



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της απόκρισης φυσιολογικών διαδικασιών του φυτού *Ocimum basilicum* έναντι του τραυματισμού των φύλλων σε διαφορετικές ηλικίες

ΚΟΣΚΟΡΕΛΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ. 12199

ΚΩΝΣΤΑΝΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ. 12207

Επιβλέπων καθηγητής: Ζερβουδάκης Γεώργιος

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2022

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε πρώτα απ' όλα να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές μας κ. Ζερβουδάκη Γεώργιο και κ. Κουλόπουλο Αθανάσιο για την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχαν καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος, αλλά και για την άψογη επικοινωνία που είχαμε καθώς ήταν πρόθυμοι να βοηθήσουν όποτε το χρειαστήκαμε. Επίσης ευχαριστούμε θερμά την φοιτήτρια του τμήματος μας Μάλου Αρετή, την φοιτήτρια του τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων Αγροτικών Προϊόντων και Τροφίμων στο Αγρίνιο, Παραβολιδάκη Αθηνά και τον φοιτητή του τμήματος μας Γαραντζιώτη Γιώργο για την μεγάλη τους συνεισφορά στην διεξαγωγή του πειράματος. Τέλος ευχαριστούμε τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Μαλάμο Νικόλαο για την παραχώρηση του εργαστηρίου του και του εξοπλισμού που μας πρόσφερε.

Περιεχόμενα

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1) Ο ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ.....	4
1.1.1) ΤΑΞΙΝΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	4
1.1.2) ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	4
1.1.3) ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	5
1.1.4) ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗ.....	5
1.1.5) ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ.....	6
1.1.6) ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	7
1.1.7) ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ.....	8
1.2) Ο ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ.....	9
1.2.1) ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	11
1.2.2) ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	12
1.3) Η ΓΗΡΑΝΣΗ ΣΤΑ ΦΥΤΑ.....	15
2) ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	18
3) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
3.1) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	19
3.1.1) ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	19
3.1.2) ΤΑ ΦΥΤΑ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ.....	20
3.1.3) ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ.....	21
3.1.4) ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΓΛΑΣΤΡΕΣ.....	24
3.1.5) ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	26
3.1.6) ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	27
3.1.7) ΛΙΠΑΝΣΗ.....	28
3.1.8) ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	30
3.2) ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	32
3.2.1) ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΓΛΑΣΤΡΩΝ.....	32
3.2.2) ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ.....	33
3.2.3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	34
3.2.4) ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	36
3.2.5) ΕΞΑΓΩΓΗ ΦΥΤΩΝ.....	37
4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	40
4.1) Η ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ.....	40
4.2) Η ΔΙΑΠΝΟΗ ΚΑΙ Η ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	44
4.3) Η ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ.....	49
4.4) ΟΙ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ.....	52
4.5) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1) Ο ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ



Εικόνα 1: Είδη φυτών βασιλικού

(<https://www.kathimerini.gr/k/gastronomos/1024869/vasilikos-o-vasilias-ton-myrodikon/>)

1.1.1) ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο βασιλικός ή Ώκιμον το βασιλικόν (*Ocimum basilicum*) είναι ένα αρωματικό φυτό που ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (Labiatae). Ο βασιλικός είναι ένα μονοετές ποώδες φυτό με ύψος από 20 μέχρι 80cm ανάλογα με την ποικιλία, ενώ υπάρχουν και κάποιες πολυετείς ποικιλίες. Έχει έντονο πράσινο χρώμα και άρωμα και πυκνό φύλλωμα. Το γένος *Ocimum* αριθμεί 50-150 είδη. Έχει φύλλα αντίθετα μονά ωοειδή και τα άνθη του είναι μικρά διατεταγμένα σε χαλαρούς σπονδύλους, σχηματίζοντας στάχεις [Παπαϊωάννου, 2011; Ράπτη, 2020].

1.1.2) ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ιστορικά ο βασιλικός αρχικά συναντάται στην Ασία και την Αφρική, ενώ η πρώτη μεγάλη εξάπλωση του έγινε στην Ινδία από όπου και έφτασε στην Μεσόγειο. Στην αρχαία Ελλάδα αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Χρύσιππο. Βάση μιας εκδοχής προέρχεται από την Ελληνική λέξη “Βασιλεύς”. Χρησιμοποιούταν ευρέως από τους αρχαίους

Έλληνες και Ρωμαίους είτε ως συστατικό για το μαγείρεμα είτε με φαρμακευτική χρήση [Παπαϊωάννου, 2011; Ράπτη, 2020].

1.1.3) ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ο βασιλικός απαιτεί κυρίως υψηλές θερμοκρασίες. Ευδοκίμει ιδανικά σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, με καταλληλότερη θερμοκρασία 22-30°C ενώ χρειάζεται και 10-12 ώρες φωτισμού την ημέρα. Το κατάλληλο έδαφος για να αναπτυχθεί σωστά πρέπει να είναι βαθύ με καλή αποστράγγιση, ικανοποιητικό βαθμό υγρασίας και πλούσιο σε οργανικά στοιχεία. Δεν αντέχει τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και για αυτό και τον χειμώνα καταστρέφεται. Οι ανάγκες του σε λίπασμα είναι κυρίως η βασική λίπανση με άζωτο, φώσφορο και κάλιο τα οποία σε συνδυασμό με τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους είναι αρκετά. Θεωρείται ποτιστική καλλιέργεια και η άρδευση του γίνεται ανάλογα με την ποικιλία και τις κλιματολογικές συνθήκες. Κατά μέσο όρο πρέπει να ποτίζεται ανά 5-10 μέρες. Σε πολύ ζεστό κλίμα μπορεί να ποτίζεται ακόμα μέρα παρά μέρα, ενώ κατά την διάρκεια της άρδευσης δεν πρέπει να βρέχονται τα φύλλα. Όταν φτάνει ο καιρός της συγκομιδής, το πότισμα πρέπει να σταματάει 4-5 μέρες πιο πριν [Παπαϊωάννου, 2011; Ράπτη, 2020].



Εικόνα 2: Σύστημα άρδευσης σε καλλιέργεια βασιλικού

<https://gr.dreamstime.com/%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BA-%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-%CE%AC%CF%81-%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82-%CF%83%CE%B5-%CE%AD%CE%BD%CE%B1%CE%BD-%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%B1-%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9-%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-image76506346>

1.1.4) ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗ

Η διασταύρωση μεταξύ των ποικιλιών του βασιλικού δεν είναι τόσο σύνηθες φαινόμενο, επομένως δύσκολα χάνεται η καθαρότητα μιας ποικιλίας. Ο κύριος τρόπος πολλαπλασιασμού είναι με σπόρο σε σπορείο, ενώ η ιδανική εποχή για την σπορά είναι στην αρχή της άνοιξης. Η μεταφύτευση για την εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται περίπου ένα μήνα μετά και μπορεί να φυτευτεί απευθείας στο χωράφι, είτε με φυτευτικές μηχανές είτε με το χέρι. Κατά μέσο όρο μπορούν να φυτευτούν 4.000-5.000 φυτά/στρέμμα, ενώ ανάλογα την ποικιλία αυτός ο αριθμός μπορεί να είναι και αρκετά μεγαλύτερος. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι περίπου 0,60-0,75 m μεταξύ των γραμμών και 0,20-0,35 m επί των γραμμών [Παπαϊωάννου, 2011; Ράπτη, 2020].



Εικόνα 3: Καλλιέργεια βασιλικού

(<http://back-to-nature.gr/2015/03/kalliergia-ke-chrisis-tou-vasiliko.html>)

1.1.5) ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ

Λόγω της αναπλαστικής του ικανότητας, ο βασιλικός συγκομίζεται πολλές φορές μέσα στο έτος. Η συγκομιδή του εξαρτάται από τον τύπο καλλιέργειας και την χρήση που προορίζεται. Όταν πρόκειται για αιθέριο έλαιο τότε η συγκομιδή συμβαίνει σε πλήρη άνθιση και συμβαίνει με 2 τρόπους. Είτε κόβονται ολόκληρα τα φυτά σε ύψος 10-15 εκατοστών, είτε συλλέγονται μόνο οι ταξιανθίες. Στη περίπτωση που ο βασιλικός προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί σε ξηρή ή χλωρή μορφή η συγκομιδή γίνεται πριν την άνθιση. Ο χλωρός βασιλικός πωλείται σε ματσάκια ενώ ο θερισμένος βασιλικός που προορίζεται για αιθέρια έλαια πρέπει πρώτα να αποξηρανθεί σε θερμοκρασία κάτω των 40°C για να διατηρήσει το χρώμα του και για την καλύτερη ποιότητα του ελαίου [Παπαϊωάννου, 2011].



Εικόνα 4: Συγκομιδή του βασιλικού

<https://gr.dreamstime.com/%CF%86%CF%81%CE%AD%CF%83%CE%BA%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B7-%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%B4%CE%AE-%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CF%89%CE%BD-%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%B1%CE%B3%CF%81%CF%8C%CE%BA%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BB%CE%B9%CE%B3%CF%85%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82-image124153984>

1.1.6) ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Η κυριότερη ασθένεια που προσβάλλει τον βασιλικό είναι η αδρομύκωση. Η αδρομύκωση οφείλεται στον μύκητα *Fusarium oxysporum f. sp. Basilicum*. Ο συγκεκριμένος μύκητας εισέρχεται στις αγγειώδεις δεσμίδες του φυτού μέσω της ρίζας. Αποτέλεσμα της προσβολής αυτής είναι να σταματήσει η ανάπτυξη του φυτού και στην συνέχεια να μαραθεί το μέρος που έχει προσβληθεί ή και ολόκληρο το φυτό και τελικώς να ξεραθεί. Σε έδαφος με καλλιέργεια βασιλικού που υπήρξε προσβολή από αυτόν τον μύκητα, δεν πρέπει να για τα επόμενα 10 χρόνια να φυτευτεί βασιλικός.

Επίσης, και το τμήμα του βασιλικού που βρίσκεται πάνω από το έδαφος μπορεί να προσβληθεί από μύκητες, όμως με το σωστό πότισμα, χωρίς να βρέχονται τα φύλλα και με καλό αερισμό στα φυτά, μπορεί αν προληφθεί και να αποφευχθεί. Ζημιά στην καλλιέργεια του βασιλικού μπορεί να κάνει και το έντομο πράσινο σκουλήκι του βαμβακιού (*Heliothrips armigera*), όπως και κάποιες αφίδες [Παπαϊωάννου, 2011].



Εικόνα 5: Συμπτώματα μαρασμού σε φυτό βασιλικού από τον μύκητα *Fusarium oxysporum f. sp. Basilicum* (<https://gd.eppo.int/taxon/FUSABS/photos>)

1.1.7) ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ

Η χρήση του βασιλικού είναι ευρεία, σε πολλές πτυχές της καθημερινότητας, από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα. Από τις πλέον γνωστές χρήσεις του βασιλικού είναι στην μαγειρική, καθώς αποτελεί βάση για σάλτσες -με πιο γνωστή την Ιταλική σάλτσα pesto- αλλά και ως αρωματικό ή καρύκευμα που μπορεί να μπει σε πολλά φαγητά. Σημαντική είναι επίσης η χρήση του βασιλικού και στην ιατρική καθώς βρίσκεται σε πολλές φαρμακευτικές κρέμες για την καταπράυνση των κραμπών, της κούρασης, του άγχους, της επούλωσης των πληγών κ.α.. Συνίσταται για την καταπολέμηση του βήχα και του πονοκεφάλου στην παραδοσιακή ιατρική, ενώ σε χώρες τις Αφρικής χρησιμοποιείται για την καταπράυνση των κρυολογημάτων και του πυρετού. Άλλες χρήσεις του είναι οι καλλυντικές, για την παρασκευή σαπουνιών, αρωματικές για την παρασκευή αιθέριων ελαίων με έντονο άρωμα και αρωμάτων, ενώ χρησιμοποιείται και σαν ρόφημα ή τσάι, βοηθώντας το ανοσοποιητικό σύστημα [Παπαϊωάννου, 2011; Ράπτη, 2020].

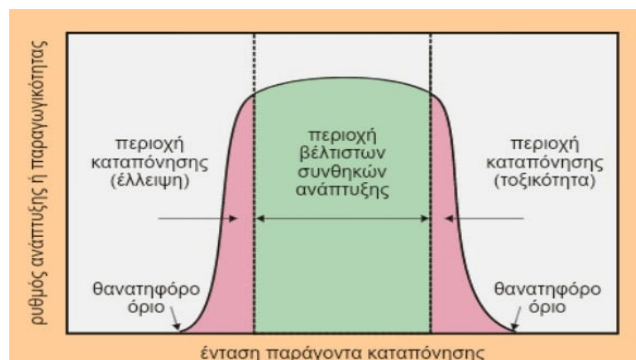


Εικόνα 6: Σάλτσα pesto βασιλικού

<https://www.radicio.com/%CF%83%CE%AC%CE%BB%CF%84%CF%83%CE%B1-%CF%80%CE%AD%CF%83%CF%84%CE%BF/>

1.2) Ο ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

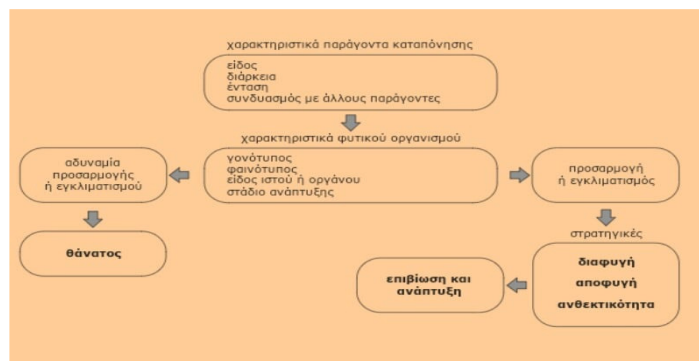
Όλα τα φυτά διενεργούν τις βιολογικές διαδικασίες τους σε συγκεκριμένα όρια των φυσικών και περιβαλλοντικών συνθηκών, τα οποία ονομάζονται **βέλτιστα όρια ανάπτυξης**, εντός των οποίων έχουν την δυνατότητα να αναπτύσσονται στο μέγιστο βαθμό. Όσο οι περιβαλλοντικές συνθήκες παραμένουν εντός αυτών των ορίων όλοι οι μηχανισμοί των φυτών λειτουργούν ομαλά. Κάθε πιθανή παραβίαση των ορίων αυτών επηρεάζει την σωστή λειτουργία του φυτού, χωρίς όμως να επηρεάζεται η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου. Υπάρχει όμως και η περίπτωση να τεθεί σε κίνδυνο η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου σε ένα φυτό, όταν οι βλάβες που θα υποστεί ξεπεράσουν κάποια κρίσιμα όρια. Τα όρια αυτά ονομάζονται **θανατηφόρα όρια**



Εικόνα 7: Όρια βιολογικής δραστηριότητας των φυτών

<https://docplayer.gr/9601946-Fysiologia-kataponiseon-ton-fyton-eisagogi.html>

βιολογικής δραστηριότητας. Η παραβίαση των βέλτιστων ορίων για ένα φυτό σημαίνει αυτόματα ότι έχει καταπονηθεί ή έχει υποστεί κάποιου είδους τραυματισμό. Με τον όρο καταπόνηση εννοούμε τις δυσμενείς συνθήκες από παράγοντες του περιβάλλοντος, οι οποίες εμποδίζουν την σωστή λειτουργία των μηχανισμών στον φυτικό οργανισμό. Οι φυτικοί οργανισμοί μη έχοντας την δυνατότητα να διαφύγουν από τις εχθρικές απειλές, είναι αναγκασμένα να βρουν άλλους τρόπους αντιμετώπισης των αντίξοων συνθηκών που προκαλούν οι καταπονήσεις και οι τραυματισμοί. Οι τρόποι αυτοί ονομάζονται **στρατηγικές** και υπάρχουν τρία είδη. Η **διαφυγή**, η **ανθεκτικότητα** και η **αποφυγή**. Τη στρατηγική της διαφυγής επιλέγουν φυτά με ετήσιο βιολογικό κύκλο και τον ολοκληρώνουν την περίοδο που δεν υπάρχουν καταπονήσεις. Η ανθεκτικότητα είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα φυτών τα οποία ακόμα και όταν υφίσταται παράγοντας καταπόνησης εκείνα έχουν μεγάλη μεταβολική δραστηριότητα, παρόμοια με αυτή που επικρατεί στις βέλτιστες συνθήκες. Τέλος, πολλοί οργανισμοί όταν υπάρχει καταπόνηση, έχουν μηχανισμούς αποφυγής οι οποίοι μειώνουν τις βλάβες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποφυγής είναι τα φυτά τα οποία σε περίοδο ξηρασίας εμβαθύνουν το ριζικό τους σύστημα, προσεγγίζοντας τον υδροφόρο ορίζοντα [Καραμπουρνιώτης κά., 2012].



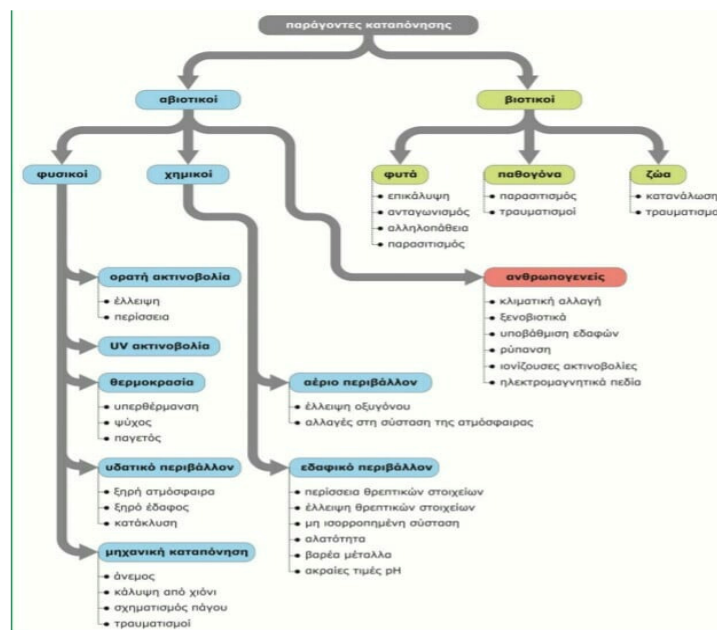
Εικόνα 8: Πορεία του φυτού προς τον θάνατο ή την επιβίωση

(<https://docplayer.gr/9601946-Fysiologia-kataponiseon-ton-fyton-eisagogi.html>)

Όλα τα φυτά είναι εκτεθειμένα σε ένα μεγάλο φάσμα τραυματισμών. Ο τραυματισμός είναι μια βλάβη που συμβαίνει στο φυτό καθώς καταστρέφεται κάποιος ιστός και στην συνέχεια καταστρέφεται το όργανο που ανήκει ο ιστός. Ένας τραυματισμός σε κάποιο φύλλο, διαρρηγνύει κάποια κύτταρα και επιφέρει διαταραχή και στα γειτονικά τους. Αν η πληγή ενός τραυματισμένου φύλλου δεν κλείσει το συντομότερο δυνατόν, θα υπάρξει

απώλεια νερού και επιπλέον είναι πολύ πιθανό να εισέλθει ένας παθογόνος μικροοργανισμός. Έτσι, για την επούλωση του τραύματος συχνά είναι αναγκαίος ελεγχόμενος κυτταρικός θάνατος των στοιβάδων των κυττάρων που γειτνιάζουν με διερρηγμένα κύτταρα. Ο **προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος** πολλές φορές είναι η μόνη επιλογή που έχουν τα φυτά όταν δεν υπάρχει κάποια άλλη εναλλακτική [Γαραντζιώτης, 2021; McCabe, 2013].

Οι παράγοντες που προκαλούν τραυματισμούς στα φυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους **αβιοτικούς** και τους **βιοτικούς** [Καραμπουρνιώτης κ.α., 2012].



Εικόνα 9: Παράγοντες καταπόνησης των φυτών

(<http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/SGEA282/01%20-%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BD%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf>)

1.2.1) ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στην γενικότερη κατηγορία των αβιοτικών καταπονήσεων μπορούμε να εντάξουμε μια πληθώρα από παράγοντες που μπορούν να βλάψουν το φυτό. Από τις πιο συνήθεις αβιοτικές καταπονήσεις είναι οι ακραίες θερμοκρασίες, η υδατική καταπόνηση κ.α.. Λόγω του συγκεκριμένου πειράματός μας ενδιαφέρουν και εστιάζουμε περισσότερο στις καταπονήσεις αυτές που μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό στα φύλλα. Τέτοιου είδους αβιοτικές καταπονήσεις είναι οι ακραίες κλιματολογικές συνθήκες που μπορούν να

προκύψουν σε μια καλλιέργεια φυτών, όπως για παράδειγμα το **χαλάζι**, ο πολύ δυνατός **άνεμος** και οι **κεραυνοί**.

Οι ζημιές που μπορεί να προκαλέσει το χαλάζι μπορεί να είναι από μικρές έως και καταστροφικές για ένα φυτό. Για το μέγεθος των ζημιών πρέπει να λάβουμε υπόψη την διάρκεια που είχε το φαινόμενο, το μέγεθος του χαλαζιού, την ένταση που είχε κατά την διάρκεια που εξελισσόταν και επίσης το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται το φυτό. Στο φυτό μπορεί να προκαλέσει καρούλιασμα στα φύλλα, να σπάσει ή να αφήσει μώλωπες στους κλάδους και στους βλαστούς των φύλλων ή ακόμα και στα ίδια τα φύλλα. Επίσης σε μεγάλη ένταση το φαινόμενο αυτό μπορεί να επιφέρει τον αποχρωματισμό των φύλλων και την πτώση τους στο έδαφος, αλλά και να καταστρέψει μια ολόκληρη καλλιέργεια.

Ένας πολύ δυνατός σε ένταση και ταχύτητα άνεμος μπορεί να σπάσει τους βλαστούς των φύλλων και να ρίξει τα φύλλα στο έδαφος κάνοντας μεγάλη ζημιά στα φυτά.

Τέλος αν ένα φυτό χτυπηθεί από κεραυνό μπορεί να υποστεί τεράστιες ζημιές. Ο κεραυνός χτυπάει μια περιοχή του φυτού η οποία άμεσα εμφανίζει καφέ και κίτρινασημάδια και μέσα σε λίγες επέρχεται η νέκρωση της περιοχής που χτυπήθηκε [Γαραντζιώτης, 2021; Γεωργακοπούλου, 2006].

1.2.2) ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μελετώντας τους βιοτικούς παράγοντες που προκαλούν καταπονήσεις και τραυματισμούς στα φυτά, συναντάμε τα έμβια όντα που υπάρχουν στην φύση και πιο συγκεκριμένα στο περιβάλλον των φυτών. Εχθροί των φυτών μπορεί να είναι κάποια **έντομα**, **νηματώδεις**, **ακάρεα**, αλλά και διάφοροι φυτοπαθογόνοι μικροοργανισμοί όπως **ιοί** (αν και τυπικά δεν θεωρούνται οργανισμοί), **βακτήρια** και **μύκητες**. Κάποιες φορές, τραυματισμούς στα φυτά μπορεί να προκαλέσουν ορισμένα **πτηνά** και **τροκτικά**.

Τα **έντομα**, οι **νηματώδεις**, τα **ακάρεα** και γενικότερα οι ζωικοί οργανισμοί, μπορούν να προκαλέσουν διάφορους τραυματισμούς σε ένα φυτό. Το φάγωμα των φύλλων, των καρπών αλλά και η παρουσία τους στις ρίζες, μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις για τον οργανισμό του φυτού.

Τα **βακτήρια**, οι **ιοί** και οι **μύκητες** μπορούν και αυτά με την δράση τους να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στο φυτό, καθώς διατρυπών τους φυτικούς ιστούς και τους καταστρέφουν.

Με το πέρασμα των χρόνων όμως, η συνύπαρξη των φυτών με τους εχθρούς αυτούς στο οικοσύστημα, έφερε την ανάπτυξη διαφόρων μηχανισμών άμυνας και ανθεκτικότητας. Η ανάπτυξη νέων μηχανισμών αντοχής ενάντια στο στρες και στους τραυματισμούς από βιοτικούς παράγοντες είναι συνεχής. Η ανθεκτικότητα η οποία εν τέλει αποκτούν είναι αποτέλεσμα φυσικής επιλογής, και μέσω αυτής αντέχουν στις αντίξοες συνθήκες και επιβιώνουν.

Για να φτάσει ένας βιοτικός παράγοντας να προκαλέσει βλάβη σε ένα φυτό, θα πρέπει πρώτα να διαπεράσει τους μηχανισμούς άμυνας του εκάστοτε φυτού και να απενεργοποιήσει κυτταρικές λειτουργίες του ή να καταφέρει να αναστείλει την ανάπτυξή του. Όπως προαναφέρθηκε, ενάντια σε όλες αυτές τις επιθέσεις που δέχονται, τα φυτά εμφανίζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα προκειμένου να επιβιώσουν. Έτσι οι μηχανισμοί άμυνας τους εξελίσσονται συνεχώς. Παράλληλα όμως με αυτό, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προκειμένου να συνεχίσουν να καταφέρνουν να προσβάλλουν φυτικούς οργανισμούς, προσαρμόζονται και εξελίσσονται εξίσου βρίσκοντας νέους τρόπους προσβολών. Σαν αποτέλεσμα αυτού, έχουμε μια συνεχή εξέλιξη των μηχανισμών μεταξύ φυτού και παθογόνων μικροοργανισμών [Μουρατίδου, 2019].

Η προσβολή ενός φυτού από έναν βιοτικό παράγοντα, προκαλεί στον οργανισμό πολλές επιπτώσεις. Επηρεάζονται διάφοροι φυσιολογικοί δείκτες του φυτού, που είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωσή του. Η διατάραξη της λειτουργίας των δεικτών αυτών αποτελεί σημάδι για τη μη σωστή λειτουργία του φυτικού οργανισμού και φυσικά η επιβίωση του φυτού τίθεται σε αμφισβήτηση.

Από τις βασικότερες λειτουργίες που διενεργεί ένα φυτό είναι η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η αναπνοή. Ο τραυματισμός ενός φύλλου επηρεάζει άμεσα την εύρυθμη λειτουργία αυτών των φυσιολογικών διεργασιών. Η σημαντικότητά τους είναι αυτή που βάζει σε κίνδυνο την επιβίωση του φυτού αν διαταραχθούν. Η διαφορά στους δείκτες αυτούς μεταξύ ενός μη τραυματισμένου με ένα τραυματισμένο φυτό είναι αρκετά έντονες.

Ένα τραυματισμένο φύλλο μπορεί να εμφανίσει άμεσα – ακόμα και λίγες ώρες μετά τον τραυματισμό – διαφορετικές τιμές στους δείκτες αυτούς. Σύμφωνα με πειράματα που έχουν γίνει στο παρελθόν τόσο με φυτά του βασιλικού όσο και με άλλα φυτά, ο

ρυθμός της φωτοσύνθεσης ήταν πολύ χαμηλότερος σε τραυματισμένα φύλλα σε σχέση με φύλλα που ήταν άθικτα. Συγκεκριμένα τόσο η περιοχή του τραύματος όσο και οι γύρω από αυτήν εμφάνισαν πολύ χαμηλό ρυθμό φωτοσύνθεσης. Παρ' όλα αυτά οι περιοχές κοντά στο τραύμα, λίγες μέρες μετά ήταν σε θέση να φωτοσυνθέτουν κανονικά, με τιμές κοντά σε αυτές των άθικτων φύλλων. Αυτό δείχνει ότι οι περιοχές που έχουν υποστεί το τραύμα είναι νεκρές και η βλάβη είναι μόνιμη, ενώ οι υπόλοιπες μπορούν να ανακάμψουν. Ομοίως, με τη φωτοσύνθεση έτσι και η διαπνοή αλλά και η στοματική αγωγιμότητα, εμφάνισαν μείωση αμέσως μετά τον τραυματισμό. Η μείωση στους 3 αυτούς δείκτες, εξαφανίστηκε λίγες μέρες μετά, αλλά επανεμφανίστηκε αργότερα όπου και διήρκησε για όλη την διάρκεια των πειραμάτων. Όσον αφορά την αναπνοή η οποία εμφάνισε αύξηση στις περιοχές του τραύματος, μας δείχνει ότι αυτό έγινε λόγω των μεγάλων αναγκών για ενέργεια που έχουν οι μηχανισμοί του φυτού. Ομοίως, και με τη φωτοσύνθεση στα άθικτα φύλλα που ήταν επίσης πολύ υψηλή για να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες για ενέργεια στα τραυματισμένα φύλλα [Vrakas et al., 2021; Quilliam et al., 2006].

1.3) Η ΓΗΡΑΝΣΗ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



Εικόνα 10:Φυτά βασιλικού σε άνθιση

Όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, έτσι και τα φυτά γερνάνε και συχνά η διαδικασία αυτή οδηγεί στο θάνατό τους. Τα φυτά δεν έχουν όλα την ίδια διάρκεια ζωής. Ανάλογα με το είδος τους η διάρκεια ζωής τους μπορεί να είναι από μερικές μέρες για ορισμένα φυτά μέχρι και εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια για άλλα. Στα ετήσια φυτά – όπως ο βασιλικός – η γήρανση των φύλλων συνδέεται με τη γήρανση ολόκληρου του φυτού. Η γήρανση και ο θάνατος είναι φυσιολογικές διαδικασίες. Για την ακρίβεια, η γήρανση είναι μια εξελικτικά επίκτητη διαδικασία του φυτικού οργανισμού η οποία συντελείται με χρονικά συντονισμένο τρόπο. Στα ανθοφόρα φυτά ο κύκλος της ζωής ξεκινάει με την βλάστηση, ακολουθεί η ανθοφορία, έπειτα η αναπαραγωγή και στο τέλος η γήρανση. Η γήρανση είναι μια καθοριστική διαδικασία η οποία συνδέεται με την αναπαραγωγή και την επιβίωση. Μάλιστα παρότι η γήρανση σηματοδοτεί μια καταστροφή για τον φυτικό οργανισμό, η ομαλή της εξέλιξη και η σωστή της διαχείριση από τα όργανα του φυτού μπορεί να αποβεί ωφέλιμη για όλο το φυτό. Άλλωστε είναι κάτι που συμβαίνει την κατάλληλη στιγμή αλλά και με τον κατάλληλο προγραμματισμένο και συντονισμένο τρόπο. Προσπαθώντας να κατανοήσουμε καλύτερα τη διαδικασία της γήρανσης στα φυτά θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι:

- Είναι ένα στάδιο που ακολουθεί την ολοκλήρωση της ανάπτυξης.
- Μπορεί να επιφέρει τον θάνατο του φυτού ή και όχι.
- Εξαρτάται από την βιωσιμότητα που έχουν τα κύτταρα και από συγκεκριμένα γονίδια του φυτού.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η γήρανση δεν είναι καθόλου μια ασήμαντη και περιττή διαδικασία αλλά αντιθέτως αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στάδιο στον κύκλο ζωής ενός φυτικού οργανισμού [Thomas, 2013; Khan et al., 2014; Woo et al., 2018; Mayta et al., 2019].

Η γήρανση ως κατάσταση σε έναν οργανισμό έρχεται με φυσικό τρόπο. Συμβαίνει δηλαδή με το πέρασμα του χρόνου. Όμως, πέρα από τους ενδογενείς παράγοντες που οδηγούν το φυτό στη φάση της γήρανσης υπάρχουν και εξωγενείς που συμβάλλουν σε αυτό, παράγοντες δηλαδή που υπάρχουν στο περιβάλλον που ζει και αναπτύσσεται. Ενδεικτικά μπορεί να είναι οι δυσμενείς ή ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως το σκοτάδι, η ξηρασία ή οι ακραίες θερμοκρασίες. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί και ο προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος τοπικά μετά από την προσβολή από κάποιο παθογόνο, που στη συγκεκριμένη περίπτωση ξεκινάει η καταστροφή των κυττάρων που έχουν προσβληθεί και των γειτονικών τους, με αποτέλεσμα την αποτροπή της εξάπλωσης του παθογόνου [Khan et al., 2014].



Εικόνα 11: Γερασμένο φυτό βασιλικού

Η γήρανση προκαλεί διάφορες επιπτώσεις στα όργανα των φυτών. Στο στάδιο αυτό έχουμε την διάσπαση των δομών του φυτού, την αποσύνθεση ιστών και οργάνων, τη μη σωστή λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης, την αποικοδόμηση πρωτεϊνών και τη σταδιακή μείωση των χρωστικών όπως η χλωροφύλλη, καθώς επίσης την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Πολλές από τις επιπτώσεις γίνονται ορατές με γυμνό μάτι. Οι πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι ο σταδιακός αποχρωματισμός των φύλλων, όταν αρχίζουν και χάνουν δηλαδή το έντονο πράσινο χρώμα τους και κιτρινίζουν, το καρούλιασμα, και φυσικά η πτώση τους. Επίσης, σε πολλά φυτά η πτώση των γερασμένων

φύλλων συμβαίνει παράλληλα με την εμφάνιση νεαρών φύλλων στην κορυφή του φυτού [Khan et al., 2014; Mayta et al., 2019].

Κατά τη γήρανση, σημαντικό ρόλο παίζουν οι χρωστικές που υπάρχουν στον φυτικό οργανισμό. Οι φυτικές χρωστικές συμμετέχουν σε διάφορες διαδικασίες όπως η φωτοσύνθεση, η άμυνα κλπ. Κάποιες από τις σημαντικότερες χρωστικές, οι οποίες μας απασχόλησαν και στο συγκεκριμένο πείραμα, είναι η **χλωροφύλλη** και οι **ανθοκυανίνες**. Οι χλωροφύλλες παράγονται στους χλωροπλάστες των φύλλων. Έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης, δηλαδή της μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε χημική. Είναι υπεύθυνες για το πράσινο χρώμα στα φύλλα των φυτών και όταν φτάσει το στάδιο της γήρανσης, αρχίζει η αποδόμησή τους. Οι ανθοκυανίνες είναι εξίσου σημαντικές για τον φυτικό οργανισμό. Ανήκουν στις φλαβονοειδείς ενώσεις και είναι υδατοδιαλυτές. Αποθηκεύονται συνήθως στο χυμοτόπιο, προσδίδουν έντονο χρώμα κυρίως στα άνθη αλλά και στα φύλλα και μεταξύ άλλων προστατεύουν το φυτό από την υπερβολική έκθεση στην ακτινοβολία. Στο στάδιο της γήρανσης και αυτές εμφανίζονται σε πολύ μικρότερο ποσοστό [Sudhalkar et al., 2016; Yilmaz and Gökmen, 2016] [<https://harvardforest.fas.harvard.edu/leaves/pigment>].

Μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες που διενεργείται στο φυτό είναι αυτή της φωτοσύνθεσης. Η φωτοσύνθεση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ηλικία του φυτού. Αυτό που μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά και αφορά οποιοδήποτε φυτό και οποιαδήποτε φυτική καλλιέργεια είναι ότι όταν το φυτό έχει μπει στην φάση της γήρανσης, ο δείκτης της φωτοσύνθεσης μειώνεται όλο και περισσότερο. Πιο συγκεκριμένα, στα νεαρά φύλλα του φυτού, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης είναι χαμηλός και υπάρχει αργή αύξηση. Στη συνέχεια, στα ώριμα φύλλα ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης αυξάνεται και συγκεκριμένα φτάνει στο μέγιστο όριο. Με το πέρασμα του χρόνου, στα μεγαλύτερα σε ηλικία φύλλα ο ρυθμός φθίνει και όσο γερνάνε μειώνεται όλο και περισσότερο [Freeland, 1952]. Συνεπώς, έχει ιδιαίτερη σημασία η διερεύνηση της επίδρασης της γήρανσης σε συνδυασμό με τον τραυματισμό των φύλλων σε φυσιολογικές διαδικασίες όπως η φωτοσύνθεση και σε βιομόρια των φυτών όπως οι χλωροφύλλες και οι ανθοκυανίνες.

2) ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα φυτά εκτίθενται καθημερινά σε πολλές καταπονήσεις, είτε βιοτικές είτε αβιοτικές. Κάποιες από αυτές τις καταπονήσεις οδηγούν σε τραυματισμό των φυτών, μεταβάλλοντας τις φυσιολογικές διαδικασίες τους. Με αυτό το πείραμα θέλαμε να μελετήσουμε πώς αντιδρούν τα φυτά και πώς επηρεάζονται ορισμένες σημαντικές διεργασίες που εκτελούν, κάτω από συνθήκες έντονου τραυματισμού των φύλλων. Η μελέτη αυτή θέλαμε να γίνει σε 3 διαφορετικά ηλικιακά στάδια των φυτών ώστε να εκτιμήσουμε αν η ηλικία παίζει κάποιο ρόλο στην απόκριση του φυτού έναντι του τραυματισμού. Στην πρώτη φάση όταν τα φυτά βρίσκονται στο βλαστικό στάδιο, στη δεύτερη φάση όταν βρίσκονται στο στάδιο της εμφάνισης των ανθοφόρων οφθαλμών και στην τρίτη φάση όταν είναι στο στάδιο της ανθοφορίας. Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης μετρήσαμε τη φωτοσύνθεση, τη διαπνοή, τη στοματική αγωγιμότητα, τη χλωροφύλλη και τις ανθοκυανίνες στα φύλλα. Για την υλοποίηση του πειράματος επιλέχθηκε το φυτό του βασιλικού (*Ocimum basilicum* var. *minimum* L.).

3) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1.1) ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η πρώτη από όλες τις εργασίες που έγιναν, ήταν να οριστεί και να οργανωθεί ο χώρος που θα διεξαχθεί το πείραμα. Επιλέχθηκε ένα κομμάτι αγρού μπροστά από το κύριο κτήριο του Τμήματος Γεωπονίας στην Αμαλιάδα. Ο χώρος αυτός ήταν ιδανικός διότι από τις πρώτες πρωινές ώρες και έπειτα ήταν ηλιόλουστος και κάλυπτε όλες τις συνθήκες στις οποίες θέλαμε να βρίσκονται τα φυτά. Ο χώρος καθαρίστηκε από τα χόρτα και εκεί μεταφέρθηκε ένας πάγκος σποράς μήκους 6m στον οποίο θα διεξαγόταν το πείραμα. Επίσης, συλλέχθηκε μια παλιά σιδερένια πόρτα η οποία τρίφτηκε και βάφτηκε πράσινη. Τοποθετήθηκε στο πρώτο κομμάτι της κλίνης, εκεί όπου βρίσκονταν και τα φυτά μεταχείρισης της κάθε ηλικιακής φάσης.



Εικόνα 12: Ο πάγκος σποράς που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα



Εικόνα 13: Καθαρισμός του χώρου διεξαγωγής του πειράματος με χορτοκοπτικό



Εικόνα 14: Καθαρισμός του χώρου διεξαγωγής του πειράματος με τσουγκράνα

3.1.2) ΤΑ ΦΥΤΑ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ

Το αντικείμενο μελέτης στο πείραμα ήταν το φυτό του βασιλικού (*Ocimum basilicum* var. *minimum* L.) μετά από αγορά 45 φυτών από τοπικό κατάστημα.



Εικόνα 15: Τα 45 φυτά του πειράματος την ημέρα της παραλαβής

3.1.3) ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΕΔΑΦΟΥΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Για την υλοποίηση του πειράματος αρχικά χρησιμοποιήθηκαν 90 γλάστρες. Από αυτές 45 έμειναν μαύρες ενώ 45 βάφτηκαν άσπρες. Οι μαύρες γλάστρες τοποθετούνταν μέσα στις άσπρες ώστε να αποφευχθεί η μεγάλη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το μαύρο χρώμα. Όλες οι γλάστρες πλύθηκαν σχολαστικά πριν την έναρξη του πειράματος.



Εικόνα 16: Βάψιμο γλαστρών σε άσπρο χρώμα



Εικόνα 17: Το πλύσιμο των γλαστρών

Μια από τις πρώτες εργασίες που έπρεπε να γίνουν ήταν να γεμιστούν οι 45 γλάστρες με χώμα, ώστε έπειτα να γίνει η μεταφύτευση των φυτών εκεί. Για τη διαδικασία αυτή συλλέχθηκε μεγάλη ποσότητα χώματος από σκάμμα κοντά στον χώρο του πειράματος. Το χώμα εκεί ήταν ιδανικό καθώς ήταν αμμώδες και δεν υπήρχαν φερτά υλικά.



Εικόνα 18: Το σκάμμα που έγινε η συλλογή του χώματος Εικόνα 19: Οι γλάστρες γεμάτες με χώμα

Όλη η ποσότητα χώματος που συλλέχθηκε, μεταφέρθηκε και απλώθηκε σε νάιλον στον ήλιο με σκοπό να αεροξηρανθεί. Για να καλυφθεί ο πυθμένας των γλαστρών και να μην υπάρχουν απώλειες χώματος, κόπηκαν 45 δίσκοι γεωφάσματος και τοποθετήθηκαν σε αυτές.



Εικόνα 20: Η ξήρανση του χώματος στο νάιλον Εικόνα 21: Η κοπή των γεωφασμάτων

Έπειτα από μια μέρα ξήρανσης του χώματος στον ήλιο, άρχισε η πλήρωση των γλαστρών. Για τη δημιουργία του μείγματος χρειαζόταν αναλογία με 2 μέρη χώματος και 1 μέρος τύρφης. Το πρωτόκολλο είχε ως εξής: Γεμίζονταν 2 γλάστρες με χώμα μέχρι την χαραγή των 4L. Ανασηκώνονταν 10 εκατοστά από το έδαφος και αφήνονταν να χτυπήσουν κάτω με σκοπό να γίνει σίγουρο ότι είχαν συμπληρωθεί. Με την ίδια διαδικασία συμπληρωνόταν μια γλάστρα με τύρφη. Το περιεχόμενο των τριών γλαστρών αναμιγνύονταν μέσα σε έναν μεγάλο κουβά με προσοχή για να επιτευχθεί η

καλύτερη δυνατή ομοιομορφία. Από το μείγμα αυτό γεμίζονταν 3 γλάστρες. Η διαδικασία επαναλήφθηκε έως ότου να συμπληρωθούν με χώμα και οι 45 γλάστρες.



Εικόνα 22: Γέμισμα γλάστρας με χώμα



Εικόνα 23: Γλάστρα με τύρφη



Εικόνα 24: Ανάδευση του μείγματος των τριών γλαστρών



Εικόνα 25: Γέμισμα τριών γλαστρών με μείγμα

Όλες οι γλάστρες όταν γεμίζονταν, έπαιρναν με την σειρά έναν αριθμό, ζυγίζονταν και το βάρος καταγραφόταν. Στη συνέχεια, κάθε γλάστρα τοποθετούνταν σε δοχείο με νερό μέχρι λίγο πριν την επιφάνειά της, για να υπάρξει κορεσμός. Όταν στην επιφάνεια του χώματος εμφανιζόταν μια λεπτή στρώση νερού, τότε οι γλάστρες έβγαιναν από το νερό και αφήνονταν να στραγγίσουν για 15 λεπτά. Έπειτα, γινόταν και πάλι ζύγιση και καταγραφή του βάρους κάθε γλάστρας. Μετά το τέλος της διαδικασίας αυτής, όλες οι γλάστρες τοποθετούνταν στην κλίνη.



Εικόνα 26: Ζύγιση γλάστρας



Εικόνα 27: Κορεσμός γλάστρας

Για τις επόμενες 5 μέρες το χώμα ποτίζονταν καθημερινά με σκοπό να αποκτήσει δομή. Η άρδευση του χώματος γινόταν σταδιακά, σε 3-4 φάσεις των 3-5 λεπτών περίπου. Αυτό γινόταν για να μην υπάρχει υπερχειλίση και χαθεί μέρος του μείγματος που βρισκόταν στις γλάστρες.



Εικόνα 28: Άρδευση των γλαστρών με το χώμα

3.1.4) ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΓΛΑΣΤΡΕΣ

Την Πέμπτη 3 Ιουνίου και αφού μια μέρα πριν είχε γίνει η παραλαβή των φυτών, έγινε η μεταφύτευσή τους στις γλάστρες. Παραλήφθηκαν 45 νεαρά φυτά βασιλικού, εκ των οποίων τα 42 θα χρησιμοποιούνταν για τις μετρήσεις του πειράματος.

Για τη μεταφύτευση των φυτών ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: με έναν ουροσυλλέκτη αφαιρούνταν ποσότητα χώματος από το κέντρο των γλαστρών. Το φυτό αφαιρούνταν από το γλαστράκι του, βυθιζόταν σε νερό και προσεκτικά χωρίς να αποκοπούν ριζικά τριχίδια αφαιρούνταν μέρος της τύρφης που περιέβαλε το ριζικό του σύστημα.



Εικόνα 29: Αφαίρεση χώματος με ουροσυλλέκτη



Εικόνα 30: Αφαίρεση του φυτού από το γλαστράκι



Εικόνα 31: Αφαίρεση μέρους τύρφης από τα ριζικά τριχίδια

Στη συνέχεια, το φυτό τοποθετούνταν στην τρύπα που είχε δημιουργηθεί στη γλάστρα. Πιεζόταν ελαφρά περιμετρικά του βλαστού για να ενσωματωθεί στη γλάστρα όσο καλύτερα γίνεται. Μετά το τέλος της διαδικασίας κάθε γλάστρα ζυγιζόταν και φωτογραφιζόταν. Το βάρος καταγραφόταν. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας όλες οι γλάστρες τοποθετούνταν στην κλίση.



Εικόνα 32: Μεταφύτευση βασιλικού στη γλάστρα



Εικόνα 33: Γλάστρα έτοιμη μετά τη μεταφύτευση



Εικόνα 34: Οι γλάστρες στην κλίνη μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας

3.1.5) ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τις πρώτες μέρες του πειράματος και συγκεκριμένα στις 27 Μαΐου ξεκίνησε η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος. Τοποθετήθηκε κατά μήκος πάνω στην κλίνη ο κύριος αγωγός άρδευσης. Συλλέχθηκαν από παλαιότερο πείραμα κομμάτια σωληνίσκου Φ8 (μακαρόνια). Ο αγωγός χωρίστηκε σε 3 μέρη στα σημεία που χωρίζεται και η κλίνη. Τοποθετήθηκαν βάνες στα 3 αυτά κομμάτια. Με τον τρόπο αυτό υπήρχε έλεγχος στην άρδευση ανάλογα με το κομμάτι που πρέπει να ποτιστεί. Πάνω στον αγωγό έγιναν τρύπες με την σγρόμπια στις οποίες τοποθετήθηκαν οι σωληνίσκοι Φ8. Στην άλλη άκρη του σωληνίσκου τοποθετήθηκε σταλάκτης. Κάθε σταλάκτης κατέληγε σε γλάστρα. Τέλος, ένα μεγάλο κομμάτι του κύριου αγωγού έφευγε από την άκρη της κλίνης και κατέληγε στην κεντρική βρύση από όπου και άρχιζε η παροχή νερού.



Εικόνα 35: Ο κύριος αγωγός με μια από τις βάνες Εικόνα 36: Δημιουργία τρυπών με τη σγρόμπια



Εικόνα 37: Τοποθέτηση σωληνίσκων σεκάθε γλάστρα Εικόνα 38: Τοποθέτηση σταλακτών

3.1.6) ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Από την ημέρα της μεταφύτευσης και έπειτα, τα φυτά άρχισαν να ποτίζονται σχεδόν σε καθημερινή βάση. Η ώρα που επιλέχθηκε για το πότισμα ήταν το απόγευμα και όχι το πρωί καθώς εκείνες τις ώρες πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις με τα όργανα στα φυτά. Το απογευματινό πότισμα άρχισε στις 7 μμ που άνοιγαν οι βάνες και διαρκούσε τόσο ώστε να εμφανίσουν απορροή οι γλάστρες. Λιγосτές εξαιρέσεις άλλαξαν το πρόγραμμα του ποτίσματος.

- 8 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε απογευματινή λίπανση και τα φυτά δεν χρειάστηκαν περαιτέρω νερό.
- 9 Ιουνίου δεν πραγματοποιήθηκε άρδευση λόγω βροχόπτωσης.
- 11 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε απογευματινή λίπανση και τα φυτά δεν χρειάστηκαν περαιτέρω νερό.

- 13 Ιουνίου η άρδευση πραγματοποιήθηκε το πρωί λόγω απογευματινού ψεκασμού.
- 14 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε πρωινή λίπανση και τα φυτά δεν χρειάστηκαν περαιτέρω νερό.
- 15 Ιουνίου δεν πραγματοποιήθηκε άρδευση.
- 17 Ιουνίου δεν πραγματοποιήθηκε άρδευση.
- 19 Ιουνίου δεν πραγματοποιήθηκε άρδευση.
- 20 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε πρωινή λίπανση και τα φυτά δεν χρειάστηκαν περαιτέρω νερό.



Εικόνα 39: Άρδευση φυτού



Εικόνα 40: Άρδευση και εμφάνιση απορροής

3.1.7) ΛΙΠΑΝΣΗ

Για τη λίπανση των φυτών έγινε παρασκευή πυκνού διαλύματος. Χρησιμοποιήθηκαν 500gr κρυσταλλικό λίπασμα 20-20-20 (N-P-K) και 167gr $MgSO_4$ 15%, πλήρως υδατοδιαλυτά. Τοποθετήθηκαν όλα σε δοχείο 3L, προστέθηκε απιονισμένο νερό και έγινε ανάδευση με θερμαινόμενο μαγνητικό αναδευτήρα. Αφού ογκομετρήθηκε, προστέθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τον τελικό όγκο 4L και αποθηκεύτηκε σε πλαστικό δοχείο.



Εικόνα 41: Δημιουργία λιπάσματος



Εικόνα 42: Διαδικασία λίπανσης

Σε κάθε εφαρμογή αναλογούσε 1gr μάζα κρυσταλλικού διαλύματος 20-20-20 (N-P-K) για κάθε φυτό. Οι λιπάνσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- 8 Ιουνίου. Απογευματινή λίπανση. Ένα διάλυμα 160ml λίπασμα σε 10L νερό και ένα διάλυμα 80ml λίπασμα σε 5L νερό για να καλυφτούν όλες οι γλάστρες. Έγινε εφαρμογή 500ml σε κάθε γλάστρα.
- 11 Ιουνίου. Απογευματινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό και ένα διάλυμα 64ml λίπασμα σε 2L νερό για να καλυφτούν όλες οι γλάστρες. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.

- 14 Ιουνίου. Πρωινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό και ένα διάλυμα 64ml λίπασμα σε 2L νερό για να καλυφτούν όλες οι γλάστρες. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.
- 20 Ιουνίου. Πρωινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό και ένα διάλυμα 64ml λίπασμα σε 2L νερό για να καλυφτούν όλες οι γλάστρες. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.
- 26 Ιουνίου. Πρωινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό και ένα διάλυμα 64ml λίπασμα σε 2L νερό για να καλυφτούν όλες οι γλάστρες. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.
- 4 Ιουλίου. Πρωινή λίπανση. Μόνο στα φυτά που δεν μεταχειρίζονταν. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.
- 9 Ιουλίου. Απογευματινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.
- 14 Ιουλίου. Πρωινή λίπανση. Ένα διάλυμα 320ml λίπασμα σε 10L νερό. Έγινε εφαρμογή 250ml σε κάθε γλάστρα.

3.1.8) ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Για την φυτοπροστασία των φυτών χρησιμοποιήθηκαν τα εντομοκτόνα APHICAR 100EC και SHARIMIDA 20SL, αλλά και το μυκητοκτόνο ALFIL 80WG. Οι φυτοπροστασίες που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- 8 Ιουνίου. Απογευματινή φυτοπροστασία. Ψεκασμός με μυκητοκτόνο ALFIL 80WG. 10gr/8L ψεκαστικού υγρού. Ψεκάστηκαν όλες οι γλάστρες μέχρι να μουσκέψουν και το έδαφος περιμετρικά του πειράματος. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.
- 13 Ιουνίου. Απογευματινή φυτοπροστασία. Ψεκασμός με εντομοκτόνο APHICAR 100EC. 3ml/8L ψεκαστικού υγρού. Ψεκάστηκαν όλες οι γλάστρες μέχρι να μουσκέψουν και το έδαφος περιμετρικά του πειράματος. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.
- 19 Ιουνίου. Απογευματινή φυτοπροστασία. Ψεκασμός με μυκητοκτόνο ALFIL 80WG και εντομοκτόνο SHARIMIDA 20SL. Σε 4L νερό προστέθηκαν 5gr ALFIL 80WG και 4ml SHARIMIDA 20SL. Ψεκάστηκαν όλες οι γλάστρες μέχρι να μουσκέψουν και το έδαφος περιμετρικά του πειράματος. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.

➤ 4 Ιουλίου. Απογευματινή φυτοπροστασία. Ψεκασμός με μυκητοκτόνο ALFIL 80WG και εντομοκτόνο APHICAR 100EC. Σε 4L νερό προστέθηκαν 5gr ALFIL 80WG και 1,5ml APHICAR 100EC. Ψεκάστηκαν μέχρι να μουσκέψουν οι μόνοι οι γλάστρες που δεν γίνονταν μεταχείριση σε εκείνη την φάση. Ψεκάστηκε το έδαφος περιμετρικά του πειράματος. Οι γλάστρες που μεταχειρίζονταν κατά τον ψεκασμό είχαν μεταφερθεί μακριά από τον χώρο για να μην υπάρξει επαφή. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.

- 14 Ιουλίου.

➤ Προληπτική εφαρμογή εντομοκτόνου SHARIMIDA 20SL. Διάλυμα με 0,5ml του εντομοκτόνου σε 500ml νερό για κάθε γλάστρα. Κατά την παρασκευή του διαλύματος έγινε λάθος και χρησιμοποιήθηκε το εντομοκτόνο APHICAR 100EC. Έγινε εκτενής παρατήρηση των φυτών τις επόμενες μέρες για να προληφθεί τυχόν πρόβλημα

➤ Ακολούθησε φυτοπροστασία με διάλυμα που περιείχε 4ml SHARIMIDA 25SL και 5 gr ALFIL 80WG σε 4L νερό. Ψεκάστηκαν όλες οι γλάστρες μέχρι να μουσκέψουν. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.

• Ιουλίου. Απογευματινή φυτοπροστασία. Ψεκασμός με 2,5gr ALFIL 80WG και 2ml SHARIMIDA 20SL σε 2L νερό. Ψεκάστηκαν όλες οι γλάστρες μέχρι να μουσκέψουν και το έδαφος περιμετρικά του πειράματος. Λήφθηκαν όλα τα μέτρα προστασίας.



Εικόνα 43: Τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα SHARIMIDA 20SL, APHICAR 100EC και ALFIL 80WG



Εικόνα 44: Διαδικασία ψεκασμός



Εικόνα 45: Διαδικασία ψεκασμός

3.2) ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

3.2.1) ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΓΛΑΣΤΡΩΝ

Πριν από την έναρξη κάθε φάσης γινόταν η δημιουργία των 7 ζευγαριών που θα έπαιρναν μέρος στην εκάστοτε φάση μετρήσεων. Στόχος ήταν οι δύο γλάστρες του κάθε ζευγαριού να μοιάζουν όσο περισσότερο γίνεται μεταξύ τους. Με βάση αυτό γινόταν προσεκτική παρατήρηση και αντιστοίχιση των ζευγαριών. Οι 14 αυτές γλάστρες τοποθετούνταν στο 1^ο κομμάτι της κλίνης. Στις γλάστρες αυτές γινόταν η ονοματοδοσία. Η πρώτη γλάστρα που θα τραυματιζόταν έπαιρνε το όνομα YB1 ήMB1 ήOB1 ανάλογα με την αναπτυξιακή φάση του φυτού, όπου Y: Young (βλαστικό στάδιο - vegetative), όπουM: Mature (στάδιο ανθοφόρων οφθαλμών – budding) και όπου O: Old (στάδιο ανθοφορίας – flowering). Αντίστοιχα για τα φυτά που δεν γινόταν τραυματισμός η ονοματοδοσία είχε ως εξής: YBC1 ήMBC1 ήOBC1 ανάλογα με την αναπτυξιακή φάση του φυτού, με το C να καθορίζει τα φυτά σαν Control. Το κωδικό όνομα κάθε γλάστρας αναγραφόταν σε ταμπελάκι του εκάστοτε φυτού για να είναι ορατό κατά τη μεταχείριση.



Εικόνα 46: Αντιστοίχιση πριν την πρώτη φάση Εικόνα 47: Αντιστοίχιση πριν την δεύτερη φάση



Εικόνα 48: Αντιστοίχιση πριν την τρίτη φάση

3.2.2) ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

Τη μέρα 0 κάθε φάσης γινόταν ο τραυματισμός των φύλλων. Η διαδικασία άρχιζε νωρίς το πρωί. Η σειρά ξεκίναγε από την 1^η γλάστρα τραυματισμού και τελείωνε στην 7^η. Κάθε γλάστρα που είχε σειρά μεταφερόταν σε πάγκο εργασίας. Η γλάστρα χωριζόταν νοητά σε 2 μέρη. Σε ένα από τα δύο εκτελούνταν ο τραυματισμός. Σε κάθε γλάστρα αφιερώθηκε 20-30 λεπτά για τον τραυματισμό. Για την διαδικασία χρησιμοποιήθηκε φελλοτρυπητήρας διαμέτρου 0,5cm. Το τρύπημα ξεκίναγε από τα φύλλα στην κορυφή του φυτού με πορεία προς τα χαμηλότερα. Στα πιο ψηλά γινόταν τουλάχιστον μια τρύπα ενώ χαμηλά σε μεγαλύτερα φύλλα γίνονταν δύο τρύπες. Δεν τραυματιζόταν η κεντρική νέκρωση του φύλλου. Κάθε τρύπα είχε επιφάνεια οπής $\approx 0,2 \text{ cm}^2$. Στόχος ήταν να γίνουν όσο το δυνατόν περισσότερες τρύπες στο μέρος του φυτού που τραυματιζόταν και να είναι κατανεμημένες παντού.



Εικόνα 49: Διαδικασία τραυματισμού

Εικόνα 50: Διαδικασία τραυματισμού



Εικόνα 51: Ο φελλοτρνητήρας και γλάστρα έτοιμη για τραυματισμό

Εικόνα 52: Διαδικασία τραυματισμού



Εικόνα 53: Τραυματισμένη γλάστρα

Εικόνα 54: Διαδικασία τραυματισμού

3.2.3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις και στις 3 φάσεις του πειράματος γίνονταν το πρωί. Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης ξεκινούσε κάθε μέρα στις 10:00 με 10:15 το πρωί, σε πλήρη ηλιοφάνεια

και όλες οι τιμές λαμβάνονταν από υγιή, πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα. Η μέτρηση της χλωροφύλλης και των ανθοκυανινών γινόταν ή πριν ή αμέσως μετά την ολοκλήρωση της φωτοσύνθεσης. Η διαδικασία των μετρήσεων ήταν συγκεκριμένη. Οι γλάστρες ήταν χωρισμένες σε 7 ζευγάρια. Η μια γλάστρα τραυματιζόταν στο μισό της μέρος και το άλλο μισό έμενε ανέπαφο. Τα φύλλα που είχαν τρύπα ονομάζονταν τραυματισμένα και τα άλλα άθικτα. Η άλλη γλάστρα έμενε τελείως ανέπαφη και τα φύλλα της ονομάζονταν control. Για την μέτρηση της φωτοσύνθεσης από κάθε ζευγάρι λαμβάνονταν μετρήσεις από 3 φύλλα, ένα τραυματισμένο, ένα άθικτο και ένα control, με αυτή την σειρά σε όλα τα ζευγάρια. Για τη μέτρηση της χλωροφύλλης και των ανθοκυανινών λαμβάνονταν μετρήσεις από 3 φύλλα τραυματισμένα, 3 άθικτα και 3 control, και στα 7 ζευγάρια, 9 δηλαδή μετρήσεις για κάθε ζευγάρι φυτών. Η διαδικασία για κάθε όργανο ολοκληρωνόταν με την μέτρηση του τελευταίου controlφύλλου στο 7^ο ζευγάρι. Όλες οι τιμές μετρήσεων καταγράφονταν σε ειδικό έντυπο μαζί με τυχόν παρατηρήσεις για κάθε μέτρηση. Στο τέλος κάθε ημέρας και αφού είχαν ληφθεί όλες οι μετρήσεις, γινόταν επεξεργασία αυτών σε αρχείο excel.



Εικόνα 55: Μέτρηση με το Targas



Εικόνα 56: Μέτρηση με το Targas και καταγραφή τιμών



Εικόνα 57: Μέτρηση Targas (αριστερά) και SPAD (δεξιά)



Εικόνα 58: Μέτρηση με το ACM

3.2.4) ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις στα φυτά ήταν το TARGAS-1 PortablePhotosynthesisSystem, τοSPAD 502DL και το ACM-200plus.

- TARGAS-1 Portable Photosynthesis System (PPSystems, Amesbury, Massachusetts, USA): Το Targas είναι ένα φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης. Εκτός από τη φωτοσύνθεση μετράει και άλλους φυσιολογικούς δείκτες όπως διαπνοή, στοματική αγωγιμότητα κλπ.
- SPAD 502DL (KONICA MINOLTA, Tokyo, Japan): Το SPAD είναι συσκευή η οποία μετράει την χλωροφύλλη. Σε κάθε φύλλο λαμβάναμε 10 μετρήσεις, τις ελέγχαμε για τιμές με τυχόν μεγάλες αποκλίσεις τις οποίες και διαγράφαμε και στο τέλος υπολογιζόταν ο μέσος όρος των τιμών που έμειναν. Αυτή η τιμή καταγραφόταν.
- ACM-200plus (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK): Το ACM είναι φορητή συσκευή που μετράει την ποσότητα ανθοκυανινών στα φύλλα. Σε κάθε φύλλο λαμβάνονταν 10 τιμές και στο τέλος έβγαине ο μέσος όρος. Αυτή η τιμή καταγραφόταν.



Εικόνα 59: Το όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης Targas



Εικόνα 60: Τα όργανα Targas, SPAD και ACM

3.2.5) ΕΞΑΓΩΓΗ ΦΥΤΩΝ

Μετά το τέλος κάθε φάσης και τη μεταχείριση των φυτών, γινόταν η εξαγωγή των βασιλικών από τις γλάστρες. Η διαδικασία γινόταν με συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Η σειρά ξεκίναγε με την πρώτη τραυματισμένη γλάστρα μέχρι την έβδομη και ακολουθούσαν τα control από την πρώτη μέχρι την έβδομη. Ομοίως για κάθε φάση. Κάθε φορά ένα φυτό τοποθετούταν σε πάγκο εργασίας. Κοβόταν με ψαλίδα το φυτό στο σημείο όπου ο βλαστός εξέρχεται από το χώμα. Για το υπέργειο τμήμα καταγραφόταν το ύψος του και το νωπό του βάρος. Κατόπιν το υπέργειο τμήμα έμπαινε σε πυριαντήριο στους 70°C για 72 ώρες για να μετρηθεί και το ξηρό βάρος.



Εικόνα 61: Κοπή του φυτού στο σημείο με ψαλίδα



Εικόνα 62: Μέτρηση ύψους του φυτού



Εικόνα 63: Ζύγιση του αποκομμένου μέρους



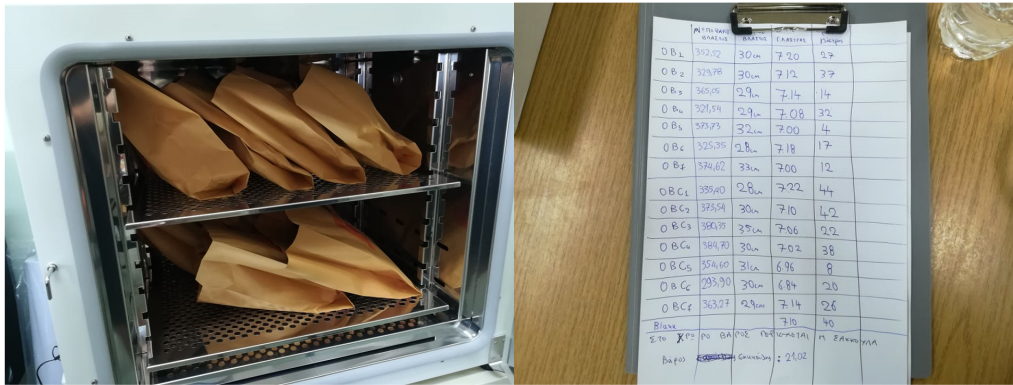
Εικόνα 64: Ζύγιση της γλάστρας



Εικόνα 65: Τοποθέτηση φυτού σε σακούλα



Εικόνα 66: Καταγραφή ονόματος φυτού



Εικόνα 67: Αεροξήρανση στο πυριαντήριο Εικόνα 68: Καταγραφή των μετρήσεων σε χαρτί

4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1) Η ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Παρά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης του βασιλικού που εξετάστηκαν, σε γενικές γραμμές τα τραυματισμένα φύλλα εμφάνισαν μείωση στον ρυθμό της φωτοσύνθεσης σε σχέση τόσο με τα άθικτα όσο και με τα φύλλα ελέγχου (control) (Σχ. 1). Η μείωση της αφομοίωσης του άνθρακα στους εναπομείναντες ιστούς των φύλλων μετά από μηχανικό τραυματισμό ή τραυματισμό από φυτοφάγο, παρατηρείται πιο συχνά από την αύξηση ή την μη μεταβολή της (Schmidt et al. 2015) αν και το είδος του φυτού μπορεί να είναι σημαντικό για τον τύπο της φωτοσυνθετικής απόκρισης (Vrakas et al. 2021). Η μείωση της φωτοσύνθεσης που προκαλείται από το τραύμα, δεν ήταν σταθερή σε όλη την διάρκεια του βλαστικού σταδίου ανάπτυξης (vegetative stage) (Σχ. 1a), αλλά ήταν ξεκάθαρη κατά τον τραυματισμό στο στάδιο των ανθοφόρων οφθαλμών (budding stage) (Σχ. 1b) και ιδιαίτερα στο στάδιο της ανθοφορίας (flowering stage) (Σχ. 1c). Ειδικότερα, και λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ημέρες που έγιναν μετρήσεις, η μείωση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης των τραυματισμένων φύλλων σε σύγκριση με τα φύλλα ελέγχου, ήταν κατά μέσο όρο 11%, 22% και 33% για το βλαστικό στάδιο, το στάδιο των ανθοφόρων οφθαλμών και στο στάδιο της ανθοφορίας αντίστοιχα. Επιπλέον η μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού προκλήθηκε άμεσα καθώς έγινε ορατή μόλις 1-2 ώρες μετά τον τραυματισμό (ημέρα 0). Στο βλαστικό στάδιο η μείωση της φωτοσύνθεσης εξαλείφθηκε μέχρι την 2^η μέρα και επανεμφανίστηκε την 3^η μέρα, ενώ παρέμεινε σταθερή τόσο στον τραυματισμό του σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών όσο και σε αυτόν της ανθοφορίας. Τα ευρήματα που προαναφέρθηκαν στα φυτά του βλαστικού σταδίου είναι σύμφωνα όχι μόνο με προηγούμενα αποτελέσματα του εργαστηρίου μας σε τραυματισμένα φυτά βασιλικού σε βλαστικό στάδιο (Vrakasetal. 2021), αλλά και επίσης με ευρήματα στο φυτό *Arabidopsis thaliana* (L) Heynh. ηλικίας 6 εβδομάδων, τα οποία παρουσίασαν σημαντική μείωση της φωτοσύνθεσης 24 ώρες μετά τον τραυματισμό (Lukaszuk et al 2017). Η μείωση της φωτοσύνθεσης την ημέρα 0 στα τραυματισμένα φύλλα των φυτών του βλαστικού σταδίου ήταν μόνο 7% και 17% σε σύγκριση με τα άθικτα φύλλα και τα φύλλα ελέγχου αντίστοιχα. Από την άλλη πλευρά η μείωση της φωτοσύνθεσης την ημέρα μηδέν ήταν 37% και 26% για τα φυτά του σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών και 44% και 58%

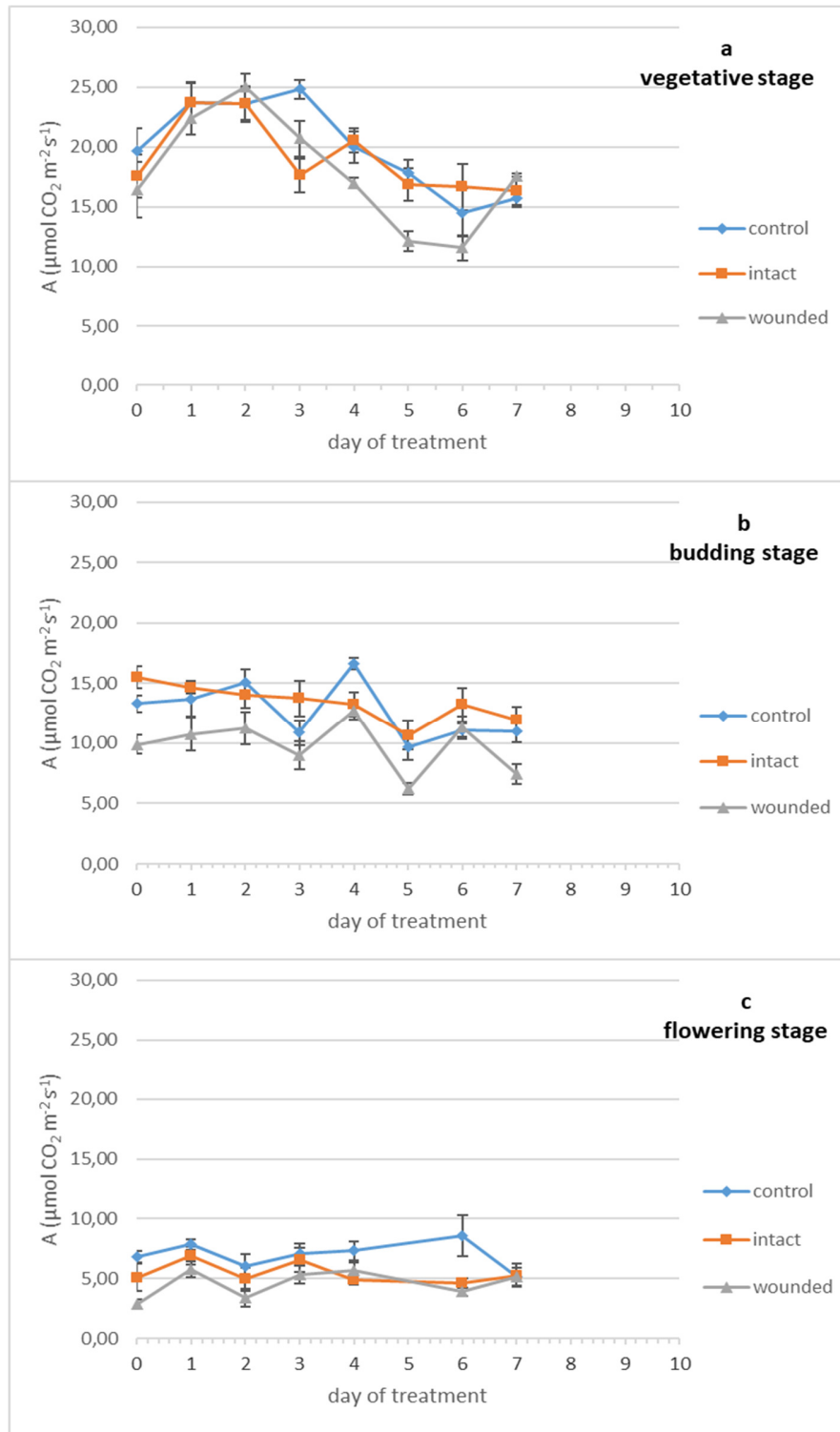
στα φυτά του σταδίου της ανθοφορίας αντίστοιχα. Μετά τον τραυματισμό των φύλλων η καταστολή της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας οφείλεται τόσο σε άμεσες επιδράσεις όπως η αφαίρεση της επιφάνειας του φύλλου και η καταστροφή φωτοσυνθετικού ιστού (Schmidt et al. 2015) όσο και σε έμμεσες επιπτώσεις στον εναπομείναντα φωτοσυνθετικό ιστό των φύλλων, μέσω διάφορων μηχανισμών όπως η αποκοπή των αγγείων (Nabity et al 2009).

Σχετικά με το προφίλ της φωτοσύνθεσης των άθικτων φύλλων, ήταν παρόμοιο με το προφίλ των φυτών ελέγχου τόσο στο βλαστικό στάδιο όσο και στο στάδιο της εμφάνισης των οφθαλμών, ενώ κυμαινόταν μεταξύ των τραυματισμένων και των φυτών ελέγχου κατά την διάρκεια του σταδίου της ανθοφορίας. Ειδικότερα ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης των άθικτων φύλλων δεν μειώθηκε σε σύγκριση με τα φύλλα ελέγχου κατά την διάρκεια του βλαστικού και του σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών, ενώ μειώθηκε κατά μέσο όρο 20% στο στάδιο της ανθοφορίας. Είναι γνωστό ότι ένα μηχανικό τραύμα επάγει την αναπνοή στους ιστούς του φυτού, πιθανώς παρέχοντας ενέργεια για τις αυξημένες απαιτήσεις για τους μηχανισμούς άμυνας και επιδιόρθωσης και κατά συνέπεια αλλάζει τον πρωτογενή μεταβολισμό του άνθρακα του φυτού. Επιπλέον οι σκελετοί του άνθρακα είναι επίσης απαραίτητοι για την σύνθεση νέων μορίων (Quilliam et al. 2006.; Lafta and Fugate 2011). Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σάκχαρα και το άμυλο είναι τα πιο συνήθη υποστρώματα που καλύπτουν αυτές τις απαιτήσεις, τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών, μπορούν να λειτουργήσουν ως όργανα – πηγές, εμφανίζοντας αυξημένο ρυθμό φωτοσύνθεσης όχι μόνο σε σύγκριση με τα τραυματισμένα φύλλα αλλά μερικές φορές ακόμα και σε σχέση με τα φύλλα των φυτών ελέγχου (Vrakas et al. 2021). Έτσι σε κάποια αναπτυξιακά στάδια, τα άθικτα φύλλα μπορούν να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις για ενέργεια και άνθρακα στα τραυματισμένα φύλλα, ιδιαίτερα κοντά στον πληγωμένο ιστό.

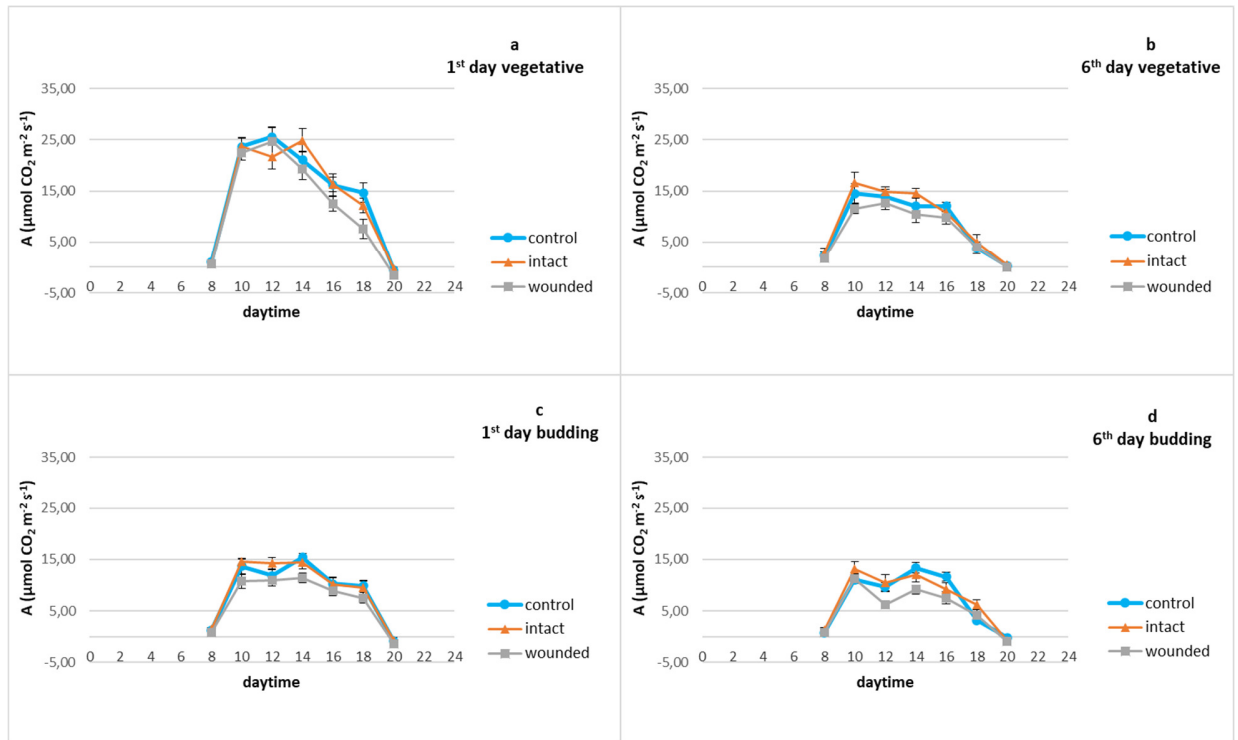
Οι ημερήσιες μετρήσεις του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Σχ. 2) είναι σύμφωνες με τα προηγούμενα αποτελέσματα. Κατά την διάρκεια της 1^{ης} μέρας της μεταχείρισης στο στάδιο της βλάστησης, ο φωτοσυνθετικός ρυθμός των τραυματισμένων φύλλων ήταν σχεδόν παρόμοιος τόσο με τα φύλλα ελέγχου όσο και με τα άθικτα περίπου μέχρι τις 12 το μεσημέρι αλλά στην συνέχεια μειώθηκε (Σχ. 2a), ενώ κατά την διάρκεια της 6^{ης} ημέρας ήταν ολημερίς μειωμένος (Σχ. 2b). Παρομοίως και οι μετρήσεις του σταδίου των

ανθοφόρων οφθαλμών τόσο στην 1^η (Σχ. 2c) όσο και στην 6^η (Σχ. 2d) ημέρα εμφάνισαν μειωμένη φωτοσύνθεση στα τραυματισμένα φύλλα, όχι μόνο σε σύγκριση με τα φύλλα ελέγχου αλλά και σε σχέση με τα άθικτα. Ταυτόχρονα οι ημερήσιες μετρήσεις του φωτοσυνθετικού ρυθμού στα άθικτα φύλλα μοιάζουν με αυτές των φύλλων ελέγχου, όχι μόνο κατά την διάρκεια των δύο αναπτυξιακών σταδίων (βλαστικό και σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών) αλλά και κατά την διάρκεια των ημερών των μετρήσεων (1^η και 6^η).

Επιπλέον τα φυτά ελέγχου παρουσίασαν σταδιακή μείωση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης κατά την διάρκεια της γήρανσης των φυτών, ανεξάρτητα από την επίδραση του τραυματισμού, πράγμα που σημαίνει ότι φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε γενικές γραμμές μειώνεται κατά την γήρανση, όπως έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Munne-Bosch and Alegre 2002). Συγκεκριμένα κατά την διάρκεια των μετρήσεων όλων των ημερών τα φυτά ελέγχου του σταδίου της ανθοφορίας εμφάνισαν μείωση της φωτοσύνθεσης κατά 40%-75% σε σύγκριση με τα αντίστοιχα φυτά του βλαστικού σταδίου, ενώ τα φυτά ελέγχου στο σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών εμφάνισαν ενδιάμεσες τιμές στον φωτοσυνθετικό ρυθμό. Είναι γνωστό ότι οι μεταβολές της φωτοσύνθεσης σε μη γερασμένα ώριμα φύλλα συμβαίνουν με αργό ρυθμό σε σύγκριση με την γρήγορη μείωση της φωτοσύνθεσης με τον ερχομό της γήρανσης των φύλλων (Niinemets et al. 2012), ενώ σε επίπεδο ολόκληρου του φυτού, καθώς τα φυτά γερνάνε, συσσωρεύουν αλλαγές που οδηγούν στην μείωση της φωτοσύνθεσης των φύλλων και σε μειωμένους ρυθμούς ανάπτυξης (Munne-Bosch and Alegre 2002; Hernandez et al. 2011).



Σχήμα 1: Μέτρηση της φωτοσύνθεσης



Σχήμα 2: Μέτρηση της φωτοσύνθεσης στη διάρκεια της ημέρας

4.2) Η ΔΙΑΠΝΟΗ ΚΑΙ Η ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Όσον αφορά τον ρυθμό της διαπνοής και λαμβάνοντας υπόψη όλες της ημέρες μετρήσεων, οι μειώσεις που προκλήθηκαν λόγω τραυματισμού ήταν κατά μέσο όρο 9%, 14% και 32% κατά την διάρκεια της μεταχείρισης του βλαστικού, του σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών και του σταδίου της ανθοφορίας αντίστοιχα (Σχ. 3), σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου. Παρόμοια εικόνα παρουσιάστηκε και στην στοματική αγωγιμότητα (Σχ. 4) με αντίστοιχες μειώσεις κατά μέσο όρο 23%, 19% και 36%. Επιπλέον όπως φάνηκε για τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών, εμφάνισαν διαπνοή και στοματική αγωγιμότητα όμοια με εκείνη των φυτών ελέγχου τόσο για το βλαστικό όσο και για το στάδιο της εμφάνισης των οφθαλμών, ενώ αντίθετα υπήρξε μείωση κατά μέσο όρο 27% και 28% αντίστοιχα κατά την διάρκεια της μεταχείρισης στο στάδιο της ανθοφορίας. Τα παραπάνω αποτελέσματα κατά την μεταχείριση του βλαστικού

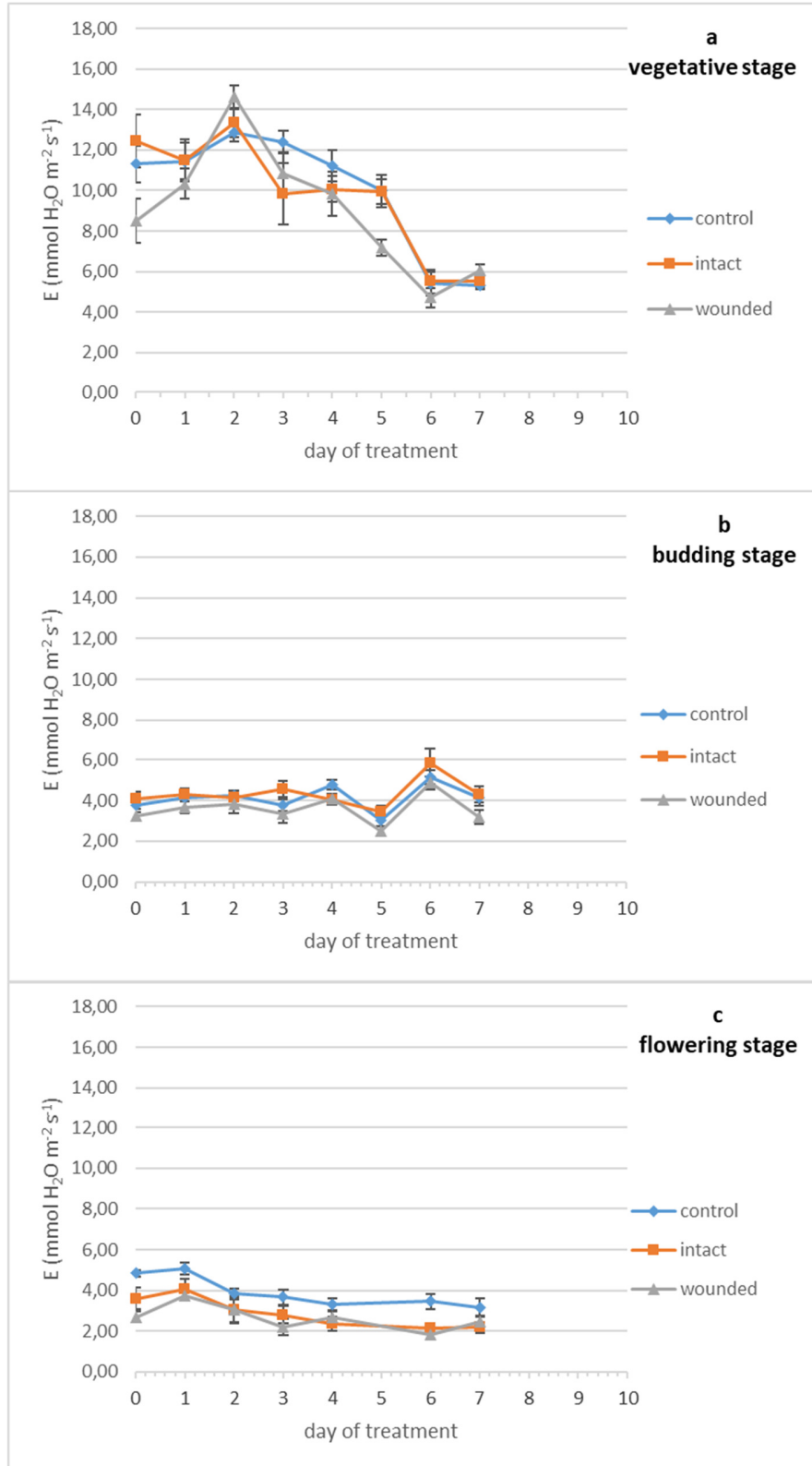
σταδίου, είναι σύμφωνα με προηγούμενα ευρήματα του εργαστηρίου μας σε φυτά βασιλικού στο βλαστικό στάδιο (Vrakas et al. 2021).

Όσον αφορά την ημέρα 0, παρόμοια με τα αποτελέσματα του φωτοσυνθετικού ρυθμού, τόσο ο ρυθμός της διαπνοής όσο και η στοματική αγωγιμότητα των τραυματισμένων φύλλων παρουσίασαν σημαντική μείωση κατά την διάρκεια και των τριών μεταχειρίσεων. Η μείωση της ημέρας 0 ήταν 25%, 14% και 45% για την διαπνοή και 52%, 26% και 52% για την στοματική αγωγιμότητα, αντίστοιχα για κάθε μια από τις τρεις ηλικίες. Η άμεση μείωση από την πρόκληση του τραύματος όλων αυτών των φυσιολογικών παραμέτρων έχει περιγραφεί και από άλλους ερευνητές (Brilli et al 2011; Kanagendran et al. 2018; Vrakas et al. 2021). Είναι αρκετά ενδιαφέρον ότι κατά την διάρκεια της μεταχείρισης στο βλαστικό στάδιο η μείωση της ημέρας 0 είχε εξαλειφθεί μέχρι την 2^η μέρα και στην συνέχεια επανεμφανίστηκε όπως έχει δειχθεί και από άλλες εργασίες (Kanagendran et al. 2018; Vrakas et al. 2021). Από την άλλη μεριά κατά την διάρκεια του σταδίου των ανθοφόρων οφθαλμών ή της ανθοφορίας η μείωση της ημέρας 0 διατηρήθηκε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος παρ' όλο που μέχρι την 2^η ημέρα η μείωση ήταν μερικώς μειωμένη σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου. Οι προαναφερθείσες μειώσεις των παραμέτρων της ανταλλαγής αερίων δηλώνουν ότι: α) το κλείσιμο των στομάτων που σχετίζεται με την απώλεια νερού από τον τραυματισμένο ιστό μπορεί να προκαλέσει την μείωση της φωτοσύνθεσης, αν και επίσης έχει αναφερθεί ότι άλλη μια πιθανή αιτία μπορεί να είναι η μειωμένη δραστηριότητα των φωτεινών αντιδράσεων στο μεσόφυλλο (Delaney 2008) και β) εκτός από τους τραυματισμένους ιστούς, οι οποίοι είναι αποκολλημένοι ή νεκροί και πιθανώς προκαλούν μόνιμη μείωση της φωτοσύνθεσης, οι γειτονικές υγιείς περιοχές φύλλων μπορεί να προκαλέσουν μια επιπλέον, αλλά παροδική, απώλεια του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Quilliam et al.2006).

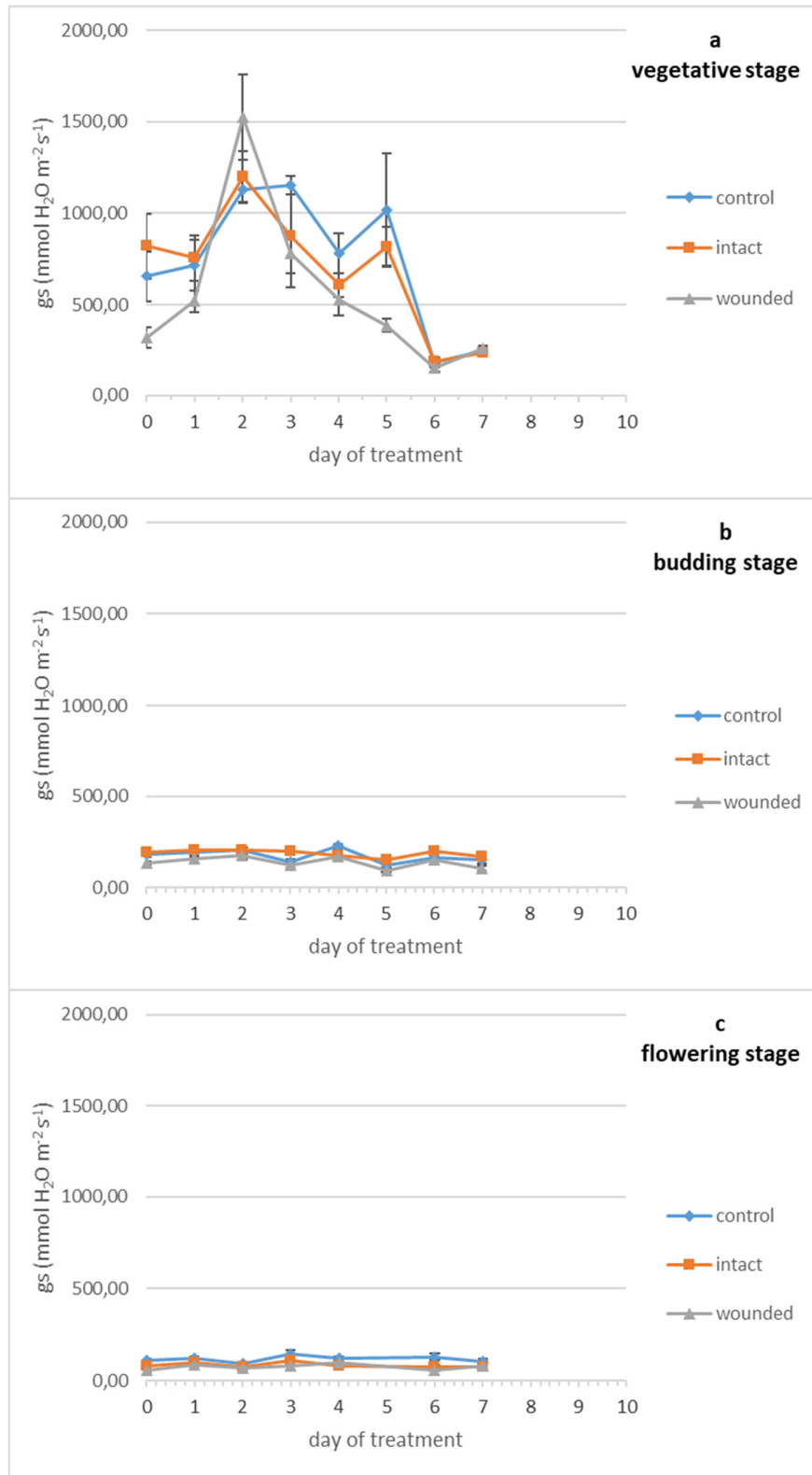
Ομοίως με τη φωτοσύνθεση, τα προφίλ της διαπνοής και της στοματικής αγωγιμότητας των άθικτων φύλλων μοιάζουν με εκείνα των φύλλων ελέγχου τόσο κατά την διάρκεια του βλαστικού σταδίου όσο και του σταδίου της εμφάνισης των οφθαλμών, ενώ κυμαινόταν μεταξύ των τραυματισμένων φύλλων και των φύλλων ελέγχου κατά την μεταχείριση στο στάδιο της ανθοφορίας. Όμοια, οι ημερήσιες μετρήσεις της διαπνοής και της στοματικής

αγωγιμότητας, είναι σύμφωνες με τις αντίστοιχες της φωτοσύνθεσης (Fig2) τόσο κατά την διάρκεια του βλαστικού σταδίου όσο αυτού της εμφάνισης των οφθαλμών.

Όλα τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν παρουσιάζουν ότι η μεταχείριση τραυματισμένων φύλλων, ανεξάρτητα από το στάδιο της ανάπτυξης του ελληνικού βασιλικού, εμφανίζει παρόμοιο μοτίβο σε όλες τις μελετημένες φυσιολογικές παραμέτρους, οι οποίες είναι η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα.



Σχήμα 3: Μετρήσεις της διαπνοής



Σχήμα 4: Μετρήσεις της στοματικής αγωγιμότητας

4.3) Η ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ

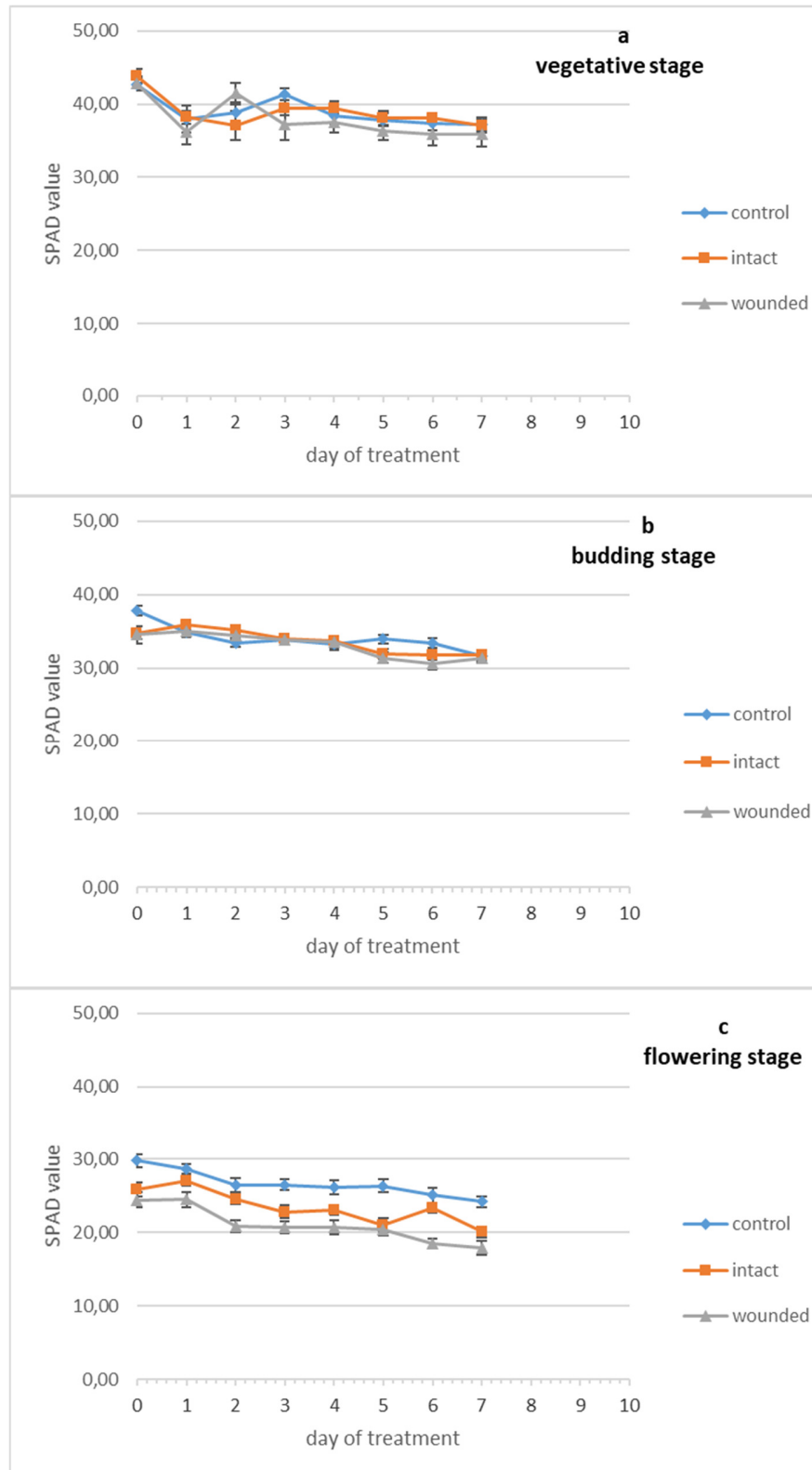
Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των τραυματισμένων φύλλων του βασιλικού φαίνεται μάλλον να μην επηρεάζεται κατά την διάρκεια της μεταχείρισης στο βλαστικό στάδιο (Σχ. 5a). Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με προηγούμενα ευρήματα του εργαστηρίου μας όταν κατά την διάρκεια μιας μακράς περιόδου (περίπου 40 ημερών) μεταχείρισης τραυματισμού σε φυτά βασιλικού σε βλαστικό στάδιο, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των τραυματισμένων φύλλων παρουσίασε παρόμοιο προφίλ με τα φύλλα ελέγχου μέχρι την 9^η ημέρα μετά τον τραυματισμό, ενώ από την 12^η ημέρα εμφάνισαν μείωση στην χλωροφύλλη (Vtrakas et al. 2021). Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν κατά την διάρκεια της μεταχείρισης στο στάδιο της εμφάνισης των οφθαλμών (Σχ. 5b) ενώ κατά την διάρκεια του σταδίου της ανθοφορίας εμφανίστηκε μείωση στην περιεκτικότητα της χλωροφύλλης λόγω του τραυματισμού ακόμα και από την ημέρα 0 και παρέμεινε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος (Fig. 5c). Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μετρήσεις η μείωση ήταν κατά μέσο όρο 22%. Παρόμοια εικόνα παρουσιάστηκε και για τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών, καθώς δεν επηρεάστηκαν τόσο κατά την διάρκεια του βλαστικού σταδίου όσο και αυτού της εμφάνισης των οφθαλμών, ενώ παρουσίασαν μείωση κατά μέσο όρο στο 13% κατά την ανθοφορία.

Φαίνεται ότι η χαμηλή περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στα τραυματισμένα φύλλα του σταδίου της ανθοφορίας των φυτών του βασιλικού (Σχ. 5c), αντιστοιχεί σε μειωμένη φωτοσύνθεση (Σχ. 1c).

Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη μειώνεται μετά τον τραυματισμό, αλλά αυτή η επίδραση εξαρτάται από την ένταση του τραυματισμού (Giridhar and Thimann 1988; Chitarrini et al. 2017; Lukaszuk et al. 2017). Από την άλλη πλευρά έχει αναφερθεί ότι η περιεκτικότητα των φωτοσυνθετικών χρωστικών (χλωροφύλλες α και β, και καροτενοειδή) μπορεί να παραμείνει αμετάβλητη ή ακόμα και να αυξηθεί ανάλογα με τον τύπο του τραυματισμού που είναι η διάτρηση και το τρύπημα αντίστοιχα (Ratnayaka et al. 2018). Εκτός από τον τύπο και την ένταση του τραυματισμού ή τις εγγενείς ιδιότητες του φυτικού είδους, η επίδραση του τραυματισμού στην περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη φαίνεται να σχετίζεται και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς έχει αναφερθεί ότι κάτω από συνθήκες σκότους, ο

τραυματισμός μπορεί να καθυστερήσει την απώλεια της χλωροφύλλης (Giridhar and Thimann 1986).

Ανεξάρτητα από την επίδραση του τραυματισμού, τα φυτά ελέγχου παρουσίασαν σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη κατά την διάρκεια της γήρανσης(Σχ. 5). Λαμβάνοντας υπόψη όλες της ημέρες μέτρησης, τα φυτά ελέγχου του σταδίου της ανθοφορίας παρουσίασαν μείωση στην χλωροφύλλη κατά 25%-36% σε σύγκριση με τα αντίστοιχα του βλαστικού σταδίου, ενώ τα φυτά ελέγχου στο στάδιο των οφθαλμών παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές στην χλωροφύλλη. Είναι γνωστό ότι στα ποώδη ετήσια φυτά η μείωση της φωτοσύνθεσης που σχετίζεται με την ηλικία, αρχίζει στην πρώιμη φάση της γήρανσης και εξελίσσεται με την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης (Ethier et al. 2006). Η αποικοδόμηση αυτή πραγματοποιείται μαζικά κατά το τελευταίο στάδιο της γήρανσης των φυτών και έχει ως αποτέλεσμα το κιτρίνισμα των φύλλων, ένα από τα πιο εμφανή σημάδια της γήρανσης των φυτών (Woo et al. 2018).



Σχήμα 5: Μετρήσεις της χλωροφύλλης

4.4) ΟΙ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ

Η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες των τραυματισμένων φύλλων παρουσίασε αξιοσημείωτη μείωση σε σύγκριση τόσο με τα φύλλα ελέγχου όσο και με τα άθικτα (Σχ. 6). Αυτή η μείωση εμφανίστηκε ήδη από την ημέρα 0 και παρέμεινε σταθερή στην διάρκεια και των τριών ηλικιακών μεταχειρίσεων. Λαμβάνοντας υπόψη τα άθικτα φύλλα, παρουσίασαν παρόμοια περιεκτικότητα με τα φύλλα ελέγχου κατά την διάρκεια του βλαστικού σταδίου (Σχ. 6a), και του σταδίου της εμφάνισης των οφθαλμών (Σχ. 6b), ενώ κατά το στάδιο της ανθοφορίας παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των τραυματισμένων φύλλων και των φύλλων ελέγχου (Σχ. 6c).

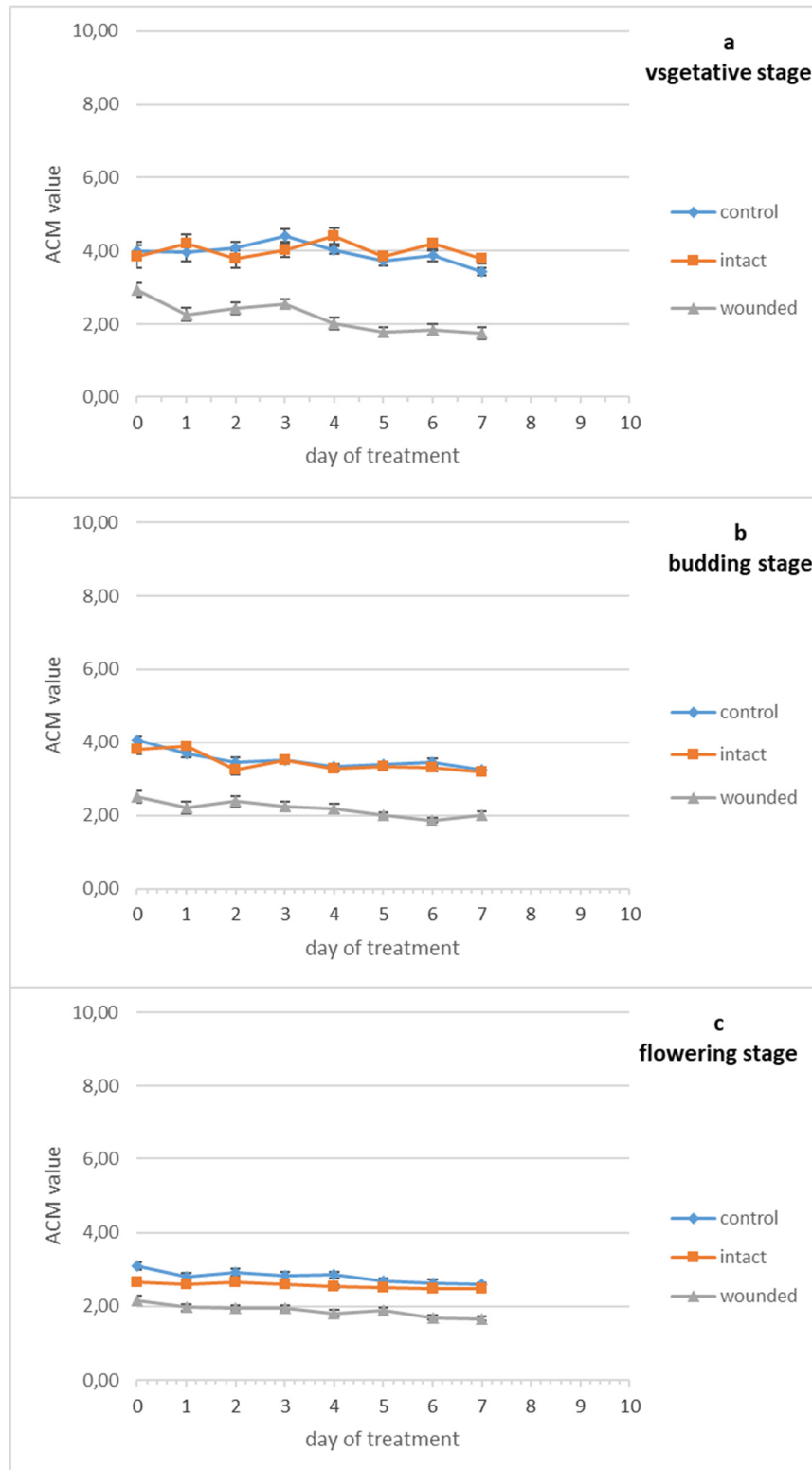
Είναι γνωστό ότι οι ανθοκυανίνες είναι υδατοδιαλυτές φαιολικές ενώσεις που ευθύνονται κυρίως για τον κόκκινο και μπλε χρωματισμό στα φυτά. Οι ανθοκυανίνες συνδέονται με διάφορες λειτουργίες των φυτών, από την συμβολή τους στην ανθεκτικότητα των φυτών έναντι των διαφόρων βιοτικών ή αβιοτικών καταπονήσεων, έως την διευκόλυνση στην αύξηση, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή (Flanigan and Niemeyer 2014; Wang et al. 2020). Παρόλο που οι ανθοκυανίνες παρουσιάζουν ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες που απομακρύνουν ένα μεγάλο εύρος από δραστικές μορφές οξυγόνου, ορισμένοι ερευνητές υποθέτουν ότι μπορεί να έχουν και δευτερεύουσα αντιοξειδωτική σημασία, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ανθοκυανίνες συσσωρεύονται στα χυμοτόπια και όχι στα μιτοχόνδρια ή τους χλωροπλάστες όπου και γίνεται κυρίως η παραγωγή των δραστικών μορφών οξυγόνου (Gould et al. 2002). Ωστόσο οι ανθοκυανίνες δεν είναι σταθερές μετά την είσοδο στα χυμοτόπια, επειδή ορισμένες από αυτές αποικοδομούνται έως έναν βαθμό λόγω αβιοτικών καταπονήσεων. Για παράδειγμα το υπεροξειδίο του υδρογόνου που παράγεται στα μιτοχόνδρια, υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές καταπονήσεις, μπορεί να εισέλθει στα χυμοτόπια μέσω του τονοπλάστη. Οι υπεροξειδάσες που βρίσκονται στα χυμοτόπια μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ανθοκυανίνες ως υπόστρωμα, να τις οξειδώσουν και να προκαλέσουν την απώλεια του χρώματός τους, βοηθώντας τα φυτά με αυτόν τον τρόπο να αντισταθούν σε εξωτερικούς τραυματισμούς (Zhao et al. 2021). Υπό το στρες του τραυματισμού, η μείωση της περιεκτικότητας των φύλλων σε ανθοκυανίνες κατά την ημέρα 0 (Σχ. 6), θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της αυξημένης αναπνοής και της υπερπαραγωγής ROS (π.χ. υπεροξειδίο

του υδρογόνου) τα οποία τελικά δεσμεύονται στα χυμοτόπια με την ταυτόχρονη οξειδωση των ανθοκυανινών.

Ανεξάρτητα από την άμεση αντίδραση της ημέρας 0, είναι γνωστό ότι ο τραυματισμός των φύλλων συχνά προκαλεί βιοσύνθεση και συσσώρευση ανθοκυανινών (Gould et al. 2002; Poudel et al. 2016; Wang et al. 2020) που πιθανώς συμβάλλουν στις φωτοχημικές αποκρίσεις έναντι στην φυτοφαγία των εντόμων ή της μόλυνσης από παθογόνα. Παρόλα αυτά, η αντίδραση των φυτών στις ανθοκυανίνες έναντι στο τραυματισμό των φύλλων, μπορεί να διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ειδών οδηγώντας ακόμη και σε μειωμένα επίπεδα ανθοκυανινών (Vrakas et al. 2021), καθώς οι ποσότητες και οι τύποι των παραγόμενων ανθοκυανινών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τους εγγενείς γενετικούς παράγοντες του συγκεκριμένου φυτικού είδους ή ποικιλίας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (McCance et al. 2016). Φαίνεται ότι η ανταπόκριση των φυτών στις ανθοκυανίνες διαφέρει ακόμα και μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από το βλαστικό στάδιο του φυτού *Ocimum basilicum* var. *minimum* L. (Fig 6) με προηγούμενα αποτελέσματα από το *Ocimum basilicum* L. (Vrakas et al. 2021). Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με προηγούμενα που καταδεικνύουν ότι η ποικιλία έχει σημαντική επίδραση στα επίπεδα ανθοκυανινών, αφού μια συγκεκριμένη ποικιλία μπορεί να έχει διπλάσια περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες σε σύγκριση με μια άλλη (Flanigan and Niemeyer 2014).

Το αναπτυξιακό στάδιο είναι επίσης ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες, δεδομένου ότι η βιοσύνθεση τους δεν αναπτύσσεται στα γερασμένα τραυματισμένα φύλλα (Gould et al. 2002; McCance et al. 2016). Έχει αποδειχθεί ότι η ποικιλία και η ωριμότητα του βασιλικού παίζουν κρίσιμο ρόλο στην περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε ανθοκυανίνες διαφόρων ποικιλιών βασιλικού φαίνεται να αρχίζει να μειώνεται 49 μέρες μετά το φύτεμα των φυτών, αν και κατά την προηγούμενη ανάπτυξη τους οι ποικιλίες παρουσίασαν διαφορετικά προφίλ στην περιεκτικότητα ανθοκυανινών (McCance et al. 2016). Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με αυτά τα ευρήματα καθώς παρουσιάζεται μια σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνες όχι μόνο για τα τραυματισμένα ή τα άθικτα φύλλα αλλά και για τα φύλλα ελέγχου κατά την διάρκεια της γήρανσης (Σχ. 6),

υποδεικνύοντας ότι το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και η ποικιλία έχουν συνδυαστική επίδραση στην συνολική περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες (McCance et al. 2016).



Σχήμα 6: Μετρήσεις των ανθοκυανινών

4.5) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γήρανση των φυτών για ένα ετήσιο φυτό όπως το *Ocimum basilicum* var. *minimum* L. (Ελληνικός βασιλικός) είναι μια προοδευτική διαδικασία που περιλαμβάνει την βλάστηση των σπόρων, την ωρίμανση, την αναπαραγωγή, την γήρανση και τον θάνατο. Η διάρκεια ζωής των φυτών εξαρτάται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες και καταπονήσεις, όπως ο μηχανικός τραυματισμός που προκαλείται είναι αβιοτικούς είτε από βιοτικούς παράγοντες. Τα αποτελέσματα μας σε συμφωνία με αρκετές προηγούμενες μελέτες, υποδηλώνουν ότι κατά την διάρκεια της γήρανσης του βασιλικού συμβαίνουν ορισμένες αλλαγές στην φυσιολογία του φυτού και στον μεταβολισμό του. Πρώτα απ' όλα οι αλλαγές αυτές φαίνεται να προκαλούνται στον χλωροπλάστη, οδηγώντας όχι μόνο σε σταδιακή απώλεια χλωροφύλλης αλλά και σε ταυτόχρονη μεγάλη μείωση της φωτοσύνθεσης, της διαπνοής και της στοματικής αγωγιμότητας. Επίσης έχει αποδειχθεί ο ρόλος του οξειδωτικού στρες στην γήρανση των φυτών σε συνδυασμό με την σταδιακή υπέρ-παραγωγή των δραστικών μορφών οξυγόνου, φαινόμενο που προκαλείται από διάφορες περιβαλλοντικές καταπονήσεις. Επιπλέον ο χλωροπλάστης θεωρείται ένα από τα όργανα στόχος του προκαλούμενου από την ηλικία οξειδωτικού στρες στα φυτά. Λόγω αυτού, η σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας των φύλλων σε ανθοκυανίνες κατά την διάρκεια της γήρανσης του βασιλικού θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της αύξησης των απαιτήσεων δέσμευσης των δραστικών μορφών οξυγόνου που παράγονται κυρίως στους χλωροπλάστες και στα μιτοχόνδρια και μεταφέρονται στα χυμοτόπια. Όλες οι προαναφερθείσες φυσιολογικές αποκρίσεις φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο από τον τραυματισμό των φύλλων, αν και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού φαίνεται να είναι καθοριστικό για την έκταση της κάθε μιας απόκρισης. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, φαίνεται ότι τα νεότερα φυτά (βλαστικό στάδιο) είναι πιο ανθεκτικά στον τραυματισμό των φύλλων, καθώς προκαλούνται μικρές αλλαγές, εκτός από την περιεκτικότητα των φύλλων σε ανθοκυανίνες που μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό. Από την άλλη πλευρά, καθώς τα φυτά του βασιλικού γερνάνε οι αποκρίσεις είναι σημαντικές για όλες τις φυσιολογικές παραμέτρους που μετρήθηκαν, κυρίως για τα πιο γερασμένα φυτά (στάδιο ανθοφορίας). Όλα τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν ότι τα νεότερα φυτά παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή έναντι στο τραυματισμό των φύλλων σε

σχέση με τα μεγαλύτερα σε ηλικία φυτά. Πιθανώς η ύπαρξη αποτελεσματικότερων αμυντικών μηχανισμών σε ένα νεαρότερο φυτό είναι απαραίτητη για να αντιμετωπίσει το στρες του τραυματισμού και να καταφέρει να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο. Για την πλήρη κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ γήρανσης και τραυματισμού στα φυτά απαιτούνται περαιτέρω πειραματικές μελέτες, δεδομένου ότι οι φυσιολογικές και βιοχημικές αντιδράσεις των φυτών επηρεάζονται επίσης και από εγγενή χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ποικιλίας φυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γ. Γαραντζιώτης, 2021. Ο τραυματισμός των φύλλων ως μηχανισμός καταπόνησης των φυτών. Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Αμαλιάδα, Πτυχιακή εργασία.
2. Κ. Γεωργακοπούλου, 2006. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του ξηρού φασολιού (*Phaseolus vulgaris*L.) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πτυχιακή Διατριβή.
3. Γ. Καραμπουρνιώτης, Γ. Λιακόπουλος και Δ. Νικολόπουλος. 2012. Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδ. ΕΜΒΡΥΟ, ΑΘΗΝΑ.
4. Κ. Μουρατίδου. 2019. Μελέτη της Έκφρασης των Διαγονιδίων *HraA* και *HraB* σε Φυτά του Είδους *N. Benthamiana* σε Σχέση με την Ανθεκτικότητα έναντι Αβιοτικών Καταπονήσεων. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος. Βόλος, Πτυχιακή Διατριβή.
5. Α. Παπαιωάννου, 2011. Αρωματικά – Φαρμακευτικά Φυτά – Βασιλικός – Σάλβια – Χαμομήλι – Φασκόμηλο –Εχινάτσεα. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Μεσολογγίου, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών & Ανθοκομίας.
6. Π. Ράπτη, 2020. Προσρόφηση Χρωμίου από τον Πλάτυφυλλο Βασιλικό Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L). Επίδραση στα Μορφολογικά και Φυσιολογικά χαρακτηριστικά των Φυτών - Βιοσυσσώρευση. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών Τμήμα Γεωπονίας.
7. Brillì F, Ruuskanen TM, Schnitzhofer R, Müller M, Breitenlechner M, Bittner V, Wohlfahrt G, Loreto F, Hansel A (2011) Detection of Plant Volatiles after Leaf Wounding and Darkening by Proton Transfer Reaction “Time-of-Flight” Mass Spectrometry (PTR-TOF). PLoS ONE 6: e20419
8. Chitarrini G, Zulini L, Masuero D, Vrhovsek U (2017) Lipid, phenol and carotenoid changes in ‘Bianca’ grapevine leaves after mechanical wounding: a case study. Protoplasma 254: 2095–2106
9. Delaney KJ (2008) Injured and uninjured leaf photosynthetic responses after mechanical injury on *Nerium oleander* leaves, and *Danaus plexippus* herbivory on *Asclepias curassavica* leaves. Plant Ecol 199: 187

10. Ethier GJ, Livingston NJ, Harrison DL, Black TA, Moran JA (2006) Low stomatal and internal conductance to CO₂ versus Rubisco deactivation as determinants of the photosynthetic decline of ageing evergreen leaves. *Plant, Cell & Environment* 29: 2168–2184
11. Flanigan PM, Niemeyer ED (2014) Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry* 164: 518–526
12. R. O. Freeland. 1952. Effect of age of leaves upon the rate of photosynthesis in some conifers. *Plant Physiology* 27: 685–690.
13. Giridhar G, Thimann KV (1986) Is the effect of wounding on leaf senescence due to ethylene? *Plant Science* 47: 11–14
14. Giridhar G, Thimann KV (1988) The interaction of senescence and wounding in oat leaves. II. Chlorophyll breakdown caused by wounding in light. *Plant Science* 54: 133–139
15. Gould KS, McKelvie J, Markham KR (2002) Do anthocyanins function as antioxidants in leaves? Imaging of H₂O₂ in red and green leaves after mechanical injury: H₂O₂ scavenging by anthocyanins. *Plant, Cell & Environment* 25: 1261–1269
16. Hernández I, Alegre L, Munné-Bosch S (2011) Plant aging and excess light enhance flavan-3-ol content in *Cistus clusii*. *Journal of Plant Physiology* 168: 96–102
17. Kanagendran A, Pazouki L, Niinemets Ü (2018) Differential regulation of volatile emission from *Eucalyptus globulus* leaves upon single and combined ozone and wounding treatments through recovery and relationships with ozone uptake. *Environmental and Experimental Botany* 145: 21–38
18. M. Khan, W. Rozhon, B. Poppenberger 2014. The Role of Hormones in the Aging of Plants – A Mini-Review. *Gerontology* 60: 49-55.
19. Lafta AM, Fugate KK (2011) Metabolic profile of wound-induced changes in primary carbon metabolism in sugarbeet root. *Phytochemistry* 72: 476–489
20. Lukaszuk E, Rys M, Możdżeń K, Stawoska I, Skoczowski A, Cierieszko I (2017) Photosynthesis and sucrose metabolism in leaves of *Arabidopsis thaliana* aos, ein4 and rcd1 mutants as affected by wounding. *Acta Physiol Plant* 39: 17

21. M. L. Mayta, M.-R. Hajirezaei, N. Carillo, A. F. Lodeyro (2019). Leaf Senescence: The Chloroplast Connection Comes of Age. *Plants* 8: 1-18.
22. P.F. McCabe. 2013. Healing and closure following death: death signals from a wounded leaf. *New Phytologist* 200: 590–591.
23. McCance KR, Flanigan PM, Quick MM, Niemeyer ED (2016) Influence of plant maturity on anthocyanin concentrations, phenolic composition, and antioxidant properties of 3 purple basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 53: 30–39
24. Munné-Bosch S, Alegre L (2002) Plant aging increases oxidative stress in chloroplasts. *Planta* 214: 608–615
25. Nability PD, Zavala JA, DeLucia EH (2009) Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. *Annals of Botany* 103: 655–663
26. Niinemets Ü, García-Plazaola JI, Tosens T (2012) Photosynthesis during leaf development and ageing. In: Loreto F, Medrano H, Flexas J (eds) *Terrestrial Photosynthesis in a Changing Environment: A Molecular, Physiological, and Ecological Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 353–372
27. Poudel AN, Zhang T, Kwasniewski M, Nakabayashi R, Saito K, Koo AJ (2016) Mutations in jasmonoyl-L-isoleucine-12-hydroxylases suppress multiple JA-dependent wound responses in *Arabidopsis thaliana*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids* 1861: 1396–1408
28. R. S. Quilliam, P. J. Swarbrick, J. D. Scholes, S. A. Rolfe (2006). Imaging photosynthesis in wounded leaves of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 57: 55-69.
29. Ratnayaka HH, Boue S, Dinh T, Le SB, Cherubin R (2018) Photosynthesis and Kaempferol Yields of Soy Leaves Under ABA Application and Mechanical Wounding. *J Plant Biochem Physiol* 06:
30. Schmidt L, Hummel GM, Thiele B, Schurr U, Thorpe MR (2015) Leaf wounding or simulated herbivory in young *N. attenuata* plants reduces carbon delivery to roots and root tips. *Planta* 241: 917–928
31. P. Sudhakar, P. Latha, P. V. Reddy (2016). Chapter 15: Plant pigments. In: *Phenotyping Crop Plants for Physiological and Biochemical Traits*. Academic Press.

32. H. Thomas. 2013. Senescence, ageing and death of the whole plant. *New Phytologist* 197: 696–711.
33. K. Vrakas, E. Florou, A. Koulopoulos, G. Zervoudakis, 2021. Physiological Responses of *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis*, and *Mentha piperita* to Leaf Wounding. *Plants*10: 1-11.
34. Wang H, Wang X, Yu C, Wang C, Jin Y, Zhang H (2020) MYB transcription factor PdMYB118 directly interacts with bHLH transcription factor PdTT8 to regulate wound-induced anthocyanin biosynthesis in poplar. *BMC Plant Biol* 20: 173
35. H. R. Woo, C. Masclaux-Daubresse, P. O. Lim, 2018. Plant senescence: how plants know when and how to die. *Journal of Experimental Botany* 69: 715-718.
36. C. Yilmaz and V. Gökmen. 2016. Chlorophyll. In: *Encyclopedia of Food and Health*: 37-41.
37. Zhao Y-W, Wang C-K, Huang X-Y, Hu D-G (2021) Anthocyanin stability and degradation in plants. *Plant Signaling & Behavior* 16: 1987767
38. <https://harvardforest.fas.harvard.edu/leaves/pigment>