



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Εδαφολογίας

Πτυχιακή Διατριβή

«Δυναμική N, P και K σε δύο εδάφη που επωάστηκαν κατόπιν ανάμιξής τους με δυο οργανικά υπολείμματα (υλικό εκτροφής εντόμων και κοπριά πουλερικών)»

“Dynamics of N, P, and K in two soils applied with two organic wastes (insect frass and chicken manure)”

Χαλούλη Ιωάννα

Επιβλέπων καθηγητής: Βασίλειος Αντωνιάδης

Βόλος, 2024

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αντωνιάδης Βασίλειος (Επιβλέπων Καθηγητής): Καθηγητής Εφαρμοσμένης
Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος,
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Λεβίζου Ευθυμία (Μέλος): Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα
Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών
Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αθανασίου Χρήστος (Μέλος): Καθηγητής Εντομολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής
Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Υπεύθυνη δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε βάσει του Κανονισμού Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

Χαλούλη Ιωάννα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής, κύριο Αντωνιάδη Βασίλειο, για την αδιάκοπη καθοδήγηση, στήριξη και βοήθεια που μου παρείχε τόσο κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας όσο και κατά τη συγγραφή. Οι συμβουλές του υπήρξαν άκρως βοηθητικές για την περάτωση του πειράματος και τον ευχαριστώ ιδιαιτέρως για τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσε.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Εδαφολογίας, και κυρίως την Υποψήφια Διδάκτορα Γραμμένου Ασπασία για την καθοριστική συμβολή της στη διεξαγωγή όλων των εργαστηριακών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν αλλά και στην βοήθεια που μου παρείχε όποτε και αν τη χρειάστηκα.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή Εντομολογίας του Τμήματος κύριο Αθανασίου Χρήστο για την παροχή του insect frass αλλά και την συμμετοχή του στη τριμελή εξεταστική επιτροπή όπως επίσης και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος κυρία Λεβίζου Ευθυμία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους δικούς μου ανθρώπους που είναι πάντα εκεί και με στηρίζουν αδιάκοπα, βοηθώντας με να υλοποιήσω τους στόχους και τα όνειρά μου. Ευχαριστώ ξεχωριστά την αδερφή μου, τον άνθρωπο που αναζητώ πάντα στις δύσκολες στιγμές, αλλά και τις φίλες μου για την βοήθεια και τη στήριξή τους.

Στην αδερφή μου..

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	2
1.1. Θρεπτικά στοιχεία N, P, K.....	2
1.1.1. Άζωτο.....	2
1.1.2. Φώσφορος.....	5
1.1.3. Κάλιο.....	7
1.2. Οργανική ουσία	9
1.3. Οργανικά Εδαφοβελτιωτικά	12
1.3.1. Insect Frass.....	12
1.3.2. Chicken manure.....	13
1.4. Σκοπός της εργασίας.....	14
Κεφάλαιο 2. Υλικά και Μέθοδοι.....	15
2.1. Πειραματικός σχεδιασμός.....	15
2.2. Πειράματα Επώασης.....	15
2.3. Μέθοδοι ανάλυσης.....	17
2.3.1. Μέτρηση pH.....	17
2.3.2. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C).....	17
2.3.3. Μέτρηση οργανικής ουσίας.....	17
2.3.4. Μέτρηση νιτρικών.....	18
2.3.5. Μέτρηση φωσφόρου (P)	19
2.3.6. Μέτρηση ανταλλάξιμου K.....	20
2.4. Στατιστική Επεξεργασία.....	20
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	21
3.1. Αποτελέσματα μετρήσεων εδάφους με την προσθήκη insect frass.....	21
3.1.1. Έδαφος Βελεστίνου.....	21
3.1.2. Έδαφος Λαρίσης (αμμώδες)	27
3.2. Αποτελέσματα μετρήσεων εδάφους με την προσθήκη chicken manure.....	33
3.2.1. Έδαφος Βελεστίνου.....	33
3.2.2. Έδαφος Λαρίσης (αμμώδες)	39

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία.....	47
Ελληνική βιβλιογραφία.....	47
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	47
Παράρτημα.....	50

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι ανησυχίες για την ολοένα και μεγαλύτερη υποβάθμιση του εδάφους τείνουν να επιβεβαιώνονται με τα φαινόμενα υπερχειλίσης, ανεπανόρθωτης μόλυνσης από φυτοφάρμακα και απώλεια της οργανικής ύλης να στρέφουν το ενδιαφέρον στη χρήση οργανικών, μη συμβατικών λιπασμάτων έναντι των χημικών. Δύο τέτοια παραδείγματα λιπασμάτων, το insect frass και το chicken manure, χρησιμοποιήθηκαν και σε αυτή την εργασία, ο σκοπός της οποίας είναι να μελετηθούν οι επιδράσεις των διαφορετικών εδαφοβελτιωτικών σε διαφορετικής σύστασης εδάφη που επώαστηκαν. Τα πειράματα επώασης που πραγματοποιήθηκαν και είχαν διάρκεια 90 ημέρες το κάθε ένα, αφορούσαν την προσθήκη του insect frass σε 5 διαφορετικές συγκεντρώσεις και του chicken manure σε 3 διαφορετικές, σε εδάφη 2 τύπων (από το Βελεστίνο και την Λάρισα). Γίνανε δειγματοληψίες και εδαφολογικές αναλύσεις την 1^η, 10^η, 20^η, 40^η, 60^η και 90^η μέρα του πειράματος και μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των μακροθρεπτικών N, P, K καθώς και το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας. Τα αποτελέσματα, που αναλύθηκαν στατιστικά και παρουσιάστηκαν σε γραφήματα, επιβεβαίωσαν την υποσχόμενη δράση τόσο του εδαφοβελτιωτικού insect frass όσο και του chicken manure. Η επίδρασή τους στις φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών ήταν εμφανής, με την αναμενόμενη μείωση του pH από αλκαλικά επίπεδα σε ελαφρώς αλκαλικά, σε όλες τις μεταχειρίσεις, και την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εντός των επιθυμητών ορίων. Τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων της οργανικής ουσίας ήταν ποικίλα, καθώς παρατηρήθηκαν κάποιες αναμενόμενες αυξήσεις αλλά και πολλές μειώσεις των τελικών τιμών γεγονός που χρήζει περαιτέρω ανάλυσης για να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα. Σε ότι αφορά τα μακροθρεπτικά, δεν σημειώθηκαν σπουδαίες αυξήσεις στις συγκεντρώσεις του καλίου και του φωσφόρου ενώ για τα νιτρικά του εδάφους μεγάλες αυξήσεις των συγκεντρώσεων προκάλεσε μόνο το chicken manure όπου έφτασε να τετραπλασιάζει τις συγκεντρώσεις στο έδαφος της Λάρισας. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της φύσης του πειράματος και του θερμοθαλάμου στον οποίο έγινε η επώαση, τα αποτελέσματα των μετρήσεων ενδέχεται να διαφέρουν σημαντικά από τα εδαφολογικά αποτελέσματα μιας κανονικής καλλιέργειας μεγάλης έκτασης. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι οι επιδράσεις που σημείωσαν τα δύο εδαφοβελτιωτικά στα εδάφη ήταν κάτω από τις ιδανικές συνθήκες του θερμοθαλάμου και χρήζει περαιτέρω μελέτης η συμπεριφορά και η επίδραση τους τόσο στις ιδιότητες του εδάφους όσο και στην ανάπτυξη των φυτών και στη συνολική παραγωγή.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1. Θρεπτικά N , P , K

Βιογεωχημικοί κύκλοι

Όλα τα χημικά στοιχεία που υπάρχουν διαθέσιμα στη γη και συμμετέχουν στη σύσταση της οργανικής ύλης, επαναχρησιμοποιούνται αδιάκοπα καταγράφοντας έναν κύκλο μεταξύ οργανικής και ανόργανης κατάστασης. Ο πλανήτης εξάλλου λειτουργεί σαν ένα κλειστό σύστημα όπου τα χημικά στοιχεία πάντα ανακυκλώνονται από τους οργανισμούς. Οι επαναλαμβανόμενες λοιπόν, κυκλικές πορείες των στοιχείων μεταξύ των βιολογικών και γεωφυσικών συστατικών των οικοσυστημάτων χαρακτηρίζονται ως βιογεωχημικοί κύκλοι. Επηρεάζονται από γεωλογικά και χημικά φαινόμενα καθώς και από την ανθρώπινη παρέμβαση, η οποία δύναται να αλλάξει τον ρυθμό ανακύκλωσης των στοιχείων αλλά και να εισάγει νέες ουσίες στο οικοσύστημα (Νικολάου, 2006).

1.1.1 Άζωτο

Κύκλος αζώτου

Το άζωτο αποτελεί το τέταρτο κατά σειρά πιο συχνό στοιχείο του πλανήτη αλλά ταυτοχρόνως και απ' τα συχνότερα που παρατηρούνται σε έλλειψη στο έδαφος (Αλιφραγκής, 2008). Ο παγκόσμιος βιογεωχημικός κύκλος του αφορά τις τεράστιες φυσικές ροές του στοιχείου από την ατμόσφαιρα προς τα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα. Το άζωτο της ατμόσφαιρας δεσμεύεται μέσω της αζωτοδέσμευσης και επανέρχεται πίσω σε αυτήν μέσω της απονιτροποίησης.

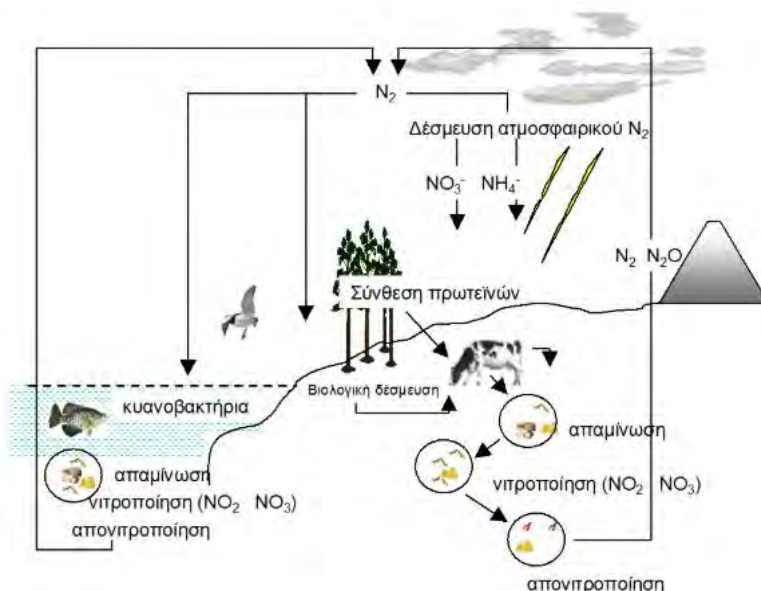
Όπως αναφέρθηκε, το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα αλλά δε μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα στη μορφή με την οποία βρίσκεται σε αυτή. Έτσι η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους οργανισμούς.

Η δέσμευση του αζώτου υλοποιείται από διάφορα γένη βακτηρίων και η διαδικασία αυτής μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους: τον φυσικό και τον βιολογικό. Στη βιολογική δέσμευση του αζώτου οι μικροοργανισμοί του εδάφους, τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια δηλαδή, δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και από ποσοτική άποψη είναι η σημαντικότερη σαν μορφή δέσμευσης. Τα βακτήρια ανάλογα με το είδος της μπορούν να μετατρέψουν τα αμμωνιακά σε νιτρώδη ή τα νιτρώδη σε νιτρικά. Ποσοστιαία υπολογίζεται ότι η βιολογική δέσμευση συμβάλλει κατά 90% στη συνολική αζωτοδέσμευση που λαμβάνει χώρα στη γη (Βλάχος & Κολλάρος, 2009). Στη φυσική αζωτοδέσμευση, που κατέχει το υπόλοιπο 10%, το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με υδρατμούς σχηματίζοντας αμμωνία είτε με το ατμοσφαιρικό O₂ σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα με την απαραίτητη ενέργεια να προκύπτει από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές). Η αμμωνία και τα νιτρικά ιόντα που δημιουργούνται μεταφέρονται μέσω της στο έδαφος και στη θάλασσα.

Για την ανακύκλωση του αζώτου απαιτούνται οι διαδικασίες της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης. Στη νιτροποίηση η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος δέχεται τη δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους με αποτέλεσμα τη μετατροπή της σε νιτρικά ιόντα τα οποία και ύστερα παραλαμβάνονται από τα φυτά. Τα βακτήρια που συμμετέχουν εδώ μπορεί να είναι είτε αερόβια είτε αναερόβια. Τα αερόβια βακτήρια χρησιμοποιούν ως τροφή οργανικές ενώσεις και οξυγόνο από το νερό ελευθερώνοντας διοξείδιο του άνθρακα ενώ τα αναερόβια χρησιμοποιούν τις πηγές οξυγόνου (Σκούλλος, 1997). Τα νιτρικά είναι πολύ διαλυτά στο νερό, άρα εκπλένονται σχετικά εύκολα από το έδαφος καταλήγοντας εν τέλει στους υδάτινους αποδέκτες (Νικολάου, 2006). Η απονιτροποίηση από την άλλη, που συμβαίνει σε περιβάλλοντα αναερόβιων συνθηκών όπως τα στάσιμα νερά, μετατρέπει τα νιτρικά ιόντα σε μοριακό άζωτο το οποίο και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Εδώ συμβάλλουν τα απονιτροποιητικά βακτήρια αλλά και μερικά είδη φυτοπλαγκτόν (Σκούλλος, 1997).

Μετά τη νέκρωση των οργανισμών, η βιοαποδόμηση των πολύπλοκων αζωτούχων ενώσεων οδηγεί πάλι στο σχηματισμό απλών ανόργανων ενώσεων αζώτου, με αρχικό στάδιο τον σχηματισμό αμμωνίας. Ένα μέρος των αζωτούχων οργανικών ενώσεων παραμένει αδιάσπαστο και αποτελεί τα χουμικά συστατικά των εδαφών (Νικολάου, 2006).

Ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο του αζώτου καθώς εισάγει άζωτο κυρίως στα αγροτικά οικοσυστήματα μέσω των λιπασμάτων που χρησιμοποιεί με σκοπό την αύξηση της παραγωγής. Παρ' όλα αυτά λιγότερο από το ένα τρίτο της εκάστοτε προστιθέμενης στο έδαφος ποσότητας προσλαμβάνεται από τα καλλιεργούμενα φυτά, καθώς το υπόλοιπο εκπλένεται από τη βροχή και καταλήγει στα θαλάσσια νερά.



Εικόνα 1.1. Κύκλος αζώτου (Καμαριανός et al. , 2015)

Πρόσληψη αζώτου

Το ριζικό σύστημα των φυτών προσλαμβάνει άζωτο από το έδαφος υπό τη μορφή νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων . Στα περισσότερα είδη φυτών η παροχή ίσης ποσότητας αυτών δίνει και τα καλύτερα αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι η πρόσληψη αμμωνιακών ιόντων μειώνει σημαντικά το pH στη ριζόσφαιρα, ενώ το αντίθετο αποτέλεσμα παρατηρείται στην περίπτωση των νιτρικών. Εκτός από τα ιόντα που αναφέρθηκαν, τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν και νιτρώδη ιόντα που είναι τοξικά αλλά ευτυχώς η συγκέντρωσή τους στο εδαφικό διάλυμα και η παρουσία τους σε αυτό είναι μηδαμινή (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Ρόλος στο φυτό

Αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο πολλών απαραίτητων οργανικών ενώσεων των φυτών όπως τα νουκλεϊκά οξέα και τα αμινοξέα. Τα φυτά ανταποκρίνονται άμεσα όταν στο έδαφος ή στο υπόστρωμα που αναπτύσσονται αυξάνεται η διαθεσιμότητα αζώτου με αποτέλεσμα τα φύλλα να αποκτούν βαθύ πράσινο χρώμα, να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους σε πρωτεΐνες αλλά και η σπαργή και η περιεκτικότητα των καρπών σε νερό. Επάρκεια αζώτου συνεπάγεται προαγωγή της αύξησης και ανάπτυξης του ριζικού συστήματος καθώς επίσης και πρόσληψη από τα φυτά άλλων θρεπτικών στοιχείων (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Συμπτώματα έλλειψης και περίσσειας αζώτου

Στις περιπτώσεις όπου δεν είναι εφικτός ο εφοδιασμός των φυτών με τις απαραίτητες ποσότητες αζώτου, τα φύλλα εμφανίζουν κιτρινοπράσινο έως κιτρινωπό χρώμα, αισθητά μικρότερο μέγεθος και έχουν μικρή περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη .Τα φυτά έχουν μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ενώ η περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα είναι αυξημένη (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011). Οι κλαδίσκοι γίνονται λεπτοί και επίσης παρατηρείται μείωση της φωτοσύνθεσης και της παραγωγής οργανικής ουσίας, ενώ αυξάνεται το ριζικό σύστημα περισσότερο σε σχέση με το υπέργειο. Τα συμπτώματα έλλειψης αζώτου συνοδεύονται από ξήρανση ή και πτώση των παλαιότερων φύλλων. Τα πιο νεαρά φύλλα ενδέχεται να διατηρήσουν το πράσινο χρώμα τους καθώς το άζωτο είναι ευκίνητο στοιχείο.

Όταν η ποσότητα του διαθέσιμου για τα φυτά αζώτου είναι μεγάλη, αυτά αναπτύσσονται πολύ, τα κύτταρα του βλαστού επιμηκύνονται και γίνονται πολύ λεπτά και τα φυτά καταστρέφονται από τον άνεμο ή την έντονη βροχή. Επίσης τα φυτά δεν ωριμάζουν κανονικά και εμφανίζουν ευαισθησίες σε ασθένειες και προσβολές από έντομα. Σημειώνεται ότι η υπερβολική αζωτούχος λίπανση υποβαθμίζει την ποιότητα της παραγωγής, αφού τα φυτά αποκτούν μη επιθυμητό χρώμα και η συγκέντρωση σακχάρων και βιταμινών μειώνεται (Αλιφραγκής, 2008).

1.1.2 Φώσφορος

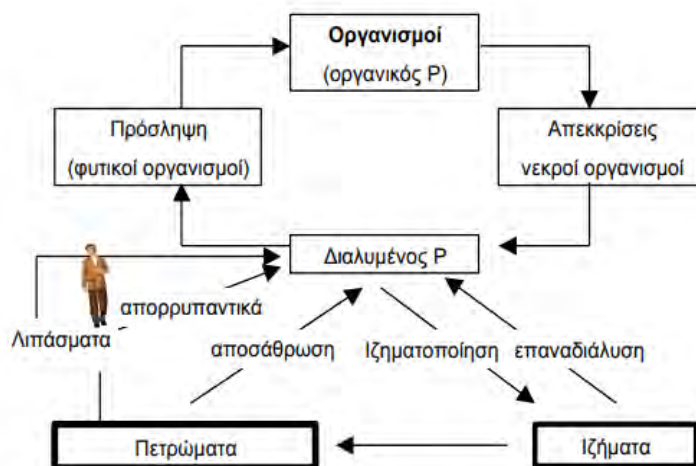
Κύκλος φωσφόρου

Ο φώσφορος με την διαδικασία της αποσάθρωσης και της διάβρωσης απελευθερώνεται από τα φωσφορούχα πετρώματα στα οποία είναι αποθηκευμένος με την μορφή φωσφορικών αλάτων, διαλύεται σε μαλακά ιζήματα και εισέρχεται στα τροφικά πλέγματα μέσω της πρόσληψης του από τους οργανισμούς. Ο φώσφορος μεταφέρεται από τη χέρσο στα νερά και αντιστρόφως ενώ φυσιολογικά δεν μεσολαβεί ατμοσφαιρική φάση αφού είναι κύκλος ιζηματογενούς τύπου.

Οι ενώσεις του φωσφόρου που συναντώνται στη φύση είναι χαμηλής διαλυτότητας και πτητικότητας και η μεταφορά του φωσφόρου μεταξύ των διαφόρων διαμερισμάτων του φυσικού περιβάλλοντος εξαρτάται κατά βάση από τη μεταφορά αιωρούμενων σωματιδίων από τα ποτάμια προς τη θάλασσα και από τη μεταφορά σκόνης στην ατμόσφαιρα (Νικολάου, 2006). Απ' τη συνολική διάθεση του φωσφόρου στο περιβάλλον κάποιες ποσότητες προσλαμβάνονται από τους οργανισμούς μέσω του νερού και του εδάφους. Κατά τον θάνατο της έμβιας ύλης και την αποσύνθεσή της, ο φώσφορος ανακυκλώνεται επιστρέφοντας ξανά στο έδαφος με τη μορφή φωσφορικών αλάτων.

Ο φώσφορος είναι απαραίτητο στοιχείο για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και η ανάπτυξη τους σχετίζεται με τη διαθεσιμότητά του. Εκτός από τους οργανισμούς περιέχεται και στα μόρια που μεταφέρουν ενέργεια και στα μόρια του γενετικού κώδικα. Η μετακίνηση του φωσφόρου στη θάλασσα γίνεται μόνο με την απόθεση του στα ιζήματα. Στο θαλάσσιο περιβάλλον συναντάται με τη μορφή ανόργανων φωσφορικών αλάτων ή αποτελεί τμήμα οργανικών μορίων αλλά στα ποταμίσια και λιμναία νερά η συγκέντρωση του φωσφόρου είναι χαμηλή (Νικολάου, 2006). Στο θαλάσσιο σύστημα το μεγαλύτερο ποσοστό φωσφόρου εισέρχεται μέσω των ποταμών με τη μορφή ιζημάτων ή αιωρούμενων σωματιδίων. Για το λόγο αυτό στα επιφανειακά νερά υπάρχουν αρκετά ποσοστά διαλυμένου σωματιδιακού και οργανικού σωματιδιακού φωσφόρου αλλά και λόγω της αποσύνθεσης των φυτών (Ξένος, 2000).

Η ανθρώπινη επίδραση στον παγκόσμιο κύκλο του φωσφόρου είναι σημαντική τα τελευταία 150 χρόνια καθώς ενισχύει το σύστημα μέσω των απορρυπαντικών, των υγρών και βιομηχανικών αποβλήτων και των λιπασμάτων. Μεγάλες ποσότητες φωσφορικών σε μια λεκάνη έχουν σαν αποτέλεσμα την υπερβολική ανάπτυξη βιομάζας με το οικοσύστημα να χάνει την ισορροπία του.



Εικόνα 1.2. Κύκλος φωσφόρου (Καμαριανός et al. , 2015)

Πρόσληψη φωσφόρου

Η συγκέντρωση του φωσφόρου στο έδαφος συγκριτικά με τα υπόλοιπα μακρο-θρεπτικά (όπως το θείο) είναι πολύ χαμηλή και προσλαμβάνεται από τις ρίζες και τις μυκόρριζες κυρίως υπό τη μορφή φωσφορικών ανιόντων. Η πρόσληψη γίνεται σχετικά αργά λόγω της αργής κίνησης των ιόντων προς τις επιφάνειες των ριζών αλλά διορθώνεται από την ύπαρξη των μυκόρριζων και των νηματοειδών υφών τους. Οι μικροσκοπικές αυτές υφές εκτείνονται στο έδαφος σε αρκετά εκατοστά από τις επιφάνειες των ριζών και δύνανται να απορροφήσουν τα φωσφορικά ιόντα αλλά και να καταστήσουν διαθέσιμες μερικές δυσδιάλυτες μορφές του φωσφόρου. Έτσι οι υφές μεταφέρουν τα φωσφορικά ιόντα στη ρίζα και οι εδαφικοί μηχανισμοί συγκράτησης του φωσφόρου δεν παρεμβαίνουν στη μετακίνηση του (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Τα διάφορα μέρη του φυτού περιέχουν διάφορες ποσότητες φωσφόρου με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση βέβαια να βρίσκεται πάντα στα φύλλα (Αλιφραγκής, 2008).

Ρόλος στο φυτό

Ο φώσφορος όπως ήδη σημειώθηκε είναι απαραίτητο συστατικό της γενετικής βάσης όλων των οργανισμών (DNA και RNA) αλλά και της οργανικής ένωσης ATP που παράγεται κατά τη φωτοσύνθεση (Αλιφραγκής, 2008). Η ικανοποιητική θρέψη με φώσφορο ενισχύει τις κρίσιμες διαδικασίες για το φυτό, όπως αυτή της φωτοσύνθεσης, της αζωτοδέσμευσης, της ανάπτυξης των ριζών, ειδικά των πλευρικών, αλλά και της παραγωγής σπόρων.

Εξάλλου οι μεριστωματικοί ιστοί έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε φώσφορο. Γενικότερα ο φώσφορος έχει θετική επίδραση στη γενικότερη βελτίωση της ποιότητας των καλλιεργειών (ειδικά στα κτηνοτροφικά φυτά), (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Συμπτώματα έλλειψης φωσφόρου

Η έλλειψη φωσφόρου στα φυτά είναι δύσκολο να αναγνωρισθεί γιατί τα συμπτώματα είναι περίπου όμοια για πολλά θρεπτικά στοιχεία (Αλιφραγκής, 2008). Συνήθως εκδηλώνεται με νανισμό και μειωμένη ανάπτυξη, λεπτά και επιμήκη στελέχη και σκούρο πράσινο χρωματισμό στα φύλλα (σαν λούστρο) που όμως φαίνεται ότι είναι σχεδόν κανονικό στην εμφάνισή του. Σημειώνεται ότι ο φώσφορος είναι ευκίνητο στοιχείο άρα μεταφέρεται από τα παλαιότερα στα νεότερα φύλλα. Σε ακραίες περιπτώσεις τροφопενίας φωσφόρου μπορεί να παρατηρηθεί κιτρίνισμα και γήρανση φύλλων. Μερικά φυτά μπορεί να σχηματίσουν και πορφυρές κηλίδες ως ένδειξη αυτής της τροφопенίας (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

1.1.3 Κάλιο

Κύκλος Καλίου

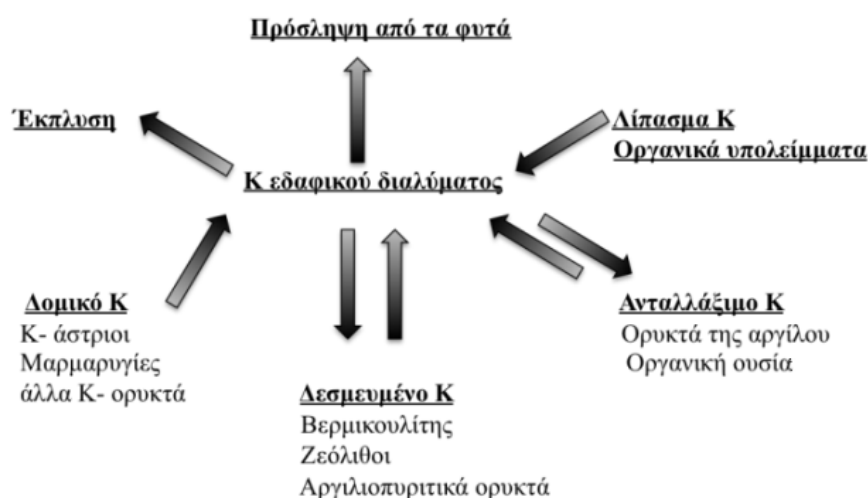
Το κάλιο αποτελεί επίσης ένα βασικό μακροθρεπτικό και εμφανίζεται στο έδαφος με τις εξής μορφές: το κάλιο στις κρυσταλλικές δομές των πρωτογενών ορυκτών, το κάλιο σε μη ανταλλάξιμες θέσεις των δευτερογενών ορυκτών, αυτό σε ανταλλάξιμες μορφές στις επιφάνειες των κολλοειδών και τα ιόντα του καλίου που είναι διαλυτά στο νερό (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Εύκολα διαθέσιμες μορφές αποτελούν το ανταλλάξιμο κάλιο και το υδατοδιαλυτό, τα οποία βέβαια κατέχουν τη μειοψηφία του ολικού εδαφικού καλίου. Αυτές οι 2 μορφές θα μπορούσε να ειπωθεί ότι βρίσκονται σε μια δυναμική ισορροπία, η οποία έχει μεγάλη πρακτική σημασία. Πιο συγκεκριμένα, όταν τα φυτά απορροφούν κάλιο από το εδαφικό διάλυμα, ένα μέρος του ανταλλάξιμου καλίου μετακινείται ευθέως προς το διάλυμα προκειμένου να αποκατασταθεί και πάλι η ισορροπία. Όταν αντιθέτως προστίθενται υδατοδιαλυτά λιπάσματα, το κάλιο από διάλυμα κινείται προς το σύμπλοκο της ανταλλαγής. Έτσι λοιπόν το ανταλλάξιμο κάλιο μπορεί να θεωρηθεί ρυθμιστικός μηχανισμός του καλίου στο εδαφικό διάλυμα.

Μη διαθέσιμη μορφή αποτελεί το κάλιο στις δομές των πρωτογενών ορυκτών αν και κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό του ολικού εδαφικού καλίου. Η σταθερότητα του κάθε ορυκτού και ο βαθμός αποσάθρωσής του επηρεάζει και την απελευθέρωση του καλίου από αυτό.

Χαρακτηρίζεται ως βραδέως διαθέσιμη μορφή αυτή του μη ανταλλάξιμου καλίου, του οποίου τα ιόντα τακτοποιούνται μεταξύ των στιβάδων στους κρυστάλλους και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του χωρίς να μπορούν να αντικατασταθούν με τις συνήθεις διαδικασίες ανταλλαγής (για αυτό και ο όρος μη ανταλλάξιμο).

Έτσι λοιπόν οι αρχικές πηγές του καλίου, και αυτές που κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό του, είναι τα πρωτογενή ορυκτά όπως οι μαρμαρυγίες και οι όστριοι. Καθώς αυτά τα ορυκτά αποσθρώνονται, οι δομές του άκαμπτου πλέγματος γίνονται σχετικά πιο εύκαμπτες. Ένα μέρος του καλίου που προσλαμβάνεται από τα φυτά εκπλύνεται από το φύλλωμα και επιστρέφει στο έδαφος με το βρόχινο νερό και ένα άλλο μέρος επιστρέφει μέσω των φυτικών υπολειμμάτων (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).



Εικόνα 1.3. Σχέση διαφόρων μορφών εδαφικού καλίου (Sparks και Huang, 1985)

Πρόσληψη καλίου

Συνήθως τα φυτά προσλαμβάνουν πολύ μεγάλη ποσότητα καλίου από το εδαφικό διάλυμα, σχεδόν δεκαπλάσια από αυτή του φωσφόρου και ίση με αυτή του αζώτου. Σημειώνεται βέβαια πως η ολική ποσότητα του στοιχείου στο έδαφος είναι μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο μακροθρεπτικό. Προσλαμβάνεται όπως αναφέρθηκε υπό μορφή ιόντος με αντίδραση εναλλαγής.

Μόνο ένα μικρό ποσοστό του ολικού καλίου που βρίσκεται στο έδαφος προσλαμβάνεται από τα φυτά λόγω της άμεσης επαφής των ριζών με τα εδαφοτεμαχίδια. Η συντριπτική πλειοψηφία του καλίου πρέπει να μεταφερθεί πρώτα στο εδαφικό διάλυμα και από εκεί στην ενεργό ριζόσφαιρα και στα ριζικά τριχίδια από τα οποία απορροφάται. Όσο περισσότερο κάλιο είναι διαλυμένο στο εδαφικό διάλυμα τόσο περισσότερο είναι και διαθέσιμο στα φυτά.

Ο ρυθμός πρόσληψης του καλίου από τα φυτά δεν είναι ποτέ συγκεκριμένος, αλλά ποικίλει ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκονται τα φυτά, την εποχή του έτους αλλά και τον εκάστοτε τύπο του οικοσυστήματος (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Ρόλος στο φυτό

Το κάλιο διαδραματίζει πολλούς ρόλους στη θρέψη των φυτών παρότι δεν ενσωματώνεται στις δομές των οργανικών ενώσεων. Μαζί με το άζωτο καταγράφουν μεγάλη αφθονία στους φυτικούς ιστούς, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους σημειώνονται συνήθως στους νέους αναπτυσσόμενους ιστούς και στα όργανα αναπαραγωγής. Το κάλιο ενεργοποιεί πληθώρα ενζύμων υπεύθυνων για διεργασίες των φυτών (όπως ο μεταβολισμός), είναι απαραίτητο για την φωτοσύνθεση, την πρωτεϊνοσύνθεση και για την σύνθεση του αμύλου. Σε ότι αφορά την μείωση του υδατικού δυναμικού στα κύτταρα, το στοιχείο μειώνει την απώλεια νερού από τα στομάτια των φύλλων και αυξάνει την ικανότητα των ριζών να προσλαμβάνουν νερό από το έδαφος (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Συμπτώματα έλλειψης καλίου

Συγκριτικά με τις τροφοπενίες άλλων θρεπτικών, αυτή του καλίου είναι σχετικά εύκολα αναγνωρίσιμη . Συμπτώματα θα παρατηρηθούν στα παλαιότερα φύλλα, καθώς πρόκειται για ευκίνητο στοιχείο, στα οποία οι άκρες και τα περιθώρια του ελάσματος αρχίζουν να κιτρινίζουν (χλωρωτικά φύλλα) και μετά να νεκρώνονται , τα φύλλα εμφανίζονται σαν να έχουν καεί στα περιθώρια . Σε μερικά φυτά τα νεκρωμένα περιθώρια του ελάσματος μπορεί να σχίζονται δίνοντας στα φύλλα τραχιά εμφάνιση. Παρατηρείται επίσης μειωμένη σπαργή και γενικότερη μαλάκωση των φυτών κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Barber, 1984).

Σημειώνεται ότι η τροφοπενία καλίου δε πρέπει να συγχέεται με ζημιές που προκαλεί η υπερβολική αλατότητα καθώς τα ίδια συμπτώματα εδώ θα εμφανιστούν απλά στα νεότερα φύλλα (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

1.2. Οργανική ουσία

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη δεξαμενή άνθρακα στη γη και περιλαμβάνει όλο το οργανικό κλάσμα του εδάφους, τόσο αυτό που βρίσκεται στη επιφάνεια όσο και αυτό που είναι ενσωματωμένο με το ανόργανο έδαφος , ανεξαρτήτως του βαθμού αποσύνθεσης, την προέλευση και τη σύσταση του. Βασικές πηγές της οργανικής ουσίας αποτελούν τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα που φθάνουν στο έδαφος και με την πάροδο του χρόνου υφίστανται μεταβολές έως ότου σχηματιστεί η άμορφη οργανική ουσία (Αλιφραγκής, 2008).

Η σημασία της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι αξιοσημείωτη καθώς ευνοείται άμεσα η γονιμότητα του και η κατ' επέκταση ανάπτυξη των φυτών.

Σε ό,τι αφορά αρχικά τις **φυσικές ιδιότητες** ενός εδάφους, η οργανική ουσία ενισχύει το χρώμα του, βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας και άρα τη δομή και το πορώδες του. Στην περίπτωση των αργιλικών εδαφών μειώνεται η πλαστικότητα και η συνεκτικότητα, και αντιθέτως στα αμμώδη εδάφη η συνεκτικότητα αυξάνεται. Καταγράφεται μεγαλύτερη συγκράτηση θρεπτικών στοιχείων μέσα στα οργανικά μόρια, εφόσον δυσχεραίνεται η διαλυτοποίηση και έκλυσή τους. Τέλος αποτρέπεται ο σχηματισμός επιφανειακής κρούστας στα εδάφη.

Ως προς τις **χημικές ιδιότητες**, η οργανική ουσία επηρεάζει το pH του εδάφους, αυξάνοντας την διαθεσιμότητα των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων εξαιτίας της παραγωγής διαφόρων οργανικών και ανόργανων οξέων κατά την αποσύνθεση της. Αυξάνεται η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C. E. C.) και παράλληλα η γονιμότητα των εδαφών. Περιέχει όλα τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, τα διατηρεί με την μορφή οργανικών ενώσεων, αποτρέποντας έτσι την έκπλυσή τους, και τα αποδίδει κατά την διάσπασή της και την διαλυτοποίηση των ορυκτών συστατικών της. Έτσι επιτυγχάνεται όχι μόνο η καλή γονιμότητα αλλά και η διατήρηση αυτής.

Ολοκληρώνοντας, ως προς τις **βιολογικές ιδιότητες** των εδαφών η οργανική ουσία αποτελεί πηγή θρεπτικών στοιχείων για φυτά και μικροοργανισμούς και πηγή ενέργειας. Επιδρά άμεσα στη βιοποικιλότητα του εδάφους και επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων αλλά και την ταχύτητα αποκατάστασής τους (Αλιφραγκής, 2008).

Αποσύνθεση οργανικής ουσίας

Τα φυτικά υπολείμματα αποτελούν την κύρια πηγή της οργανικής ουσίας και είναι το πρωταρχικό υλικό που υφίσταται αποδόμηση στο έδαφος. Η αποδόμηση αφορά ουσιαστικά την διάσπαση των μεγάλων οργανικών μορίων σε μικρότερα, απλούστερα. Ανάλογα τον ρυθμό με τον οποίο αποδομούνται, οι οργανικές ενώσεις κατατάσσονται σε αυτές με ταχεία αποδόμηση όπως τα σάκχαρα και τα άμυλα ή με πολύ βραδεία όπως οι λιγνίνες (Οιχαλιώτης κ.ά., 2011).

Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας μπορεί να κυμαίνεται από ημέρες έως και χρόνια και εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: τις περιβαλλοντικές συνθήκες του εδάφους και την εκάστοτε ποιότητα των προστιθέμενων υπολειμμάτων. Η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας είναι μια κατά βάση μικροβιακή διαδικασία και η ολοκλήρωση της σηματοδοτεί την παραγωγή ενός πλούσιου υλικού απαλλαγμένου από την τοξικότητα που η μεγάλη συγκέντρωση οργανικής ουσίας παρουσιάζει. Το τελικό ονομάζεται **χούμος**, ένα υλικό σκούρου χρώματος, που ανάλογα με τον εδαφικό τύπο και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες σχηματίστηκε ταξινομείται σε 3 βασικές κατηγορίες:

Χούμος 1^{ου} τύπου: Χαρακτηρίζει τα πολύ εκπλυμένα εδάφη, σε συνθήκες πολλών βροχών και χαμηλών ή υψηλών θερμοκρασιών, δηλαδή συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη των δασών. Ο χούμος εδώ συναντάται σε μικρά ποσοστά, διαμερίζεται εύκολα και είναι αρκετά ευκίνητος.

Χούμος 2^{ος} τύπου: Πρόκειται για χούμο χαρακτηριστικό των εδαφών που δεν εκπλένονται (δηλαδή ουδέτερης αντίδρασης). Ο χούμος εδώ περιλαμβάνει περισσότερα σε χουμικά οξέα και δεν είναι καθόλου ευκίνητος.

Χούμος 3^{ος} τύπου: Χαρακτηρίζει τα ουδέτερα ή αλκαλικής αντίδρασης εδάφη με κλίμα σχετικής ξηρασίας. Ο χούμος εδώ δεν είναι ευκίνητος άρα δεν ασκεί και ενεργή επίδραση (Μήτσιος , 1999).

Αναλογία άνθρακα/αζώτου στα οργανικά υλικά

Τυπική περιεκτικότητα άνθρακα της ξηρής φυτικής ύλης θεωρείται περίπου το 42%, ενώ το άζωτο είναι κατά πολύ μικρότερο και παρουσιάζει διακύμανση από <1% έως και >6%. Ο λόγος άνθρακα-αζώτου στα οργανικά υπολείμματα που πρόκειται να εφαρμοστούν είναι σημαντικός, αφού προσδιορίζει αρχικά τον ρυθμό αποδόμησής τους αλλά και γιατί παρατηρείται έντονος ανταγωνισμός ανάμεσα στους μικροοργανισμούς του εδάφους για το διαθέσιμο άζωτο. Μια μέση τιμή στην οποία κυμαίνεται είναι το 12:1.

Για τις καλλιέργειες λοιπόν:

- 1) Δεν ενδείκνυται η προσθήκη υπολειμμάτων με υψηλό C/N καθώς η διάσπασή τους οδηγούν τις καλλιέργειες σε ελλείψεις αζώτου.
- 2) Υπολείμματα με σχετικά υψηλή τιμή του λόγου συνίσταται να κομποστοποιούνται πρώτα πριν ενσωματωθούν ή έστω να συνδυάζονται με κάποιο αζωτούχο λίπασμα προκειμένου να μην παρατηρείται η έλλειψη που αναφέρθηκε παραπάνω (Παναγιωτόπουλος 2008).

Γενικεύοντας, σπουδαίο πλεονέκτημα της οργανικής ουσίας είναι το γεγονός ότι καταφέρνει και απελευθερώνει τα θρεπτικά της στοιχεία βαθμιαία, καθώς έχει πολύ αργή διάσπαση με τη συμβολή πολλών μικροοργανισμών, και έτσι δεν τίθενται φόβοι έκπλυσης με τα στραγγιζόμενα νερά.

Οργανικό υλικό	% C	% N	C / N
Πριονίδι από πεύκο	50	0,05	600
Πριονίδι από φυλλοβόλα δέντρα	46	0,1	400
Άχυρα σιταριού	38	0,5	80
Υπολείμματα χαρτιού	54	0,9	61
Καλαμπόκι για ζωοτροφή	40	0,7	57
Υπολείμματα ζαχαροκάλαμου	40	0,8	50
Εδαφοκάλυψη με βρώμη	40	1,1	37
Μικροοργανισμοί εδάφους			
Βακτήρια	50	10	5
Ακτινομύκητες	50	8,5	6
Μύκητες	50	5	10

Εικόνα 1.4. Ποσοστά C , N και C/N σε οργανικά υλικά σε συνδυασμό με έδαφος (Φουκαράκη , 2005)

1.3. Οργανικά εδαφοβελτιωτικά

Τα τελευταία χρόνια η εντατικοποίηση της γεωργίας έχει ως αποτέλεσμα την ολοένα και μεγαλύτερη υποβάθμιση του εδάφους αλλά και μόλυνσής του από φυτοφάρμακα, την απώλεια οργανικής ύλης, την αυξημένη αλάτωση του εδάφους, την υπερχειλίση κ.ά. (Turpin *et al.* 2017). Έχει καταστεί έτσι αναγκαία η χρήση οργανικών λιπασμάτων και εδαφοβελτιωτικών έναντι των χημικών, καθώς πρόκειται για μια βιώσιμη στρατηγική που στοχεύει στην αποκατάσταση της γονιμότητας του εδάφους, την παραγωγή ασφαλών και υγιεινών τροφίμων και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Timsina, 2018). Ως οργανικό λίπασμα μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε ένα οργανικό υλικό φυσικής προέλευσης που είναι απαλλαγμένο από τοξικές ουσίες και παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι περιεκτικότητες των οργανικών λιπασμάτων σε θρεπτικά ποικίλλουν και εξαρτώνται από παράγοντες όπως η προέλευση της πρώτης ύλης και η επεξεργασία της (Αντωνοπούλου κ.ά., 2000). Στα οργανικά λιπάσματα λοιπόν, μπορούν να ενταχθούν οι **κοπριές αγροτικών ζώων (π.χ. πουλερικών)**, τα υγρά απεκκρίματα τους, τα χουμοποιημένα φυτικά υπολείμματα ή αλλιώς κομπόστες, η τύρφη αλλά και το **insect frass** ή αλλιώς υλικό εκτροφής εντόμων (Αντωνιάδης, 2021).

1.3.1. Insect frass

Όπως προαναφέρθηκε, το frass είναι ένα στερεό απόβλητο που εντάσσεται στα οργανικά υπολείμματα και πρόκειται επί της ουσίας για αποχωρήματα εντόμων. Αποτελεί προϊόν με υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας και πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά το οποίο έχει προκύψει μέσω πέψης. Αυτά τα πρόσθετα θρεπτικά που περιλαμβάνει μπορεί να δράσουν συμπληρωματικά ή ακόμα και να υποκαταστήσουν τα ανόργανα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε συμβατικές καλλιέργειες (Chavez & Uchanski, 2021).

Τα τελευταία χρόνια η χρήση του αποκτά ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον με αρκετές μελέτες να διερευνούν την επίδρασή του στην ανάπτυξη των φυτών και την γονιμότητα του εδάφους. Συγκεκριμένα, έρευνα που διεξήχθη από τους Κονάτςικ *et al.* (2010) σημειώνει ότι η εφαρμογή frass επηρεάζει θετικά την ανάπτυξη των φυτών του *Helianthus annulus* αυξάνοντας το στέλεχος, το πλάτος καθώς και την περιεκτικότητα των σπόρων του σε λίπος. Επίσης, έρευνα των Zhu *et al.* (2012), εστιάζοντας λεπτομερώς στην ποιότητα του frass, κατέληξε ότι παρόλο που τα επίπεδα θρεπτικών συστατικών του είναι αρκετά υψηλά και ενδείκνυνται για λίπανση, υπάρχει έλλειψη κατανόησης του τρόπου με τον οποίο το frass επηρεάζει πρακτικά τη γονιμότητα του εδάφους και την ανάπτυξη των φυτών.

Πολλά είδη εντόμων είναι διαθέσιμα για χρήση στην εντομοκαλλιέργεια, όμως ο τύπος των ειδών καθορίζει τα πιθανά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποστρώματα εντόμων καθώς και την αποτελεσματικότητα των ρυθμών μετατροπής της βιομάζας από το κάθε έντομο.

Βάσει του EFSA (2015), δηλαδή την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων, έχει δημοσιοποιηθεί ένας κατάλογος με είδη εντόμων των οποίων η χρήση είναι κατάλληλη ως τρόφιμα ή ζωοτροφές και άρα επιτρέπονται για τη παραγωγή frass. Ενδεικτικά παραθέτονται τα είδη :

Musca domestica, *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus*, *Alphitobus diaperinus*.

1.3.2. Chicken Manure

Οι ζωικές κοπριές σε γενικότερο πλαίσιο ήταν για πολλά χρόνια ο μοναδικός τρόπος βελτίωσης της γονιμότητας των εδαφών και ο πιο διαδεδομένος, αφού ως γνωστόν ενισχύει την οργανική ουσία του εδάφους, την γονιμότητα και την βιολογική του δραστηριότητα και παρέχει στα φυτά τα βασικά μακροθρεπτικά άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Η περιεκτικότητα της κοπριάς σε θρεπτικά συστατικά ποικίλλει ανάλογα με την πηγή, την περιεκτικότητα σε υγρασία, την αποθήκευση και τις μεθόδους χειρισμού της. Η περιεκτικότητα σε άζωτο στην κοπριά ποικίλλει ανάλογα με το είδος του ζώου και το σιτηρέσιο των ζωοτροφών, την ποσότητα απορριμμάτων και την ποσότητα των ούρων (Van Averbeke *et al.* , 2003).

Η κοπριά των πουλερικών είναι φτωχή σε υγρασία (περίπου 62%), πλούσια όμως σε θρεπτικά και επιδρά πολύ γρήγορα στα φυτά (Αντωνοπούλου, 2000). Η επίδρασή της δεν είναι πάντα ευνοϊκή για το έδαφος και το περιβάλλον, με κάποια δυσμενή συμπτώματα να είναι η συσσώρευση αλάτων, ο κίνδυνος καταστροφής της δομής του εδάφους, ο κίνδυνος νιτρορύπανσης αλλά και η πιθανή τοξικότητα. Πιο συγκεκριμένα σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε (Masarirambi *et al.*, 2012) αξιολογήθηκαν οι επιπτώσεις της κοπριάς πουλερικών στην χημική ουσία του εδάφους και στην απόδοση μιας καλλιέργειας σπανακιού. Προστέθηκε κοπριά σε ποσοστά εφαρμογής: 5, 10, 20 και 40% και καταγράφηκε πως η προσθήκη αυτής ανεξαρτήτως ποσοστού εφαρμογής δεν άλλαξε το pH , υποδηλώνοντας την ενδεχομένως υπορυθμιστική της ικανότητα. Τα αποτελέσματα για την ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν ήταν επίσης ενθαρρυντικά, αφού οι τιμές ήταν πάνω από το κρίσιμο επίπεδο αλατότητας (4 mS/cm) υποδεικνύοντας πιθανή απειλή για την παραγωγικότητα του εδάφους. Οι ανταλλάξιμες βάσεις αυξήθηκαν με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής, υποδηλώνοντας τα θετικά αποτελέσματα του chicken manure στην ενίσχυση της γονιμότητας του εδάφους. Παρομοίως σημαντική παρατηρήθηκε η αύξηση αζώτου και φωσφόρου μετά την προσθήκη chicken manure.

Η οργανική ουσία στις κοπριές

Η οργανική ουσία και οι συγκεντρώσεις της στις κοπριές μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό περιβαλλοντικό πόρο προς εκμετάλλευση, μόνο αν διαχειριστούν με τον ορθό τρόπο ειδικά μπορεί να θεωρηθούν ρύπος. Ο οργανικός άνθρακας βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στις κοπριές και αποτελεί βασική

πηγή ενέργειας αλλά και σταθεροποιητή της δομής του εδάφους. Πάραυτα, εάν η κοπριά με λάθος χειρισμούς καταλήξει σε ύδατα ή παρασυρθεί, η οργανική ουσία αποτελεί σοβαρό κίνδυνο της θαλάσσιας πανίδας.

Εφαρμογή και ενσωμάτωση της κοπριάς

Η προσθήκη της κοπριάς στον αγρό γίνεται συνήθως ανά 2 ή 3 χρόνια, συστήνονται συχνότερες και μικρότερες δόσεις. Η ενσωμάτωσή της πρέπει να γίνεται άμεσα, και το βάθος καθορίζεται από τον τύπο του εδάφους και το κλίμα που επικρατεί την δεδομένη στιγμή που γίνεται η προσθήκη. Στα βαριά εδάφη η κοπριά ενσωματώνεται σε πολύ μικρό βάθος (περίπου 5 με 10 cm.) ενώ σε αμμώδη σε λίγο μεγαλύτερο (της τάξης των 20 cm.). Σε πιο ξηρά κλίματα καταγράφονται και σχετικά πιο μεγάλα βάθη ενσωμάτωσης (Αντωνοπούλου κ.α. 2000).

1.4. Σκοπός της εργασίας

Στο ολοένα και αυξανόμενο ενδιαφέρον που αποκτά η χρήση οργανικών εδαφοβελτιωτικών στηρίζεται και η παρούσα εργασία που στοχεύει στη μελέτη του insect frass και του chicken manure και στην επίδραση που αυτά έχουν στα μακροθρεπτικά του εδάφους που έχει επωαστεί εργαστηριακά. Έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση πληροφοριών για τα μακροθρεπτικά άζωτο, φώσφορο και κάλιο αλλά και για την οργανική ουσία, τις πρωταρχικές μορφές που την συναντάμε και τον ρόλο της στη γονιμότητα των εδαφών. Επίσης έγινε σχολαστική μελέτη για τα δύο οργανικά εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν, και καταγράφηκαν τόσο τα οφέλη όσο και τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους. Γίνεται βέβαια αντιληπτή η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη των εδαφοβελτιωτικών και εφαρμογή τους σε καλλιέργειες μεγάλων εκτάσεων για να εκτιμηθεί σωστότερα η επίδραση τους στη γονιμότητα του εδάφους και την ανάπτυξη των φυτών.

Κεφάλαιο 2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Πειραματικός σχεδιασμός

Τα πειράματα επώασης με τα δύο διαφορετικά οργανικά εδαφοβελτιωτικά είχαν διάρκεια 90 ημέρες το κάθε ένα και πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του τμήματος. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι εδάφους στο κάθε πείραμα, ένα από το αγρόκτημα του Πανεπιστημίου στο Βελεστίνο (έδαφος μέσης σύστασης) και το δεύτερο από επιχωματώσεις του Πηνειού στη Λάρισα (αμμώδες).

Στο πρώτο πείραμα με πρώτη δειγματοληψία τον Νοέμβριο του 2022 και τελευταία τον Φλεβάρη του 2023 χρησιμοποιήθηκε το εδαφοβελτιωτικό insect frass του οποίου η εφαρμογή έγινε σε 5 διαφορετικές συγκεντρώσεις σε εδάφη και των 2 τύπων. Αντίστοιχα το δεύτερο πείραμα, από τον Ιούνιο έως και τον Σεπτέμβρη του 2023 αφορούσε την προσθήκη chicken manure σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις εξίσου στο αμμώδες έδαφος και σε αυτό του Βελεστίνου.

2.2. Πειράματα επώασης

Τα εδάφη αφού παραλήφθηκαν και αεροξηράνθηκαν, κοσκινίστηκαν με σκοπό να απομακρυνθούν τα ξένα σώματα και να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο κάθε πείραμα.

Οι μεταχειρίσεις για το insect frass ήταν 5 και για τους 2 τύπους εδάφους με την κάθε μεταχείριση να έχει 3 επαναλήψεις.

- Control-μάρτυρας Βελεστίνου: 100g εδάφους χωρίς προσθήκη frass
- Insect frass 0,25%-Βελεστίνο: 0,25g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 0,50%-Βελεστίνο: 0,5g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 0,75% -Βελεστίνο: 0,75g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 1% -Βελεστίνο: 1g frass σε 100g εδάφους
- Control-μάρτυρας χωραφιού: 100g εδάφους χωρίς προσθήκη frass
- Insect frass 0,25%-χωράφι: 0,25g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 0,50%-χωράφι: 0,5g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 0,75%-χωράφι: 0,75g frass σε 100g εδάφους
- Insect frass 1%-χωράφι: 1g frass σε 100g εδάφους

Σε σακουλάκια αριθμημένα ανάλογα την μεταχείριση και τον αριθμό της επανάληψης τοποθετήθηκαν 100 g εδάφους και ενσωματώθηκε ομοιογενώς ποσότητα frass ανάλογη της μεταχείρισης. Προστέθηκε και ελάχιστο απιονισμένο νερό διάσπαρτα στο μείγμα. Καταγράφηκε το συνολικό βάρος και η υγρασία διατηρούνταν σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος με ζύγιση και αναπλήρωση της διαφοράς με απιονισμένο νερό όπου και όσο ήταν απαραίτητο. Τα σακουλάκια τοποθετήθηκαν (χωρίς να είναι εντελώς κλειστά) σε θερμοθάλαμο με σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και το έδαφος επώαστηκε για 90 ημέρες.

Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες την 1^η, 10^η, 20^η, 40^η, 60^η και 90^η μέρα, μετά από ανάμειξη του μείγματος. Ακολουθούσαν εκχυλίσσεις και προσδιορισμός των παρακάτω:

- Νιτρικών ($\text{NO}_3\text{-N}$)
- Ανταλλάξιμου K^+
- Φωσφόρου με τη μέθοδο Olsen

Προσδιορισμός των παραπάνω πραγματοποιήθηκε και στις 6 δειγματοληψίες ενώ μόνο στην αρχή(δηλ. ημέρα 1^η) και στο τέλος (ημέρα 90^η) γίνανε οι μετρήσεις:

- pH
- ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C)
- Οργανικής ουσίας με υγρή οξείδωση

Οι μεταχειρίσεις για το **chicken manure** ήταν 3 και για τα 2 εδάφη με την κάθε μεταχείριση να έχει 3 επαναλήψεις.

- Control-μάρτυρας Βελεστίνου: 100g εδάφους χωρίς προσθήκη chicken manure
- Chicken manure 2,5% -Βελεστίνo: 2,5g chicken manure σε 100g εδάφους
- Chicken manure 5% -Βελεστίνo: 5g chicken manure σε 100g εδάφους
- Control-μάρτυρας χωραφιού: 100g εδάφους χωρίς προσθήκη chicken manure
- Chicken manure 2,5% -χωράφι: 2,5g chicken manure σε 100g εδάφους
- Chicken manure 5% -χωράφι: 5g chicken manure σε 100g εδάφους

Ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία με το insect frass και την επώαση του εδάφους. Σε αριθμημένα σακουλάκια τοποθετήθηκαν 100 g εδάφους και ενσωματώθηκε η ανάλογη ποσότητα του chicken manure. Προστέθηκε υγρασία και τα σακουλάκια τοποθετήθηκαν στον θερμοθάλαμο για 90 ημέρες.

Προσδιορισμός των νιτρικών, του καλίου και του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε και στις 6 δειγματοληψίες ενώ μόνο στην αρχή και στο τέλος γίνανε οι καταμετρήσεις pH, E.C και οργανικής ουσίας.

2.3. Μέθοδοι Ανάλυσης

Οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας της σχολής. Ακολουθήθηκαν οι ίδιες ακριβώς μέθοδοι με τα ίδια ζυγίσματα τόσο για τους προσδιορισμούς του insect frass όσο και για το chicken manure. Οι μέθοδοι με τα σκεύη και τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν καταγράφονται παρακάτω.

2.3.1. Μέτρηση pH

Ζυγίστηκαν επακριβώς 10 g εδάφους (3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση) σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL. Προστέθηκαν 25 mL απιονισμένου νερού και ακολούθησε ανακίνηση των δειγμάτων στον ανακινητήρα για περίπου 10 min. Έπειτα τα δείγματα αφέθηκαν στην ηρεμία για τουλάχιστον 30 min. Η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό πεχάμετρο. Οι τιμές λήφθηκαν με την εμβάπτιση του ηλεκτροδίου του πεχάμετρου σε κάθε διάλυμα, φροντίζοντας η οπή του ηλεκτροδίου να βρίσκεται στο επίπεδο του υπερκείμενου διαλύματος και όχι στο ίζημα. Μεταξύ των μετρήσεων μεσολαβούσε ξέπλυμα του ηλεκτροδίου με απιονισμένο νερό και προσεκτικό σκούπισμα με χαρτί.

2.3.2. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C)

Αντιστοίχως με την μέτρηση του pH, για την E.C ζυγίστηκαν επακριβώς 10 g εδάφους σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL (3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση). Ακολούθησε η προσθήκη 50 mL απιονισμένου νερού σε κάθε falcon και αφού σφραγίστηκαν, τοποθετήθηκαν στον ανακινητήρα για 20 min. Η τιμή της E.C για κάθε δείγμα λήφθηκε με την εμβάπτιση του ηλεκτροδίου του αγωγιμόμετρου σε κάθε διάλυμα για συγκεκριμένο χρόνο (5 min) μέχρι να σταθεροποιηθεί εντελώς η τιμή η οποία και καταγραφόταν. Σε ορισμένα δείγματα η μέτρηση επαναλήφθηκε γιατί η αρχική τιμή ήταν πολύ υψηλή.

2.3.3. Μέτρηση οργανικής ουσίας

Η μέτρηση της οργανικής ουσίας έγινε με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης. Ζυγίστηκαν επακριβώς 0,5 g εδάφους (3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση) σε ποτήρια ζέσεως των 50 mL. Προστέθηκαν 10 mL $K_2Cr_2O_7$ (0,166 M) και 10 mL πυκνού H_2SO_4 . Τα δείγματα αφέθηκαν για 30 min στην απαγωγό εστία για να πραγματοποιηθεί η οξείδωση της οργανικής ουσίας και έπειτα έγινε η διήθηση των αιωρημάτων μέσω γρήγορων διηθητικών χαρτιών σε κωνικές φιάλες των 500 mL με την προσθήκη 200 mL νερού. Με το πέρας της διήθησης προστέθηκαν και 10 mL πυκνού H_3PO_4 στο διήθημα. Ακολούθησε η διαδικασία της ογκομέτρησης, αφού πρώτα προστέθηκαν στις κωνικές φιάλες με τα δείγματα 5 σταγόνες του δείκτη διφαινυλαμίνης και στην προχοΐδα διάλυμα $FeSO_4$ (0,5 M).

Κάθε διάλυμα είχε αρχικά σκούρο καφέ χρώμα, το οποίο λίγο πριν το τέλος της ογκομέτρησης μεταχρωματίστηκε σε έντονο βαθύ μπλε και τελικά σε πράσινο petrol (ισοδύναμο σημείο), το οποίο ήταν και το τελικό χρώμα που έλαβε με το τέλος της ογκομέτρησης.

Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε πρώτα σε δείγμα-μάρτυρα (το λεγόμενο λευκό), στο οποίο τοποθετήθηκαν όλα τα παραπάνω αντιδραστήρια χωρίς όμως το έδαφος. Το λευκό αποτελεί δείγμα για το χρώμα του 'ισοδύναμου σημείου'.

Ο υπολογισμός της οργανικής ουσίας προκύπτει από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$OC \% = 0,195 \cdot (B-A) / \Gamma \text{ και}$$

$$OM = OC / 0,58$$

A: τα mL FeSO_4 που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος

B: τα mL FeSO_4 που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση του λευκού δείγματος

Γ: τα αρχικά g κάθε δείγματος εδάφους

2.3.4. Μέτρηση νιτρικών

Η μέτρηση των νιτρικών του εδάφους ξεκίνησε με τη διαδικασία της εκχύλισης. Ζυγίστηκαν επακριβώς 2 g εδάφους σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL (3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση) και προστέθηκαν 20 mL $\text{KCL}(2M)$. Ακολούθησε ανακίνηση στον ανακινητήρα για 60 min και έπειτα διήθηση. Για τη μέτρηση των νιτρικών έπρεπε να δημιουργηθούν και τα standard δείγματα. Αρχικά ζυγίστηκαν 0,7216 g KNO_3 σε 1 L απιονισμένου νερού για τη δημιουργία stock διαλύματος 1000 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$. Για τη δημιουργία διαλύματος 10 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$, πάρθηκε ποσότητα 10 mL από το stock διάλυμα, η οποία αραιώθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL. Έπειτα, δημιουργήθηκαν τα standard δείγματα των νιτρικών με την προσθήκη διαφορετικών ποσοτήτων διαλύματος 10 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ σε ογκομετρικές φιάλες. Αναλυτικότερα, προστέθηκαν 0, 1, 2, 3, 7, 10, 15 mL διαλύματος 10 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL και ακολούθησε πλήρωση κάθε ογκομετρικής φιάλης έως τη χαραγή με $\text{KCl}(2M)$. Τα standard διαλύματα που προέκυψαν είχαν συγκεντρώσεις : 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.7, 1 και 1.5 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$. Έως ότου χρησιμοποιηθούν έπρεπε να διατηρηθούν στο ψυγείο. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του εκχυλίσματος των standard διαλυμάτων, χωρίς ανάπτυξη χρώματος, στο φασματοφωτόμετρο στα 210 nm και 270 nm. Για τον σχεδιασμό της καμπύλης βαθμονόμησης, έγινε καταγραφή των τιμών από το φασματοφωτόμετρο στα δύο μήκη κύματος και κατόπιν ο υπολογισμός της μεταξύ τους αριθμητικής διαφοράς. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όλα τα δείγματα. Για τη μέτρηση των δειγμάτων στο φασματοφωτόμετρο, έγινε αραιώση των δειγμάτων 5 φορές.

2.3.5. Μέτρηση φωσφόρου (P)

Ακολουθήθηκε η μέθοδος Olsen. Ζυγίστηκε επακριβώς 1 g εδάφους (3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση) σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 mL και σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 20 mL NaHCO_3 (0,5 M). Ακολούθησε ήπια ανακίνηση των δειγμάτων αρχικά με το χέρι και στη συνέχεια στον ανακινητήρα για 30 min. Έπειτα πραγματοποιήθηκε διήθηση με αργά διηθητικά χαρτιά και προέκυψαν τα εκχυλίσματα. Αν το εκχύλισμα δεν ήταν διαυγές η διαδικασία επαναλήφθηκε.

Για την ανάπτυξη του χρώματος στα παραπάνω δείγματα λήφθηκαν αρχικά 5 mL από κάθε εκχύλισμα και τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 25 mL. Έγινε ρύθμιση του pH στην τιμή 5-5,5 με την προσθήκη μερικών σταγόνων του δείκτη p-nitrophenol και έπειτα προστέθηκαν 2,5 mL ασκορβικού οξέος σε κάθε φιάλη. Ακολούθησε πλήρωση με νερό μέχρι τη χαραγή σε όλα τα δείγματα. Μετά από κάποια ώρα παρατηρήθηκε χαρακτηριστική ανάπτυξη κυανού χρώματος.

Για την ανάπτυξη χρώματος στα standard δείγματα χρησιμοποιήθηκαν επίσης ογκομετρικές φιάλες των 25 mL. Προστέθηκαν σε 6 διαφορετικές φιάλες 0 , 0.5 , 1 , 2 , 4 , 6 mL διαλύματος 5 ppm P διαδοχικά στις 6 φιάλες. Πιο αναλυτικά,

- Στην πρώτη φιάλη προστέθηκε 0 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 0 ppm.
- Στην δεύτερη φιάλη προστέθηκαν 0,5 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 0,1 ppm.
- Στην τρίτη φιάλη προστέθηκαν 1 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 0,2 ppm .
- Στην τέταρτη φιάλη προστέθηκαν 2 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 0,4 ppm .
- Στην πέμπτη φιάλη προστέθηκαν 4 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 0,8 ppm .
- Στη έκτη φιάλη προστέθηκαν 6 mL διαλύματος 5 ppm P και το πρότυπο διάλυμα είχε τελική συγκέντρωση P 1,2 ppm.

Έγινε και εδώ ρύθμιση του pH στην τιμή 5-5,5 με την προσθήκη του δείκτη p-nitrophenol και έπειτα προστέθηκαν 2,5 mL ασκορβικού οξέος σε κάθε φιάλη. Ακολούθησε πλήρωση με νερό μέχρι τη χαραγή σε όλα τα standard δείγματα. Για την ανάπτυξη του χρώματος αφέθηκαν 30 min. Με τον P που μετριέται από αυτά τα standard δείγματα προκύπτει η καμπύλη βαθμονόμησης από όπου υπολογίζεται η συγκέντρωση του φωσφόρου στα εκχυλίσματα. Όλα τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση του φωσφόρου.

2.3.6. Μέτρηση ανταλλάξιμου K

Για τον προσδιορισμό του ανταλλάξιμου καλίου ζυγίστηκαν επακριβώς 2 g εδάφους σε πλαστικά μπουκαλάκια τύπου falcon (για όλες τις επαναλήψεις κάθε μεταχείρισης) και προστέθηκαν 20 mL $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (1 M). Έγινε αρχικά μια ήπια ανακίνηση των δειγμάτων με το χέρι και έπειτα τοποθετήθηκαν στον ανακινητήρα σε οριζόντια θέση για 60 min. Ακολούθησε διήθηση των δειγμάτων και αραίωσή τους κατά 10 φορές προκειμένου να μετρηθεί το K. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο φλωγοφωτόμετρο. Το ανταλλάξιμο κάλιο υπολογίστηκε από τον τύπο:

$\text{K, cmolc kg}^{-1} \text{ εδάφους} = (\text{mL διαλύματος με το οποίο έγινε η διήθηση} * \text{φορές αραίωσης του διηθήματος} / 391) * (\text{A} / \text{B})$ όπου

A: ppm διηθήματος

B: βάρος εδάφους σε g

2.4. Στατιστική επεξεργασία

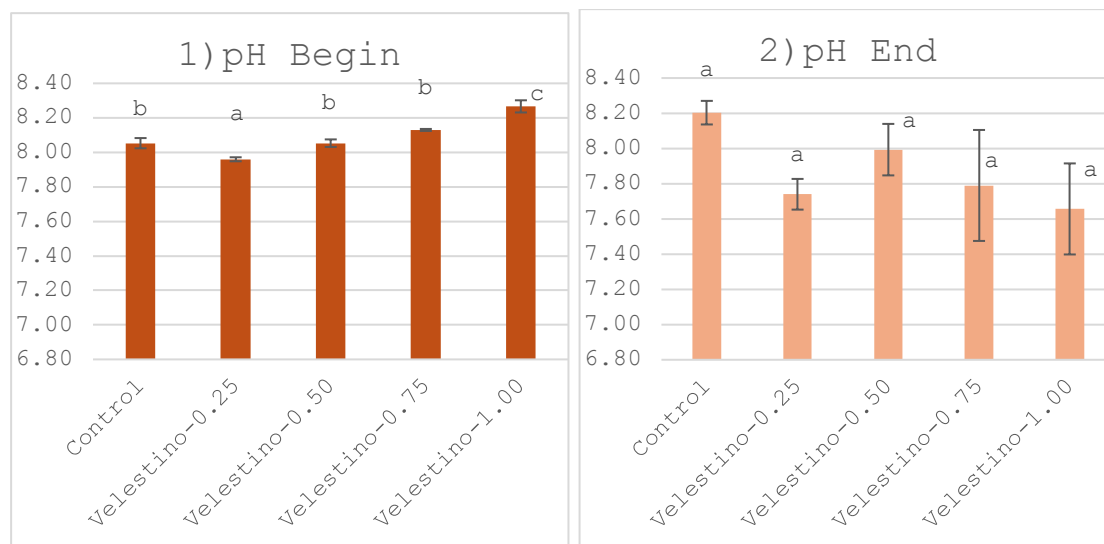
Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics. Τα πειραματικά δεδομένα καταγράφηκαν λεπτομερώς στο Microsoft Excel και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι τους και τα στάνταρ σφάλματα (Standard Error) για τις επαναλήψεις των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Στη συνέχεια στο πρόγραμμα SPSS πραγματοποιήθηκε η ανάλυση διασποράς με έναν παράγοντα (one-way ANOVA) και η Post Hoc analysis κατά Duncan με στόχο την εύρεση ή μη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς μεταξύ των τιμών. Για $p < 0.05$ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά και ο παράγοντας του significance αυτού προστίθεται στα δεδομένα στο Excel.

Τέλος τα πειραματικά δεδομένα παρουσιάστηκαν σε γραφήματα ράβδων στα οποία προστέθηκε το significance και η μπάρα του τυπικού σφάλματος για τις επαναλήψεις της κάθε μεταχείρισης και παρουσιάζονται παρακάτω.

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα-Συζήτηση

3.1. Αποτελέσματα μετρήσεων εδάφους με την προσθήκη insect frass

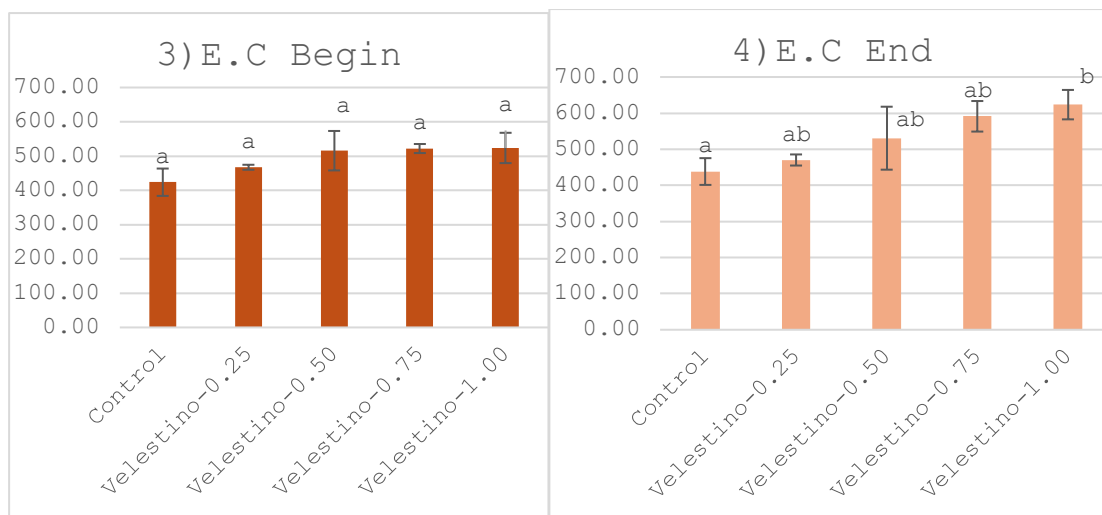
3.1.1. Έδαφος Βελεστίνου



Σχήματα 1, 2 : Αρχικές και τελικές τιμές pH για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass (frass 0%) , Velesitino-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass , Velesitino-0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass , Velesitino-0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass , Velesitino-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass . Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές pH .

Στην κορυφή των ράβδων έχουν προστεθεί γράμματα τα οποία έχουν προκύψει από την ανάλυση Post Hoc του SPSS. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των μεταχειρίσεων υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους.

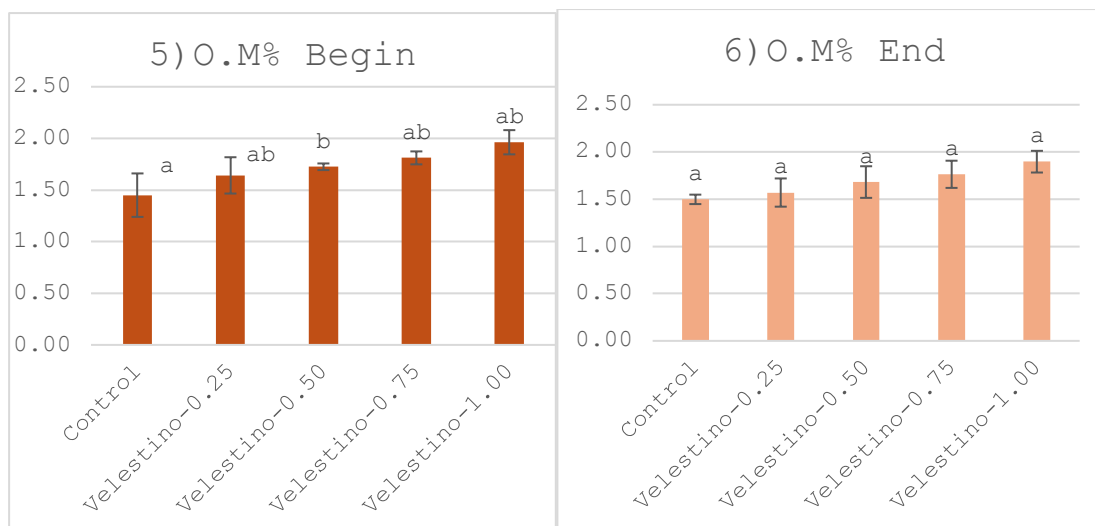
Οι αρχικές τιμές του pH κυμαίνονται σε ελαφρώς αλκαλικά επίπεδα από 7.96 έως και 8.27, και καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Υψηλότερη τιμή παίρνει η τελευταία μεταχείριση με 1% frass και χαμηλότερη η δεύτερη με 0.25% frass. Οι τελικές τιμές από την άλλη, οι οποίες δε σημειώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, κυμαίνονται σε αλκαλικά επίπεδα παρομοίως με τις αρχικές. Μεγαλύτερη τιμή και μεγαλύτερη αύξηση καταγράφει η μεταχείριση 0% frass με το pH να φτάνει το 8.2. Μεγαλύτερη μείωση καταγράφει η τελευταία μεταχείριση με 1% frass, όπου το pH από 8.27 έπεσε στο 7.66. Όλες οι μεταχειρίσεις στις οποίες υπήρξε προσθήκη του εδαφοβελτιωτικού κατέγραψαν μείωση στο pH τους, παρατήρηση που ήταν η θεωρητικά αναμενόμενη καθώς η προσθήκη οργανικής ύλης στο έδαφος προκαλεί μείωση στο pH του. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Houben *et al.* (2020), η προσθήκη insect frass μειώνει αισθητά το pH του εδάφους πιθανότατα λόγω της ελαφρώς όξινης φύσης του.



Σχήματα 3, 4 : Αρχικές και τελικές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C) για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass(frass 0%) , Velestino-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass , Velestino-0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass , Velestino-0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass, Velestino-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές της αγωγιμότητας εκφρασμένες σε μS/cm.

Παρατηρείται στις αρχικές τιμές πως όσο αυξάνεται η ποσότητα του frass στις μεταχειρίσεις τόσο αυξάνεται και η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με την τελευταία μεταχείριση και το μεγαλύτερο ποσοστό frass να αποκτά και την υψηλότερη τιμή. Αύξηση της αγωγιμότητάς τους κατέγραψαν όλες οι μεταχειρίσεις με την μεγαλύτερη αύξηση να σημειώνει η μεταχείριση 1% frass. Όλες οι τιμές της E.C που καταγράφηκαν ήταν εντός ανεκτών ορίων (<800 μS/cm). Επίσης, ως ένα μέτρο προσδιορισμού της αλατότητας του εδάφους, η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 2000μS/cm προκειμένου να μη θεωρηθεί το έδαφος αλατούχο (Smith &Doran ,1997). Το έδαφος του βελεστίνου λοιπόν δεν υπερβαίνει αυτή τη τιμή.

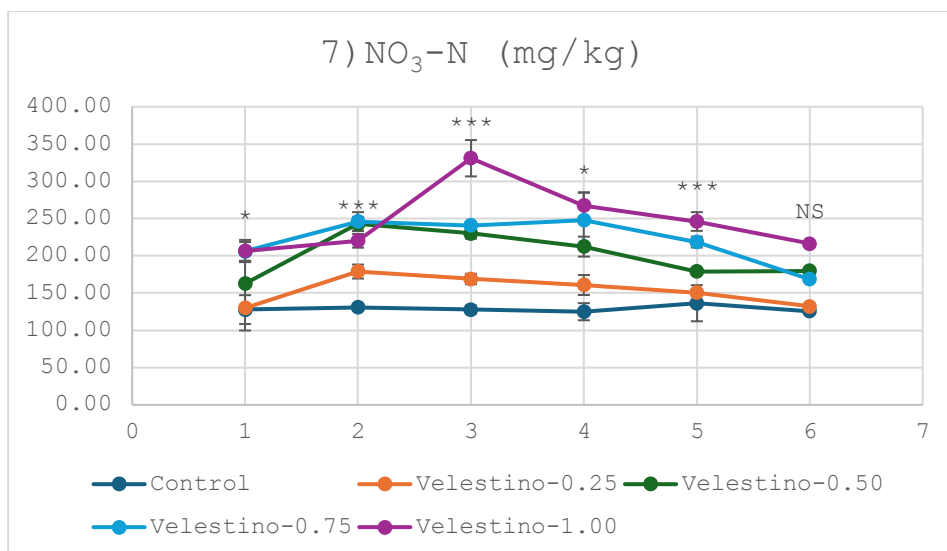
Η αύξηση στις τιμές της E.C είναι αναμενόμενη αφού όλοι οι τύποι insect frass χαρακτηρίζονται από αισθητά υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας (Watson *et al.*,2021).



Σχήματα 5, 6 : Αρχικές και τελικές τιμές οργανικής ουσίας (O.M) για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass (frass 0%) , Velestino-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass , Velestino-0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass , Velestino-0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass , Velestino-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης της οργανικής ουσίας σε ποσοστό %.

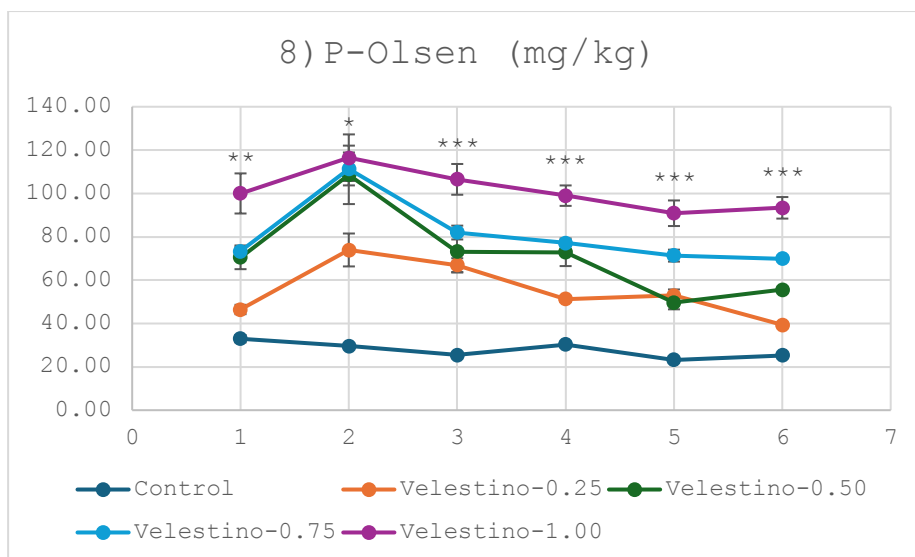
Από τις αρχικές μετρήσεις καταγράφεται πως όσο αυξάνεται η προστιθέμενη ποσότητα του frass τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας, με την μεγαλύτερη τιμή να ανήκει στην τελευταία μεταχείριση. Παρ' όλα αυτά οι συγκεντρώσεις δεν αυξήθηκαν με το πέρασμα του χρόνου, αφού πλην της 1^{ης} μεταχείρισης-control όλες οι υπόλοιπες κατέγραψαν μια μικρή μείωση. Οι τελικές τιμές δε σημειώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μεγαλύτερη τελική συγκέντρωση οργανικής ουσίας σημειώνει η μεταχείριση με 1% frass.

Γενικά η περιεκτικότητα του insect frass σε θρεπτικά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διατροφή των εντόμων (Watson *et al.*, 2021). Τα εδαφοβλετιωτικά όμως insect frass και chicken manure περιέχουν μεγάλες ποσότητες C οι οποίες απελευθερώνονται στο περιβάλλον έπειτα από τη μικροβιακή τους αποικοδόμηση (Kagata & Ohgushi 2011), γεγονός που τα καθιστά σημαντικές πηγές οργανικής ουσίας. Λογικό αποτέλεσμα θα ήταν να παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης, όμως εάν το χρονικό διάστημα της επώασης ήταν μεγαλύτερο ενδέχεται κάτι τέτοιο να παρατηρούνταν.



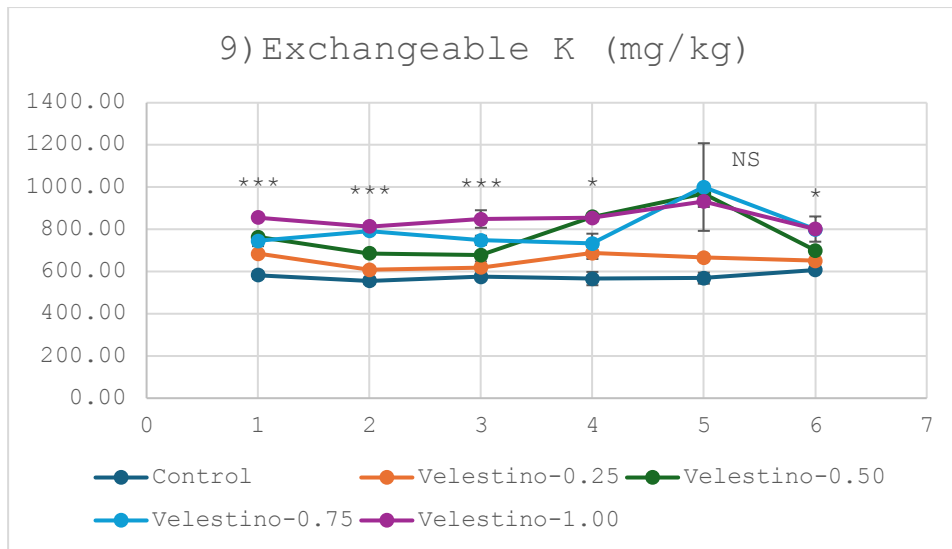
Σχήμα 7 : Τιμές συγκέντρωσης των νιτρικών του εδάφους (NO₃-N) για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0. , 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10. , 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις των νιτρικών (day 0.) παρατηρείται σχετική αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του frass. Η μεταχείριση-control μεταξύ των δειγματοληψιών σημείωσε κάποιες αυξομειώσεις (μέγιστη τιμή στο day60.) αλλά η τελική της τιμή ήταν ελάχιστη υψηλότερη από την αρχική. Στις μεταχειρίσεις με τις προσθήκες frass, ενδιαφέρον παρουσιάζει η 5^η μεταχείριση όπου ενώ κατέγραψε κορύφωση της τιμής της στην τρίτη δειγματοληψία έπειτα μειώθηκε με την τελική της τιμή είναι πολύ κοντά στην αρχική. Οι μεταχειρίσεις με 0.25% και 0.5% frass(2^η και 3^η) σημείωσαν κάποιες αυξομειώσεις και οι τελικές τους τιμές ήταν ελάχιστες αυξημένες από τις αρχικές, ενώ η μεταχείριση με 0.75% frass κατέγραψε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση των νιτρικών της.



Σχήμα 8 : Τιμές συγκέντρωσης του φωσφόρου (P) στο έδαφος για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0. , 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10. , 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40. , 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60. , 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης του φωσφόρου.

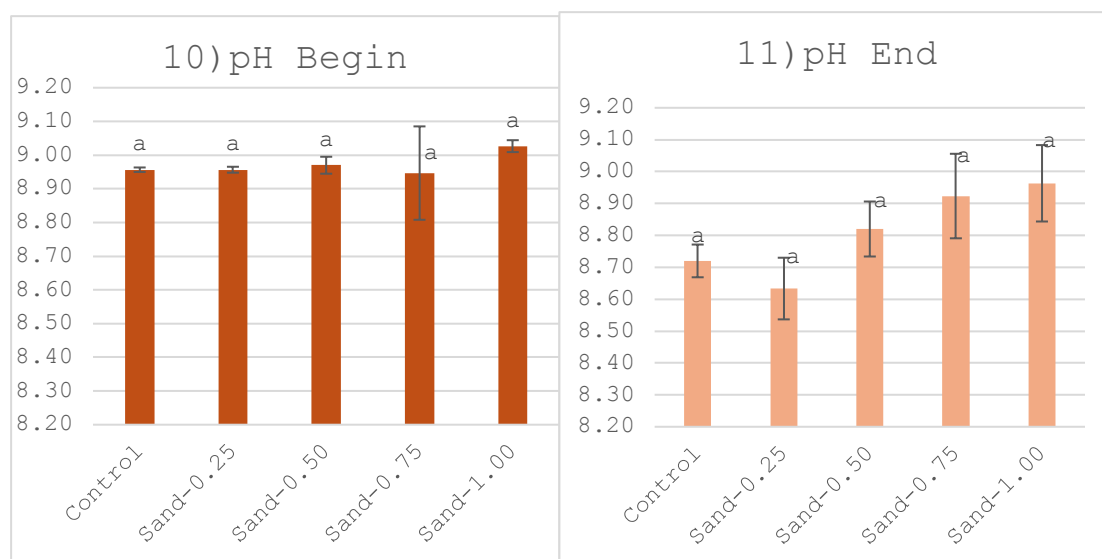
Στις αρχικές συγκεντρώσεις του φωσφόρου (day 0.) παρατηρείται αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του frass. Η μεταχείριση-control μεταξύ των δειγματοληψιών σημείωσε κάποιες αυξομειώσεις αλλά η τελική της τιμή ήταν μικρότερη από την αρχική. Στις μεταχειρίσεις με τις προσθήκες frass, παρόλο που στη δεύτερη δειγματοληψία σημειώνουν όλες κορύφωση εν τέλει η συγκέντρωση του φωσφόρου μειώθηκε σε όλες σε σχέση με την αρχική.



Σχήμα 9 : Τιμές συγκέντρωσης καλίου (K) του εδάφους για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0. , 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10. , 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40. , 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60. , 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης καλίου.

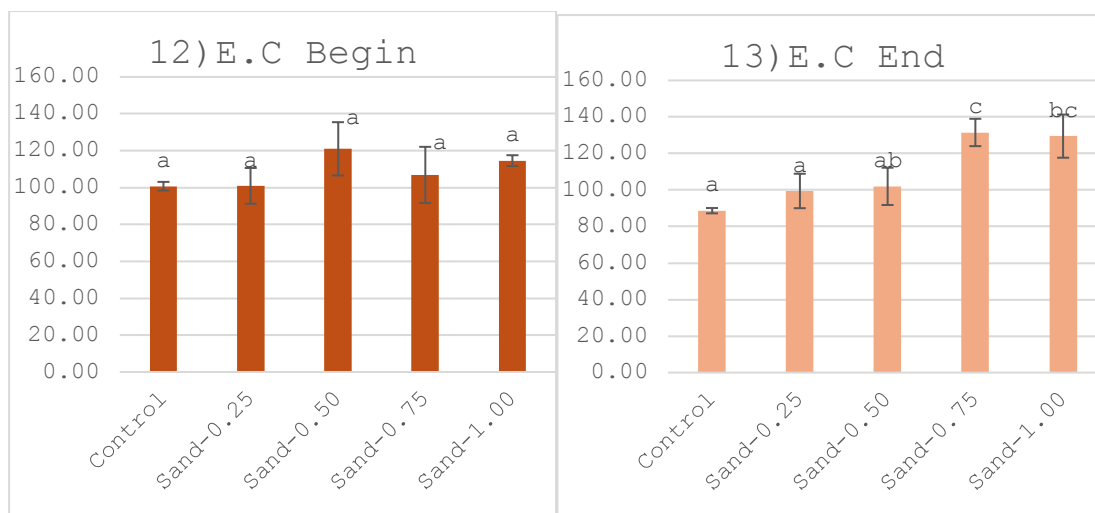
Στις αρχικές συγκεντρώσεις του καλίου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται σχετική αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του frass. Η μεταχείριση-control μεταξύ των δειγματοληψιών σημείωσε κάποιες αυξομειώσεις αλλά η τελική της τιμή ήταν αρκετά υψηλότερη από την αρχική. Στις μεταχειρίσεις με τις προσθήκες frass, η 2^η και η 5^η μείωσαν ελαφρά την συγκέντρωση του ανταλλάξιμου καλίου τους ενώ οι άλλες δυο την αύξησαν. Δεν παρατηρείται ομοιομορφία στα αποτελέσματα των μεταχειρίσεων και άρα δεν μπορεί να προκύψει ξεκάθαρο αποτέλεσμα για την επίδραση που άσκησε το εδαφοβελτιωτικό frass στην συγκέντρωση του καλίου αλλά και για τις συγκεντρώσεις καλίου που διαθέτει το ίδιο το εδαφοβελτιωτικό. Από διάφορες μελέτες, είναι γνωστό ότι η περιεκτικότητα των διάφορων λιπασμάτων frass σε K εξαρτάται άμεσα από τα είδη των εντόμων από τα οποία αυτό προέρχεται (Beesigamukama *et al.*, 2022).

3.1.2. Έδαφος Λαρίσης (αμμώδες)



Σχήματα 10,11 : Αρχικές και τελικές τιμές pH για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass(frass 0%) , Sand-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass, Sand-0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass , Sand-0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass , Sand-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές pH .

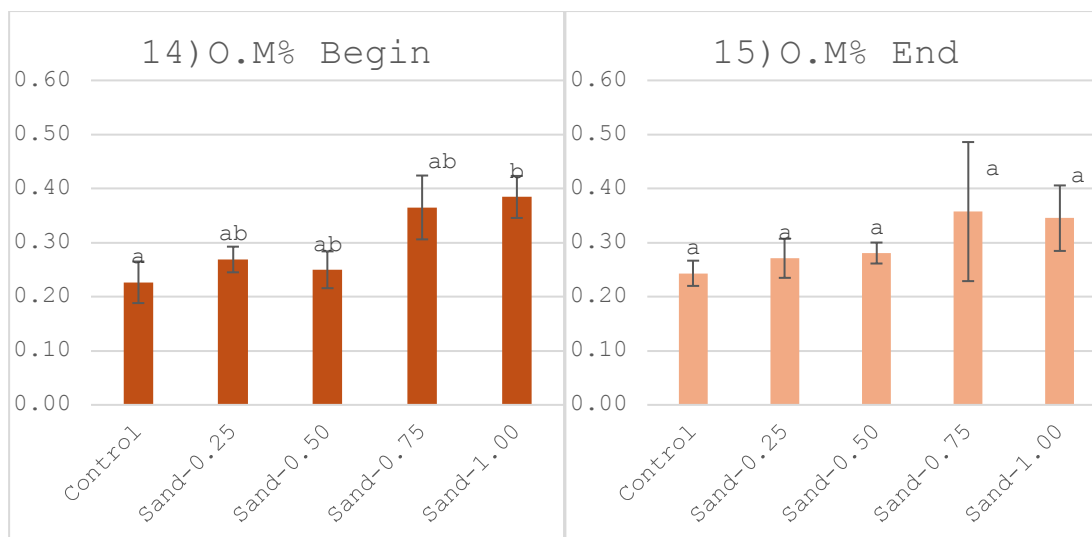
Εδώ οι αρχικές τιμές του pH κυμαίνονται σε αλκαλικά επίπεδα από 8.97 έως και 9.03, δεν σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων. Υψηλότερη τιμή παίρνει η τελευταία μεταχείριση με την προσθήκη 1% frass, έχοντας παρ' αυτά ελάχιστη διαφορά από τις υπόλοιπες. Στις τελικές τιμές στις οποίες επίσης δε σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές, όλες οι μεταχειρίσεις κατέγραψαν ελάχιστη μείωση στο pH τους. Αντιστοίχως με ότι ειπώθηκε για το έδαφος του Βελεστίνου, η προσθήκη του insect frass μείωσε ελαφρώς το pH του εδάφους λόγω της ελαφρώς όξινης φύσης του και της ταχείας αποσύνθεσής του που συνεπάγεται την παραγωγή CO₂ και οργανικών οξέων (Houben *et al.*, 2020). Σε συμφωνία επομένως με τις προηγούμενες έρευνες έρχονται αυτά τα αποτελέσματα.



Σχήματα 12, 13 : Αρχικές και τελικές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C) για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass(frass 0%), Sand-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass, Sand-0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass, Sand-0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass, Sand-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εκφρασμένες σε $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Παρατηρείται στις αρχικές τιμές πως η αύξηση της ποσότητας του frass αυξάνει στις περισσότερες μεταχειρίσεις την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, χωρίς να σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η τρίτη μεταχείριση αποκτά την υψηλότερη αρχική τιμή. Αύξηση της αγωγιμότητάς τους κατέγραψαν μόνο η 3^η και η 4^η μεταχείριση με 0.75% και 1% frass. Οι control, 0.25% και 0.5% frass σημείωσαν μείωση και υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών. Όλες οι τιμές της E.C που καταγράφηκαν ήταν εντός ανεκτών ορίων ($<800 \mu\text{S}/\text{cm}$). Επίσης, ως ένα μέτρο προσδιορισμού της αλατότητας του εδάφους, η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε θα πρέπει να ξεπερνά τα $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ προκειμένου να μη θεωρηθεί το έδαφος αλατούχο (Smith & Doran, 1997). Το έδαφος της Λάρισας λοιπόν δεν υπερβαίνει αυτή τη τιμή.

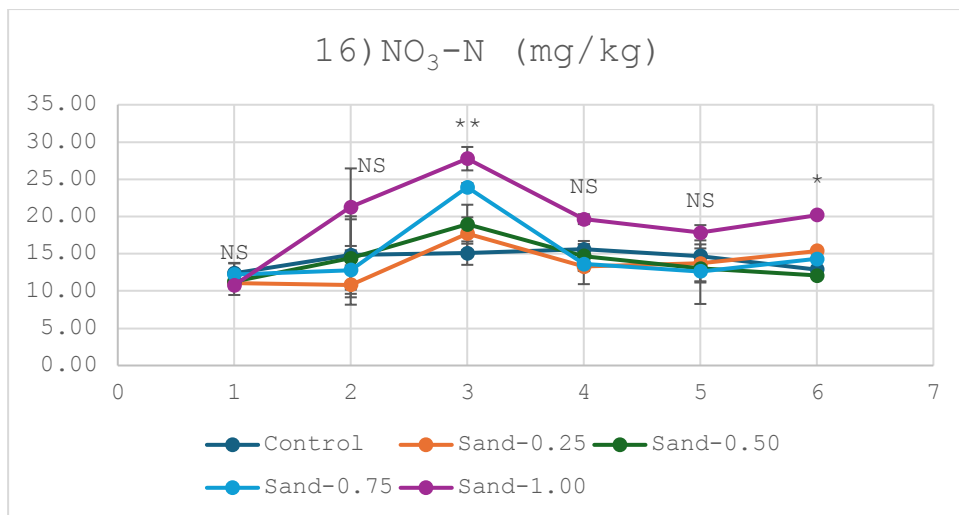
Οι μειώσεις των τιμών σε μερικές μεταχειρίσεις δεν είναι το αναμενόμενο αποτέλεσμα βάσει των Watson *et al.* (2021).



Σχήματα 14, 15 : Αρχικές και τελικές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας (O.M) για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη frass(frass 0%), Sand-0.25 = έδαφος με προσθήκη 0.25% frass, Sand- 0.50= έδαφος με προσθήκη 0.5% frass, Sand- 0.75= έδαφος με προσθήκη 0.75% frass, Sand-1.00 = έδαφος με προσθήκη 1% frass. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης οργανικής ουσίας σε ποσοστό %.

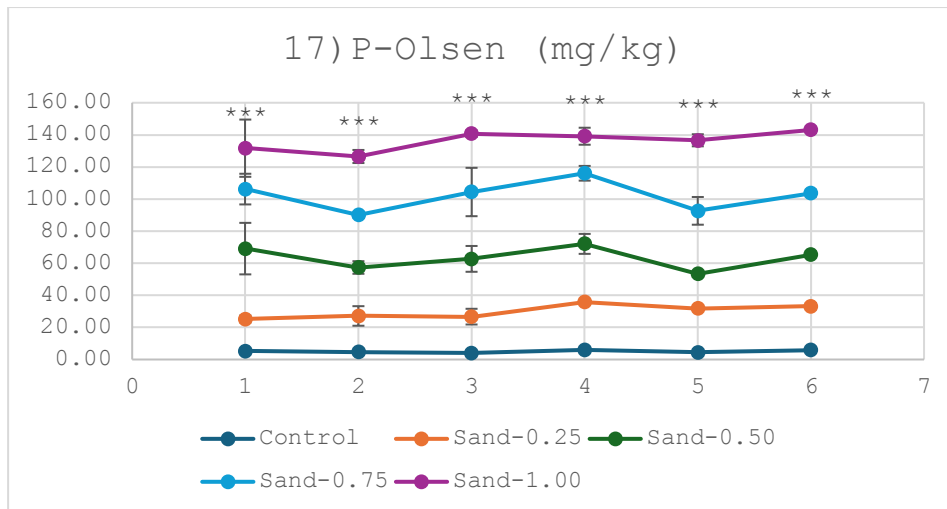
Από τις αρχικές μετρήσεις καταγράφεται πως όσο αυξάνεται η προστιθέμενη ποσότητα του frass τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας στις περισσότερες μεταχειρίσεις, με την μεγαλύτερη τιμή να ανήκει στην τελευταία μεταχείριση. Από τις τελικές συγκεντρώσεις παρατηρείται μια γενικότερη σταθεροποίηση και δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η 2^η μεταχείριση με 0.25% frass έμεινε στα ίδια ακριβώς επίπεδα, η μεταχείριση control και η 3^η μεταχείριση είχαν μια ελάχιστη αύξηση ενώ η 4^η και 5^η μεταχείριση κατέγραψαν μικρή μείωση. Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας στο έδαφος του Βελεστίνου, εδώ καταγράφονται πολύ μικρότερες τιμές.

Τα εδαφοβλετιωτικά insect frass και chicken manure είναι γνωστό ότι περιέχουν μεγάλες ποσότητες C οι οποίες απελευθερώνονται στο περιβάλλον έπειτα από τη μικροβιακή τους αποικοδόμηση (Kagata & Ohgushi 2011), γεγονός που τα καθιστά σημαντικές πηγές οργανικής ουσίας. Λογικό αποτέλεσμα θα ήταν να παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης της οργανικής σε όλες τις μεταχειρίσεις.



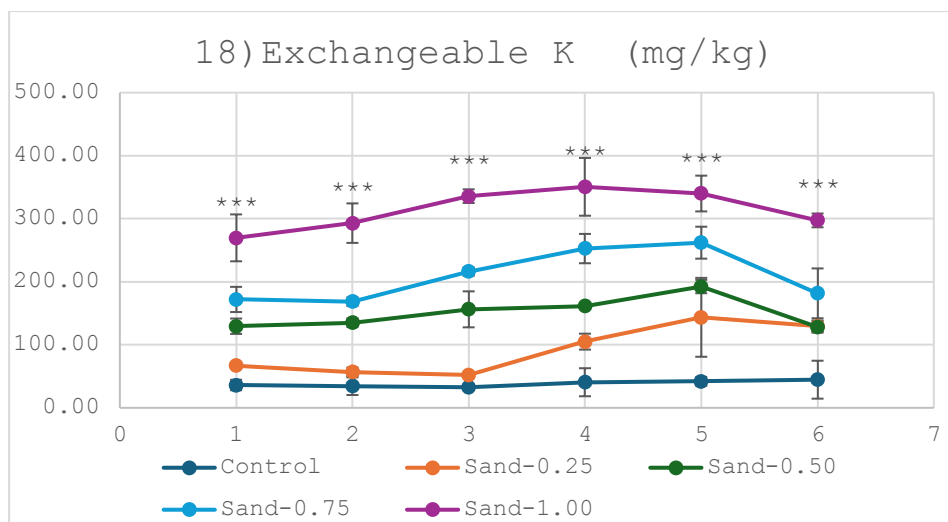
Σχήμα 16 : Τιμές συγκέντρωσης των νιτρικών του εδάφους ($\text{NO}_3\text{-N}$) για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών.

Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των νιτρικών στο αμμόδες έδαφος είναι πολύ πιο χαμηλά από αυτά στο έδαφος του Βελεστίνου. Οι μεταχειρίσεις control, 0.25% και 0.5% frass παρουσιάζουν σχετικές ομοιότητες στη πορεία που κατέγραψαν καθώς παρά τις όποιες αυξομειώσεις η συγκέντρωση των νιτρικών τους παρέμεινε σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τα αρχικά. Οι μεταχειρίσεις με 0.75% και 1% frass αύξησαν την συγκέντρωση των νιτρικών τους, την μεγαλύτερη αύξηση βέβαια σημειώνει η τελευταία μεταχείριση που διπλασίασε τη συγκέντρωσή της.



Σχήμα 17: Τιμές συγκέντρωσης του φωσφόρου (P) στο έδαφος για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0. ,2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60. , 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης του φωσφόρου.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις του φωσφόρου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται μεγάλη αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του frass. Η μεταχείριση-control μεταξύ των δειγματοληψιών σημείωσε σταθερότατη πορεία και δεν αυξήθηκε. Οι μεταχειρίσεις 0.25% και 1% frass αύξησαν αισθητά τη συγκέντρωση του φωσφόρου τους, ενώ αυτές με 0.5% και 0.75% frass είχαν πολύ μικρή μείωση.

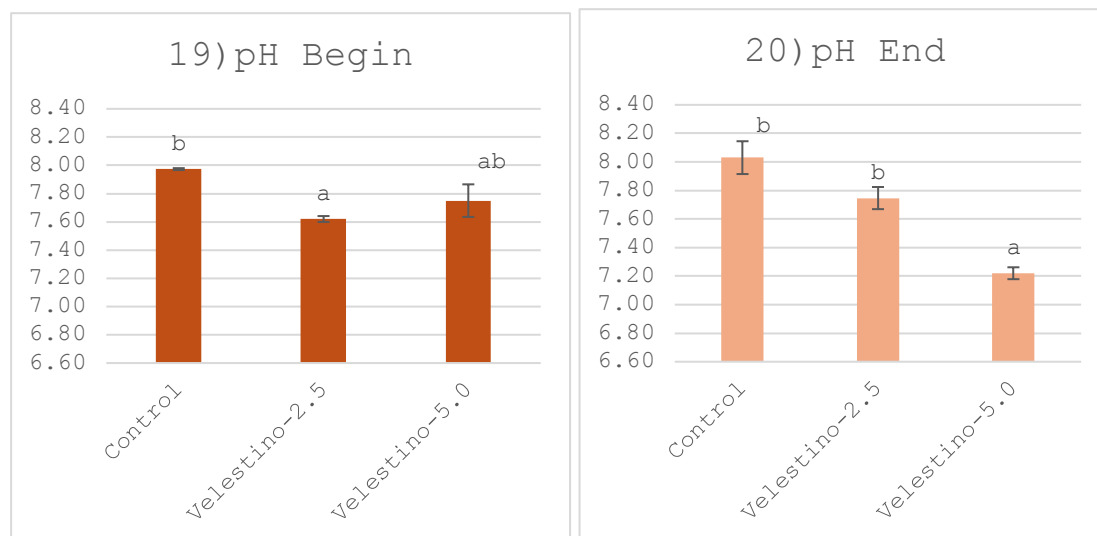


Σχήμα 18 : Τιμές συγκέντρωσης καλίου (K) του εδάφους για τις 5 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης καλίου.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις του καλίου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται ξεκάθαρη αύξηση της τιμής αναλογικά με τις προστιθέμενες ποσότητες του frass. Η μεταχείριση-control είχε σταθερή πορεία και η τελική της τιμή ήταν ελάχιστα υψηλότερη από την αρχική. Οι μεταχειρίσεις με την προσθήκη του εδαφοβελτιωτικού είχαν σχετική αύξηση (μεγαλύτερη αύξηση στη 2^η μεταχείριση), αποτελέσματα ενθαρρυντικά συγκριτικά με αυτά των συγκεντρώσεων καλίου στο έδαφος του Βελεστίνου.

3.2. Αποτελέσματα μετρήσεων εδάφους με την προσθήκη **chicken manure**

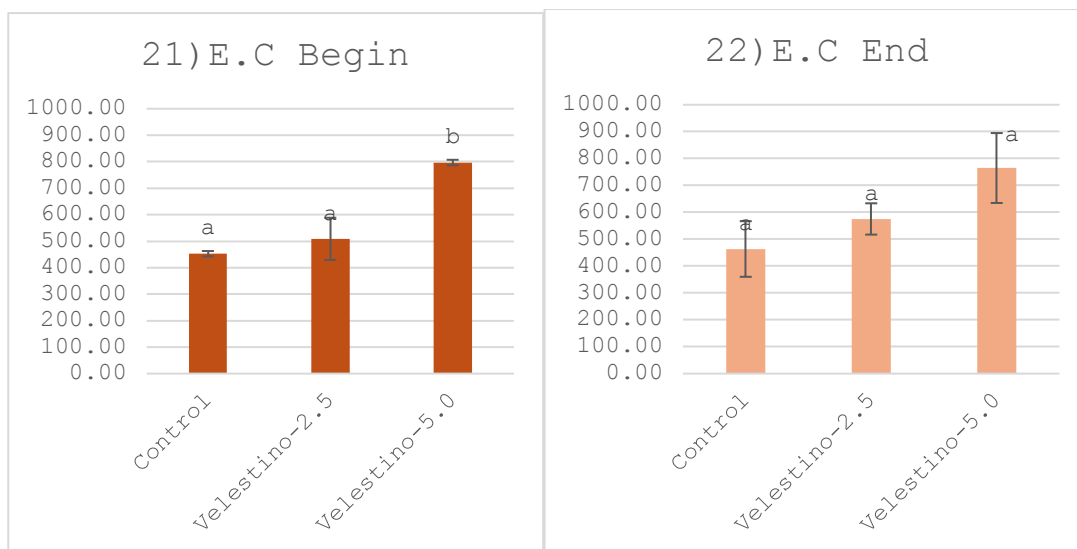
3.2.1. Έδαφος Βελεστίνου



Σχήματα 19,20 : Αρχικές και τελικές τιμές pH για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%), Velestino-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure , Velestino-5.0= έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές pH.

Οι αρχικές τιμές του pH κυμαίνονται σε αλκαλικά επίπεδα από 7.62 έως και 7.97 , και καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Υψηλότερη αρχική τιμή λαμβάνει η πρώτη μεταχείριση χωρίς την προσθήκη της κοπριάς. Οι τελικές τιμές οι οποίες σημειώνουν και αυτές στατιστικά σημαντικές διαφορές, κυμαίνονται σε αλκαλικά επίπεδα παρομοίως με τις αρχικές. Μεγαλύτερη τιμή pH έχει πάλι η πρώτη μεταχείριση η οποία αύξησε ελάχιστα την τιμή της σε σχέση με την αρχική. Από τις μεταχειρίσεις με τις προσθήκες τις κοπριάς, αύξηση σημείωσε η 2^η με το 2,5% chicken manure ενώ η 3^η με το 5% chicken manure κατέγραψε μείωση.

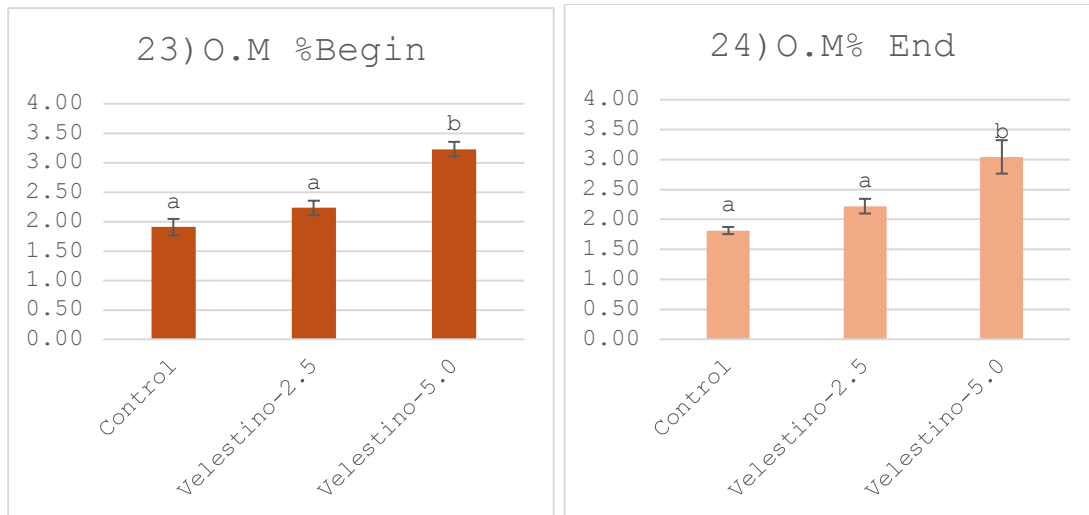
Η αύξηση της 2^{ης} μεταχείρισης μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία βασικών κατιόντων που περιλαμβάνει το chicken manure και απελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή αποκαρβοξυλίωση (Natsher & Schwetnmann ,1991). Παρόμοια αύξηση του pH σε αντίστοιχες μελέτες αποδόθηκε στα προϊόντα αποσύνθεσης της κοπριάς (Pitman & Singh, 1993).



Σχήματα 21,22: Αρχικές και τελικές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C) για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%), Velestino-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure, Velestino-5.0 = έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εκφρασμένες σε μS/cm.

Παρατηρείται στις αρχικές τιμές πως όσο αυξάνεται η ποσότητα της κοπριάς στις μεταχειρίσεις τόσο αυξάνεται και η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με την τελευταία μεταχείριση και το μεγαλύτερο ποσοστό c.m να αποκτά και την υψηλότερη τιμή. Αύξηση της αγωγιμότητάς τους κατέγραψαν οι 2 πρώτες μεταχειρίσεις ενώ η 3^η με 5% c.m είχε έναν μικρό μετριασμό στη τιμή της. Οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν εντός ανεκτών ορίων (<800 μS/cm). Επίσης η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε ξεπερνά ούτε εδώ τα 2000μS/cm άρα δε θεωρείται το έδαφος αλατούχο (Smith & Doran, 1997).

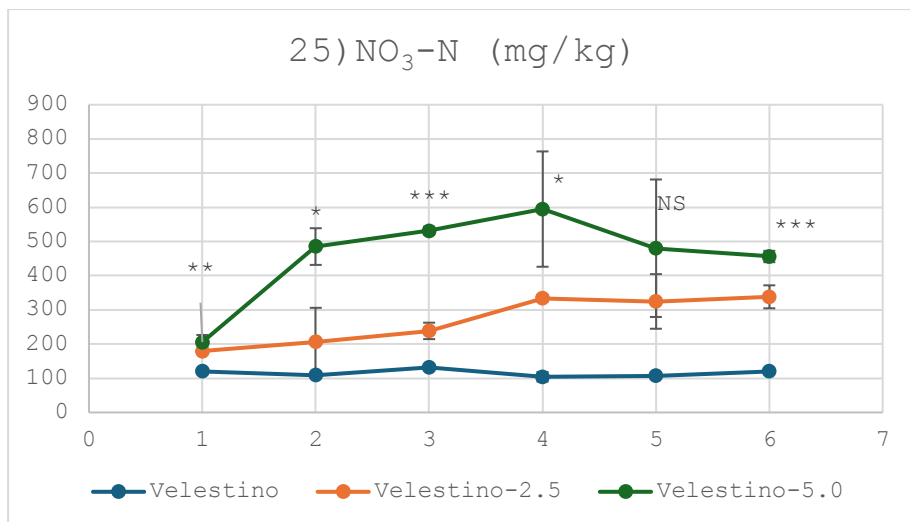
Οι αυξήσεις στις τιμές της E.C ήταν αναμενόμενες αφού η προσθήκη κοπριάς αυξάνει κατά πολύ την αλατότητα και άρα την αγωγιμότητα του εδάφους. Χαρακτηριστικά έχει σημειωθεί πως η εφαρμογή κοπριάς μπορεί να επηρεάσει τόσο την E.C, στο επίπεδο όπου τα συστήματα μπορούν να μετατραπούν σε συστήματα στα οποία κυριαρχεί το αλάτι (Corwin & Lesch, 2005).



Σχήματα 23,24: Αρχικές και τελικές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας για τις μεταχειρίσεις: Control = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%), Velestino-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure, Velestino-5.0= έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας σε ποσοστό %.

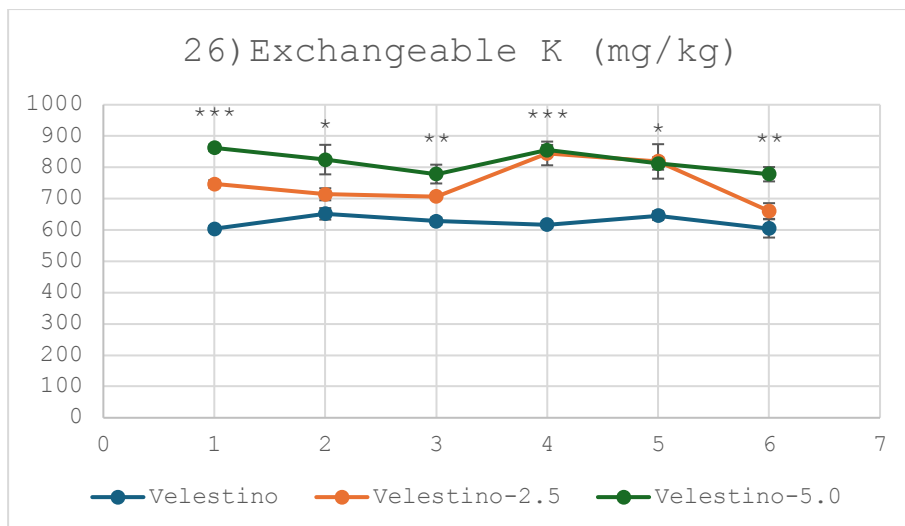
Από τις αρχικές μετρήσεις καταγράφεται πως όσο αυξάνεται η ποσότητα του chicken manure τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας .Στις τελικές συγκεντρώσεις δεν παρατηρούνται αυξήσεις αλλά μια γενικότερη σταθεροποίηση. Η μεταχείριση control και η 3^η μεταχείριση είχαν μια ελάχιστη μείωση ενώ η 2^η έμεινε στα ακριβώς ίδια επίπεδα.

Το chicken manure είναι γνωστό ότι περιέχει μεγάλες ποσότητες C οι οποίες απελευθερώνονται στο περιβάλλον έπειτα από τη μικροβιακή του αποικοδόμηση (Kagata & Ohgushi 2011), γεγονός που το καθιστά πηγή οργανικής ουσίας. Λογικό αποτέλεσμα θα ήταν να παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης της οργανικής σε όλες τις μεταχειρίσεις.



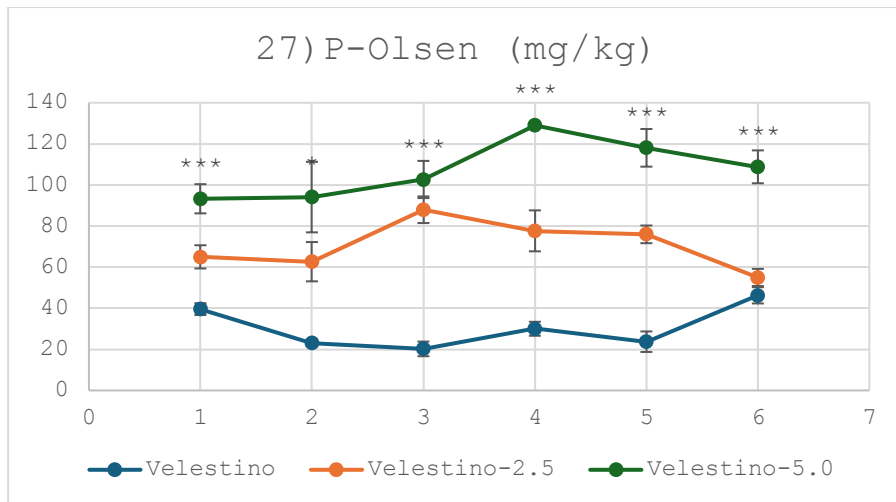
Σχήμα 25 :Συγκεντρώσεις νιτρικών του εδάφους για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις των νιτρικών (day 0.) παρατηρείται αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του chicken manure. Η μεταχείριση χωρίς την προσθήκη της κοπριάς κατέγραψε κάποιες αυξομειώσεις στη συγκέντρωση (κορύφωση στο day20.) αλλά η τελική συγκέντρωση ήταν ακριβώς όσο και η αρχική. Οι μεταχειρίσεις με τις προσθήκες της κοπριάς είχαν και οι 2 μεγάλη αύξηση στην τελική συγκέντρωση των νιτρικών τους, με την 3^η μεταχείριση να διπλασιάζει την τιμή της στη δεύτερη δειγματοληψία και εν τέλει να κρατάει σχεδόν αυτήν την τιμή μέχρι και την τελευταία δειγματοληψία.



Σχήμα 26 : Συγκεντρώσεις καλίου (K) στο έδαφος για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές των συγκεντρώσεων του καλίου.

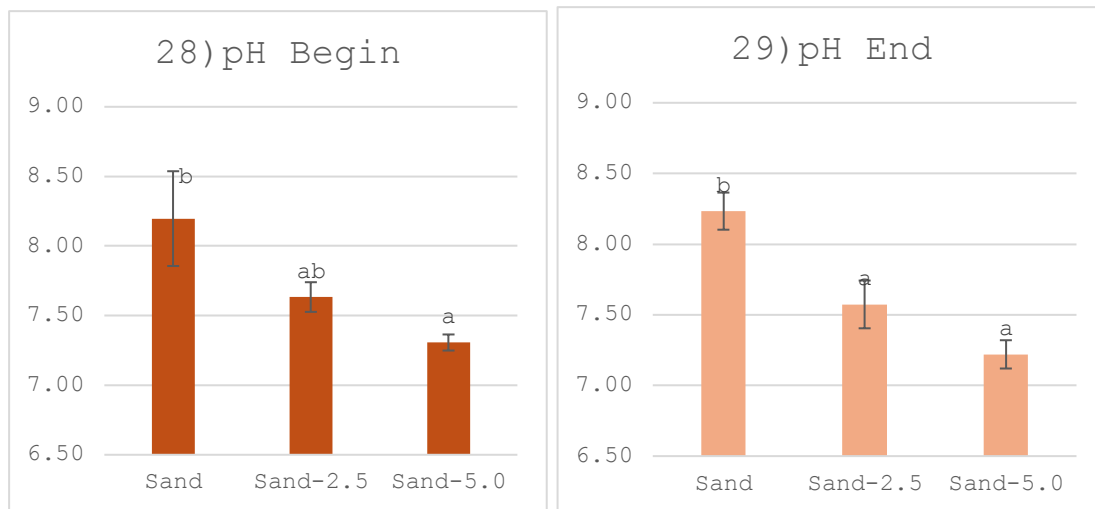
Στις αρχικές συγκεντρώσεις του καλίου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται σχετική αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι ποσότητες της κοπριάς. Η μεταχείριση-control έμεινε στα ίδια ακριβώς επίπεδα με την πρώτη δειγματοληψία ενώ οι άλλες 2 μεταχειρίσεις με την προσθήκη του chicken manure κατέγραψαν και οι 2 μείωση.



Σχήμα 27 :Συγκεντρώσεις φωσφόρου στο έδαφος για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές των συγκεντρώσεων του φωσφόρου.

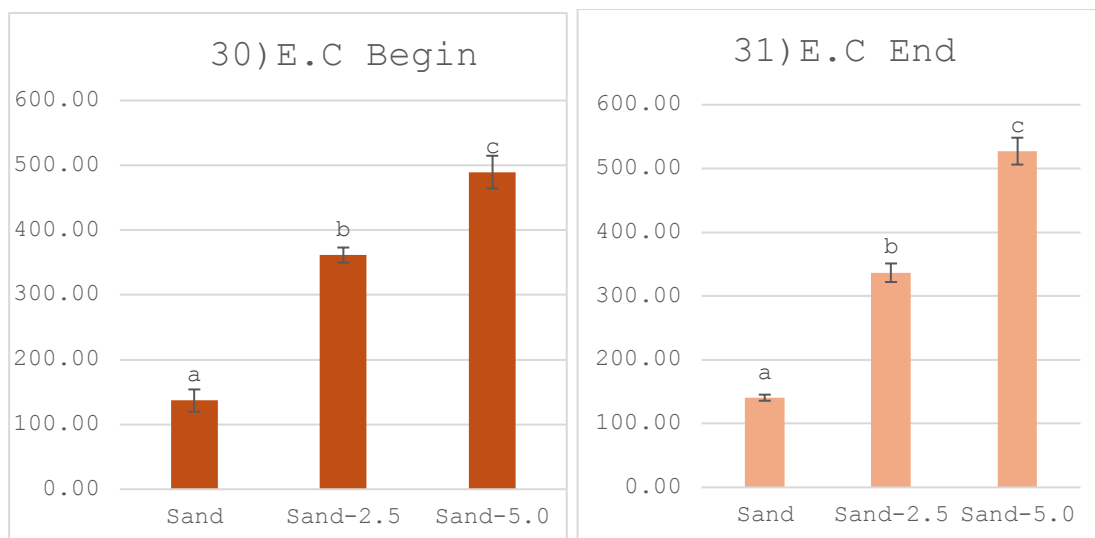
Στις αρχικές συγκεντρώσεις του φωσφόρου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται μεγάλη αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες της κοπριάς. Η μεταχείριση-control και η 5% chicken manure κατέγραψαν αύξηση της συγκέντρωσης φωσφόρου ενώ η 2.5% c.m μείωση.

3.2.2. Έδαφος Λαρίσης (αμμώδες)



Σχήματα 28,29 : Αρχικές και τελικές τιμές pH για τις μεταχειρίσεις: Sand = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%) , Sand-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure, Sand-5.0= έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές pH .

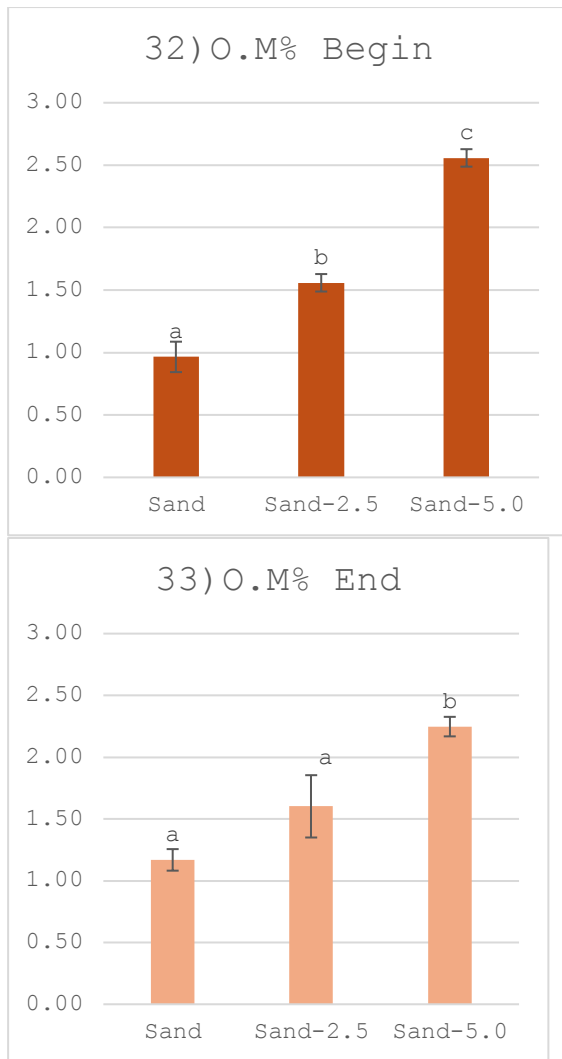
Οι αρχικές τιμές κυμαίνονται σε αλκαλικά επίπεδα από 7.31 έως και 8.20, και έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Υψηλότερη αρχική τιμή λαμβάνει η πρώτη μεταχείριση χωρίς την προσθήκη της κοπριάς. Οι τελικές τιμές σημειώνουν και αυτές στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Από αυτές, η μεταχείριση που έχει την μεγαλύτερη τελική τιμή pH και η μόνη που αυξήθηκε ήταν η πρώτη. Οι μεταχειρίσεις με τις προσθήκες της κοπριάς κατέγραψαν και οι 2 μια ελάχιστη μείωση, την μεγαλύτερη την είχε η 3^η μεταχείριση. Τα αποτελέσματα εδώ συμβαδίζουν με τις αντίστοιχες μειώσεις του pH που καταγράφηκαν από τις προσθήκες του εδαφοβελτιωτικού insect frass.



Σχήματα 30,31 : Αρχικές και τελικές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C) για τις μεταχειρίσεις: Sand = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%), Sand-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure, Sand-5.0= έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι τιμές E.C εκφρασμένες σε μS/cm.

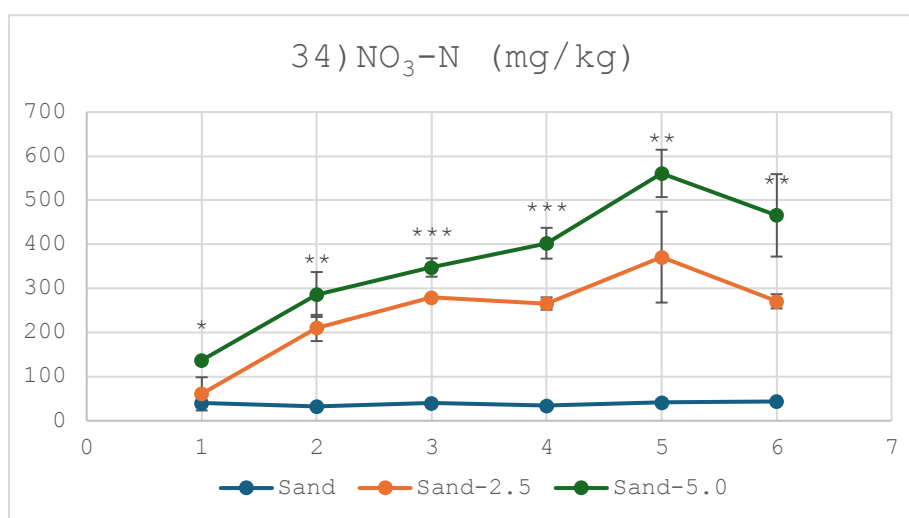
Παρατηρείται στις αρχικές τιμές πως όσο αυξάνεται η ποσότητα της κοπριάς αυξάνεται κατακόρυφα και η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών. Αύξηση της αγωγιμότητάς τους κατέγραψαν η 1^η μεταχείριση-control και η 3^η. Και εδώ οι τιμές της E.C ήταν εντός ανεκτών ορίων (<800 μS/cm) και κάτω από τα 2000μS/cm πράγμα που επιβεβαιώνει ότι το έδαφος της Λάρισας δεν είναι αλατούχο

Η ελάχιστη μείωση της 2^{ης} μεταχείρισης δεν είναι η αναμενόμενη καθώς η προσθήκη κοπριάς τείνει να αυξάνει κατά πολύ την αλατότητα του εδάφους.



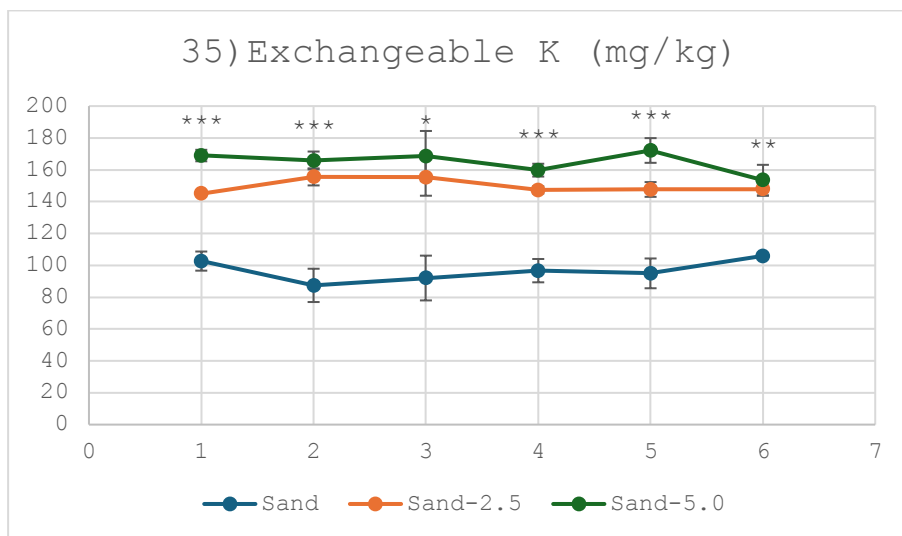
Σχήματα 32,33 : Αρχικές και τελικές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας για τις μεταχειρίσεις: Sand = έδαφος χωρίς προσθήκη chicken manure (c.m 0%), Sand-2.5 = έδαφος με προσθήκη 2.5% chicken manure, Sand-5.0= έδαφος με προσθήκη 5% chicken manure. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις και στον y οι συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας σε ποσοστό %.

Από τις αρχικές μετρήσεις καταγράφεται πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας συναντάται στην 3^η μεταχείριση με το μεγαλύτερο ποσοστό κοπριάς. Στις τελικές συγκεντρώσεις παρατηρούνται όχι σημαντικές αυξήσεις στις μεταχειρίσεις control και 2.5% chicken manure. Η 2^η κατέγραψε μια μικρή μείωση.



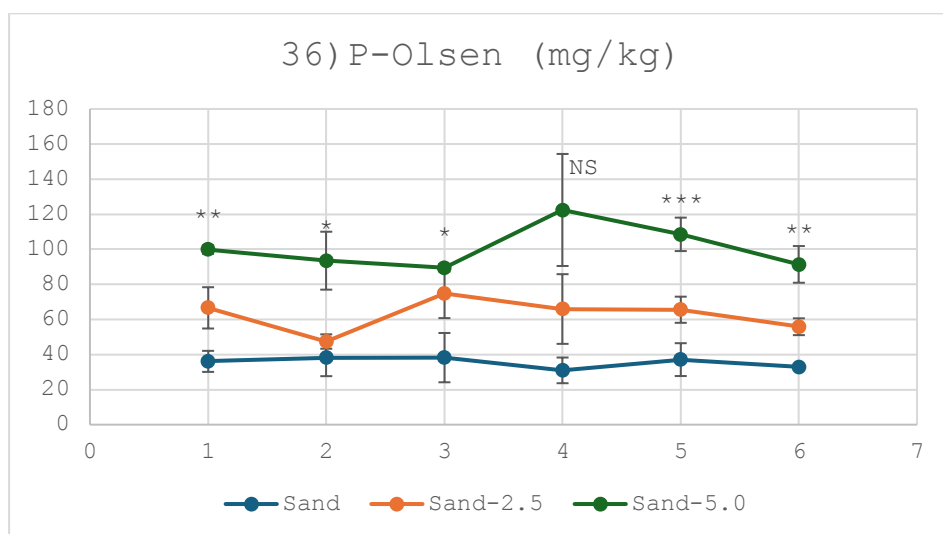
Σχήμα 34 :Συγκεντρώσεις νιτρικών του εδάφους για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις (day 0.) παρατηρείται ξεκάθαρη αύξηση των τιμών καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες του chicken manure. Η μεταχείριση χωρίς την προσθήκη της κοπριάς κατέγραψε μια σταθερά μικρή μείωση. Οι μεταχειρίσεις με τις προσθήκες της κοπριάς είχαν παρόμοια πορεία και κατέγραψαν και οι 2 μεγάλη αύξηση στην τελική συγκέντρωση των νιτρικών τους. Οι αρχικές συγκεντρώσεις σε αυτές τις μεταχειρίσεις εν τέλει τετραπλασιάστηκαν γεγονός που ήταν το προσδοκώμενο.



Σχήμα 35: Συγκεντρώσεις καλίου (K) στο έδαφος για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20. , 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές των συγκεντρώσεων του καλίου.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις του καλίου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται μεγάλη αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες της κοπριάς. Η μεταχείριση-control αύξησε ελάχιστα την τελική τιμή της σε σχέση με την αρχική όπως και η μεταχείριση 2.5% c.m, κάτι αντίστοιχο δε συνέβη όμως με την 3^η μεταχείριση που μειώθηκε ελάχιστα.



Σχήμα 36 : Συγκεντρώσεις φωσφόρου στο έδαφος για τις 3 μεταχειρίσεις όπου: 1= πρώτη δειγματοληψία = day 0., 2=δεύτερη δειγματοληψία = day 10., 3= τρίτη δειγματοληψία = day 20., 4= τέταρτη δειγματοληψία = day 40., 5= πέμπτη δειγματοληψία = day 60., 6=έκτη δειγματοληψία = day 90. Στον άξονα x απεικονίζονται οι 6 δειγματοληψίες και στον y οι τιμές των συγκεντρώσεων του φωσφόρου.

Στις αρχικές συγκεντρώσεις του φωσφόρου κατά την πρώτη δειγματοληψία παρατηρείται αναμενόμενη αύξηση της τιμής καθώς αυξάνονται οι προστιθέμενες ποσότητες της κοπριάς. Η μεταχείριση-control καταγράφει σχετικά σταθερή πορεία με εν τέλει μικρή μείωση στη τιμή της. Επίσης μείωση καταγράφουν και οι 2 μεταχειρίσεις με τις προσθήκες της κοπριάς.

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

❖ pH

Η μείωση του pH που παρατηρήθηκε σε όλες τις μετρήσεις και των 2 τύπων εδάφους με την προσθήκη του insect frass ήταν η αναμενόμενη λόγω της φύσης του εδαφοβελτιωτικού. Στις μετρήσεις με την προσθήκη chicken manure σημειώθηκαν αντίστοιχες μειώσεις στη πλειοψηφία των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση μία της οποίας η αύξηση του pH μπορεί να αποδοθεί στα διάφορα προϊόντα αποσύνθεσης της κοπριάς και στα βασικά κατιόντα που περιλαμβάνει.

❖ E.C

Με την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα από τα εδάφη και των 2 τύπων προέκυψε σαν αρχική διαπίστωση ότι κανένα από τα 2 εδάφη δεν είναι αλατούχο. Οι αυξήσεις των τιμών της αγωγιμότητας που σημειώθηκαν ήταν το λογικό αποτέλεσμα και για τα 2 εδαφοβελτιωτικά.

❖ Οργανική ουσία

Οι τελικές συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας δεν εμφάνισαν ομοιομορφία και αρκετές μεταχειρίσεις απέκλιναν από τα αναμενόμενα αποτελέσματα και δεν αυξήθηκαν αλλά αντιθέτως ή παρέμειναν στα ίδια επίπεδα ή μειώθηκαν ελαφρώς. Αξίζει να σημειωθεί πως στις μεταχειρίσεις του frass αν συγκριθούν οι τιμές που λαμβάνουν τα 2 διαφορετικά εδάφη, το αμμώδες έδαφος σε όλες τις μεταχειρίσεις του λαμβάνει πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας σε σχέση με το έδαφος Βελεστίνου. Το αντίστοιχο δεν συμβαίνει στη περίπτωση του chicken manure.

❖ Μακροθρεπτικά εδάφους N,P,K

Σε ότι αφορά τα νιτρικά του εδάφους πιο αποτελεσματικό εδαφοβελτιωτικό κρίθηκε το chicken manure καθώς αύξησε κατά πολύ τις συγκεντρώσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις και των 2 τύπων εδάφους (2πλασιασμός και 4πλασιασμός τιμών), γεγονός που δε συνέβη με το frass.

Στις συγκεντρώσεις του φωσφόρου σημειώθηκαν πολλές διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων και δεν παρατηρήθηκαν ενθαρρυντικές αυξήσεις ανά τις μεταχειρίσεις τόσο του frass όσο και του chicken manure. Δεν μπορεί να προκύψει επομένως ξεκάθαρο συμπέρασμα για την επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στη συγκέντρωση του P στα εδάφη.

Παρόμοια εικόνα με τον φώσφορο δίνουν και οι συγκεντρώσεις του ανταλλάξιμου καλίου. Εμφανίζουν επίσης μεγάλη ποικιλομορφία, με αντίστοιχες αυξήσεις και μειώσεις και με την προσθήκη frass και με αυτή του chicken manure γεγονός που δείχνει ότι δεν μπορεί να εξέλθει συμπέρασμα και εδώ για την επίδραση των 2 εδαφοβελτιωτικών στο ανταλλάξιμο κάλιο των εδαφών.

❖ Συγκεντρωτικά

Οι συνθήκες του θερμοθαλάμου στον οποίο επώαστηκαν τα εδάφη αποτελεί εξιδανικευμένη συνθήκη και ενδέχεται τα παραπάνω αποτελέσματα να διαφέρουν σε συνθήκες κανονικής καλλιέργειας. Για αυτό το λόγο δε μπορούν να εξαχθούν σίγουρα συμπεράσματα για τις επιδράσεις των εδαφοβελτιωτικών παρά μόνο να τονιστεί η υποσχόμενη δράση τους.

Τα εδαφοβελτιωτικά δε φάνηκε να δρουν με διαφορετικό τρόπο στα εδάφη παρά την διαφορετική τους σύσταση, ήταν παρόμοιος ο τρόπος που αντιδρούσε κάθε έδαφος στην προσθήκη του κάθε εδαφοβελτιωτικού.

Σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των μακροθρεπτικών θα είχε ενδιαφέρον να γίνουν αντίστοιχες αναλύσεις και στα λιπάσματα και να προσδιοριστούν επακριβώς και οι δικές τους συγκεντρώσεις στα θρεπτικά καθώς η προέλευση και ο τρόπος παραγωγής τους επηρεάζει άμεσα τη σύστασή τους.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αλιφραγκής Δ. , 2008, “ Το έδαφος- Γένεση- Ιδιότητες- Ταξινόμηση” , Εκδόσεις Αϊβάζη, 1^η έκδοση ,Θεσσαλονίκη
- Αντωνιάδης Β. , 2021, “Σημειώσεις μαθήματος Βιολογικής Γεωργίας”, Τ.Γ.Φ.Π.Α.Π, Βόλος
- Αντωνοπούλου Χ. , Δρούσα Κ. , Λογοθέτης Ν., 2000, “Οικοσυστήματα Ειδικά Θέματα Αειφορικής Γεωργίας”, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη
- Βλάχος Ι. & Κολλάρος Δ. , 2009, “Οικολογία σημειώσεις” , Σ.Τ.Ε.Γ. Τ.Ε.Ι ,Κρήτη
- Καμαριανός Α. & Καραμανλής Ξ. , 2015 ,“Σημειώσεις Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος ”, Τμήμα Κτηνιατρικής Α.Π.Θ , Θεσσαλονίκη
- Μανιός Θ. , 2002 , “Χουμοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων” , Σ.Τ.Ε.Γ. Τ.Ε.Ι. , Κρήτη, σελ. 6-16
- Μήτσιος Ι. ,1999, “Εδαφολογία”, Εκδόσεις Zymel ,2^η έκδοση, Αθήνα
- Μπαρμπαγιάννης Ν., 1999, “Διαχείριση εδαφικών πόρων”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Νικολάου Α. , 2006, “ Θαλάσσια περιβαλλοντική γεωχημεία”, σημειώσεις μαθήματος Πανεπιστημίου Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Μυτιλήνη
- Ξένος Κ. , 2000 , “ Χημική Ωκεανογραφία”, Μακεδονικές Εκδόσεις , Αθήνα
- Οιχαλιώτης Κ., Μισοπολινός Ν., Γασπαράτος Δ., 2011, “Εδαφολογία”, Εκδόσεις Έμβρυο, 14^η έκδοση
- Παναγιωτόπουλος Κ. , 2008, “ Εδαφολογία”
- Σινάνης Κ. ,1997, “ Σημειώσεις εδαφολογίας”, Σ.Τ.Ε.Γ. Τ.Ε.Ι. , Κρήτη

Σκούλλος Μ. ,1997 , “ Χημική Ωκεανογραφία, μια εισαγωγή στη χημεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος”, Μέρος Α , Αθήνα

Φουκαράκη Σ. , 2005, “Διακύμανση της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε οργανικά υλικά ανάλογα με την τοποθέτησή τους στο έδαφος” , Πτυχιακή διατριβή, Σ.Τ.Ε.Γ. Α.Τ.Ε.Ι. , Κρήτη

Ξενόγλωση

Barber, S.A. ,1984, Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. John Wiley and Sons, New York.

Beesigamukama, D., Subramanian, S. & Tanga, C.M., 2022, Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. Sci Rep 12, 7182
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-11336-z>.

Corwin D.L. and Lesch S.M., 2005, “Apparent Soil Electrical Conductivity Measurements in Agriculture.” Computers and Electronics in Agriculture 46 (1-3): 11– 43.

Chavez M. and Uchanski M., 2021. “Insect Left-over Substrate as Plant Fertiliser.” Journal of Insects as Food and Feed

Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. Journal of Soil Science and Environmental Management, 1(3), 46–54. <http://www.academicjournals.org/JSSEM>

Houben, D., Daoulas, G., Facon, M. P., & Dulaurent, A. M. ,2020, Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. Scientific Reports 10, 1-9.

Madisa, M. E., Mathowa, T., Mpofu, C., Stephen, N., & Machacha, S. (2013). AGRICULTURE AND BIOLOGY JOURNAL OF NORTH AMERICA Effect of chicken manure and commercial fertilizer on performance of jute mallow (*Corchorus olitorius*). <https://doi.org/10.5251/abjna.2013.4.6.617.622>

Masarirambi, M., Wahome, P. K., & Oseni, T. (n.d.). Effects of Kraal Manure, Chicken Manure and Inorganic Fertilizer on Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var Commander) in a Semi-arid Environment.
<https://www.researchgate.net/publication/268267006>

McLean E.O. & M.E. Watson, 1985, “Soil measurements of plant-available potassium”, p. 277-308

Mengel K. & E.A. Kirkby., 2001, Principles of plant nutrition, 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London

Natsher M, Schwetnmann N ,1991, Proton buffering in organic horizons of acid forest soils. Geoderma 48: 93-106

Pitman S, Singh K.A ,1993, Effect of continuous application of manure and nitrogenous fertilizers on the properties of acid Inceptisol. J. Indian Soc. Soil Sci. 41: 430-433.

Poveda, J. (n.d.). Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x/Published>

Ravindran, B., Mupambwa, H. A., Silwana, S., & Mnkeni, P. N. S. ,2017, Assessment of nutrient quality, heavy metals, and phytotoxic properties of chicken manure on selected commercial vegetable crops. *Heliyon*, 3, 493. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017>

Sparks D.L. & Huang P.M., 1985, “Physical chemistry of soil potassium”, p. 201-276.

Timsina J (2018) Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? *Agronomy* 8:214.

Turpin N, Ten Berge H, Grignani C, Guzmán G, Vanderlinden K, Steinmann HH et al (2017) An assessment of policies affecting sustainable soil management in Europe and selected member states. *Land Use Policy* 66:241–249. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.001>

Van Averbeke, A. & S. Yoganathan, 2003. Using Kraal Manure as Fertilizer. Department of Agriculture, Pretoria, South Africa.

Watson C., Houben D., Wichern F., 2022, “Editorial: Frass: The Legacy of Larvae - Benefits and Risks of Residues from Insect Production.” *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6, 6: 889004.

White P.J., and A.J. Karley. 2010. Potassium. In R. Hell and R.R. Mendel (ed.). *Cell biology of metals and nutrients, plant cell monographs* 17 Springer, Berlin. pp. 199-224.

Zahn, N. H. (n.d.). The effects of insect frass created by *Hermetia illucens* on spring onion growth and soil fertility. <https://www.researchgate.net/publication/321831639>

Zhu, F. X., W. P. Wang, C. L. Hong, M. G. Feng, Z. Y. Xue, X. Y. Chen, Y. L. Yao, and M. Yu ,2012, “Rapid production of maggots as feed supplement and organic fertilizer by the two-stage composting of pig manure”. In: *Bioresource Technology* 116, pp. 485–491.

Παράρτημα

One way ANOVA

➔ Oneway

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
pH1	Between Groups	,157	4	,039	23,659	<,001
	Within Groups	,017	10	,002		
	Total	,174	14			
pH2	Between Groups	,585	4	,146	1,221	,362
	Within Groups	1,197	10	,120		
	Total	1,782	14			
E.C1	Between Groups	23187,067	4	5796,767	1,364	,314
	Within Groups	42512,667	10	4251,267		
	Total	65699,733	14			
E.C2	Between Groups	73444,743	4	18361,186	2,417	,117
	Within Groups	75961,284	10	7596,128		
	Total	149406,027	14			
OM1	Between Groups	,435	4	,109	1,936	,181
	Within Groups	,561	10	,056		
	Total	,996	14			
OM2	Between Groups	,303	4	,076	1,473	,282
	Within Groups	,514	10	,051		
	Total	,817	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH1

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2,00	3	7,9600		
1,00	3		8,0533	
3,00	3		8,0533	
4,00	3		8,1300	
5,00	3			8,2667
Sig.		1,000	,052	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

pH2

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
5,00	3	7,6567	
2,00	3	7,7400	
4,00	3	7,7900	
3,00	3	7,9933	
1,00	3	8,2033	
Sig.		,106	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

OM1

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1,00	3	1,4533	
2,00	3	1,6400	1,6400
4,00	3	1,7267	1,7267
5,00	3	1,8100	1,8100
3,00	3		1,9633
Sig.		,116	,150

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

OM2

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
1,00	3	1,4967	
2,00	3	1,5700	
3,00	3	1,6833	
4,00	3	1,7633	
5,00	3	1,9000	
Sig.		,073	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

E.C1

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05
1,00	3	423,6667
2,00	3	467,3333
3,00	3	515,6667
4,00	3	522,0000
5,00	3	523,6667
Sig		,115

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

E.C2

Duncan^a

VAR00013	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1,00	3	438,2667	
2,00	3	470,2133	470,2133
3,00	3	530,5867	530,5867
4,00	3	591,2267	591,2267
5,00	3	623,5200	
Sig		,073	,072

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Δεδομένα insect frass στο Excel

	D.O	D.90	D.O	D.90	D.O	D.90
ΔΕΙΓΜΑ	pH	pH	EC	EC***	O.M%	MO***
Loam	8,11	8,28	368	450,72	1,38	1,52
	8,04	8,07	402	368,72	1,85	1,40
	8,01	8,26	501	495,36	1,13	1,57
Loam-0.25	7,94	7,9	481	491,68	1,74	1,54
	7,98	7,72	465	478,48	1,30	1,33
	7,96	7,6	456	440,48	1,88	1,84
Loam-0.50	8,08	8,28	623	676,24	1,99	1,78
	8,01	7,9	426	374,8	2,00	1,36
	8,07	7,8	498	540,72	1,90	1,91
Loam-0.75	8,14	8,09	531	675,68	1,85	1,98
	8,12	8,12	496	544,4	1,69	1,82
	8,13	7,16	539	553,6	1,64	1,49
Loam-1.00	8,28	7,93	449	574,24	1,58	1,68
	8,32	7,14	602	591,92	1,95	1,96
	8,2	7,9	520	704,4	1,90	2,06
	D.O	D.90	D.O	D.90	D.O	D.90
	pH	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ μS/cm		O.M%	
Average	D.O	D.90	D.O	D.90	D.O	D.90
Control	8,05	8,20	423,67	438,27	1,45	1,50
Velestino-C	7,96	7,74	467,33	470,21	1,64	1,57
Velestino-C	8,05	7,99	515,67	530,59	1,73	1,68
Velestino-C	8,13	7,79	522,00	591,23	1,81	1,76
Velestino-I	8,27	7,66	523,67	623,52	1,96	1,90
			Μείωση over time	Μικρή αύξηση	35% αύξηση	
StError	D.O	D.90	D.O	D.90	D.O	D.90
ΔΕΙΓΜΑ	pH	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ μS/cm		O.M%	
Velestino	0,03	0,07	39,89	37,08	0,21	0,05
Loam-0.25	0,01	0,09	7,31	15,35	0,18	0,15
Loam-0.50	0,02	0,15	57,55	87,17	0,03	0,17
Loam-0.75	0,01	0,32	13,20	42,31	0,06	0,14
Loam-1.00	0,04	0,26	44,21	40,76	0,12	0,11
Sig	***	NS	NS	NS	NS	NS

	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg		NO3 mg/kg					
	604,965	580,447	586,5124	598,8083	587,8332	622,9583		133,4943	124,99	122,0431	111,6017	136,2862	84,9244
	548,760	528,595	559,0995	503,55	601,5105	612,45		91,71889	132,206	122,5325	115,4927	94,45457	82,52664
	596,129	557,370	581,9986	597,8563	517,0899	586,401		158,1085	135,232	138,8498	147,7955	178,366	209,6419
	681,778	634,445	676,6385	727,9647	640,2893	660,4631		160,8886	176,865	157,8017	133,5808	133,5808	138,4004
	695,003	595,074	598,7675	703,75	672,1622	630,4347		86,67812	186,972	160,9007	190,8222	160,8222	117,3208
	675,270	596,863	580,8211	632,865	687,7302	660,3332		142,1739	172,763	188,0166	157,9801	157,9801	140,2586
	748,948	664,736	678,8083	994,1435	702,5532	671,4319		222,653	238,058	218,7184	205,4435	176,8651	226,1026
	784,374	737,774	666,2958	921,2499	1317,881	762,9121		126,5828	260,952	242,7225	193,2889	186,9721	203,4264
	759,020	654,697	689,6703	660,7878	888,1953	664,9141		138,9883	229,571	228,3004	238,1715	172,7632	109,6008
	749,391	777,206	790,2186	801,6804	1405,414	795,7308		213,1274	270,45	237,2457	322,3685	232,7548	163,1897
	786,281	779,225	735,7513	646,5325	718,1322	791,9798		181,4231	238,619	241,0134	204,5146	209,4178	215,409
	700,011	818,949	717,8208	752,6761	877,9694	810,0021		223,1205	228,922	243,4983	216,3533	212,9262	127,0696
	870,974	828,484	795,1301	884,1206	909,6803	681,8089		232,4893	238,126	304,3667	256,2397	270,4503	223
	843,258	828,229	930,8822	846,0574	902,6851	862,3956		180,8786	214,954	308,7582	301,0831	238,6187	225,4963
	854,817	785,525	820,9367	831,5868	983,5839	859,7825		205,8952	207,346	379,5338	244,8336	228,9219	200,5189
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg		NO3 mg/kg					
Control	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90	Control	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	583,28	555,47	575,87	566,74	568,81	607,27		127,77	130,81	127,81	124,96	136,37	125,70
Velestino-0	684,02	608,79	618,74	688,19	666,73	650,41	Velestino-0	129,91	178,87	168,91	160,79	150,79	131,99
Velestino-0	764,11	685,74	678,26	858,73	969,54	699,75	Velestino-0	162,74	242,86	229,91	212,30	178,87	179,71
Velestino-0	745,23	791,79	747,93	733,63	1000,51	799,24	Velestino-0	205,89	246,00	240,59	247,75	218,37	168,56
Velestino-1	856,35	814,08	848,98	853,92	931,98	801,33	Velestino-1	206,42	220,14	330,89	267,39	246,00	216,34
Κορύφωση Η.60							Κορύφωση Η.10-20						
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg		NO3 mg/kg					
	17,45	15,00	8,49	31,60	26,16	10,87		19,38	3,04	5,52	11,47	24,22	41,98
	5,81	12,84	29,41	28,53	13,96	9,99		22,28	4,22	9,60	16,58	8,65	7,36
	10,54	26,18	6,75	101,18	182,23	31,64		30,17	9,37	6,98	13,40	4,22	35,66
	24,99	13,59	21,77	45,79	207,65	5,49		12,57	12,54	1,82	37,47	7,27	25,64
	8,04	14,28	41,62	15,67	25,88	59,76		14,90	9,26	24,36	17,17	12,54	7,94
Sig	***	***	***	*	NS	*	Sig	*	***	***	*	***	NS

	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
	12,13934	40,6701	23,94946	34,00927	20,94459	25,5684
	14,19586	29,35198	22,96736	35,08376	22,23693	27,2207
	72,5118	18,55257	29,28453	21,72979	26,31735	23,2261
	42,81257	78,47906	61,00152	53,862	47,58664	38,1551
	46,26769	59,09425	71,93294	50,54877	56,69823	39,5858
	50,28514	84,17481	67,79504	49,43159	54,56025	40,3738
	80,97996	134,5084	66,19018	69,2323	54,90176	54,8298
	68,12927	102,0051	91,99634	85,21917	49,92306	54,7436
	62,47955	89,20052	61,08106	64,09841	44,10037	57,3445
	82,84169	171,7916	83,16581	70,03752	76,38058	70,1846
	58,2357	90,83098	75,16165	80,43161	73,8592	78,804
	78,8286	71,27591	87,54522	80,82497	63,68148	60,4821
	90,43256	134,6538	119,8181	97,05473	94,90111	98,7517
	91,06194	117,3747	104,0608	91,94008	79,24063	83,4297
	118,4954	97,44615	95,607	107,9371	98,44514	97,9175
	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90	
	32,95	29,52	25,40	30,27	23,17	25,34
	46,46	73,92	66,91	51,28	52,95	39,37
	70,53	108,57	73,09	72,85	49,64	55,64
	73,30	111,30	81,96	77,10	71,31	69,82
	100,00	116,49	106,50	98,98	90,86	93,37
Κορύφωση Η.0-10						
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
	1,70	0,76	0,88	0,34	0,32	0,53
	2,16	7,59	3,19	1,33	2,75	0,65
	5,47	13,49	9,57	6,36	3,12	0,85
	7,62	30,77	3,63	3,53	3,88	5,29
	9,25	10,75	7,09	4,72	5,90	4,97
	24,27869	81,3402	47,89892	68,01854	41,88919	51,1369
	28,39172	58,70396	45,93473	70,16752	44,47385	54,4415
	145,0236	37,10513	58,56907	43,45958	52,6347	46,4523
Sig	**	*	***	***	***	***

	D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90
ΔΕΙΓΜΑ	pH	pH		ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ μS/cm		O.M%	O.M%
Sand	8,95	8,82		96,85	91		0,26	0,20
	8,97	8,69		100,45	86		0,15	0,25
	8,95	8,65		104,95	89		0,27	0,28
Sand-0.25	8,94	8,73		120,3	113,6		0,24	0,24
	8,96	8,44		90,2	81,6		0,25	0,34
	8,97	8,73		92,3	103,2		0,32	0,23
Sand-0.50	8,95	8,88		92,15	122,4		0,22	0,29
	8,94	8,65		135,45	91,2		0,32	0,31
	9,02	8,93		135,5	92,4		0,21	0,24
Sand-0.75	8,67	8,66		77,5	135,5		0,48	0,39
	9,1	9,03		128,45	117		0,27	0,12
	9,07	9,08		114,7	142		0,34	0,56
Sand-1.00	9	9		120,15	153		0,42	0,24
	9,02	8,74		110,2	115,5		0,31	0,45
	9,06	9,15		113,55	120		0,43	0,35
ΔΕΙΓΜΑ	pH	pH		EC	EC		O.M%	O.M%
	D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90
Control	8,96	8,72	Control	100,75	88,67	Control	0,23	0,24
Sand-0.25	8,96	8,63	Sand-0.25	100,93	99,47	Sand-0.25	0,27	0,27
Sand-0.50	8,97	8,82	Sand-0.50	121,03	102,00	Sand-0.50	0,25	0,28
Sand-0.75	8,95	8,92	Sand-0.75	106,88	131,50	Sand-0.75	0,37	0,36
Sand-1.00	9,03	8,96	Sand-1.00	114,63	129,50	Sand-1.00	0,38	0,35
No decrease over time								
							1,70	1,42
								1,42
	D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90
ΔΕΙΓΜΑ	pH	pH		ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ μS/cm		O.M%	O.M%
Sand	0,01	0,05		2,34	1,45		0,04	0,02
Sand-0.25	0,01	0,10		9,70	9,42		0,02	0,04
Sand-0.50	0,03	0,09		14,44	10,21		0,03	0,02
Sand-0.75	0,14	0,13		15,22	7,49		0,06	0,13
Sand-1.00	0,02	0,12		2,92	11,82		0,04	0,06
Sig	NS	NS	Sig	NS	*	Sig	NS	NS

	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
	27,660	37,600	23,7	17,58	34,9479593	14,44
	28,040	56,708	37,785	85,0470959	56,1129846	104,81
	52,868	8,616	36,435	19,125	34,9066546	14,62
	70,528	44,407	50,2806372	116,304525	63,8225938	116,066571
	60,911	68,270	56,7299248	118,904598	99,853813	146,768348
	69,393	58,267	49,5014869	79,8417917	267,034955	125,935631
	145,895	124,3	123,080	162,945153	176,350134	145,962093
	105,658	133,0237	213,092	156,574671	188,36179	119,029868
	136,850	147,8726	132,571	164,470823	212,415079	119,528002
	160,211	156,2387	205,817	274,110956	244,748828	254,450927
	144,702	180,0915	228,421	277,659999	311,925859	171,833884
	210,864	168,7333	213,996	206,132481	229,283352	118,638234
	262,711	258,119	314,860376	285,823252	334,398146	304,754824
	208,982	265,314	350,949329	439,145689	293,824169	311,470357
	337,294	355,512	341,589906	326,867402	391,635974	275,791974
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
Control	36,19	34,31	32,64	40,58	41,99	44,62
Sand-0.25	66,94	56,98	52,17	105,02	143,57	129,59
Sand-0.50	129,47	135,07	156,25	161,33	192,38	128,17
Sand-0.75	171,93	168,35	216,08	252,63	261,99	181,64
Sand-1.00	269,66	292,98	335,80	350,61	339,95	297,34
Κορύφωση H.60						
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
	8,34	13,98	4,49	22,24	7,06	30,09
	3,03	6,92	2,29	12,61	62,60	9,05
	12,19	6,88	28,55	2,42	10,60	8,90
	19,98	6,89	6,61	23,27	25,37	39,51
	37,20	31,33	10,81	45,83	28,37	10,95
Sig	***	***	***	***	***	***

D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg		P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
9,841	5,48589398	12,1172409	16,8106563	12,6647446	11,5891		5,40939517	5,98965338	4,72439478	5,33289	4,44182515	4,74515639
12,961	15,5149146	15,6718699	14,5248249	15,4705251	11,7855	4,7142	2,27406136	4,72979405	5,18725278	6,12815	5,15386418	6,28896508
14,326	23,470537	17,4664674	15,4924224	15,9484309	15,2733	6,10931	8,16017494	3,36040152	2,34171903	6,46775	4,08086475	6,36050742
12,233	15,8097315	19,5788037	13,798163	17,9728546	15,69	6,27508	22,7883762	38,3677297	34,4068587	37,4538	31,6460295	31,386389
9,737	9,75431023	13,3477149	13,8132714	13,995408	14,66	5,86561	23,458077	17,4399142	28,0877721	35,4417	32,5999216	36,9565571
11,31	6,84337507	20,1842199	12,2060302	9,12535172	15,83	6,33124	29,5318789	25,5856082	17,6203883	34,2948	30,9964832	31,3182496
10,647	8,03395079	18,4561216	11,1511192	4,06272348	13,17	5,26748	100,496366	63,8778002	52,2323226	65,2574	56,6755508	67,3727486
12,1768985	10,3539486	14,708641	14,7950105	20,334104	10,83	4,33138	59,1203621	57,8434599	78,5143424	66,4031	50,9562512	64,5148052
10,988407	24,7683955	23,7254565	18,1380874	14,6892316	12,1745	4,86982	47,6586385	50,2870494	57,3441177	84,4704	52,3772899	64,2001177
9,10172308	13,9599393	24,9589542	8,322387	9,96880588	13,9487	5,57946	99,2017739	91,002542	82,5203696	124,939	102,030335	100,156989
13,5096108	7,77530729	23,8119711	17,1446241	14,1145402	14,69	5,87607	94,2628646	92,1539282	133,278738	113,58	100,473052	103,463083
14,0170995	16,7272934	23,0187879	15,3822032	13,8403145	14,2202	5,68809	125,104965	86,9784101	97,3003348	109,637	75,3882936	107,500071
13,3070352	16,5649559	24,1577705	21,1259437	18,8646949	15,4824	6,19296	149,053547	118,699781	144,470577	128,613	133,429457	144,291756
12,8933685	30,8881252	31,1944653	21,9442781	17,475734	19,2739	7,70955	95,9945435	128,340079	139,984407	143,36	144,107774	140,05214
6,17645757	16,2920089	27,929546	15,8602344	17,1078364	25,79	10,3163	149,95506	132,460187	137,599117	145,405	132,286565	144,756313
NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	D.90		P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
12,38	14,82	15,09	15,61	14,69	12,88	Control	5,28	4,69	4,08	5,98	4,56	5,80
11,09	10,80	17,70	13,27	13,70	15,39	Sand-0.25	25,26	27,13	26,71	35,73	31,75	33,22
11,27	14,39	18,96	14,69	13,03	12,06	Sand-0.50	69,09	57,34	62,70	72,04	53,34	65,36
12,21	12,82	23,93	13,62	12,64	14,29	Sand-0.75	106,19	90,04	104,37	116,05	92,63	103,71
10,79	21,25	27,76	19,64	17,82	20,18	Sand-1.00	131,67	126,50	140,68	139,13	136,61	143,03
Κορύφωση H.10-20							Κορύφωση H.0-10					
D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg			P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg	P mg/kg
1,33	5,20	1,57	0,66	1,02	1,20		19,79	6,39	1,96	4,28	1,62	1,16
0,73	2,64	2,18	0,53	2,56	0,37		2,14	6,09	4,89	0,92	0,47	1,87
0,46	5,23	2,62	2,02	4,77	0,68		16,05	3,93	8,05	6,22	1,72	1,01
1,56	2,65	0,56	2,70	1,34	0,22		9,56	1,57	15,07	4,59	8,63	2,12
2,31	4,82	2,03	1,91	0,53	3,01		17,84	4,08	2,01	5,29	3,76	1,50
NS	NS	**	NS	NS	*	Sig	***	***	***	***	***	***

Δεδομένα chicken manure στο Excel

	D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90
	pH	pH		E.C μS/cm	E.C μS/cm		OM%	OM%
	7,96	7,91		361,7	364,84		1,63299	1,7305
	7,98	7,92		611,5	670,32		1,98056	1,78636
	7,98	8,26		384,7	355,46		2,0983	1,9301
	7,63	7,69		527,3	680,7		1,98625	2,3301
	7,58	7,65		506,7	565		2,38487	2,35979
	7,65	7,9		492,3	480		2,31805	1,97791
	7,85	7,2		817,6	524		2,98625	3,00208
	7,88	7,3		788,1	800		3,38487	3,5493
	7,52	7,16		784,6	970		3,31805	2,58438
	pH	pH		E.C μS/cm	E.C μS/cm		OM%	OM%
D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90	
Control	7,97	8,03	Velestino	452,63	463,54	Velestino	1,90	1,82
Velestino-	7,62	7,75	Velestino-	508,77	575,23	Velestino-	2,23	2,22
Velestino-	7,75	7,22	Velestino-	796,77	764,67	Velestino-	3,23	3,05
							1,70	
D.0	D.90		D.0	D.90		D.0	D.90	
pH	pH		E.C μS/cm	E.C μS/cm		OM%	OM%	
0,01	0,12		10,16	103,43		0,14	0,06	
0,02	0,08		79,71	58,16		0,12	0,12	
0,12	0,04		10,47	129,96		0,12	0,28	
Sig	*	***	Sig	**	NS	Sig	***	**

	D.0	D.90	D.0	D.90	D.0	D.90		
	pH	pH	E.C μS/cm	E.C μS/cm			OM%	OM%
	8,41	7,98		170,6	149,2		0,90123	1,22209808
	7,53	8,42		114,3	140,2		0,79274	0,99825357
	8,65	8,3		125,7	132,6		1,2003	1,28555663
	7,68	7,43		351,8	365,4		1,53922	1,28424432
	7,43	7,38		347,7	318,7		1,44754	2,10000183
	7,79	7,91		384,7	325,7		1,68777	1,42182371
	7,41	7,32		539,3	485,7		2,53922	2,27873563
	7,21	7,02		471,8	542		2,44754	2,09755418
	7,3	7,32		457,3	554		2,68777	2,36580509
	pH	pH	E.C μS/cm	E.C μS/cm			OM%	OM%
	D.0	D.90	D.0	D.90	D.0	D.90	D.0	D.90
Sand	8,20	8,23	Sand	136,87	140,67	Sand	0,96	1,17
Sand-2.5	7,63	7,57	Sand-2.5	361,40	336,60	Sand-2.5	1,56	1,60
Sand-5.0	7,31	7,22	Sand-5.0	489,47	527,23	Sand-5.0	2,56	2,25
	pH	pH	E.C μS/cm	E.C μS/cm			OM%	OM%
	D.0	D.90	D.0	D.90	D.0	D.90	D.0	D.90
	0,34	0,13		17,18	4,80		0,12	0,09
	0,11	0,17		11,71	14,54		0,07	0,25
	0,06	0,10		25,27	21,05		0,07	0,08
Sig	NS	**		***	***		***	***

	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg		K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
Sand	31,9325	29,877739	44,2439675	44,8462397	28,0987998	45,8058792		111,869	87,2596823	70,3914342	94,9893791	106,774451	104,144088
	43,5374	39,3245927	36,59135	27,5328118	46,1889943	43,9470831		91,3992	69,3962922	87,3211502	84,9185651	76,4938992	107,474873
	44,6343	28,3425504	38,1323105	31,1316349	50,9412766	41,3600848		104,765	105,617951	118,400297	110,116367	101,657166	106,185326
Sand-2.5	-14,3296	157,790712	273,202929	277,5102	235,098805	294,074692		146,061	145,235233	144,592254	146,37463	149,963399	154,771548
	100,967	260,609247	283,580862	281,868085	304,792626	239,980215		143,643	158,222327	142,883713	151,653263	138,730848	148,438669
	96,2278	212,734375	282,018241	237,891784	573,150065	278,459157		145,239	163,18965	178,468289	144,091021	154,242417	140,46544
Sand-5.0	137,724	347,63389	366,428807	333,518542	652,509581	546,015164		171,576	164,799785	150,281165	153,249872	184,428777	147,221257
	136,252	326,050761	370,315118	427,316603	563,50326	571,845081		161,806	156,758447	155,598232	158,976086	157,796483	140,925292
	137,262	185,059704	305,90125	446,699947	466,565072	279,416541		173,443	176,038586	199,995929	167,110102	174,197588	172,385413
	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg		K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
Sand	40,03	32,52	39,66	34,50	41,74	43,70	Sand	102,68	87,42	92,04	96,67	94,98	105,93
Sand-2.5	60,96	210,38	279,60	265,76	371,01	270,84	Sand-2.5	144,98	155,55	155,31	147,37	147,65	147,89
Sand-5.0	137,08	286,25	347,55	402,51	560,86	465,76	Sand-5.0	168,94	165,87	168,63	159,78	172,14	153,51
	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg	NO3 mg/kg		K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg	K mg/kg
	D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90		D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
Sand	4,06	3,43	2,34	5,27	6,96	1,29		6,00	10,46	14,06	7,32	9,36	0,97
Sand-2.5	37,67	29,70	3,23	13,99	103,05	16,07		0,71	5,35	11,59	2,24	4,63	4,14
Sand-5.0	0,43	50,98	20,85	34,95	53,69	93,47		3,61	5,59	15,76	4,02	7,76	9,61
Sig	Κορύφωση στο D.60							Σταθερά					
	*	**	***	***	**	**		***	***	*	***	***	**

D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	mg/Kg
35,2248255	33,9516351	33,3513258	29,8529971	44,656924	20,8147336
33,3251627	37,4634038	39,6132594	27,708786	37,3517164	43,6226797
39,6958622	42,9183119	41,6996901	35,3265835	29,2606353	34,4563645
66,0570645	55,6000298	56,3854041	99,6493546	72,6264705	64,3395349
87,2393681	43,6404387	102,405131	67,2963696	73,3257511	55,4340112
46,5030883	42,9643068	65,6243823	30,8701113	50,6220933	47,7352773
95,8222882	115,36891	89,1549971	63,9141039	92,3303277	111,566886
104,350741	61,1196363	93,463473	173,894262	107,855499	85,9638614
99,3802099	104,015084	85,8416186	129,407452	125,352085	76,5903209
P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	mg/Kg
D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
36,08	38,11	38,22	30,96	37,09	32,96
66,60	47,40	74,80	65,94	65,52	55,84
99,85	93,50	89,49	122,41	108,51	91,37
D.0	D.10	D.20	D.40	D.60	D.90
P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	P mg/Kg	mg/Kg
1,89	2,61	2,51	2,27	4,45	6,63
11,76	4,10	14,06	19,87	7,45	4,80
2,47	16,52	2,21	31,94	9,54	10,45
Κορύφωση στο D.40					
**	*		NS	***	**

