν από φυτώριο και αφού αφαιρέσαμε το χώμα από τις ρίζες τους, τα βάλουμε σε γλάστρες με περλίτη και μπήκαν στο θερμοκήπιο. Αρχές Απριλίου όλα τα φυτά μπήκαν κάτω από την κουρτίνα με τη μεγαλύτερη σκιά (25% του πλήρους ηλιακού φωτός).

Τα φυτά ποτίστηκαν για 2-3 φορές με νερό και στη συνέχεια ποτίζονταν με θρεπτικό διάλυμα (867 ppm NO_3^- ή 195 ppm N) (Walker, 1987) το οποίο αποθηκευόταν σε δοχείο 150 lt (Πίνακας 1) και σε τακτά χρονικά διαστήματα μετρούσαμε το pH του και το διορθώναμε στην περιοχή 6,5-7,0 με τη χρήση HNO_3 .

Μακροστοιχεία	gr /150 lt	Ιχνοστοιχεία	gr /150 lt
KNO_3	90,97	H_3BO_3	0,429
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	141,67	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,271
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	73,95	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,033
KH_2PO_4	20,4	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,012
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	121,95	$\text{MoNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0045
NaFe EDTA	2,25	-	-

Πίνακας 1. Σύσταση θρεπτικού διαλύματος (150 lt).

Στα μέσα Απριλίου τα φυτά τοποθετήθηκαν σε θερμοκήπιο, σε τρεις (3) ομάδες διαφορετικών συνθηκών σκίασης (25%, 50% και 75% της πλήρους ηλιακής ακτινοβολίας) και σε μία (1) ομάδα μάρτυρα (control), στην οποία δεν εφαρμόστηκε καμία σκίαση (100% φως).

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ

Για τον προσδιορισμό των φωτοσυνθετικών χρωστικών πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα, το ένα στις 2/6/09 και το άλλο στις 30/6/09.

Τα δείγματα που λαμβάναμε από κάθε μεταχείριση ήταν το 1^ο, το 3^ο, το 5^ο και το 6^ο φύλλο από την κορυφή. Δειγματοληπτούσαμε από δύο γλάστρες της κάθε μεταχείρισης. Τα φύλλα τα τοποθετούσαμε σε αεροστεγή σακουλάκια για να επιτύχουμε όσον το δυνατόν μικρότερη απώλεια υγρασίας κατά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο. Έπειτα τα συντηρούσαμε για όσο χρόνο χρειαζόταν στους 4°C.

Από τα φύλλα κόβαμε: α) 6 δίσκους (με φελλοτρυπητήρα διαμέτρου 0,65 cm) για τα 1^α φύλλα που ήταν μικρότερα και β) 4 δίσκους (με φελλοτρυπητήρα διαμέτρου 1,2 cm) για τα υπόλοιπα. Μετρούσαμε το νωπό βάρος των 3 και 2 δίσκων αντιστοίχως και στη συνέχεια τους ξηραίναμε για να μετρήσουμε το ξηρό βάρος.

Τους υπόλοιπους 3 και 2 δίσκους αντιστοίχως τους ομογενοποιούσαμε σε γουδί πορσελάνης με τη βοήθεια άμμου και ακετόνης 100%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το γουδί και το διάλυμα τοποθετούνταν στο ψυγείο, στοχεύοντας έτσι την αποφυγή οξειδωσης των φωτοσυνθετικών χρωστικών, ενώ η όλη διαδικασία γινόταν σε χαμηλή ένταση φωτισμού.

Στη συνέχεια, φυγοκεντρούσαμε σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Centra MP412/IEC, USA) στα 2000 g για 5 min στους 4°C. Μετά τη φυγοκέντρηση ογκομετρούσαμε το υπερκείμενο και το διατηρούσαμε στο ψυγείο για να προστατέψουμε τις χρωστικές από τις οξειδώσεις.

Η φωτομέτρηση πραγματοποιήθηκε σε φασματοφωτόμετρο (UV-1601/SHIMADZU, JAPAN), αφού πρώτα μηδενίστηκε με ακετόνη 100% και αραιώσαμε το δείγμα μας 20 φορές. Οι μετρήσεις έγιναν στα 661,6 nm, στα 644,8 nm και στα 470 nm για κάθε δείγμα. Για τον υπολογισμό των φωτοσυνθετικών χρωστικών χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τύποι (Lichtenthaler, 1987):

$$C_a = (11,24 \cdot A_{661,6}) - (2,04 \cdot A_{644,8}) \text{ } \mu\text{gr/ml}$$

$$C_b = (20,13 \cdot A_{644,8}) - (4,19 \cdot A_{661,6}) \text{ } \mu\text{gr/ml}$$

$$C_{a+b} = (7,05 \cdot A_{661,6}) + (18,09 \cdot A_{644,8}) \text{ } \mu\text{gr/ml}$$

$$C_{x+c} = [(1000 \cdot A_{470}) - (1,90 \cdot C_a) - (63,14 \cdot C_b)] / 214 \text{ } \mu\text{gr/ml}$$

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Για τον υπολογισμό των φαινολών πραγματοποιήθηκαν τρία (3) πειράματα, στις 25/5/09, στις 15/6/09 και στις 2/7/09.

Η διαδικασία της δειγματοληψίας και της λήψης δίσκων γινόταν όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Για την ομογενοποίηση χρησιμοποιήθηκαν παγωμένο πορσελάνινο γουδί, άμμος και παγωμένο διάλυμα μεθανόλης:φορμικού οξέος:H₂O (50:1,5:48,5), ενώ η όλη διαδικασία γινόταν σε χαμηλή ένταση φωτός.

Στη συνέχεια, φυγοκεντρώσαμε σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Centra MP412/IEC, USA) στα 5000 g για 25 λεπτά στους 4°C. Μόλις τέλειωνε η φυγοκέντρηση ογκομετρούσαμε το υπερκείμενο και το διατηρούσαμε στο σκοτάδι στο ψυγείο για να προστατέψουμε τις χρωστικές από τις οξειδώσεις.

Η φωτομέτρηση έγινε σε φασματοφωτόμετρο (UV-1601/SHIMADZU, JAPAN), αφού πρώτα αυτό μηδενίστηκε με το διάλυμα μεθανόλης:φορμικού οξέος: H₂O και αραιώσαμε το δείγμα μας 200 φορές. Οι μετρήσεις έγιναν στα 330 και 290 nm για την ποσοτικοποίηση των ταρταρικών εστέρων και των ολικών φαινολών, αντιστοίχως (Mazza et al., 1999). Η ποσοτικοποίηση των ταρταρικών εστέρων έγινε με τη χρήση της συνάρτησης $y = 0,1213 \cdot x$, όπου $y = A_{330 \text{ nm}}$ και $x = \mu\text{gr}$ καφεϊκού οξέως (με βάση πρότυπο διάλυμα) ενώ η ποσοτικοποίηση των ολικών φαινολών με τη συνάρτηση $y = 0,0283 \cdot x$, όπου $y = A_{290 \text{ nm}}$ και $x = \mu\text{gr}$ γαλλικού οξέως (με βάση πρότυπο διάλυμα).

4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Η μέτρηση των φυσιολογικών παραμέτρων έγινε στις 19/6/09 και στις 29/6/09, με τη χρήση του φορητού οργάνου της φωτοσύνθεσης LCi Portable Photosynthesis System (ADC, BioScientific Ltd., England). Μετρήθηκαν ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής και η στοματική αγωγιμότητα. Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν ώριμα φύλλα, της ίδιας ηλικίας και οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν την ίδια ώρα της ημέρας (11:15 - 11:30 πμ).

5. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στο τέλος του πειράματος 6/7/09-7/7/09 μετρήσαμε τα ύψη των φυτών, τον αριθμό των βλαστών, τον αριθμό των φύλλων και την επιφάνεια των φύλλων. Στη συνέχεια, απομονώσαμε φύλλα, βλαστούς και ρίζες και ζυγίσαμε το νωπό και ξηρό τους βάρος.

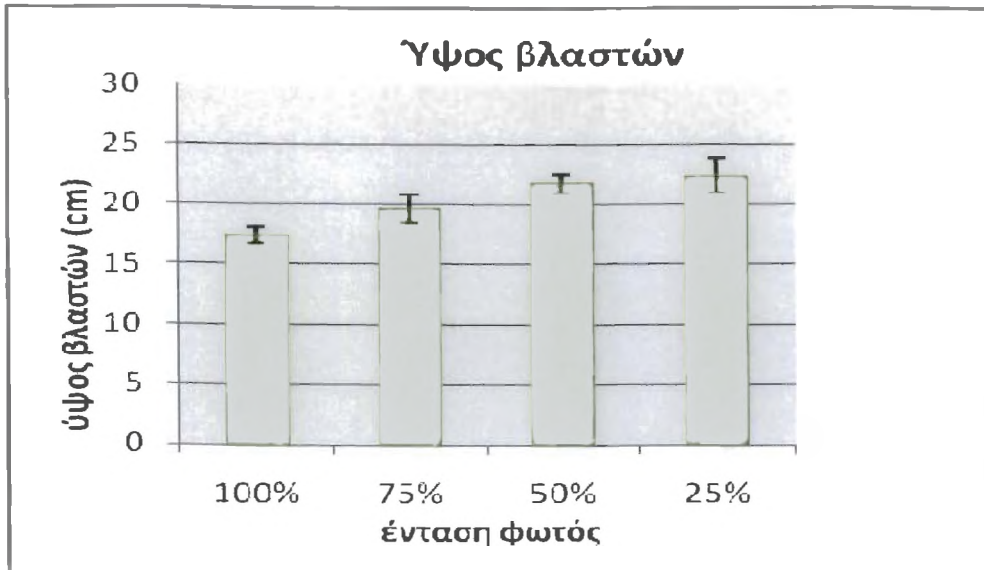
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

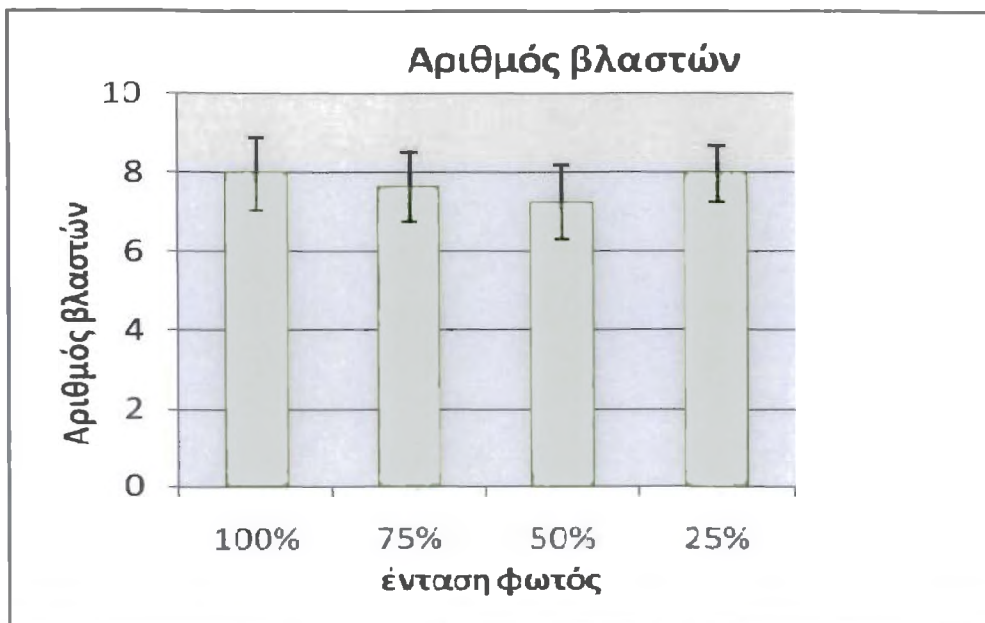


Εικόνα 7. Τα φυτά από τα αριστερά προς τα δεξιά εκτέθηκαν στο ηλιακό φως με εντάσεις 100%, 75%, 50% και 25%, αντιστοίχως.

Από την Εικόνα 7 παρατηρούμε ότι τα φυτά παρουσιάζουν διαφορά ύψους, λόγω της διαφορετικής έντασης φωτός που δέχτηκαν. Έτσι, τα φυτά που ήταν στην κατηγορία 100% (χωρίς σκίαση) είναι πιο χαμηλά σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες (75%, 50% και 25%). Όσο χαμήλωνε η ένταση του φωτός τόσο τα φυτά ήταν ψηλότερα (Γράφημα 1).

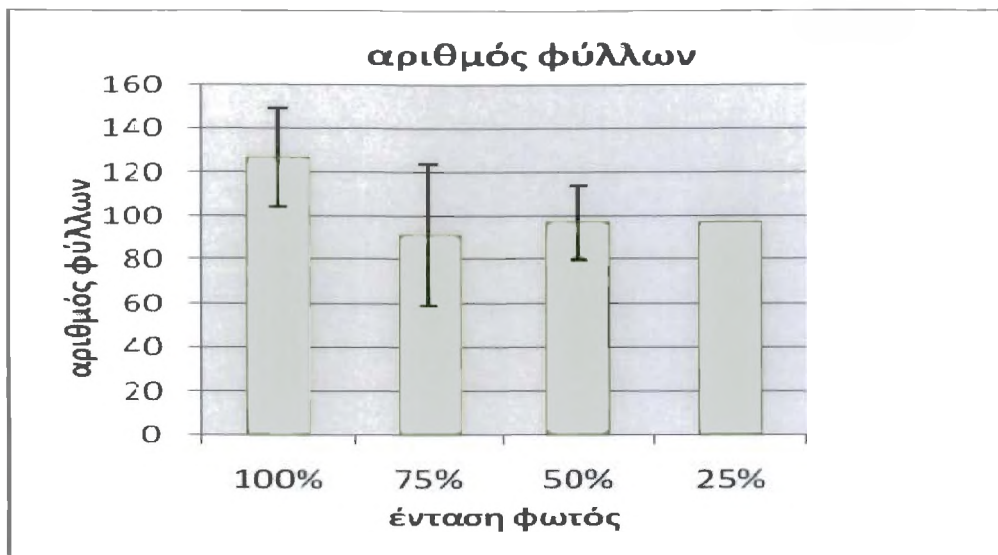


Γράφημα 1. Ύψος των βλαστών σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.



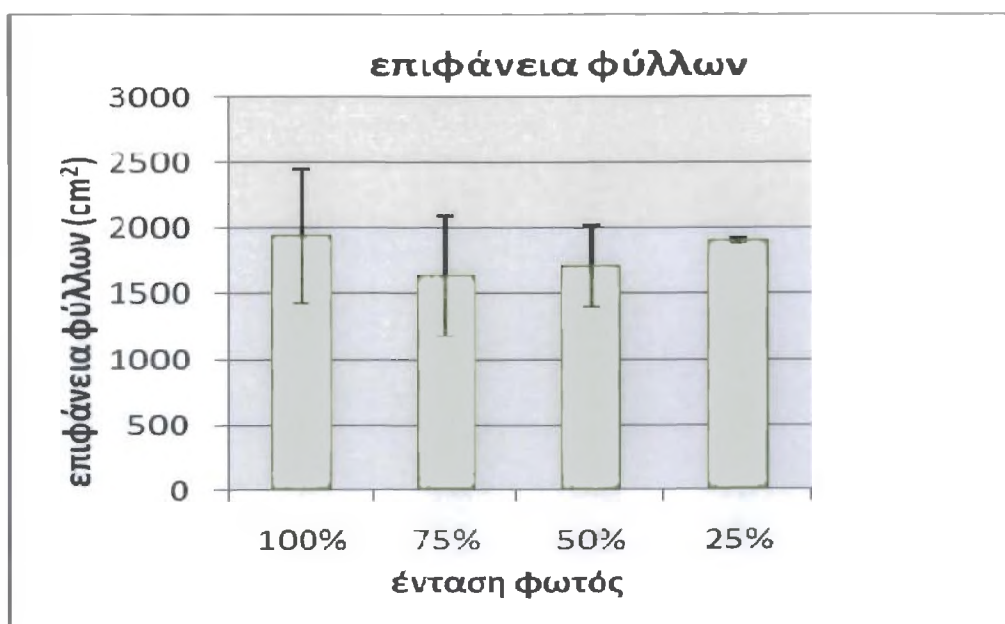
Γράφημα 2. Αριθμός των βλαστών σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.

Όμως, ο αριθμός των βλαστών δε φαίνεται να επηρεάζεται από την ένταση του φωτός (Γράφημα 2).

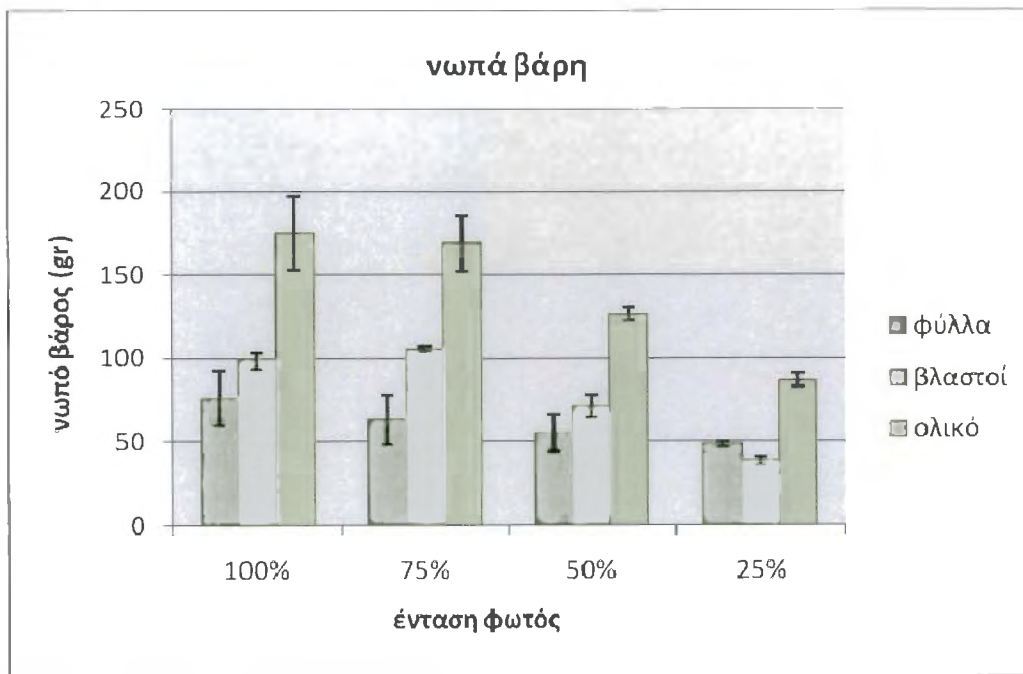


Γράφημα 3. Αριθμός των φύλλων σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.

Αντίθετα με το ύψος των βλαστών, ο αριθμός των φύλλων ήταν μεγαλύτερος στην κατηγορία 100% και όσο χαμήλωνε η ένταση του φωτός ο αριθμός τους μειώθηκε (Γράφημα 3), ενώ η συνολική επιφάνεια των φύλλων δε φαίνεται να επηρεάζεται (Γράφημα 4).

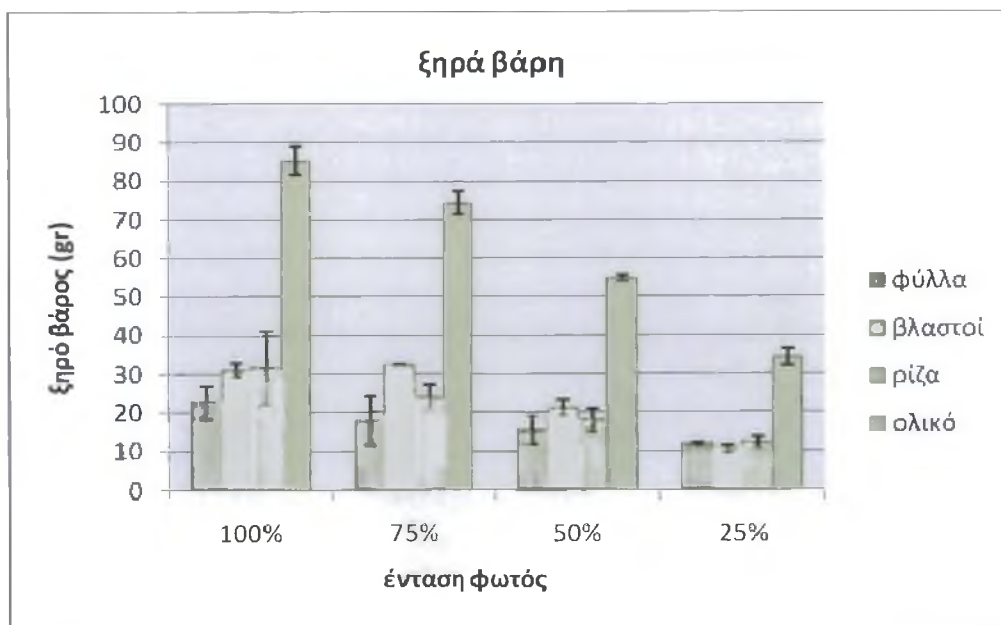


Γράφημα 4. Η επιφάνεια των φύλλων σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.



Γράφημα 5. Νωπά βάρη φύλλων, βλαστών και ολικό σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.

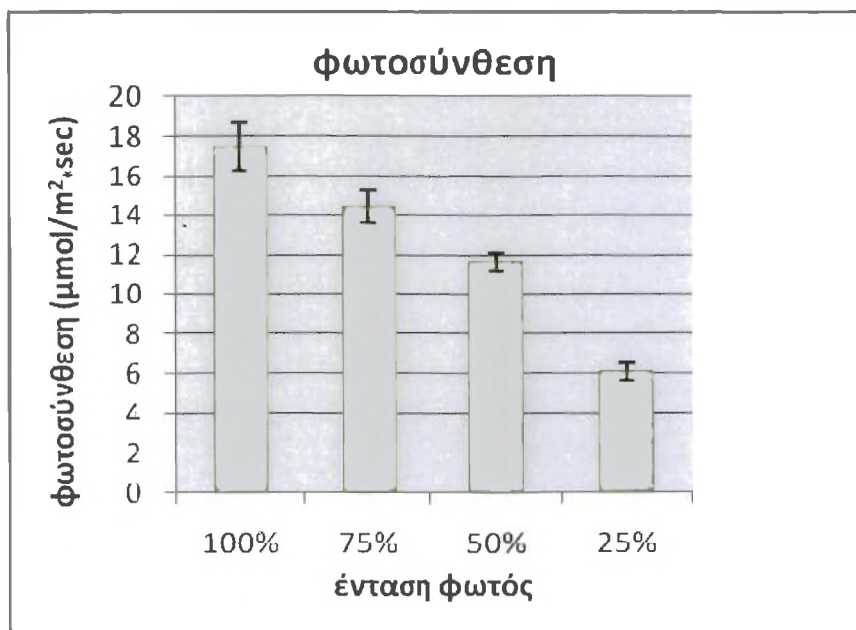
Η παραγωγικότητα των φυτών είναι μεγαλύτερη στο πλήρες ηλιακό φως και μειώνεται με τη σκίαση (Γραφήματα 5 και 6).



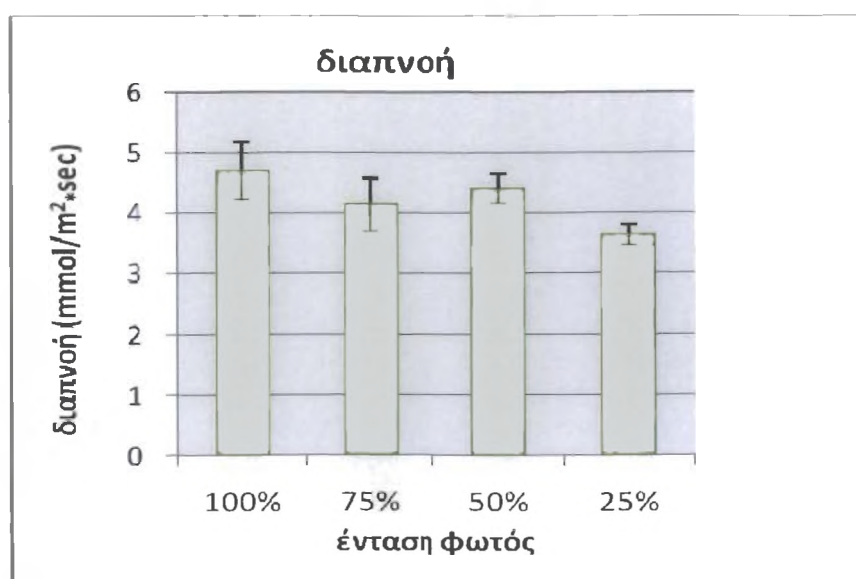
Γράφημα 6. Ξηρά βάρη φύλλων, βλαστών, ριζών και ολικό σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.

2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

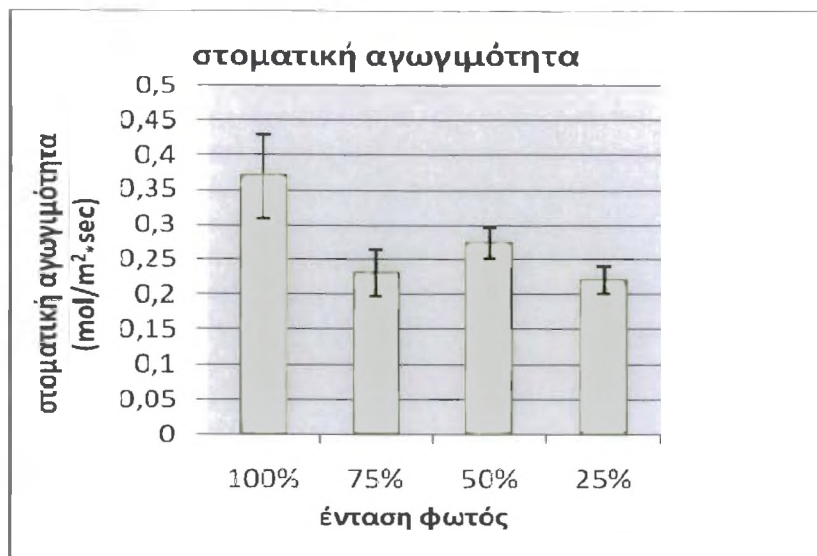
Για όλες τις φυσιολογικές παραμέτρους (φωτοσύνθεση, διαπνοή, στοματική αγωγιμότητα) που μετρήθηκαν διαπιστώθηκε ότι παρατηρείται μείωσή τους με τη σκίαση των φυτών. Το φαινόμενο είναι πιο έντονο για τη φωτοσύνθεση (Γράφημα 7) ενώ για τη διαπνοή και τη στοματική αγωγιμότητα οι διαφορές είναι μικρότερες (Γραφήματα 8 και 9).



Γράφημα 7. Φωτοσύνθεση σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.



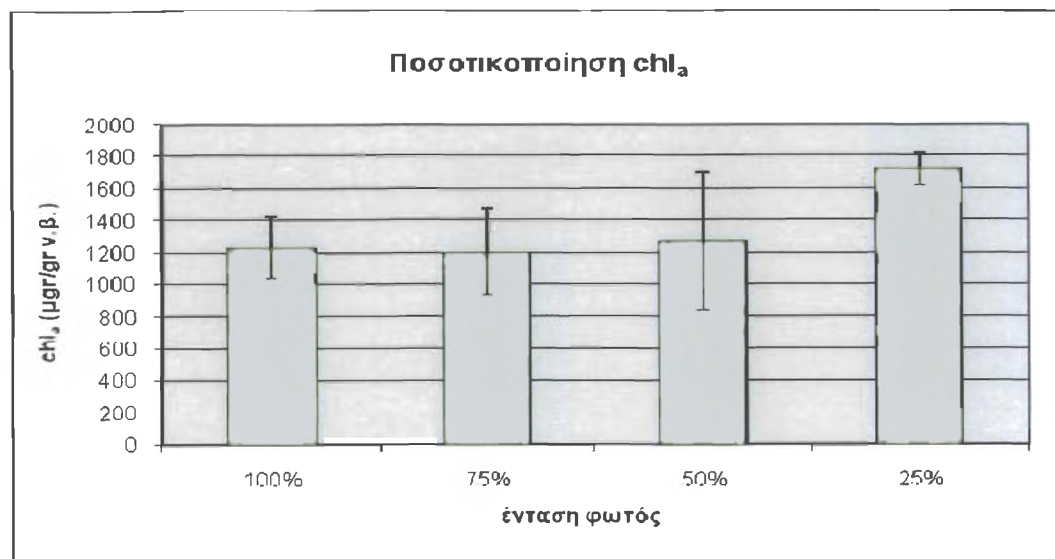
Γράφημα 8. Διαπνοή σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.



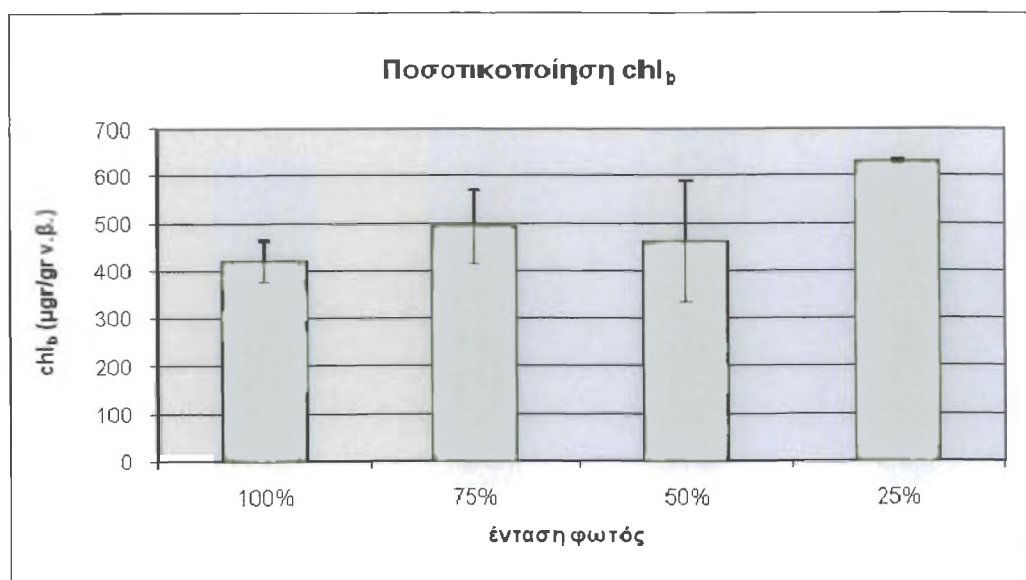
Γράφημα 9 Στοματική αγωγιμότητα σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός.

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ

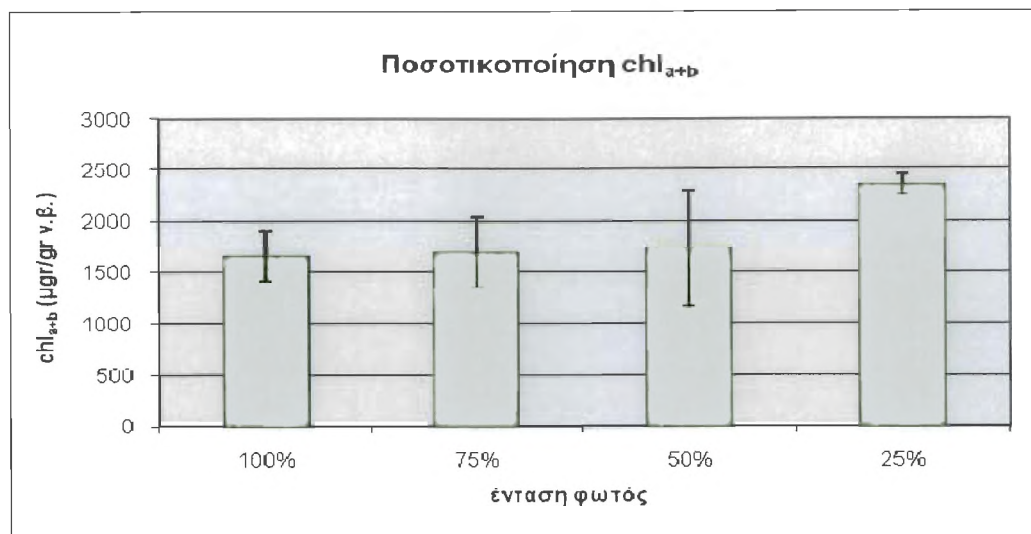
Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας διαπιστώνουμε ότι όλες οι φωτοσυνθετικές χρωστικές (chl_a , chl_b , chl_a+chl_b , καροτενοειδή) εμφανίζουν μικρές διαφορές στις συνθήκες 100%, 75% και 50% φως αλλά αυξάνονται σημαντικά στα φυτά με τη μεγαλύτερη σκίαση (Γραφήματα 10, 11, 12 και 13, αντιστοίχως).



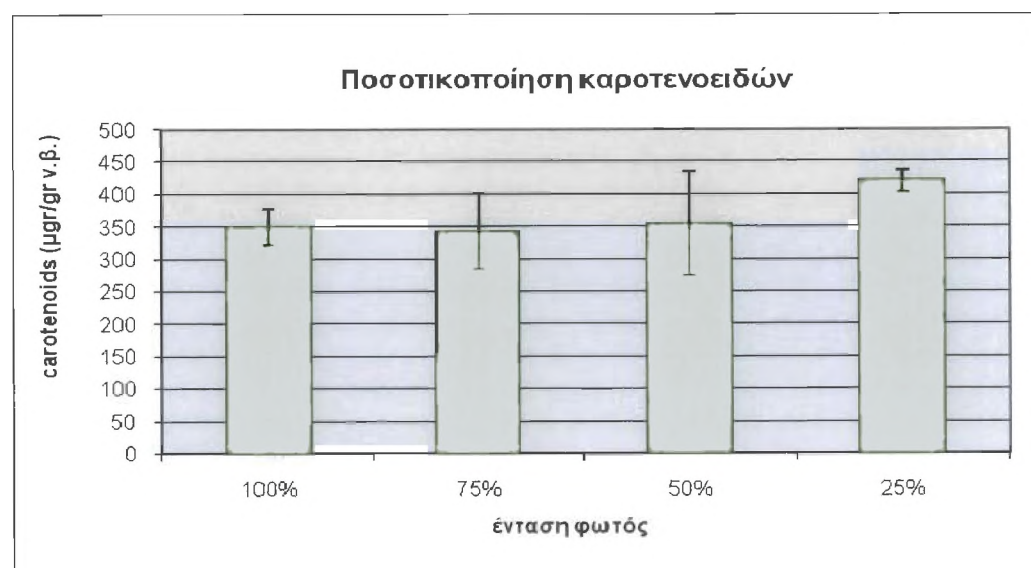
Γράφημα 10. Συγκέντρωση chl_a σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).



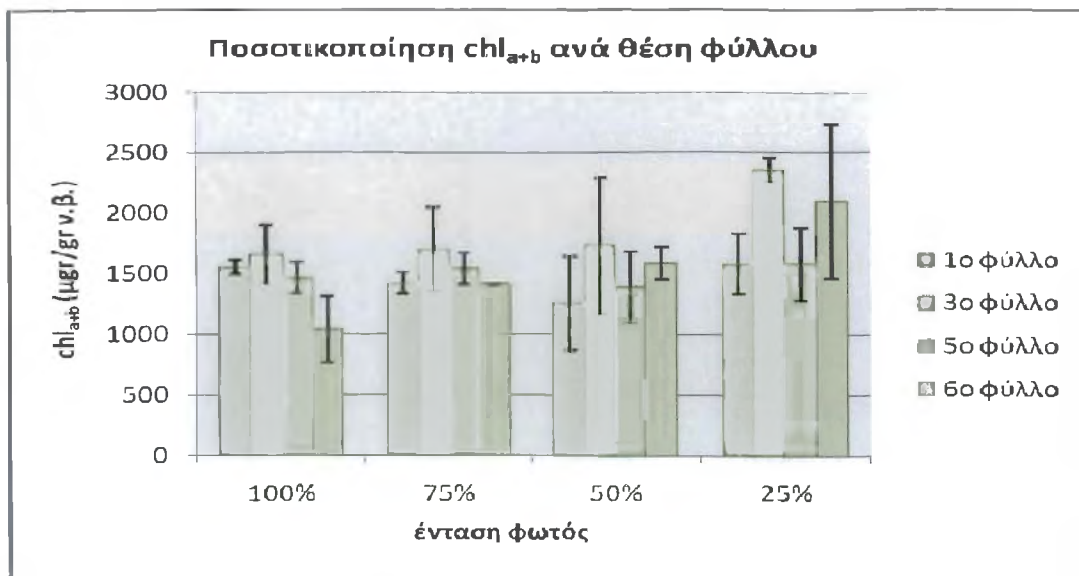
Γράφημα 11. Συγκέντρωση chl_b σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).



Γράφημα 12. Συγκέντρωση chl_{a+b} σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).



Γράφημα 13. Συγκέντρωση καροτενοειδών σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).



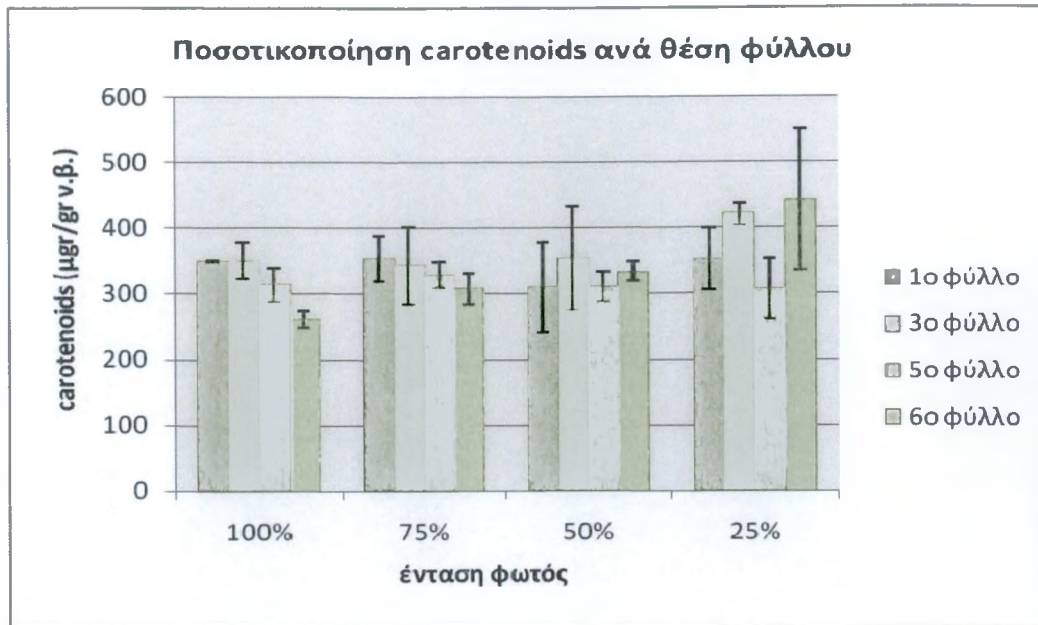
Γράφημα 14. Συγκέντρωση chl_{a+b} ανά θέση φύλλου σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).

Από το Γράφημα 14 παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές το 3^ο φύλλο από την κορυφή είναι πιο πλούσιο σε χλωροφύλλες.



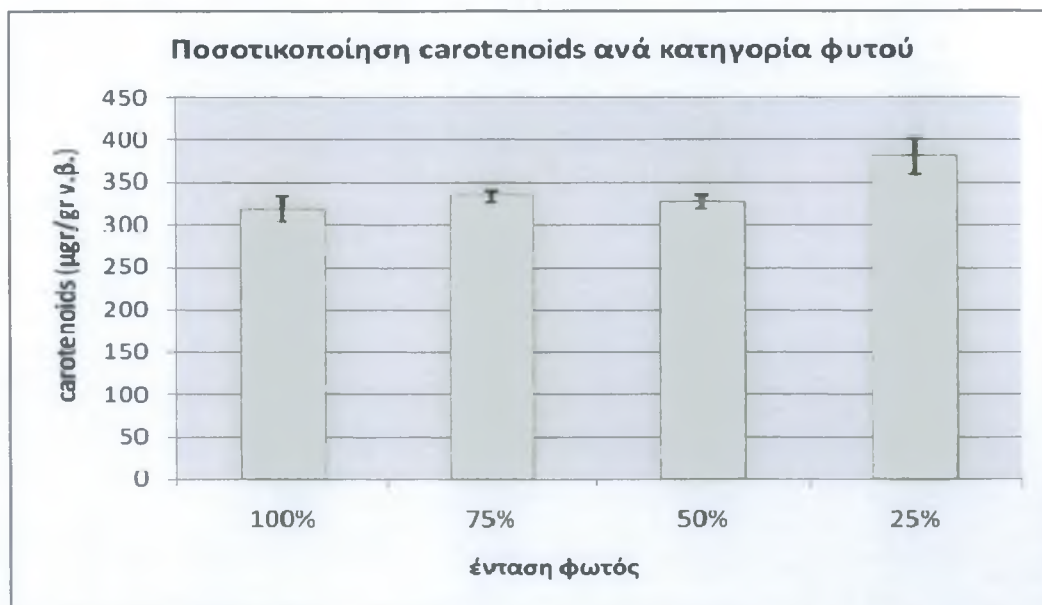
Γράφημα 15. Συγκέντρωση chl_{a+b} ανά κατηγορία φυτού σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).

Το Γράφημα 15 επιβεβαιώνει (όπως και το Γράφημα 12) ότι η συγκέντρωση των χλωροφυλλών αυξάνεται με τη σκίαση των φυτών.



Γράφημα 16. Συγκέντρωση καροτενοειδών ανά θέση φύλλου σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).

Από το Γράφημα 16 παρατηρούμε ότι δεν είναι εύκολο να συμπεράνουμε ποιο φύλλο είναι πιο πλούσιο σε καροτενοειδή.

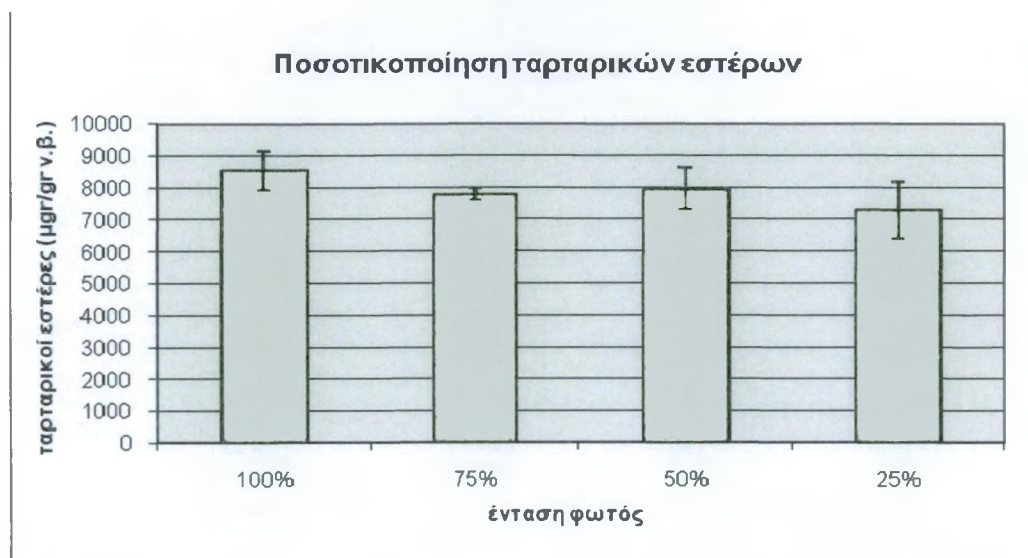


Γράφημα 17. Συγκέντρωση καροτενοειδών ανά κατηγορία φυτού σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος δύο πειραμάτων).

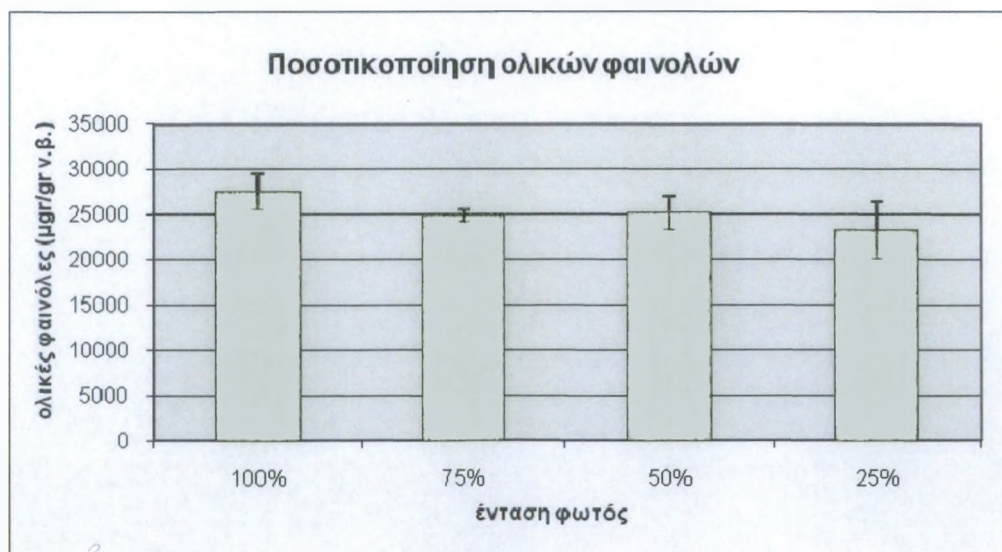
Το Γράφημα 17 επιβεβαιώνει (όπως και το Γράφημα 13) ότι η συγκέντρωση των καροτενοειδών αυξάνεται με τη σκίαση των φυτών.

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

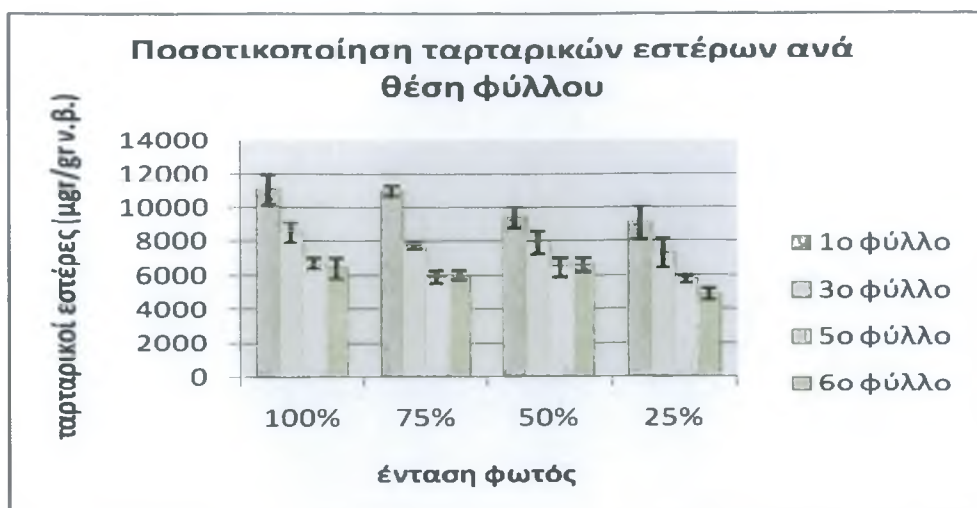
Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας διαπιστώνουμε ότι τόσο οι ταρταρικοί εστέρες (Γράφημα 18) όσο και οι ολικές φαινόλες (Γράφημα 19) εμφανίζουν μικρή μείωση όσο αυξάνεται η σκίαση των φυτών.



Γράφημα 18. Συγκέντρωση ταρταρικών εστέρων σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).

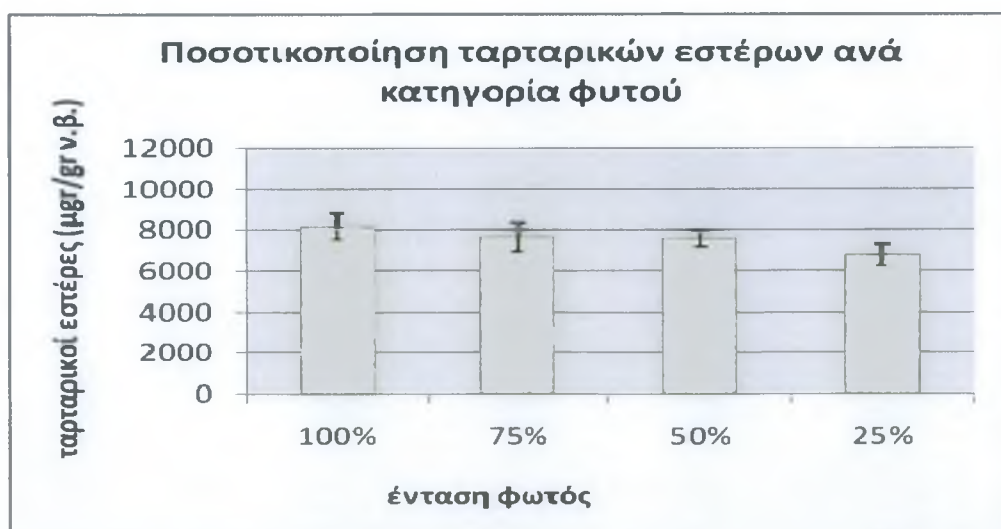


Γράφημα 19. Συγκέντρωση ολικών φαινολών σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).



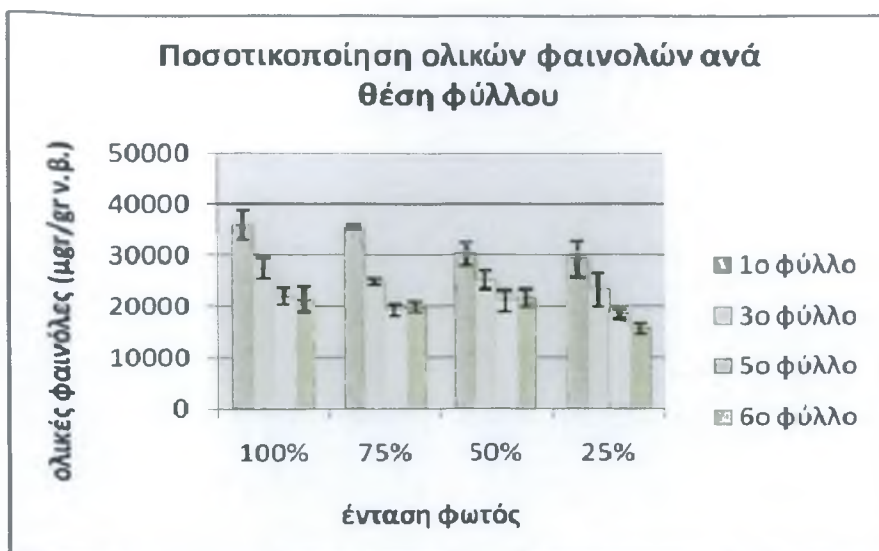
Γράφημα 20. Συγκέντρωση ταρταρικών εστέρων ανά θέση φύλλου σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).

Από το Γράφημα 20 παρατηρούμε ότι το 1^ο φύλλο από την κορυφή είναι πιο πλούσιο σε ταρταρικούς εστέρες.



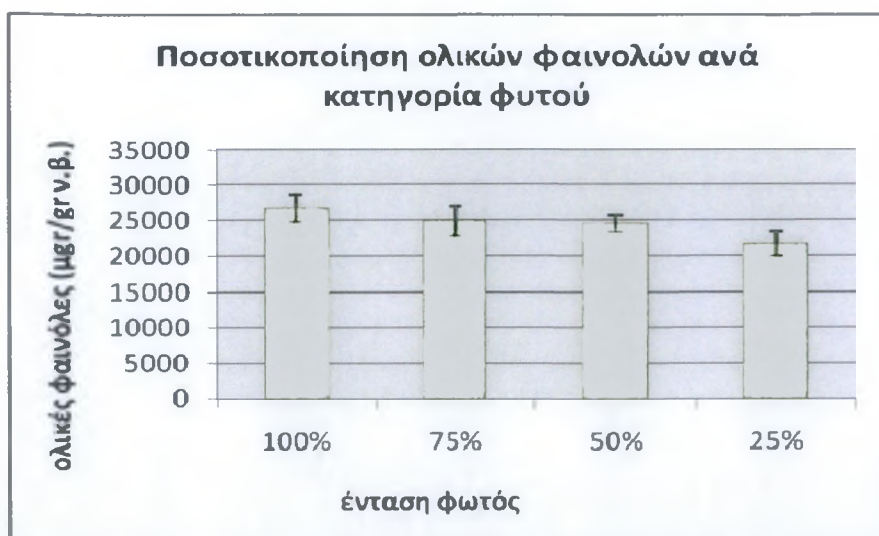
Γράφημα 21. Συγκέντρωση ταρταρικών εστέρων ανά κατηγορία φυτού σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).

Το Γράφημα 21 επιβεβαιώνει (όπως και το Γράφημα 18) ότι η συγκέντρωση των ταρταρικών εστέρων μειώνεται με τη σκίαση των φυτών.



Γράφημα 22. Συγκέντρωση ολικών φαινολών ανά θέση φύλλου σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).

Από το Γράφημα 22 παρατηρούμε ότι το 1^ο φύλλο από την κορυφή είναι πιο πλούσιο σε τολικές φαινόλες.



Γράφημα 23. Συγκέντρωση ολικών φαινολών ανά κατηγορία φυτού σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός (τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τριών πειραμάτων).

Το Γράφημα 23 επιβεβαιώνει (όπως και το Γράφημα 19) ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολών μειώνεται με τη σκίαση των φυτών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ

Με τη μακροσκοπική παρατήρηση των φυτών γίνεται αντιληπτή η σημασία του φωτός για την ανάπτυξή τους. Όσο μειώνεται η ένταση του φωτός, τόσο μεγαλύτερο ύψος παρουσιάζουν τα φυτά (Εικόνα 7, Γράφημα 1). Είναι γνωστό ότι καθώς η ένταση του φωτός μειώνεται οι βλαστοί και τα μεσογονάτια διαστήματα μεγαλώνουν (Καράταγλης, 1999). Αντιθέτως, ο αριθμός των φύλλων (Γράφημα 3) αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ένταση του φωτός. Η ένταση του φωτός προάγει αλλαγές στη δομική οργάνωση των φύλλων με συνέπεια τη διαφοροποίησή τους σε φύλλα φωτός και φύλλα σκιάς. Έτσι, το φως αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να διαφοροποιηθούν τα προπλάστιδια σε χλωροπλάστες, για να συντεθεί η χλωροφύλλη και για να αναπτυχθεί κανονικά το πλάτυσμα του φύλλου, ενώ παράλληλα αναστέλλεται ως ένα βαθμό η επιμήκυνση των μεσογονατίων (Τσέκος, 2004).

Είναι επίσης γνωστό ότι η χαμηλή ένταση φωτός μειώνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης (Καράταγλης, 1999). Καθώς αυξάνεται η ένταση του φωτός, αυξάνεται και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης (Γράφημα 7) και έτσι το φυτό επιτυγχάνει υψηλότερη παραγωγικότητα (Γραφήματα 5 και 6).

Δεδομένου ότι τα στομάτια των φύλλων ανοίγουν την ημέρα και κλείνουν τη νύχτα (Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, 2003) είναι αναμενόμενο η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα να είναι αυξημένες στο έντονο φως (Γραφήματα 8 και 9, αντιστοίχως).

ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας διαπιστώνουμε ότι όλες οι φωτοσυνθετικές χρωστικές (chl_a , chl_b , chl_a+chl_b , καροτενοειδή) εμφανίζουν μικρές διαφορές στις συνθήκες 100%, 75% και 50% φως αλλά αυξάνονται σημαντικά στα φυτά με τη μεγαλύτερη σκίαση (Γραφήματα 10, 11, 12 και 13, αντιστοίχως). Δεδομένου ότι τα φυτά στη σκιά αναπτύσσουν προσαρμογές όπως μεγαλύτερα και λεπτότερα φύλλα τα οποία μπορεί και να περιέχουν ακόμα και τρεις (3) φορές περισσότερη χλωροφύλλη, τα αποτελέσματά μας είναι παρόμοια με προηγούμενες μελέτες (Adamson et al., 1991, Taiz and Zeiger, 2002, Mielke and Schaffer, 2010).

Επίσης, διαπιστώσαμε ότι η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης είναι μεγαλύτερη στο 3^ο φύλλο από την κορυφή (Γράφημα 14) κάτι που σημαίνει ότι την

μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη εμφανίζουν τα σχετικά νεαρά αλλά καλοσχηματισμένα φύλλα σε αντίθεση τόσο με τα γερασμένα όσο και με τα πολύ νεαρά φύλλα που δεν έχουν σχηματισθεί πλήρως.

Αν και δεν είναι σαφές τι συμβαίνει με τα καρτενοειδή φαίνεται όμως ότι το 3^ο φύλλο από την κορυφή είναι από τα πιο πλούσια και σε αυτές τις φωτοσυνθετικές χρωστικές (Γράφημα 16).

ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας διαπιστώνουμε ότι σε αντίθεση με τις φωτοσυνθετικές χρωστικές τόσο οι ταρταρικοί εστέρες (Γράφημα 18) όσο και οι ολικές φαινόλες (Γράφημα 19) εμφανίζουν μείωση όσο αυξάνεται η σκίαση των φυτών. Δεδομένου ότι: α) το φως είναι γνωστός οξειδωτικός παράγοντας για τους οργανισμούς (Georgiou et al., 2006) και β) είναι γνωστή η αντιοξειδωτική δράση των φαινολών (Pizzale et al., 2002, Santos-Gomes et al., 2002), φαίνεται απολύτως φυσιολογικό οι φαινολικές ενώσεις να είναι αυξημένες σε συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας παρέχοντας έτσι καλύτερη αντιοξειδωτική προστασία στα φύλλα του φυτού.

Τέλος, η συγκέντρωση τόσο των ταρταρικών εστέρων (Γράφημα 20) όσο και των ολικών φαινολών (Γράφημα 22) αυξάνεται σημαντικά όσο ανεβαίνουμε από τα γερασμένα στα νεαρά φύλλα πιθανώς διότι τα νεαρά φύλλα να έχουν μεγαλύτερες ανάγκες αντιοξειδωτικής άμυνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καράταγλης Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text.
2. Μάνος Γ., 200.. Εισαγωγή στη Φυτοτεχνολογία. Σημειώσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
3. Μπαζαίος Κ., 1999. 100 βότανα, 1000 θεραπείες. Εκδόσεις Χρυσή Πέννα.
4. Ρουμπελάκη-Αγγελάκη Κ. Α. (επιμέλεια), 2003. Φυσιολογία Φυτών – Από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
5. Σκρουμπής Β., 1990. Αρωματικά, μελισσοτροφικά, φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδας. Έκδοση του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου, Θεσσαλονίκη.
6. Τσέκος Ι., 2004. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις αδελφών Κυριακίδη.
7. Adamson H.Y. et al., 1991. Photosynthetic acclimation of *Tradescantia albiflora* to growth irradiance: morphological, ultrastructural and growth responses. *Physiologia Plantarum*, 82, 353-359.
8. Georgiou C. D. et al., 2006. Sclerotial metamorphosis in filamentous fungi is induced by oxidative stress. *Integrative and Comparative Biology*, 46 (6): 691-712.
9. Lichtenthaler H. K., 1987, Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
10. Mazza G. et al., 1999. Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir wines from British Columbia. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 4009-4017.
11. Mielke M.S. and Schaffer B., 2010. Photosynthetic and growth responses of *Eugenia uniflora* L. seedlings to soil flooding and light intensity. *Environmental and Experimental Botany*, 68, 113-121.
12. Pizzale et al., 2002. Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. indercedens*) extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1645-1651.
13. Ridge I., 2005. Φυσιολογία Φυτών. (Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης, Γιάννης Μανέτας). Εκδόσεις ΙΩΝ.
14. Santos-Gomes P.C. et al., 2002. Phenolic antioxidant compounds produced by in vitro shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). *Plant Science*, 162, 981-987.

15. Taiz L. and Zeiger E., 2002. Plant Physiology, Third ed., Sinauer Associates, Inc.
16. Walker D., 1987. The use of the oxygen electrode and fluorescence probes in simple measurements of photosynthesis. University of Sheffield.
17. www.fotosearch.com
18. www.randomwalk.gr/anki/