



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

***Εφαρμογή βιοδιεγερτών σε γενετικό υλικό μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.):
επίδραση στην ανάπτυξη, φυσιολογία και στην ανθεκτικότητα έναντι του
παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerea****
NANTΣΙΟΥ ΜΑΡΙΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:

Παυλή Ουρανία, Αναπληρώτρια
Καθηγήτρια Π.Θ.

Βόλος, 2023

**«Εφαρμογή βιοδιεγερτών σε γενετικό υλικό μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.):
επίδραση στην ανάπτυξη, φυσιολογία και στην ανθεκτικότητα έναντι του
παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerea***

**«Biostimulants application on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germplasm: effect on
growth, physiology and resistance against the fungal pathogen *Botrytis cinerea***

Νάντσιου Μαρία

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. Παυλή Ουρανία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, ΠΘ
2. Βέλλιος Ευάγγελος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, ΠΘ
3. Ζαμπούνης Αντώνιος, Ερευνητής, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΤΦΠΑΠ

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας υπό την επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, Παυλή Ουρανίας, την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδιάς αφενός για την εμπιστοσύνη και την ευκαιρία να υλοποιήσω την εν λόγω ερευνητική μελέτη και αφετέρου για την καθοδήγηση και τη συμπαράσταση καθόλη τη διάρκεια του πειράματος.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βέλλιο Ευάγγελο, Επίκουρο Καθηγητή του Εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας, για τη χορήγηση του παθογόνου μικροοργανισμού που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη καθώς και την καθοδήγησή του σχετικά με το πρωτόκολλο και τις διαδικασίες εφαρμογής των τεχνητών μολύνσεων που έλαβαν χώρα στην παρούσα μελέτη.

Αντιστοίχως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ζαμπούνη Αντώνιο, ερευνητή του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού «ΔΗΜΗΤΡΑ» για τις εποικοδομητικές συμβουλές επί του πειραματικού σχεδίου και για την αξιολόγηση της μελέτης.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να αποτείνω προς την κυρία Παναγιωτάκη Ευαγγελία, μέλος ΕΔΙΠ του εργαστηρίου Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, χωρίς την αμέριστη αρωγή της οποίας δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αρτίως το πείραμα αλλά και η ανάλυση των δεδομένων της εργασίας εν συνόλω.

Ευχαριστώ πολύ τη διδακτορική φοιτήτρια Τούμπου Χριστίνα για τη συμβολή της στην διεξαγωγή του πειράματος και για την βοήθεια που ποτέ δε δίστασε να μου παράσχει.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καλή μου φίλη και συμφοιτήτρια Φωτεινή για τη συμπόρευση καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μας και τη συμπαράσταση σε αυτήν την προσπάθεια.

Τέλος, ωφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου Αθανάσιο και Κυριακή που αποτελούν ένα ανεκτίμητο έρεισμα σε κάθε βήμα μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
Κατάλογος Πινάκων.....	Error! Bookmark not defined.
Κατάλογος Γραφημάτων	Error! Bookmark not defined.
Κατάλογος εικόνων.....	Error! Bookmark not defined.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Η Καλλιέργεια του Μαρουλιού.....	1
1.1.1. Ταξινόμηση του Μαρουλιού	1
1.1.2. Βοτανική Περιγραφή	1
1.1.3 Πολλαπλασιασμός	2
1.1.4. Απαιτήσεις Κλίματος.....	3
1.1.5. Απαιτήσεις Εδάφους.....	4
1.1.6. Άρδευση.....	4
1.1.7. Λίπανση	4
1.1.8. Εχθροί και Αθένειες.....	5
1.2. Το Παθογόνο	5
1.2.1. Συστηματική Ταξινόμηση.....	5
1.2.2. Γενετική Παραλλακτικότητα	6
1.2.3. Βιολογικός Κύκλος.....	7
1.2.3.1. Εγγενής Αναπαραγωγή	7
1.2.3.2. Αγενής Αναπαραγωγή	7
1.2.4. Συμπτωματολογία.....	9
1.2.5. Αντιμετώπιση του Βοτρύτη	9
1.2.5.1. Καλλιεργητικές Πρακτικές	9
1.2.5.2. Χημική Αντιμετώπιση	10
1.2.5.3. Βιολογικοί Παράγοντες	10
1.3. Βιοδιεγέρτες.....	11

1.3.1. Κατηγορίες Βιοδιεγερτών	12
1.3.2. Πλεονεκτήματα Βιοδιεγερτών	14
1.3.3. Μειονεκτήματα Βιοδιεγερτών	14
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	16
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	17
2.1. Φυτικό υλικό	17
2.2. Μίγματα Βιοδιεγερτών	18
2.3. Εφαρμογή βιοδιεγερτών	18
2.4 Η επίδραση των βιοδιεγερτών σε αναπτυξιακές παραμέτρους των φυτών ...	19
2.4.1. Ύψος φυτών	19
2.4.2. Αριθμός φύλλων.....	20
2.4.3. Νωπό και ξηρό βάρος φυτών	20
2.5. Η επίδραση των βιοδιεγερτών σε βιοχημικές παραμέτρους των φυτών	20
2.5.1. Προσδιορισμός της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη b και καροτενοειδή.....	20
2.6. Η επίδραση των βιοδιεγερτών στην προσβολή από τον παθογόνο μύκητα <i>Botrytis cinerea</i>	21
2.6.1. Απομονώσεις του <i>Botrytis cinerea</i>	21
2.6.2. Παρασκευή υποστρώματος Potato Dextrose Agar (PDA)	22
2.6.3. Ανάπτυξη μυκηλίου.....	22
2.6.4. Βλάστηση σπορίων.....	23
2.7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας των φύλλων σε προλίνη	25
2.7.1 Δείγματα φυτικού ιστού.....	25
2.7.2. Εκχύλιση φυτικού ιστού	26
2.7.3. Κατασκευή καμπύλης αναφοράς.....	26
3. Αποτελέσματα	29
3.1 Επίδραση των βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων.....	29
3.2 Επίδραση των βιοδιεγερτών στο ύψος των φυτών.....	32

3.3 Επίδραση των βιοδιεγερτών στο νωπό βάρος στο ξηρό βάρος και στην % ξηρά ουσία	35
3.4 Επίδραση των βιοδιεγερτών στην ποσότητα χλωροφύλλης	38
3.4.1 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε χλωροφύλλη a	38
3.4.2 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε χλωροφύλλη b	41
3.4.3 Συνολική περιεκτικότητα χλωροφύλλης a και b των φύλλων	44
3.4.4 Λόγος χλωροφύλλης a προς b των φύλλων	47
3.4.5 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε καρετονοειδή.....	50
3.6 Επίδραση των βιοδιεγερτών στις δοκιμές βλάστησης σπορίων	57
3.7 Περιεκτικότητα των προσβεβλημένων με το μύκητα <i>Botrytis cinerea</i> φυτών σε προλίνη	61
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69
Α. Ελληνική	69
Β. Ξενόγλωσση	69
Παραρτημα	76

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σύγχρονη ροπή της γεωργίας προς την ολοκληρωμένη διαχείριση έχει δημιουργήσει την ανάγκη για ισορροπία μεταξύ μεγιστοποίησης της ποιότητας και της παραγόμενης ποσότητας και ελαχιστοποίησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, με στόχο την αειφορία. Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή επιτελούν οι βιοδιεγέρτες, οι οποίοι καλούνται να υποκαταστήσουν τις επιβλαβείς για το περιβάλλον χημικές ουσίες, ενισχύοντας ταυτόχρονα την αύξηση, ανάπτυξη και άμυνα των φυτών. Ένα σημαντικό για την οικονομία λαχανοκομικό είδος είναι το μαρούλι (*Lactuca sativa*), το οποίο ανήκει στην οικογένεια Asteraceae. Μία από τις σημαντικότερες ασθένειες της καλλιέργειας προκαλείται από τον παθογόνο μύκητα *B. cinerea*, ο οποίος δύναται συντελέσει σε μεγάλες απώλειες στην παραγωγή. Στην παρούσα πειραματική διατριβή, μελετήθηκε η απόκριση των ποικιλιών μαρουλιού Asturion και Green Towers σε 4 βιοδιεγέρτες. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή των σκευασμάτων Laminarin, Serenade, Romeo και Project One και μελέτη της απόκρισης των φυτών αναφορικά με αναπτυξιακές και βιοχημικές παραμέτρους. Ως παράμετροι αξιολόγησης αξιοποιήθηκαν ο αριθμός φύλλων, το ύψος των φυτών, το ξηρό και νωπό βάρος των φυτών, η % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη a, b, καροτενοειδή και η συνολική περιεκτικότητα χλωροφύλλης καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης a προς b. Περαιτέρω, μελετήθηκε η επίδραση των βιοδιεγερτών αναφορικά με την ανθεκτικότητα των φυτών έναντι του μύκητα *B. cinerea*. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν τεχνητές μολύνσεις σε φυτά όπου είχε προηγηθεί η εφαρμογή των σκευασμάτων Laminarin, Serenade, Romeo και Project One καθώς και σε μάρτυρες, που αφορούσαν σε φυτά που δεν υπέστησαν καμία μεταχείριση και φυτά που έγινε εφαρμογή με το ευρέως χρησιμοποιούμενο μυκητοκτόνο Signum. Η τεχνητή μόλυνση πραγματοποιήθηκε είτε με τοποθέτηση μυκηλιακού δίσκου σε υγιή φύλλα είτε με εναπόθεση αιωρήματος σπορίων σε φύλλα υγιών φυτών. Ως παράμετροι αξιολόγησης της απόκρισης των φυτών αξιοποιήθηκαν η διάμετρος του μυκηλίου που αναπτύχθηκε, έπειτα από τεχνητή μόλυνση των φύλλων με μυκηλιακό δίσκο, καθώς και ο αριθμός των προσβεβλημένων ή/και νεκρών κατώτερων φύλλων, το ποσοστό επί τοις εκατό της προσβεβλημένης επιφάνειας, ο αριθμός των φύλλων που έφεραν ορατές χλωρωτικές κηλίδες και η περιεκτικότητα των μολυσμένων φύλλων σε προλίνη συγκριτικά με τους μάρτυρες. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, κατέδειξαν πως

υφίσταται σημαντική συσχέτιση μεταξύ ποικιλίας και επίδρασης βιοδιεγέρτη στις ανωτέρω δοκιμές.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Η Καλλιέργεια του Μαρουλιού

1.1.1. Ταξινόμηση του Μαρουλιού

Το φυτικό είδος *Lactuca sativa* L., κοινώς γνωστό ως μαρούλι, είναι ένα ετήσιο, ποώδες φυτό. Αποτελεί κατά κύριο λόγο αυτογονιμοποιούμενο είδος, λόγω της μορφολογίας του, η οποία καθιστά ιδιαίτερα δυσχερή την σταυρογονιμοποίηση. Μαζί με την αγκινάρα, το αντίδι και το ραδίκι, ανήκει στην οικογένεια Asteraceae.

Πίνακας 1.1: Συστηματική Ταξινόμηση του Μαρουλιού

ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Plantae
ΣΥΝΟΜΟΤΑΞΙΑ	Magnoliophyta (Αγγειόσπερμα)
ΟΜΟΤΑΞΙΑ	Magnoliopsida (Δικοτυλήδονα)
ΤΑΞΗ	Asterales (Αστερώδη)
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Asteraceae (Σύνθετα)
ΓΕΝΟΣ	<i>Lactuca</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>L. sativa</i>

1.1.2. Βοτανική Περιγραφή

Ως είδος, το μαρούλι παρουσιάζει μεγάλη φαινοτυπική παραλλακτικότητα. Η ανάπτυξη του φυτού, διακρίνεται σε όρθια και πλάγια και συνιστά μορφολογικό χαρακτηριστικό που οφείλεται στην ποικιλία. Η κεντρική ρίζα του μαρουλιού, είναι πασσαλώδους μορφής και μπορεί να φτάσει σε βάθος έως 60 εκατοστών. Ωστόσο, καθώς η μεταφύτευση είναι η συνηθέστερη πρακτική για την καλλιέργεια, η ρίζα αυτή καταστρέφεται και αντικαθίσταται από επιφανειακό, θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Ο βλαστός του φυτού είναι αρχικά μικρού ύψους, το οποίο όμως μπορεί να ανέλθει ή/και να ξεπεράσει το 1 μέτρο (Πάσσαμ, 2013).

Στην κορυφή του ανθικού στελέχους, εντοπίζεται η ταξιανθία με μορφή κορυμβόμορφου βότρυος ή φόβης, αποτελούμενη από μεγάλο αριθμό κεφαλών. Κάθε κεφαλή φέρει από 7 έως 35 ανθίδια (Χα και Πετρόπουλος, 2014). Τα ανθίδια αποτελούνται από συμπέταλη στεφάνη κίτρινου χρώματος και υποτυπώδη κάλυκα που

σχηματίζει τον πάππο. Το στίγμα τους είναι δισχιδές και περιβάλλεται από 5 στήμονες, οι οποίοι είναι ενωμένοι στη βάση τους και φύονται πάνω από τη μονόχωρη ωοθήκη. Η άνθιση του φυτού διαρκεί από 1 έως 2 μήνες, ενώ το ετεροχρονισμένο και ολιγόωρο άνοιγμα των ανθιδίων κατά τις πρωινές ώρες περιορίζει χρονικά την επικονίαση. Η γονιμοποίηση λαμβάνει χώρα εντός 3 έως 6 ωρών μετά την επικονίαση με κάθε ανθίδιο να παράγει έναν καρπό, ο οποίος ωριμάζει εντός 9 έως 13 ημερών από την άνθιση.

Ο καρπός είναι επιμήκης, μεγέθους 3-4 χιλιοστών, φέρει ένα σπόρο και ονομάζεται αχάινιο. Ο σπόρος, ανάλογα με την ποικιλία, μπορεί να είναι λείος ή ραβδωτός και χρώματος λευκού, κίτρινου, γκριζου, καστανού ή μαύρου.

Τα φύλλα του μαρουλιού ποικίλουν μορφολογικά στις διάφορες ποικιλίες, με κοινό χαρακτηριστικό τη διάταξη σε ροζέτα περιφερειακά του βλαστού. Το έλασμα είναι πλατύ, λείο και με σχήμα ωοειδές, καρδιοειδές ή επίμηκες. Στην περιφέρεια τους, τα φύλλα μπορεί να είναι κυματοειδή, ακέραια ή οδοντωτά. Το χρώμα με το οποίο συναντώνται συνήθως είναι πράσινο, πιο σκούρο στα φύλλα βάσης και πιο ανοιχτό στα εσωτερικά, ενώ υπάρχουν και ποικιλίες χρώματος κόκκινου ή μωβ που χαρακτηρίζονται από την παρουσία ανθοκυανίνης (Ολύμπιος, 2001).

1.1.3 Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός του μαρουλιού γίνεται με σπόρο, ο οποίος θα πρέπει να είναι ηλικίας μεγαλύτερης των 3 μηνών. Σε αντίθετη περίπτωση, αυξάνεται ο κίνδυνος καθυστερημένης βλάστησης ή ακόμη και εισόδου του σπόρου σε λήθαργο. Το βάθος σποράς κυμαίνεται μεταξύ 0,5-1 εκατοστού, καθώς το επιφανειακό ριζικό σύστημα του φυτού δεν απαιτεί μεγάλο βάθος και η ποσότητα του σπόρου ανέρχεται στα 50 γραμμάρια ανά στρέμμα, κατά προσέγγιση. Ο σπόρος βλαστάνει εντός 1-4 ημερών, με προϋπόθεση την επικράτηση χαμηλών θερμοκρασιών. Ιδανικότερο θερμοκρασιακό εύρος θεωρούνται οι 15-21°C. Ο λήθαργος υψηλών θερμοκρασιών είναι η αιτία που καθιστά απαραίτητο το ανωτέρω θερμοκρασιακό εύρος, καθώς η επικράτηση θερμοκρασιών μεγαλύτερων των 25°C επιφέρει μείωση του ποσοστού βλάστησης.

Ο πολλαπλασιασμός με σπόρο επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους. Μερικές από αυτές είναι: α) η σπορά καλυμμένων σπόρων σε κύβους εδάφους, όταν επιδιώκεται μεγάλος αριθμός φυταρίων, β) η σπορά με το χέρι, όταν επιδιώκεται η επιλογή των πιο

εύρωστων φυταρίων και γ) η σπορά σε αλίες ή σε θερμοκήπια σπορεία όταν επιλέγεται η εγκατάσταση της καλλιέργειας την περίοδο του φθινοπώρου.

Η συνηθέστερη μέθοδος πολλαπλασιασμού του μαρουλιού περιλαμβάνει τη σπορά σε σπορείο και έπειτα τη μεταφύτευση των νεαρών φυταρίων στον αγρό. Η μεταφύτευση πραγματοποιείται 4-6 εβδομάδες μετά τη σπορά, δηλαδή όταν έχουν σχηματιστεί 3-5 πραγματικά φύλλα. Της μεταφύτευσης, προηγείται η προετοιμασία της σποροκλίνης, η οποία προϋποθέτει το όργωμα, την ενσωμάτωση της κοπριάς και της βασικής λίπανσης, το ψιλοχωμάτισμα και την ισοπέδωση του εδάφους. Μετά τη μεταφύτευση, ακολουθεί άρδευση της καλλιέργειας, η οποία όμως, σε περίπτωση που η εγκατάσταση γίνεται με αυτόματες μηχανές, μπορεί να γίνει παράλληλα με αυτήν.

Οι αποστάσεις φύτευσης της καλλιέργειας ποικίλουν, και εξαρτώνται από τον τύπο του μαρουλιού, αλλά και την εποχή εγκατάστασης της καλλιέργειας. Οι αποστάσεις κυμαίνονται μεταξύ των 25-30 εκατοστών επί των γραμμών και 30-50 εκατοστών μεταξύ των γραμμών. Ένας γενικός κανόνας αφορά σε εξασφάλιση μεγαλύτερων αποστάσεων φύτευσης κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο για τους κεφαλωτούς τύπους ή κατά το χειμώνα για τύπους με όρθια ανάπτυξη (Χα και Πετρόπουλος, 2014) .

1.1.4. Απαιτήσεις Κλίματος

Το μαρούλι είναι ένα φυτό το οποίο μπορεί να καλλιεργηθεί όλο το χρόνο. Με την επιλογή της σωστής ποικιλίας, εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών, καθώς ως είδος παρουσιάζει ανθεκτικότητα ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες (έως -5°C). Ως επί το πλείστον, η καλλιέργεια επιλέγεται να εγκατασταθεί κατά το φθινόπωρο ή το χειμώνα. Για την ομαλή ανάπτυξη του φυτού, ως ιδανικότερες θεωρούνται οι θερμοκρασίες ημέρας 15-25°C και νύχτας 10-15°C.

Για την άνθιση του φυτού, απαραίτητη είναι η επικράτηση συγκεκριμένων συνθηκών, συμπεριλαμβανομένης της μεγάλης φωτοπεριόδου, των υψηλών θερμοκρασιών νύχτας, σε συνδυασμό με θερμοκρασίες ημέρας μεγαλύτερες των 25°C.

Ο σχηματισμός εύρωστων και εμπορεύσιμων κεφαλών, εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία. Τα φυτά θα πρέπει να εκτεθούν για ένα χρονικό διάστημα σε χαμηλές θερμοκρασίες προς αποφυγή σχηματισμού χαλαρών κεφαλών. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην έκθεση των φυτών κατά την περίοδο αυτήν σε θερμοκρασίες άνω

των 28°C, διότι υπάρχει το ενδεχόμενο μη σχηματισμού κεφαλής (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.1.5. Απαιτήσεις Εδάφους

Τα εδάφη τα οποία θα επιλεγθούν για την εγκατάσταση της καλλιέργειας του μαρουλιού θα πρέπει να είναι γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία και ουδέτερα ή ελαφρώς όξινα (pH 5-6). Καθώς συνιστά καλλιέργεια υψηλών απαιτήσεων σε νερό, το καλλιεργούμενο έδαφος απαιτείται να έχει καλή ικανότητα συγκράτησης νερού αλλά και αποστράγγισης (Moreira et al., 2014; Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Τέλος, η συγκέντρωση των αλάτων του εδάφους θα πρέπει να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, διότι η παρουσία τους επιφέρει επιπτώσεις σε μια ευαίσθητη στην αλατότητα καλλιέργεια, όπως το μαρούλι.

1.1.6. Άρδευση

Όπως προαναφέρθηκε, το μαρούλι απαιτεί μεγάλες ποσότητες αρδευτικού νερού, το οποίο μάλιστα πρέπει να είναι καλής ποιότητας και χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων προκειμένου να καταστεί εφικτή η απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών και η επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Η άρδευση εφαρμόζεται είτε με καταιονισμό είτε στάγδην, ενώ ιδανικά οι αρδεύσεις θα πρέπει να είναι συχνές και σε μικρές ποσότητες. Με αυτόν τον τρόπο, προλαμβάνεται η εμφάνιση του περιθωριακού καψίματος αλλά και της πικρής γεύσης του φυλλώματος. Κατ' επέκταση, η ποιότητα του εμπορικού προϊόντος παραμένει υψηλή. Στον αντίποδα, η εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων αρδευτικού νερού, ενδέχεται να συντελέσει στον σχηματισμό χαλαρών κεφαλών (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.1.7. Λίπανση

Όπως και στην πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ειδών, στο μαρούλι η εφαρμοζόμενη λίπανση διακρίνεται στη βασική και στην επιφανειακή. Κατά τη βασική λίπανση, τα θρεπτικά στοιχεία που προστίθενται είναι το K και ο P. Οι ποσότητες που προτείνονται για την καλλιέργεια του μαρουλιού είναι 8-10 kg/στρ. P₂O₅ και 25-30 kg/στρ K₂O. Όσον αφορά τις επιφανειακές λιπανσεις, γίνεται εφαρμογή N με τη μορφή νιτρικών

ιόντων, τα οποία απορροφούνται ευκολότερα από το έδαφος. Η ποσότητα που προτείνεται είναι 10-20 kg/στρ και συνήθως εφαρμόζεται σε τρεις δόσεις κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Μια φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, αλλά και αναλύσεις εδάφους, θα πρέπει να προηγούνται της επιλογής προγράμματος λίπανσης για την ορθότερη διαχείριση της καλλιέργειας. Ακόμη, προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις χορηγούμενες ποσότητες του αζώτου προς αποφυγή σχηματισμού χαλαρών κεφαλών με υδαρή όψη και στην οξίνιση του εδάφους από τα χορηγούμενα λιπάσματα (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

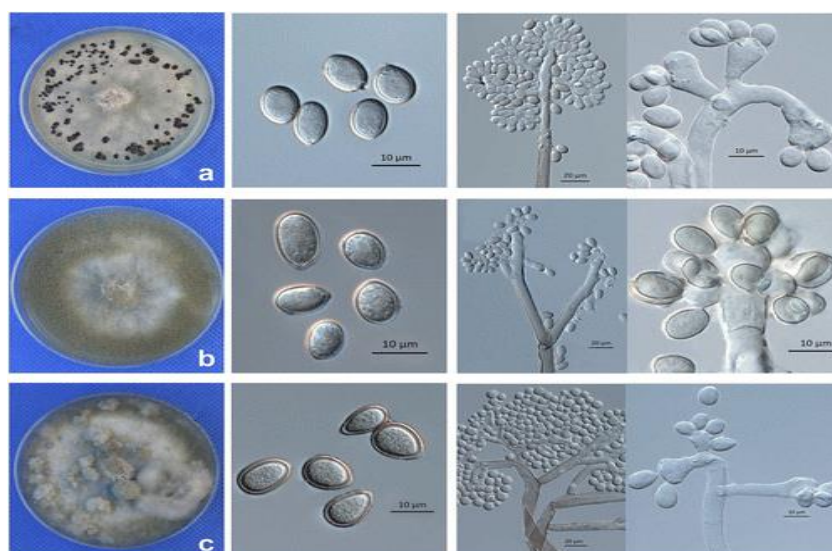
1.1.8. Εχθροί και Αθένειες

Η καλλιέργεια του μαρουλιού ελκύει ένα μεγάλο φάσμα εντομολογικών εχθρών, όπως οι αφίδες (*Aphis gossypii*, *Capitophorus elaeagni*, *Myzus persicae*), ο αλευρώδης (*Bemisia tabaci*), ο τετράνυχος (*Tetranychus* spp.) καθώς και ποικίλα λεπιδόπτερα και έντομα εδάφους. Παράλληλα, μπορεί να αποτελέσει ξενιστή για πληθώρα φυτοπαθογόνων μυκήτων και βακτηρίων όπως *Botrytis cinerea* (Βοτρύτης), *Bremia lactucae* (Περονόσπορος), *Erysiphe cichoracearum* (Ωίδιο) και *Erwinia carotovora* (Υγρή βακτηριακή σήψη) (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.2. Το Παθογόνο

1.2.1. Συστηματική Ταξινόμηση

Ένα σύνθηρες παθογόνο του μαρουλιού καθώς και άλλων λαχανοκομικών ειδών όπως η τομάτα, η μελιτζάνα και η πιπεριά, είναι ο βοτρύτης. Αν και συναντάται κυρίως σε ετήσιες καλλιέργειες, προσβολές παρατηρούνται και σε νεαρά φυτά δασικών ειδών (Smith et al., 1988). Ο βοτρύτης ταξινομικά, ανήκει στους Ασκομύκητες και συγκεκριμένα στην οικογένεια των Sclerotiniaceae. Το παθογόνο συναντάται τόσο με την τέλεια όσο και με την ατελή μορφή του.



Εικόνα 1.1: Μορφολογία του μύκητα *Botrytis cinerea*.

Πίνακας 1.2: Ταξινόμηση του παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerea*.

ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Fungi
ΦΥΛΛΟ	Ascomycota
ΥΠΟΦΥΛΛΟ	Pezizomycotina
ΚΛΑΣΗ	Leotiomycetes
ΤΑΞΗ	Helotiales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Sclerotiniaceae
ΓΕΝΟΣ	<i>Botrytis</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>Botrytis cinerea</i>

(<https://gd.eppo.int/taxon/BOTRCI>)

1.2.2. Γενετική Παραλλακτικότητα

Ο βοτρυτής, καθώς παρουσιάζει μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα, συνιστά παθογόνο πολυάριθμων ξενιστών. Εκτός όμως από τον *Botrytis cinerea*, έχουν καταγραφεί και αρκετά άλλα είδη του ίδιου γένους, όπως ο *B. allii*, *B. fabae*, *B. gladiorum*, *B. squamosa* και *B. tulipae*, τα οποία δεν αποτελούν εξίσου σημαντικούς εχθρούς στη χώρα μας (Παππάς, 1992). Το παθογόνο, ακόμη, εμφανίζεται και σε πολλές φόρμες. Πέραν όμως των επιπτώσεων που επιφέρει ως παθογόνος μύκητας στην καλλιέργεια ενός μεγάλου εύρους φυτικών ειδών, έχει γίνει αξιοποίηση του παθογόνου για την παραγωγή γλυκών οίνων, υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Chen et al., 2023).

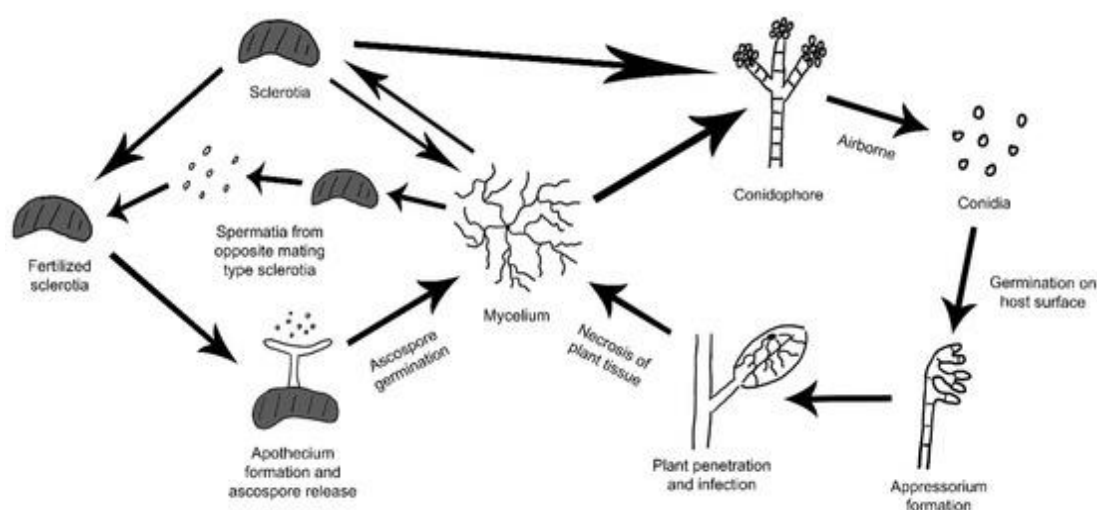
1.2.3. Βιολογικός Κύκλος

1.2.3.1. Εγγενής Αναπαραγωγή

Όπως περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον de Bary, στην τέλεια μορφή του, ο μύκητας ονομάζεται *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel συν *Sclerotinia fuckeliana*. Ως μη υποχρεωτικό παράσιτο, το παθογόνο διαχειμάζει σε υπολείματα και νεκρά τμήματα της καλλιέργειας. Κατά την εγγενή αναπαραγωγή του, ο μύκητας σχηματίζει σκληρώτια, τα οποία υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας, βλαστάνουν, και σχηματίζουν τα αποθήκια, μυκήλιο ή κονιδιοφόρους. Τα σκληρώτια είναι, κατά προσέγγιση, μεγέθους 3 mm. Η τέλεια μορφή του μύκητα ωστόσο, δε συναντάται συχνά στον αγρό (Polach and Abawi, 1987).

1.2.3.2. Αγενής Αναπαραγωγή

Στην ατελή μορφή του, η οποία είναι αυτή που συναντάται συχνότερα, κατατάσσεται στους Αδηλομύκητες και συγκεκριμένα στην οικογένεια Moniliaceae. Κατά την αγενή αναπαραγωγή του, ο μύκητας σχηματίζει κονιδιοφόρους που βλαστάνουν προς σχηματισμό κονιδίων. Οι κονιδιοφόροι είναι καστανές, επιμήκεις δομές και αποτελούνται από τον ποδίσκο, ο οποίος στην κορυφή του είναι διακλαδιζόμενος. Από τις διακλαδώσεις αυτές εκφύονται κατά κεφαλές τα κονίδια, δίνοντας στο μύκητα την όψη βότρυος. Τα κονίδια είναι μονοκύτταρα, υαλώδη, σφαιρικά ή ωοειδή, ενώ το μέγεθός τους είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των σκληρωτίων της τέλει μορφής (Παναγόπουλος, 2007).



Εικόνα 1.2: Βιολογικός κύκλος *B. cinerea*

Ο μύκητας *B. cinerea* επιβιώνει κατά κύριο λόγο σε νεκρά φυτικά υπολείμματα είτε σαπροφυτικά είτε με τη μορφή σκληρωτίων. Κατά την επικράτηση συνθηκών υψηλής σχετικής και ατμοσφαιρικής υγρασίας αλλά και χαμηλών θερμοκρασιών, η εξάπλωση της ασθένειας διευκολύνεται σημαντικά ένεκα της ραγδαίας ανάπτυξης του μυκηλίου και του σχηματισμού καρποφοριών (Παναγόπουλος, 2000). Παρόλο που ο σχηματισμός μεγάλου αριθμού κονιδίων εξαρτάται από την αυξημένη υγρασία, η απελευθέρωσή τους επάγεται με τον άνεμο και όταν σημειωθεί απότομη μείωση της υγρασίας (Elad and Shtienberg, 1995; Holz et al., 2007). Εκτός των ρευμάτων αέρα, τα κονίδια δύνανται να μεταφερθούν με τις σταγόνες της βροχής, τα έντομα, τα χέρια ή κατά την εκτέλεση καλλιεργητικών φροντίδων (Jarvis 1962b; Holz et al., 2007).

Γνωστή και ως τεφρά σήψη, η ασθένεια που προκαλείται από το παθογόνο παρουσιάζεται με τη μορφή γκρίζας μούχλας. Εισερχόμενο στα φυτά σε νεαρότερα στάδια της καλλιέργειας, συνήθως από τον κάλυκα ή τον ποδίσκο, εγκαθίσταται σε υγιείς ιστούς στους οποίους και παραμένει κατά τη λανθάνουσα φάση (Dekock & Holz, 1992). Η είσοδος αυτή πραγματοποιείται ευκολότερα από υπάρχουσες πληγές επί του φυτικού ιστού, ενώ μπορεί να επιτευχθεί και με απευθείας διάτρηση της εφυμενίδας (Williamson et. al., 1995). Είσοδος κονιδίων έχει ακόμη σημειωθεί κατευθείαν από φυσικά ανοίγματα, όπως τα στομάτια, παρουσία πλάκας συγκρατήσεως (Garcia-Arenal and Sagasta, 1980; van den Heuvel and Waterreus, 1983). Με την επικράτηση ευνοϊκών για το παθογόνο συνθηκών και την είσοδο του ξενιστή σε κατάλληλο στάδιο, τα συμπτώματα γίνονται εμφανή και η εξέλιξη της ασθένειας είναι ταχεία (Williamson et al., 2007).

Εκτός από τους νεαρούς ιστούς, ο μύκητας δύναται να προσβάλλει καλλιέργειες σε οποιοδήποτε αναπτυξιακό στάδιο, παρουσιάζοντας μία μεγάλου εύρους συμπτωματολογία. Μείζονος οικονομικής σημασίας είναι οι μετασυλλεκτικές σήψεις που παρατηρούνται σε καρπούς και άνθη, οι οποίες επιδεινώνονται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας κατά τη διατήρησή τους. Όταν αυτές επικρατούν, γίνεται πλέον εμφανής η προσβολή με μορφή μαλακής, καστανής σήψης, η οποία ακολουθείται από την ανάπτυξη γκρίζας μούχλας. Η εξάπλωση της ασθένειας κατά την αποθήκευση ενδέχεται να καταστεί καταστροφική για ολόκληρη την παραγωγή, διότι μπορεί να μεταδοθεί από τους προσβεβλημένους σε εφαπτόμενους υγιείς καρπούς (Παναγόπουλος, 2007).

1.2.4. Συμπτωματολογία

Στο μαρούλι, ο βοτρώτης προσβάλλει τη βάση του στελέχους αλλά και των φύλλων, τα οποία βρίσκονται πλησιέστερα στο έδαφος. Η ασθένεια εκδηλώνεται ως καστανέρυθρη σήψη στο στέλεχος ή ως καστανών κηλίδων στο έλασμα του φύλλου. Οι κηλίδες αρχικά φέρουν μικρό μέγεθος και οι ιστοί τους οποίους καταλαμβάνουν είναι μαλακοί, ενώ έπειτα επεκτείνονται γρήγορα και μπορούν να καταλάβουν όλη την έκταση του φύλλου. Σε φυτά με πυκνό φύλλωμα, όπως το μαρούλι, η εξάπλωση της ασθένειας είναι ραγδαία, υπό την προϋπόθεση συνθηκών υψηλής υγρασίας.

1.2.5. Αντιμετώπιση του Βοτρώτη

Καθώς ο μύκητας αναπτύσσεται σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών από 1 έως 30°C, γίνεται αντιληπτό ότι οι μεταβολές της θερμοκρασίας δεν τον επηρεάζουν σημαντικά. Σύμφωνα με τον βιολογικό κύκλο του μύκητα, ο πλέον σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξή του είναι η υγρασία. Η επιτυχής αντιμετώπισή του προϋποθέτει την έγκαιρη επέμβαση με μυκητοκτόνα. (Παναγόπουλος, 2000).

1.2.5.1. Καλλιεργητικές Πρακτικές

Σύμφωνα με τους κανόνες ορθής γεωργικής πρακτικής που επιβάλλει η Ευρωπαϊκή Ένωση, η εφαρμογή καλλιεργητικών πρακτικών αποτελούν πρωταρχικό πυλώνα για τον πρόληψη της εκδήλωσης και τον περιορισμό της εξάπλωσης της ασθένειας. Για την επίτευξη του στόχου αυτού προτείνονται:

- α. Μείωση της υγρασίας, η οποία επιτυγχάνεται με αραιή φύτευση, καλό αερισμό και περιορισμό διακυμάνσεων της θερμοκρασίας προς αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών. Υπό συνθήκες υπαίθριας καλλιέργειας, προτείνεται φύτευση με προσανατολισμό από το βορρά προς το νότο προς αποφυγή της παρατεταμένης σκίασης. Ακόμη προτείνεται έλεγχος του ύψους των αρδεύσεων, οι οποίες ιδανικά λαμβανουν χώρα κατά τις πρωινές ώρες.
- β. Τήρηση καλής υγιεινής της καλλιέργειας, μέσω της απομάκρυνσης και καταστροφής νεκρωμένων και προσβεβλημένων φυτικών τμημάτων.
- γ. Αποτροπή επαγωγής της σποριοποίησης, με εγκατάσταση φίλτρων UV, εφόσον η καλλιέργεια είναι θερμοκηπιακή.
- δ. Ορθολογική χορήγηση αζωτούχου λίπανσης (Παναγόπουλος, 2000; Παναγόπουλος, 2007; Dik and Wubben, 2007).

1.2.5.2. Χημική Αντιμετώπιση

Η χημική αντιμετώπιση αποτελεί μονόδρομο όταν οι συνθήκες για την ανάπτυξη της ασθένειας είναι ευνοϊκές. Στην πλειονότητα των καλλιεργειών, η εφαρμογή χημικών σκευασμάτων λαμβάνει χώρα με την εκδήλωση των πρώτων συμπτωμάτων. Εναλλακτικά, πραγματοποιούνται προληπτικά επαναλαμβανόμενες εφαρμογές, ανά διαστήματα 7-12 ημερών.

Για την προστασία των κηπευτικών καλλιεργειών συνιστάται αντίστοιχο πρόγραμμα εφαρμογής εγκεκριμένων μυκητοκτόνων από την έναρξη της άνθισης έως την ωρίμανση. Παρακάτω παρατίθενται οι εγκεκριμένες από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων δραστικές για την καλλέργεια μαρουλιού:

- i. *Bacillus amyloliquefaciens* QST 173
- ii. *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *Plantarum* D747
- iii. Cyprodinil
- iv. Fludioxonil
- v. Fluopyram
- vi. Pyrimethanil
- vii. *Pythium oligandrum* strain M1
- viii. Trifloxystrobin

Στο παρελθόν, αξιοποιήθηκε ευρέως και η χρήση βοτρυδιοκτόνων, μυκητοκτόνων με εξειδικευμένη δράση, πρακτική η οποία ωστόσο συντέλεσε στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας του παθογόνου. Ως εκ τούτου, τα μυκητοκτόνα που έχουν ως βάση το χαλκό και το θείο, δρουν δηλαδή ως γενικοί αναστολείς ενζύμων, αποτελούν μία ασφαλέστερη επιλογή (Russell, 1995; Brent & Hollomon, 2007).

1.2.5.3. Βιολογικοί Παράγοντες

Σε επίπεδο φυλλόσφαιρας, αποτελεσματική έχει αποδειχθεί η χρήση βιολογικών σκευασμάτων. Αποτελούμενα από βιολογικούς παράγοντες που ανταγωνίζονται τον *B. cinerea*, παρεμποδίζουν την εκδήλωση της ασθένειας, περιορίζοντας την διασπορά των σπορίων και τη σαπροφυτική ανάπτυξη του μύκητα, ενώ ενδεχομένως επάγουν μηχανισμούς άμυνας που διαθέτουν οι ξενιστές (Elad and Stewart, 2007). Η αποτελεσματικότητά τους είναι άμεση συνάρτηση της επικρατούσας θερμοκρασίας και υγρασίας, γεγονός που καθιστά απαραίτητο το συνδυασμό με άλλα μέτρα αντιμετώπισης (Χατζηδημόπουλος et al., 2014). Στους βιολογικούς παράγοντες

συγκαταλέγονται μύκητες, όπως *Trichoderma harzianum*, *Ulocladium oudemansii* και *Gliocladium roseum*, καθώς και βακτήρια που ανήκουν στα γένη *Bacillus* και *Pseudomonas*, όπως *Candida oleophila* (Williamson et al., 2007).

Σύμφωνα με έρευνες των Κουλακιώτου et al. (2004) και των Romanazzi et al (2006), ως αποτελεσματική αναδείχθηκε η χρήση των βιολογικών σκευασμάτων Serenade και Laminarin, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή, αλλά και αυτών που περιέχουν χιτοζάνη.

1.3. Βιοδιεγέρτες

Η εκτεταμένη χρήση φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων και λιπασμάτων έχει συντελέσει σε σημαντική υποβάθμιση των καλλιεργήσιμων εδαφών, αλλά και του υδροφόρου ορίζοντα. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική πλέον την ανάγκη περιορισμού της χρήσης χημικών σκευασμάτων, η χρήση των οποίων αναμένεται να σημειώσει μείωση μεγαλύτερη του 20% έως το 2030 (EC, 2020), και την αντικατάστασή τους από σκευάσματα φιλικότερα προς το περιβάλλον διασφαλίζοντας παράλληλα ικανοποιητικές αποδόσεις της καλλιέργειας. Για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, τα τελευταία χρόνια γίνεται συστηματική μελέτη σχετικά με τις προοπτικές αντικατάστασης των συμβατικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων με σκευάσματα βιοδιεγερτών, τα οποία είναι σαφώς πιο φιλικά προς το περιβάλλον και εναρμονίζονται με τα πρότυπα της αειφόρου γεωργίας.

Όπως δίδεται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2019/1009 Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019, οι βιοδιεγέρτες είναι «προϊόντα που διεγείρουν τις διαδικασίες θρέψης των φυτών ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα του προϊόντος σε θρεπτικά στοιχεία, με μοναδικό σκοπό τη βελτίωση ενός ή περισσοτέρων από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του φυτού ή της ριζόσφαιρας του φυτού: α) αποδοτικότητα της χρήσης των θρεπτικών στοιχείων, β) αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις, γ) χαρακτηριστικά ποιότητας, δ) διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων που συγκεντρώνονται στο έδαφος ή στη ριζόσφαιρα.»

1.3.1. Κατηγορίες Βιοδιεγερτών

Η διάκριση των βιοδιεγερτών γίνεται βάσει της σύστασής τους και οι κατηγορίες είναι οι εξής:

A. Χουμικές ενώσεις

Προερχόμενες από την αποσύνθεση φυτικών και μικροβιακών υπολειμμάτων, οι χουμικές ενώσεις συναντώνται ευρέως στην οργανική ουσία του εδάφους (Stevenson, 1994). Λόγω της σύνθετης χημικής σύστασής τους σταθεροποιούν τη δομή του εδάφους, καθώς η αποδόμησή τους από μικροοργανισμούς είναι δυσχερής (Trevisan et al., 2010). Εξαρτούμενη από τη δόση, το μοριακό τους βάρος, το φυτικό είδος, τις συνθήκες καλλιέργειας άλλα και τη μέθοδο εφαρμογής, η επίδραση των χουμικών ενώσεων στις φυσιολογικές και μεταβολικές διεργασίες των φυτικών οργανισμών είναι σημαντική (Canellas et al., 2023; Nardi et al., 2021). Ακόμη, εμφανής είναι η επίδρασή τους στο ριζικό σύστημα των φυτών, καθώς επιδρούν τόσο στην κατακόρυφη αύξηση του κεντρικού ριζικού συστήματος, όσο και στη διαφοροποίηση των πλευρικών ριζικών τριχιδίων (Zandonadi et al., 2010).

B. Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών

Τα φύκη τα οποία εκχυλίζονται για την παρασκευή των εν λόγω βιοδιεγερτών, είτε είναι αυτοφυή είτε καλλιεργούνται, είναι πολυκύτταροι οργανισμοί και διακρίνονται σε 3 κατηγορίες: τα πράσινα (Chlorophyta), τα κόκκινα (Rhodophyta) και τα καφέ (Phaeophyta) φύκια. Τα Phaeophyta, είναι τα φύκη που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, με τα σημαντικότερα είδη εξ αυτών να είναι τα *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* και *Durvillea potatorum* (Du Jardin, 2015, Khan et al., 2009). Τα εκχυλίσματα των φυκών επάγουν την αύξηση του ριζικού συστήματος, την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και τη σύνθεση χλωροφυλλών στους φυτικούς ιστούς, ενισχύοντας παράλληλα την ανθεκτικότητά τους έναντι βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων (Calvo et al., 2014; Jannin et al., 2013; Deolu-Ajayi et al., 2022). Τα ανωτέρω συντελούν στη βελτίωση τόσο της ποσότητας όσο και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (Ali et al., 2016; Shukla et al., 2019; Battacharyya et al., 2015). Η αποτελεσματικότητά της εν λόγω κατηγορίας βιοδιεγερτών επηρεάζεται κυρίως από την προέλευση και τη μέθοδο εκχύλισης των φυκών (Carrasco-Gil et al., 2018).

Γ. Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα

Τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών είναι ολιγοπεπτίδια και πολυπεπτίδια που προέρχονται από υποπροϊόντα ζωικής ή φυτικής προέλευσης ή κομπόστ (Corsi et al., 2022). Αφού υποστούν χημική, θερμική ή ενζυματική υδρόλυση, λαμβάνονται προς παρασκευή σκευασμάτων, τα οποία χορηγούνται στην καλλιέργεια είτε διαφυλλικά είτε με ριζοπότισμα (Colla et al., 2014). Η επίδρασή τους στην αύξηση των ωφέλιμων οργανισμών του εδάφους και, κατ' επέκταση, στη βελτίωση του μικροβιώματός του, ευεργετεί συγχρόνως τους φυτικούς οργανισμούς και την απόδοση αυτών, μέσω της επαγόμενης ανάπτυξης των ριζών (Colla et al., 2017).

Δ. Ωφέλιμοι μικροοργανισμοί

Στη κατηγορία αυτή συγκαταλλέγονται μυκόρριζες, μύκητες, όπως το *Trichoderma* spp., ριζοβακτήρια του εδάφους και του νερού, αλλά και ενδοσυμβιωτικά βακτήρια (Ali et al., 2022). Οι μύκητες και τα βακτήρια εδάφους της κατηγορίας αυτής, παρουσιάζουν συμβιωτική συμπεριφορά με τους φυτικούς οργανισμούς. Ο σχηματισμός μυκόρριζων, δηλαδή μικροβιακού συστήματος που οφείλεται στην παρουσία τους, επικουρούν την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τα φυτά, τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού τους αλλά και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας έναντι βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων (Ma et al., 2022; Stratton et al., 2022). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, τα οποία ευρισκόμενα στη ριζόσφαιρα των φυτών, προσφέρουν τις ευεργετικές τους δράσεις (Du Jardin, 2015).

Ε. Ανόργανες ενώσεις

Σε αυτές συγκαταλλέγονται ενώσεις που προέρχονται από τα ανόργανα στοιχεία αργίλιο, κοβάλτιο, νάτριο, σελήνιο και πυρίτιο. Αυτά απαντώνται κατά κύριο λόγο στο έδαφος, αλλά και στα φυτά, με τη μορφή ανόργανων αλάτων ή ως αδιάλυτες μορφές, και συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών (Du Jardin, 2015).

ΣΤ. Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή

Η χιτοζάνη είναι μία μορφή ενός οργανικού πολυσακχαρίτη, της χιτίνης. Η παραγωγή της διακρίνεται σε φυσική και τεχνητή, πραγματοποιείται μέσω της αποκαρβοξυλίωσης της χιτίνης, και συμβάλλει στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, μέσω της αύξησης της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας και της επαγωγής αμυντικών μηχανισμών ενάντια σε μύκητες, βακτήρια, ιούς αλλά και έντομα (Du Jardin, 2015).

1.3.2. Πλεονεκτήματα Βιοδιεγερτών

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση βιοδιεγερτών στις καλλιέργειες, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- I. Βελτιωμένη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων: Καθιστούν αποτελεσματικότερη την απορρόφηση θρεπτικών από το έδαφος και την αφομοίωσή τους από τα φυτά, μειώνοντας τις απώλειες αυτών και αυξάνοντας τις αποδόσεις της καλλιέργειας (Yakhin, 2017).
- II. Ανθεκτικότητα σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις: Οι αμυντικοί μηχανισμοί των φυτών που επάγονται από τη δράση τους, ενισχύουν την ικανότητά αντίστασης, επιβίωσης και ανάπτυξης σε αντίξοες συνθήκες (Yakhin, 2017).
- III. Ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών: Μέσω της βελτιωμένης πρόσληψης θρεπτικών και των ωφελειών που αυτή επιφέρει, επιτυγχάνεται καλύτερη ανάπτυξη τόσο του υπέργειου τμήματος όσο και του ριζικού συστήματος των φυτών. Ταυτόχρονα, η ανθεκτικότητα σε αντίξοες συνθήκες, περιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης καχεκτικών φυτών και τις επακόλουθες απώλειες απόδοσης (Du Jardin, 2015).
- IV. Μείωση χρήσης συνθετικών φυτοφαρμάκων: Η ανάγκη για μείωση χρήσης χημικών φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων και λιπασμάτων και η στροφή προς φιλικότερες προς το περιβάλλον εναλλακτικές, τείνει να υλοποιηθεί με την εκμετάλλευση των βιοδιεγερτών (Hamza and Suggars, 2001).
- V. Μείωση τοξικολογικού κινδύνου: Προερχόμενα από φυσικές πηγές, δεν φαίνεται να υφέρπουν κινδύνους ρύπανσης και υπολλειματικότητας στο έδαφος (Ertani et al., 2011).
- VI. Χρήση στη βιολογική γεωργία: Η προέλευση των προϊόντων από τα οποία παράγονται, καθιστά τους βιοδιεγέρτες ασφαλείς και κατάλληλους για χρήση σε βιολογικές καλλιέργειες.

1.3.3. Μειονεκτήματα Βιοδιεγερτών

Εκτός από τα οφέλη που προσφέρουν σε πληθώρα καλλιεργειών, η βιομηχανία των βιοδιεγερτών παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, ως ακολούθως:

- I. Δυσχέρεια κατηγοριοποίησης: Αν και η αποτελεσματικότητά τους έχει αναδειχθεί από τα ευρήματα σχετικών ερευνών, ο αριθμός των βιοδιεγερτών για τους οποίους ο μηχανισμός δράσης είναι γνωστός, είναι περιορισμένος (Khan et al., 2009). Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολη την αξιολόγησή τους συγκριτικά με άλλα προϊόντα και καθιστά επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, λόγω της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης.
- II. Αστάθεια αποτελεσματικότητας: Ακόμη και αν έχουν κοινή προέλευση, παράγονται δηλαδή από κοινή πρώτη ύλη, η απόδοσή τους επηρεάζεται από μεγάλο αριθμό διαφορετικών παραγόντων. Μεταξύ αυτών, είναι η τοποθεσία και το κλίμα, οι συνθήκες ανάπτυξης, η ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, αλλά και το φυτικό όργανο ή ο φυτικός ιστός στον οποίο θα εφαρμοστεί ο βιοδιεγέρτης (Dragonov et al., 2009; Sharma et al., 2012).
- III. Αδυναμία αντικατάστασης συνθετικών φυτοφαρμάκων: Αν και ένας από τους στόχους χρήσης των βιοδιεγερτών είναι η μείωση της εφαρμογής συνθετικών φυτοφαρμάκων, έχει καταγραφεί ότι η απόδοσή τους στον περιορισμό των παθογόνων παραγόντων είναι ελλειπής ή εμφανώς μειωμένη σε σύγκριση με τα τελευταία (Banks and Percival, 2012).
- IV. Ποιότητα σκευασμάτων: Όπως και με κάθε άλλο βιομηχανικό προϊόν, αναμένεται να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών. Η ετερομορφία στην προέλευση, την εξαγωγή, αλλά και τη σύνθεσή τους, ενδέχεται να καταστήσουν αμφίβολη την ποιότητά τους και προβληματική της χρήση τους (Du Jardin, 2015).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Λαμβάνοντας υπόψιν πως το μαρούλι συνιστά οικονομικά και διατροφικά ένα μείζονος σημασίας καλλιεργούμενο λαχανοκομικό είδος, στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων βιοδιεγερτών σε δύο ποικιλίες μαρουλιού. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή με διαφορετικά σκευάσματα βιοδιεγερτών και ακολούθησε μελέτη της απόκρισης των φυτών με βάση αναπτυξιακές και βιοχημικές παραμέτρους. Περαιτέρω, αποσκοπώντας στην αξιολόγηση των βιοδιεγερτών αναφορικά με την ανθεκτικότητα έναντι καταπονήσεων, πραγματοποιήθηκαν τεχνητές μολύνσεις με τον παθογόνο μύκητα *Botrytis cinerea* και ακολούθησε αξιολόγηση της απόκρισης των μολυσμένων σε σχέση με μη μολυσμένα φυτά. Ειδικότερα, μελετήθηκε συγκριτικά η επίδραση των διαφορετικών σκευασμάτων βιοδιεγερτών ως προς την έκταση της προσβολής και την εξάπλωση και ένταση των συμπτωμάτων της ασθένειας. Οι ποικιλίες μαρουλιού που μελετήθηκαν ήταν οι Asturion και Green Towers, ενώ στο πείραμα αξιολογήθηκε η επίδραση των ακόλουθων μεταχειρίσεων:

- i. Φυτά μάρτυρες, τα οποία δε δέχθηκαν καμία μεταχείριση
- ii. Signum, που αξιοποιήθηκε ως μάρτυρας κατά τις διαδικασίες αξιολόγησης της ανθεκτικότητας των φυτών έναντι του παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerea*
- iii. Laminarin
- iv. Serenade
- v. Romeo
- vi. Project One

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Φυτικό υλικό

Για την εκπόνηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο εμπορικές ποικιλίες μαρουλιού. Η πρώτη ποικιλία ονομάζεται Asturion και κατατάσσεται στον τύπο Batavia. Το φύλλωμά της είναι πράσινο, πυκνό και σγουρό, σχηματίζοντας κεφαλές, το ύψος των οποίων ανέρχεται έως 20 cm. Η δεύτερη ποικιλία ονομάζεται Green Towers και κατατάσσεται στον τύπο Romana. Το φύλλωμά της είναι επίσης πράσινο και πυκνό, αλλά σε αντίθεση με την Asturion, είναι ίσιο και φέρει νευρώσεις.

Κατά την έναρξη του πειράματος, νεαρά σπορόφυτα μαρουλιού μεταφύτεύτηκαν σε πλαστικές γλάστρες 2 λίτρων. Σπόροι των ποικιλιών Austurion και Green Towers, που χρησιμοποιήθηκαν ως γενετικό υλικό, αρχικά τοποθετήθηκαν προς βλάστηση σε σπορείο και ακολούθησε μεταφύτευση περίπου 15 ημέρες μετά τη βλάστησή τους. Το υπόστρωμα που επιλέχθηκε, αποτελείτο από μίγμα τύρφης και περλίτη σε αναλογία 3:1. Τα φυτά αρδεύονταν με 100 ml νερό κάθε 2 ημέρες, ενώ διατηρούνταν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών, θερμοκρασίας 25 °C και φωτοπεριόδου 16 ωρών φωτός και 8 ωρών σκοταδιού.



Εικόνα 2.1: Μεταφύτευση σποροφύτων σε γλάστρες.

2.2. Μίγματα Βιοδιεγερτών

Για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των βιοδιεγερτών στην ενίσχυση της ανάπτυξης και της αύξησης των φυτών μαρουλιού, χρησιμοποιήθηκαν τα σκευάσματα Signum, Laminarin, Serenade, Romeo και Project One. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας που περιλαμβάνει τις δραστικές ουσίες, αλλά και τις συγκεντρώσεις αυτών που χρησιμοποιήθηκαν:

Πίνακας 2.1: Δραστικές ουσίες και συγκεντρώσεις των υπό μελέτη σκευασμάτων.

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙΣΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ
Signum 26.7/6.7 WG O-BASF	Boscalid+pyraclostrobin	0,0012 w/v
Vacciplant	Laminarin	0,0012 v/v
SERENADE ASO BAYER	Bacillus amyloliquefaciens	0,005 v/v
Romeo	Cerevisane	0,00075 w/v
Project One	Chitosane Hydrochloride	0,005 v/v

Αναλυτικά, οι ποσότητες των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των ανωτέρω διαλυμάτων είναι οι εξής:

- I. Signum: 1,2 g προϊόντος και dH₂O έως τελικού όγκου 1 L διαλύματος.
- II. Vacciplant: 1,2 ml προϊόντος και dH₂O έως τελικού όγκου 1 L διαλύματος.
- III. Serenade: 5 ml προϊόντος και dH₂O έως τελικού όγκου 1 L διαλύματος.
- IV. Romeo: 0,75 g προϊόντος και dH₂O έως τελικού όγκου 1 L διαλύματος.
- V. Project One: 5 ml προϊόντος και dH₂O έως τελικού όγκου 1 L διαλύματος.

2.3. Εφαρμογή βιοδιεγερτών

Οι προαναφερθείσες ποσότητες του κάθε σκευάσματος διαλύθηκαν σε 1 λίτρο απιονισμένου νερού. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτών έγινε διαφυλλικά με ψεκασμό του φυλλώματος, μέχρι απορροής. Η πρώτη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε κατά την εμφάνιση των πρώτων φύλλων, και η δεύτερη 7 ημέρες αργότερα.

Το πειραματικό σχέδιο περιελάμβανε 2 ποικιλίες μαρουλιού Asturion και Green Towers και συνολικά 6 μεταχειρίσεις, που αφορούσαν στα διαφορετικά σκευάσματα βιοδιαθεσίμων, το μυκητοκτόνο Signum και τα φυτά μάρτυρες που δεν υπέστησαν καμία μεταχείριση. Για κάθε συνδυασμό ποικιλίας – μεταχείρισης, χρησιμοποιήθηκαν 8 επαναλήψεις που αφορούσαν σε ατομικά φυτά. Συνεπώς, ο συνολικός αριθμός των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν ανερχόταν στα 96.



Εικόνα 2.2: Διαφυλλικός ψεκασμός με βιοδιαθεσίμους.

2.4 Η επίδραση των βιοδιαθεσίμων σε αναπτυξιακές παραμέτρους των φυτών

Για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιαθεσίμων στις υπό μελέτη ποικιλίες μαρουλιού, αξιοποιήθηκαν αναπτυξιακές παράμετροι, όπως το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, το νωπό και ξηρό βάρος του υπεργείου τμήματος των φυτών, αλλά και η ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία.

2.4.1. Ύψος φυτών

Ο προσδιορισμός της επίδρασης των βιοδιαθεσίμων στο ύψος των φυτών, πραγματοποιήθηκε με τη λήψη μετρήσεων σε 3 διαφορετικές χρονικές περιόδους, ενόσω τα φυτά βρίσκονταν σε θάλαμο ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν παρατηρήσεις 1 εβδομάδα μετά την πρώτη εφαρμογή βιοδιαθεσίμων (08/12/2022), 1 εβδομάδα μετά τη δεύτερη εφαρμογή (15/12/2022) και 4 εβδομάδες μετά τη δεύτερη εφαρμογή (05/01/2023).

2.4.2. Αριθμός φύλλων

Μία δεύτερη παράμετρος αξιολόγησης, ήταν ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό. Συνολικά, λήφθηκαν παρατηρήσεις σε τρία χρονικά διαστήματα, όπως περιγράφηκαν στην Ενότητα 2.4.1 που αφορά το ύψος των φυτών.

2.4.3. Νωπό και ξηρό βάρος φυτών

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους των φυτών, συλλέχθηκαν τα υπέργεια τμήματα των φυτών. Η κοπή των φυτών στη βάση του στελέχους, έλαβε χώρα 2 μήνες μετά την 2^η εφαρμογή των βιοδιεγερτών. Τα υπέργεια τμήματα τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας. Ακολούθησε τοποθέτησή τους σε ξηραντήριο, στους 70 °C, για διάστημα 48 ωρών. Με το πέρας του χρονικού αυτού διαστήματος, πραγματοποιήθηκε ζύγιση σε ζυγό ακριβείας και προσδιορισμός του ξηρού βάρους. Τέλος, βάσει του νωπού και ξηρού βάρους των φυτών, υπολογίστηκε η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ανά φυτό.

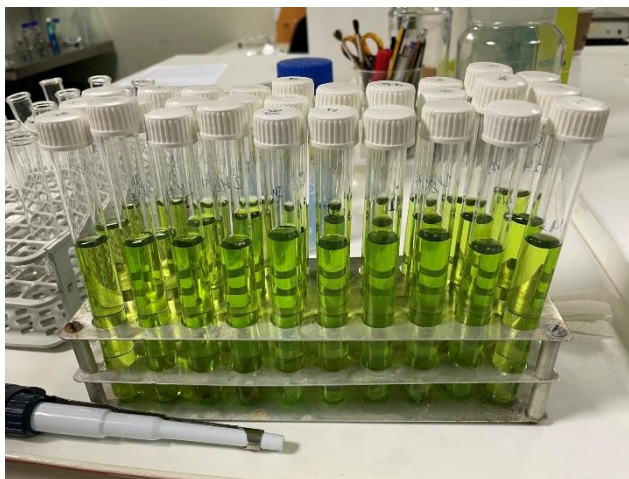
2.5. Η επίδραση των βιοδιεγερτών σε βιοχημικές παραμέτρους των φυτών

Προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των βιοδιεγερτών σε βασικές βιοχημικές παραμέτρους στις δύο εμπορικές ποικιλίες μαρουλιού, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη a, χλωροφύλλη b, και καροτενοειδή. Επιπλέον, υπολογίστηκε η περιεκτικότητα των φύλλων σε ολική χλωροφύλλη καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b.

2.5.1. Προσδιορισμός της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη a, χλωροφύλλη b και καροτενοειδή

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη a, χλωροφύλλη b και καροτενοειδή, συλλέχθηκε καταρχάς ιστός από εύρωστα φύλλα τα οποία αποκόπηκαν από το κάθε φυτό. Το νωπό βάρος μετρήθηκε και καταγράφηκε με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού. Ο φυτικός ιστός τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικούς σωλήνες, όπου έγινε προσθήκη 15 ml αιθανόλης 98 %. Οι σωλήνες ανακινήθηκαν, πωματίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο για 30 λεπτά, στους 80 °C. Όταν ολοκληρώθηκε ο αποχρωματισμός του φυτικού ιστού, οι σωλήνες παρέμειναν σε σκοτεινό θάλαμο για άλλα 30 λεπτά.

Με την πάροδο του χρόνου επώασης, το περιεχόμενο των δοκιμαστικών σωλήνων τοποθετήθηκε σε φασματοφωτόμετρο και ακολούθησε μέτρηση της απορρόφησης του φωτός σε 3 μήκη κύματος. Συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός των χλωροφυλλών *a* και *b* έγινε στα 655 nm και στα 649 nm αντίστοιχα, ενώ ο προσδιορισμός της ποσότητας καροτενοειδών πραγματοποιήθηκε στα 470 nm. Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των προαναφερθέντων βιοχημικών παραμέτρων, σύμφωνα με τους τύπους που αναφέρονται από τον Lichtenthaler (1987).



Εικόνα 2.3: Φυτικά εκχυλίσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη *a*, χλωροφύλλη *b* και καροτενοειδή.

2.6. Η επίδραση των βιοδιεγερτών στην προσβολή από τον παθογόνο μύκητα *Botrytis cinerea*

Για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των βιοδιεγερτών ενάντια σε προσβολή από το μύκητα *B. cinerea*, πραγματοποιήθηκαν τεχνητές μολύνσεις με δύο διαφορετικούς τρόπους: i) τοποθέτηση μυκηλιακού δίσκου σε φύλλα που αποκόπηκαν από υγιή φυτά και ii) εναπόθεση αιωρήματος σπορίων σε φύλλα υγιών φυτών. Για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας του μολύσματος έγιναν καλλιέργειες του μύκητα σε τριβλία.

2.6.1. Απομονώσεις του *Botrytis cinerea*

Προκειμένου να προετοιμαστεί το μόλυσμα που αξιοποιήθηκε στις τεχνητές μολύνσεις για τις ανάγκες του πειράματος, χορηγήθηκαν απομονώσεις του μύκητα *B. cinerea* από το εργαστήριο Φυτοπαθολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι αποικίες του

παθογόνου μύκητα είχαν προηγουμένως απομονωθεί από προσβεβλημένα φύλλα μαρουλιού που έφεραν εμφανή συμπτώματα της ασθένειας και η καλλιέργειά τους διατηρήθηκε σε θρεπτικό υπόστρωμα PDA.

2.6.2. Παρασκευή υποστρώματος Potato Dextrose Agar (PDA)

Σε δοχείο ζέσεως το οποίο είχε συμπληρωθεί με 500 mL dH₂O, τοποθετήθηκαν 200 g ξεφλουδισμένης πατάτας, τα οποία είχαν τεμαχιστεί. Το δοχείο τοποθετήθηκε σε εστία για βρασμό για 30-40 min. Η υγρή φάση μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη, στην οποία πραγματοποιήθηκε πλήρωση του όγκου έως τα 1000 ml. Ακολούθησε προσθήκη 15 g άγαρ και 15 g σουκρόζης και το διάλυμα επανατοποθετήθηκε στην εστία μέχρις ότου γίνει διαυγές. Μετά την ολοκλήρωση της παρασκευής του, το υπόστρωμα PDA αποστειρώθηκε σε αυτόκαυστο στους 121°C για 15 min και τοποθετήθηκε σε τριβλία.

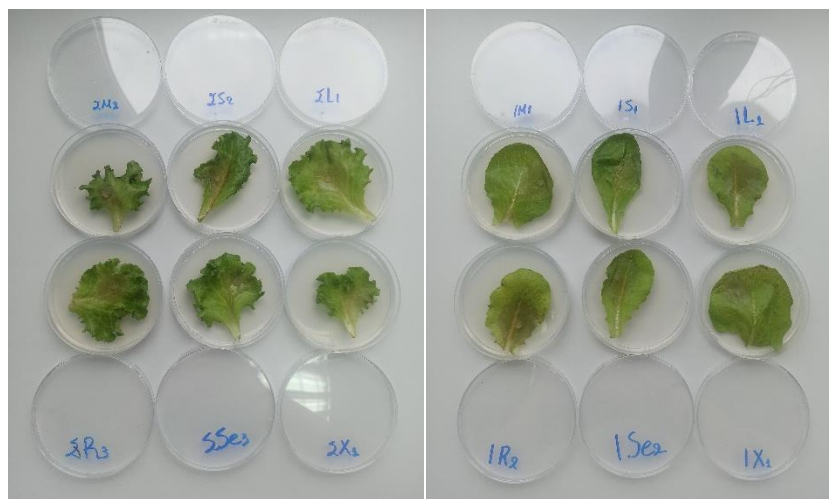
2.6.3. Ανάπτυξη μυκηλίου

Τα προαναφερθέντα τριβλία, εμβολιάστηκαν με την απομόνωση του παθογόνου και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης σε θερμοκρασία 25 °C για 3 ημέρες.

Για την ανάπτυξη του μυκηλίου, αποκόπηκαν φύλλα μέσης ηλικίας από φυτά που αντιστοιχούσαν στις υπό μελέτη μεταχειρίσεις. Έπειτα από τη συλλογή των φύλλων, πραγματοποιήθηκε μεταφορά τους εντός της τράπεζας νηματικής ροής και επιφανειακή απολύμανση, μέσω εμβάπτισης σε αιθυλική αλκοόλη για 5 sec, υπολχωριώδες νατρίου 0,5 % (NaClO) για 2 min και αποστειρωμένου dH₂O για 5 min. Τα φύλλα αφέθηκαν σε αποστειρωμένο διηθητικό χαρτί ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία. Τέλος, έγινε τοποθέτηση των φύλλων σε τριβλία που περιείχαν θρεπτικό υπόστρωμα PDA, με την κάτω επιφάνειά τους να εφάπτεται στο υπόστρωμα.

Από τα εμβολιασμένα με την απομόνωση του μύκητα τριβλία, λήφθηκαν μυκηλιακοί δίσκοι 5 mm. Οι δίσκοι αφαιρέθηκαν περιφερειακά της διαμέτρου της μόλυνσης με τη βοήθεια φελοτρυπητή και τοποθετήθηκαν στην άνω επιφάνεια των φύλλων, κοντά στο κεντρικό νεύρο. Ολοκληρώνοντας, τα τριβλία σφραγίσθηκαν με parafilm και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (θερμοκρασία 25 °C και φωτοπερίοδος 16 ώρες φως και 8 ώρες σκοτάδι).

Τρεις ημέρες μετά τη μόλυνση του φυτικού ιστού, έλαβε χώρα η καταγραφή της διαμέτρου της προσβολής του μύκητα. Για κάθε συνδυασμό ποικιλίας - μεταχείρισης, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις.



Εικόνα 2.4: Δοκιμή ανάπτυξης μυκηλίου μέσω τοποθέτησης μυκηλιακού δίσκου σε υγιή φύλλα.

2.6.4. Βλάστηση σπορίων

Μία δεύτερη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στην προσβολή από το μύκητα *B. cinerea*, ήταν η μόλυνση των φυτών με αιώρημα σπορίων του μύκητα.

Τριβλία που περιείχαν θρεπτικό υπόστρωμα PDA, εμβολιάσθηκαν με την απομόνωση του παθογόνου και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης σε θερμοκρασία 25 °C για 5 ημέρες. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη υγρασία για την απελευθέρωση των σπορίων του μύκητα, σε καθένα από τα τριβλία στα οποία είχε αναπτυχθεί η καλλιέργεια, προστέθηκαν 10 mL αποστειρωμένου dH₂O. Η απελευθέρωση από τις κονιδιοφόρους διευκολύνθηκε με τη βοήθεια γυάλινης ράβδου. Το αιώρημα διηθήθηκε δια μέσου αποστειρωμένης μουσελίνας και συλλέχθηκε σε ογκογομετρική φιάλη 50 mL. Οι ογκομετρικές φιάλες αφού πωματίστηκαν με αποστειρωμένο βαμβάκι, τοποθετήθηκαν σε τράπεζα ανακίνησης, όπου και παρέμειναν για 24 ώρες. Τη διαδικασία αυτή ακολούθησε ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του αιωρήματος σε σπορία με τη χρήση αιματοκυτταρόμετρου, η οποία ανερχόταν στα 30.000 σπόρια ανά mL.

Για την πραγματοποίηση της τεχνητής μόλυνσης χρησιμοποιήθηκε πιπέτα, μέσω της οποίας χορηγούνταν 20 µL του αιωρήματος σπορίων σε δύο θέσεις στην άνω επιφάνεια τριών υγιών φύλλων του κάθε φυτού. Την τρίτη ημέρα μετά τη μόλυνση, πραγματοποιήθηκε φαινοτυπική αξιολόγηση των μολυσμένων με αιώρημα σπορίων πλέον φυτών, συγκριτικά με τους μάρτυρες του πειράματος, καθώς και περιγραφή της

συμπτωματολογικής εικόνας των ασθενών φυτών. Επιπλέον, την ίδια ημέρα πραγματοποιήθηκε συλλογή ιστού για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φύλλων των προσβεβλημένων φυτών σε προλίνη, όπως περιγράφεται αναλυτικά στην Ενότητα 3.7.



Εικόνα 2.5: Τεχνητή μόλυνση μέσω εναπόθεσης αιωρήματος σπορίων σε φύλλα υγιών φυτών.

Παρακάτω ακολουθεί ημερολογιακή καταγραφή των ανωτέρω εφαρμογών, δοκιμών και λήψεων ιστών και μετρήσεων:

Δεκέμβριος						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
				1 1 ^η εφαρμογή βιοδιεγερτών	2	3
4	5	6	7	8 i) 2 ^η εφαρμογή βιοδιεγερτών ii) 1 ^η λήψη παρατηρήσεων iii) 1 ^η λήψη ιστών	9	10
11	12	13	14	15 2 ^η λήψη παρατηρήσεων 2 ^η λήψη ιστών	16 Τεχνητή προσβολή με μυκηλιακό δίσκο	17 Τεχνητή προσβολή με αιώρημα σπορίων
18	19 Καταμέτρηση διαμέτρου καλλιέργειας	20	21 i) Φαινοτυπική αξιολόγηση ii) Λήψη ιστών για προσδιορισμό συγκέντρωσης προλίνης	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
Ιανουάριος						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5 3 ^η λήψη παρατηρήσεων 3 ^η λήψη ιστών	6	7

2.7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας των φύλλων σε προλίνη

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης της προλίνης εντός των φυτικών ιστών, εκτελέστηκε η διαδικασία που περιγράφεται στην έρευνα των Carillo and Gibon (2011).

2.7.1 Δείγματα φυτικού ιστού

Τρεις ημέρες μετά τη μόλυνση των φυτών με αιώρημα σπορίων, λήφθηκε ιστός σε τρεις επαναλήψεις από κάθε συνδυασμό μεταχείρισης - ποικιλίας. Αρχικά, προσδιορίστηκε το βάρος του ιστού σε ζυγό ακριβείας και ακολούθησε τοποθέτηση των δειγμάτων σε βαθειά κατάψυξη (-80°C), όπου και διατηρήθηκαν μέχρι την πραγματοποίηση των μετρήσεων για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των ιστών σε προλίνη.

2.7.2. Εκχύλιση φυτικού ιστού

Έπειτα από ζύγιση της απαιτούμενης ποσότητας, ο ιστός ψιλοτεμαχίστηκε και τοποθετήθηκε σε γουδί όπου έγινε προσθήκη 2 ml διαλύματος αιθανόλης 70 %. Ακολούθησε λειοτρίβηση και προσθήκη επιπλέον 2 ml διαλύματος αιθανόλης. Μετά την ολοκλήρωση της λειοτρίβησης, το εκχύλισμα του φυτικού ιστού μεταφέρθηκε σε falcon των 15 ml, τα οποία τοποθετήθηκαν στο ψυγείο. Ακολούθησε φυγοκέντριση των δειγμάτων σε 4000 στροφές για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο τοποθετήθηκε εκ νέου σε καθαρό falcon των 15 ml.

Προκειμένου να καταστεί εφικτή η μέτρηση της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο, παρασκευάστηκε διάλυμα νινυδρίνης 0,5 w/v. Η παρασκευή του διαλύματος έγινε σε ογκομετρικό κύλινδρο, όπου προστέθηκαν 60 ml οξικού οξέος και 0,5 g νινυδρίνης. Έπειτα από τη διάλυση της νινυδρίνης, ο ογκομετρικός κύλινδρος πληρώθηκε με αιθανόλη 98 % έως τελικού όγκου 100 mL.

Σε δοκιμαστικούς σωλήνες των 15 ml τοποθετήθηκαν 2 ml νινυδρίνης και 1 ml εκχυλίσματος φυτικού ιστού. Οι σωλήνες πωματίστηκαν, ανακινήθηκαν σε vortex για 10-15 δευτερόλεπτα και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 95 °C. Με το πέρασμα 25 λεπτών, οι σωλήνες αυτοί μεταφέρθηκαν σε παγόλουτρο. Τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν στις 4000 στροφές για 5 λεπτά. Στο υπερκείμενο της φυγοκέντρισης, πραγματοποιήθηκε φωτομέτρηση σε μήκος κύματος 520 nm.



Εικόνα 2.6: Φυτικά εκχυλίσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φύλλων σε προλίνη

2.7.3. Κατασκευή καμπύλης αναφοράς

Για την μέτρηση της απορρόφησης, ακολούθησε η κατασκευή καμπύλης αναφοράς. Αρχικά, σε διάλυμα αιθανόλης 70 % σε dH₂O διαλύθηκαν 115,13 mg L-proline. Ο τελικός όγκος ανερχόταν στα 100 ml. Σε δοκιμαστικούς σωλήνες παρασκευάστηκαν

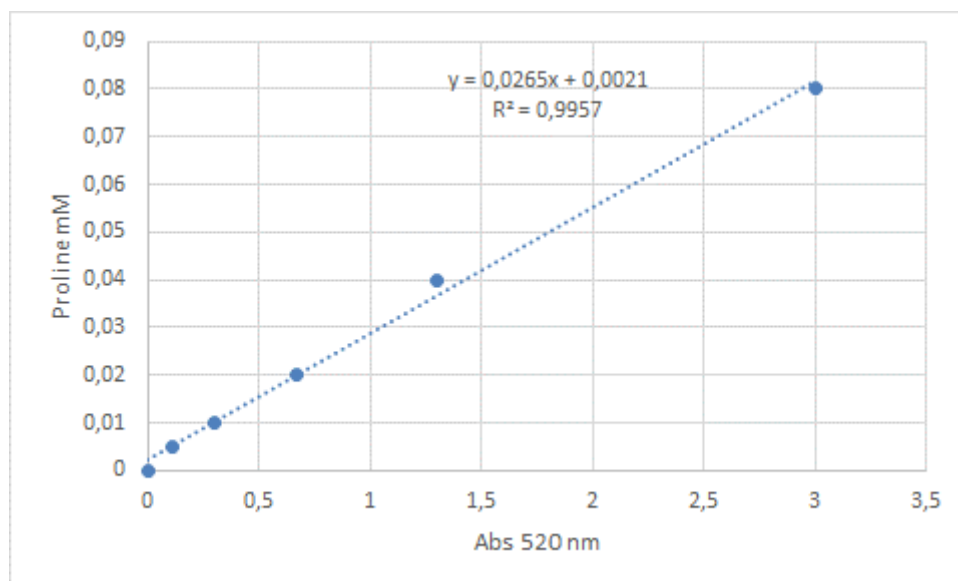
και επιπλέον διαλύματα προλίνης σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Δεδομένα για την παρασκευή των διαλυμάτων προλίνης που αξιοποιήθηκαν για την κατασκευή της καμπύλης αναφοράς.

Όγκος (mL) από το αρχικό διάλυμα προλίνης	Όγκος (mL) διαλύματος αιθανόλης 70%	Τελική συγκέντρωση προλίνης (mM)
0	10	0
0,25	9,75	0,025
0,50	9,50	0,05
1	9	0,1
2	8	0,2
4	6	0,4
8	2	0,8

Τα διαλύματα προλίνης, τα οποία μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 520 nm και χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπα, παρασκευάστηκαν τοποθετώντας σε δοκιμαστικούς σωλήνες 0,2 mL διαλύματος προλίνης, 0,8 mL διαλύματος αιθανόλης 40 % και 2 mL διαλύματος νινυδρίνης. Τα πρότυπα διαλύματα είχαν συγκέντρωση 0 - 0,005 - 0,01 – 0,02 – 0,04 – 0,08 - 0,16 mM και, αφού πωματίστηκαν και ανακινήθηκαν σε Vortex, μετρήθηκαν στο φασματοφωτόμετρο (Πίνακας 2.2). Από τα αποτελέσματα της μέτρησης, προέκυψε η πρότυπη καμπύλη του Διαγράμματος 2.1.

Η μετατροπή της απορρόφησης με προλίνη έγινε με την πρότυπη καμπύλη σύμφωνα με τη συνάρτηση $Y = 0,0154X + 0,0016$. Οι τιμές της προλίνης αντιστοιχούν σε mM.



3. Αποτελέσματα

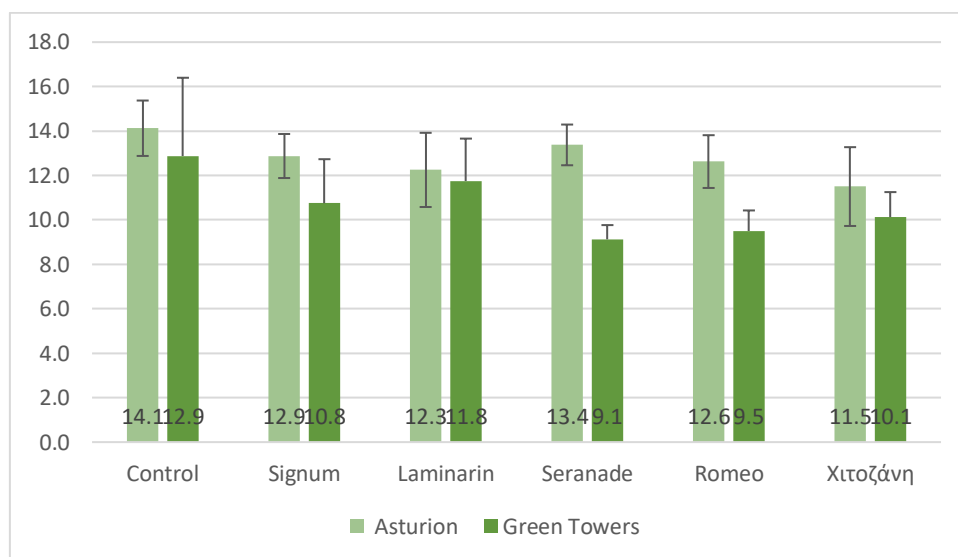
3.1 Επίδραση των βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων

Για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 3 διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Η πρώτη μέτρηση έγινε 7 ημέρες μετά την πρώτη εφαρμογή των βιοδιεγερτών (08/12/2022), η δεύτερη 7 ημέρες μετά τη δεύτερη εφαρμογή (15/12/2022) και η τρίτη 1 μήνα μετά τη δεύτερη εφαρμογή.

Πίνακας 3.1: Προσδιορισμός αριθμού φύλλων ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

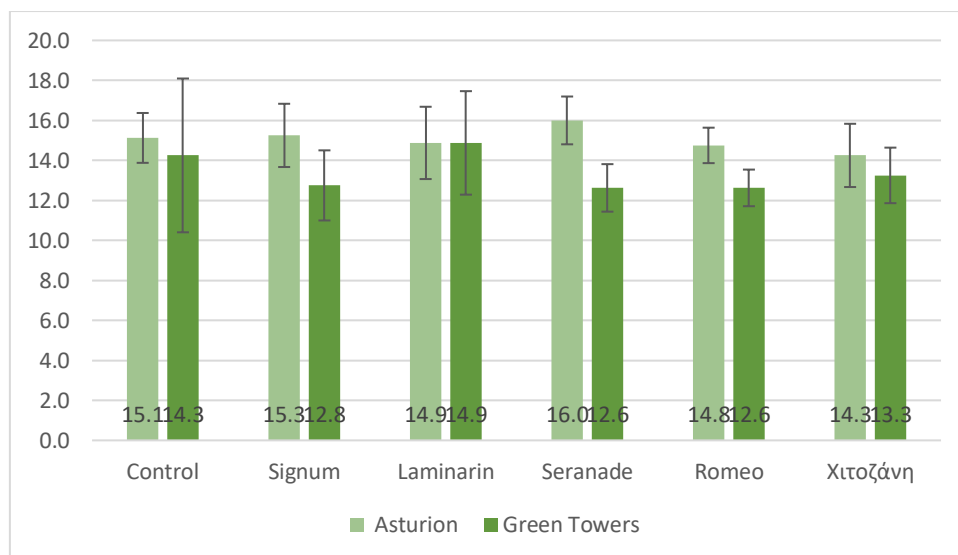
Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
8/12/2022	Control	14,1a	12,9a	13,5a
	Signum	12,9ab	10,8ab	11,8ab
	Laminarin	12,3ab	11,8ab	12,0ab
	Seranade	13,4ab	9,1b	11,3b
	Romeo	12,6ab	9,5b	11,1b
	Project One	11,5b	10,1ab	10,8b
	M.O. (Π)	12,8a	10,7b	
15/12/2022	Control	15,1a	14,3a	14,7a
	Signum	15,3a	12,8a	14,0a
	Laminarin	14,9a	14,9a	14,9a
	Seranade	16,0a	12,6a	14,3a
	Romeo	14,8a	12,6a	13,7a
	Project One	14,3a	13,3a	13,8a
	M.O. (Π)	15,0a	13,4a	
05/01/2023	Control	19,7a	19,0a	19,3a
	Signum	23,7a	17,3a	20,5a
	Laminarin	20,3a	25,3a	22,8a
	Seranade	24,0a	18,0a	21,0a
	Romeo	23,3a	18,7a	21,0a
	Project One	20,0a	21,3a	20,7a
	M.O. (Π)	21,8a	19,9a	

Έπειτα από ανάλυση των αποτελεσμάτων, κατά την 1^η μέτρηση παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των υπο μελέτη ποικιλιών, με την ποικιλία Asturion να φέρει μεγαλύτερο αριθμό φύλλων συγκριτικά με την ποικιλία Green Towers. Όσον αφορά τους εφαρμοσθέντες βιοδιεγέρτες, διαπιστώθηκε υπεροχή των φυτών του μάρτυρα και παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και για τις 2 ποικιλίες. Εντός των ποικιλιών, υπεροχή εμφάνισαν τα φυτά του μάρτυρα και για τις 2 ποικιλίες. Ο αριθμός των φύλλων παρουσίασε σημαντική διαφορά, με τις μεταχειρίσεις Project One να εμφανίζει τις μικρότερες τιμές στην ποικιλία Asturion. Αντιστοίχως, στην ποικιλία Green Towers σημαντικά μειωμένες τιμές εμφάνισαν τα φυτά όπου έγινε εφαρμογή με τα σκευάσματα Serenade και Romeo. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.1.



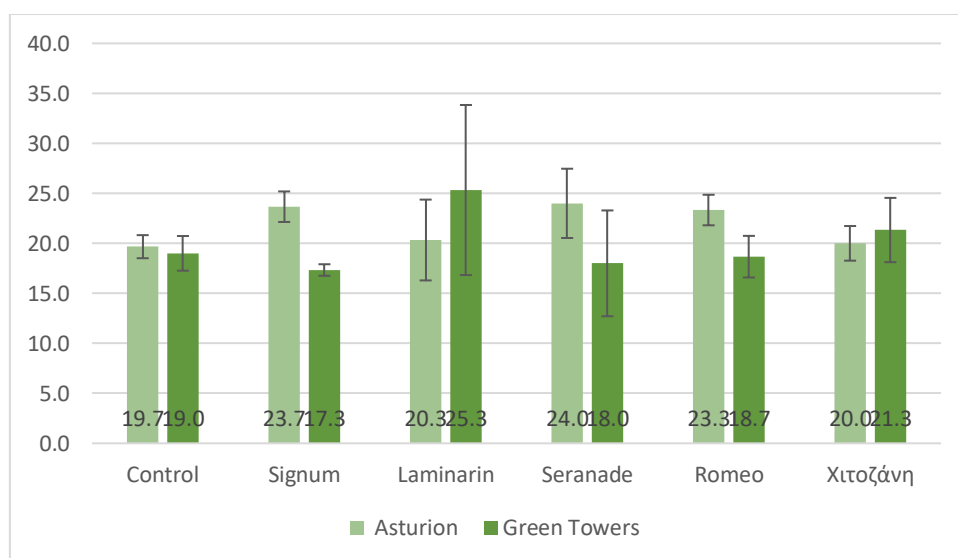
Γράφημα 3.1: Αριθμός φύλλων ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 08/12/2022

Κατά τη 2^η μέτρηση, η διαφορά που σημειώθηκε μεταξύ των ποικιλιών, δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Παρόλο που σε επίπεδο μεταχειρίσεων, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά και στις δύο υπό μελέτη ποικιλίες, τα φυτά που δέχθηκαν την εφαρμογή βιοδιεγερτών παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των φύλλων, συγκριτικά με τα φυτά του μάρτυρα, για το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε. Εντός των ποικιλιών, υπεροχή εμφάνισαν τα φυτά της ποικιλίας Asturion στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγερτής Serenade και τα φυτά της ποικιλίας Green Towers στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγερτής Laminarin. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.2.



Γράφημα 3.2: Αριθμός φύλλων ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 15/12/2022

Κατά την 3^η μέτρηση, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο σε επίπεδο ποικιλίας όσο και σε επίπεδο μεταχείρισης. Είναι ωστόσο αξιοσημείωτο ότι, στο πλείστο των περιπτώσεων, τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες, παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των φύλλων συγκριτικά με τα φυτά του μάρτυρα. Εντός των ποικιλιών, έτι μία φορά, υπεροχή εμφάνισαν τα φυτά της ποικιλίας Asturion στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγερτής Serenade και τα φυτά της ποικιλίας Green Towera στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγερτής Laminarin. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.3.



Γράφημα 3.3: Αριθμός φύλλων ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 05/01/2023

3.2 Επίδραση των βιοδιεγερτών στο ύψος των φυτών

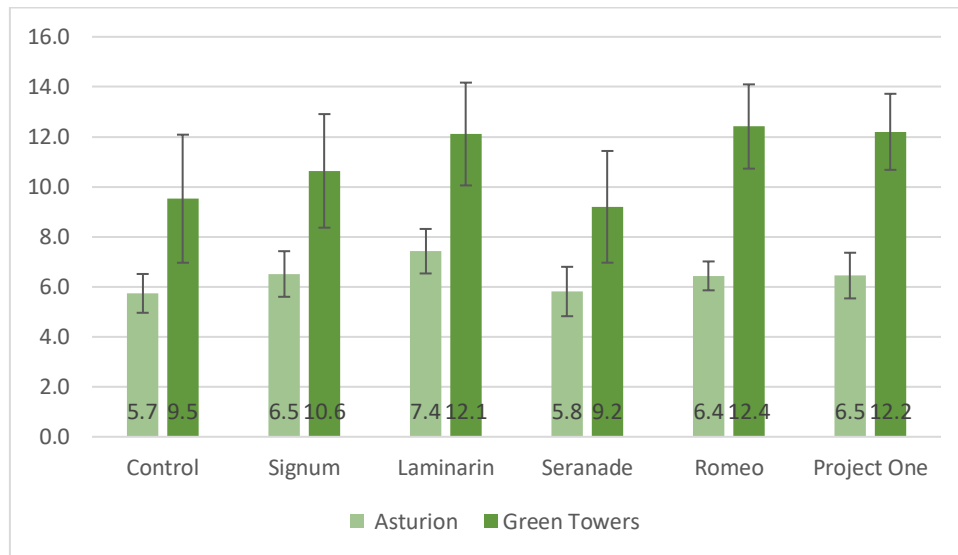
Η αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στο ύψος των φυτών, έγινε με τη λήψη μετρήσεων σε 3 διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Οι ημερομηνίες ήταν αντίστοιχες με αυτές των μετρήσεων του αριθμού των φύλλων, δηλαδή στις 08/12/2022, στις 15/12/2022 και στις 05/01/2023. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Προσδιορισμός του ύψους των φυτών ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
8/12/2022	Control	5,7b	9,5ab	7,6a
	Signum	6,5ab	10,6ab	8,6a
	Laminarin	7,4a	12,1ab	9,8a
	Serenade	5,8b	9,2b	7,5a
	Romeo	6,4ab	12,4a	9,4a
	Project One	6,5ab	12,2ab	9,3a
	M.O. (Π)	6,4ab	11,0ab	
15/12/2022	Control	10,9a	17,4b	14,1a
	Signum	12,4a	19,2ab	15,8a
	Laminarin	13,4a	20,6ab	17,0a
	Serenade	12,2a	17,9ab	15,1a
	Romeo	11,4a	21,8a	16,6a
	Project One	11,38a	21,1ab	16,2a
	M.O. (Π)	11,9a	19,7ab	
05/01/2023	Control	16,9a	32,6ab	24,8a
	Signum	17,3a	43,4a	30,3a
	Laminarin	18,1a	38,7ab	28,4a
	Serenade	16,2a	30,0b	23,1a
	Romeo	16,5a	30,2b	23,3a
	Project One	16,0a	40,7ab	28,4a
	M.O. (Π)	16,8a	35,9ab	

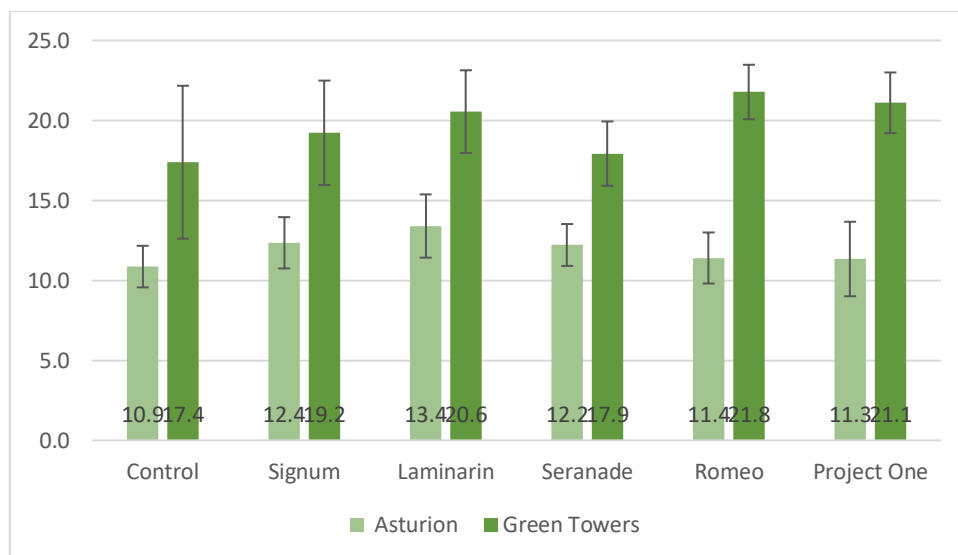
Η ανάλυση των αποτελεσμάτων που συλλέχθηκαν κατά την 1^η μέτρηση, μία εβδομάδα μετά την πρώτη εφαρμογή στις 08/12/2022, ανέδειξε την απουσία στατιστικώς σημαντικών διαφορών τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές για το σύνολο των μεταχειρίσεων και ποικιλιών, αντίστοιχα. Σε επίπεδο μεταχείρισης, για την ποικιλία Asturion ως πλέον θετική

αναδείχθηκε η επίδραση του βιοδιεγέρτη Laminarin, ενώ οι χαμηλότερες τιμές σημειώθηκαν στο μάρτυρα και στα φυτά όπου έγινε εφαρμογή με Serenade. Αντιστοίχως, στην ποικιλία Green Towers η υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή εμφανίστηκε στα φυτά όπου έγινε εφαρμογή με τους βιοδιεγέρτες Romeo και Serenade, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.4.



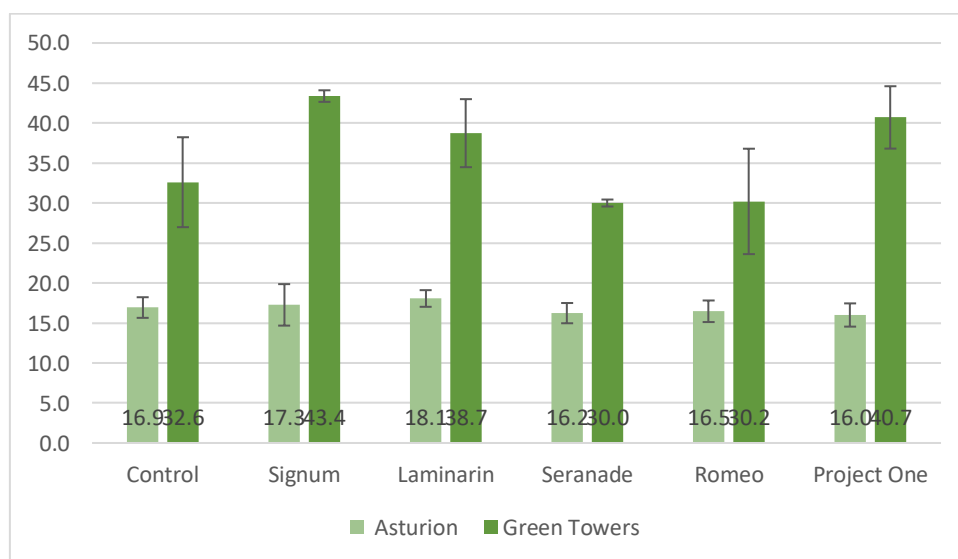
Γράφημα 3.4: Ύψος φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 08/12/2022.

Κατά τη 2^η μέτρηση, μία εβδομάδα μετά τη δεύτερη εφαρμογή στις 15/12/2022, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων, ωστόσο, συνολικά τα φυτά που δέχθηκαν εφαρμογή βιοδιεγερτών εμφάνισαν μεγαλύτερο ύψος φυτών συγκριτικά με τα φυτά του μάρτυρα. Σε επίπεδο ποικιλίας, υπεροχή εμφάνισαν τα φυτά της ποικιλίας Asturion, στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Laminarin καθώς και τα φυτά της ποικιλίας Green Towers στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Romeo, για τα οποία και παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.5.



Γράφημα 3.5: Ύψος φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 15/12/2022.

Κατά την 3^η μέτρηση, στις 05/01/2023, επίσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Μεταξύ των ποικιλιών, το μεγαλύτερο ύψος φυτών σημειώθηκε στην ποικιλία Green Towers. Τα φυτά της ποικιλίας Asturion που δέχθηκαν το σκεύασμα Laminarin, εξακολουθούσαν να σημειώνουν το μεγαλύτερο ύψος φυτών. Στην ποικιλία Green Towers, με την πάροδο του χρόνου, τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους σημείωσαν τα φυτά που δέχθηκαν το σκεύασμα Signum, τα οποία μάλιστα σημείωσαν σημαντική διαφορά με τα φυτά που δέχθηκαν τα σκευάσματα Serenade και Romeo. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.6.



Γράφημα 3.6: Ύψος φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 05/01/2023.

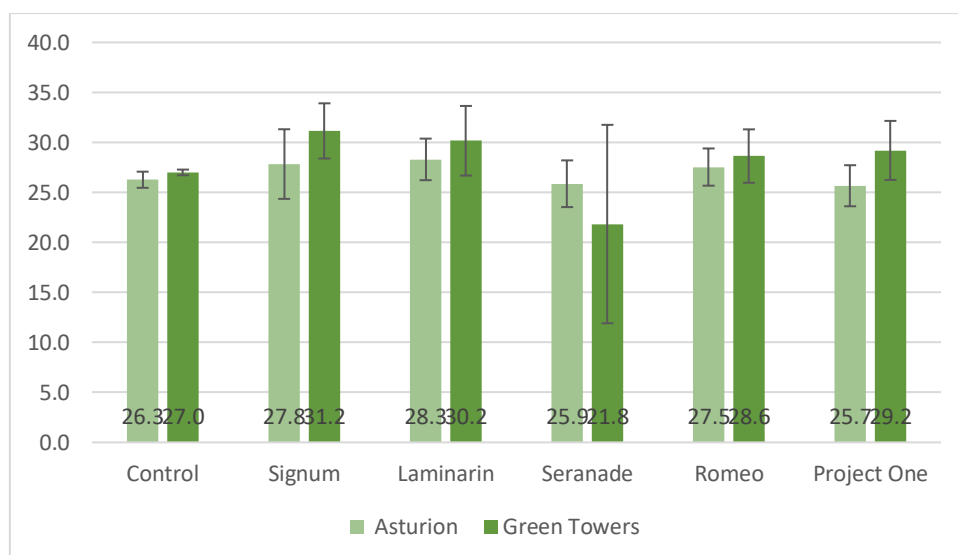
3.3 Επίδραση των βιοδιεγερτών στο νωπό βάρος στο ξηρό βάρος και στην % ξηρά ουσία

Για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στο νωπό, ξηρό βάρος και στην % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, λήφθηκαν μετρήσεις οι οποίες παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.3, 3.4 και 3.5 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.3: Προσδιορισμός νωπού βάρους (g) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	26,3a	27,0a	26,6a
Signum	27,8a	31,2a	29,2a
Laminarin	28,3a	30,2a	29,2a
Seranade	25,9a	21,8a	23,9a
Romeo	27,5a	28,6a	28,1a
Project One	25,9a	29,2a	27,4a
M.O. (Π)	26,9a	27,9a	

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων που καταγράφηκαν για το νωπό βάρος, εξήχθη το συμπέρασμα πως δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές αυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων και ποικιλιών, αντίστοιχα. Εντός των ποικιλιών, το μεγαλύτερο νωπό βάρος παρατηρήθηκε στα φυτά της ποικιλίας Asturion που δέχθηκαν εφαρμογή με το σκεύασμα Laminarin, και στα φυτά της ποικιλίας Green Towers όπου εφαρμόστηκε το σκεύασμα Signum. Η θετική επίδραση των βιοδιεγερτών ήταν εμφανής στην ποικιλία Green Towers, καθώς το σύνολο των φυτών που δέχθηκαν εφαρμογές με τους διαφορετικούς διεγέρτες εμφάνισαν μεγαλύτερο νωπό βάρος συγκριτικά με τα φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα του νωπού βάρους συνοψίζονται στο Γράφημα 3.7.

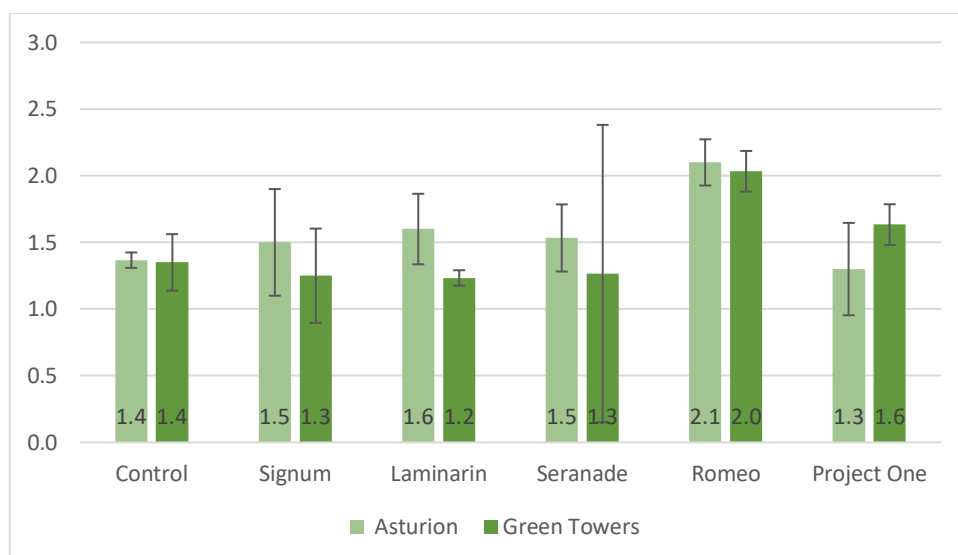


Γράφημα 3.7.: Νωπό βάρος φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση.

Πίνακας 3.4: Προσδιορισμός ξηρού βάρους (g) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	1,4ab	1,4a	1,4b
Signum	1,5ab	1,3a	1,4ab
Laminarin	1,6ab	1,2a	1,4ab
Serenade	1,5ab	1,3a	1,4ab
Romeo	2,1a	2,0a	2,1a
Project One	1,3b	1,6a	1,5ab
M.O. (Π)	1,7ab	1,5a	

Όσον αφορά το ξηρό βάρος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Ωστόσο, σημειώθηκαν διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων, με εμφανή την υπεροχή των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα Romeo έναντι των φυτών του μάρτυρα. Στην ποικιλία Asturion, το μεγαλύτερο ξηρό βάρος σημειώθηκε στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Romeo, ενώ στην ποικιλία Green Towers δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Τα αποτελέσματα του νωπού βάρους συνοψίζονται στο Γράφημα 3.8.

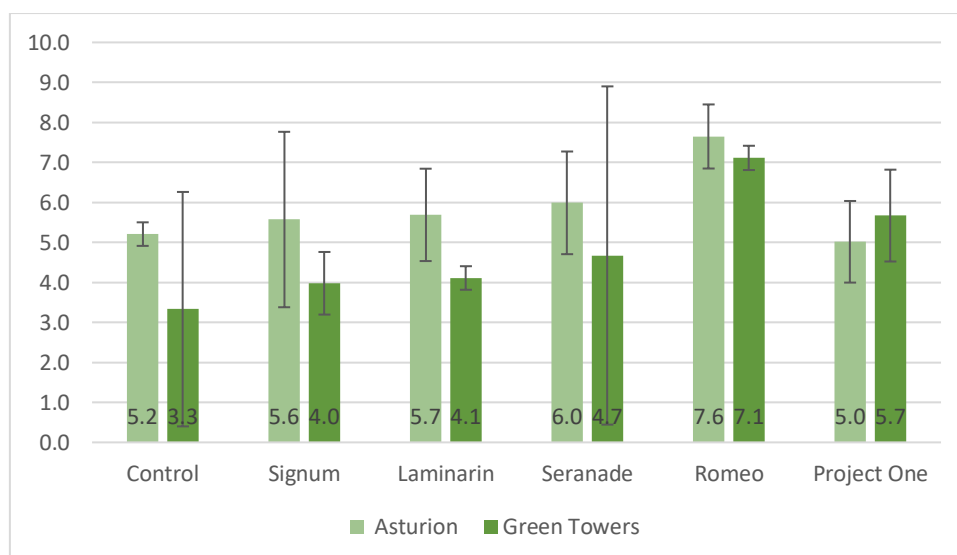


Γράφημα 3.8 Ξηρό βάρος φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση.

Πίνακας 3.5: Προσδιορισμός % ξηράς ουσίας ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	5,2a	3,3a	4,3a
Signum	5,6a	4,0a	4,9a
Laminarin	5,7a	4,1a	4,9a
Serenade	6,0a	4,7a	5,3a
Romeo	7,6a	7,1a	7,4a
Project One	5,0a	5,7a	5,3a
M.O. (Π)	5,9a	4,9a	

Έπειτα από υπολογισμό της % ξηράς ουσίας και ανάλυσης των αποτελεσμάτων, προκύπτει το συμπέρασμα πως δεν υφίσταται στατιστική σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι τόσο στην ποικιλία Asturion όσο και στην ποικιλία Green Towers, τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία εμφάνισαν τα φυτά που δέχθηκαν εφαρμογή με το βιοδιεγέρτη Romeo. Τα αποτελέσματα αναφορικά με την % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία συνοψίζονται στο Γράφημα 3.9.



Γράφημα 3.9 % ξηρά ουσία φυτών ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση.

3.4 Επίδραση των βιοδιεγερτών στην ποσότητα χλωροφύλλης

3.4.1 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε χλωροφύλλη α

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α στους φυτικούς ιστούς προσδιορίστηκε με πραγματοποίηση δειγματοληψίας ιστού σε 3 χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα της φασματοφωτομετρίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6.

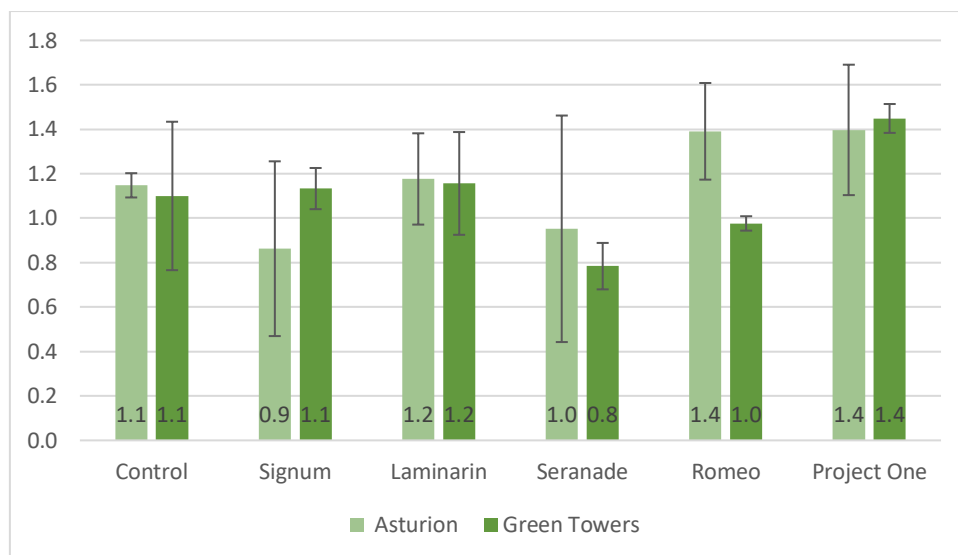
Πίνακας 3.6: Προσδιορισμός περιεκτικότητας χλωροφύλλης α (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
08/12/2022	Control	1,1a	1,1ab	1,1ab
	Signum	0,9a	1,1ab	1,0ab
	Laminarin	1,2a	1,2ab	1,2ab
	Serenade	1,0a	0,8b	0,9b
	Romeo	1,4a	1,0ab	1,2ab
	Project One	1,4a	1,4a	1,4a
	M.O. (Π)	1,2a	1,1ab	
15/12/2022	Control	1,0a	1,1a	1,1a
	Signum	1,1a	1,3a	1,2a
	Laminarin	1,2a	1,5a	1,3a
	Serenade	1,1a	1,5a	1,3a
	Romeo	1,2a	1,3a	1,3a

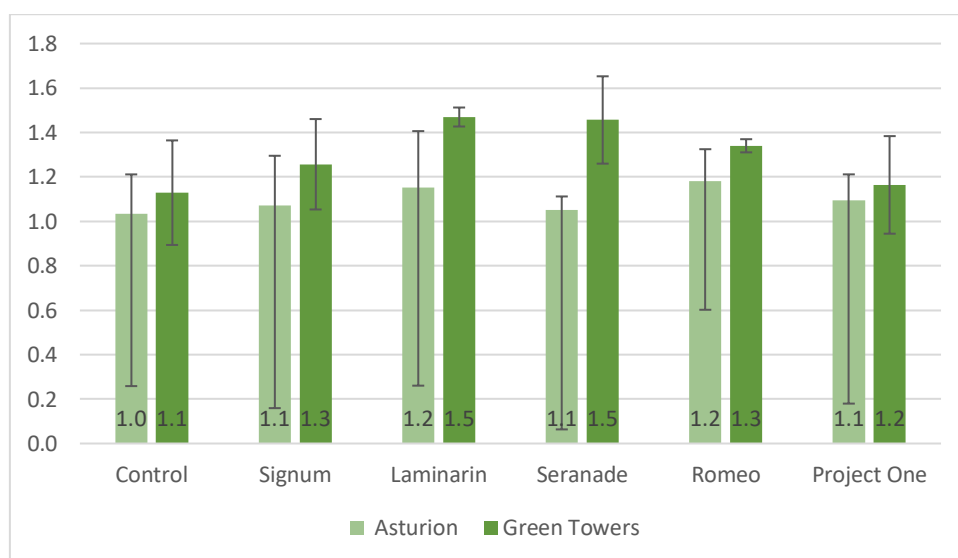
	Project One	1,1a	1,2a	1,1a
	M.O. (II)	1,1a	1,3a	
21/12/2022	Control	0,8a	0,8a	0,8a
	Signum	1,0a	1,5a	1,2a
	Laminarin	1,1a	1,0a	1,0a
	Serenade	1,2a	1,0a	1,1a
	Romeo	1,3a	1,3a	1,3a
	Project One	1,4a	1,2a	1,3a
	M.O. (II)	1,1a	1,1a	

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων που καταγράφηκαν για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης α στον φυτικό ιστό, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο σε επίπεδο ποικιλίας, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές των ποικιλιών για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Παρά την απουσία διαφορών σε επίπεδο μεταχείρισης, εξαίρεση αποτέλεσε ο ιστός που συλλέχθηκε την 1^η ημέρα (08/12/2022), όπου η μεταχείριση Project One σημείωσε μεγαλύτερη επίδραση στην περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη α σε σύγκριση με τη μεταχείριση Serenade, η οποία παρουσίασε τη μικρότερη συγκέντρωση. Θα πρέπει να σημειωθεί ακόμη πως κατά τη τελευταία μέρα των μετρήσεων, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη α των φυτών που έγιναν εφαρμογές με βιοδιεγέρτες εν συνόλω, ήταν μεγαλύτερη συγκρινόμενη με την αντίστοιχη του μάρτυρα για τους δύο χρόνους μετρήσεων.

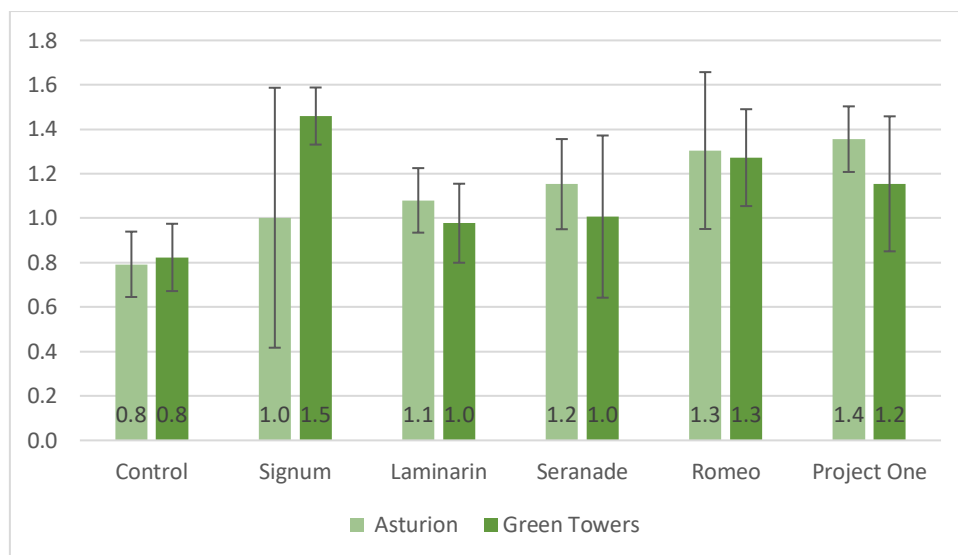
Για την ποικιλία Asturion, δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για κανένα από τα 3 χρονικά διαστήματα συλλογής ιστού. Για την ποικιλία Green Towers, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στις 08/12/2022, όπου αυξημένη συγκέντρωση χλωροφύλλης α παρουσίασαν τα φυτά τα οποία δέχθηκαν το σκεύασμα Project One, ενώ εμφανώς μειωμένη συγκέντρωση αυτά που δέχθηκαν το σκεύασμα Serenade. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στα γραφήματα 3.10 – 3.12.



Γράφημα 3.10: Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη *a* (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 08/12/2022.



Γράφημα 3.11: Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη *a* (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 15/12/2022.



Γράφημα 3.12 Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη α (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 21/12/2022.

3.4.2 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε χλωροφύλλη b

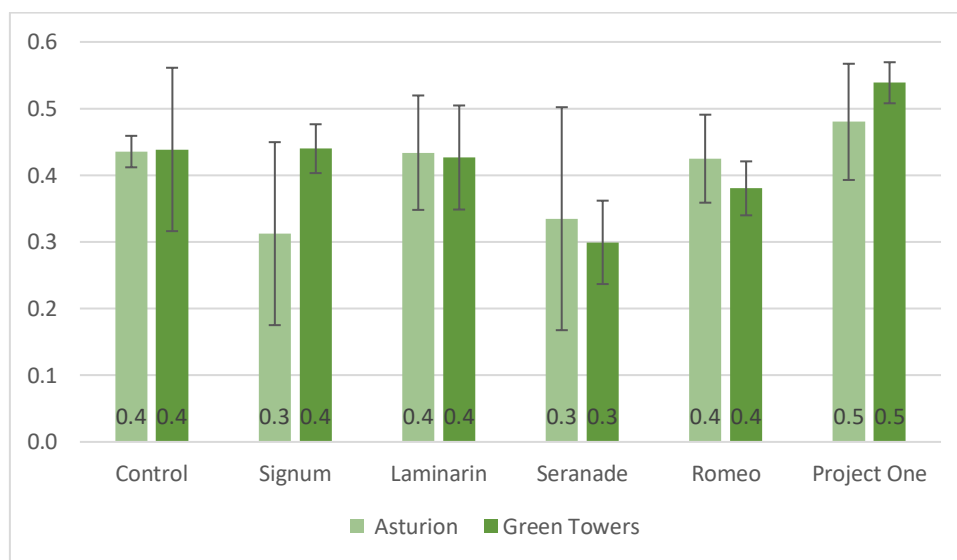
Η περιεκτικότητα των φυτών σε χλωροφύλλη b προσδιορίστηκε με πραγματοποίηση δειγματοληψίας ιστού σε 3 χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα της φασματοφωτομετρίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7 Προσδιορισμός περιεκτικότητας χλωροφύλλης b (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
08/12/2022	Control	0,4a	0,4ab	0,4ab
	Signum	0,3a	0,4ab	0,4ab
	Laminarin	0,4a	0,4ab	0,4ab
	Serenade	0,3a	0,3b	0,3b
	Romeo	0,4a	0,4ab	0,4ab
	Project One	0,5a	0,5a	0,5a
	M.O. (Π)	0,4a	0,4ab	
15/12/2022	Control	0,4a	0,5a	0,4a
	Signum	0,4a	0,5a	0,4a
	Laminarin	0,4a	0,6a	0,5a
	Serenade	0,4a	0,5a	0,4a
	Romeo	0,4a	0,5a	0,4a
	Project One	0,4a	0,4a	0,4a
	M.O. (Π)	0,4a	0,5a	

21/12/2023	Control	0,4a	0,3a	0,4b
	Signum	0,4a	0,6a	0,5ab
	Laminarin	0,4a	0,4a	0,4ab
	Serenade	0,5a	0,4a	0,4ab
	Romeo	0,6a	0,7a	0,6a
	Project One	0,3a	0,4a	0,4ab
	M.O. (II)	0,4a	0,5a	

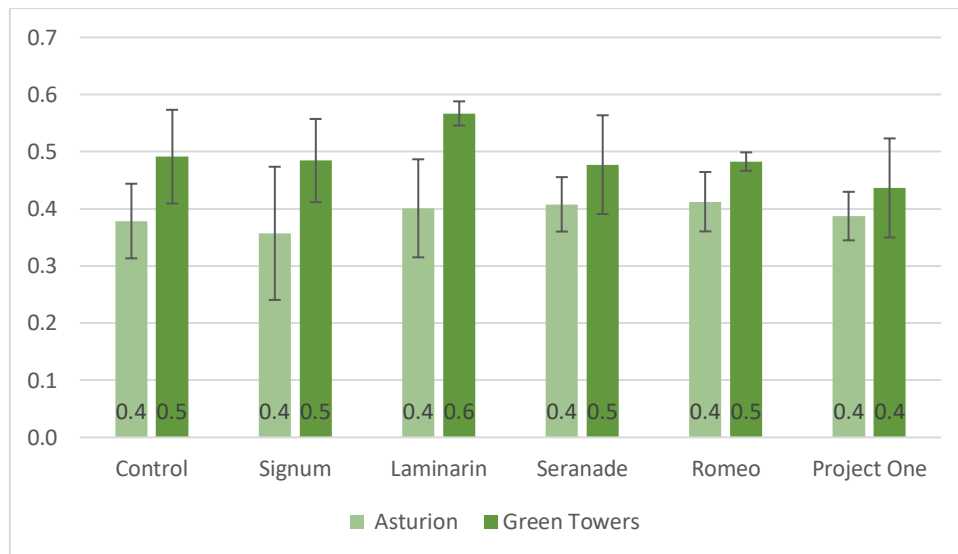
Οι μετρήσεις που λήφθηκαν για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης b στους ιστούς που συλλέχθηκαν στις 08/12/2022, δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο ποικιλίας. Σε επίπεδο μεταχείρισης, ωστόσο, αναδεικνύεται ως ωφελιμότερη η εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Project One και λιγότερο αποδοτική η επίδραση του βιοδιεγέρτη Serenade. Εντός των ποικιλιών, αντίστοιχα ήταν τα αποτελέσματα για την ποικιλία Green Towers, με τα φυτά που δέχθηκαν το σκεύασμα Project One να σημειώνουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη b, ενώ για την ποικιλία Asturion δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.13.



Γράφημα 3.13: Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη b (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 08/12/2022.

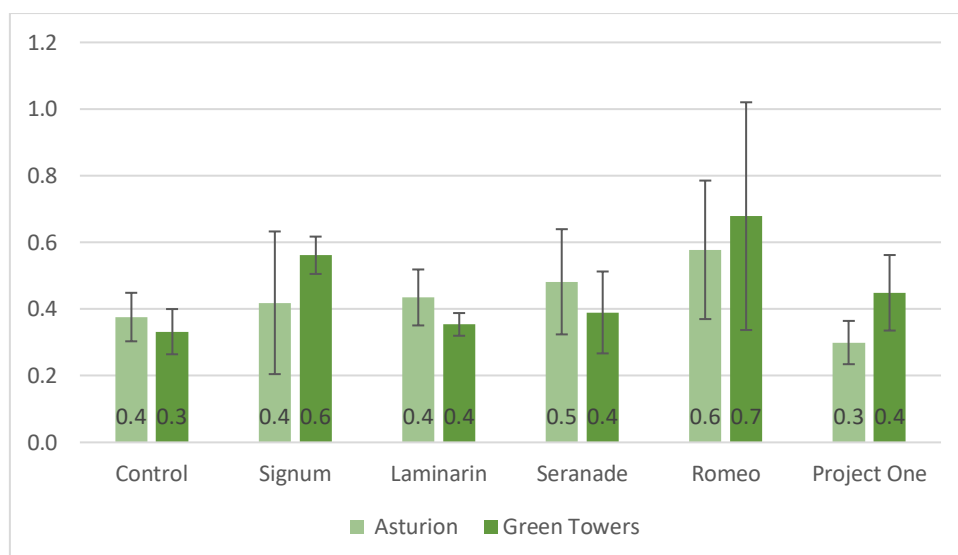
Η ανάλυση των αποτελεσμάτων για την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη b των φυτικών ιστών που συλλέχθηκαν στις 15/12/2022, οδήγησε στο συμπέρασμα πως δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο σε επίπεδο ποικιλίας όσο και σε επίπεδο

μεταχείρισης. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί πως παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά της ποικιλίας Green Towers που δέχθηκαν το σκεύασμα Laminarin. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.14.



Γράφημα 3.14: Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη b (mg/g νεπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 15/12/2022.

Όσον αφορά τους ιστούς που συλλέχθηκαν στις 21/12/2022, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο ποικιλιών, αλλά ούτε εντός αυτών. Σε επίπεδο μεταχείρισης, αναφορικά με τους μέσους όρους για όλες τις ποικιλίες, υπεροχή παρουσίασαν τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Romeo, ενώ τη μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b σημείωσαν τα φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.15.



Γράφημα 3.15: Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη b (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 21/12/2022.

3.4.3 Συνολική περιεκτικότητα χλωροφύλλης a και b των φύλλων

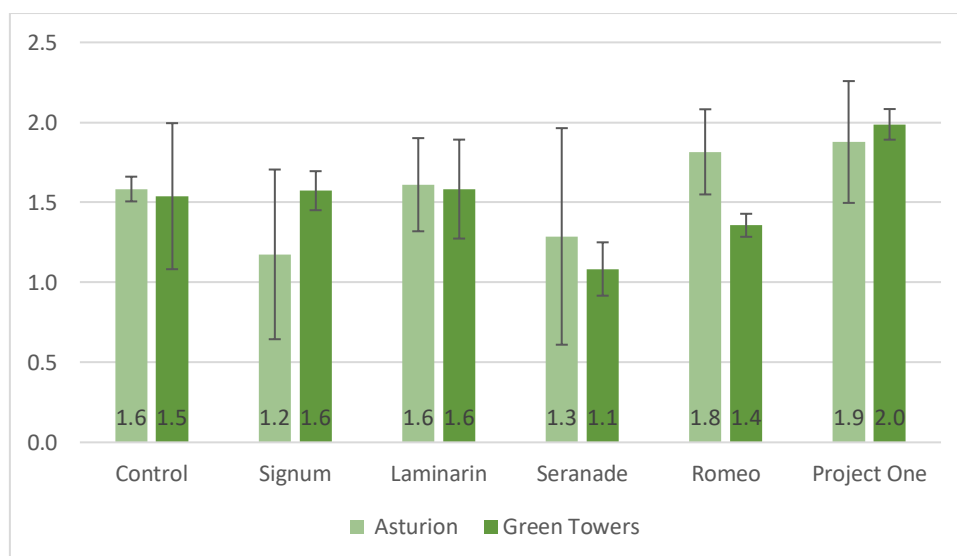
Τα αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φυτών σε ολική χλωροφύλλη για τους τρεις διαφορετικούς χρόνους κατά τους οποίους συλλέχθηκε ιστός, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8: Προσδιορισμός συνολικής περιεκτικότητας χλωροφύλλης (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O.(M)
08/12/2022	Control	1,6a	1,5ab	1,6ab
	Signum	1,2a	1,6ab	1,4ab
	Laminarin	1,6a	1,6ab	1,6ab
	Serenade	1,3a	1,1b	1,2b
	Romeo	1,8a	1,4ab	1,6ab
	Project One	1,9a	2,0a	1,9a
	M.O. (Π)	1,6a	1,5ab	
15/12/2022	Control	1,4a	1,6a	1,5a
	Signum	1,4a	1,7a	1,6a
	Laminarin	1,6a	2,0a	1,8a
	Serenade	1,5a	1,9a	1,7a
	Romeo	1,6a	1,8a	1,7a
	Project One	1,5a	1,6a	1,5a

	M.O. (II)	1,5a	1,8a	
21/12/2022	Control	1,2a	1,2a	1,2b
	Signum	1,4a	2,0a	1,7ab
	Laminarin	1,5a	1,3a	1,4ab
	Serenade	1,6a	1,4a	1,5ab
	Romeo	1,9a	2,0a	1,9a
	Project One	1,5a	1,6a	1,6ab
	M.O. (II)	1,5a	1,6a	

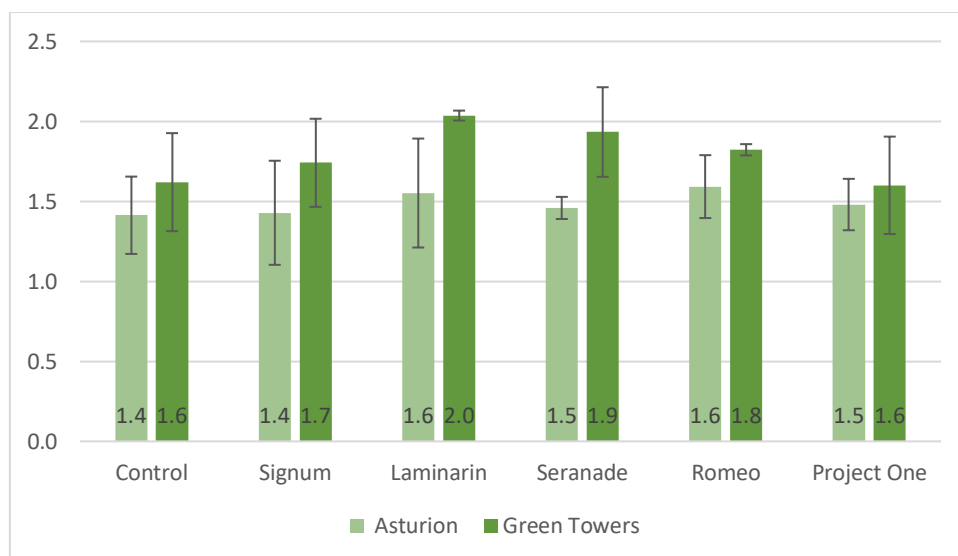
Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των ιστών που συλλέχθηκαν στις 08/12/2022 για την ποικιλία Asturion, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, με τα φυτά της μεταχείρισης Project One να σημειώνουν μεγαλύτερη ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης a και b. Για την ποικιλία Green Towers, εμφανής ήταν η υπεροχή των φυτικών ιστών που δέχθηκαν το σκεύασμα Project One, ιδίως σε σύγκριση με τα φυτά που δέχθηκαν το βιοδιεγέρτη Serenade, τα οποία και παρουσίασαν τη μικρότερη συγκέντρωση. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.16.



Γράφημα 3.16: Συνολική περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 08/12/2022.

Για τις συγκεντρώσεις των ιστών που συλλέχθηκαν στις 15/12/2022, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο σε επίπεδο ποικιλίας όσο και σε επίπεδο μεταχείρισης. Μέγιστες συγκεντρώσεις ολικής χλωροφύλλης a και b,

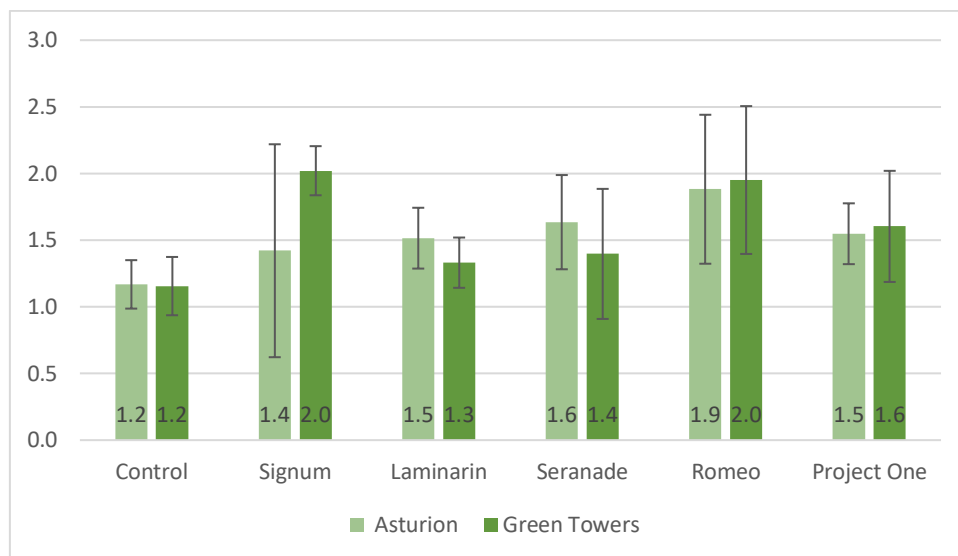
σημείωσαν για την ποικιλία Asturion τα φυτά που δεχθηκαν τους βιοδιεγέρτες Laminarin και Romeo, ενώ για την ποικιλία Green Towers τα φυτά που δέχθηκαν τους βιοδιεγέρτες Laminarin. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.17.



Γράφημα 3.17: Συνολική περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (M) στις 15/12/2022.

Για τις συγκεντρώσεις των ιστών που συλλέχθηκαν στις 21/12/2022, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο ποικιλίας. Σε επίπεδο μεταχείρισης ωστόσο, ωφελιμότερη αναδείχθηκε η εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Romeo, καθώς η συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης a και b των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε, ήταν εμφανώς αυξημένη συγκριτικά με αυτήν των φυτών του μάρτυρα. Εντός των ποικιλιών, μέγιστες συγκεντρώσεις ολικής χλωροφύλλης a και b, παρουσίασαν τα φυτά της μεταχείρισης Romeo για την ποικιλία Asturion και οι μεταχειρίσεις Signum και Romeo για την ποικιλία Green Towers. Στο διάστημα αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως η περιεκτικότητα σε ολική χλωροφύλλη ήταν μεγαλύτερη στα

φυτά που δέχθηκαν εφαρμογή με τους βιοδιεγέρτες συγκρινόμενα με του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο Γράφημα 3.18.



Γράφημα 3.18: Συνολική περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη (mg/g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ) στις 21/12/2022.

3.4.4 Λόγος χλωροφύλλης α προς β των φύλλων

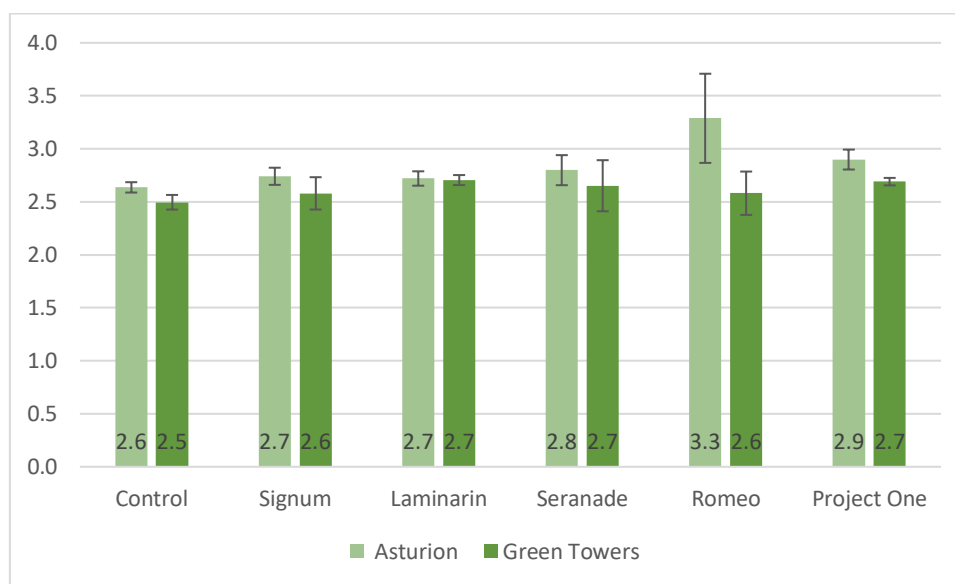
Τα δεδομένα που αφορούν το λόγο χλωροφύλλης α προς χλωροφύλλη β στους τρεις διαφορετικούς χρόνους κατά τους οποίους συλλέχθηκε ιστός, παρατίθενται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Λόγος χλωροφύλλης α προς β ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
08/12/2022	Control	2,6b	2,5a	2,6a
	Signum	2,7b	2,6a	2,7a
	Laminarin	2,7b	2,7a	2,7a
	Serenade	2,8ab	2,7a	2,7a
	Romeo	3,3a	2,6a	2,9a
	Project One	2,9ab	2,7a	2,8a
	M.O. (Π)	2,8ab	2,6a	
15/12/2022	Control	2,7a	2,3c	2,5a
	Signum	3,1a	2,6bc	2,8a
	Laminarin	2,9a	2,6bc	2,7a
	Serenade	2,6a	3,1a	2,8a
	Romeo	2,9a	2,8ab	2,8a

	Project One	2,8a	2,7abc	2,7a
	M.O. (II)	2,8a	2,7abc	
21/12/2022	Control	2,1b	2,5a	2,3b
	Signum	2,3b	2,6a	2,5b
	Laminarin	2,5b	2,8a	2,6ab
	Serenade	2,5b	2,6a	2,5b
	Romeo	2,3b	2,1a	2,2b
	Project One	4,6a	2,6a	3,6a
	M.O. (II)	2,7ab	2,5a	

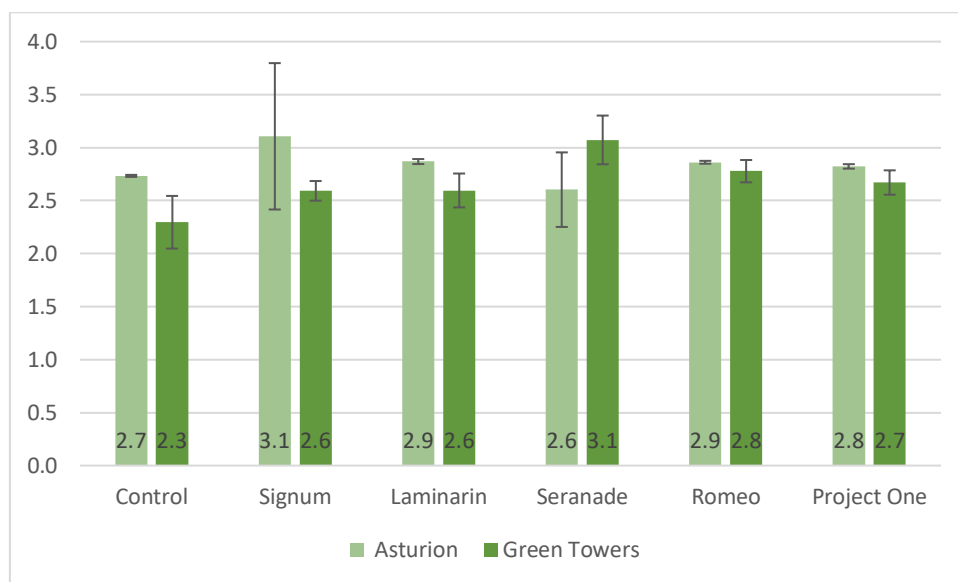
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, κατά την πρώτη μέτρηση δεν προέκυψε σημαντική διαφορά σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Για την ποικιλία Asturion, μεγαλύτεροι λόγοι προέκυψαν στα φυτά που είχαν δεχθεί την εφαρμογή του βιοδιαεγέρτη Romeo, οι οποίοι διέφεραν σημαντικά σε σύγκριση με αυτούς των φυτών του μάρτυρα, αλλά και των φυτών που είχαν δεχθεί τα σκευάσματα Signum και Laminarin. Εντός της ποικιλίας Green Towers, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.19.



Γράφημα 3.19: Λόγος χλωροφύλλης a προς b των φυτικών ιστών στις 08/12/2022.

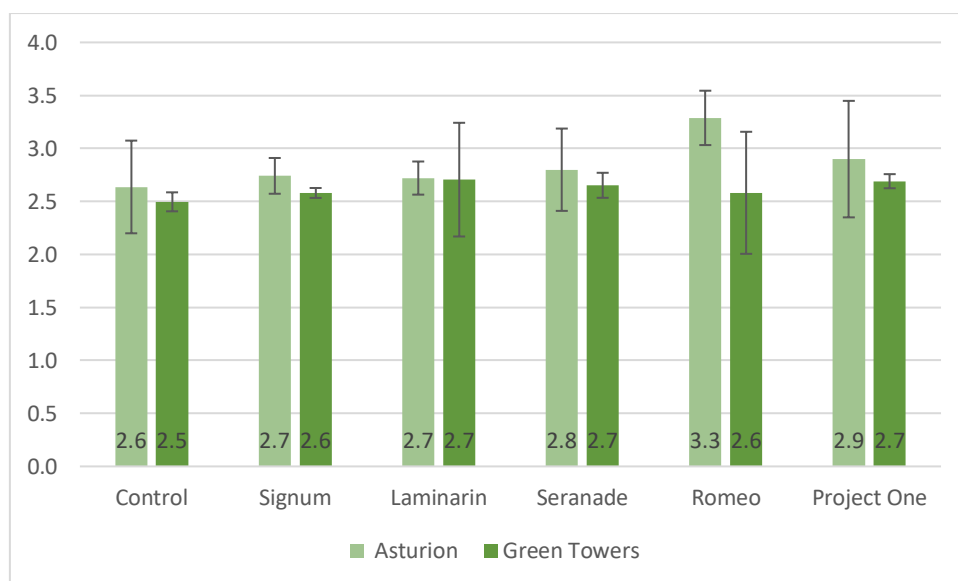
Κατά τη δεύτερη μέτρηση, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Εντός της ποικιλίας Asturion, υπεροχή εμφάνισε η μεταχείριση Signum, σημειώνοντας το μεγαλύτερο λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b, χωρίς όμως να διαφέρει στατιστικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Για την ποικιλία Green

Towers, υπεροχή εμφάνισαν τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Serenade, κυρίως σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα. Και για τις δύο ποικιλίες καταγράφηκε μεγαλύτερος λόγος στα φυτά που είχαν εφαρμοσθεί οι βιοδιεγέρτες σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.20.



Γράφημα 3.10: Λόγος χλωροφύλλης a προς b των φυτικών ιστών στις 15/12/2022.

Κατά την τρίτη μέτρηση, παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχείρισης, με το Project One να καθίσταται το αποτελεσματικότερο σκεύασμα για την αύξηση του λόγου χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b. Εντός της ποικιλίας Asturion, διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, οι οποίες ανέδειξαν την υπεροχή του βιοδιεγέρτη Project One. Ο συνδιασμός αυτός ποικιλίας και μεταχείρισης σημείωσε τον μέγιστο λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b και στους τρεις χρόνους μετρήσεων. Εντός της ποικιλίας Green Towers, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, ωστόσο το μεγαλύτερο λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b εμφάνισαν τα φυτά που δέχθηκαν εφαρμογή με το σκεύασμα Laminarin. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.21.



Γράφημα 3.21: Λόγος χλωροφύλλης *a* προς *b* των φυτικών ιστών στις 21/12/2022.

3.4.5 Περιεκτικότητα δειγμάτων φύλλων σε καροτενοειδή

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε καροτενοειδή, προσδιορίστηκε με την πραγματοποίηση δειγματοληψίας ιστού σε 3 διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10.

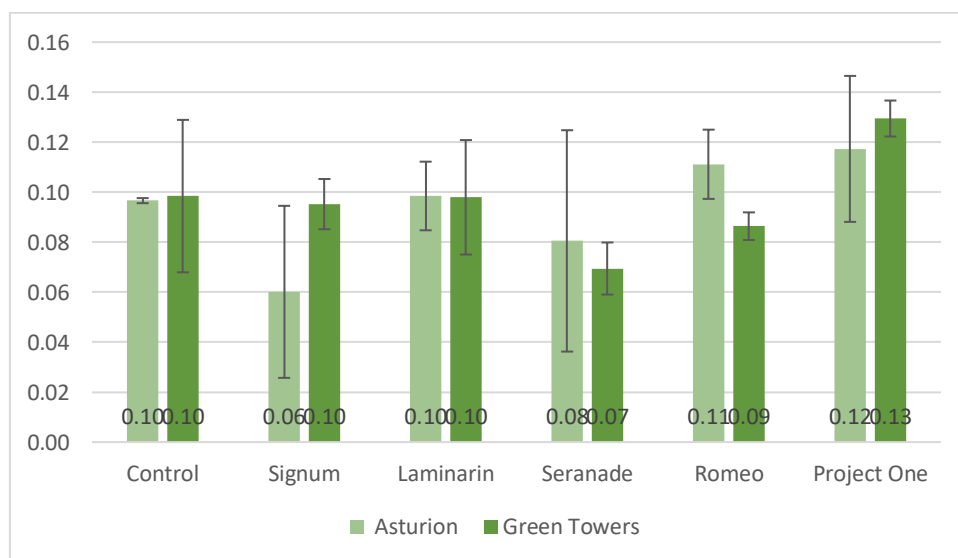
Πίνακας 3.10: Προσδιορισμός περιεκτικότητας καροτενοειδών ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Ημέρα	Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
		Asturion	Green Towers	M.O. (M)
08/12/2022	Control	0,10a	0,10ab	0,10ab
	Signum	0,06a	0,10ab	0,08b
	Laminarin	0,10a	0,10ab	0,10ab
	Serenade	0,08a	0,07b	0,07b
	Romeo	0,11a	0,09ab	0,10ab
	Project One	0,12a	0,13a	0,12a
	M.O. (Π)	0,09a	0,10ab	
15/12/2022	Control	0,09a	0,11a	0,10a
	Signum	0,09a	0,11a	0,10a
	Laminarin	0,10a	0,13a	0,12a
	Serenade	0,09a	0,13a	0,11a
	Romeo	0,10a	0,12a	0,11a
	Project One	0,10a	0,11a	0,10a
	M.O. (Π)	0,10a	0,12a	

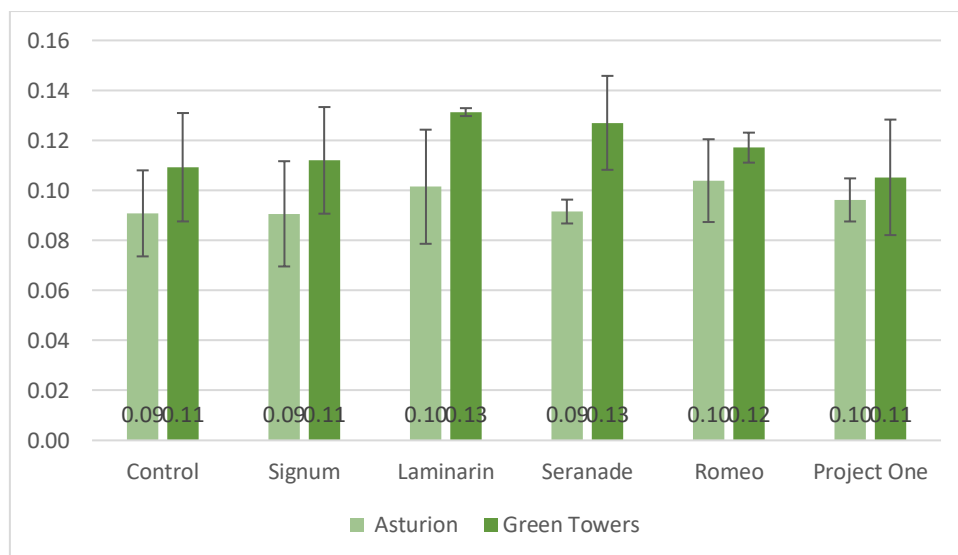
21/12/2022	Control	0,08a	0,08a	0,08a
	Signum	0,09a	0,13a	0,11a
	Laminarin	0,10a	0,08a	0,09a
	Serenade	0,11a	0,09a	0,10a
	Romeo	0,11a	0,12a	0,11a
	Project One	0,10a	0,09a	0,10a
	M.O. (II)	0,10a	0,10a	

Κατά την πρώτη μέτρηση στις 08/12/2022, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο ποικιλιών. Σε επίπεδο ποικιλίας ωστόσο, η μεταχείριση Project One αναδείχθηκε αποτελεσματικότερη από τις μεταχειρίσεις Signum και Serenade. Για την ποικιλία Green Towers, σημαντική ήταν η διαφορά μεταξύ των βιοδιεγερτών Project One και Serenade, όπου ο πρώτος συντέλεσε στην παρουσία αυξημένης συγκέντρωσης καροτενοειδών στους ιστούς των αντίστοιχων φυτών.

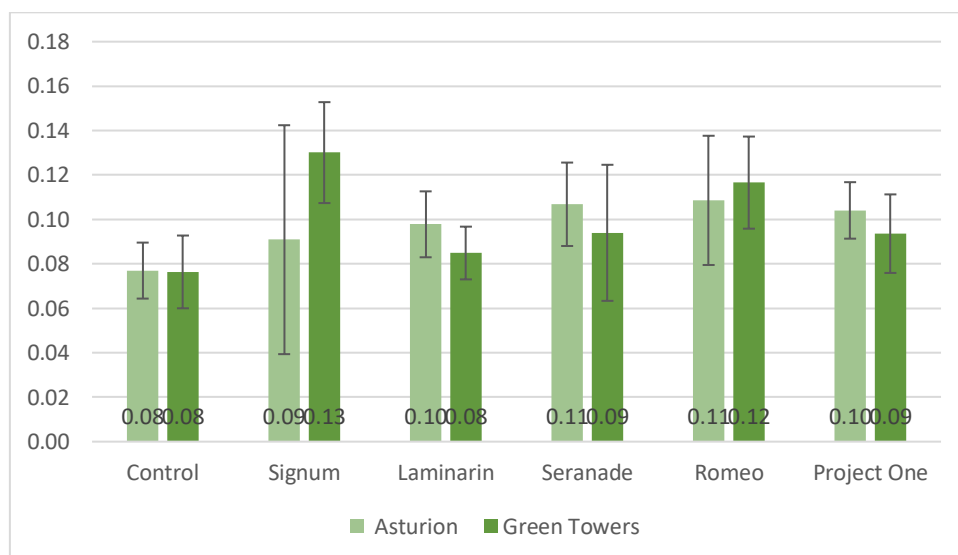
Κατά τη 2^η και 3^η μέτρηση, από την ανάλυση των δεδομένων δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο ποικιλιών και μεταχειρίσεων. Μάλιστα, στην πλειονότητα των μεταχειρίσεων τόσο για την ποικιλία Asturion όσο και για την ποικιλία Green Towers, τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες, εμφάνισαν υψηλότερες συγκεντρώσεις καροτενοειδών συγκριτικά με αυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στα Γραφήματα 3.22 – 3.24.



Γράφημα 3.22: Περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε καροτενοειδή, στις 08/12/2022



Γράφημα 3.23: Περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε καροτενοειδή, στις 15/12/2022



Γράφημα 3.24: Περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε καροτενοειδή, στις 21/12/2022

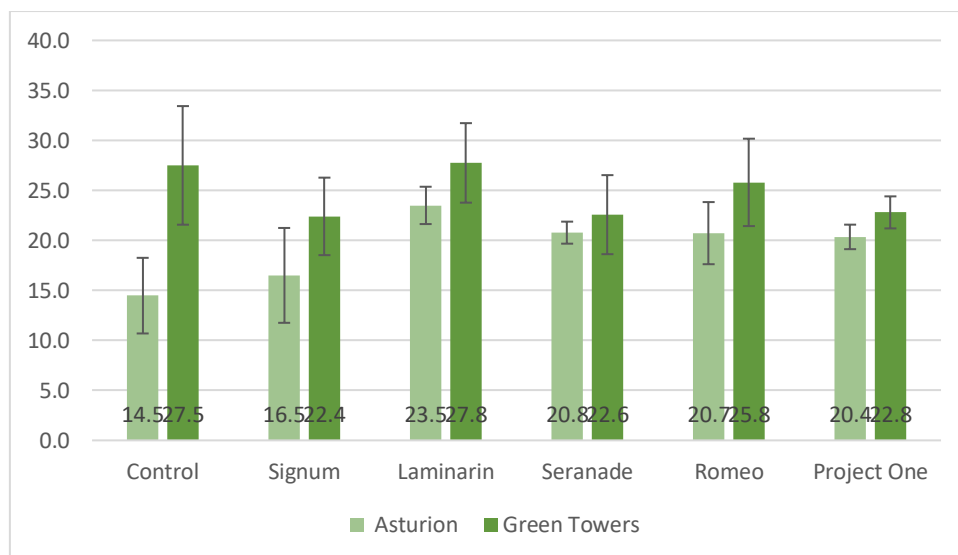
3.5 Επίδραση των βιοδιεγερτών στις δοκιμές ανάπτυξης μυκηλίου του μύκητα *Botrytis cinerea*

Η εκτίμηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στις δοκιμές ανάπτυξης μυκηλίου του μύκητα *Botrytis cinerea*, πραγματοποιήθηκε μέσω μέτρησης της διαμέτρου του μυκηλίου που αναπτύχθηκε, έπειτα απο τεχνητή μόλυνση των φύλλων με μυκηλιακό δίσκο του μύκητα. Η διάμετρος του μυκηλίου 3 ημέρες μετά την τεχνητή προσβολή παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.

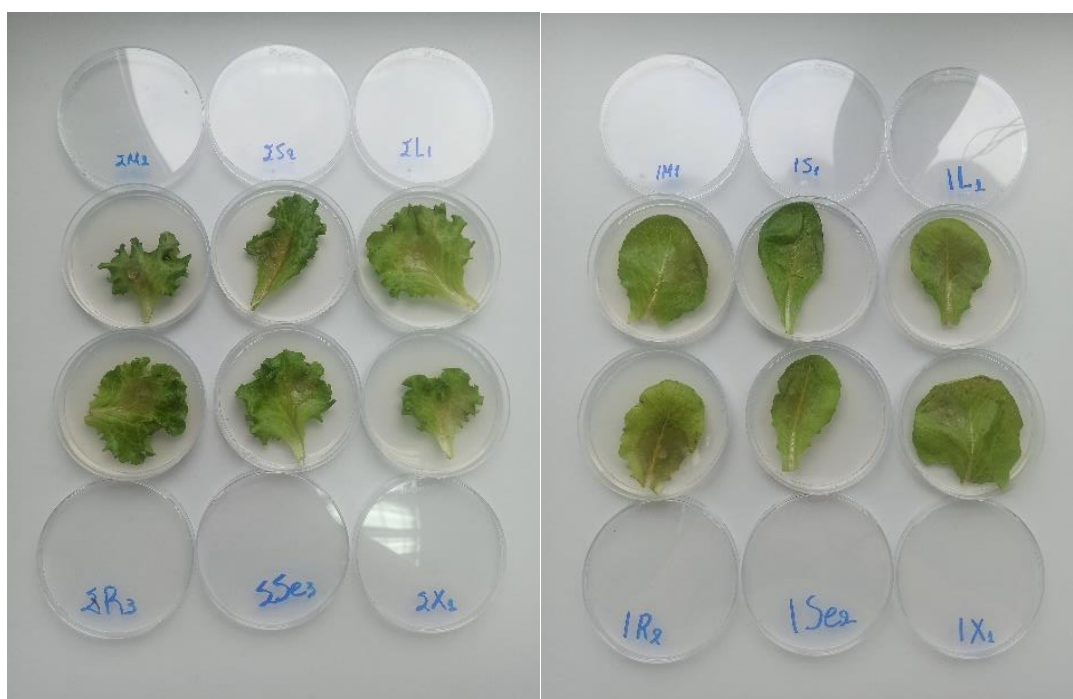
Πίνακας 3.11: Μέτρηση διαμέτρου κηλίδας (mm) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	14,5b	27,5a	21,0a
Signum	16,5b	22,4a	19,5a
Laminarin	23,5a	27,8a	25,6a
Seranade	20,8ab	22,6a	21,7a
Romeo	20,7ab	25,8a	23,3a
Project One	20,4ab	22,8a	21,6a
M.O. (Π)	19,4ab	24,8a	

Έπειτα από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν διαφορές τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές αυτών για όλες τις μεταχειρίσεις και ποικιλίες, αντίστοιχα. Μεταξύ των ποικιλιών, τη μικρότερη εξάπλωση εμφάνισε η Asturion, ενώ σε επίπεδο μεταχειρίσεων αναδείχθηκε η υπεροχή του μυκητοκτόνου Signum, όπου έγινε κααγραφή της μικρότερης διαμέτρου κηλίδας. Επομένως, όπως εν μέρει αναμενόταν, αποτελεσματικότερη επίδραση στον περιορισμό της εξάπλωσης του παθογόνου επί του φυτικού ιστού είχε το μυκητοκτόνο Signum. Εντός των ποικιλιών, τόσο η Asturion όσο και Green Towers, εμφάνισαν σημαντικό περιορισμό της εξάπλωσης του μυκηλίου έπειτα από εφαρμογή με το μυκητοκτόνο Signum, με την πρώτη ωστόσο να εμφανίζει παραδόξως τη μικρότερη εξάπλωση του παθογόνου στα φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα σχετικά με τη διάμετρο της κηλίδας προσβολής συνοψίζονται στο Γράφημα 3.25.



Γράφημα 3.25: Διάμετρος κηλίδας προσβολής ανά ποικιλία και ανά μεταχείριση στις 21/12/2022.



Εικόνα 3.1: Διάμετρος προσβολής ανά μεταχείριση στις ποικιλίες Asturion (αριστερά) και Green Towers (δεξιά).



Εικόνα 2.2: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών του μάρτυρα.



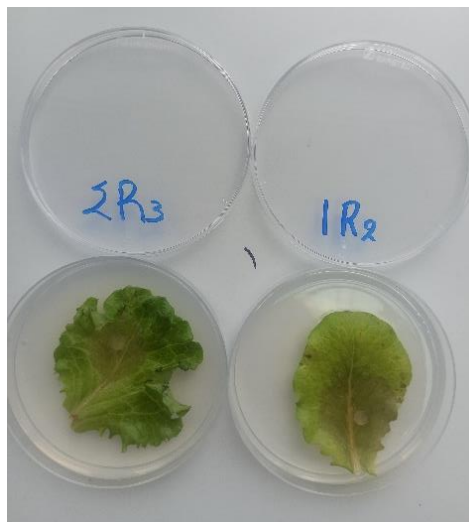
Εικόνα 3.3: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών όπου έγινε εφαρμογή του σκευάσματος Signum.



Εικόνα 3.4: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών όπου έγινε εφαρμογή του σκευάσματος Laminarin.



Εικόνα 3.5: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών όπου έγινε εφαρμογή του σκευάσματος Serenade.



Εικόνα 3.6: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών όπου έγινε εφαρμογή του σκευάσματος Romeo.



Εικόνα 3.7: Διάμετρος προσβολής σε φύλλα φυτών όπου έγινε εφαρμογή του σκευάσματος Project One.

3.6 Επίδραση των βιοδιεγερτών στις δοκιμές βλάστησης σπορίων

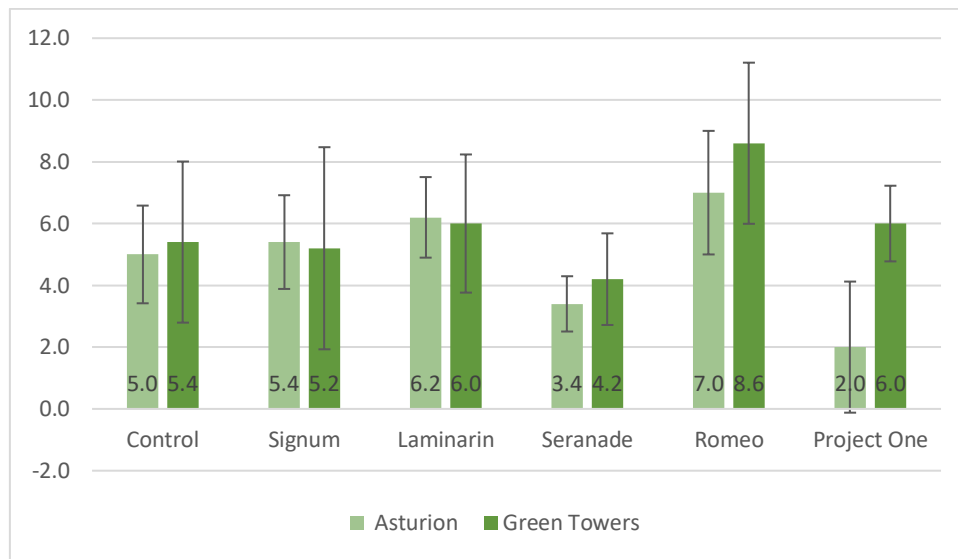
Για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοδιεγερτών στις δοκιμές βλάστησης σπορίων, λήφθηκαν μετρήσεις σχετικά με τον αριθμό των νεκρωμένων κατώτερων φύλλων, τον αριθμό των προσβεβλημένων φύλλων, το ποσοστό επί τοις εκατό της προσβεβλημένης επιφάνειας και τον αριθμό των φύλλων που έφεραν ορατές χλωρωτικές κηλίδες. Τα αποτελέσματα των εν λόγω μετρήσεων συνοψίζονται στους Πίνακες 3.12-3.15.

Πίνακας 3.12: Αριθμός νεκρωμένων κατώτερων προσβεβλημένων φύλλων ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O.
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	5,0abc	5,4a	5,2ab
Signum	5,4ab	5,2a	5,3ab
Laminarin	6,2ab	6,0a	6,1ab
Serenade	3,4bc	4,2a	3,8b
Romeo	7,0a	8,6a	7,8a
Project One	2,0c	6,0a	4,0b
M.O. (Π)	4,8abc	5,9a	

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων, επισήμανε την παρουσία στατιστικώς σημαντικών διαφορών σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Ως αποτελεσματικότερες αναδείχθηκαν οι μεταχειρίσεις Serenade και Project One, καθώς για αυτές καταμετρήθηκε ο μικρότερος αριθμός νεκρωμένων φύλλων. Η διαφορά τους ήταν σημαντική σε σύγκριση με τη μεταχείριση Romeo για το μέσο όρο και των 2 ποικιλιών. Για την ποικιλία Asturion, αποτελεσματικότερη ήταν η εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Project One, ιδίως σε σύγκριση με τον βιοδιεγέρτη Romeo, η οποία μάλιστα σημείωσε τον ελάχιστο αριθμό κατώτερων νεκρωμένων φύλλων μεταξύ των συνδυασμών ποικιλίας - μεταχείρισης. Στην ποικιλία Green Towers, δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, ωστόσο το μικρότερο αριθμό κατώτερων νεκρωμένων φύλλων εμφάνισαν τα φυτά όπου

εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Serenade. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.26.



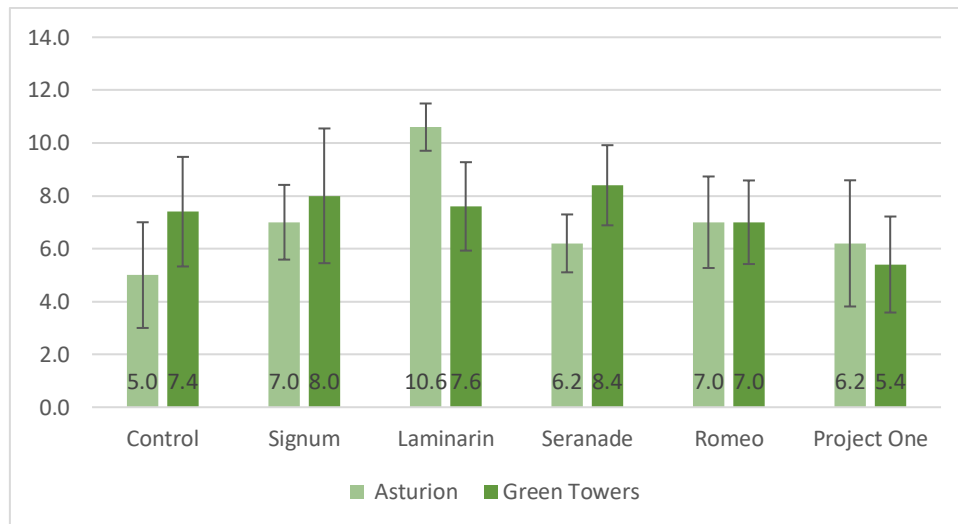
Γράφημα 3.26: Αριθμός νεκρωμένων κατώτερων προσβεβλημένων φύλλων ανά ποικιλία (II) και ανά μεταχείριση (M).

Πίνακας 3.13: Αριθμός προσβεβλημένων φύλλων ανά ποικιλία (II) και ανά μεταχείριση (M).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	5,0b	7,4a	6,2b
Signum	7,0b	8,0a	7,5ab
Laminarin	10,6a	7,6a	9,1a
Serenade	6,2b	8,4a	7,3ab
Romeo	7,0b	7,0a	7,0ab
Project One	6,2b	5,4a	5,8b
M.O. (II)	7,0ab	7,3a	

Έπειτα από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Αποτελεσματικότερη αποδείχθηκε η μεταχείριση Project One καθώς καταγράφηκε ο μικρότερος αριθμός προσβεβλημένων φύλλων, σημειώνοντας σημαντική διαφορά με τη μεταχείριση Laminarin όπου καταγράφηκε ο μεγαλύτερος αριθμός. Με εξαίρεση τη μεταχείριση Project One, δεν διαπιστώθηκε θετική επίδραση των βιοδιεγερτών καθώς στα φυτά που εφαρμόστηκαν καταγράφηκε μεγαλύτερος αριθμός προσβεβλημένων φύλλων συγκριτικά με τα φυτά

του μάρτυρα. Εντός των ποικιλιών, στην Asturion δε χαρακτηρίζεται ως ωφέλιμη η επίδραση των βιοδιεγερτών, με το σκεύασμα Laminarin δε να οδηγεί σε σημαντικά αυξημένο αριθμό προσβεβλημένων φύλλων εν συγκρίσει τόσο με το μάρτυρα όσο και τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Εντός της ποικιλίας Green Towers, τα φυτά που δέχθηκαν το σκεύασμα Project One εμφάνισαν το μικρότερο αριθμό προσβεβλημένων φύλλων, χωρίς ωστόσο να προκύπτουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.27.



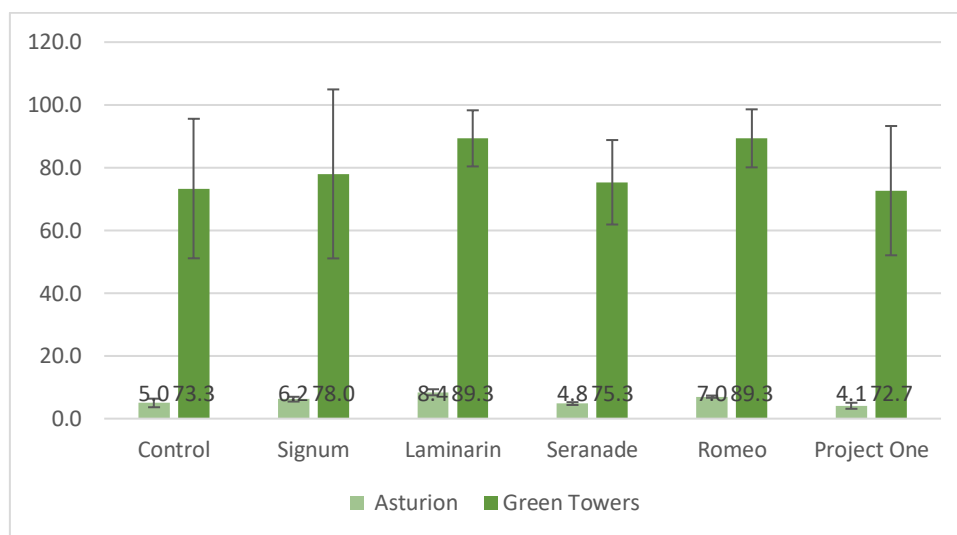
Γράφημα 3.27: Αριθμός προσβεβλημένων φύλλων ανά ποικιλία (II) και ανά μεταχείριση (M).

Πίνακας 3.14: Ποσοστό % προσβεβλημένης επιφάνειας ανά ποικιλία (II) και ανά μεταχείριση (M).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	5,0cd	73,3a	39,2a
Signum	6,2bc	78,0a	42,1a
Laminarin	8,4a	89,3a	48,9a
Serenade	4,8cd	75,3a	40,1a
Romeo	7,0ab	89,3a	48,2a
Project One	4,1d	72,7a	38,4a
M.O. (II)	5,9abcd	79,7a	

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων, ανέδειξε την απουσία στατιστικώς σημαντικών διαφορών σε επίπεδο μεταχειρίσεων. Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθεί πως, με εξαίρεση το σκεύασμα Project One, η εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν οδήγησε σε

περιορισμό της επιφάνειας προσβολής συγκριτικά με την προσβεβλημένη φυλλική επιφάνεια των φυτών του μάρτυρα. Εντός της ποικιλίας Asturion, η αποτελεσματικότερη έναντι της διεύρυνσης της διαμέτρου της αποικίας του παθογόνου ήταν η εφαρμογή του σκευάσματος Project One, η οποία παρουσίασε σημαντική διαφορά συγκριτικά με την εφαρμογή του σκευάσματος Laminarin. Εντός της ποικιλίας Green Towers, δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως το ποσοστό της προσβεβλημένης επιφάνειας ήταν υπερδεκαπλάσιο σε σύγκριση με τα αντίστοιχα της ποικιλίας Asturion. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν διαπιστώθηκε θετική επίδραση των βιοδιεγερτών καθώς η μικρότερη εξάπλωση του παθογόνου καταγράφηκε σε φυτά του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.28.

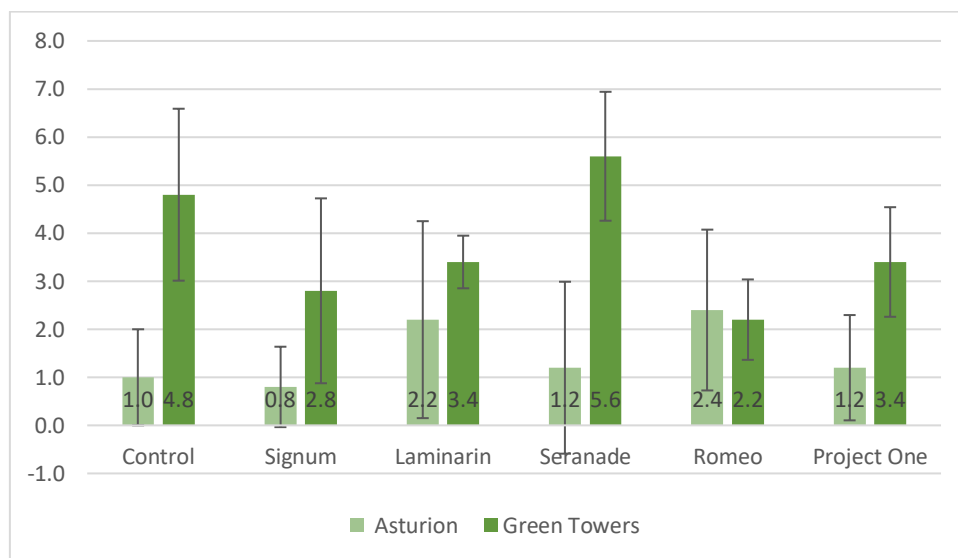


Γράφημα 3.28: Ποσοστό % προσβεβλημένης επιφάνειας ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Πίνακας 3.15: Αριθμός φύλλων που έφεραν ορατές χλωρωτικές κηλίδες ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	1,0a	4,8ab	2,9a
Signum	0,8a	2,8b	1,8a
Laminarin	2,2a	3,4ab	2,8a
Serenade	1,2a	5,6a	3,4a
Romeo	2,4a	2,2b	2,3a
Project One	1,2a	3,4ab	2,3a
M.O. (Π)	1,5a	3,7ab	

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων που αφορούν στον αριθμό των φύλλων που έφεραν χλωρωτικές κηλίδες, δεν επιβεβαιώθηκε η παρουσία στατιστικώς σημαντικών διαφορών σε επίπεδο μεταχείρισης. Επομένως, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή των υπό μελέτη βιοδιεγερτών δεν επιδρά θετικά σε αυτήν τη δοκιμή. Παρά την απουσία σημαντικών διαφορών, εντός της ποικιλίας Asturion, ως αποτελεσματικότερη αναδείχθηκε η εφαρμογή του μυκητοκτόνου Signum. Για την ποικιλία Green Towers, διαπιστώθηκε η θετική επίδραση της εφαρμογής των σκευασμάτων Signum και Romeo, σημειώνοντας σημαντική διαφορά με τη μεταχείριση Serenade, όπου καταγράφηκε ο μεγαλύτερος αριθμός φύλλων με χλωρωτικές κηλίδες. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Γράφημα 3.29.



Γράφημα 3.29: Αριθμός φύλλων που έφεραν ορατές χλωρωτικές κηλίδες ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

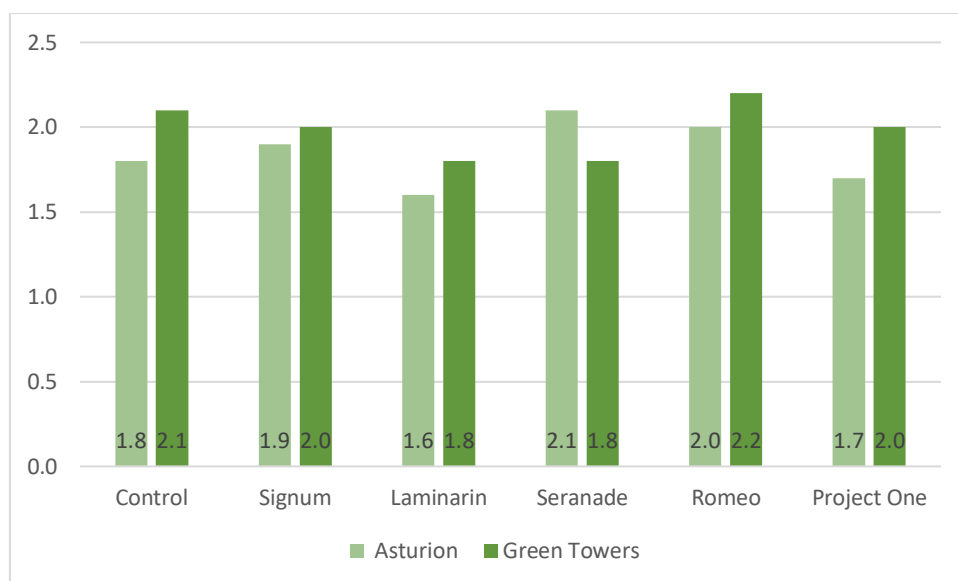
3.7 Περιεκτικότητα των προσβεβλημένων με το μύκητα *Botrytis cinerea* φυτών σε προλίνη

Την τρίτη μέρα έπειτα την τεχνητή μόλυνση των υπό μελέτη φυτών με αιώρημα σπορίων, πραγματοποιήθηκε συλλογή φυτικού ιστού για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητάς τους σε προλίνη. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 3.30.

Πίνακας 3.16: Προσδιορισμός προλίνης (mg/100g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση.

Μεταχειρίσεις	Ποικιλίες		M.O
	Asturion	Green Towers	M.O. (M)
Control	1,8a	2,1a	1,9a
Signum	1,9a	2,0a	2,0a
Laminarin	1,6a	1,8a	1,7a
Serenade	2,1a	1,8a	2,0a
Romeo	2,0a	2,2a	2,1a
Project One	1,7a	2,0a	1,8a
M.O. (Π)	1,9a	2,0a	

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με τη συγκέντρωση προλίνης στο φυτικό ιστό, κατέδειξε την απουσία σημαντικών διαφορών μεταξύ των ποικιλιών και μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στα φυτά της ποικιλίας Asturion, η πλέον αυξημένη περιεκτικότητα σε προλίνη καταγράφηκε σε φυτά που είχαν δεχθεί εφαρμογή με τον βιοδιεγέρτη Serenade, ακολουθούμενων από αυτά που εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης Romeo. Αντίθετα, η μικρότερη περιεκτικότητα καταγράφηκε στα φυτά που είχαν δεχθεί την εφαρμογή Laminarin, η οποία αποτέλεσε και τη μόνη μεταχείριση που παρουσίασε μικρότερη περιεκτικότητα σε προλίνη συγκριτικά με το μάρτυρα. Στην ποικιλία Green Towers, η μέγιστη συγκέντρωση προλίνης παρατηρήθηκε στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα Romeo, και μάλιστα συνιστά τη μόνη μεταχείριση που παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές συγκριτικά με το μάρτυρα. Δεδομένης της απουσίας σημαντικών διαφορών και εντός των ποικιλιών, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η επίδραση των μελετηθέντων βιοδιεγερτών δεν καθίσταται επουσιώδης αναφορικά με την περιεκτικότητα των φυτών σε προλίνη. Τα αποτελέσματα σχετικά με την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε προλίνη συνοψίζονται στο Γράφημα 3.30.



Γράφημα 3.30: Περιεκτικότητα προλίνης των προσβεβλημένων φυτών (mg/100g νωπού βάρους) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (Μ).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή, πραγματεύεται την επίδραση της εφαρμογής διαφορετικών βιοδιεγερτών σε γενετικό υλικό μαρουλιού στην ανάπτυξη και στη φυσιολογία καθώς και στην ανθεκτικότητα έναντι του παθογόνου μύκητα *Botrytis cinerea*. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση των βιοδιεγερτών Laminarin, Serenade, Romeo, Project One, οι οποίοι φέρουν διαφορετική σύσταση και επομένως διαφορετικές επιδράσεις, σε δύο ποικιλίες μαρουλιού, τις Asturion και Green Towers. Σύμφωνα με το σχεδιασμό του πειράματος, μελετήθηκε η απόκριση των ποικιλιών, έπειτα από εφαρμογή βιοδιεγερτών, ως προς αναπτυξιακές και βιοχημικές παραμέτρους αλλά και σχετικά με την επαγωγή ανθεκτικότητας έναντι του μύκητα *Botrytis cinerea*. Στο πλαίσιο αξιολόγησης της ανθεκτικότητας πραγματοποιήθηκαν τεχνητές μολύνσεις με το μύκητα *B. cinerea*, ενώ συμπεριλήφθηκαν ως μάρτυρες φυτά όπου εφαρμόστηκε το ευρέως χρησιμοποιούμενο μυκητοκτόνο Signum. Επίσης, ως μάρτυρες σε όλα τα πειράματα αξιοποιήθηκαν φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκε κάποιο από τα προαναφερθέντα σκευάσματα.

Η επίδραση των βιοδιεγερτών στις υπό μελέτη ποικιλίες μαρουλιού αξιολογήθηκε βάσει αναπτυξιακών παραμέτρων, όπως το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών, η % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, αλλά και βιοχημικών παραμέτρων, όπως η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη a, b, ολική χλωροφύλλη και καροτενοειδή καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b. Αποσκοπώντας στη διερεύνηση της επαγωγής ανθεκτικότητας έναντι του παθογόνου *B. cinerea*, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές ανάπτυξης μυκηλίου και βλάστησης σπορίων, μέσω τεχνητών μολύνσεων. Ως παράμετροι αξιολόγησης της ανθεκτικότητας των φυτών αξιοποιήθηκαν, αφενός η διάμετρος κηλίδας και αφετέρου η περιεκτικότητα των φύλλων σε προλίνη, ο αριθμός των κατώτερων νεκρωμένων φύλλων, των προσβεβλημένων φύλλων εν συνόλω και των φύλλων που έφεραν ορατές χλωρωτικές κηλίδες καθώς και το ποσοστό % της προσβεβλημένης επιφάνειάς τους. Ακολούθησε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκειμένου να αξιολογηθεί συγκριτικά η απόκριση των φυτών τόσο σε επίπεδο ποικιλίας και όσο και σε επίπεδο μεταχείρισης.

Σε αναπτυξιακό επίπεδο, ο αριθμός των φύλλων, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές των ποικιλιών, υπήρξε μεγαλύτερος στην ποικιλία Asturion. Παρά το γεγονός ότι κατά την 1^η ημέρα των μετρήσεων διαπιστώθηκε υπεροχή των φυτών του μάρτυρα, με την πάροδο του χρόνου, αναδείχθηκε η θετική επίδραση των βιοδιεγερτών και στις δύο ποικιλίες. Κατά τη λήξη του διαστήματος λήψης παρατηρήσεων, ως αποτελεσματικότερες αναδείχθηκαν οι εφαρμογές Serenade και Laminarin για τις ποικιλίες Asturion και Green Towers, αντίστοιχα. Όσον αφορά το ύψος των φυτών, υπεροχή παρουσίασε η ποικιλία Green Towers, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές των ποικιλιών σε όλες τις μεταχειρίσεις. Στα φυτά που δέχθηκαν την εφαρμογή του μυκητοκτόνου Signum σημειώθηκε το μεγαλύτερο ύψος αλλά και η μεγαλύτερη αύξηση κατά το διάστημα που παρήλθε από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών έως και τη λήξη του πειράματος. Στην ποικιλία Asturion, καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων, ως αποδοτικότερο παρουσιάστηκε το σκεύασμα Laminarin. Όπως ήταν αναμενόμενο, το προηγμένο ύψος των φυτών της ποικιλίας Green Towers, συντέλεσε στην καταγραφή αυξημένων τιμών νωπού βάρους, χωρίς όμως να προκύπτουν σημαντικές διαφορές εν συγκρίσει με την ποικιλία Asturion.

Συνιστώντας πρωταρχικό παράγοντα για την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a*, αποτελεί μία βιοχημική παράμετρο, για την οποία θα ήτο επιθυμητή η αύξησή της (Björn LO, et al, 2009; Viola S., et al, 2022). Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των δύο ποικιλιών όσο και μεταξύ των φυτών στα οποία εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες και των φυτών του μάρτυρα. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης *b*, η οποία αφορά στη συλλογή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (Voitsekhovskaja OV. et al, 2015), αλλά και για την ολική συγκέντρωση των δύο φωτοσυνθετικών χρωστικών στον φυτικό ιστό. Παρά την απουσία σημαντικών διαφορών, η ανάλυση κατέδειξε την υπεροχή του σκευάσματος Romeo, καθώς οδήγησε σε μεγαλύτερη αύξηση της ποσότητας χλωροφύλλης. Με δεδομένο ότι η υποβολή των φυτών σε συνθήκες βιοτικής καταπόνησης, οδηγεί σε μείωση της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών σε χλωροφύλλη *a* και *b* (Song et al., 2014), η παρατηρηθείσα διατήρηση των συγκεντρώσεων αυτών, σε ίδια επίπεδα με το μάρτυρα, στα μολυσμένα φυτά παρέχει ενδείξεις σχετικά με τη θετική επίδραση των υπό μελέτη βιοδιεγερτών αναφορικά με την ανθεκτικότητα έναντι του μύκητα *B. cinerea*. Στατιστικώς σημαντική διαφορά, προέκυψε για το λόγο της συγκέντρωσης

χλωροφύλλης a προς b εντός της ποικιλίας Asturion, με το πέρας των 4 εβδομάδων από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών. Ο μέγιστος λόγος των χλωροφυλλών καταγράφηκε στα φυτά της ποικιλίας Asturion, στα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα Project One. Αντιστοίχως, τα αποτελέσματα κατέδειξαν την απουσία σημαντικών διαφορών και ως προς τη συγκέντρωση των καροτενοειδών, με την πλειονότητα των φυτών που δέχθηκαν εφαρμογή βιοδιεγερτών ωστόσο να παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις συγκριτικά με τα φυτά του μάρτυρα.

Η επίδραση των βιοδιεγερτών στην απόκριση των φυτών στην τεχνητή μόλυνση με το παθογόνο *B. cinerea*, αξιολογήθηκε βάσει δύο διαφορετικών δοκιμών. Εν ακολουθία της μόλυνσης των φυτών με μυκηλιακό δίσκο, που αποτέλεσε την πρώτη δοκιμή, μελετήθηκε η διάμετρος της κηλίδας προσβολής. Αυξημένη ευαισθησία στην εν λόγω προσβολή παρουσίασε η ποικιλία Green Towers, καθώς σε αυτήν αναπτύχθηκαν μεγαλύτερης διαμέτρου κηλίδες. Αποτελεσματικότερη μεταξύ των υπό μελέτη σκευασμάτων, ήταν η εφαρμογή του μυκητοκτόνου Signum και για τις δύο ποικιλίες, η οποία οδήγησε σε αποτελεσματικότερο περιορισμό της εξάπλωσης της προσβολής. Αναφορικά με την ποικιλία Asturion, σε αντίθεση με την αναμενόμενη απόκριση των φυτών, προέκυψε μειωμένη προσβολή επί της φυλλικής επιφάνειας στα φυτά του μάρτυρα συγκριτικά με αυτά που δέχθηκαν εφαρμογή τόσο με βιοδιεγέρτες όσο και με το μυκητοκτόνο. Τα ευρήματα αυτά βρίσκονται σε πλήρη διάσταση με τα πειράματα των Ingram & Meister (2006), όπου αναδείχθηκε ότι η εφαρμογή μίγματος pyraclostrobin και boscalid σε καλλιέργεια θερμοκηπιακής τομάτας οδηγεί σε περιορισμό του παθογόνου, της τάξης του 13 %. Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα σχετικά με την επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών υπογραμμίζουν σαφώς ότι οι δυνητικές επιδράσεις αυτών χρίζουν περεταίρω έρευνας με συμπερίληψη πρόσθετων σκευασμάτων και φυσικά διαφορετικών φυτικών ειδών. Προς την ίδια κατεύθυνση, η έρευνα θα επωφεληθεί από τη μελέτη της επίδρασής τους σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια των φυτών αλλά και σε διαφορετικές αναπτυξιακές, φυσιολογικές, βιοχημικές ή/και μοριακές παραμέτρους.

Η δεύτερη δοκιμή που αξιοποιήθηκε για τη μελέτη της επίδρασης των βιοδιεγερτών στη μόλυνση από το μύκητα *B. cinerea*, ήταν η βλάστηση σπορίων. Έπειτα από παρασκευή αιωρήματος κονιδίων και τεχνητή προσβολή των φυτών, μέσω εναπόθεσης αιωρήματος σπορίων σε φύλλα υγιών φυτών, αξιολογήθηκε συγκριτικά μία πλήθωρα παραμέτρων που σχετίζονται με την απόκριση των φυτών στο μύκητα. Ως προς τον

αριθμό των κατώτερων νεκρωμένων φύλλων, το συνολικό αριθμό προσβεβλημένων φύλλων και την % προσβεβλημένη επιφάνεια, αναδείχθηκε η υπεροχή του βιοδιαγέρτη Project One για την ποικιλία Asturion. Ο εν λόγω βιοδιαγέρτης επέφερε την πλέον θετική επίδραση λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Η συμβολή της χιτοζάνης στην ενίσχυση της ανάπτυξης, την αύξηση της άμυνας και την προσαρμογή σε συνθήκες καταπόνησης επαληθεύεται, μεταξύ άλλων, από τα ευρήματα των Kumaraswamy et al. (2018), Zhang et al. (2018) και Kisvarga et al. (2022). Αναφορικά με την ποικιλία Green Towers, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς τις εξετασθείσες παραμέτρους, με τις μεταχειρίσεις Serenade και Project One ωστόσο να εμφανίζουν βελτιωμένη αποδοτικότητα έναντι των υπολοίπων. Τα ευρήματα σχετικά με τη θετική επίδραση του σκευάσματος Serenade βρίσκονται σε πλήρη συμφωνία με αναφορές σχετικά με την ανασταλτική δράση του γένους *Bacillus* και του είδους *B. amyloliquefaciens* στην προσβολή, αναπαραγωγή και εξάπλωση παθογόνων μυκήτων σε πληθώρα καλλιεργειών (Wang et al., 2009; Erlacher et al., 2014; Chowdhury et al., 2015; Fan et al., 2018; De Curtis et al., 2019). Ως προς τον αριθμό των φύλλων που έφεραν χλωρωτικές κηλίδες, σύμφωνα με τις μέσες τιμές των μεταχειρίσεων και για τις δύο ποικιλίες, ως ωφελιμότερη αναδείχθηκε η εφαρμογή του σκευάσματος Signum. Εντός των ποικιλιών, στην μεν ποικιλία Asturion, η εφαρμογή με Signum οδήγησε σε μειωμένο αριθμό φύλλων με χλωρωτικές κηλίδες, χωρίς την ύπαρξη σημαντικών διαφορών ωστόσο σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, ενώ στην ποικιλία Green Towers φάνηκε να έπεται της αποτελεσματικότητας του βιοδιαγέρτη Romeo. Οι αποδόσεις του μυκητοκτόνου Signum αναμένονταν υψηλότερες στον περιορισμό της προσβολής καθώς, σε αντίθεση με τα σκευάσματα βιοδιαγερτών, στοχεύει άμεσα στην αναστολή της βλάστησης των σπορίων του παθογόνου (Stammler et al., 2008). Η μη πασίδηλη υπεροχή του στις μετρήσεις αυτές, ενδεχομένως οφείλεται στην επιλογή υποστρώματος κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, καθώς για την περιεχόμενη δραστική ουσία boscalid συνιστάται η χρήση θρεπτικού υλικού με εκχύλισμα ζύμης, πεπτόνη και οξικό νάτριο (YBA) (Stammler & Speakman, 2006). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως η ποικιλία Green Towers, παρουσίασε αυξημένη ευαισθησία στην προσβολή από τον *B. cinerea*, συγκριτικά με την ποικιλία Asturion, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των παραμέτρων που μελετήθηκαν.

Ολοκληρώνοντας, ως προς τη συγκέντρωση της προλίνης, μεταξύ των δύο ποικιλιών δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά, ενώ παράλληλα τα αποτελέσματα συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι δεν προκύπτουν δεδομένα σχετικά με την ευεργετική επίδραση των βιοδιεγερτών. Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί η διαφορετική απόκριση των υπό μελέτη ποικιλιών στην εφαρμογή με το βιοδιεγέρτη Serenade καθώς στην Asturion επέφερε μεγιστοποίηση της συγκέντρωσης προλίνης, ενώ στην ποικιλία Green Towers καταγράφηκε η μικρότερη συγκέντρωση προλίνης, η οποία μάλιστα υπήρξε μικρότερη της αντίστοιχης των φυτών του μάρτυρα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική

1. Παππάς ΑΧ, 1992. Ο βοτρύτης στα κηπευτικά και σε άλλες καλλιέργειες. Φυτοπαθολογικό φύλλο 4. Αθήνα: Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία.
2. Παναγόπουλος ΧΓ, 2000. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Αθήνα: Σταμούλης
3. Παναγόπουλος ΧΓ, 2007. Ασθένειες καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. Αθήνα: Σταμούλης
4. Πάσσαμ, Χ. (2013). Σποροπαραγωγή Κηπευτικών. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ
5. Ολύμπιος, Χ. Μ. (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης
6. Χα, Ι.-Α., & Πετρόπουλος, Σ. (2014). Γενική Λαχανοκομία και Υπάθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

B. Ξενόγλωσση

1. Ali N., Farrel A., Ramsubhag A. and Jayaraman J. (2016). The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. J. Appl. Phycol. 28, 1353–1362. doi: 10.1007/s10811-015-0608-3
2. Banks J., Percival G.C. (2012). Evaluation of biostimulants to control *Guignardia* leaf blotch (*Guignardia aesculi*) of horsechestnut and black spot (*Diplocarpon rosae*) of roses. Arboric. Urban Forest. 38, 258–261.
3. Battacharyya D., Babgohari M.Z., Rathor P. and Prithiviraj B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. 196, 39–48. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.012
4. Björn L.O., Papageorgiou G.C., Blankenship R.E., Govindjee A. (2009). viewpoint: why chlorophyll a? Photosynth Res. 2009 99(2), 85-98. doi: 10.1007/s11120-008-9395-x.
5. Brent K.J., Hollomon D.W., eds, 2007. Fungicide resistance in crop protection: How can it be managed? FRAC monograph No 1. Brussels, Belgium: Crop Life International.

6. Calvo P., Nelson L. and Kloepper J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383, 3-41. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8
7. Canellas L.P., Piccolo A., Dobbss L.B., Spaccini R., Olivares F.L., Zandonadi D.B., Façanha A.R. (2009). Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. *Chemosphere*. 2010 78(4), 457-66. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.10.018.
8. Canellas L.P., Canellas N.O.A., da Silva R.M., Spaccini R., Mota G.P., Olivares F.L. (2023). Biostimulants Using Humic Substances and Plant-Growth-Promoting Bacteria: Effects on Cassava (*Manihot esculentus*) and Okra (*Abelmoschus esculentus*) Yield. *Agronomy* 13, 80. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010080>.
9. Carrasco-Gil S., Hernandez-Apaolaza L. and Lucena, J.J. (2018). Effect of several commercial seaweed extracts in the mitigation of iron chlorosis of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant Growth Regul.* 86, 401–411. doi: 10.1007/s10725-018-0438-9.
10. Chatzidimopoulos M, Papaevaggelou D, Pappas AC, 2013. Detection and characterization of fungicide resistant phenotypes of *Botrytis cinerea* in lettuce crops in Greece. *European Journal of Plant Pathology* 137, 363–76. doi: 10.1007/s10658-013-0248-x.
11. Cheung N., Tian L., Liu X., Li X. (2020). The Destructive Fungal Pathogen *Botrytis cinerea*-Insights from Genes Studied with Mutant Analysis. *Pathogens*. 79(11), 923. doi: 10.3390/pathogens9110923.
12. Chowdhury S.P., Hartmann A., Gao X., Borriss R. (2015). Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42—A Review. *Front. Microbiol.* 6, 780. doi: 10.3389/fmicb.2015.00780.
13. Colla G., Hoagland L., Ruzzi M., Cardarelli M., Bonini P., Canaguier R., et al. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Front. Plant Sci.* 8, 2202. doi: 10.3389/fpls.2017.02202
14. Colla G., Nardi S., Cardarelli M., Ertani A., Lucini L., Canaguier R., et al. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196, 28-38. doi:10.1016/j.scienta.2015.08.037.

15. Deolu-Ajayi A. O., van der Meer I. M., Van der Werf A. and Karlova R. (2022). The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. *Plant Cell Environ.* 45(9), 2537-2553.
16. Dragovoz I. V., Yavorskaya V. K., Antoniuk V. P., Kurchii B. A. (2009). Hormonal substances produced by microorganism association from ginseng roots. *Physiol. Biochem. Cultivated plants* 41, 393–399.
17. Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196, 3–14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.
18. EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system COM/2020/381 final (European Commission, 2020).
19. Elad Y., Shtienberg D. (1995). *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables: chemical, cultural, physiological and biological controls and their integration. *Integrated Pest Management Reviews* 1, 15-29.
20. Elad Y., Stewart A. (2007). Microbial control of *Botrytis* spp. In: Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N, eds. *Botrytis: Biology, pathology and control*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 223-41.
21. Erlacher A., Cardinale M., Grosch R., Grube M., Berg G. (2014). The impact of the pathogen *Rhizoctonia solani* and its beneficial counterpart *Bacillus amyloliquefaciens* on the indigenous lettuce microbiome. *Front. Microbiol.* 5, 175. doi: 10.3389/fmicb.2014.00175.
22. Ertani A., Schiavon M., Muscolo A., Nardi S. (2013). Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant Soil* 364, 145–158.
23. EU Regulation (eu) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=EN> (accessed on 24 August 2023).
24. Fan B., Wang C., Song X., Ding X., Wu L., Wu H., Gao X., Borriss R. *Bacillus velezensis* FZB42 in 2018: The Gram-positive model strain for plant growth promotion and biocontrol. *Front. Microbiol.* 9, 2491. doi: 10.3389/fmicb.2018.02491.

25. De Curtis F., Ianiri G., Raiola A., Ritieni A., Succi M., Tremonte P., Castoria R. (2019). Integration of biological and chemical control of brown rot of stone fruits to reduce disease incidence on fruits and minimize fungicide residues in juice, *Crop Protection*, Volume 119, 158-165, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.020>.
26. Garcia-Arenal F., Sagasta E.M. (1980). Scanning electron microscopy of *Botrytis cinerea* penetration of bean (*Phaseolus vulgaris*) hypocotyls. *Phytopathologische Zeitschrift* 99, 37-42.
27. Hamza B., Suggars A. (2001). Biostimulants: myths and realities. *TurfGrass Trends* 8, 6–10. <http://archive.lib.msu.edu/tic/tgtre/article/2001aug6.pdf>.
28. Holz G., Coertze S., Williamson B. (2007). The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In: Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N., eds. *Botrytis: Biology, pathology and control*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 9-27.
29. Ingram D.M., Meister C.W. (2006). Managing *Botrytis* gray mold in greenhouse tomatoes using traditional and bio-fungicides. In. *Plant Health Progress*, doi: 10.1094/PHP-2006-0718-01-RS.
30. Jannin L., Arkoun M., Etienne P., Laine P., Goux D., Garnica M., et al. (2013). *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *J. Plant Growth Regul.* 32, 31–52. doi: 10.1007/s00344-012-9273-9.
31. Jarvis W.R. (1962). Splash dispersal of spores of *Botrytis cinerea* Pers. *Nature* 193, 599.
32. Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D. M., et al. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.* 28(4), 386–399. doi: 10.1007/s00344-009-9103-x.
33. Kisvarga S., Farkas D., Boronkay G., Neményi A., Orlóci L. (2022). Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. *Agronomy*, 12, 1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>.
34. Kulakiotu E.K., Thanassouloupoulos C.C., Sfakiotakis E.M. (2004). Biological Control of *Botrytis cinerea* by Volatiles of 'Isabella' Grapes. *Phytopathology*. 94(9), 924-31. doi: 10.1094/PHYTO.2004.94.9.924.

35. Kumaraswamy R.V., Kumari S., Choudhary R.C., Pal A., Raliya R., Biswas P., Saharan V. (2018). Engineered chitosan based nanomaterials: Bioactivities, mechanisms and perspectives in plant protection and growth. *Int. J. Biol. Macromol.* 113, 494–506.
36. Ma J., Wang W., Yang J., et al. (2022). Mycorrhizal symbiosis promotes the nutrient content accumulation and affects the root exudates in maize. *BMC Plant Biol.* 22, 64. doi:10.1186/s12870-021-03370-2.
37. Moreira M.A., Santos C.A.P. dos Lucas A.A.T., Bianchini F.G., Souza I.M. de, Viégas P.R.A., Moreira M.A., Santos C.A.P. dos, Lucas A.A.T., Bianchini F.G., Souza I.M. de and Viégas P.R.A. (2014). Lettuce production according to different sources of organic matter and soil cover. *Agricultural Sciences*, 5(2), 99–105. <https://doi.org/10.4236/AS.2014.52013>.
38. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules* 26 (8), 2256. doi: 10.3390/molecules26082256.
39. Polach F.J., Abawi G.S. (1975). Occurrence and biology of *Botryotinia fuckeliana* on beans in New York. *Phytopathology* 65, 657-60.
40. Romanazzi G., Nigro F., Ippolito A., DiVenere D. and Salerno M. (2002). Effects of Pre- and Postharvest Chitosan Treatments to Control Storage Grey Mold of Table Grapes. *Journal of Food Science*, 67: 1862-1867. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08737.x>.
41. Rubatzky V. and Yamaguchi M. (1997). *World vegetables: principles, production, and nutritive values*. Springer US.
42. Russell P.E. (1995). Fungicide resistance: occurrence and management. *The Journal of Agricultural Science* 124, 317-23.
43. Sharma S.H.S., Lyons G., McRoberts C., McCall D., Carmichael E., Andrews F., et al. (2012). Brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of seaweed species and biostimulant formulations by rapid instrumental methods. *J. Appl. Phycol.* 24, 1141–1157. 10.1007/s10811-011-9744-6
44. Shukla P.S., Mantin E.G., Adil M., Bajpai S., Critchley A.T. and Prithiviraj B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Front. Plant Sci.* 10:655. doi: 10.3389/fpls.2019.00655.

45. Song A., Li P., Fan F., Li Z. and Liang Y. (2014). The effect of silicon on photosynthesis and expression of its relevant genes in rice (*Oryza sativa* L.) under high-zinc stress. PLoS One 9:e113782. doi: 10.1371/journal.pone.0113782.
46. Spinelli F., Fiori G., Noferini M., Sprocatti M. and Costa G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. Sci. Hortic. 125(3), 263-269. doi: 10.1016/j.scienta.2010.03.011.
47. Stammler G., Brix H.D., Nave B., Gold R., Schoelf U. (2008). Studies on the biological performance of boscalid and its mode of action. In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KH, Russell PE, Lyr H, eds. Modern Fungicides and Antifungal Compounds V. Friedrichroda, Germany: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, 45-51.
48. Stammler G., Speakman J. (2006). Microtiter method to test the sensitivity of *Botrytis cinerea* to boscalid. Journal of Phytopathology 154, 508-10.
49. Stratton C.A., Ray S., Bradley B.A. et al. (2022). Nutrition vs association: plant defenses are altered by arbuscular mycorrhizal fungi association not by nutritional provisioning alone. BMC Plant Biol. 22, 400. doi: 10.1186/s12870-022-03795-3.
50. Tong Chen, Zhanquan Zhang, Yong Chen, Boqiang Li, Shiping Tian, *Botrytis cinerea*, Current Biology, Volume 33, Issue 11, 2023, Pages R460-R462, ISSN 0960-9822, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.01.058>.
51. Van Den Heuvel J., Waterreus L.P. (1983). Conidial concentration as an important factor determining the type of prepenetration structures formed by *Botrytis cinerea* on leaves of French bean (*Phaseolus vulgaris*). Plant Pathology 32, 263-72.
52. Viola S., Roseby W., Santabarbara S., Nürnberg D., Assunção R., Dau H., Sellés J., Boussac A., Fantuzzi A., Rutherford A.W. (2022). Impact of energy limitations on function and resilience in long-wavelength Photosystem II. Elife. 11, e79890. doi: 10.7554/eLife.79890.
53. Voitsekhovskaja O.V., Tyutereva E.V. (2015). Chlorophyll b in angiosperms: Functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation. J Plant Physiol. 15, 189:51-64. doi: 10.1016/j.jplph.2015.09.013.

54. Wang S., Wu H., Qiao J., Ma L., Liu J., Xia Y., Gao X. (2009). Molecular mechanism of plant growth promotion and induced systemic resistance to Tobacco Mosaic Virus by *Bacillus* spp. *J. Microbiol. Biotechnol.* 19, 1250–1258. doi: 10.4014/jmb.0901.008.
55. Williamson B., Duncan G.H., Harrison J.G., Harding L.A., Elad Y., Zimand G. (1995). Effect of humidity on infection of rose petals by dry-inoculated conidia of *Botrytis cinerea*. *Mycological Research* 99, 1303-10.
56. Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P., Van Kan JaL (2007). *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8, 561-80.
57. Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci.* 7, 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049.
58. Zhang X., Li K., Xing R., Liu S., Chen X., Yang H., Li P. (2018). miRNA and mRNA Expression Profiles Reveal Insight into Chitosan-Mediated Regulation of Plant Growth. *J. Agric. Food Chem.* 66, 3810–3822.

Παράρτημα

Πίνακας 1. Έκταση προσβολής επί των μεσαίων φύλλων των φυτών της ποικιλίας Asturion, έπειτα από τεχνητή μόλυνση με αιώρημα σπορίων του *B. cinerea*.

Μεταχείριση	Επανάληψη	Προσβολή
Control	1	2
	2	3
	3	3
	4	3
	5	3
Signum	1	3
	2	2
	3	4
	4	3
	5	2
Laminarin	1	3
	2	3
	3	2
	4	3
	5	3
Serenade	1	1
	2	1
	3	1
	4	1
	5	1
Romeo	1	1
	2	1
	3	2
	4	1
	5	1
Project One	1	1
	2	2
	3	1
	4	1
	5	2

Πίνακας 2. Έκταση προσβολής επί των μεσαίων φύλλων των φυτών της ποικιλίας Green Towers, έπειτα από τεχνητή μόλυνση με αιώρημα σπορίων του *B. cinerea*.

Μεταχείριση	Επανάληψη	Προσβολή
Control	1	2
	2	3
	3	3
	4	3
	5	5+7
Signum	1	3+6
	2	2+8
	3	3+6
	4	3+6+9
	5	3
Laminarin	1	1
	2	1
	3	1
	4	1
	5	1
Serenade	1	1
	2	1
	3	1
	4	1
	5	1
Romeo	1	3
	2	3
	3	2
	4	2
	5	2
Project One	1	1
	2	1
	3	1
	4	1
	5	1

Υπόμνημα

Ηπια	1
Περιορισμένη	2
Εκτεταμένη	3
Σχετικά εκτεταμένη	4
Πολύ εκτεταμένη	5
Μαρασμός	6
Γενικευμένος Μαρασμός	7
Ήπιος Μαρασμός	8
Συστροφή	9