

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**«Τα αποχωρήματα εντόμων (frass) ως εναλλακτικό λίπασμα
για δύο ποικιλίες πιπεριάς: επίδραση σε αναπτυξιακά και
φυσιολογικά χαρακτηριστικά»**

Παπαχρήστου Ζωή

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια : Λεβίζου Ευθυμία

ΒΟΛΟΣ, 2024

«Τα αποχωρήματα εντόμων (frass) ως εναλλακτικό λίπασμα για δύο ποικιλίες πιπεριάς: επίδραση σε αναπτυξιακά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά»

“Insect frass as an alternative fertilizer for two pepper varieties: effects on growth and physiological characteristics”

Παπαχρήστου Ζωή

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

Ευθυμία Λεβίζου: Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αντωνιάδης Βασίλειος: Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αθανασίου Χρήστος: Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

«Βεβαιώνω ότι εγώ, η Ζωή Παπαχρήστου είμαι η συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος».

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Λεβίζου Ευθυμία για τη βοήθεια και το χρόνο που διέθεσε στην υλοποίηση του πειράματος καθώς και για τις συμβουλές και την καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αντωνιάδη Βασίλειο για την συνεργασία και τη βοήθεια του στην διάρκεια του πειράματος και τον κ. Αθανασίου Χρήστο για την παροχή του frass καθώς και τον χρόνο που θα αφιερώσουν για την μελέτη της εργασίας.

Ακόμα , θέλω να ευχαριστήσω την διδάκτωρ κα. Τσουμαλάκου Εύα για την βοήθεια της κατά την πειραματική διαδικασία.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον υποψήφιο διδάκτωρ κ. Παπαδημητρίου Νίκο με τον οποίο διετελέσαμε μαζί το πείραμα, την βοήθεια και συμβολή, στήριξη καθ' όλη τη διαδικασία της πτυχιακής εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
1.Εισαγωγή.....	9
1.1. Αύξηση πληθυσμού και κλιματική κρίση.....	9
1.2. Χρήση οργανικών λιπασμάτων στην αειφορική γεωργία.....	9
1.3. Κοπριά πουλερικών (chicken manure).....	10
1.4. Ανάγκη εκτροφής εντόμων.....	11
1.4.1. Λίπασμα από έντομα (Frass).....	12
1.4.2. Frass και φυτά-Θρέψη.....	12
1.4.3. Γονιμότητα και μικροβιακή δραστηριότητα εδάφους.....	14
1.4.4. Ανθεκτικότητα σε ασθένειες και ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας.....	15
1.5 Πιπεριά.....	16
1.6 Σκοπός εργασίας.....	18
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	19
2.1 Σχεδιασμός πειράματος.....	19
2.2 Πειραματική διαδικασία και Παρατηρήσεις.....	20
2.3 Μετρήσεις.....	22
2.3.1 Δείκτης SPAD συγκέντρωσης ολικών χλωροφυλλών.....	22
2.3.2 Φυλλική επιφάνεια μέσω φωτογραφιών.....	22
2.3.3 Δείκτης ξηροφιλίας (LSM).....	23
2.3.4 Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά	23
2.3.5 Αριθμός καρπών.....	23
2.4 Στατιστική ανάλυση.....	24
3. Αποτελέσματα.....	25
3.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά.....	25
3.1.1 Δείκτης SPAD συγκέντρωσης ολικών χλωροφυλλών.....	25
3.1.2 Δείκτης Ξηροφιλίας –LSM (Leaf Spesific Mass).....	27
3.1.3 Προβαλλόμενη Φυλλική επιφάνεια.....	29
3.2 Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά	30
3.2.1 Ύψος φυτών.....	30.
3.2.2 Αριθμός Φύλλων.....	31

3.2.3 Αριθμός καρπών.....	32
4. Συζήτηση.....	34
5. Συμπεράσματα.....	38
Βιβλιογραφία.....	39
Ελληνική βιβλιογραφία.....	39
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	39

Περίληψη

Η αειφορική γεωργία αποτελεί άμεσο στόχο προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που σχετίζονται με την κλιματική κρίση, τις διατροφικές απαιτήσεις του ραγδαία αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού και της ρύπανσης των γεωργικών εδαφών από υπερβολικές εισροές και ανθρώπινες παρεμβάσεις. Στο πλαίσιο αυτό, τα τελευταία χρόνια ερευνώνται νέες μέθοδοι παραγωγής και λίπανσης με στόχευση σε οργανικά, φιλικά προς το περιβάλλον λιπάσματα. Οι εκταπικές εκτροφές εντόμων που καλύπτουν ανάγκες για ζωοτροφή και ιχθυοτροφή παράγουν ως παραπροϊόν αποχωρήματα εντόμων που ονομάζεται frass και αυτή τη περίοδο μελετάται εντατικά ως βιολογικό λίπασμα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του frass από το έντομο *Tenebrio molitor*, σε αναπτυξιακά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά δύο Ελληνικών ποικιλιών πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.), την Μπαχοβίπκη και την Φλωρίνης, σε δυο διαφορετικά εδάφη, ένα μέσης σύστασης και ένα αμμώδες. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον υπαίθριο χώρο του πανεπιστημίου Θεσσαλίας και περιλάμβανε 6 μεταχειρίσεις με 10 γλάστρες σε κάθε μια. Οι μεταχειρίσεις ήταν α) Αρνητικός μάρτυρας (NC), β) Θετικός μάρτυρας (PC), γ) 0.5% frass (w/v, 0.5F), δ) 1% frass (w/v, 1F), ε) κοπριά κοτόπουλων (chicken manure, CM) σε επίπεδο 2.5% w/w (2.5CM) και στ) σε επίπεδο 2.5% w/w (5CM). Το πείραμα διήρκεσε 5 μήνες (Απρίλιος- Αύγουστο) και σε αυτό το χρονικό πλαίσιο πραγματοποιήθηκαν διάφορες μετρήσεις για να μελετηθούν αναπτυξιακά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, μετρήθηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα ο δείκτης SPAD που συσχετίζεται με τη συγκέντρωση ολικών χλωροφυλλών του φύλλου, η προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια, ο δείκτης ξηροφιλίας, το ύψος των φυτών, καθώς και ο αριθμός των φύλλων και των καρπών. Η εφαρμογή frass σε επίπεδα 0.5% και 1% ευνόησε την ανάπτυξη των πιπεριών σε όλες τις μετρηθείσες παραμέτρους, με την 1% να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Η εφαρμογή κοπριάς κοτόπουλων σε επίπεδο 5%, προκάλεσε καταπόνηση σε αυτά, ιδιαίτερα στον πρώτο μήνα του πειράματος. Κάποιοι αναπτυξιακοί παράμετροι καθώς και η συγκέντρωση χλωροφυλλών φάνηκαν να ανακάμπτουν στη συνέχεια, εντούτοις η εικόνα στο χρονικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας ήταν εικόνα μειωμένης ανάπτυξης. Η μεταχείριση 2.5CM παρόλο που προκάλεσε αρχικά πιο αργή ανάπτυξη, αυτό

αμβλύνθηκε στη συνέχεια όπως καταγράφηκε στις αναπτυξιακές παραμέτρους και τη συγκέντρωση χλωροφυλλών, φτάνοντας σε παρόμοια επίπεδα με τις μεταχειρίσεις 0.5F και 1F. Η επίδραση των 2.5CM και 5CM φάνηκε με χρονική καθυστέρηση στα φυτά, σε αντίθεση με τους 1F και 0.5F που το υλικό επέδρασε απευθείας στα φυτά και παρατηρήθηκε ανάπτυξη αυτών. Η παραγωγικότητα των πιπεριών είχε διακυμάνσεις ανάλογα την ποικιλία και το έδαφος. Τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων των οργανικών λιπασμάτων εμφάνισαν καλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με την μεταχείριση PC, αλλά κυρίως με την NC. Συμπερασματικά, το frass φαίνεται να είναι αποτελεσματικό - ιδιαίτερα το επίπεδο 1%- στην αύξηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας της πιπεριάς των ποικιλιών Μπαχοβίπκη και Φλωρίνης, τόσο σε μέσης σύστασης έδαφος, όσο και σε αμμώδες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αύξηση πληθυσμού και κλιματική κρίση

Σύμφωνα με τα δεδομένα των Ηνωμένων Εθνών, ο παγκόσμιος πληθυσμός τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί εκθετικά και θα συνεχίσει να αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς φθάνοντας τα 10 δισεκατομμύρια μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα, γεγονός που δημιουργεί προβληματισμούς σχετικά με την επάρκεια των τροφίμων και κατ' επέκταση με την αγροτική παραγωγή (FAO,2009). Οι αγροτικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται ως επι το πλείστον μέχρι σήμερα βασίζονται στην συμβατική γεωργία. Πιο συγκεκριμένα, η συμβατική γεωργία έχει στόχο να κάνει μεγαλύτερη την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις τεράστιες παγκόσμιες ανάγκες. Αυτό επιτυγχάνεται αρχικά με την χρήση συνθετικών προϊόντων όπως φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων, και ζιζανιοκτόνων, με την μηχανοποίηση της παραγωγής αλλά και με τις τεράστιες εκτάσεις μονοκαλλιέργειας. Επιπροσθέτως, γίνεται υπερπαραγωγή τροφής, με συνέπεια να μην αξιοποιείται το ένα τρίτο αυτής (FAO,2013). Είναι λοιπόν εμφανές πως όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με την υποβάθμιση του εδάφους, την ρύπανση των υδάτων και την μείωση της βιοποικιλότητας που προκαλεί η συμβατική γεωργία, συνεισφέρουν στην παγκόσμια κλιματική κρίση.

Η ερώτηση του τίθεται λοιπόν είναι “Πως μπορεί να διασφαλιστεί η επισιτιστική ασφάλεια για τις μελλοντικές γενιές προστατεύοντας παράλληλα τους φυσικούς πόρους της γης;”.

1.2 Χρήση οργανικών λιπασμάτων στην αειφορική γεωργία

Απάντηση στο ερώτημα αυτό μπορεί να δώσει η αειφορική γεωργία. Σε όλο τον κόσμο, υπάρχουν πρωτοβουλίες για την εφαρμογή μεθόδων διαχείρισης στις εντατικές καλλιέργειες φυτών που συνάδουν με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης (Wang et al., 2018). Η τάση προς την αειφορία και την βιώσιμη ανάπτυξη έχει οδηγήσει στην ορθολογική χρήση λιπασμάτων και την αποτελεσματική θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών, αποφεύγοντας έτσι οικολογικά και οικονομικά προβλήματα. Έχει, επίσης, ενθαρρυνθεί η ανάπτυξη

και χρήση εναλλακτικών λιπασμάτων βασισμένων σε ανανεώσιμες πρώτες ύλες, που είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον, όπως είναι οι οργανικές.

Τα οργανικά λιπάσματα αναγνωρίζονται ως θεμελιώδης παράγοντας για την εξασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης, αφού έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και ταυτόχρονα να βελτιώσουν την ποιότητα του εδάφους. Προέρχονται από φυσικά υλικά που έχουν ζωική και φυτική βάση ή ακόμη και από μεταλλικά ορυκτά στοιχεία που παρέχουν βασικά μέταλλα στο έδαφος, όπως είναι τα φωσφορικά άλατα ή η πράσινη άργιλος. Τα οργανικά λιπάσματα είναι αποδεδειγμένο πως βελτιώνουν όχι μόνο την οργανική ύλη και το ΡΗ του εδάφους αλλά και διατηρούν τα θρεπτικά συστατικά του για επόμενες καλλιέργειες. Επίσης διαθέτουν υψηλά ποσοστά αζώτου το οποίο θεωρείται κεντρικός πυλώνας για την ανάπτυξη των φυτών.

1.3 Κοπριά πουλερικών (poultry manure)

Ένα από τα οργανικά λιπάσματα ζωική προέλευσης που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια είναι η κοπριά πουλερικών (poultry manure). Αυτό το είδος λιπάσματος διαθέτει μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο αλλά και σε άλλα βασικά θρεπτικά συστατικά όπως ο φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο, ενισχύοντας περισσότερο την ανάπτυξη των φυτών (Anderson, E. 2010). Επιπροσθέτως, βελτιώνει την ποιότητα του εδάφους, προκαλώντας έτσι περισσότερο αερισμό, κατακράτηση νερού και αυξημένη μικροβιακή δραστηριότητα, τα οποία είναι σημαντικά για τον σωστό κύκλο των θρεπτικών ουσιών (Ning L. et al, 2022). Έχει βρεθεί πως με την εφαρμογή μόνο ανόργανων λιπασμάτων μειώνεται η βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου, ενώ με την ανάμειξη αυτών με κοπριά πουλερικών αυξάνεται η βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου στο έδαφος. Συγκεκριμένα αν εφαρμοστεί 0.7 kg/m² κοπριά πουλερικών σε συνδυασμό με 150kg NKP και 100Kg ουρία, δημιουργείται καλύτερο περιβάλλον για την ανάπτυξη και θρέψη του καλαμποκιού (Kidinda et al. 2015). Επίσης, βελτιώνει αρκετά εδάφη που είναι φτωχά σε θρεπτικά συστατικά όπως τα αμμοπηλώδη. (Thersilvisut et al. 2022). Μια άλλη έρευνα όπου σύγκρινε ανόργανα αζωτούχα λιπάσματα με τα κοπριά πουλερικών σε

νοματίνια, έδειξε ότι με την χρήση κοπριάς κοτόπουλων αυξήθηκε τόσο η απόδοση, όσο και η ποιότητα των καρπών (Tao et al. 2022). Επιπροσθέτως, η κοπριά πουλερικών έχει $pH < 7$, άρα όταν εφαρμοστεί στο έδαφος θα ελαττωθεί και το pH του εδάφους, διευκολύνοντας την πρόσληψη θρεπτικών τα φυτά που ευνοείται σε όξινες συνθήκες. Αυτό όμως αλλάζει με την πάροδο του χρόνου καθώς όσο η κοπριά παραμένει στο έδαφος, αλλάζει και η οξύτητα τους και γίνεται πιο αλκαλική ($pH = 6.5-8$) βοηθώντας την ισορροπία του εδάφους (Tao et al. 2022).

Υπάρχουν πολλές έρευνες που δείχνουν την σημαντική και θετική επίδραση του παραπάνω οργανικού λιπάσματος τόσο στα φυτά όσο και στο έδαφος. Παρόλα αυτά είναι απαραίτητη η επεξεργασία της ή η κομποστοποίηση της πριν την εφαρμογή ώστε να αποτρέπουν μη επιθυμητά αποτελέσματα όπως για παράδειγμα κάποια ασθένεια από παθογόνο που βρίσκεται σε αυτή ή κάψιμο των φύλλων από μεγάλη συγκέντρωση αμμωνίας. Μελέτες έδειξαν πως η κοπριά μπορεί να περιέχει δυνητικά τοξικά ιχνοστοιχεία όπως ψευδάργυρο (Zn), αρσενικό (As) και χαλκό (Cu), κάνοντας το λίπασμα να είναι από τις κύριες πηγές αρσενικού στα εδάφη (Bolan et al., 2010).

1.4 Εναλλακτικό οργανικό λίπασμα προερχόμενο από εκτροφή εντόμων

Παρά τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματά τους, τα οργανικά λιπάσματα έχουν πιο αργή και βραχυπρόθεσμη απόδοση από τα χημικά λιπάσματα (Wang et al. 2018). Δημιουργείται έτσι η ανάγκη εύρεσης πιο αειφορικών και αποτελεσματικών λύσεων. Μια ιδέα που αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια στηρίζεται στην όλο και πιο εκτεταμένη εκτροφή εντόμων. Συγκεκριμένα είδη εντόμων έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται για ζωοτροφές και παραγωγή εντομοαλεύρων που ενσωματώνονται στις ιχθυοτροφές (Choi et al. 2009). Η παραγωγή ζωοτροφών είναι σημαντικός επιβαρυντικός παράγοντας στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την κτηνοτροφία. Αν όμως πολλά φυτά που καλλιεργούνται για ζωοτροφές αντικατασταθούν με έντομα, θα μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα της κτηνοτροφίας (Blakstad, 2021).

1.4.1. Λίπασμα από έντομα (Frass)

Τα αποχωρήματα των προνυμφών αυτών από τις εκτροφές, τα εκδύματα τους καθώς και η μη χωνεμένη τροφή τους μετά από μικρή επεξεργασία χρησιμοποιούνται ως οργανικό λίπασμα σε καλλιέργειες, το οποίο ονομάζεται frass (Beesigamukama et al. 2020b). Το frass θεωρείται το κύριο υποπροϊόν της βιομηχανίας εκτροφής εντόμων διότι βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες. Με την χρήση του ως οργανικό λίπασμα μειώνεται το περιβαλλοντικό κόστος των καλλιεργειών στην γεωργία.

Στις μεγάλης έκτασης εκτροφές εντόμων για τους παραπάνω σκοπούς χρησιμοποιούνται κυρίως τρία είδη: το *Tenebrio molitor* (σκώλικας του αλευριού), το *Hermetia illucens* L. (black soldier fly) και το *Alphitobius diaperinus* (buffalo worm). Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, το frass μπορεί να προσφέρει στα φυτά σημαντικές ποσότητες αμμωνιακού ή ανόργανου αζώτου προωθώντας έτσι την γονιμότητα του εδάφους. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υδροπονικές καλλιέργειες αν αναμειχθεί με τύρφη, βιοκάρβουνο και υπολείμματα τροφίμων (Tan et al. 2021). Έχει επίσης βρεθεί ότι ενεργοποιείται το αμυντικό σύστημα των φυτών παρουσία frass, λόγω της περιεκτικότητας σε χιτίνη. Έτσι υπάρχει αύξηση αντοχής σε παράσιτα και ασθένειες (Gärtling et al., 2020, Poveda, 2021, Quilliam et al., 2020).

1.4.2 Frass και θρέψη φυτών

Τα φυτά για να αναπτυχθούν χρειάζονται εκτός από νερό και ήλιο, θρεπτικά στοιχεία. Τα κυριότερα είναι το άζωτο (N), ο φώσφορος (P) και το κάλιο (K). Το frass εκτός από τα βασικά θρεπτικά που προσθέτει στο έδαφος, όπως όλα τα οργανικά λιπάσματα, περιέχει και άλλα μικροθρεπτικά συστατικά όπως Cu, και Zn (Chiam et al. 2021). Αυτά συμβάλουν στην βελτίωση του εδάφους και στην ανάπτυξη των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται πως ο χαλκός διαθέτει σημαντικό ρόλο στην μεταφορά ηλεκτρονίων κατά την φωτοσύνθεση και την μιτοχονδριακή αναπνοή. Ο ψευδάργυρος κατά τις μεταβολικές διεργασίες προστατεύει το φυτό από οξειδωτικές βλάβες (Chiam et al. 2021).

Οι Houben et al. (2021) ανέφεραν πως σε ένα πείραμα με frass από το *T. molitor* σε γλάστρες, μέτρησαν στο έδαφος 5% N, αρκετά υψηλότερο σε σχέση με άλλα οργανικά λιπάσματα (Koutroubas et al. 2020, Antoniadis et al. 2023). Η ανοργανοποίηση των θρεπτικών στοιχείων NPK γίνεται με πιο γρήγορο ρυθμό από ότι στα ανόργανα λιπάσματα, καθιστώντας τα άμεσα διαθέσιμα στα φυτά. Βέβαια η αποτελεσματικότητα της λίπανσης εξαρτάται τόσο από τις δόσεις εφαρμογής, όσο και από την προέλευση του frass (Chavez and Uchanski, 2020, Houben et al., 2020). Σε άλλη μελέτη βρέθηκε ότι στο frass προνυμφών *T. molitor* περιεκτικότητα σε N κυμαίνεται από 2,7% έως 7,8% (Poveda et al., 2019). Επίσης μία ποσότητα frass σε NPK που φαίνεται να δημιουργεί ισορροπία είναι 3.5-1.5-1.5 (Liu et al., 2003). Όμως πρέπει να αναφερθεί πως τα συστατικά του frass και επομένως και οι επιδράσεις του στα φυτά σχετίζονται τόσο με τα οργανικά υπολείμματα ως τροφή των προνυμφών, το είδος του εντόμου, οι συνθήκες αναπαραγωγής (θερμοκρασία, υγρασία, κατά την αναπαραγωγή των προνυμφών), όσο και με άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (pH κ.α) (Beesigamukama et al. 2020a). Για αυτό και είναι μεταβλητή, άρα ανόμοια, η ακριβής σύσταση του σε θρεπτικά.

Η εφαρμογή frass από το *H. illucens* σε γλάστρες με σύσταση NPK 3-2-2 g/100g και 140mg/kg περιεκτικότητα σε σίδηρο ενίσχυσαν την ανάπτυξη των φυτών αφού αύξησαν τόσο την χλωροφύλλη στα φύλλα, το μήκος και το πλάτος του στελέχους, όσο και το βάρος του εναέριου τμήματος των φυτών (Poveda et al. 2019). Επιπλέον οι Dulaurent et al. (2020) αναφέρουν πως αν εφαρμοστεί frass με σύσταση NRK 5-2-2 σε φυτά κριθαριού τότε αυξάνεται η βιομάζα του και τα θρεπτικά του. Τέλος, η χρήση frass του *T. molitor* σε επίπεδα 1% και 5% όχι μόνο οδήγησε σε καλύτερη ανάπτυξη το υπέργειο και υπόγειο μέρος του ραπανακιού, αλλά και ευνόησε την ταχύτητα φύτευσης των σπερμάτων του (Κοντογεωργάκη Ε., 2022).

Μια άλλη μελέτη αφού τονίσει τις θετικές επιδράσεις σε φυσιολογικό επίπεδο (αύξηση χλωροφύλλης) και αναπτυξιακό σε φυτά καλαμποκιού, προτείνει την εφαρμογή 2,5 t ha⁻¹ frass από *H. illucens* για την παροχή όλων των θρεπτικών συστατικών, ενώ αν πρόκειται για την παροχή επαρκούς N τότε πρέπει να εφαρμόζεται ποσότητα ισοδύναμη με 30 kg N ha⁻¹ (Beesigamukama et al. 2020). Επιπλέον, σε μια άλλη έρευνα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε

φυτά σπανακιού βρέθηκε πως το frass σε συγκέντρωση 1% ευνόησε την ανάπτυξη του και αύξησε την υπέργεια και υπόγεια βιομάζα, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (5%, 10% και 20%) προκάλεσαν σημαντική καταπόνηση στα σπανάκια (Λιχούνας, 2023).

Κάποιοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι ο συνδυασμός frass και ανόργανων λιπασμάτων φέρει καλύτερα αποτελέσματα στα φυτά από το να εφαρμοζόταν μόνο frass (Quilliam et al., 2020 Tanga et al (2021). Οι Dulaurent et al. (2020) ανέφεραν ότι αν προστεθούν γαιοσκώληκες (*Lumbricus terrestris*), αυξάνονται τα διαθέσιμα θρεπτικά για το φυτό καθώς ενισχύεται η βραχυπρόθεσμη ανακύκλωση των συστατικών του frass. βελτιώνοντας έτσι την απόδοσή του.

Από την άλλη πρέπει να ληφθούν υπόψιν και έρευνες που δείχνουν αρνητικές συνέπειες όπως για παράδειγμα σε φυτά καλαμποκιού, όπου η χρήση frass οδήγησε σε μικρότερη φυλλική επιφάνεια, λιγότερα φύλλα και χαμηλό επίπεδο διαθέσιμου N (Alattar et al., 2016; Gärttling et al., 2020). Αυτό βεβαίως μπορεί να οφείλεται σε πολλά παράγοντες. Όπως στο ότι η αποτελεσματικότητα του frass είναι συνδεδεμένη άρρηκτα με την διατροφή των εντόμων, στον αριθμό των εφαρμογών του καθώς μπορεί να υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη σε N σε κάποιο στάδιο ανάπτυξης του φυτού, αλλά και της τυχόν λάθος δοσολογίας (Beesigamukama et al. 2020a, Terfa, 2021). Γενικά η χρήση του frass ως λίπασμα είναι μια καινοτόμα ιδέα. Οι έρευνες έχουν γίνει κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες σε γλάστρες ή θερμοκήπια και όχι σε μεγάλες εκτάσεις στον αγρό. Τέλος, μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες και βιβλιογραφία και συνεπώς επαρκή στοιχεία, για αυτό απαιτείται παραπάνω μελέτη για να την αποτελεσματικότητας του (Beesigamukama et al. 2020a).

1.4.3 Γονιμότητα και μικροβιακή δραστηριότητα εδάφους

Όπως είναι κατανοητό η χρήση του frass παίζει σημαντικό ρόλο στην γονιμότητα του εδάφους αφού το ενισχύει με NPK, ιχνοστοιχεία και οργανικό άνθρακα. Εδάφη που έχουν αυξημένο οργανικό άνθρακα μπορούν να φιλοξενήσουν αυξημένες μικροβιακές κοινότητες οι οποίες είναι ωφέλιμες για την απορρόφηση των θρεπτικών από τα φυτά (Poveda et.al. 2019). Τα μικρόβια

συμβιώνουν με τις ρίζες των φυτών βελτιώνοντας την υφή του εδάφους, εκκρίνοντας και ρυθμίζοντας ορμόνες και δευτερογενείς μεταβολίτες που είναι απαραίτητα για την σωστή ανάπτυξη των φυτών (Agustiyananni et al 2020). Οι Agustiyananni et al (2020) βρήκαν πως με την προσθήκη frass αυξάνεται ο αριθμός των βακτηρίων, τα οποία μαζί με το ένζυμο φωσφομονοεστεράση έχουν την δυνατότητα να υδρολύουν τον οργανικό P και να τον μετατρέπουν σε ανόργανο διευκολύνοντας την απορρόφησή του από τα φυτά. Επιπλέον το frass περιέχει βακτήρια που συμμετέχουν ενεργά στον κύκλο του αζώτου όπως είναι τα αζωτοδεσμευτικά (Rhizobium, Bacillus, Pseudomonas) (Behie & Bidochka, 2013). Αυτά μπορούν να μετατρέψουν το άζωτο της ατμόσφαιρας σε μορφή νιτρικών ώστε να είναι διαθέσιμα στα φυτά. Επιπροσθέτως, τα συγκεκριμένα βακτήρια συμβιώνουν στις ρίζες του φυτού καταναλώνοντας εκκρίματα από αυτές, ενώ βοηθούν την ανάπτυξη του φυτού συνθέτοντας διάφορες ορμόνες όπως είναι οι γιβερλλίνες, κυτοκίνες και αυξίνες. Τέλος, έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν μεταλλικά στοιχεία από ιζηματογενή πετρώματα σε διαθέσιμα για το φυτό στοιχεία (Choi et al., 2019).

Οι Yang et.al. (2019) αναφέρουν πως το frass θα μπορούσε να συμβάλει στην αφαίρεση βαρέων μετάλλων όπως Cd, Cu, Pb και Cr, από το έδαφος με την μετατροπή του σε βιοκάρβουνο. Παρόλα αυτά είναι σημαντικό στο μέλλον να γίνουν γνωστές οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις του frass στην γονιμότητα του εδάφους (Beesigamukma et.al,2020).

1.4.4 Ανθεκτικότητα σε ασθένειες και ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας

Το frass φαίνεται να προάγει την ανθεκτικότητα των φυτών καθώς ενεργοποιούνται μηχανισμοί άμυνας τόσο ενάντια σε ασθένειες και εχθρούς αλλά και σε αβιοτικές καταπονήσεις (Poveda et al. 2019, Poveda,2021). Αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο frass και που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα έχουν ταυτοποιηθεί συγκεκριμένα ριζοβακτήρια τα οποία ενεργοποιούν μηχανισμούς άμυνας μέσω της ρίζα των φυτών, ενάντια σε μικρόβια, φυτοφάγα ζώα και ασθένειες (Van Loon and Bakker,2005). Σημανική ουσία για την πυροδότηση μηχανισμών άμυνας είναι η χητίνη. Η χητίνη περιέχεται στα υπολείμματα των εντόμων

διεγείροντας ωφέλιμα μικρόβια όπως τα *Bacillus cereus* και *Bacillus subtilis*, που έχουν χαρακτήρα βιοελέγχου. Σύμφωνα με το πείραμα των Barragan-Fonseca et. al. (2022) και Choi and Hassanzadeh, (2019), η προσθήκη χητίνης βοήθησε στην μείωση της προσβολής από μύκητες όπως τα *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani* και *Fusarium oxysporum*.

Μια ενδιαφέρουσα μελέτη πραγματοποιήθηκε σε φυτά σπανακιού, όπου συγκρίθηκε η χρήση ενός εμπορικού νηματοδοκτόνου με την χρήση frass από το έντομο *H. illucens* για την καταπολέμηση του νηματώδη *Meloidogyne incognita* έδειξε πολύ θετικά αποτελέσματα υπέρ του frass. Συγκεκριμένα, με την χρήση του εμπορικού νηματοδοκτόνου έγινε παρεμπόδιση της εκκόλαψης των αυγών κατά 52% ενώ με την χρήση του frass το ποσοστό ήταν 42%. Ακόμη, η θνησιμότητα των νηματωδών έφτασε το 95% με την χρήση frass, έναντι του εμπορικού νηματοδοκτόνου που ήταν 96%. Από αυτό γίνεται αντιληπτό ότι το frass είναι συγκρίσιμο με ένα εμπορικό νηματοδοκτόνο, όσο αναφορά την καταπολέμηση των νηματωδών στο έδαφος (Kisaakye et.al. 2024).

Τέλος, σύμφωνα με πειράματα που έγιναν σε φασόλια και σέσκουλα, επαληθεύτηκε πως το frass προάγει την ανθεκτικότητα των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις όπως η αλατότητα, η ξηρασία και η υπερβολική υγρασία (Poveda et. al. 2019).

1.5 Πιπεριά

Η πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) είναι ποώδες λαχανικό, θερμής εποχής και ανήκει στην οικογένεια των Σολανωδών (Solanaceae). Είναι πολυετές φυτό αν και χρησιμοποιείται ως ετήσιο και φτάνει τα 2m. Στο συγκεκριμένο γένος ανήκουν 5 είδη αυτού με πιο γνωστό το *C. annuum*. Το ριζικό σύστημα είναι αρχικά πασσαλώδες, όμως μετέπειτα γίνεται θυσσανώδες με πολλές πλευρικές ρίζες καθώς το αρχικό καταστρέφεται κατά την μεταφύτευση. Σχηματίζεται κεντρικός βλαστός, ο οποίος διακλαδίζεται αρκετές φορές οδηγώντας σε θαμνώδες σχήμα. Τα φύλλα είναι εναλλασσόμενα, απλά και οξύληκτα. Διαθέτει κυρίως αυτογονιμοποιούμενα άνθη, ερμαφρόδιτα, μονήρη και χρώματος λευκού. Τα άνθη έχουν συγκεκριμένη μορφολογία, ώστε να ευνοείται η αυτογονιμοποίηση. Ο καρπός είναι ράγα σε διάφορα μεγέθη και χρώματα. Οι

σπόροι είναι σφαιροειδείς, πολυάριθμοι και αποτελούν το 10%-20% του συνολικού βάρους του καρπού (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Η πιπεριά είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε διάφορα εδάφη αλλά συνίστωναται ελαφρά, αμμώδη, αμμωπηλώδη και με καλή αποστράγγιση εδάφη. Θεωρείται μέτρια ανθεκτικό στην αλατότητα και το βέλπστο pH κυμαίνεται μεταξύ 6 και 7. Οι άριστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του φυτού είναι 18°C-30 °C , ενώ είναι επιθυμητές οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύχτας για καλύτερο σχηματισμό καρπών. Γενικά, καλύτερη προσαρμοστικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, έχουν οι γλυκές από όπ οι καυτερές πιπεριές. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο σε σπορείο, ο οποίος βλασάνει μετά από 6-21 ημέρες και στην συνέχεια μεταφυτεύεται στον αγρό. Αν είναι επιθυμητή η πρώιμη παραγωγή τότε η σπορά γίνεται τον Ιανουάριο-Φεβρουάριο σε θερμαινόμενα σπορεία ενώ για όψιμη τον Μάρπιο-Απρίλιο. Τέλος η συγκομιδή γίνεται περίπου 70 ημέρες μετά την σπορά (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Το συγκεκριμένο φυτό είναι λαχανικό το οποίο καταναλώνεται σε όλο τον κόσμο ωμό ή μαγειρεμένο (Bosland and Vostava, 2000). Αποτελεί καλή πηγή βιταμινών (A, C, E, B1, B2) καθώς και περιέχει κάλιο (K) , ασβέσπιο (Ca) και φώσφορο (P). Επίσης είναι γνωστό όπ έχει φαρμακευτικές ιδιότητες καθώς διαθέτει ως κύριες δραστικές ουσίες υψηλές ποσότητες ανποξειδωπικών, καψαϊκίνης και καψανίνης (Aminifard et. al., 2012)

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες που καλλιεργούνται ανά τον κόσμο. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 10-15 ποικιλίες. Δυο πιο γνωστές ελληνικές ποικιλίες είναι η “Φλωρίνης” και η “Μπαχοβίπκη”. Η Φλωρίνης καλλιεργείται κυρίως στην Δυτική Μακεδονία αν και είναι πολύ δημοφιλής σε όλη την Ελλάδα. Είναι γλυκιά στην γεύση, έχει κόκκινο χρώμα και παχιά φλούδα Η Μπαχοβίπκη κατάγεται από τον Ν. Πέλλας. Είναι ελαφρώς καυτερή, έχει κόκκινο ή πράσινο χρώμα και είναι μικρότερη σε μέγεθος από την Φλωρίνης (Mougiou et.al. 2021).

1.6 Σκοπός εργασίας

Το frass είναι πολλά υποσχόμενο ως οργανικό λίπασμα καθώς φαίνεται να έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών αλλά και στο περιβάλλον. Ωστόσο μέχρι στιγμής δεν έχει μελετηθεί αρκετά το frass ιδιαίτερα από το έντομο *T. molitor*, και έτσι υπάρχουν κενά στη βιβλιογραφία. Από την άλλη έχει ενδιαφέρον να μελετηθούν ελληνικές ποικιλίες λαχανικών ως προς την απόκρισή τους στο νέο αυτό οργανικό λίπασμα. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του frass του εντόμου *T. molitor* στα αναπτυξιακά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά δυο τοπικών ποικιλιών πιπεριάς, Φλωρίνης και Μπαχοβίτικη, και η αξιολόγηση του το πλαίσιο της διερεύνησης της προοπτικής για μελλοντική χρήση του ως οργανικό λίπασμα.

1. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Σχεδιασμός πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στην Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, στο Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κατά το χρονικό διάστημα Απριλίου-Αυγούστου 2023. Οι πιπεριές αναπτύχθηκαν σε ανοιχτό χώρο, χωρίς την ρύθμιση περιβαλλοντικών συνθηκών εκτός του ποτίσματος. Οι μετρήσεις και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Τμήματος.

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε γλάστρες των 12L. Χρησιμοποιήθηκαν δυο είδη εδαφών και περλίτης. Το ένα έδαφος συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου στο Βελεστίνο και θεωρείται έδαφος μέσης σύστασης, ενώ το άλλο το οποίο συλλέχθηκε από το χωριό Αμυγδαλέα στην περιοχή της Λάρισας με αμμώδη σύσταση. Χρησιμοποιήθηκε frass από προνύμφες του εντόμου *T. molitor* που προέκυψε από εκτροφές του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος. Τέλος, έγινε χρήση κοπριάς κοτόπουλων (chicken manure) και λιπάσματος 12-12-17.

Οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν 6, με 10 επαναλήψεις/γλάστρες η κάθε μια. Σε κάθε γλάστρα αναμείχθηκαν έδαφος και περλίτη (2:1) δηλαδή 8L έδαφος και 4L περλίτης. Συγκεκριμένα οι μεταχειρίσεις είχαν ως εξής:

- 1) Αρνητικός μάρτυρας (negative control, NC). Η μεταχείριση αυτή περιείχε μόνο έδαφος και περλίτη.
- 2) Θετικός μάρτυρας (Positive Control, PC) , ο οποίος περιείχε έδαφος, περλίτη και 2g από το λίπασμα 12-12-17.
- 3) Frass 0.5% w/v. Προστέθηκαν και αναμείχθηκαν 40g σε κάθε γλάστρα.
- 4) Frass 1% w/v. Προστέθηκαν και αναμείχθηκαν 80g σε κάθε γλάστρα.
- 5) Κοπριά κοτόπουλων (CM) 2,5%. Προστέθηκαν και αναμείχθηκαν 200g σε κάθε γλάστρα.

6) Κοπριά κοτόπουλων (CM) 5%. Προστέθηκαν και αναμείχθηκαν 400g σε κάθε γλάστρα.

Χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικές ποικιλίες πιπεριών [Φλωρίνης και Μπαχοβήπικες], με σπορόφυτα που αγοράστηκαν από φυτώριο σε κάθε έδαφος με 6 μεταχειρίσεις από 10 γλάστρες στην κάθε μια. Άρα συνολικά 120 φυτά για το έδαφος του Βελεσίνου και 120 φυτά για το έδαφος της Λάρισας.



Εικόνα 1 : Εικόνα όλων των φυτών στα αρχικά στάδια του πειράματος

2.2 Πειραματική διαδικασία και Παρατηρήσεις

Το πείραμα ξεκίνησε στις 11/4 με την άλεση του CM και ζύγισμα των λιπασμάτων (frass, 12-12-17) Πραγματοποιήθηκε θερμική επεξεργασία του frass στους 70°C για δύο ώρες. Στις 2/5 έγιναν οι αναμίξεις με τον περλίτη.

Ως Day 1 θεωρείται η ημερομηνία 3/5 όπου έγινε η ανάμιξη των λιπασμάτων και η φύτευση των φυτών στο έδαφος του Βελεσίνου. Ενώ η φύτευση των φυτών στο έδαφος της Λάρισας έγινε μια εβδομάδα μετά, δηλαδή

9/5. Συνεπώς όλες οι μετρήσεις πάρθηκαν με αυτήν την διαφορά μιας εβδομάδας για το κάθε έδαφος.

Στις 16/5 παρατηρήθηκαν μυζητικά έντομα και για αυτό έγινε 1^{ος} ψεκασμός όλων των φυτών με διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής-στομάχου Flupyradifurone 20% w/v.

Στις 29/5 παρατηρήθηκε η πρώτη πιπεριά σε ένα φυτό της ομάδας 2,5%CM της ποικιλίας Φλωρίνης με έδαφος του Βελεσίνου.

Στις 14/6 έγινε δεύτερη λίπανση στις ομάδες των frass και στις ομάδες των Positive control. Συγκεκριμένα, προστέθηκαν από 80g στις ομάδες 1% frass , 40g στις ομάδες 0.5% frass και 0.4g νιτρικής αμμωνίας 34,5-0-0 στα φυτά των ομάδων Positive Control. Τέλος, έγινε τρίτη λίπανση μόνο στις ομάδες Positive control 0.4g με νιτρική αμμωνία.

Στις 3/7 ξεκίνησε η συγκομιδή πιπεριών στην ποικιλία Μπαχοβίπκη και από τα δύο εδάφη. Ακολούθησε η δεύτερη συγκομιδή των ίδιων ομάδων πιπεριών στις 10/7, όπου έγινε και η πρώτη συγκομιδή των πιπεριών Φλωρίνης από την ομάδα 1%frass του Βελεσίνου. Εκείνη την ημερομηνία δεν είχαν φτάσει οι πιπεριές σε μέγεθος συγκομιδής στην ομάδα 5%CM στην ποικιλία Μπαχοβίπκη στο έδαφος του Βελεσίνου.



Εικόνα2: Εικόνα και των 6 μεταχειρίσεων Μπαχοβίτικων πιπεριών στο έδαφος του Βελεσίνου στις 12/6. Από αριστερά προς τα δεξιά απεικονίζονται οι εξής μεταχειρίσεις: 1%F, 0.5%F, 2.5%CM, 5%CM, PC, NC.

Στις 31/7 ολοκληρώθηκαν οι συγκομιδές πιπεριών από όλα τα φυτά.

Όσον αναφορά την άρδευση, εγκαταστάθηκε αυτόματο πότισμα και τα φυτά ανα μήνα ποτίστηκαν ως εξής :

- α) Μάιος : 2 φορές την εβδομάδα από 7 λεπτά, 0.490L/γλάστρα
- β) Ιούνιος: 3 φορές την εβδομάδα από 9 λεπτά, 0.630L/γλάστρα
- γ) Ιούλιος: 2 φορές την ημέρα, πρωί και βράδυ από 9 λεπτά, 1.260L/γλάστρα

Τέλος, όποτε ήταν αναγκαίο γινόταν αφαίρεση των ζιζανίων με το χέρι.

2.3 Μετρήσεις

2.3.1 Δείκτης SPAD

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με το φορητό χλωροφυλλόμετρο SpadPlus 502 της εταιρίας Minolta ώστε να καταγραφεί ο δείκτης SPAD που σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών (a+b) των φύλλων. Οι πρώτες μετρήσεις έγιναν στις 16/5 (day 13) για τα φυτά στο έδαφος Βελεσίνου, ενώ για τα φυτά στο έδαφος της Λάρισας έγιναν στις 22/5 (day 13). Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν άλλες δυο φορές για τα φυτά του κάθε εδάφους. Οι μετρήσεις γίνονταν κατά τον κατακόρυφο άξονα των φυτών και συγκεκριμένα από τα νεαρά φύλλα (πάνω) προς τα ώριμα φύλλα (κάτω). Σε κάθε φυτό γίνονταν 4 μετρήσεις.

2.3.2 Φυλλική επιφάνεια μέσω φωτογραφιών

Προκειμένου να καταγραφεί η προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια των φυτών πραγματοποιήθηκε φωτογράφιση όλων των φυτών κατοπτικά, δηλαδή από πάνω. Στη συνέχεια σε πρόγραμμα ανάλυσης εικόνα έγινε επεξεργασία και μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε

είναι το ελεύθερης πρόσβασης ImageJ. Η φωτογράφιση έγινε στις 6/6- Day 34 δηλαδή κατά τα μισά του πειράματος.

2.3.3 Δείκτης ξηροφιλίας (LSM)

Για να εξαχθεί ο δείκτης ξηροφιλίας (LSM, Leaf Specific Mass), έγινε λήψη ενός φύλλου από 5 φυτά/μεταχείριση σε κάθε έδαφος. Στην συνέχεια αφαιρέθηκαν από αυτά δύο δίσκοι επιφάνειας 0.785cm^2 με φυλλοτρυπητήρα. Αυτοί τοποθετήθηκαν στον φούρνο για αποξήρανση στους 70°C για 2 ημέρες και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας. Το LSM προέκυψε με βάση τον τύπο: ξηρή βιομάζα /επιφάνεια, με μονάδες g/dm^2 . Η πρώτη λήψη για το έδαφος του Βελεσίνου έγινε στις 31/5 και ακολούθησε η λήψη από το έδαφος της Λάρισας στις 7/6, ενώ συνολικά πραγματοποιήθηκαν δυο μετρήσεις LSM για το κάθε έδαφος.

2.3.4 Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά

Για να καταγραφεί η ανάπτυξη των φυτών μετρήθηκαν δύο παράμετροι, το ύψος των φυτών και ο αριθμός των φύλλων. Σχετικά με τις μετρήσεις του ύψους των φυτών, έγιναν 2 μετρήσεις, μια στις 2/6 δηλαδή στην αρχή σχετικά του πειράματος όπου τα φυτά ήταν ακόμα νεαρά και μια στις 3/7, όταν τα φυτά είχαν σχεδόν το τελικό τους ύψος. Η κατανομή του αριθμού των φύλλων των φυτών πραγματοποιήθηκε τις ίδιες ημερομηνίες με παραπάνω για τις δυο ποικιλίες και τα δύο εδάφη.

2.3.5 Αριθμός καρπών

Μετρήθηκε το πλήθος των καρπών που υπήρχαν σε κάθε φυτό στις 3/7, δηλαδή στην πρώτη μέρα συγκομιδής των καρπών.

2.4 Στατιστική ανάλυση

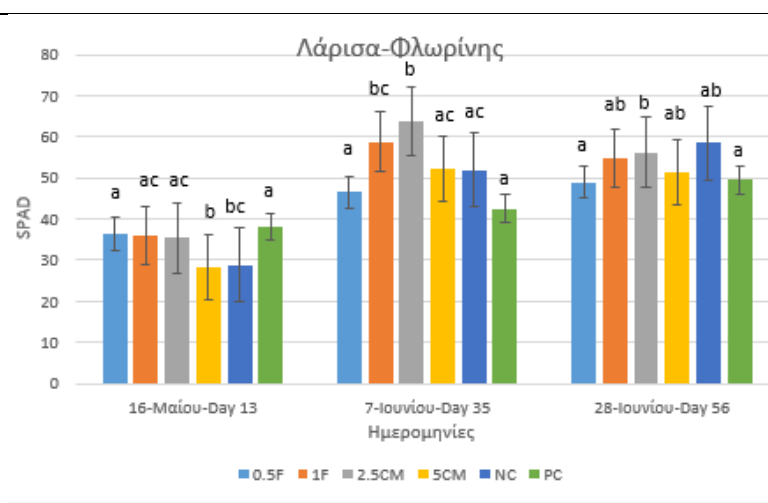
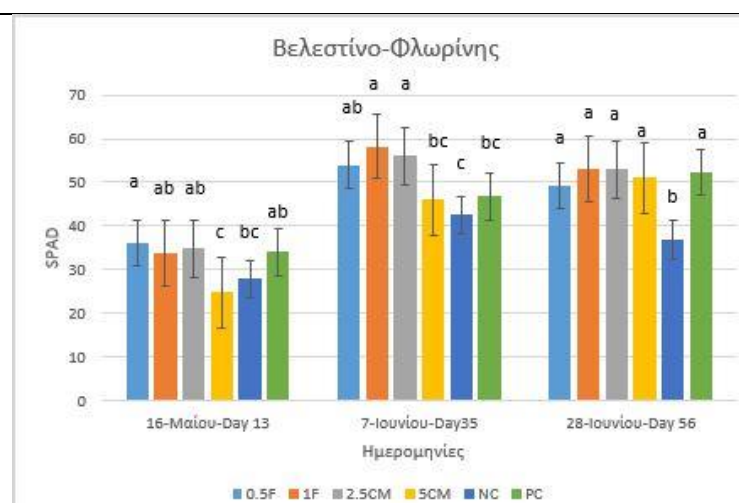
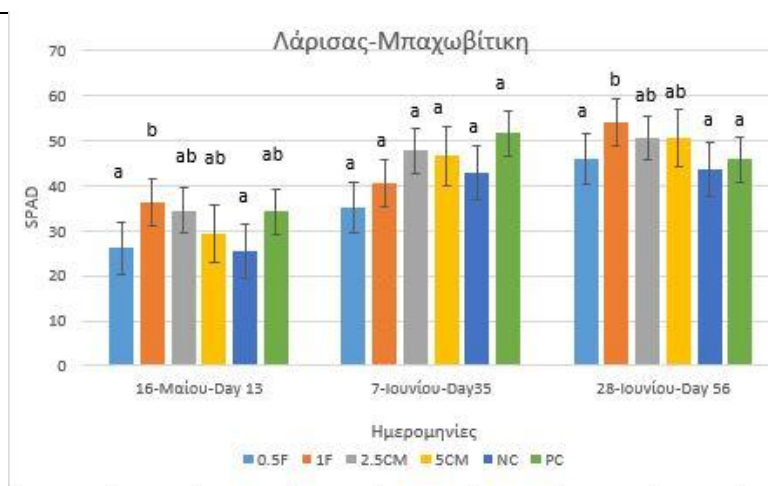
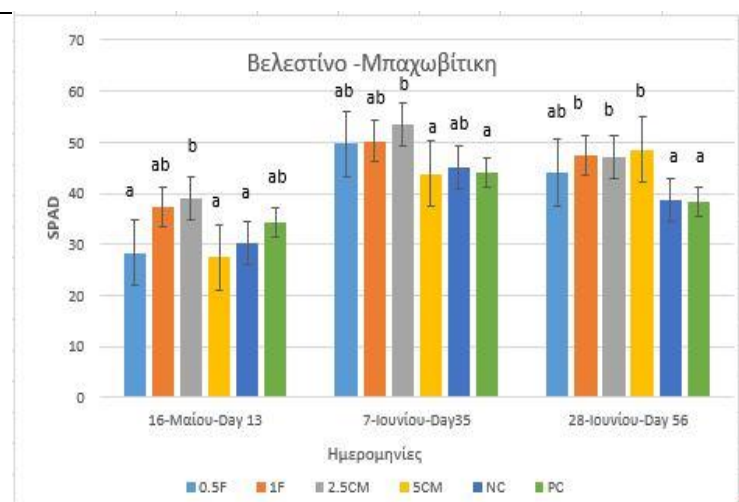
Όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικό φύλλο Microsoft Excel και έπειτα έγινε στατιστική επεξεργασία στο πρόγραμμα JASP, Version 0.18.3.0 (JASP team 2024, Computer Software). Συγκεκριμένα για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση παραλλακτικότητας (one-way ANOVA), ώστε να συγκριθούν οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους ανά ποικιλία και όχι τα διαφορετικά εδάφη ή οι διαφορετικές ποικιλίες. Οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων εκτιμήθηκαν με Tukey post-hoc test. Το μη παραμετρικό τεστ Kruskal-Wallis και το αντίστοιχο post-hoc test (Dunn) χρησιμοποιήθηκε σε εκείνες τις παραμέτρους όπου δεν καλύπτονταν οι προϋποθέσεις της ANOVA. Σε όλες τις περιπτώσεις το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p \leq 0.05$.

2. Αποτελέσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα του πειράματος για τις διάφορες μεταχειρίσεις στα δύο εδάφ και τις δύο ποικιλίες πιπεριάς. Παρατηρήθηκε πως τα φυτά των μεταχειρίσεων NC ΚΑΙ PC είχαν μονοστέλεχη και πιο όρθια μορφή σε σχέση με τις μεταχειρίσεις των οργανικών λιπασμάτων που εμφάνιζονταν πιο θυσσανώδεις με πολλά στελέχη.

3.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά

3.1.1 Δείκτης SPAD



Γράφημα 1: Διακύμανση των τιμών SPAD κατά τη διάρκεια του πειράματος (Μ.Ο. $\pm$ SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίπκη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίπκη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα.

Στο Γράφημα 1 παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη SPAD, ο οποίος συσχετίζεται με τις συγκεντρώσεις των ολικών χλωροφυλλών των φύλλων, κατά την διάρκεια της αναπτυξιακής περιόδου των πιπεριών. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές αφορούν τον μέσο όρο του φυτού, ανεξαρτήτως ηλικίας των φύλλων. Το κάθε διάγραμμα αφορά μια ποικιλία πιπεριάς και ένα έδαφος.

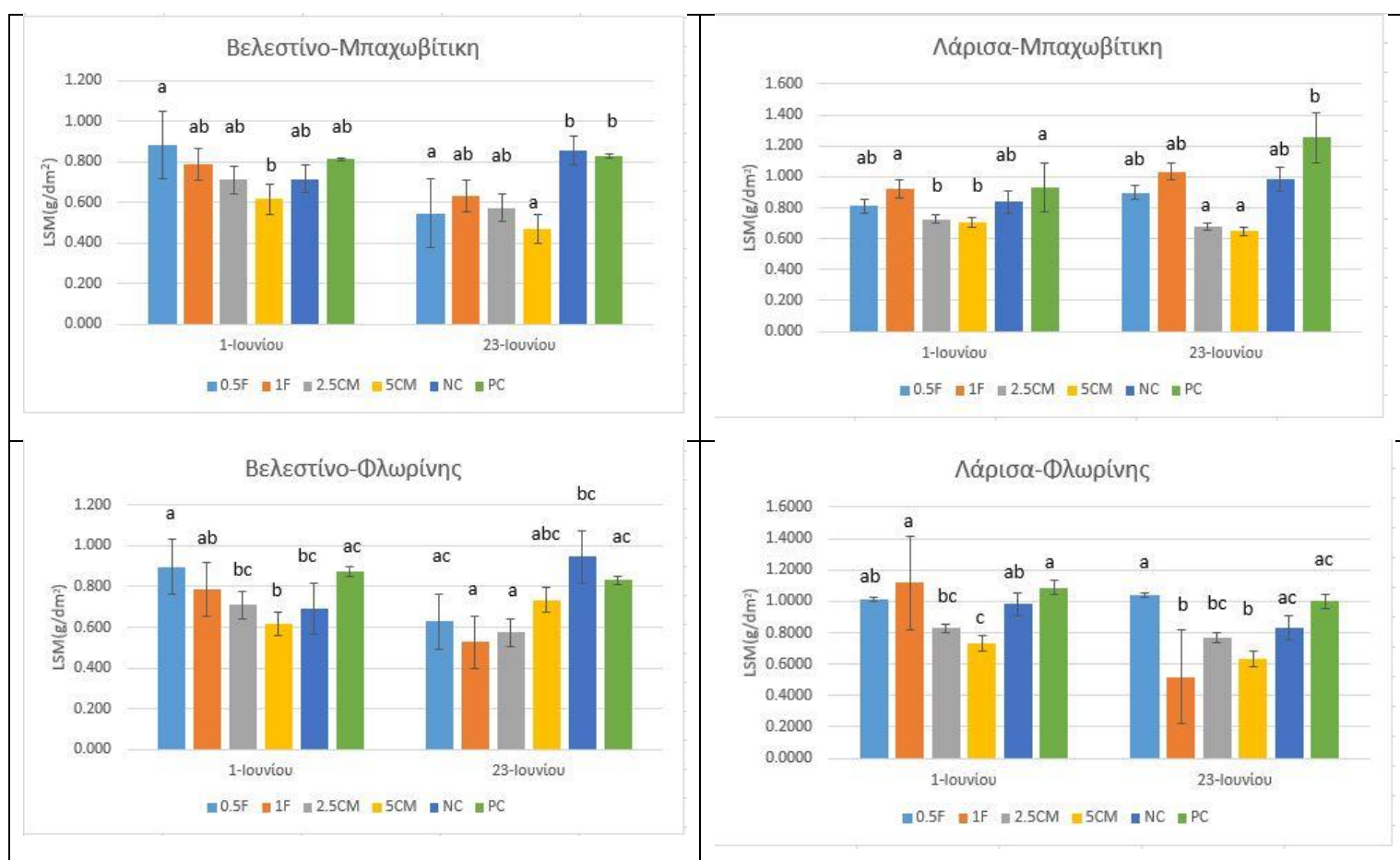
Σχετικά με τις τιμές της Μπαχοβίπκης ποικιλίας των πιπεριών στο έδαφος του Βελεστίνου (Γράφημα 1Α) παρατηρήθηκε ότι οι μεταχειρίσεις 1F και 2.5CM εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές, σταθερά καθόλη την αναπτυξιακή περίοδο. Τα υψηλότερα επίπεδα ολικών χλωροφυλλών σε όλες τις μεταχειρίσεις βρέθηκαν κατά την δεύτερη μέτρηση, ενώ οι τιμές των μεταχειρίσεων 0.5F, 1F, 2,5CM και 5CM παρέμειναν υψηλές και κατά την τρίτη μέτρηση (28 Ιουνίου), σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις NP και PC όπου οι τιμές μειωθήκαν φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα. Οι τελευταίες δύο μεταχειρίσεις είχαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις του δείκτη σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

Όσον αφορά τις τιμές του Γραφήματος 1Β για την Μπαχοβίπκη ποικιλία με έδαφος της Λάρισας, φαίνεται ότι η 1F αλλά και η 2.5CM εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές -με σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες, εκτός από την 2^η μέτρηση της 7^{ης} Ιουνίου, όπου δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Στο Γράφημα 1Γ, οι τιμές των χλωροφυλλών για τις πιπεριές Φλωρίνης στο έδαφος του Βελεστίνου με την μεταχείριση 5CM παρουσιάζει την χαμηλότερη τιμή αρχικά, όμως κατά την διάρκεια του πειράματος η τιμή αυξήθηκε. Σημαντική παρατήρηση είναι η πτώση των χλωροφυλλών των NC στην τελευταία μέτρηση με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες που παραμένουν υψηλές και με παρόμοιες μεταξύ τους τιμές.

Οι πιπεριές Φλωρίνης στο έδαφος της Λάρισας (Γράφημα 1Δ) παρουσίασαν παρόμοιο πρότυπο με το έδαφος του Βελεσίνου, με εξαίρεση τα επίπεδα του NC κατά την τελευταία μέτρηση. Και πάλι παρατηρείται αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις από την πρώτη μέτρηση και ιδιαίτερα των μεταχειρίσεων 2.5CM και 1F. Κατά την πρώτη μέτρηση οι μεταχειρίσεις 5CM και NC διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από τις 0.5F, 1F και PC, ενώ κατά την τρίτη μέτρηση οι τιμές των χλωροφυλλών μειώνονται ελάχιστα εκτός από τις μεταχειρίσεις NC και PC που αυξάνονται. Τέλος, παρατηρήθηκε πως και από τα τέσσερα γραφήματα, υψηλότερες τιμές χλωροφυλλών εμφανίστηκαν στις πιπεριές Φλωρίνης και συγκεκριμένα σε αυτές με το έδαφος της Λάρισας στην μεταχείριση 2.5CH κατά την δεύτερη μέτρηση.

3.1.2 Δείκτης Ξηροφιλίας –LSM



Γράφημα 2: Διακύμανση των τιμών του δείκτη LSM κατά τη διάρκεια του πειράματος (Μ.Ο. ± SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα

αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίπκη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίπκη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα.

Στο Γράφημα 2Α που αφορά το δείκτη ξηροφιλίας στις Μπαχοβίπκες πιπεριές στο έδαφος του Βελεστίνου παρατηρείται πτώση των τιμών όλων των μεταχειρίσεων εκτός από τα NC και PC από την πρώτη στην δεύτερη μέτρηση. Η μεταχείριση 5CM εμφάνισε σταθερά τις χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες.

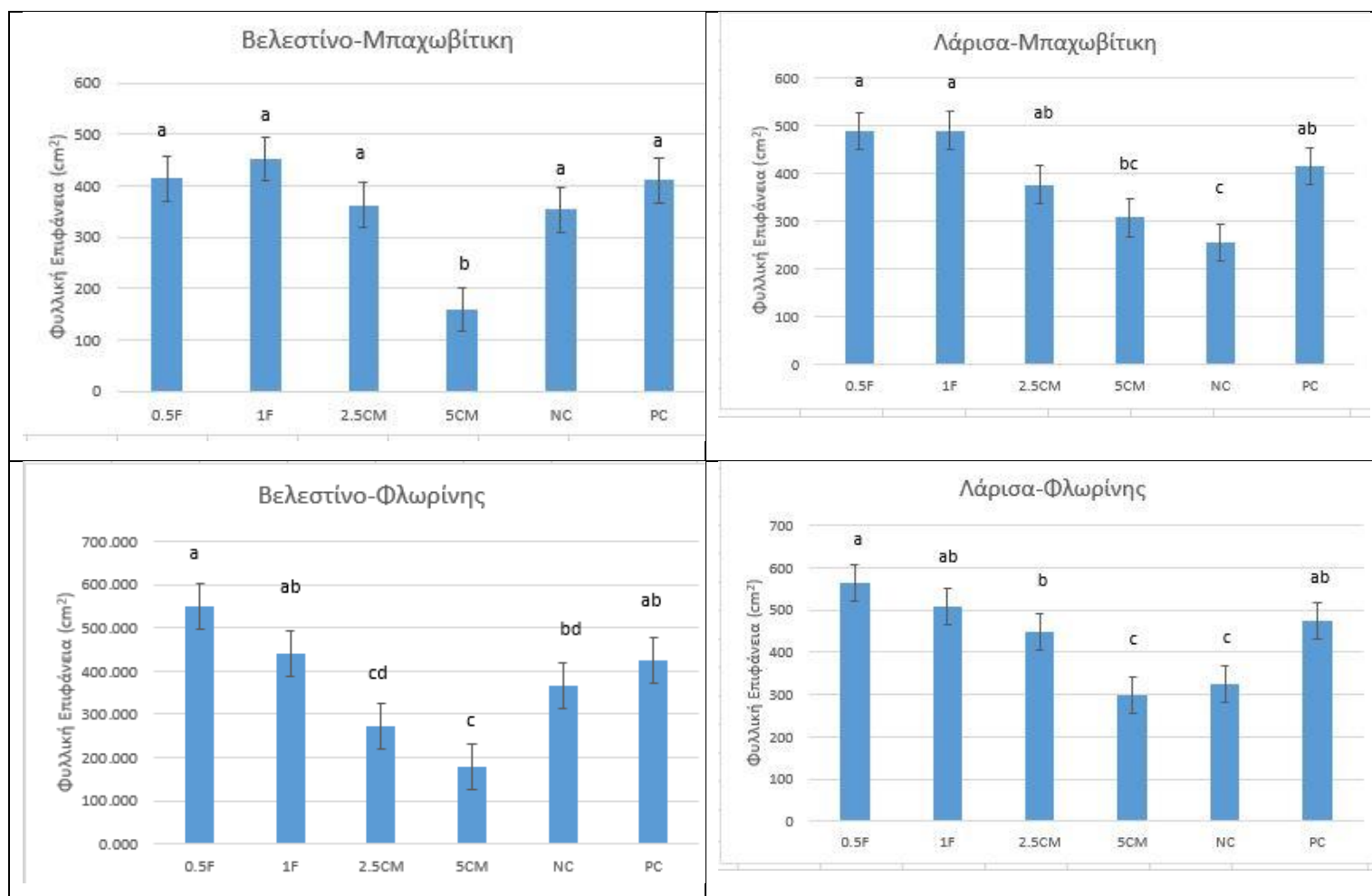
Η ποικιλία Μπαχοβίπκη στο έδαφος της Λάρισας (Γράφημα 2Β) παρουσίασε τις ίδιες τάσεις με το έδαφος του Βελεστίνου. Και στις δύο ημερομηνίες οι μεταχειρίσεις CM εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές με τις διαφορές να είναι στατιστικώς σημαντικές στην 1^η μέτρηση και σημαντικές ως προς το PC στην 2^η μέτρηση. Το τελευταίο αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

Οι τιμές του LSM στις πιπεριές Φλωρίνης στο έδαφος του Βελεστίνου κατά την διάρκεια του πειράματος (Γράφημα 2Γ) φαίνεται να μειώνονται στις μεταχειρίσεις 0.5F, 1F και 2.5CH, ενώ στις μεταχειρίσεις 5CM και NC να αυξάνονται. Στατιστικώς σημαντική διαφορά φάνηκε κατά την πρώτη μέτρηση ανάμεσα στην 0.5F με την 5CM και της 5CM με την PC. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην μεταχείριση 1F στις 23 Ιουνίου.

Σχετικά υψηλότερες τιμές LSM στο έδαφος Λάρισας σε σχέση με του Βελεστίνου καταγράφηκαν για τις πιπεριές Φλωρίνης (Γράφημα 2Δ). Σε αντίθεση με το Δ, όπου είναι σημαντικό να αναφερθεί η πτώση των τιμών όλων των μεταχειρίσεων πλην του 0.5F το οποίο έμεινε στα ίδια επίπεδα. Οι χαμηλότερες τιμές φάνηκαν στην μεταχείριση 1F κατά την δεύτερη μέτρηση, όπου σε αυτήν έγινε και η μεγαλύτερη πτώση.

3.1.3 Προβαλλόμενη Φυλλική επιφάνεια

Η προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια καταγράφηκε άπαξ, στο μέσον της καλλιεργητικής περιόδου. Στο Γράφημα 3Α που αφορά την Μπαχοβίτικη στο έδαφος του Βελεστίνου φαίνεται ότι η μεταχείρισή 5CM οδήγησε σε στατιστικά σημαντική μείωση σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις των οποίων οι τιμές κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα. Ενώ στο έδαφος της Λάρισας, η ίδια ποικιλία έδειξε να έχει μικρότερες τιμές στις μεταχειρίσεις NC και 5CM (Γράφημα 3B).

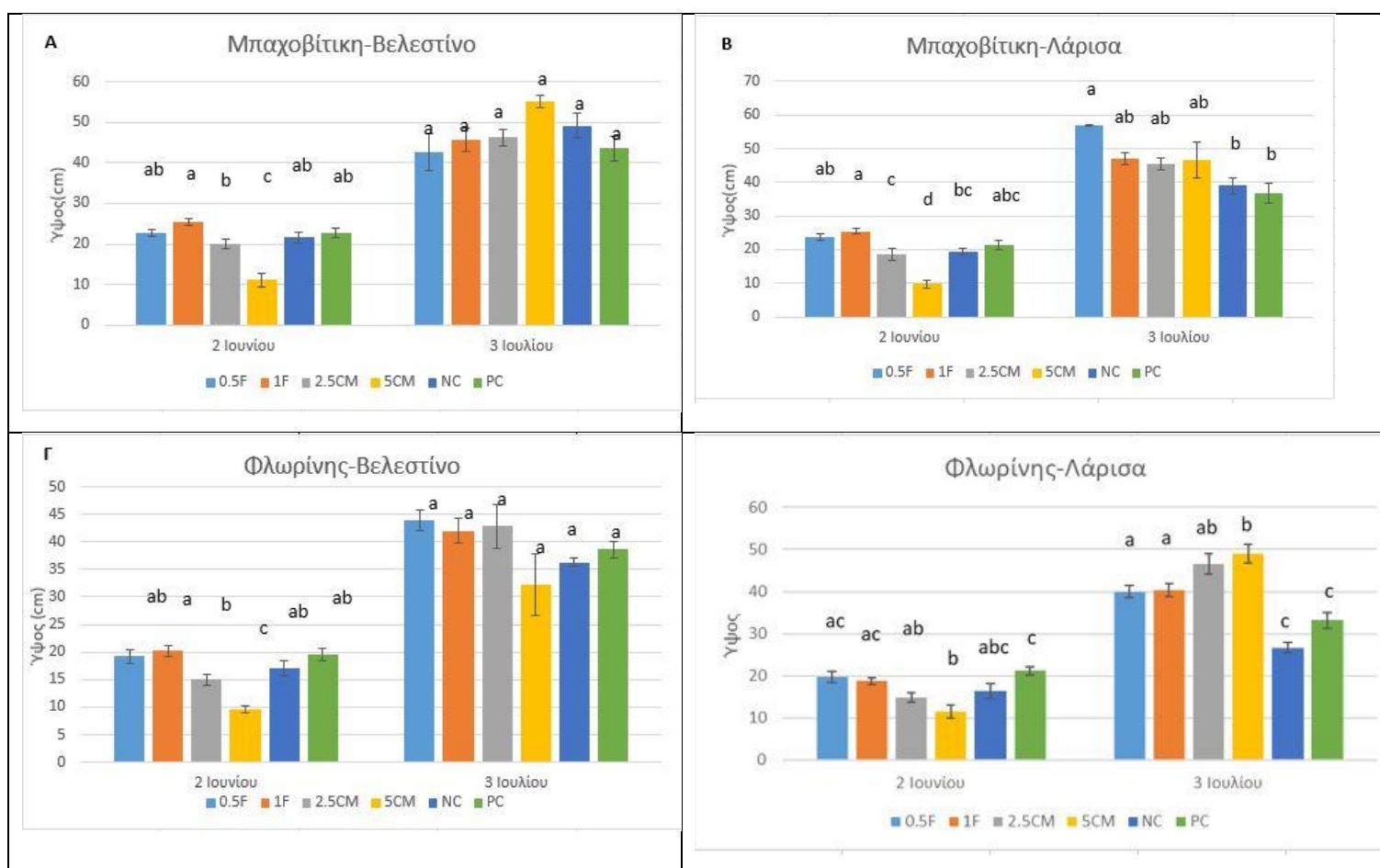


Γράφημα 3: Προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια κατά το μέσον του πειράματος σε όλες τις μεταχειρίσεις (M.O. ± SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίτικη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίτικη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα

Όσον αφορά την ποικιλία Φλωρίνης (Γράφημα 3Γ), ακολουθεί το ίδιο πρότυπο με την Μπαχοβίτικη στο έδαφος Βελεσίνου, καθώς και σε αυτήν την περίπτωση οι πμές της μεταχείρισης 5 CM είναι μικρότερες και μαζί με αυτές της μεταχείρισης 2.5CM διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες. Στο Γράφημα 3Δ στο έδαφος της Λάρισας τα φυτά είχαν γενικά παρόμοια εικόνα, όμως πάλι η μεταχείριση 5CM και NC να έχουν τις χαμηλότερες πμές. Σε όλα τα διαγράμματα και στις δυο ποικιλίες και στα δύο εδάφη η μεταχείριση 5CM διαθέτει τις χαμηλότερες πμές και διαφέρει στατιστικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

3.2 Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά

3.2.1 Ύψος φυτών

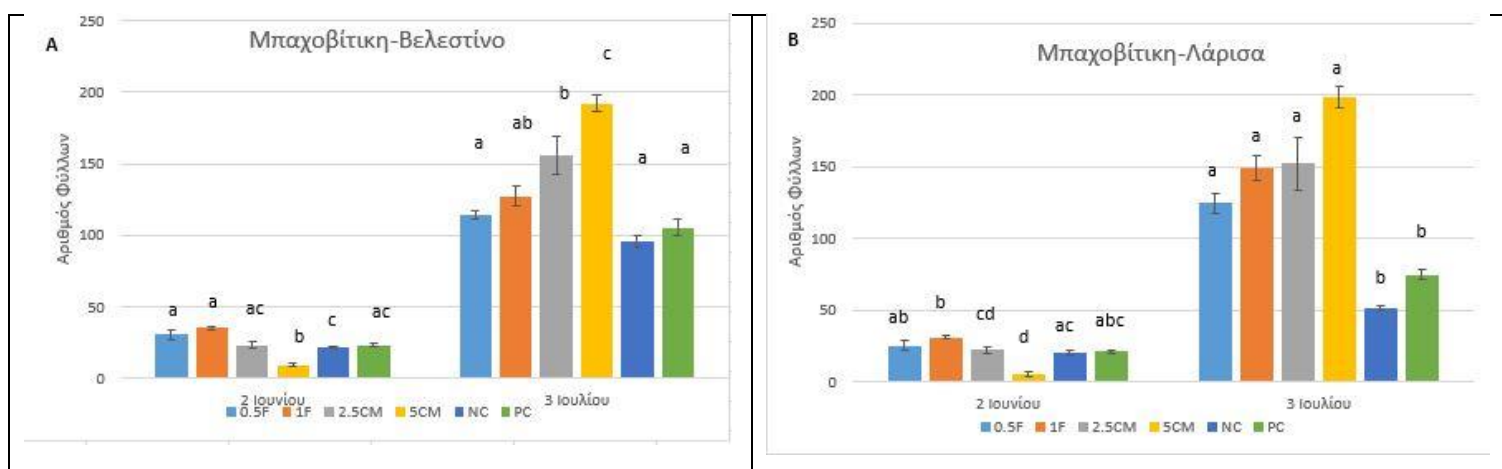


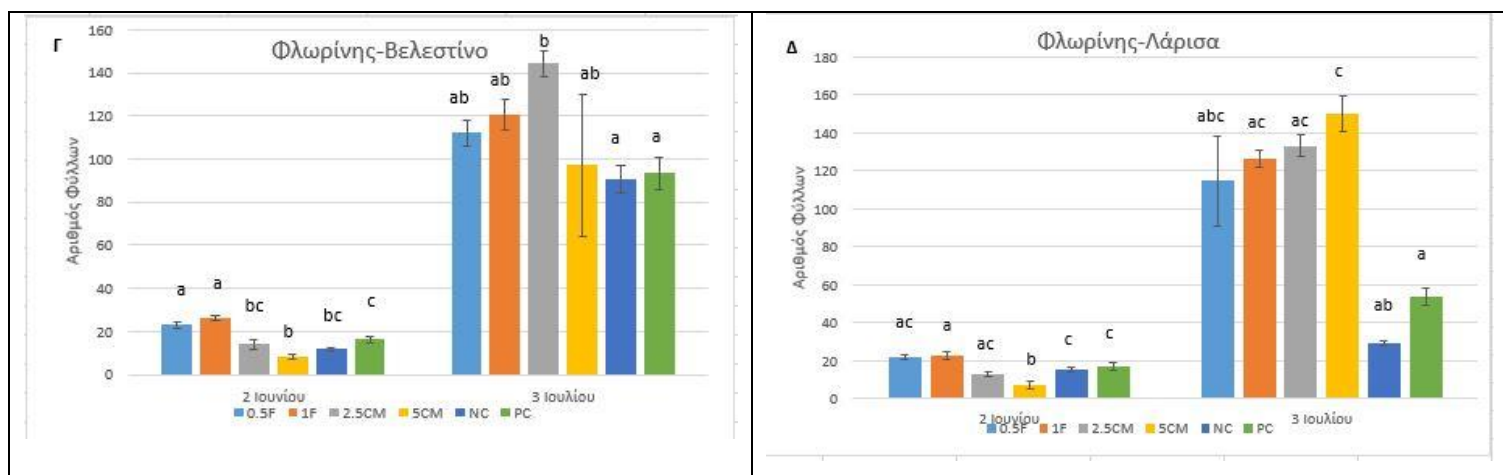
Γράφημα 4: Διακύμανση των πμών του ύψους κατά τη διάρκεια του πειράματος (Μ.Ο. $\pm$ SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές

($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίτικη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίτικη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε δύο φορές κατά τη διάρκεια του πειράματος, με μεσοδιάστημα ενός μήνα, κατά το οποίο σχεδόν διπλασιάστηκε. Κοινό χαρακτηριστικό της μέτρησης της 2^{ης} Ιουνίου σε όλες τις ποικιλίες και εδάφη του Γραφήματος 4 είναι ότι η μεταχείριση 5CM οδήγησε σε χαμηλότερες τιμές ύψους φυτού με στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις -ακολουθούμενη από την 2,5CM. Στην δεύτερη μέτρηση της 3^{ης} Ιουλίου οι διαφορές μεταξύ μεταχειρίσεων αμβλύνθηκαν. Παρέμειναν ως στατιστικά σημαντικές οι μειώσεις σε NC και PC στο έδαφος της Λάρισας, ιδιαίτερα εμφανείς στην ποικιλία Φλωρίνης.

3.2.2 Αριθμός Φύλλων

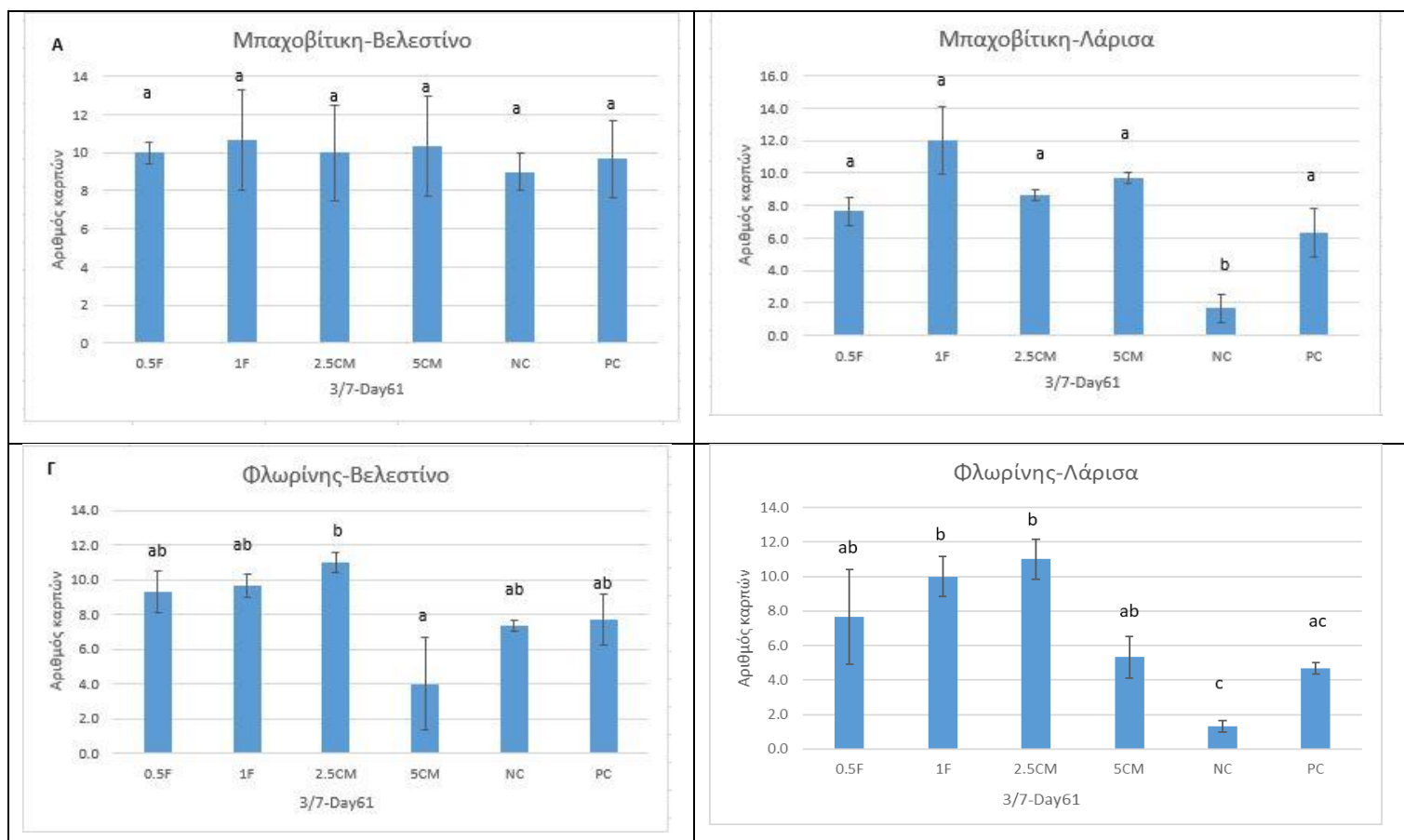




Γράφημα 5: Διακύμανση των πημών του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια του πειράματος (M.O. $\pm$ SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίπκη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίπκη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα

Παρόμοια εικόνα με το ύψος των φυτών εμφάνισε και ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό (Γράφημα 5). Κατά την 1^η μέτρηση αρχικά καταγράφηκαν οι χαμηλότερες πμές στην μεταχείριση 5CM ακολουθούμενη από τις NC, 2.5CM και PC. Κατά την δεύτερη μέτρηση όλες οι πμές των μεταχειρίσεων είχαν αύξηση με μεγαλύτερη αυτή της 5CM η οποία διέφερε και στατιστικώς σημαντικά στην περίπτωση της Μπαχοβίπκης στο Βελεστίνο (Γράφημα 5Α). Γενικώς κατά την δεύτερη μέτρηση καταγράφηκε μεγάλη αύξηση όλων των πημών των μεταχειρίσεων με την μεταχείριση 2.5CM να ξεχωρίζει και οι πμές των μεταχειρίσεων NC και PC εμφάνισαν τις χαμηλότερες πμές, με σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες στο έδαφος της Λάρισας.

3.2.3 Αριθμός καρπών



Γράφημα 6: Αριθμός καρπών ανά φυτό την 61^η ημέρα από την αρχή του πειράματος (M.O. ± SE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$) μεταξύ μεταχειρίσεων για κάθε διαφορετική ημερομηνία. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε διαφορετική ποικιλία και έδαφος: (Α) Μπαχοβίτικη-Βελεστίνο, (Β) Μπαχοβίτικη-Λάρισα, (Γ) Φλωρίνης-Βελεστίνο, (Δ) Φλωρίνης-Λάρισα

Οι αριθμοί των καρπών ανά φυτό Μπαχοβίτικης στο έδαφος Βελεστίνο (Γράφημα 6Α) ήταν παρόμοιοι χωρίς κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά. Όμως στην ίδια ποικιλία με το έδαφος της Λάρισας καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές στην 1F μεταχείριση και χαμηλότερες την NC η οποία διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τις υπόλοιπες.

Η ποικιλία Φλωρίνης είχε διαφορετική συμπεριφορά στα δύο εξετασθέντα εδάφη (Γράφημα 6Γ και 6Δ). Καταγράφηκαν οι σημαντικά χαμηλότερες τιμές αριθμού καρπών στην μεταχείριση 5CM στο έδαφος Βελεστίνο και στην NC στο έδαφος Λάρισας. Σταθερά υψηλές και παρόμοιες μεταξύ τους τιμές εμφάνισαν οι μεταχειρίσεις του frass (0,5F, 1F) και 2,5CM.

4. Συζήτηση

Στην συγκεκριμένη εργασία ερευνήθηκε η επίδραση του frass του εντόμου *T. molitor*, καθώς και της κοπριάς κοτόπουλων σε μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά δύο τοπικών ποικιλιών πιπεριάς. Τα δύο οργανικά λιπάσματα εξετάστηκαν σε δύο δόσεις εφαρμογής.

Οι χλωροφύλλες είναι σημαντικότερα βιομόρια για τα φυτά καθώς παίζουν κύριο και καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης απορροφώντας φωτεινή ενέργεια και μετατρέποντάς την σε χημική (Martins et al. 2023, Bjorn et al. 2009). Ο δείκτης SPAD που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια του παρόντος πειράματος σχετίζεται με ευθεία θετική συσχέτιση με τη συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών. Μεταξύ 1ης και 2ης μέτρησης όλες οι μεταχειρίσεις παρουσίασαν μια περίπου 60% αύξηση της τιμής του δείκτη SPAD και παρέμειναν σε παρόμοια με τη 2η υψηλά επίπεδα κατά την 3η μέτρηση. Αυτό ήταν πιο εμφανές στη ποικιλία Φλωρίνης σε σχέση με την Μπαχοβίτικη. Σε ό,τι αφορά την τελευταία, το έδαφος Βελεστίνου ευνόησε μια σημαντική αύξηση στην 2η μέτρηση, ενώ τα ίδια επίπεδα στο έδαφος της Λάρισας επιτεύχθηκαν καθυστερημένα -κατά την 3η μέτρηση. Οι μεταχειρίσεις με το frass (0.5F και 1F) και η 2.5CM το έδαφος του Βελεστίνου έδωσαν από την 1^η κιόλας μέτρηση τις υψηλότερες τιμές SPAD και αυτό συνεχίστηκε μέχρι το τέλος. Οι NC και PC έχουν σταθερά τις χαμηλότερες τιμές, ενώ η 5CM οδηγεί σε μείωση στην αρχή και σημαντικές αυξήσεις του SPAD στο τέλος. Παρόμοια είναι η εικόνα και στα υπόλοιπα εδάφη και ποικιλίες, με τη διαφορά ότι στη Φλωρίνης στη Λάρισα το PC έδωσε τις χαμηλότερες τιμές. Σε έρευνα που σε φυτά αραβοσίτου φάνηκε πως οι συγκεντρώσεις των χλωροφυλλών σε μεταχείριση παρόμοια με το 1F αυξήθηκαν πολύ γεγονός που συμφωνεί με τα ευρήματα αυτής της εργασίας (Beesigamukama et al. 2020). Σε πείραμα με φυτά σπανακιού καταγράφηκαν παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την συγκεκριμένη μεταχείριση (Λιχούνας 2023). Επίσης αντίστοιχα αποτελέσματα έδειξε η έρευνα των Poveda et al (2019) όπου μεταχείριση με 2% frass σε φυτά σέσκλου παρουσίασε αύξηση των χλωροφυλλών. Αντίθετα, στην μελέτη των Przemieniecki et al. (2021) η προσθήκη frass δεν φάνηκε να επιδρά ιδιαίτερα

στις τιμές των χλωροφυλλών. Τέλος σχετικά με τις μεταχειρίσεις με κοπριά κοτόπουλων, έρευνα έχει δείξει πως η εφαρμογή μικρότερων ποσοτήτων δηλαδή 1g/cm² εμφάνισε μεγάλη αύξηση στις τιμές των χλωροφυλλών τελικά ενώ στην αρχή διέθετε τις χαμηλότερες τιμές (Thersilvisutl et al. 2021).

Όπως έχει προαναφερθεί, ο δείκτης ξηροφιλίας (LSM) ενός φύλλου είναι ο λόγος της μάζας του φύλλου στη μονάδα επιφάνειας του. Το LSM μπορεί επίσης να συνδυάζεται με το πάχος των φύλλων, καθώς η διαφοροποίηση του LSM μπορεί να οφείλεται σε αλλαγές στην πυκνότητα ή το πάχος των φύλλων (Witkowski et al., 1991). Στην συγκεκριμένη εργασία, τα αποτελέσματα των μετρήσεων του LSM παρουσίασαν διακυμάνσεις ανάλογα με την ποικιλία και το έδαφος. Η γενική τάση του LSM ήταν να έχει χαμηλότερες τιμές στη μεταχείριση 5CM και υψηλότερες στη NC και την PC. Η Μπαχοβίπκη ποικιλία έδειξε παρόμοια συμπεριφορά στα δύο εδάφη, με την μεταχείριση 2,5CM να παρουσιάζει χαμηλό LSM και παρόμοιο με την 5CM. Οι μεταχειρίσεις με frass είχαν ενδιάμεσες τιμές LSM μεταξύ των CM και NC – PC. Η Φλωρίνης στο έδαφος Βελεσίνου ακολούθησε σχεδόν πλήρως το πρότυπο της Μπαχοβίπκης στο ίδιο έδαφος, ενώ στο έδαφος Λάρισας διατηρήθηκε η σημαντικά χαμηλότερη τιμή στο 5CM. Η αύξηση του LSM γενικώς θεωρείται απόκριση σε καταπόνηση, κυρίως υδατική αλλά και θρεπτική κ.α. (Καραμπουρνιώτης κ.α. 2012).

Η προβαλλόμενη επιφάνεια του φυτού δίνει ένα μέτρο της συνολικής ανάπτυξης του και είναι μία καλή εκτίμηση της επιφάνειας των φύλλων. Στα φυτά πιπεριάς του πειράματος, ανεξαρτήτως ποικιλίας και εδάφους, η μεταχείριση 5CM οδήγησε σε στατιστικά σημαντική μείωση σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις των οποίων οι τιμές κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα. Στο έδαφος της Λάρισας, πάλι ανεξαρτήτων ποικιλίας εμφανίστηκαν οι μικρότερες τιμές στις μεταχειρίσεις NC και 5CM, ενώ σχετικά χαμηλές τιμές είχε και η 2,5CM. Άρα η ποσότητα της κοπριάς κοτόπουλων και στις δύο μεταχειρίσεις ίσως ήταν μεγάλη. Αντίθετα οι Chia S.Y.et. al (2024) ανέφεραν πως η φυλλική επιφάνεια φυτών *Brassica rapa* ήταν μικρότερη με την προσθήκη frass από *Hermetia illucens* και από *Tenebrio molitor* σε σύγκριση με φυτά που δεν είχε προστεθεί frass. Ωστόσο μετά από κάποιο χρονικό

διάστημα τα φυτά της μεταχειρίσεις με frass από *Tenebrio molitor* έφτασαν να έχουν την ίδια φυλλική επιφάνεια με τον αρνητικό μάρτυρα.

Παρόμοια εικόνα με την προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια παρουσίασε και το ύψος του φυτού στην αρχική μέτρηση, ένα μήνα μετά τη μεταφύτευση της πιπεριάς. Σε όλες τις ποικιλίες και εδάφη η μεταχείριση 5CM οδήγησε σε χαμηλότερες τιμές ύψους φυτού με στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις -ακολουθούμενη από την 2,5CM. Στην δεύτερη μέτρηση -ένα μήνα μετά- οι διαφορές μεταξύ μεταχειρίσεων αμβλύθηκαν, ωστόσο παρέμειναν οι στατιστικά σημαντικές μειώσεις σε NC και PC στο έδαφος της Λάρισας, ιδιαίτερα εμφανείς στην ποικιλία Φλωρίνης. Τα παραπάνω έρχονται σε συμφωνία με έρευνες που έχουν διεξαχθεί μετρώντας το ύψος των φυτών. Ο Zahn et al. (2017) ανέφερε πως με την προσθήκη 0.5% frass τα φρέσκα κρεμμύδια απέκτησαν μεγαλύτερο ύψος από τον μάρτυρα κατά 180mm, ενώ με την μεταχείριση 20% frass φάνηκε χαμηλότερο ύψος. Άρα το ύψος εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα του frass που θα εφαρμοστεί. Επιπροσθέτως, σε άλλη έρευνα βρέθηκε πως οι ποσότητες 15t/ha , 20t/ha και 10t/ha είχαν την ίδια επιδραση στο ύψος των φυτών, με την μεταχείριση 15t/ha να είναι πιο αποτελεσματική (Wanjugu et al., 2023). Τέλος, σε μελέτες που εξέτασαν κοπριά πουλερικών παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα καθώς σε πείραμα με καρότα φάνηκε πως η προσθήκη 40t/ha είχε πολύ θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του ύψους των φυτών (Agyei et al., 2017).

Ο αριθμός φύλλων ανά φυτό παρουσίασε μία σημαντική αύξηση (διπλασιασμό) μέσα στον ένα μήνα που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μετρήσεων κατά τον 2ο μήνα του πειράματος. Ενώ κατά την 1η μέτρηση καταγράφηκαν οι χαμηλότερες τιμές στην μεταχείριση 5CM ακολουθούμενη από τις NC, 2.5CM και PC, κατά την δεύτερη μέτρηση όλες οι τιμές των μεταχειρίσεων είχαν αύξηση με μεγαλύτερη αυτή της 5CM στη Μπαχοβίτικη. Αντίστοιχα αποτελέσματα είχαμε και στη Φλωρίνης, με την 2.5CM ωστόσο να είναι σημαντικά υψηλότερη στο έδαφος Βελεσίνου. Σταθερά οι NC και PC εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές, με σημαντικές διαφορές από τις υπόλοιπες στο έδαφος της Λάρισας. Σε παρόμοια εργασία όπου αναλύθηκε η επίδραση των κοπριά κοτόπουλων σε διαφορές ποσότητες έδειξε πως η χορήγηση 500kg/ha κοπριά κοτόπουλων σε μαρούλια αυξάνει τον αριθμό των φύλλων,

ωστόσο εν τέλει τονίζει πως οι συγκεκριμένες δόσεις δεν επαρκούσαν για την σωστή καλλιέργεια του μαρουλιού, καθώς καλύτερα αποτελέσματα είχαν όταν χορηγήθηκε χημική λίπανση (Altuntaş et al., 2022). Άλλη έρευνα ανέφερε πως δεν υπήρχε διαφορά στον αριθμό των φύλλων σε μεταχειρίσεις του frass και συγκεκριμένα 10t/ha, 15t/ha και 20t/ha (Wanjugu et al., 2023). Οι Poveda et al. (2019) σε φυτά φασολιού παρατήρησαν αύξηση του νωπού και ξηρού βάρους, το οποίο το απέδωσαν στην γρήγορη ανοργανοποίηση των θρεπτικών με την προσθήκη frass. Επιπλέον, σε πείραμα με φυτά ντομάτας βρέθηκε πως ο λόγος της βιομάζας της ρίζας προς την βιομάζα του υπέργειου τμήματος μειώθηκε στις μεταχειρίσεις 2% frass καθώς συμβαίνει ικανοποίηση αναγκών των φυτών ευκολότερα (Blakstad, 2021).

Ο αριθμός καρπών ανά φυτό διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ εδαφών για την ίδια ποικιλία, ενώ υπήρχαν και άλλα πρότυπα στις δύο ποικιλίες για το ίδιο έδαφος. Στην Μπαχοβίπκη ποικιλία, ενώ στο έδαφος Βελεσίνου οι πμές ήταν παρόμοιες, στο έδαφος Λάρισας το NC εμφάνισε σημαντικές μειώσεις της τάξης των 65-87% σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η Φλωρίνης φάνηκε να επηρεάζεται αρνητικά από τη μεταχείριση 5CM και στα δύο εδάφη, ενώ η NC και PC είχαν τη χαμηλότερη απόδοση σε καρπούς στο έδαφος Λάρισας. Σε όλες τις περιπτώσεις το frass οδήγησε σε μεγάλη παραγωγή καρπών, ακολουθούμενο από την 2.5CM.

5. Συμπεράσματα

- Η εφαρμογή frass σε επίπεδα 0.5% και 1% ευνόησε την ανάπτυξη των πιπεριών σε όλες τις μετρηθείσες παραμέτρους, με την 1% να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.
- Η εφαρμογή κοπριάς κοτόπουλων σε επίπεδο 5%, προκάλεσε καταπόνηση σε αυτά, ιδιαίτερα στον πρώτο μήνα του πειράματος. Κάποιες αναπτυξιακές παράμετροι καθώς και η συγκέντρωση χλωροφυλλών φάνηκαν να ανακάμπτουν στη συνέχεια, εντούτοις η εικόνα στο χρονικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας ήταν εικόνα μειωμένης ανάπτυξης.
- Η μεταχείριση 2.5CM παρόλο που προκάλεσε αρχικά πιο αργή ανάπτυξη, αυτό αμβλύθηκε στη συνέχεια όπως καταγράφηκε στις αναπτυξιακές παραμέτρους και τη συγκέντρωση χλωροφυλλών, φτάνοντας σε παρόμοια επίπεδα με τις μεταχειρίσεις 0.5F και 1F.
- Η επίδραση των 2.5CM και 5CM φάνηκε με χρονική καθυστέρηση στα φυτά, σε αντίθεση με τους 1F και 0.5F που το υλικό επέδρασε απευθείας στα φυτά και παρατηρήθηκε ανάπτυξη αυτών.
- Η παραγωγικότητα των πιπεριών είχε διακυμάνσεις ανάλογα την ποικιλία και το έδαφος..
- Τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων των οργανικών λιπασμάτων εμφάνισαν καλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με την μεταχείριση PC, αλλά κυρίως με την NC.
- Το frass φαίνεται να είναι αποτελεσματικό - ιδιαίτερα το επίπεδο 1%- στην αύξηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας της πιπεριάς της ποικιλίας των ποικιλιών Μπαχοβίπκη και Φλωρίνης, τόσο σε μέσης σύστασης έδαφος, όσο και σε αμμώδες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Καραμπουρνιώτης Γ., Λιακόπουλος Γ. και Νικόπουλος Δ (2012), Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών, οι λειτουργίες των φυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες περιβάλλοντος 3^η έκδοση. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Κοντογεωργάκη Ε.,(2022), Επίδραση υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Tenebrio molitor* στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά ραπανιού (*Raphanussativus*), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Λιχούνας Α. (2023), Επίδραση υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Tenebrio molitor* στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά σπανακιού (*Spinacea oleracea*), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Χα Ι. Α., Πετρόπουλος Σ., (2014). Γενική Λαχανοκομία & Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος. σελ. 241-251

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Agustiyani, D., Agandi, R., Arinafril, Nugroho, A. A., & Antonius, S. (2021). The effect of application of compost and frass from Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) on growth of Pakchoi (*Brassica rapa* L.). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, page 762.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/762/1/012036>
- Agyei O. B., Bayor H.(2017) Effect of Poultry Manure and Nitrogen, Phosphorus, and Potassium (15:15:15) Soil Amendment on Growth and Yield of Carrot (*Daucus carota*) International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering p.83
- Alattar ,A. M., Fetheya Alattar N., Popa R. (2016) Effects of microaerobic fermentation and black soldier fly larvae food scrap processing residues on the growth of corn plants (*Zea mays*), Horizon e-Publishing Group pp. 59
<http://dx.doi.org/10.14719/pst.2016.3.1.179>
- Altuntaş O., Küçük R., Ersoy L., (2022), The Effect of Chicken Manure on Plant Growth Nutrient Content and Yield of Lettuce, Biological and Chemical Research p.13-14
- Aminifard M. H., Aroiee H., Ameri A., Fatemi H., (2016), Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.), African Journal of Agricultural Research, p. 859 <https://doi.org/10.5897/AJAR10.505>

- Anderson, E. 2010. Using manure, including chicken manure, as compost. Community Horticulture Fact Sheet #25. Washington State University. Seattle, WA.
- Antoniadis V., Molla A., Grammenou A., Apostolidis V., C.G. Athanassiou C., Rumbos I. Levizou E. (2023), Insect Frass as a Novel Organic Soil Fertilizer for the Cultivation of Spinach (*Spinacia oleracea*): Effects on Soil Properties, Plant Physiological Parameters, and Nutrient Status, Journal of Soil Science and Plant Nutrition
<https://doi.org/10.1007/s42729-023-01451-9>
- Barragán-Fonseca, K. Y., Nurfikari, A., van de Zande, E. M., Wantulla, M., van Loon, J. J. A., de Boer, W., & Dicke, M. (2022). Insect frass and exuviae to promote plant growth and health. In Trends in Plant Science (Vol. 27, Issue 7, pp. 646–654).
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.01.007>
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N. K., Fiaboe, K. K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F. M., Subramanian, S., Dubois, T., Musyoka, M. W., Ekesi, S., Kelemu, S., & Tanga, C. M. (2020). Exploring Black Soldier Fly Frass as Novel Fertilizer for Improved Growth, Yield, and Nitrogen Use Efficiency of Maize Under Field Conditions. Frontiers in Plant Science, 11.
- Beesigamukama D., Mochoge B., Korir N.K., Musyoka M.W., Fiaboe K.K.M., Nakimbugwe D., Khamis F.M., Subramanian S., Dubois T., Ekesi S. and Tanga C., 2020. Nitrogen Fertilizer Equivalence of Black Soldier Fly Frass Fertilizer and Synchrony of Nitrogen Mineralization for Maize Production. Agronomy, 10:1395.
- Blakstad, J. I. (2021). The utilization of frass from the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a plant fertilizer and immune stimulant.
- Bolan, N.S. , A.A. Szogi, T. Chuasavathi, B. Sehadri, M.J. Rothrock JR. Panneerselnam P. Uses and management of poultry litter, (2010), Cambridge University Press p.674
<https://doi.org/10.1017/S0043933910000656>
- Chia S. Y., J. A. van Loon J., Dicke M. (2024), Effects of frass from larvae of black soldier fly (*Hermetia illucens*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth and insect resistance in field mustard (*Brassica rapa*): differences between insect species and frass treatments , *Entomologia Experimentalis et Applicata*, p. 6
<https://doi.org/10.1111/eea.13425>
- Chiam Z., , Lee J.T.E., Tan J. K.N., Song S., Arora S., Tong Y.W., Tan H. T. W. (2021), Evaluating the potential of okara-derived black soldier

- fly larval frass as a soil amendment, *Journal of Environmental Management*, p.2 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112163>
- Choi, S., & Hassanzadeh, N. (2019). BSFL Frass: A Novel Biofertilizer for Improving Plant Health While Minimizing Environmental Impact. *The Canadian Science Fair Journal*
 - Dulaurent A, Daoulas G., Faucon M., Houben D.,(2020), Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) Mediate the Fertilizing Effect of Frass, *Agronomy*, <https://doi.org/10.3390/agronomy10060783>
 - Food and Agriculture Organization. (2009). How to Feed the World in 2050.
 - Food and Agriculture Organization. (2013). Food wastage footprint : impacts on natural resources : summary report. FAO.
 - Gärttling D., Kirchner S.M. and Schulz H., 2020. Assessment of the N- and P-fertilization effect of black soldier fly (diptera: Stratiomyidae) by-products on maize. *Journal of Insect Science*, 20:1-11.
 - Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M. P., & Dulaurent, A. M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>
 - Houben, D., Daoulas, G., & Dulaurent, A. M. (2021). Assessment of the Short-Term Fertilizer Potential of Mealworm Frass Using a Pot Experiment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.714596>
 - Kidinda L., Kasu-Bandi B., Banza Mukalay,J, Kilumba Kabemba M. , Ntata N., Ntale T., Tamina D. Kimuni L. Impact of Chicken Manure Integration with Mineral Fertilizer on Soil Nutriment Balance and Maize (*Zea mays*) Yield: A Case Study on Degraded Soil of Lubumbashi (DR Congo) ,(2015), *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology* p. 71-72 <https://doi.org/10.3923/ajpnft.2015.71.78>
 - Kisaakye J., Beesigamukama D., Haukeland S., Subramanian S., Paul K.,Kelemu T.S.,M. Tanga C. (2024), Chitin-enriched insect frass fertilizer as a biorational alternative for root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) management, *Frontiers in Plant Science*, Results, Effect of chitin-fortified frass fertilizer extracts on egg hatchability <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1361739>
 - Liu C.,Wang C., Yao H.,(2019) , Comprehensive Resource Utilization ofWaste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae), *Animals* 2019 <http://doi.org/10.3390/ani9060349>

- Mougou N., Trika F., Michailidou S., Pantoura M., Argiriou A., (2021), Molecular and Biochemical Characterization of the Greek Pepper (*Capsicum annuum*) Cultivars 'Florinis' and 'Karatzova', Institute of Animal Reproduction and Food Research of the Polish Academy of Sciences, p. 89-90
- Ning L., Xu H., Zhang Y., Zhao S., Qiu S., Ding W., Zou G., He P. (2022) Effects of chicken manure substitution for mineral nitrogen fertilizer on crop yield and soil fertility in a reduced nitrogen input regime of North-Central China, *Frontiers in Plant Science*, p. 2, 8
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1050179>
- Poveda, J. (n.d.). Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. (2021)
<https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x>
- Poveda, J., Jiménez-Gómez, A., Saati-Santamaría, Z., Usategui-Martín, R., Rivas, R., & García-Fraile, P. (2019). Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Applied Soil Ecology*, 142, 110–122.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.016>
- Quilliam, R. S., Nuku-Adeku, C., Maquart, P., Little, D., Newton, R., & Murray, F. (2020). Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 315–322. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0049>
- Tao Y., Liu T., Wu J., Wu Z., Liao D., Shah F., Wu W. (2022), Effect of Combined Application of Chicken Manure and Inorganic Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of Cherry Tomato, *Agronomy*, <https://doi.org/10.3390/agronomy12071574>
- Tanga C.M., Beesigamukama D., Kassie M., Egonyu P.J., Ghemoh C.J., Nkoba K., Subramanian S., Anyega A.O., Ekesi S., 2022. Performance of black soldier fly frass fertiliser on maize (*Zea mays* L.) growth, yield, nutritional quality, and economic returns. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8: 185-196.
- Tan J.K.N., Lee J.T.E., Chiam Z., Song S., Arora S., Tong Y.W. and Tan H.T.W., (2021). Applications of food waste-derived black soldier fly larval frass as incorporated compost, side-dress fertilizer and frass-tea drench for soilless cultivation of leafy vegetables in biochar-based growing media. *Waste Management*, 130:155-166
- Thepsilvisutl O., Chutimanukul P., Sae-Tan S., Eharal H. (2022) Effect of chicken manure and chemical fertilizer on the yield and qualities of white mugwort at dissimilar harvesting times, *Plos one*, 5

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266190>

- Van Loon and Bakker.(2007). Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria , Springer, 243-244 <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9165-1>
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? Journal of Cleaner Production, 199, 882–890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.222>
- Zahn N.H. (2017) The effects of insect frass created by *Hermetia illucens* on spring onion growth and soil fertility p.21-24