



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της φυσιολογικής απόκρισης των φυτών *Ocimum basilicum* L., *Mentha piperita* L. και *Salvia officinalis* L. έναντι του τραυματισμού των φύλλων

ΒΡΑΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ 12319

ΦΛΩΡΟΥ ΕΥΤΕΡΠΗ Α.Μ 12438

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Ζερβουδάκης

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2020-2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε πρώτα από όλα τους γονείς μας, που πίστεψαν σε εμάς μας και υποστηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια τις σπουδές μας τόσο χρηματικά όσο και ψυχολογικά και έπειτα τον επιβλέποντα / εισηγητή καθηγητή κύριο Γεώργιο Ζερβουδάκη για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και για την πολύτιμη καθοδήγησή του.

Επιπλέον θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κύριο Αθανάσιο Κουλόπουλο για τη βοήθεια και το χρόνο που μας προσέφερε προκειμένου να συγκεντρωθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κ. Τσακαλίδη και τον κ. Μαλάμο για την παραχώρηση εξοπλισμού από τα εργαστήριά τους, η οποία ήταν καταλυτική για την ολοκλήρωση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μας, καθώς και στους συναδέλφους Ηλιάννα Ζάχου, Νίκο Τριαντάφυλλο και στον φοιτητή του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης Δημήτρη Αδαμίδα.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ABSTRACT	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	6
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	8
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΕ ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ .	10
ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΜΕΝΤΑ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	17
ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	17
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	17
ΛΠΠΑΝΣΗ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	37

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρευνα σχετικά με την επίδραση του τραυματισμού των φύλλων στις φυσιολογικές διαδικασίες των φυτών καθώς και στην περιεκτικότητα των φύλλων σε χρωστικές ουσίες συμβάλλει στην κατανόηση της απόκρισης των φυτών έναντι αυτού του είδους αβιοτικού στρες. Κατά τη διάρκεια αυτού του πειράματος, μετρήθηκαν για περίπου 20-40 ημέρες ορισμένες φυσιολογικές παράμετροι όπως η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα, καθώς και η περιεκτικότητα της χλωροφύλλης και των ανθοκυανινών στα φύλλα των φυτών *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis* και *Mentha piperita*. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φυτά μάρτυρες (control) και τραυματισμένα ενώ στα τελευταία διεξήχθησαν τόσο σε τραυματισμένα όσο και σε άθικτα φύλλα. Τα τραυματισμένα φύλλα των φυτών *O. basilicum* παρουσίασαν μείωση σχεδόν όλων των μετρούμενων δεικτών σε σύγκριση με τα φύλλα των control φυτών και των άθικτων φύλλων από τα τραυματισμένα φυτά. Από την άλλη, η *M. piperita* και το *S. Officinalis* εμφανίστηκαν ανεπηρέαστα ή παρουσίασαν μικρές αντιδράσεις έναντι του τραυματισμού σε σύγκριση με τα control φυτά ή τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι οι φυσιολογικές και βιοχημικές αντιδράσεις έναντι του τραυματισμού είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ των φυτικών ειδών και εξαρτώνται από την έκταση του τραυματισμού αλλά και την εγγενή ικανότητα προσαρμογής τους.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έχουν δημοσιευτεί σε διεθνές περιοδικό με σύστημα κριτών. Τα στοιχεία της δημοσίευσης είναι:

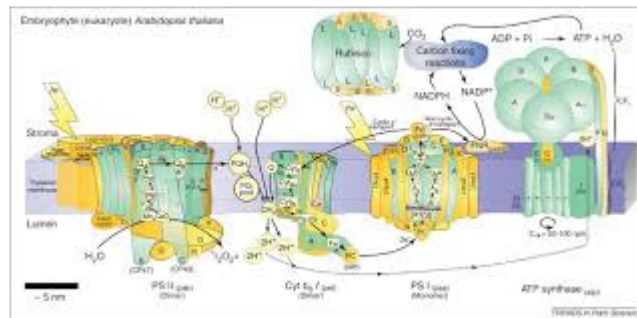
Konstantinos Vrakas, Efterpi Florou, Athanasios Koulopoulos and George Zervoudakis, 2021. Physiological Responses of *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis*, and *Mentha piperita* to Leaf Wounding. *Plants*, 10 (5), 1019. <https://doi.org/10.3390/plants10051019>

ABSTRACT

The investigation about the leaf wounding effect on plants' physiological procedures and on leaf pigments' content will contribute to the understanding of the plants' responses against this abiotic stress. During this experiment, some physiological parameters such as photosynthesis, transpiration and stomatal conductance, as well as the chlorophyll and anthocyanin leaf contents of *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis* and *Mentha piperita* plants were measured for about 20-40 days. All the measurements were conducted on control and wounded plants while on the latter they were conducted on both wounded and intact leaves. The wounded leaves of *O. basilicum* plants showed a decrease of almost all the measured indexes compared with the control plant leaves and the intact ones of the wounded plants. On the other hand, *M. piperita* and *S. officinalis* appeared unaffected or exhibited slight responses against the wounding effect compared with the control plants or the intact leaves of the wounded ones. These results imply that the physiological and biochemical responses against wounding are quite different among plant species depending on the severity of the injury and their inherent adaptation capacity.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φυτά καλύπτουν σχεδόν όλο το χερσαίο κομμάτι της Γης. Χάρη στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης αποτελούν τη σημαντικότερη μορφή ζωής μιας και χωρίς αυτά η επιβίωση στον πλανήτη μας θα ήταν αδύνατη. Η επιστήμη μελετά διαρκώς τη λειτουργία και τους μηχανισμούς που διαθέτουν τα φυτά ώστε να κατανοηθεί πλήρως η φυσιολογία και η προσαρμοστικότητα τους σε συνθήκες πέραν των φυσιολογικών.



Εικόνα 1: Η φωτοσύνθεση

(https://opencourses.uoc.gr/courses/pluginfile.php/15943/mod_resource/content/1/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%203.pdf)

Η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα φυτά με την χρήση νερού, ηλιακής ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα βιοσυνθέτουν γλυκόζη και εκλύουν οξυγόνο, στοιχείο απαραίτητο για τη επιβίωση κάθε αερόβιου οργανισμού πάνω στον πλανήτη.

Ως καταπόνηση χαρακτηρίζονται οι δυσμενείς επιδράσεις παραγόντων του περιβάλλοντος οι οποίες τείνουν να παρεμποδίσουν την εύρυθμη λειτουργία των φυτών [Καραμπουρνιώτης et al., 2012]. Τα φυτά διαθέτουν μηχανισμούς άμυνας έναντι των βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων. Καταπόνηση ενός φυτού μπορεί να προκαλέσει η έλλειψη νερού, θρεπτικών στοιχείων, η προσβολή από έντομα και παθογόνα, ο τραυματισμός κ.ά. Κατά τον τραυματισμό τους τα φυτά ενεργοποιούν μια σειρά από φυσιολογικές διαδικασίες για την επούλωση των πληγών και γενικότερα για την αντιμετώπιση του παράγοντα ο οποίος προκαλεί τη ζημιά [Dorokhov et al., 2012; https://www.agrilifehellas.com/images/pdfgr/aviotiki_entasi_greek.pdf].

Καταπόνηση και τραυματισμός από αβιοτικούς παράγοντες

Η θερμοκρασία θεωρείται πολύ σημαντικός αβιοτικός παράγοντας καταπόνησης. Κρυοτραυματισμοί διαπιστώνονται στα φυτά όταν εκείνα υποβληθούν σε πολύ χαμηλές

θερμοκρασίες. Ο τραυματισμός αυτός είναι στενά συνδεδεμένος με την ύπαρξη νερού μέσα στους ιστούς του φυτού. Ο σχηματισμός κρυστάλλων πάγου στα κύτταρα και απώλεια ρευστότητας των μεμβρανών είναι δύο από τις βασικές επιδράσεις που μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και στον θάνατο των φυτών.

Αντίθετα, όταν τα φυτά υποβληθούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες προκαλείται αφυδάτωση λόγω της έντονης διαπνοής, αυξάνεται η ρευστότητα των μεμβρανών και προκαλείται μετουσίωση ενζύμων. Σε ακραίες περιπτώσεις, παρατηρούνται ακόμα και εγκαύματα στην επιφάνεια των φύλλων.

Διερευνώντας τις καταπονήσεις των φυτών, πρέπει να είναι σαφής η διάκριση ανάμεσα στη μηχανική καταπόνηση και τον τραυματισμό των φυτών. Ως μηχανική καταπόνηση ορίζεται κάθε άσκηση δύναμης σε ιστούς, όργανα ή στο σώμα ενός φυτού, υπό την προϋπόθεση ότι αυτή δεν προκαλεί καταστροφή των δομών του. Τραυματισμός είναι η βίαιη μηχανική καταπόνηση που έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της δομής ιστών και οργάνων.

Ο άνεμος είναι ένας συνήθης παράγοντας μηχανικής καταπόνησης που μπορεί να προκαλέσει και τραυματισμούς. Τα φυτά δέχονται δυνάμεις από τον άνεμο και αναδιαμορφώνονται μορφολογικά. Η διαρκής έκθεση των φυτών σε μεγάλες ταχύτητες ανέμων έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ξύλου αντίδρασης, δηλαδή πιο σκληρό και συμπαγές ξύλο για την αντοχή του φυτού κόντρα στον άνεμο. Ο άνεμος επηρεάζει σημαντικά και τον τρόπο με τον οποίο τα φυτά διαπνέουν. Αντιθέτως, τα ανεμόφιλα φυτά τα οποία χρησιμοποιούν τον άνεμο για την επίτευξη της γονιμοποίησης και της διαιώνισης του είδους αξιοποιούν τον άνεμο προς όφελός τους (https://oceclass.aua.gr/modules/document/file.php/OCDCS100/GBT_2750_07_2h.pdf).

Οι σφοδρές βροχοπτώσεις αρκετές φορές δημιουργούν προβλήματα τραυματισμών στα φυτά λόγω της μεγάλης ταχύτητας πτώσης των σταγόνων. Επίσης, το χαλάζι ως ακραίο καιρικό φαινόμενο μπορεί να προκαλέσει τραυματισμούς στην επιφάνεια των φύλλων και των βλαστών τους.



Εικόνα 2: Πεσμένα φυτά βασιλικού από σφοδρή βροχόπτωση

Οι εδαφικοί παράγοντες είναι και αυτοί εξίσου σημαντικοί ως προς την καταπόνηση των φυτών. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα είναι μια παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των ριζών και την συνολική ευρωστία του φυτού. Η τοξικότητα, η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά είναι και αυτά είδη της αβιοτικής καταπόνησης στην οποία υποβάλλεται ένα φυτό (https://www.agrilifehellas.com/images/pdfgr/aviotiki_entasi_greek.pdf).

Οι σεισμικές δονήσεις επηρεάζουν σημαντικά τα φυτά όσον αφορά το ριζικό τους σύστημα λόγω της έντασης της δόνησης, της μετατόπισης του εδάφους, την αλλαγή της δομής και της σύστασης του εδάφους. Ανάλογα με το μέγεθος της ζημιάς που υφίσταται το φυτό θα εξαρτηθεί αν θα ανταπεξέλθει ώστε να επιβιώσει.

Τα φυτά μεταβάλλουν τα φυσιολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τους στην επίδραση τριβής, συστροφής ή κάμψης των οργάνων τους λόγω φυσικής επαφής στο περιβάλλον τους, και αυτό το φαινόμενο ονομάζεται θιγμομορφογένεση [Καραμπουρνιώτης et al., 2012].

Καταπόνηση και τραυματισμός από βιοτικούς παράγοντες

Στην κατηγορία των βιοτικών παραγόντων καταπόνησης κατατάσσεται και η ανθρώπινη δραστηριότητα στον γεωργικό και όχι μόνο τομέα. Η ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον έχει ως αντίκτυπο την καταπόνηση ή τον τραυματισμό των φυτών με πολλές μορφές. Για παράδειγμα, καταπόνηση μπορεί να προκαλέσουν οι ρύποι που

προέρχονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες ενώ τραυματισμούς μπορεί να προκαλέσουν διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές π.χ. το κλάδεμα.



Εικόνα 3: Σπασμένος κλαδίσκος βασιλικού από λάθος μεταχείριση του φυτού

Τα έντομα και οι διάφοροι άλλοι ζωικοί εχθροί των φυτών είναι επίσης παράγοντες καταπόνησης και τραυματισμών. Οι προσβολές μπορεί να καταστρέψουν μεγάλο μέρος των φυτών. Τα φυτά όμως μπορεί να αναπτύξουν και μηχανισμούς για την ελάττωση ή την παύση της επίδρασης των προσβολών από τους συγκεκριμένους εχθρούς.

Επίσης, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί τραυματίζουν και καταπονούν τα φυτά καθώς καταστρέφουν ιστούς και μέρη των φυτών που είναι μείζονος σημασίας για την επιβίωση και την ανάπτυξη τους.



Εικόνα 4: Προσβολή φύλλων βασιλικού από έντομα

Κάποια είδη φυτών, μετά από την προσβολή τους από κάποιον εχθρό ή παθογόνο, έχουν αναπτύξει ακόμα και μηχανισμούς παραγωγής ορμονών που σκοπός τους είναι η

προειδοποίηση των γειτονικών φυτών για την ανάπτυξη άμυνας ως προς τον εχθρό ή το παθογόνο [Dorokhov et al., 2012].



Εικόνα 5: Προσβολή από μικροοργανισμούς σε φυτό βασιλικού



Εικόνα 6: Προσβολή από μικροοργανισμούς σε φυτό μέντας

Καταπόνηση και επίδραση σε βιοχημικούς μηχανισμούς του φυτού

Όταν τα φυτά βρίσκονται σε κατάσταση καταπόνησης ή τραυματισμού ενεργοποιούν κάποιους μηχανισμούς ή αντίθετα απενεργοποιούν/ελαττώνουν την δράση άλλων, ώστε να αντιμετωπίσουν τη ζημιά που έχουν υποστεί. Κάπως έτσι ένα φυτό το οποίο είναι τραυματισμένο μπορεί να ελαττώσει ή να αυξήσει την ένταση της αναπνοής, της διαπνοής, της φωτοσύνθεσης καθώς και τον ρυθμό παραγωγής ορμονών και στοιχείων απαραίτητων για την ανάπτυξή του.

Σε περίπτωση τραυματισμού πραγματοποιείται αύξηση παραγωγής αιθυλενίου και τραυματίνης για τον γρήγορο σχηματισμό επουλωτικού ιστού. Όταν ένα φυτό τραυματίζεται επάγεται η διαδικασία της οξειδωτικής έκρηξης κατά την οποία φαινορικά

συστατικά και πρωτεΐνες πολυμερίζονται για την ισχυροποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Η βιοσύνθεση της συστεμίνης είναι ένα είδος συναγερμού που μεταφέρει το μήνυμα στο υπόλοιπο μέρος του φυτού. Στην περιοχή τραυματισμού παρατηρείται μεγάλη αναπνευστική δραστηριότητα (τραυματική αναπνοή) η οποία οφείλεται στο σύνολο των επουλωτικών δράσεων του φυτού και των δράσεων των ενζύμων (https://oceclass.aua.gr/modules/document/file.php/OCDCS100/GBT_2750_07_2h.pdf)

Βασιλικός (*Ocimum basilicum*)



Εικόνα 7: Φυτά βασιλικού (<https://www.kathimerini.gr/k/gastronomos/1024869/vasilikos-o-vasilias-ton-myrodikon/>)

Το φυτό του βασιλικού ή Ωκιμον το βασιλικόν κατατάσσεται στην οικογένεια των χειλανθών (Labiatae ή Lamiaceae) και στο είδος *Ocimum basilicum*. Είναι ένα ευρέως γνωστό μονοετές, ποώδες, αρωματικό φυτό, συναντάται σε τροπικές, υποτροπικές και μεσογειακές ζώνες. Στο γένος *Ocimum* ανήκουν τουλάχιστον 50 είδη. Το είδος περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές ποικιλίες μονοετείς και πολυετείς με τελείως διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Η ιστορία του φαίνεται να ξεκινά από την Αφρική και την Ασία και γρήγορα να διαδίδεται στην Ινδία και στις χώρες της Μεσογείου. Κατά την παράδοση το φυτό φυτρώνει στο μέρος όπου ο Τίμιος Σταυρός είναι θαμμένος, οδηγώντας την Αγία Ελένη με το χαρακτηριστικό άρωμά του προς την ανακάλυψη του Σταυρού. Οι αρωματικές και φαρμακευτικές του ιδιότητες ήταν γνωστές από την Αρχαία Ελλάδα και μετέπειτα από τα Ρωμαϊκά χρόνια στους τομείς της μαγειρικής, της αρωματοποιίας και της βοτανικής. Ο Διοσκουρίδης αναφέρει ότι το φυτό βοηθάει στην αντιμετώπιση του τσιμπήματος από σκορπιό. Επίσης, προάγει την γαλουχία στις λεχώνες και καταπραΰνει τις στομαχικές διαταραχές.

Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 20 έως 80 εκατοστά. Τα φύλλα του είναι αντίθετα, μονά, ωοειδή και ελάχιστα οδοντωτά. Ανάλογα με την ποικιλία οι βλαστοί είναι πολλοί ή λιγότεροι, ξυλοποιημένοι ή μη. Η ανθοταξία του είναι διατεταγμένη σε χαλαρούς σπονδύλους σχηματίζοντας στάχεις. Τα χρώματα των ανθέων ποικίλουν από λευκά έως κόκκινα. Η πλήρης άνθηση επιτυγχάνεται σταδιακά ξεκινώντας από τα υψηλότερα προς τα κατώτερα άνθη, με αρχή από τον Ιούνιο μέχρι και τα τέλη Αυγούστου.

Όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες ο βασιλικός ευδοκίμει σε περιοχές με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια χωρίς αυτό να το καθιστά μη ανθεκτικό σε πιο ψυχρές περιοχές. Είναι ένα καλοκαιρινό, ηλιόφιλο φυτό μεγάλης φωτοπεριόδου, με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης 22-30°C. Τα ιδανικά εδάφη για την ανάπτυξή του είναι μέσης σύστασης, καλά στραγγιζόμενα, πλούσια σε οργανική ουσία και με ανοχή σε pH 4,5- 8,2 όμως σε άριστη κατάσταση το 6,4. Η καλλιέργειά του απαιτεί άρδευση η οποία είναι ανάλογη με τα καιρικά φαινόμενα, την περιοχή, την ποικιλία και την μορφολογία - σύσταση του εδάφους [Παπαιωάννου, 2011; Δόρδας, 2012; Λιεπούρη, 2016; Κολοπτάς, 2018].

Φασκόμηλο (*Salvia officinalis*)



Εικόνα 8: Φυτό φασκόμηλου (http://back-to-nature.gr/2012/11/blog-post_7596.html)

Το Φασκόμηλο (*Salvia officinalis*) κατατάσσεται στην οικογένεια Χειλανθών (Labiatae). Είναι ένα πολυετές αειθαλές, θαμνώδες αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό το οποίο αυτοφυές στην Ελλάδα. Σήμερα καλλιεργείται σε πολλές περιοχές με μεσογειακό κλίμα. Στο γένος *Salvia* υπάρχουν 20 είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα, με ποικιλομορφία χαρακτηριστικών, διαφορετικές χρήσεις και ιδιότητες καθώς και καταγωγή - εξάπλωση. Χρησιμοποιείται ευρέως ως αρωματικό, φαρμακευτικό αλλά και καλλωπιστικό καθώς έχει και χρήσεις στην μαγειρική και την αρχιτεκτονική τοπίου.

Η ιστορία του φυτού ξεκινά από την Αρχαία Ελλάδα που χρησιμοποιούταν ως φαρμακευτικό βότανο. Θεωρήθηκε ως φυτό του Δία καθώς λόγω των πολλών θεραπευτικών χρήσεων του «άγγιζε» τις δυνατότητες ενός «θεϊκού» φυτού. Ο Ιπποκράτης, ο Διοσκουρίδης, ο Θεόφραστος και άλλοι το θεωρούσαν πολυφάρμακο, με θεραπευτικές ιδιότητες για το δάγκωμα των φιδιών καθώς και τονωτικές δράσεις για το μυαλό και το σώμα όπως η διέγερση και αύξηση της γονιμότητας στους άνδρες. Επίσης, έχει ευεργετική επίδραση έναντι του βήχα, του πυρετού, τους ρευματισμούς κ.α. Οι θεραπευτικές του ιδιότητες ωστόσο γίνονταν εντονότερες και πιο δραστικές όταν συνδυάζονταν με τη χρήση του μελιού και της κανέλας.

Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 30 έως 80 εκατοστά. Είναι πολύκλαδο καθώς φέρει πολλούς βλαστούς, οι οποίοι ξυλοποιούνται πολύ γρήγορα. Τα φύλλα είναι οδοντωτά περιμετρικά, χνουδωτά, επιμήκη και χρώματος γκριζοπράσινου, το μήκος τους φτάνει τα 8 εκατοστά και το πλάτος τα 3 εκατοστά. Τα άνθη του φυτού έχουν ιώδες έως ρόδινο χρώμα και η άνθηση πραγματοποιείται τον Απρίλιο - Μάιο ανάλογα με το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργειά του.

Το φασκόμηλο προσαρμόζεται εύκολα σε ψυχρά καθώς και σε θερμά κλίματα. Αντέχει σε θερμοκρασίες από -25 έως και 35°C και εμφανίζει καλύτερη ανάπτυξη σε έντονη ηλιοφάνεια. Συναντάται σε υψόμετρο καλλιέργειας από 0 έως 1400 μέτρα. Όσον αφορά τα εδάφη στα οποία ευδοκίμει είναι συνήθως μέτρια και ελαφριά σε σύσταση, μέτριας γονιμότητας με pH ουδέτερο ή λίγο όξινο. Μπορεί να καλλιεργηθεί και σε λοφώδεις εκτάσεις, σε οροπέδια καθώς και σε κοιλάδες. Τα συνεκτικά και βαριά εδάφη είναι ακατάλληλα για το φασκόμηλο καθώς δημιουργούνται αβιοτικές συνθήκες στο ριζικό σύστημα του φυτού το οποίο είναι αρκετά ευαίσθητο [Παπαιωάννου, 2011; Δόρδας, 2012; Λιεπούρη, 2016].

Μέντα (*Mentha piperita*)



Εικόνα 9: Φυτό μέντας (<https://www.e-geoponia.gr/futa/menta-i-piperodis-el.html>)

Η Μέντα ή Μίνθη (*Mentha piperita*) κατατάσσεται στην οικογένεια των Χειλανθών (Labiatae). Είναι ένα πολυετές ποώδες φυτό με αρωματικές και φαρμακευτικές ιδιότητες το οποίο αυτοφύεται στην Ελλάδα και στις περιοχές της Μεσογείου. Υπάρχουν 3 διαφορετικά είδη (*Mentha piperita*, *Mentha viridis*, *Mentha pulegium*) τα οποία διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Η κοινή μέντα προήλθε από τα είδη *Mentha aquatica* και *Mentha spicata*.

Η ιστορία του φυτού αρχίζει από την Αρχαία Ελλάδα όταν ο Ιπποκράτης και ο Γαληνός χρησιμοποιούσαν τη μέντα ως θεραπευτικό για τις στομαχικές και νευρικές διαταραχές, για τον πονοκέφαλο και τους ιλίγγους. Ο Αριστοτέλης ανακάλυψε μια νέα πλευρά του βοτάνου καθώς το θεώρησε ως αναφροδισιακό, ενώ άλλοι βοτανολόγοι ισχυρίζονται το αντίθετο.

Σύμφωνα με την μυθολογία η Μίνθη ήταν μια Νύμφη η οποία προκάλεσε τον έρωτα του θεού Άδη εξοργίζοντας την Περσεφόνη ή οποία την μεταμόρφωσε σε φυτό. Από εκεί βγήκε και η παροιμία «φυτρώνει εκεί που δεν την σπέρνουν».

Το ύψος του φυτού φτάνει τα 80 εκατοστά και έχει τετραγωνικά στελέχη. Τα φύλλα είναι αντίθετα ανά κόμβο έχουν μήκος από 4-8 εκ. και πλάτος έως 3 εκ., είναι οδοντωτά περιμετρικά, μακρόστενα, ωοειδή και το χρώμα τους είναι από βαθύ πράσινο έως κόκκινο-πράσινο. Τα άνθη του φυτού είναι αρκετά μικρά (έως 8 χιλ.), έχουν ροζ, ιώδες, κόκκινο ή βιολετί χρώμα. Η πλήρης άνθηση ξεκινάει από τα τέλη Ιουνίου και ολοκληρώνεται έως τα

τέλη Σεπτεμβρίου. Ανάμεσα στα είδη του γένους *Mentha*, τα χαρακτηριστικά των φύλλων, στελεχών και ανθέων διαφέρουν.

Όσον αφορά τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, η μέντα προτιμά δροσερά, βαθιά, εύφορα, αρδευόμενα, καλά αποστραγγιζόμενα και πλούσια σε ασβέστιο εδάφη. Το μέγιστο υψόμετρο στο οποίο επιζεί είναι τα 800 μέτρα και η χαμηλότερη θερμοκρασία δεν πρέπει να είναι κατώτερη από -15°C διότι τότε τα στελέχη ξηραίνονται και βλαστάνουν ξανά όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν. Τα ασβεστούχα εδάφη θεωρούνται τα καταλληλότερα με pH από 6,5 έως 7,8 [Παπαιωάννου, 2011; Δόρδας, 2012; Λιεπούρη, 2016].

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα φυτά καθημερινά εκτίθενται σε διάφορους παράγοντες καταπόνησης, βιοτικούς και αβιοτικούς. Κάποιοι από αυτούς όπως οι θηρευτές, η ανθρώπινη δραστηριότητα ή τα έντονα καιρικά φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν τον τραυματισμό ιστών ή ακόμα και ολόκληρων φυτικών οργάνων. Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να μελετήσουμε διάφορες φυσιολογικές διαδικασίες των φυτών κάτω από συνθήκες έντονου τραυματισμού προκειμένου να μελετηθούν οι αντιδράσεις τους. Μπορεί ένας τραυματισμός να ωθήσει ένα φυτό όπως ο βασιλικός, το φασκόμηλο και η μέντα να φωτοσυνθέσει γρηγορότερα ή είναι απλά συντελεστής αλλοίωσης/νέκρωσης φυτικών ιστών; Σε αυτό το πείραμα καταγράφηκαν σχολαστικά για 40 ημέρες δεδομένα όπως ο ρυθμός φωτοσύνθεσης και διαπνοής αλλά και η παραγωγή χλωροφύλλης και ανθοκυανινών.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Φυτά και τραυματισμός

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκαν φυτά βασιλικού (*Ocimum basilicum*), φασκόμηλου (*Salvia officinalis*) και μέντας (*Mentha piperita*). Αγοράστηκαν 14 φυτάρια από κάθε είδος από φυτώριο στην Πάτρα. Τα συγκεκριμένα φυτά επιλέχθηκαν διότι ανήκουν στην ίδια οικογένεια (Lamiaceae), τα φύλλα τους είναι ικανοποιητικά μεγάλα ώστε να είναι εφικτή η μέτρηση της φωτοσύνθεσης και δεν αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα προβλήματα με τις υψηλές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες.



Εικόνα 10: Φυτά φασκόμηλου, μέντας και βασιλικού πριν τη μεταφύτευση

Υλοποίηση πειράματος

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 44 γλάστρες των 4 L. Για τη μείωση της απορροφούμενης ηλιακής ενέργειας οι γλάστρες βάφτηκαν με λευκό χρώμα, για τη δε συγκράτηση χώματος τοποθετήθηκαν προσεκτικά δίσκοι γεωυφάσματος στο εσωτερικό του πυθμένα της κάθε γλάστρας.



Εικόνα 11: Γλάστρες πειράματος



Εικόνα 12: Απορροή εδαφικού υλικού



Εικόνα 13: Δίσκοι από γεούφασμα



Εικόνα 14: Βάψιμο γλαστρών

Συλλέχθηκε έδαφος αμμώδες και αναμείχθηκε με τύρφη σε αναλογία 2:1. Από το συγκεκριμένο μίγμα πληρώθηκαν οι 44 γλάστρες του πειράματος και τοποθετήθηκαν πάνω σε ένα πανί σκίασης στον προαύλιο χώρο του Τμήματος.

Στη συνέχεια, έγιναν 3 μέτριας έντασης αρδεύσεις και ακολούθως πιο συστηματική άρδευση των γλαστρών ανά δύο ημέρες, τις απογευματινές κυρίως ώρες. Αυτή η διαδικασία βοήθησε τις γλάστρες να αποκτήσουν την επιθυμητή δομή πριν τη φύτευση των φυτών του πειράματος.

Στις 29 Ιουλίου έγινε η μεταφύτευση. Στο κέντρο της κάθε γλάστρας δημιουργείτο οπή (με αφαίρεση χώματος) μεγέθους ουροσυλλέκτη. Το φυτό έβγαινε από το δίσκο και αφαιρείτο ένα μέρος της τύρφης που περιέβαλλε τη ρίζα ώστε να χωράει επακριβώς στην οπή που είχε δημιουργηθεί στη γλάστρα. Στόχος ήταν να διαταραχθεί η δομή του χώματος της γλάστρας το λιγότερο δυνατόν. Τέλος, διαπιστώθηκε ότι τα φυτά της μέντας είχαν ανομοιόμορφη ανάπτυξη και για αυτό πραγματοποιήθηκε κλάδεμά τους.



Εικόνα 15: Διαδικασία μεταφύτευσης

Μετά από μερικές ημέρες ξεχωρίστηκαν 4 γλάστρες από το κάθε είδος φυτών (12 συνολικά). Επιλέχθηκαν φυτά με ομοιόμορφη ανάπτυξη. Στα φυτά αυτά τοποθετήθηκαν αισθητήρες υγρασίας για τη μελέτη της διαπνοής. Σε αυτό το σημείο επιτακτική ήταν η ανάγκη για καθημερινή άρδευση τόσο των φυτών όσο και των γλαστρών που είχαν μόνο έδαφος και χρησιμοποιούνταν για τις διάφορες μετρήσεις.

Ύστερα από δεκαεννέα ημέρες οι γλάστρες, με τα αναπτυγμένα πλέον φυτά, εγκαταστάθηκαν στην τελική τους θέση. Ξεκινώντας έγινε το καθάρισμα από ξερόχορτα και ζιζάνια του σημείου τοποθέτησης των γλαστρών καθώς και η επίστρωση πανιού σκίασης ώστε να αποφευχθεί το φύτρωμα ζιζανίων.



Εικόνα 16: Καθαρισμός πειραματικής έκτασης

Οι γλάστρες κάθε είδους φυτού ζυγίστηκαν και χωρίστηκαν σε ζευγάρια με γνώμονα την οπτική ομοιότητα. Έτσι προέκυψαν 7 ζευγάρια ανά είδος φυτού. Από το κάθε ζευγάρι το ένα φυτό τοποθετήθηκε στην ομάδα «control» και το άλλο στην ομάδα «Μεταχείριση». Ταυτόχρονα έγινε η ονοματοδοσία των 44 γλαστρών. Ο κωδικός της κάθε γλάστρας

σημειώθηκε σε πλαστικό ταμπελάκι το οποίο μπήκε στο χώμα της. Η κωδικοποίηση έγινε ως εξής:

ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ μεταχείριση: B-1 έως B-7, ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ Control BC-1 έως BC-7

ΜΕΝΤΑ μεταχείριση: M-1 έως M-7, ΜΕΝΤΑ Control MC-1 έως MC-7

ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ μεταχείριση: S-1 έως S-7, ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ Control SC-1 έως SC-7

Επίσης, κρίθηκε απαραίτητο κάτω από τις γλάστρες να τοποθετηθούν πιατάκια διότι παρατηρήθηκε ότι οι ρίζες του των φυτών εξέρχονται από τις οπές της γλάστρας και διεισδύουν στο έδαφος. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η παραμικρή μετακίνηση των γλαστρών εκούσια ή ακούσια να προκαλεί τραυματισμό στις ρίζες. Οι γλάστρες μεταφέρθηκαν στην τελική τους θέση πάνω στο πανί σκίασης και στοιχίστηκαν.

Τέλος, εγκαταστάθηκε στον χώρο φορητός μετεωρολογικός σταθμός. Στον κεντρικό ιστό τοποθετήθηκε ένας data logger ZL-6 και πάνω του συνδέθηκαν οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας.



Εικόνα 17: Τελική θέση γλαστρών



Εικόνα 18: Κωδικοποίηση γλαστρών

Εν συνεχεία, οι γλάστρες αφέθηκαν για λίγες ημέρες να προσαρμοστούν στο νέο τους περιβάλλον. Στις 20, 21 και 22 Αυγούστου πραγματοποιήθηκαν οι τραυματισμοί στα φυτά του βασιλικού, της μέντας και του φασκόμηλου αντίστοιχα, με φελλοτρυπητήρα διαμέτρου 0,6 cm. Έγιναν από 1 έως 4 οπές ανάλογα το μέγεθος της φυλλικής τους επιφάνειας. Τραυματίστηκαν δε τα μισά φυτά (κατά τον κατακόρυφο άξονα). Συνολικά τραυματίστηκαν 7 φυτά βασιλικού, 7 φυτά φασκόμηλου και 7 φυτά μέντας.



α

β

γ

Εικόνες 19 α, β, γ: Τραυματισμένα φυτά στην αντίστοιχη ημέρα 0

Με το πέρας της διαδικασίας του τραυματισμού έγιναν οι πρώτες μετρήσεις με το όργανο της φωτοσύνθεσης και ακολούθησαν μετρήσεις των ανθοκυανινών και της χλωροφύλλης για την ημέρα 0 των φυτών.

Όσον αφορά την άρδευση των γλαστρών από την έναρξη του πειράματος 17 Αυγούστου μέχρι και την εξαγωγή των φυτών 3 Οκτωβρίου, πραγματοποιήθηκαν 37 ογκομετρημένες αρδεύσεις οι οποίες έγιναν πάντα σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή της Αμαλιάδας κάθε φορά αλλά και με τις εκάστοτε ανάγκες των φυτών.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

ΑΡΔΕΥΣΗ	ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ				ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ				MENTA				ΧΩΡΙΣ ΦΥΤΟ	
	BC-1	BC-2	B-1	B-2	SC-1	SC-2	S-1	S-2	MC-1	MC-2	M-1	M-2	Blanc-1	Blanc-2
	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml
ΠΡΩΙΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ														
ΑΠΟΡΡΟΗ														
ΑΠΟΓΕΥΝΑΤΙΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ														
ΑΠΟΡΡΟΗ														

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ				ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ				MENTA				Blanc	Νερό
	BC	B	SC	S	MC	M	Blanc	Νερό						
	μS/cm	μS/cm	μS/cm	μS/cm	μS/cm	μS/cm	μS/cm	μS/cm						
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ														

Εικόνα 20: Πρωτόκολλο καταγραφής δεδομένων άρδευσης και αγωγιμότητας

Οι μετρήσεις ολοκληρώθηκαν περίπου μετά από 40 ημέρες από τον τραυματισμό εκτός από τα φυτά της μέντας που ολοκληρώθηκαν στις 20 μέρες λόγω εκτεταμένων βλαβών στα φύλλα από έντομα οπότε τα φυτά της μέντας απομακρύνθηκαν από το πείραμα.

Στη συνέχεια, με βάση το πρωτόκολλο εξαγωγής το οποίο τηρήθηκε απαρέγκλιτα, ξεκίνησαν οι εργασίες εξαγωγής από τα φυτά του φασκόμηλου. Ακολούθησε η εξαγωγή

των φυτών της μέντας και του βασιλικού. Εκτός από τα φυτά B-4 (έσπασε στην καταιγίδα), SC-7 (δεν συμμετείχε στις μετρήσεις) και MC-7 (δεν συμμετείχε στις μετρήσεις) τα οποία απορρίφθηκαν.



Εικόνα 21: Μέτρηση ύψους υπέργειου βλαστικού τμήματος

Παρ όλη την επίπονη προσπάθεια που καταβλήθηκε διαπιστώθηκε ότι οι ρίζες δεν ήταν εύκολο να καθαριστούν εντελώς από το χώμα και αποφασίστηκε ότι οι ρίζες από όλα τα φυτά θα απορριφθούν διότι ήταν αδύνατο να ζυγιστεί το καθαρό νωπό και ξηρό βάρος. Στη συνέχεια, έγινε η πλήρης απεγκατάσταση της καλλιέργειας.



Εικόνα 22: Καθαρές γλάστρες και πιατάκια Εικόνα 23: Ολοκλήρωση απεγκατάστασης πειράματος



Εικόνα 24: Ξήρανση υπέργειου τμήματος φυτών



Εικόνα 25: Καταγραφή ξηρού βάρους

Λίπανση

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δύο λιπάνσεις πριν τον τραυματισμό των φυτών και μία τρίτη μόνο στα φυτά του βασιλικού μετά τον τραυματισμό. Η προσθήκη θρεπτικών συστατικών πριν τον τραυματισμό έγινε για να καλύψουν τα φυτά τις διάφορες ανάγκες τους αλλά και για να ανταπεξέλθουν στις θερμές ημέρες του Αυγούστου. Η επιπλέον λίπανση στους βασιλικούς έγινε διότι κιτρινίζαν πάρα πολλά φύλλα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, γεγονός που καθιστούσε πολλές μετρήσεις άκυρες και σηματοδοτούσε τη γήρανση των φυτών.



Εικόνα 26: Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος στο εργαστήριο

Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε κατασκευάστηκε ως εξής:

Πρώτα έγινε παρασκευή πυκνού διαλύματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 500 gr κρυσταλλικό λίπασμα 20-20-20, πλήρως υδατοδιαλυτό. Το περιεχόμενο της

συσκευασίας (500 g) τοποθετήθηκε σε δοχείο ζέσεως των 3 L. Προστέθηκε απιονισμένο νερό, και ακολούθησε η ανάδευση του διαλύματος με μαγνητικό αναδευτήρα. Το διάλυμα ογκομετρήθηκε, προστέθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 4 L και αποθηκεύτηκε σε πλαστικό δοχείο. Σύμφωνα με τις οδηγίες του λιπάσματος η συνιστώμενη δόση για αρωματικά φυτά είναι 20 gr/10 L. Έτσι υπολογίστηκε ότι για την παρασκευή θρεπτικού διαλύματος 10 L θα διαλύονται σε αυτό 160 ml πυκνού διαλύματος. Κατά την λίπανση θα εφαρμόζονται 500 ml θρεπτικού διαλύματος σε κάθε γλάστρα.

Φυτοπροστασία

Ο παράγοντας περιβάλλον έπαιξε και αυτός με τη σειρά του πολύ σημαντικό ρόλο στο χρόνο διεξαγωγής αλλά και στην ποιότητα των μετρήσεων που λαμβάνονταν. Πιο συγκεκριμένα, όλη η εγκατάσταση του πειράματος έλαβε χώρα στον αύλειο χώρο του Τμήματος, συνεπώς τα φυτά ήταν διαρκώς εκτεθειμένα τόσο σε ζωικούς όσο και σε μυκητολογικούς ή βακτηριακούς εχθρούς. Συνεπώς, η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων για την αντιμετώπιση των παραπάνω κρίθηκε απαραίτητη.

Τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι δοσολογίες τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΔΟΣΗ
Εντομοκτόνο	APHICAR 100EC	Cypermethrin 10%	3ml/8L ψεκαστικού υγρού
Εντομοκτόνο	SHARIMIDA 20SL	Imidacloprid 20%	8ml/8L ψεκαστικού υγρού
Μυκητοκτόνο	ALFIL 80WG	Fosetyl- Al	10gr/8L ψεκαστικού υγρού



Εικόνα 27: Χρήση ψεκαστήρα όγκου 8 λίτρων

Εικόνα 28: Ψεκασμός με φυτοπροστατευκά προϊόντα

Οι δοσολογίες των ψεκασμών υπολογίστηκαν με βάση τις οδηγίες των φαρμάκων και τις συνιστώμενες δόσεις που αναγράφονται σε αυτές.

Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν

Τα βασικά όργανα μετρήσεων στη συγκεκριμένη πειραματική πτυχιακή άσκηση ήταν τρία: το SPAD 502DL, το ACM-200plus και το TARGAS-1 Portable Photosynthesis System.

SPAD 502DL



Εικόνα 29: Όργανο SPAD 502DL

Είναι μια φορητή συσκευή με την οποία μπορούμε να ποσοτικοποιήσουμε τη χλωροφύλλη που εμπεριέχεται στα φύλλα των φυτών. Για τη διευκόλυνση της παραπάνω διαδικασίας δημιουργήθηκε ένα πρωτόκολλο σύμφωνα με το οποίο στο κάθε control φυτό

επιλέγονταν 3 φύλλα όπου και πραγματοποιούνταν κάθε φορά οι μετρήσεις (στο κάθε φύλλο λαμβάνονταν 10 μετρήσεις από τις οποίες το όργανο υπολόγιζε τον Μ.Ο. και αυτή η τιμή καταγραφόταν στο πρωτόκολλο). Στα τραυματισμένα φυτά επιλέγονταν 3 φύλλα τραυματισμένα και 3 άθικτα.

Δείγματα αρχικά λαμβάνονταν από τον τρίτο κόμβο κάθε φυτού όμως στην πορεία, καθώς αυτά αναπτύσσονταν και δημιουργούσαν νέα φύλλα, η ανάγκη για δειγματοληψία σε χαμηλότερους κόμβους κρίθηκε απαραίτητη. Τέλος ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο όσον αφορά τη δειγματοληψία είναι το ότι δεν ελήφθησαν μετρήσεις από φύλλα τα οποία παρουσίαζαν κάποιου είδους ασθένεια γεγονός που θα μπορούσε να καταστήσει τις μετρήσεις μη αξιόπιστες.

		ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ (<i>Ocimum basilicum</i> L. (basil)) - Ημερομηνία μετρήσεων/...../2020, ώρα																					
τύπος μέτρησης	control φυτά							τραυματισμένα φυτά															
		BC1	BC2	BC3	BC4	BC5	BC6	BC7	B1αθ	B2αθ	B3αθ	B4αθ	B5αθ	B6αθ	B7αθ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
SPAD	1																						
	2																						
	3																						
	4																						
	5																						
	AVG	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
	SE	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
AVG total	#ΔΙΑΙΡ/0!							#ΔΙΑΙΡ/0!							#ΔΙΑΙΡ/0!								
SE total	#ΔΙΑΙΡ/0!							#ΔΙΑΙΡ/0!							#ΔΙΑΙΡ/0!								
1) Σε ποια φύλλα μετράμε:		παρατηρήσεις							παρατηρήσεις														

Εικόνα 30: πρωτόκολλο μετρήσεων

ACM-200plus



Εικόνα 31: Όργανο ACM-200plus και η χρήση του

Είναι και αυτός ένας φορητός μετρητής, με τη βοήθεια του οποίου χωρίς να τραυματιστούν τα φυτά μπορούμε να καταγράψουμε την περιεκτικότητα των

ανθοκυανινών στα φύλλα ενός φυτού. Ο τρόπος δειγματοληψίας είναι ακριβώς ίδιος με αυτόν της μέτρησης χλωροφύλλης. Παρακάτω ακολουθεί το πρωτόκολλο καταγραφής των δεδομένων συλλογής του συγκεκριμένου οργάνου.

		BC1	BC2	BC3	BC4	BC5	BC6	BC7		B1αθ	B2αθ	B3αθ	B4αθ	B5αθ	B6αθ	B7αθ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		
ACM	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
	AVG	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
	SE	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
AVG total	#ΔΙΑΡ/Ο!							#ΔΙΑΡ/Ο!							#ΔΙΑΡ/Ο!										
SE total	#ΔΙΑΡ/Ο!							#ΔΙΑΡ/Ο!							#ΔΙΑΡ/Ο!										
1) Σε ποια φύλλα μετράμε:									παρατηρήσεις																

Εικόνα 32: πρωτόκολλο μετρήσεων

TARGAS-1 Portable Photosynthesis System



Εικόνα 33: Όργανο TARGAS-1 Portable Photosynthesis System και η χρήση του

Το όργανο αυτό είναι ένα φορητό σύστημα μέτρησης της φωτοσύνθεσης. Μέσω αυτού μπορούμε να πάρουμε επίσης πληροφορίες για την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, την θερμοκρασία των φύλλων κ.α.

Η διαδικασία λήψης των μετρήσεων διαφέρει αρκετά σε αυτήν την περίπτωση. Αρχικά, επιλεγόταν ένα φύλλο από κάθε φυτό (στα τραυματισμένα φυτά 2, ένα τραυματισμένο και ένα άθικτο) το οποίο τοποθετούνταν στην κυβέττα του οργάνου. Ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα και αφού οι ενδείξεις του οργάνου είχαν σταθεροποιηθεί καταγραφόταν η μέτρηση.

Φύλλα για την παραπάνω διαδικασία λαμβάνονταν αρχικά από τον τρίτο κόμβο κάθε κλάδου και αργότερα σε χαμηλότερους κόμβους. Η διαδικασία ξεκινούσε κάθε φορά στις

10:25 π.μ. και τελείωνε περίπου στις 11:30 π.μ. Θεωρητικά, τους καλοκαιρινούς μήνες, από τη στιγμή εκείνη και μετά ο ρυθμός κατανάλωσης του διοξειδίου του άνθρακα συνεπώς και η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών μειώνονται λόγω μεσημβρινού κλεισίματος των στομάτων.

ΒΑΣΙΛΚΟΣ - Ημερομηνία μετρήσεων/...../2020, ώρα																						
τύπος μέτρησης	control φυτά							τραυμασμένα φυτά														
	BC1	BC2	BC3	BC4	BC5	BC6	BC7	B1aθ	B2aθ	B3aθ	B4aθ	B5aθ	B6aθ	B7aθ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
TARGAS	A																					
	AVG			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	SE			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	Trans																					
	AVG			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	SE			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	gs																					
	AVG			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	SE			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	CI																					
	AVG			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	SE			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
	WUE																					
	AVG			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!					
SE			#ΔΙΑΡ/0!						#ΔΙΑΡ/0!							#ΔΙΑΡ/0!						

παρατηρήσεις

1) Σε ποια φύλλα μετράμε:

2) Εμφάνιση φύλλου που μετρήθηκε

παρατηρήσεις

1) Σε ποια φύλλα μετράμε:

2) Εμφάνιση φύλλου που μετρήθηκε

Εικόνα 34: πρωτόκολλο μετρήσεων

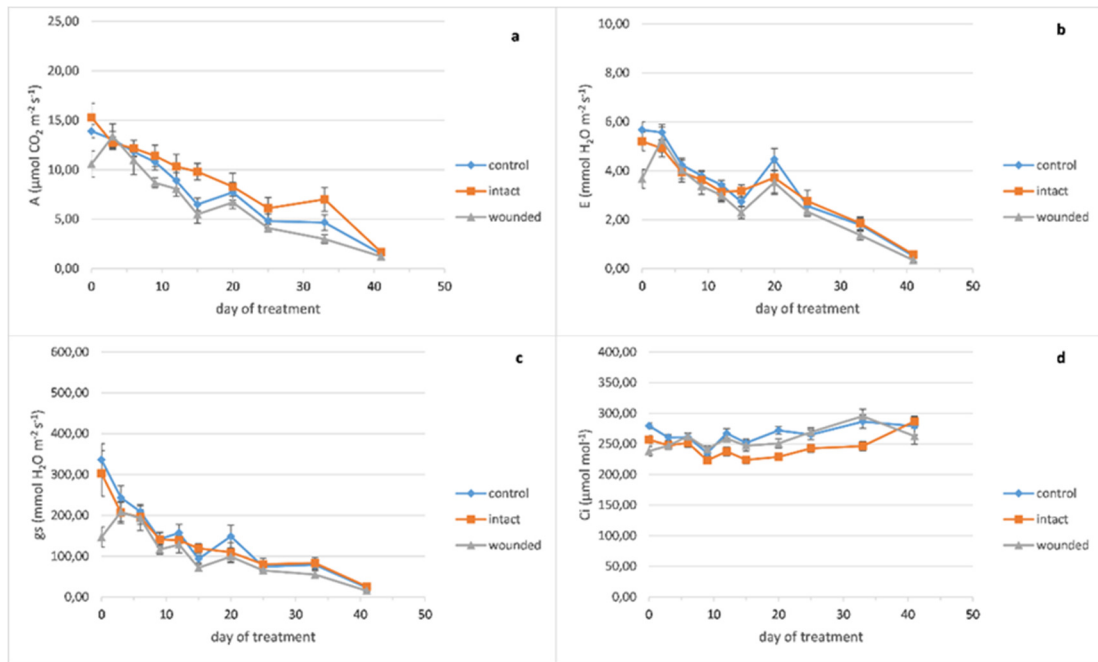
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα τραυματισμένα φύλλα του βασιλικού παρουσίασαν μείωση της φωτοσύνθεσης σε σύγκριση τόσο με τα άθικτα φύλλα όσο και με τα φύλλα των φυτών ελέγχου (control) (Σχήμα 1α), όπως αναμενόταν, αφού συνήθως αναφέρεται η μείωση της αφομοίωσης του άνθρακα στους εναπομείναντες ιστούς των τραυματισμένων φύλλων [Schmidt et al., 2015]. Ειδικότερα, η μείωση της φωτοσύνθεσης προκλήθηκε αμέσως, καθώς εμφανίστηκε μόνο μία ώρα μετά τον τραυματισμό (ημέρα μηδέν), από την άλλη πλευρά όμως αυτή η μείωση είχε εξαλειφθεί μέχρι την 3^η ημέρα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με προηγούμενα ευρήματα για το φυτό *Arabidopsis thaliana* που αναφέρονται σε σημαντική μείωση της φωτοσύνθεσης 2 ώρες μετά τον τραυματισμό των φύλλων και στη συνέχεια την αποκατάστασή της στα επίπεδα control, 24 ώρες μετά τον τραυματισμό [Lukaszuk et al., 2017]. Στη συνέχεια, η μείωση της φωτοσύνθεσης εμφανίστηκε ξανά την 6^η ημέρα και διατηρήθηκε μέχρι το τέλος του πειράματος. Μια προηγούμενη έρευνα μελέτης της φωτοσύνθεσης (μέσω φθορισμού χλωροφύλλης) σε τραυματισμένα φύλλα, δείχνει μείωση της φωτοσυνθετικής αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων στις περιοχές αμέσως πλησίον του τραύματος σε σύγκριση με τις πιο απομακρυσμένες περιοχές ή τις αντίστοιχες περιοχές μη τραυματισμένων φύλλων, μία ώρα μετά τον τραυματισμό. Ωστόσο, 24 ώρες μετά τον τραυματισμό οι περιοχές κοντά στο τραύμα ήταν πλέον σε θέση να φωτοσυνθέσουν με τον ίδιο ρυθμό όπως και οι πιο απομακρυσμένες, κάτι που δείχνει ότι έχουν αναρρώσει πλήρως [Quilliam et al., 2006]. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι εκτός από τις τραυματισμένες περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από το φύλλο ή είναι νεκρές, και ίσως προκαλούν μία μόνιμη μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων, οι παρακείμενες υγιείς περιοχές των φύλλων μπορεί να προκαλέσουν μια επιπλέον, αλλά παροδική, απώλεια του ρυθμού της φωτοσύνθεσης. Ομοίως, με τα αποτελέσματα της φωτοσύνθεσης, τόσο η διαπνοή (Σχήμα 1β) όσο και η στοματική αγωγιμότητα (Σχήμα 1γ) των τραυματισμένων φύλλων έδειξαν την ίδια άμεση μείωση της ημέρας μηδέν, όπως έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές για τη στοματική αγωγιμότητα [Brilli et al., 2011, Kanagendran et al., 2018], αλλά η μείωση έχει επίσης εξαλειφθεί την 3^η ημέρα [Kanagendran et al., 2018]. Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι οι προκαλούμενες μεταβολές στις διαδικασίες ανταλλαγής αερίων διαδίδονται και στον άθικτο ιστό των φύλλων [Nabity et al., 2009]. Μετά την 6^η ημέρα, τόσο η διαπνοή όσο και η στοματική αγωγιμότητα των τραυματισμένων φύλλων εμφάνισαν μείωση σε σύγκριση με τα άθικτα

φύλλα και τα φύλλα ελέγχου, αλλά αυτή η μείωση δεν ήταν τόσο έντονη όσο της φωτοσύνθεσης.

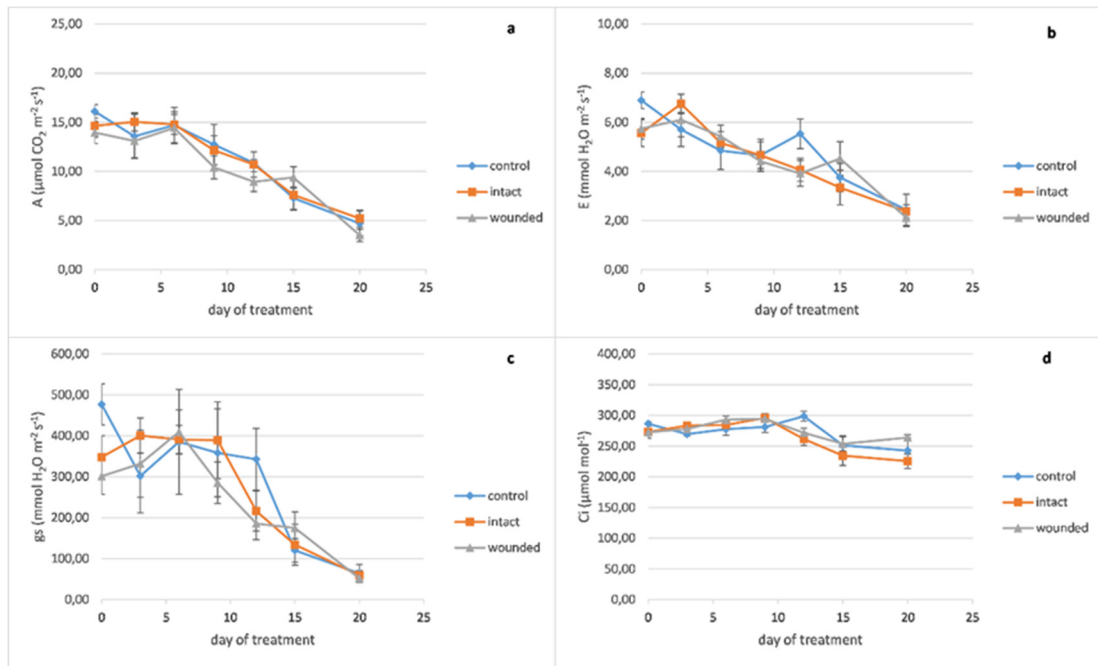
Επιπλέον, ήταν αρκετά εντυπωσιακό το γεγονός ότι τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών εμφάνισαν υψηλότερο φωτοσυνθετικό ποσοστό όχι μόνο σε σύγκριση με τα τραυματισμένα αλλά και με τα φύλλα των φυτών ελέγχου. Η παρατήρηση αυτή είναι σύμφωνη με την μετρούμενη εσωτερική συγκέντρωση του CO₂, η οποία ήταν χαμηλότερη για τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών (Σχήμα 1δ), προφανώς λόγω του υψηλότερου ρυθμού φωτοσύνθεσης που καταναλώνει το εσωτερικό CO₂. Όπως έχει αναφερθεί σε παλιότερες εργασίες, η αναπνοή των τραυματισμένων φύλλων του *Arabidopsis thaliana* εμφανίζει μείωση 2 ώρες μετά τον τραυματισμό, όπως και το παρατηρούμενο προφίλ της φωτοσύνθεσης. Αντιθέτως, 24 ώρες μετά τον τραυματισμό, ενώ η φωτοσύνθεση αποκαταστάθηκε στα επίπεδα των control, η αναπνοή αυξήθηκε έντονα, δηλαδή έγινε τουλάχιστον διπλάσια σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου [Lukaszuk et al., 2017]. Γενικά, η αναπνοή αυξάνεται στους ιστούς των τραυματισμένων φυτών, εξαιτίας των αυξημένων αναγκών ενέργειας των μηχανισμών άμυνας και επιδιόρθωσης [Quilliam et al., 2006, Lafta et al., 2011]. Συνεπώς, τα άθικτα φύλλα των τραυματισμένων φυτών του βασιλικού μπορούν να λειτουργήσουν εμφανίζοντας αυξημένο φωτοσυνθετικό ρυθμό, καλύπτοντας έτσι τις αυξημένες απαιτήσεις ενέργειας και άνθρακα των τραυματισμένων φύλλων. Όσον αφορά την επίδραση του τραυματισμού στην παραγωγικότητα του βασιλικού, μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, το συνολικό ξηρό βάρος βλαστών συν φύλλων μειώθηκε κατά 8% για τα τραυματισμένα φυτά σε σύγκριση με τα φυτά ελέγχου, αν και το νωπό βάρος και το ύψος των φυτών δεν επηρεάστηκαν (data not shown).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λίπανση της 16ης ημέρας φαίνεται να προκαλεί μία παροδική αύξηση των διαδικασιών ανταλλαγής αερίων μόνο την 20^η ημέρα (Σχήμα 1α, β, γ).



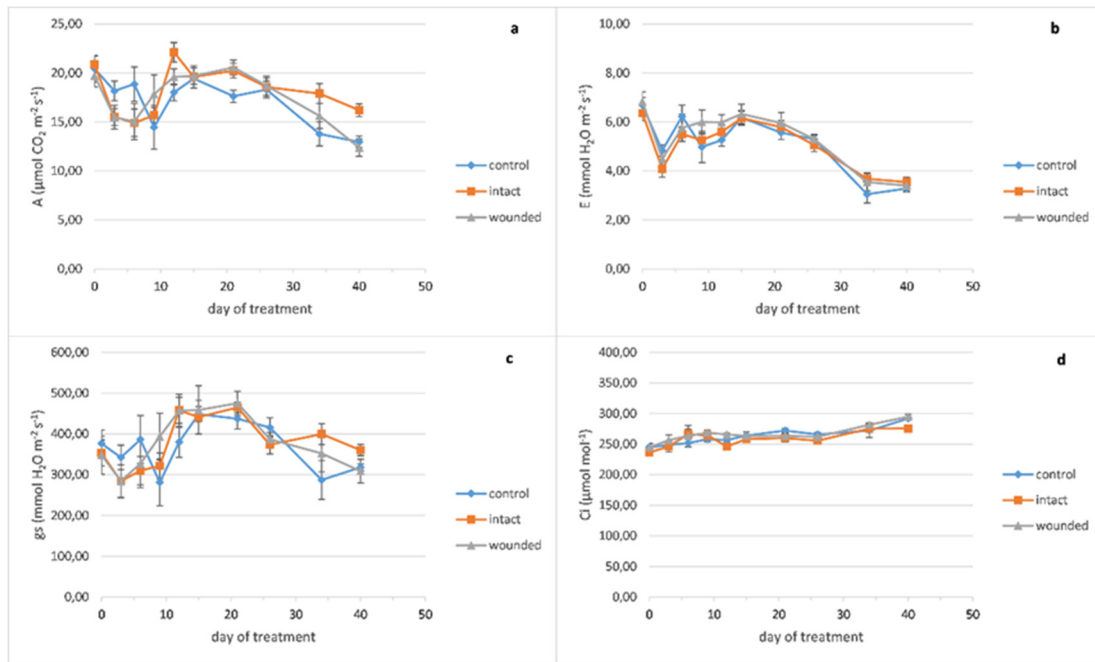
Σχήμα 1. Παράμετροι ανταλλαγής αερίων σε φύλλα του *Ocimum basilicum* έναντι του τραυματισμού των φύλλων: α) φωτοσύνθεση, β) διαπνοή, γ) στοματική αγωγιμότητα, δ) εσωτερική συγκέντρωση του CO_2 . Τα δεδομένα είναι ο μέσος όρος ($n = 6$ ή 7) \pm τυπικό σφάλμα (SEM).

Τα τραυματισμένα φύλλα μέντας εμφάνισαν μείωση της φωτοσύνθεσης (Σχήμα 2α), της διαπνοής (Σχήμα 2β) και της στοματικής αγωγιμότητας (Σχήμα 2γ) την ημέρα μηδέν, όπως παρατηρήθηκε και στον βασιλικό. Όμως, μετά την 6^η ημέρα φαίνεται ότι δεν υπάρχει σημαντική μείωση των παραπάνω παραμέτρων στα τραυματισμένα φύλλα, αντίστοιχη με αυτή του βασιλικού. Ομοίως, οι διαφορές της εσωτερικής συγκέντρωσης του CO_2 μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων έχουν σχεδόν εξαλειφθεί (Σχήμα 2δ).



Σχήμα 2. Παράμετροι ανταλλαγής αερίων σε φύλλα του *Mentha piperita* έναντι του τραυματισμού των φύλλων: α) φωτοσύνθεση, β) διαπνοή, γ) στοματική αγωγιμότητα, δ) εσωτερική συγκέντρωση του CO₂. Τα δεδομένα είναι ο μέσος όρος (n = 6 ή 7) ± τυπικό σφάλμα (SEM).

Όσον αφορά την επίδραση του τραυματισμού των φύλλων στο φασκόμηλο, φαίνεται ότι δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (Σχήμα 3). Επίσης, δεν υπήρξε καμία επίδραση στην παραγωγικότητα των φυτών, δεδομένου ότι το συνολικό νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος (βλαστοί συν φύλλα) και το ύψος των φυτών δεν επηρεάστηκαν (data not shown).



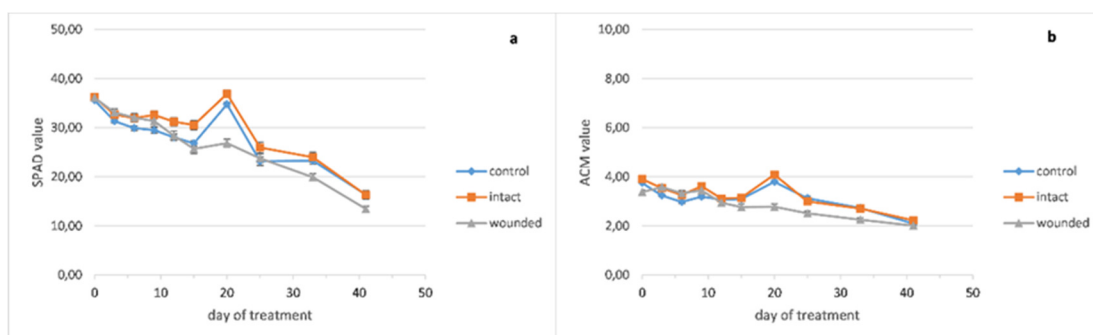
Σχήμα 3. Παράμετροι ανταλλαγής αερίων σε φύλλα του *Salvia officinalis* έναντι του τραυματισμού των φύλλων: α) φωτοσύνθεση, β) διαπνοή, γ) στοματική αγωγιμότητα, δ) εσωτερική συγκέντρωση του CO₂. Τα δεδομένα είναι ο μέσος όρος (n = 6 ή 7) ± τυπικό σφάλμα (SEM).

Οι διαφορετικές αποκρίσεις μεταξύ των ερευνηθέντων φυτών μπορεί να οφείλονται στις εγγενείς ιδιότητες του κάθε είδους [Schmidt et al., 2015] να αντιμετωπίσουν τον τραυματισμό, όπως έχει περιγραφεί και για άλλα φυτά [Rasulov et al., 2019]. Επιπλέον, η έκταση του τραυματισμού μπορεί επίσης να είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, δεδομένου ότι έχει αναφερθεί ότι η βλάβη των φύλλων για περίπου 2,5% της συνολικής επιφάνειας των φύλλων φυτών φράουλας δεν επηρεάζει τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή τους [Ibanez et al., 2019]. Αντιθέτως, η βλάβη των φύλλων σε έκταση περίπου 10%, προκάλεσε σημαντική μείωση και των δύο παραπάνω παραμέτρων.

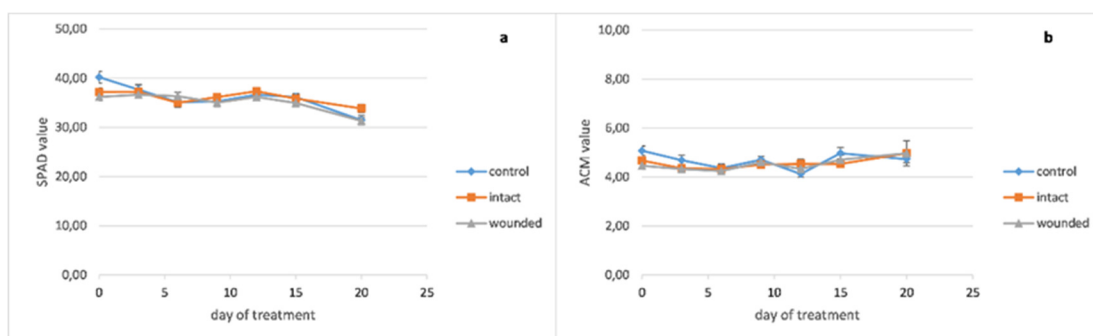
Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η αντίδραση της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής έναντι του τραυματισμού είναι σύνθετο φαινόμενο. Πιθανώς, εξαρτάται τόσο από την άμεση όσο και από την έμμεση επίδραση του τραυματισμού δηλαδή: α) τη μείωση της επιφάνειας των φύλλων και β) τη διακοπή της αγγείωσης, τις αυξημένες ανάγκες ενέργειας και τις διαδικασίες άμυνας, αντίστοιχα [Nabity et al., 2009]. Επιπλέον, η απόκριση των φυτών επηρεάζεται και από τον τύπο του τραυματισμού (μηχανικός τραυματισμός, μάσημα από έντομα, μύζηση των χυμών του φλοιώματος κ.λ.π.) [Ducerre et al., 2012].

Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των τραυματισμένων φύλλων του βασιλικού (Σχήμα 4α) είναι χαμηλότερη από τα άθικτα και τα control φύλλα περίπου από την 12η

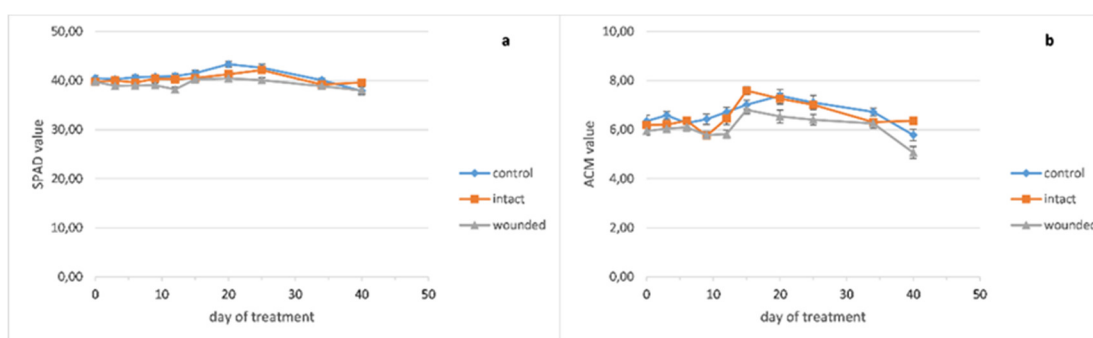
ημέρα και παρέμεινε μειωμένη μέχρι το τέλος του πειράματος. Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων της μέντας φαίνεται να μην επηρεάζεται από τον τραυματισμό (Σχήμα 5α), ενώ των τραυματισμένων φύλλων του φασκόμηλου φαίνεται να μειώνεται ελαφρά σε σύγκριση με τα άθικτα και τα φύλλα ελέγχου (Σχήμα 6α).



Σχήμα 4. Περιεκτικότητα των φύλλων του βασιλικού σε: α) χλωροφύλλη, β) ανθοκυανίνες. Τα δεδομένα είναι μέσα στο ($n = 18$ ή 21) \pm τυπικό σφάλμα των μέσων (SEM).



Σχήμα 5. Περιεκτικότητα των φύλλων της μέντας σε: α) χλωροφύλλη, β) ανθοκυανίνες. Τα δεδομένα είναι μέσα στο ($n = 18$ ή 21) \pm τυπικό σφάλμα των μέσων (SEM).



Σχήμα 6. Περιεκτικότητα των φύλλων του φασκόμηλου σε: α) χλωροφύλλη, β) ανθοκυανίνες. Τα δεδομένα είναι μέσα στο ($n = 18$ ή 21) \pm τυπικό σφάλμα των μέσων (SEM).

Τα παραπάνω αποτελέσματα ταιριάζουν με τα αντίστοιχα των διαδικασιών ανταλλαγής αερίων και ιδιαίτερα με της φωτοσύνθεσης (Σχήματα 1, 2, 3). Φαίνεται ότι η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στα τραυματισμένα φύλλα, όπως βρέθηκε στον βασιλικό,

αντιστοιχεί και σε μειωμένη φωτοσύνθεση. Αντίστοιχα, όταν η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη δε μειώνεται σημαντικά, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης είναι μάλλον ανεπηρέαστος.

Επιπλέον, οι χλωροφύλλες των τραυματισμένων φύλλων του βασιλικού δε φαίνεται να επηρεάζονται από τη λίπανση της 16^{ης} ημέρας, ενώ τα άθικτα και τα control φύλλα δείχνουν σημαντική αλλά μάλλον παροδική αύξηση, καθώς αυτή η αύξηση εξαλείφεται πέντε ημέρες αργότερα (Σχήμα 4α).

Προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι, γενικά, ο τραυματισμός προάγει τη μείωση της χλωροφύλλης, ενώ η επίδραση αυτή εξαρτάται και από την ένταση του τραυματισμού [Lukaszuk et al., 2017, Giridhar et al., 1988, Chitarrini et al., 2017]. Επίσης, η επίδραση του τραυματισμού στην περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη φαίνεται να σχετίζεται και με άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες, δεδομένου ότι έχει αναφερθεί ότι υπό σκοτεινές συνθήκες, ο τραυματισμός μπορεί να καθυστερήσει την απώλεια χλωροφύλλης [Giridhar et al., 1986].

Η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνη των τραυματισμένων και άθικτων φύλλων βασιλικού έγινε ελαφρώς υψηλότερη από τα φύλλα ελέγχου μέχρι την 9^η ημέρα (Σχήμα 4β). Από εκείνη τη στιγμή και έπειτα η περιεκτικότητα των τραυματισμένων φύλλων έγινε χαμηλότερη μέχρι το τέλος του πειράματος. Επιπλέον, σε σχέση με τη λίπανση της 16ης ημέρας, οι ανθοκυανίνες των φύλλων του βασιλικού έδειξαν παρόμοιο μοτίβο με τη χλωροφύλλη, δηλαδή την ανεπηρέαστη περιεκτικότητα σε τραυματισμένα φύλλα και τη σημαντική αλλά παροδική αύξηση για τα άθικτα και τα control.

Αντιθέτως, η περιεκτικότητα ανθοκυανίνης της μέντας φαίνεται να είναι μάλλον ανεπηρέαστη από τον τραυματισμό (Σχήμα 5β), ενώ τα τραυματισμένα φύλλα φασκόμηλου παρουσίασαν μειωμένες ανθοκυανίνες σε σύγκριση με τα άθικτα και τα control φύλλα (Σχήμα 6β).

Είναι γνωστό ότι ο τραυματισμός των φύλλων προκαλεί βιοσύνθεση και συσσώρευση ανθοκυανίνης [Gould et al., 2002, Wang et al., 2020, Poudel et al., 2016]. Οι ανθοκυανίνες δεν είναι μόνο χρωστικές, αλλά συμβάλλουν επίσης στην αντοχή των φυτών έναντι των διάφορων βιοτικών ή αβιοτικών καταπονήσεων [Wang et al., 2020]. Οι ανθοκυανίνες συμβάλλουν στις φυτοχημικές αντιδράσεις κατά των φυτοφάγων εντόμων ή της μόλυνσης από παθογόνα. Επιπλέον, μπορούν να προστατεύσουν τα κύτταρα των φύλλων από οξειδωτικές βλάβες, δεσμεύοντας ένα μεγάλο φάσμα δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS),

αν και μπορεί να είναι δευτερεύουσας αντιοξειδωτικής σημασίας, δεδομένου ότι οι ανθοκυανίνες συσσωρεύονται στο χυμοτόπιο και όχι στο κυτταρόπλασμα ή στους χλωροπλάστες όπου παράγονται οι ROS. Έχει αναφερθεί ότι ο μηχανικός τραυματισμός σε νεαρά φύλλα του *Pseudowintera colorata* προκαλεί βιοσύνθεση ανθοκυανινών, ξεκινώντας 32 ώρες μετά τον τραυματισμό και συσσωρεύονται για τουλάχιστον 92 ώρες, από περιοχές περίπου τρία ή τέσσερα κύτταρα μακριά από τη νεκρωτική κάκωση μέχρι περιοχές περίπου 1 mm μακριά. Ωστόσο, η απόκριση των φυτών όχι μόνο εξαρτάται από την ένταση του τραυματισμού αλλά και από την ηλικία των φύλλων, καθώς η βιοσύνθεση της ανθοκυανίνης δεν παρατηρήθηκε σε γηραιότερα φύλλα [Gould et al., 2002].

Τα αποτελέσματά μας παρουσιάζουν αρκετά διαφορετικό προφίλ ανθοκυανίνης στα τραυματισμένα φύλλα, που κυμαίνονται από α) αύξηση για 3-9 ημέρες μετά τον τραυματισμό (βασιλικός, Σχήμα 4β) β) καμία επίδραση (μέντα, Σχήμα 5β) ή γ) ακόμα και μείωση των ανθοκυανινών (φασκόμηλο, Σχήμα 6β). Γενικά, τα αποτελέσματα αυτά μοιάζουν με τα αντίστοιχα που αφορούν τις φυσιολογικές διαδικασίες ανταλλαγής αερίων και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη, υποδεικνύοντας ότι ο βασιλικός είναι ένα πιο ευαίσθητο φυτό στον τραυματισμό, ενώ το φασκόμηλο και κυρίως η μέντα είναι πιο ανθεκτικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ε. Λιεπούρη 2016. Ελληνικά βότανα και οι χρήσεις τους – Θεραπευτικές και άλλες χρήσεις – Πιθανές χρήσεις στην Αρχιτεκτονική Τοπίου και στην Ανθοκομία. ΤΕΙ Ηπείρου, Τμήμα Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολόγων Τροφίμων και Διατροφής
- Χ. Δόρδας, 2012. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Εκδόσεις ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ
- Α. Παπαιωάννου, 2011. Αρωματικά – Φαρμακευτικά Φυτά – Βασιλικός – Σάλβια – Χαμομήλι – Φασκόμηλο – Εχινάτσα. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Μεσολογγίου, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας
- Δ. Κολοπάς, 2018. Προτιμήσεις βοτάνων από κατοίκους της περιοχής Λαγκαδά. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων
- Γ. Καραμπουρνιώτης, Γ. Λιακόπουλος και Δ. Νικολόπουλος, Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδ. ΕΜΒΡΥΟ, ΑΘΗΝΑ 2012

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- https://oceclass.aua.gr/modules/document/file.php/OCDCS100/GBT_2750_07_2h.pdf
- https://www.agrilifehellas.com/images/pdfgr/aviotiki_entasi_greek.pdf

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brilli, F.; Ruuskanen, T.M.; Schnitzhofer, R.; Müller, M.; Breitenlechner, M.; Bittner, V.; Wohlfahrt, G.; Loreto, F.; Hansel, A. Detection of Plant Volatiles after Leaf Wounding and Darkening by Proton Transfer Reaction “Time-of-Flight” Mass Spectrometry (PTR-TOF). *PLoS ONE* **2011**, *6*, e20419, doi:10.1371/journal.pone.0020419.
- Chitarrini, G.; Zulini, L.; Masuero, D.; Vrhovsek, U. Lipid, Phenol and Carotenoid Changes in ‘Bianca’ Grapevine Leaves after Mechanical Wounding: A Case Study. *Protoplasma* **2017**, *254*, 2095–2106, doi:10.1007/s00709-017-1100-5.
- Dorokhov et al., Airborne Signals from a Wounded Leaf Facilitate Viral Spreading and Induce Antibacterial Resistance in Neighboring Plants. *Plos Pathogens* **2012**, *8* (4): 1-19

- Duceppe, M.-O.; Cloutier, C.; Michaud, D. Wounding, Insect Chewing and Phloem Sap Feeding Differentially Alter the Leaf Proteome of Potato, *Solanum Tuberosum* L. *Proteome Sci.* **2012**, *10*, 73, doi:10.1186/1477-5956-10-73.
- Giridhar, G.; Thimann, K.V. Is the Effect of Wounding on Leaf Senescence Due to Ethylene? *Plant Sci.* **1986**, *47*, 11–14, doi:10.1016/0168-9452(86)90004-X.
- Giridhar, G.; Thimann, K.V. The Interaction of Senescence and Wounding in Oat Leaves. II. Chlorophyll Breakdown Caused by Wounding in Light. *Plant Sci.* **1988**, *54*, 133–139, doi:10.1016/0168-9452(88)90091-X.
- Gould, K.S.; McKelvie, J.; Markham, K.R. Do Anthocyanins Function as Antioxidants in Leaves? Imaging of H₂O₂ in Red and Green Leaves after Mechanical Injury. *Plant Cell Environ.* **2002**, *25*, 1261–1269, doi:10.1046/j.1365-3040.2002.00905.x.
- Ibanez, F.; Bang, W.Y.; Lombardini, L.; Cisneros-Zevallos, L. Solving the Controversy of Healthier Organic Fruit: Leaf Wounding Triggers Distant Gene Expression Response of Polyphenol Biosynthesis in Strawberry Fruit (*Fragaria x Ananassa*). *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 19239, doi:10.1038/s41598-019-55033-w.
- Kanagendran, A.; Pazouki, L.; Niinemets, Ü. Differential Regulation of Volatile Emission from Eucalyptus Globulus Leaves upon Single and Combined Ozone and Wounding Treatments through Recovery and Relationships with Ozone Uptake. *Environ. Exp. Bot.* **2018**, *145*, 21–38, doi:10.1016/j.envexpbot.2017.10.012.
- Lafta, A.M.; Fugate, K.K. Metabolic Profile of Wound-Induced Changes in Primary Carbon Metabolism in Sugarbeet Root. *Phytochemistry* **2011**, *72*, 476–489, doi:10.1016/j.phytochem.2010.12.016.
- Lukaszuk, E.; Rys, M.; Możdżeń, K.; Stawoska, I.; Skoczowski, A.; Ciereszko, I. Photosynthesis and Sucrose Metabolism in Leaves of *Arabidopsis Thaliana* Aos, Ein4 and Rcd1 Mutants as Affected by Wounding. *Acta Physiol. Plant.* **2017**, *39*, 17, doi:10.1007/s11738-016-2309-1.
- Nabity, P.D.; Zavala, J.A.; DeLucia, E.H. Indirect Suppression of Photosynthesis on Individual Leaves by Arthropod Herbivory. *Ann. Bot.* **2009**, *103*, 655–663, doi:10.1093/aob/mcn127.
- Poudel, A.N.; Zhang, T.; Kwasniewski, M.; Nakabayashi, R.; Saito, K.; Koo, A.J. Mutations in Jasmonoyl-L-Isoleucine-12-Hydroxylases Suppress Multiple JA-Dependent Wound Responses in *Arabidopsis Thaliana*. *Biochim. Biophys. Acta BBA - Mol. Cell Biol. Lipids* **2016**, *1861*, 1396–1408, doi:10.1016/j.bbalip.2016.03.006.
- Quilliam, R.S.; Swarbrick, P.J.; Scholes, J.D.; Rolfe, S.A. Imaging Photosynthesis in Wounded Leaves of *Arabidopsis Thaliana*. *J. Exp. Bot.* **2006**, *57*, 55–69, doi:10.1093/jxb/erj039.
- Rasulov, B.; Talts, E.; Niinemets, Ü. A Novel Approach for Real-Time Monitoring of Leaf Wounding Responses Demonstrates Unprecedentedly Fast and High Emissions of Volatiles from Cut Leaves. *Plant Sci.* **2019**, *283*, 256–265, doi:10.1016/j.plantsci.2019.03.006.

- Schmidt, L.; Hummel, G.M.; Thiele, B.; Schurr, U.; Thorpe, M.R. Leaf Wounding or Simulated Herbivory in Young *N. Attenuata* Plants Reduces Carbon Delivery to Roots and Root Tips. *Planta* **2015**, *241*, 917–928, doi:10.1007/s00425-014-2230-z
- Wang, H.; Wang, X.; Yu, C.; Wang, C.; Jin, Y.; Zhang, H. MYB Transcription Factor PdMYB118 Directly Interacts with BHLH Transcription Factor PdTT8 to Regulate Wound-Induced Anthocyanin Biosynthesis in Poplar. *BMC Plant Biol.* **2020**, *20*, 173, doi:10.1186/s12870-020-02389-1.