



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΒΙΟΞΑΝΘΡΑΚΩΜΑΤΩΝ

Study of the agronomic characteristics and adsorptive
capacity of biochar

ΚΑΜΑΡΑΤΟΣ ΜΙΧΑΛΗΣ
ΦΑΡΔΟΓΙΑΝΝΗ ΑΡΕΤΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2017

Μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών και της προσροφητικής
ικανότητας βιοεξανθρακωμάτων

Καμαράτος Μιχάλης

Φαρδογιάννη Αρετή

Υποβολή πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για
την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ
Θεσσαλονίκης.

Ημερομηνία

01 Μαρτίου 2017

Εισηγητής

Ευθύμιος Παπαστεργιάδης

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε,

Τον καθηγητή, κ. Παπαστεργιάδη Ευθύμη, για την επιλογή του θέματος της πτυχιακής εργασίας και την βοήθειά του σε όλη την διάρκεια.

Την εξεταστική επιτροπή, τον καθηγητή κ. Σαμαρά Πέτρο και την καθηγήτρια κ. Καπνιστή Μαρία για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Τον κ. Βούλτσιο Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά του όσον αφορά τις Στατιστικές Αναλύσεις.

Τον καθηγητή κ. Γκέρτση Αθανάσιο, καθηγητή του Perrotis College για την πολύτιμη βοήθεια του κατά την πειραματική διεργασία της ριζοβολίας.

Επίσης, ευχαριστούμε θερμά τον φοιτητή Παντελίδη Άγγελο, για τη βοήθειά του στη σύγκριση των Στατιστικών Αποτελεσμάτων.

Μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών και της προσροφητικής
ικανότητας βιοεξανθρακωμάτων

Καμαράτος Μιχάλης

Φαρδογιάννη Αρετή

ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας
Τροφίμων & Διατροφής , Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400
Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών βιοεξανθρακωμάτων και κατά πόσο αυτά βοηθούν την ανάπτυξη και τη ριζοβολία ορισμένων φυτικών ειδών με τη χρήση τους ως υπόστρωμα αλλά και της προσροφητικής ικανότητας των βιοεξανθρακωμάτων αυτών με την προσθήκη τους σε διάλυμα μπλε του μεθυλενίου με μεταβλητές το χρόνο και τη συγκέντρωση αυτών.

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων όσον αφορά την προσροφητική ικανότητα χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά είδη βιοεξανθρακωμάτων που είχαν υποστεί μία ώρα πυρόλυση, δώδεκα ώρες και καθόλου πυρόλυση, τα οποία ονομάστηκαν Μ υλικό, Α υλικό και Κ αντίστοιχα. Χρησιμοποιήθηκε διάλυμα μπλε του μεθυλενίου συγκέντρωσης 100 mg/L, ένα υδατόλουτρο τύπου "Shaking Bath SB-16" στο οποίο τοποθετούνταν τα δείγματα πριν από κάθε μέτρηση και ένα φασματοφωτόμετρο τύπου Helios υπεριώδους και ορατού φωτός. Για τα πειράματα των αγρονομικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν τα τρία είδη βιοεξανθρακωμάτων σε διαφορετικές αναλογίες, 1:2, 1:10 και τυφλό ή αλλιώς Μάρτυρας, τρία φυτικά είδη τα οποία είναι τομάτα τύπου cherry, σπανάκι και μαρούλι, τρία εμπορικά υποστρώματα τα οποία είναι άμμος, περλίτης και τύρφη. Για την λήψη των αποτελεσμάτων του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Minitab.v17.1.0 με το οποίο αξιολογήθηκαν στατιστικά όλες οι μετρήσεις που καταγράφηκαν στο πείραμα.

Από τη διεξαγωγή των πειραμάτων όσον αφορά την προσροφητική ικανότητα προέκυψε ότι το υλικό Κόκκαλα εμφάνισε την καλύτερη συμπεριφορά στην τρίτη μέρα πραγματοποίησης του πειράματος και ως κρίσιμη συγκέντρωση για το συγκεκριμένο υλικό ήταν τα 6 g. Από τα πειράματα που είχαν να κάνουν με τα αγρονομικά χαρακτηριστικά προέκυψαν αποτελέσματα για κάθε πειραματικό τεμάχιο που χρησιμοποιήθηκε με καλύτερο συνδυασμό μεταβλητών: Φυτικό είδος τομάτα τύπου cherry, εμπορικό υπόστρωμα τύρφη, άσπρο υλικό σε αναλογία 1:2. Γενικά, παρατηρήθηκε ότι η χρήση των βιοεξανθρακωμάτων σαν πρόσθετα των υποστρωμάτων βοήθησε τη ριζοβολία των παραπάνω τριών σπορόφυτων με εμφανή διαφορά στις διάφορες αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν.

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
1. Εισαγωγή	3
2. Τεχνικές επεξεργασίας βιοεξανθρακώματος	4
2.1. Άλεση.....	4
2.2 Κοσκίνιση	5
3. Προσρόφηση	5
3.1. Είδη προσρόφησης	5
3.1.1. Φυσική προσρόφηση.....	5
3.1.2. Χημική προσρόφηση	6
3.1.3. Προσρόφηση ανταλλαγής ιόντων	6
3.2. Προσροφητικά υλικά	7
3.3. Ζωικός άνθρακας	7
4. Πειραματικό μέρος.....	8
4.1 Υλικά προς διερεύνηση.....	8
4.2 Φασματοφωτομετρική Ανάλυση.....	9
4.3 Μέθοδος μέτρησης τηςπροσροφητικής ικανότητας των δειγμάτων.....	11
5. Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	12
5.1 Πρότυπη καμπύλη.....	12
5.2 Μέτρηση της προσροφητικής ικανότητας των δειγμάτων.....	14
5.3 Μελέτη της επίδρασης της ποσότητας του προσροφητικού υλικού.....	17
5.4 Ισόθερμες προσρόφησης.....	18
5.4.1 Μοντέλο Freundlich.....	19
5.4.2 Μοντελο Langmuir.....	20
6. Μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών των υλικών M, A και K.....	21
6.1. Συνθήκες πειράματος	21
6.2. Προετοιμασία του δείγματος	21
6.3. Υποστρώματα ριζοβολίας	22
6.4. Είδη σπορόφυτων	23
6.5. Πειραματικό σχέδιο	23

7. Αποτελέσματα με βάση τη στατιστική	27
7.1. Φυτικό είδος Τομάτα – Υλικό Α	27
7.2. Φυτικό είδος Τομάτα – Υλικό Μ	30
7.3. Φυτικό είδος Τομάτα – Υλικό Κ.....	33
7.4. Φυτικό είδος Σπανάκι – Υλικό Α	35
7.5. Φυτικό είδος Σπανάκι – Υλικό Μ	37
7.6. Φυτικό είδος Μαρούλι – Υλικό Α.....	39
7.7. Φυτικό είδος Μαρούλι – Υλικό Μ.....	41
7.8. Επιλογή καλύτερου συνδυασμού	43
8. Γενικά συμπεράσματα.....	44
9. Παράρτημα.....	45
10. Βιβλιογραφία.....	48

1. Εισαγωγή

Τα βιοεξανθρακώματα (biochar) (BC) σχηματίζονται με θέρμανση βιομάζας (κατάλοιπα δάσους, ξύλα, αγροτικά κατάλοιπα, κατάλοιπα ρυζιού κ.α) σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία (<700°C), σε κλειστούς χώρους, απουσία αέρα [Obemah O., 2014, et al]. Τα BC είναι πλούσια σε άνθρακα. Προσθήκη των BC σε χώμα έχει προταθεί ως μέσον βελτίωσης της γονιμότητας του εδάφους, και μείωση των συνεπειών των κλιματικών αλλαγών [Aydin H. 2008, et al, Amutio M. et al, 2013, Rondon M. A., et al, 2007, J.E. Thies, et al, 2008, Wardle D. A., et al, 2008]. Πρόσφατα έχει αναφερθεί ότι η μετατροπή της βιομάζας σε BC δεν είναι μόνο ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (συνθετικό αέριο, βιοκαύσιμο) αλλά ελαττώνει και το CO₂ στην ατμόσφαιρα που είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου [Maris E. Et al 2006, Lehmann. J, et al, 2006, Renner R., et al, 2007]. Τα BC όταν προστεθούν στο έδαφος βελτιώνουν τις ιδιότητες και τη δομή του, όπως είναι η ικανότητα κατακράτησης νερού, ο εμπλουτισμός σε οργανική ύλη, η τιμή του pH, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων κ.α. [Wardle D. A. et al, 2008, Atkinson C. et al, 2010, Graber E. R., et al, 2010, Khodadal C., et al 2011, Warnock D. et al 2007]. Η απώλεια αζώτου και φωσφόρου από το έδαφος και η απελευθέρωση των αέριων του θερμοκηπίου (N₂O, CH₄) από το έδαφος βελτιώνεται παρουσία των BC [Amutio M. et al, 2013, Rondon M. A., et al, 2007, J.E. Thies, et al 2008, Chen Y. et al 2010]. Επιπλέον τα BC έχουν πορώδη δομή, φορτισμένες ηλεκτρικά επιφάνειες, ιδιότητες σημαντικές στην μετανάστευση, το μετασχηματισμό και την βιοδιαθεσιμότητα των ρύπων του εδάφους. Τα BC κατασκευάζονται από βιομάζα που καλύπτει μια μεγάλη περιοχή υλικών και μπορεί να έχει διαφορετικές χημικές και φυσικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες της βιομάζας είναι σημαντικές στην διαδικασία θερμικής μετατροπής ιδιαίτερα στην μετέπειτα ανάλυση (στάχτη, υγρασία), την τιμή της θερμότητας, και το κλάσμα του άνθρακα και των πτητικών ενώσεων [Angin D., et al 2013]. Η μετατροπή της βιομάζας σε BC εξαρτάται από τις ιδιότητες της βιομάζας (αργή πυρόλυση, ενδιάμεση ή γρήγορη πυρόλυση) [Zhang M., et al 2013].

Η τεχνολογία της πυρόλυσης διακρίνεται από το χρόνο παραμονής, τη θερμοκρασία, το υλικό την πίεση το μέγεθος του προσροφητή και το ρυθμό θέρμανσης [Asensio V., et al 2013, Rilling M., et al 2013, Bioenergy, IEA Bioenergy Task Pyrolysis, 2010 <http://www.pyne.co.uk/?id=76>]. Μετά την πυρόλυση τα προϊόντα πρέπει να χαρακτηριστούν. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι [Aydin H., et al, 2008] που εξαρτώνται από τα υλικά, όπως είναι τεχνικές UV, χημικής οξειδωσης, η ανάλυση BC NMR και η θερμική ανάλυση [De la Rosa J, et al 2008, Hammes K., et al 2008]. Ο προσδιορισμός των οξικών ή βασικών ομάδων στα BC γίνεται με ογκομέτρηση Boehm [Boehm H., et al 1994] στην οποία τα BC εξισορροπούνται παρουσία ισχυρών

βάσεων (HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^-) ή ισχυρών οξέων (H_2SO_4 , HCl , HNO_3). Για τις φυσικές ιδιότητες χρησιμοποιείται η τεχνική του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) για τον προσδιορισμό της φυσικής μορφολογίας και της μακροπορώδους σύστασης του υλικού [Angin D., et al 2013].

Τα BC έχουν προταθεί για την κατακράτηση των βαρέων ή σπάνιων μετάλλων [Liu Z., et al, 2009, Lu H., et al, 2012, Cao X., et al, 2009, Kolodynska D., et al, 2012, Regmi P., et al, 2012]. Ο μηχανισμός της προσρόφησης περιλαμβάνει κυρίως ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις, χημικές κατακρατήσεις, ανταλλαγή ιόντων [Liu Z., et al, 2009, Zhang M. et al, 2013, Cao X., et al, 2009, Regmi P., et al, 2012]. Η προσρόφηση οργανικών ρύπων εξαρτάται από το τύπο της βιομάζας και τις συνθήκες της πυρόλυσης. Έχει βρεθεί ότι τα BC έχουν μεγάλη ικανότητα προσρόφησης των φυτοπροστατευτικών και των υπόλοιπων οργανικών ρύπων, όπως οι ενώσεις χλωρίου [Qiu Y., et al, 2009, Zheng W., et al, 2011, Sun K., et al, 2001, Ahmad M., et al, 2012, Marchal G., et al, 2013]. Η προσθήκη BC στο έδαφος έχει βρεθεί ότι αυξάνει την προσρόφηση και ελαττώνει το διασκορπισμό των φυτοφαρμάκων στο έδαφος [Wang E., et al, 2010]. Η προσρόφηση των βαρέων μετάλλων και των οργανικών ρύπων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως το pH [Houben D., et al, 2013], την ειδική επιφάνεια [Subramanian B., et al, 2010], το μέγεθος των σωματιδίων, το χρόνο έκθεσης στους ρύπους και την υγρασία του εδάφους [Lou L., et al, 2012].

Η προσροφητική ικανότητα του εδάφους είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών κυρίως σε ξηρές περιοχές όπως είναι τα Ελληνικά νησιά.

Στην εργασία αυτή θα μελετήσουμε την προσροφητική ικανότητα των βιοεξανθρακωμάτων και την χρήση τους ως υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών σε σχέση με κοινά υποστρώματα, όπως η άμμος, ο περλίτης και η τύρφη.

2. Τεχνικές επεξεργασίας βιοεξανθρακώματος

Στο μέρος αυτό θα ασχοληθούμε με τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

2.1. Άλεση

Η άλεση είναι η κονιοποίηση, δηλαδή επανειλημμένο χτύπημα υλικού για να λιώσει ή να σπάσει, στούμπισμα ή κοπάνισα μέσα σε γουδί μετατροπής στερεάς ουσίας σε σκόνη.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε την διαδικασία χτύπημα κόκκων σε πήλινο γουδί και ως δείγματα χρησιμοποιήσαμε αποκαΐδια και οστά ζώων από κρεατοσκευάσματα.

2.2 Κοσκίνιση

Η κοσκίνιση είναι μια μέθοδος διαχωρισμού των σωματιδίων που βασίζεται μόνο στην διαφορά του μεγέθους [McCabe-Smith-Harriott, 6 Έκδοση].

Στην κοσκίνιση χρησιμοποιούνται διαφόρων διαμετρημάτων κόσκινα τα οποία δονούνται με μικρό πλάτος. Τα κόσκινα αυτά έχουν μικρότερη πιθανότητα φραγής από ότι τα στρομβικά κόσκινα [McCabe-Smith-Harriott 6 Έκδοση]. Οι δονήσεις προκαλούνται μηχανικά ή ηλεκτρικά. Οι μηχανικές δονήσεις μεταδίδονται συνήθως από έγκεντρα υψηλής ταχύτητας στο κέλυφος της μονάδας και από εκεί σε κόσκινα με απότομη κλίση. Οι ηλεκτρικές δονήσεις μεταδίδονται από σωληνοειδή βαρέως φορτίου στο κέλυφος ή κατ' ευθείαν στα κόσκινα. Συνήθως στα δονούμενα κόσκινα χρησιμοποιούνται μέχρι τρία πατώματα. Τις περισσότερες φορές οι δονήσεις είναι 1800-3600 το λεπτό. Ένα κόσκινο 48 επί 120 in (1,2 επί 3m) απαιτεί ισχύ 4hp (3KW).

Στο πείραμα μας χρησιμοποιήσαμε δονούμενο κόσκινο με 5 στρώματα διαστάσεων 1000 μm 500 μm 180 μm 125 μm και ο υποδοχέας (πάτος του κοσκίνου) -125μm. Οι κόκκοι κάθε διαμετρήματος τοποθετηθήκαν σε ειδικές πλαστικές σακούλες για κάθε δείγμα.

3. Προσρόφηση

Η προσρόφηση αποτελεί ένα επιφανειακό φαινόμενο κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η συσσώρευση μιας ουσίας στην επιφάνεια μεταξύ δυο φάσεων [Δρ.Στυλιανή Σκλαρή, Εργαστηριακή Άσκηση Τεχνολογίας Νερού- Διάθεση Απόβλητων Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων ΑΤΕΙΘ,]. Οι φάσεις αυτές μπορεί να ακολουθούν έναν από τους παρακάτω συνδυασμούς: υγρού-υγρού, υγρού-στερεού, αέριου-υγρού και αεριού-στερεού. Η φάση στην επιφάνεια της οποίας συμβαίνει η προσρόφηση ονομάζεται προσροφητικό μέσο, ενώ η ουσία που προσροφάται χαρακτηρίζεται ως προσροφημένη ουσία.

Οι παράγοντες που επιδρούν στην προσρόφηση είναι τα χαρακτηριστικά ή οι ιδιότητες του προσροφητικού μέσου, η προσροφημένη ουσία και οι ιδιότητες του προσροφούμενου υλικού (pH, θερμοκρασία και η παρουσία άλλων ουσιών)

3.1. Είδη προσρόφησης

Η προσρόφηση διακρίνεται γενικά στη φυσική, την χημική και την ιοντοανταλλακτική προσρόφηση.

3.1.1. Φυσική προσρόφηση

Η φυσική προσρόφηση οφείλεται σε δυνάμεις Van der Waals (διασπορά άπωσης) και σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ σημειακού φορτίου και ουδέτερων μορφών που

περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις πόλωσης δίπολου. Οι δυνάμεις Van der Waals εμφανίζονται σε κάθε περίπτωση που υπάρχει φυσική προσρόφηση, ενώ αλληλεπιδράσεις μεταξύ σημειακού φορτίου και ουδέτερων μορφών υπάρχουν μόνο στην περίπτωση όπου οι προσροφητές έχουν ιονική δομή. Η φυσική προσρόφηση έχει χαμηλή θερμότητα προσρόφησης, δεν είναι ειδική και η συνεισφορά της είναι πολύ σημαντική μόνο σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα, είναι αντιστρεπτή διαδικασία και δεν περιλαμβάνει μεταφορά ηλεκτρονίων ούτε διάσταση των προσροφημένων ουσιών (Ruthven, 1984).

3.1.2. Χημική προσρόφηση

Η χημική προσρόφηση είναι αποτέλεσμα δημιουργίας χημικών δεσμών μεταξύ των προσροφημένων ουσιών και της επιφάνειας του προσροφητού και μπορεί να λάβει χώρα με τέσσερις διαφορετικούς μηχανισμούς:

α) ανταλλαγή ιόντων

β) πρωτονίωση στην επιφάνεια των πυριτικών αλάτων, στην επιφάνεια των κολλοειδών με αντίδραση της βασικής ουσίας με τα υδρογονοκατιόντα στην θέση ανταλλαγής

γ) πρωτονίωση της ουσίας μέσα στην υδατική φάση ακολουθώντας προσρόφηση του μορίου μέσω ανταλλαγής ιόντων και

δ) όταν το σύστημα έχει νερό ενυδάτωσης, τότε λαμβάνει χώρα αντίδραση μεταξύ της ουσίας και των πρωτονίων που προέρχονται από τη διάσταση του νερού που βρίσκεται στην επιφάνεια, ή των πρωτονίων του νερού τα οποία έχουν σχηματίσει σύμπλοκα με τα κατιόντα ανταλλαγής (Bailey and White, 1970).

3.1.3. Προσρόφηση ανταλλαγής ιόντων

Η ανταλλαγή ιόντων είναι μια διεργασία στην οποία στερεά σωματίδια που περιέχουν ανταλλάξιμα προϊόντα κατιόντα ή ανιόντα έρχονται σε επαφή με ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη, αλλάζοντας έτσι την σύσταση του διαλύματος. Η διεργασία αυτή βρίσκει πολλές εφαρμογές στην αποσκλήρυνση του νερού, ανταλλάσσοντας ιόντα ασβεστίου με ιόντα νατρίου και στην απομάκρυνση των ορυκτών αλάτων του νερού απομακρύνοντας ανιόντα και κατιόντα. Η διεργασία εφαρμόζεται επίσης στην ανάκτηση των μετάλλων από αραιά διαλύματα και στον διαχωρισμό των προϊόντων από βιοαντιδραστήρες. Μερικά φυσικά υλικά, όπως οι άργιλοι και οι ζεόλιθοι, έχουν την ικανότητα ιοντοανταλλαγής, όμως στις περισσότερες διεργασίες χρησιμοποιούνται ιοντοανταλλακτικές ρητίνες. Αυτές προέρχονται από οργανικά πολυμερή, όπως το πολυστυρένιο διασταυρωμένης αλυσίδας στο οποίο έχουν προστεθεί ομάδες που μπορούν να ιονιστούν (McCabe et al. 2003).

3.2. Προσοροφητικά υλικά

Τα περισσότερα προσροφητικά υλικά έχουν μεγάλο πορώδες, στα οποία η προσρόφηση λαμβάνει χώρα κυρίως στα τοιχώματα των πόρων ή σε συγκεκριμένες θέσεις μέσα στο σωματίδιο. Επειδή γενικά οι πόροι είναι πολύ μικροί, η εσωτερική ειδική επιφάνεια (επιφάνεια ανά μονάδα μάζας) είναι τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από την εξωτερική ειδική επιφάνεια και συχνά φτάνει τα 500 – 1000 m²/g. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται επειδή οι διαφορές στο μοριακό βάρος, στο σχήμα ή στην πολικότητα προκαλούν την ισχυρότερη συγκράτηση ορισμένων μορίων στην επιφάνεια σε σύγκριση με άλλα μόρια ή επειδή οι πόροι είναι πολύ μικροί και δεν επιτρέπουν την είσοδο των μεγαλύτερων μορίων. Σε πολλές περιπτώσεις η προσροφούμενη ουσία συγκρατείται πολύ ισχυρά (McCabe et al. 2003).

Η προσρόφηση από την υγρή φάση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση οργανικών συστατικών από πόσιμο νερό ή υδατικά απόβλητα, χρωματισμένων προσμίξεων από διαλύματα σακχάρων και από φυτικά έλαια και νερού από οργανικά υγρά. Η προσρόφηση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση προϊόντων αντίδρασης τα οποία δεν διαχωρίζονται εύκολα με απόσταξη ή με κρυστάλλωση. Μερικά από τα στερεά του ίδιου τύπου χρησιμοποιούνται τόσο για την προσρόφηση ατμών όσο και για την προσρόφηση υγρών, μολονότι για τα υγρά χρησιμοποιούνται συχνά προσροφητικά με μεγαλύτερους πόρους (McCabe et al. 2003).

3.3. Ζωικός άνθρακας

Τα τελευταία χρόνια, ο ζωικός άνθρακας έχει προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον καθώς είναι ένα καλό προσροφητικό μέσο λόγω της ισχυρής προσροφητικής συγγένειας του με τους οργανικούς ρύπους και την υγρασία. Ο ζωικός άνθρακας μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία ως προσροφητικό υλικό για την αποκατάσταση μολυσμένων εδαφών λόγω της υψηλής ικανότητας ρόφησης τους. Ο ζωικός άνθρακας έχει χρησιμοποιηθεί, ως φυσικό λίπασμα καθώς περιέχει περισσότερα ανόργανα θρεπτικά συστατικά, είναι ένα καλό προσροφητικό υλικό των θρεπτικών ουσιών και γεωργικών χημικών προϊόντων και μπορεί επίσης να αντισταθμίσει πολλά από τα προβλήματα που συνδέονται με την απομάκρυνση υπολειμμάτων καλλιεργειών από τη γη για την παραγωγή βιοελαίου (Jong-Kwon et al. 2014).

Ο ζωικός άνθρακας ο οποίος προέρχεται από τη βιομάζα ορίζεται ως ένα ανθρακούχο υπόλειμμα πυρόλυσης, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών πυρκαγιών. Παράγεται με καύση των πρώτων υλών αποβλήτων σε χαμηλές θερμοκρασίες (<500° C) με απουσία οξυγόνου, κάτω από μία αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία.

Προτεινόμενοι μηχανισμοί αντίδρασης για την πυρόλυση της βιομάζας και το σχηματισμό εξανθρακώματος είναι οι ακόλουθοι:

1ο βήμα : Βιομάζα νερού + υπόλειμμα που δεν έχει αντιδράσει

2ο βήμα : υπόλειμμα που δεν έχει αντιδράσει (Πτητικές ουσίες+ Αέρια)1 + (Εξανθράκωμα)1

3ο βήμα : (Εξανθράκωμα)1 (Πτητικές ουσίες+ αέρια)2 + (Εξανθράκωμα)2

Σύμφωνα με αυτούς τους μηχανισμούς, ο ζωικός άνθρακας παράγεται μέσα από τρία βήματα της αντίδρασης .Αρχικά σχηματίζεται εξανθράκωμα το οποίο στη συνέχεια αποσυντίθεται περαιτέρω σε υπολειμματικά στερεά πλούσια σε άνθρακα (Kim et al. 2012).

Η μετατροπή των ζωικών υπολειμμάτων σε ζωικό άνθρακα έχει δυνητικά οικονομικά οφέλη επειδή συμβάλει στη μείωση των αποβλήτων της γεωργίας, στην παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα και μειώνει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Επιπροσθέτως μπορεί να μειώσει την έκλυση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και να αυξήσει το pH των όξινων εδαφών. Μπορεί επίσης να προσροφά αποτελεσματικά, μέταλλα και οργανικούς ρύπους από τα λύματα (Meng et al. 2013).

Ωστόσο, η απόδοση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ζωικού άνθρακα εξαρτώνται από τις ιδιότητες της πρώτης ύλης και τις συνθήκες λειτουργίας (π.χ. , το μέγεθος των σωματιδίων , η θερμοκρασία , ρυθμό θέρμανσης, ο χρόνος παραμονής) που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του (Kim et al. 2012).

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Υλικά προς διερεύνηση

Τα υλικά προς διερεύνηση, ή όπως αναφέρθηκαν παραπάνω με τον όρο υποστρώματα, αποτελούν το βιοκάρβουνο. Στην συγκεκριμένη πειραματική διεργασία χρησιμοποιήθηκαν τρία είδη βιοκάρβουνο που προέκυψαν από καύση ζωικών υποπροϊόντων σε πυρολυτικό κλίβανο σε ανοξικό περιβάλλον και θερμοκρασία καύσης 750- 800 °C. Αναλυτικά:

- υλικά M & A :απόβλητα από βιομηχανία δέψης και βαφής γουναρικών που αδρανοποιήθηκαν στον ανοξικό πυρολυτικό κλίβανο, το δείγμα M για 1 h ενώ το A για 12h.
- Υλικό K: απόβλητο από βιομηχανικά σφαγεία που αδρανοποιήθηκε σε πυρολυτικό κλίβανο με λειτουργία καύσης απουσία οξυγόνου για 12h.

4.2 Φασματοφωτομετρική ανάλυση (UV_Vis)

Η φασματοφωτομετρία χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του μπλε του μεθυλενίου που είναι μια χρωστική ουσία η οποία σε κάποιο διαλύτη απορροφά την ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω στο διάλυμα στην περιοχή του ορατού. Η απορρόφηση εξαρτάται από την ποσότητα του μπλε του μεθυλενίου στο διάλυμα, δηλαδή της συγκέντρωσης του. Όταν στο διάλυμα του μπλε του μεθυλενίου προσθέσουμε ένα προσροφητή, μέρος των μορίων του μπλε του μεθυλενίου προσροφάται και απομακρύνεται από το διάλυμα μεταβάλλοντας την απορρόφηση του διαλύματος. Σε μικρές συγκεντρώσεις η σχέση μεταξύ της απορρόφησης και της συγκέντρωσης του μπλε του μεθυλενίου ακολουθεί τον νόμο των Lambert-Beer (Σχήμα 1)

$$A = -\log T = \log P_0 / P = \epsilon b C$$

όπου

A η απορρόφηση,

T η οπτική διαπερατότητα,

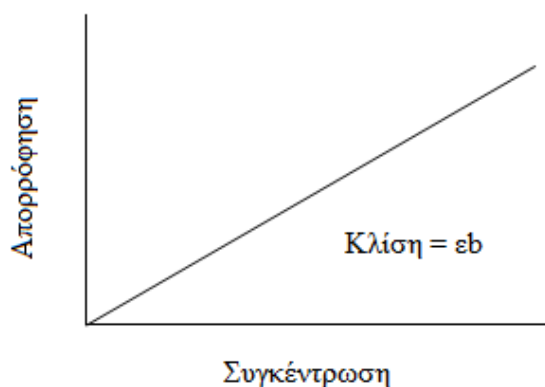
P₀ η ισχύς της προσπίπτουσας μονοχρωματικής ακτινοβολίας,

P η ισχύς της εξερχόμενης ακτινοβολίας,

ϵ ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης ή απορρόφησης, Lmol⁻¹cm⁻¹,

b το μήκος της κυψελίδας, cm και

C η συγκέντρωση ένωσης, mol L⁻¹



Σχήμα 1. Νόμος των Lambert-Beer

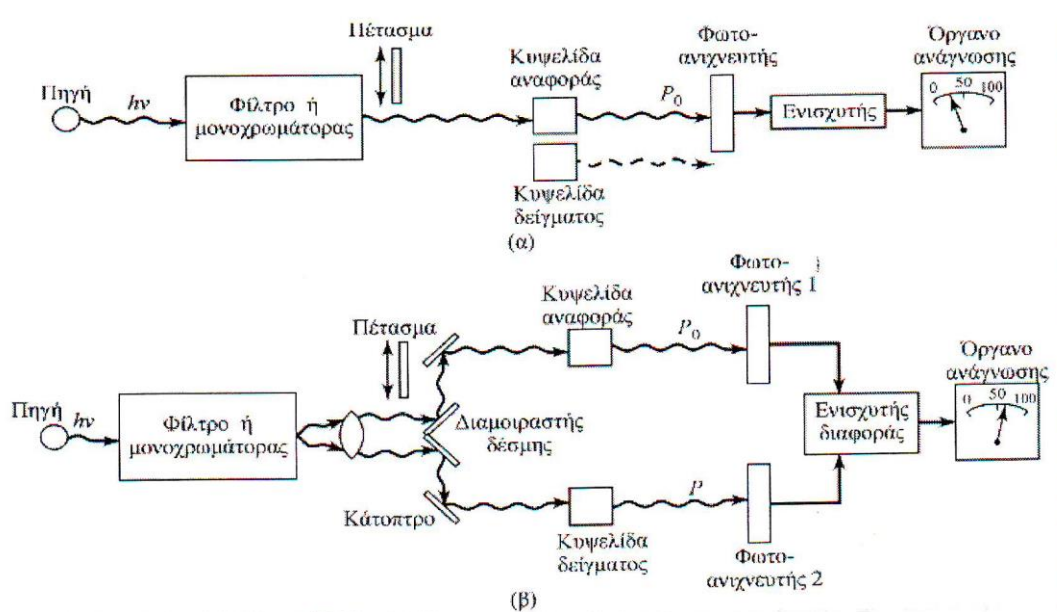
Η σχέση αυτή είναι γραμμική και μας επιτρέπει τον υπολογισμό της συγκέντρωσης από μετρήσεις της απορρόφησης.

Οι ενώσεις που απορροφούν στην περιοχή υπεριώδους/ορατού είναι ενώσεις που φέρουν κάποια χρωμοφόρα ομάδα (Ζαχαρίας Κ. 2011). Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε το μπλε του μεθυλενίου. Οι μετρήσεις για να είναι σωστές θα πρέπει

να απομακρυνθούν από το διάλυμα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Αυτό μπορεί να γίνει με φυγοκέντριση ή με διήθηση του δείγματος πριν από κάθε μέτρηση (Skoog D. A. 2005).

Ο νόμος του Lambert-Beer ισχύει για σχετικά μικρές συγκεντρώσεις αναλυτή. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις (συνήθως $>0,01M$), η μέση απόσταση μεταξύ των απορροφούντων μορίων, μειώνεται σε σημείο που κάθε μόριο επηρεάζει την κατανομή φορτίου των γειτονικών του. Η αλληλεπίδραση αυτή με την σειρά της, μπορεί να μεταβάλλει την ικανότητα τους να απορροφούν ακτινοβολία ενός δεδομένου μήκους κύματος. Επειδή το μέγεθος της αλληλεπίδρασης εξαρτάται από την συγκέντρωση, η εμφάνιση αυτού του φαινομένου προκαλεί αποκλίσεις από τη γραμμική σχέση μεταξύ απορρόφησης και συγκέντρωσης. Η δράση αυτή ελαχιστοποιείται με αραιώση (Skoog D. A. et al. 2005).

Το Σχήμα 2 δείχνει σχηματικά την πειραματική διάταξη της φασματομετρίας υπεριώδους/ορατού (Skoog D. A. 2005).



Σχήμα 2 (α). Φωτόμετρο απλής δέσμης. (β) Όργανο διπλής δέσμης με δέσμες διαχωρισμένες στο χώρο.

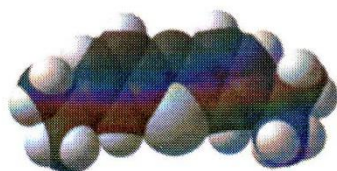
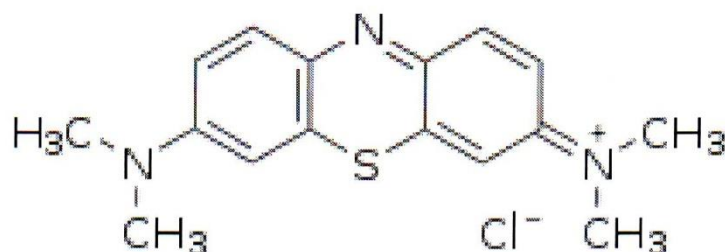
Τα κύρια τμήματα ενός φασματοφωτόμετρου φασματοσκοπίας είναι η πηγή φωτός (δευτερίου/βολφραμίου ή ξένου ($> 250 \text{ nm}$)), ο επιλογέας μήκους κύματος (μονοχρωμάτορας), ώστε η προσπίπτουσα ακτινοβολία να είναι όσο το δυνατόν πιο μονοχρωματική και σταθερής ισχύος, το δείγμα μας που βρίσκεται σε διάφανη κυψελίδα ορισμένων διαστάσεων και ο ανιχνευτής φωτός (Skoog, 2005).

Η δέσμη φωτός από την λυχνία εισέρχεται στον επιλογέα μήκους κύματος (μονοχρωμάτορας), ώστε να καταστεί μονοχρωματική στο μήκος κύματος που η χρωστική έχει τη μέγιστη απορρόφηση. Στη συνέχεια η μονοχρωματική δέσμη διέρχεται από την κυψελίδα αναφοράς ή εναλλακτικά από την κυψελίδα του δείγματος. Η εξερχόμενη δέσμη ανιχνεύεται με ένα ανιχνευτή, ενισχύεται και καταγράφεται σε ένα υπολογιστή.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο υπεριώδους /ορατού της εταιρείας Thermo, μοντέλο Helios. Το αποτέλεσμα της μέτρησης (απορρόφηση) εκφράζεται σε μονάδες απορρόφησης (absorbance units-AU). Ο ποσοτικός προσδιορισμός μπορεί να επιτευχθεί με τη μέτρηση της απορρόφησης στο μήκος κύματος το οποίο η ένωση (μπλε του μεθυλενίου) παρουσιάζει τη μέγιστη απορρόφηση στα 620nm (λ_{max}). Οι μονάδες απορρόφησης που λαμβάνονται με την μέτρηση μετατρέπονται σε συγκέντρωση της υπό μέτρηση ένωσης, με βάση την καμπύλη αναφοράς, η οποία δημιουργείται πριν από κάθε σειρά μετρήσεων

4.3 Μέθοδος μέτρησης της προσροφητικής ικανότητας των δειγμάτων

Η χρωστική ουσία που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της προσροφητικής ικανότητας των δειγμάτων είναι το μπλε του μεθυλενίου. Ο μοριακός τύπος του μπλε του μεθυλενίου είναι $C_{16}H_{18}N_3SCl$ και το μόριο του φαίνεται στο Σχήμα 3. Οι διαστάσεις του είναι $1.70 \times 0.76 \times 0.325 \text{ nm}^3$.



Σχήμα 3. Το μόριο μπλε του μεθυλενίου.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος της προσροφητικής ικανότητας αναγράφονται παρακάτω:

Αντιδραστήρια

- NaOH (υδροξείδιο του νατρίου)
- HCl (υδροχλωρικό οξύ)
- Απεσταγμένο νερό (H₂O)

Σκεύη

- Κωνικές φιάλες (250 ml)
- Ογκομετρικές φιάλες (100 ml , 10000 ml)
- Πιπέτες
- Στατό
- Σιφώνιο (10ml)
- Κυψελίδα από χαλαζία πάχους 1cm
- Γουδί
- Κόσκινα

Συσκευές

- Φασματοφωτόμετρο υπεριώδους /ορατού της εταιρείας Thermo, μοντέλο Helios
- Θερμοστατούμενο τάρακτρο
- Αναλυτικός ζυγός
- Δονούμενο κόσκινο

Δείγματα

Τα προσροφητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν βιοεξανθρακώματα από οστά ζώων. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε την διαδικασία χτύπημα κόκκων σε πήλινο γουδί και ως δείγματα χρησιμοποιήσαμε αποκαΐδια από βιομηχανίες δέψης και βαφής γουναρικών και Οστά από υπολείμματα σφαγείων τα οποία παραλήφθηκαν σε ακατέργαστη μορφή και υποβλήθηκαν σε κονιοποίηση και σε κοσκίνιση ώστε να ληφθεί κλάσμα συγκεκριμένου μεγέθους κόκκων που χρειαζόταν για το πείραμα της προσρόφησης.

5 Αποτελέσματα και συζήτηση

5.1. Πρότυπη καμπύλη

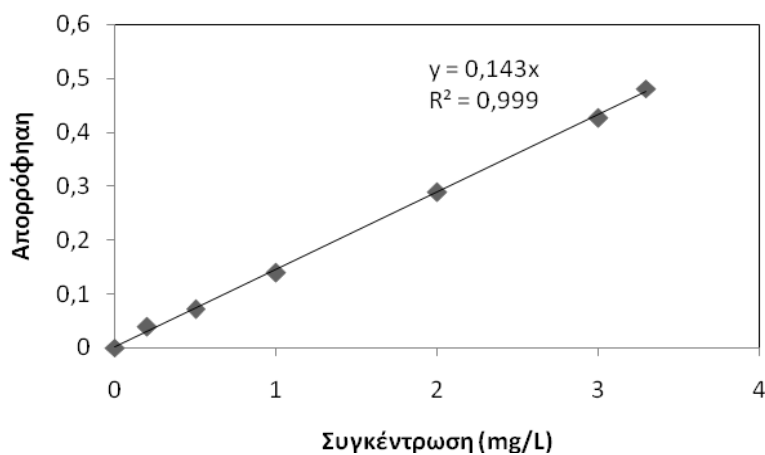
Αρχικά παρασκευάζεται διάλυμα μπλε του μεθυλενίου με συγκέντρωση 10mg/l. Από αυτό λαμβάνονται 20ml και αραιώνονται με απεσταγμένο νερό μέχρι τα 100ml

δημιουργώντας διάλυμα συγκέντρωσης 2mg/l. Με το ίδιο τρόπο με το νόμο της αραίωσης $C_A V_A = C_T V_T$ δημιουργούνται συγκεντρώσεις 2mg/l, 4mg/l, 6mg/l, 8mg/l, 10mg/l τα οποία τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο τύπου “Shaking Bath SB-16” το οποίο λειτουργεί σε αριθμό στροφών 5rpm και σε σταθερή θερμοκρασία 25°C. Στην συνέχεια λήφθηκε ποσότητα του διαλύματος από την πρώτη φιάλη 2mg/l και την τοποθετήθηκε σε κυψελίδα τύπου χαλαζία για να γίνει η μέτρηση της απορρόφησης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τα πέντε διαλύματα που είχαν χρησιμοποιηθεί. Οι μετρήσεις της Απορρόφησης από τα διάφορα διαλύματα φαίνονται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Η απορρόφηση στα 620 nm από διαλύματα διαφόρων συγκεντρώσεων της χρωστικής μπλε του μεθυλενίου.

Συγκέντρωση (mg/L)	Απορρόφηση
0	0
0,2	0,039
0,5	0,071
1	0,139
2	0,288
3	0,426

Με βάση τις τιμές του παραπάνω πίνακα σχεδιάζουμε με Excel το την καμπύλη αναφοράς που φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Πρότυπη καμπύλη απορρόφησης ως συνάρτηση της συγκέντρωσης της χρωστικής.

5.2 Μέτρηση της προσροφητικής ικανότητας των δειγμάτων

Αρχικά πρέπει να σχηματιστεί η καμπύλη αναφοράς με πρότυπα διαλύματα μπλε του μεθυλενίου γνωστής συγκέντρωσης. Για τον σκοπό αυτό σχηματίζεται πρότυπο διάλυμα κυανού του μεθυλενίου 100 mg/L, λαμβάνεται ποσότητα 150 mL μέσα σε 6 ειδικούς γυάλινους περιέκτες. Στη συνέχεια σε κάθε περιέκτη προστίθεται ποσότητα 0,1 g του υλικού. Οι περιέκτες αυτοί τοποθετούνται σε υδατόλουτρο τύπου “Shaking Bath SB-16” το οποίο λειτουργεί σε αριθμό στροφών 5 και σε σταθερή θερμοκρασία 25°C.

Κάθε 24 h λαμβάνεται ποσότητα του κάθε περιέκτη ποσότητας 10 ml το οποίο αραιώνεται με αποσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται φασματοσκοπική ανάλυση στα 620 nm και μετρείται η απορρόφηση του κάθε δείγματος. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν για το κάθε προσροφητικό υλικό ή αλλιώς βιοεξανθράκωμα ξεχωριστά. Δηλαδή, για τη συγκεκριμένη μέτρηση, η οποία βασίστηκε στην απορρόφηση της χρωστικής με μεταβλητή το χρόνο και με σταθερή συγκέντρωση, προέκυψαν τρεις διαφορετικές τιμές.

Οι συγκεντρώσεις της χρωστικής υπολογίζονται από τις τιμές της απορρόφησης και την πρότυπη καμπύλη (Σχήμα 4).

Όπου C_0 είναι η αρχική συγκέντρωση του περιέκτη που περιείχε το «Μάρτυρα».

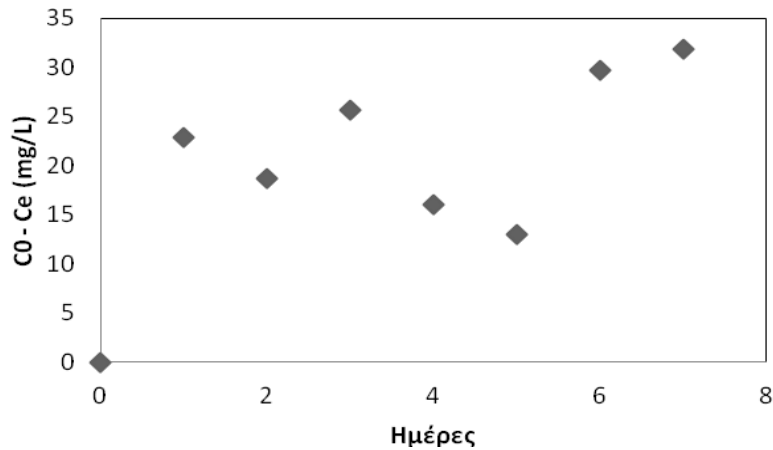
5.2.1. «Μ» Υλικό

Οι μετρήσεις για το Μ υλικό παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα Μ υλικού

Ημέρα	Απορρόφηση	$C_1/100$ (mg/L)	C_e (mg/L)	$C_0 - C_e$ (mg/L)
0	0,163	1,16	116	0
1 ^η	0,131	0,93	93,1	22,9
2 ^η	0,137	0,97	97,3	18,7
3 ^η	0,127	0,90	90,3	25,7
4 ^η	0,140	1	100	16
5 ^η	0,145	1,03	103	13
6 ^η	0,121	0,86	86,3	29,7
7 ^η	0,118	0,84	84,2	31,8

Στη συνέχεια, ακολουθεί το Σχήμα 5 και παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου υλικού έτσι ώστε να παρουσιαστεί η εξάρτηση της προσροφητικής ικανότητας του υλικού με τον χρόνο.



Σχήμα 5. Η προσροφητική ικανότητα του Μ υλικού με μεταβλητή το χρόνο και σταθερή συγκέντρωση της χρωστικής.

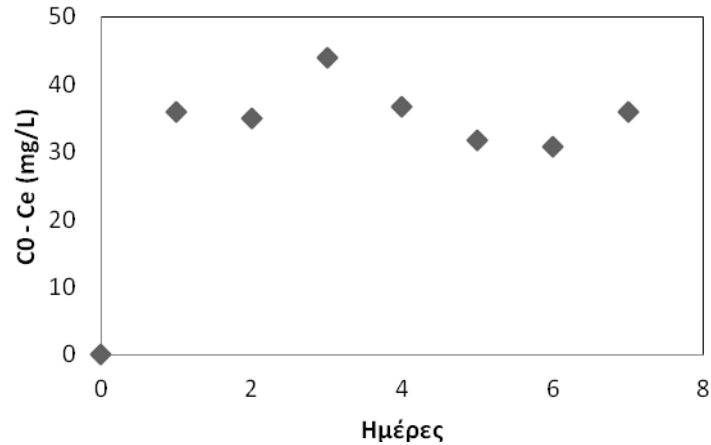
5.2.2. «Α» Υλικό

Οι μετρήσεις για το Α υλικό παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα Α υλικού

Ημέρα	Απορρόφηση	C _i /100 (mg/L)	C _e (mg/L)	C ₀ - C _e (mg/L)
0	0,163	1,16	116	0
1 ^η	0,112	0,8	80	36
2 ^η	0,113	0,81	81,1	35
3 ^η	0,102	0,72	72,1	43,9
4 ^η	0,111	0,79	79,3	36,7
5 ^η	0,118	0,84	84,2	31,8
6 ^η	0,119	0,85	85,3	30,7
7 ^η	0,112	0,8	80	36

Στη συνέχεια, ακολουθεί το Σχήμα 6 και παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου υλικού έτσι ώστε να παρουσιαστεί η εξάρτηση της προσροφητικής ικανότητας του υλικού Α με τον χρόνο.



Σχήμα 6. Εξάρτηση της προσροφητικής ικανότητας του υλικού Α με μεταβλητή το χρόνο και σταθερή συγκέντρωση.

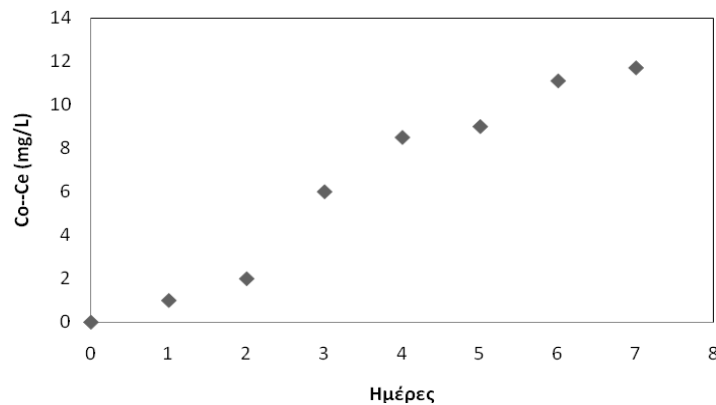
5.2.3. «Κ» Υλικό

Τα αποτελέσματα για το υλικό Κ παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 που ακολουθεί

Πίνακας 4. Αποτελέσματα υλικού Κ

Ημέρα	Απορρόφηση	C _i /100 (mg/L)	C _e (mg/L)	C ₀ - C _e (mg/L)
0	0,1638	1,17	117	0
1 ^η	0,1624	1,16	116	1
2 ^η	0,161	1,15	115	2
3 ^η	0,1554	1,11	111	6
4 ^η	0,1519	1,085	108,5	8,5
5 ^η	0,1512	1,08	108	9
6 ^η	0,14826	1,059	105,9	11,1
7 ^η	0,14742	1,053	105,3	11,7

Στη συνέχεια, ακολουθεί το Σχήμα 7 και παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου υλικού έτσι ώστε να παρουσιαστεί η εξάρτηση της προσροφητικής ικανότητας του υλικού Κ με τον χρόνο.



Σχήμα 7. Εξάρτηση της προσροφητικής ικανότητας του υλικού Κ με μεταβλητή το χρόνο και σταθερή συγκέντρωση.

Συμπεράσματα

Από τα Σχήματα 5, 6 και 7 παρατηρούμε ότι το Α υλικό έχει την μεγαλύτερη προσροφητική ικανότητα, ενώ την μικρότερη έχει το δείγμα Κ. Τα υλικά Α και Μ δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η προσροφητική τους ικανότητα λαμβάνει τη μέγιστη τιμή στην πρώτη μέτρηση (Σχ. 5 και 6). Η προσροφητική ικανότητα του υλικού Κ (Σχ. 7) αρχίζει από πολύ μικρή τιμή, αλλά αυξάνεται με τον χρόνο. Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η ποσότητα της χρωστικής που προσροφάται στα τρία υλικά. Το υλικό Κ διερευνάται περαιτέρω καθώς οι τιμές της απορρόφησης του υλικού αυτού εμφανίζουν ανοδική πορεία και έτσι ελέγχεται αν βελτιώνεται η προσροφητική του ικανότητα σε περίπτωση που αυξηθεί η ποσότητα του υλικού μέσα στο δείγμα ελέγχου.

5.3. Μελέτη της επίδρασης της ποσότητας του προσροφητικού υλικού στην προσροφητική ικανότητα

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο υποκεφάλαιο 4.2.4. (σχήματα 5, 6, 7) προέκυψε ότι την μικρότερη απόδοση εμφάνισε το υλικό Κ και πρέπει να ελεγχθεί αν αυτή αυξάνεται αυξάνοντας παράλληλα και την ποσότητα του υλικού στο προς διερεύνηση δείγμα. Έτσι, για τον προσδιορισμό της κρίσιμης συγκέντρωσης, ή αλλιώς της βέλτιστης ποσότητας προσροφητικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν επτά διαφορετικοί περιέκτες, που ο καθένας περιείχε διαφορετική ποσότητα προσροφητικού και 150 ml διαλύματος κυανό του μεθυλενίου συγκέντρωσης 100 mg/L. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις απορρόφησης για τον προσδιορισμό της τελικής συγκέντρωσης της χρωστικής στο τελευταίο διάλυμα. Οι περιέκτες αυτοί τοποθετούνται σε υδατόλουτρο τύπου “Shaking Bath SB-16” το οποίο λειτουργεί σε αριθμό στροφών 5 και σε σταθερή θερμοκρασία 25°C. Μετά την πάροδο των 3 ημερών, ποσότητα 1 ml πάρθηκε από το κάθε δείγμα, αραιώθηκε με 99 ml απεσταγμένο νερό και μετρήθηκε στα 620 nm.

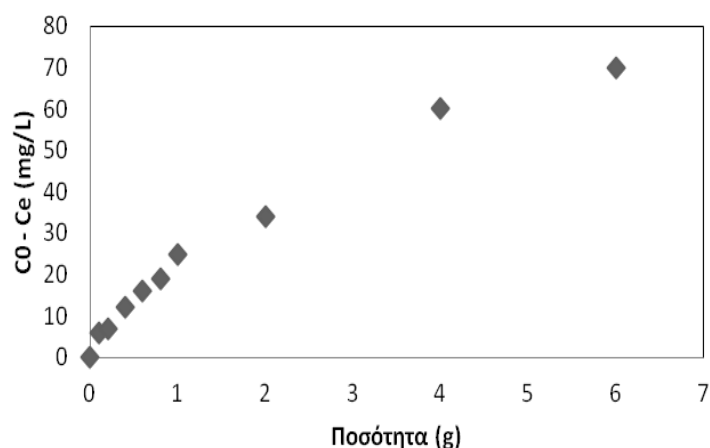
Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται επακριβώς οι ποσότητες και οι απορροφήσεις του κάθε δείγματος.

Όπου C_0 είναι η αρχική συγκέντρωση του περιέκτη που περιείχε το «Μάρτυρα».

Πίνακας 5. Μετρήσεις για κρίσιμη συγκέντρωση

Ποσότητα υλικού σε κάθε φιάλη (g)	Απορρόφηση	$C_1/100$ (mg/L)	C_e (mg/L)	$C_0 - C_e$ (mg/L)
Μάρτυρας	0,163	1,16	117	0
0,1	0,156	1,11	111	6
0,2	0,155	1,10	110	7
0,4	0,148	1,05	105	12
0,6	0,142	1,01	101	16
0,8	0,137	0,98	98	19
1	0,129	0,92	92	25
2	0,117	0,83	83	34
4	0,081	0,57	57	60
6	0,067	0,47	47	70

Στη συνέχεια, ακολουθεί το Σχήμα 8 και παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του υλικού Κ έτσι ώστε να παρουσιαστεί η διακύμανση των τιμών.



Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση κρίσιμης συγκέντρωσης

Συμπεράσματα

Όπως είναι εμφανές και από το διάγραμμα 8 όσο αυξάνεται η ποσότητα του υλικού Κ τόσο αυξάνεται και η προσρόφηση του κυανού του μεθυλενίου. Επίσης παρατηρούμε ότι η κλίση της καμπύλης ελαττώνεται με την αύξηση του υλικού στο διάλυμα.

5.4. Ισόθερμες προσρόφησης

Οι ισόθερμες ρόφησης κατασκευάστηκαν για το υλικό Κ. Χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του προηγούμενου πειράματος που είχε σκοπό τον προσδιορισμό της κρίσιμης συγκέντρωσης στο οποίο μετριέται η προσροφητική ικανότητα του υλικού Κ σαν συνάρτηση της ποσότητας του υλικού σε διάλυμα σταθερής συγκέντρωσης. Οι σχετικές μετρήσεις φαίνονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Ολικοί υπολογισμοί

Δείγμα	Ποσότητα προσροφητικού υλικού (g)	Απορρόφηση	C _i /100 (mg/L)	C _e (mg/L)	C ₀ - C _e (mg/L)	m/V (g/L)	q _e (mg προσρ.ουσίας / g προσρ.μέσου)	logq _e	logC _e	C _e / q _e
Μάρτυρας	0	0,163	1,16	117	0	0	-	-	2,07	-
1	0,1	0,156	1,11	111	6	0,66	9	0,95	2,05	12,33
2	0,2	0,155	1,10	110	7	1,33	5,25	0,72	2,04	20,95
3	0,4	0,148	1,05	105	12	2,66	4,5	0,65	2,02	23,33
4	0,6	0,142	1,01	101	16	4,0	4	0,60	2,00	25,25
5	0,8	0,137	0,98	98	19	5,33	3,56	0,55	1,99	27,52
6	1	0,129	0,92	92	25	6,66	3,75	0,57	1,96	24,53
7	2	0,117	0,83	83	34	13,33	2,55	0,41	1,92	32,54
8	4	0,081	0,57	57	60	26,66	2,25	0,35	1,75	25,33
9	6	0,067	0,47	47	70	40,0	1,75	0,24	1,67	26,85

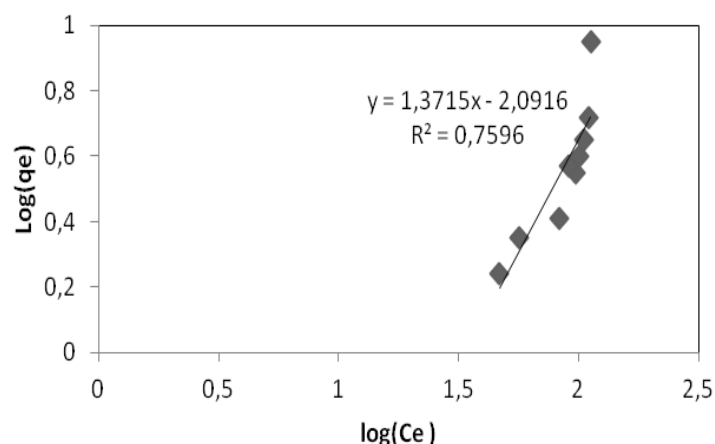
Η συγκέντρωση της ουσίας του διαλύματος μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας υπολογίζεται με την σχέση:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

όπου C₀ η αρχική συγκέντρωση του διαλύματος κυανό του μεθυλενίου, C_e η συγκέντρωση μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας, q_e η συγκέντρωση της ουσίας στο προσροφητικό μέσο μετά την ισορροπία, (σε mg προσροφούμενης ουσίας / g προσροφητικού μέσου) .

5.4.1. Μοντέλο Freundlich

Το μοντέλο αυτό είναι κατάλληλο για την περιγραφή των ισόθερμων προσρόφησης σε περιπτώσεις που ο αριθμός των ενεργών κέντρων δεν είναι συγκεκριμένος, η ενέργεια προσρόφησης δεν είναι σταθερή στα διάφορα κέντρα και η προσρόφηση είναι μη αντιστρεπτή.



Σχήμα 9. Μοντέλο Freundlich

$$\log(q_e) = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

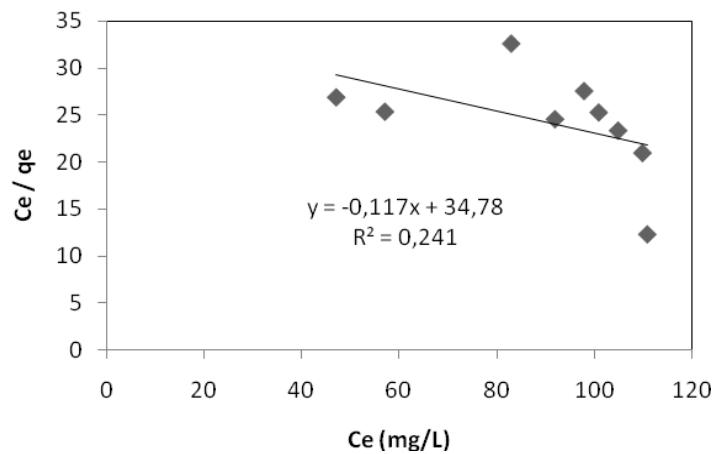
$$y = a + bx$$

$$y = -2,0916 + 1,3715 x$$

όπου $1/n = 1,3715$ και $k_f = 0,32$

5.4.2. Μοντέλο Langmuir

Το μοντέλο αυτό είναι κατάλληλο για την περιγραφή των ισόθερμων προσρόφησης όταν ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων είναι συγκεκριμένος, η ενέργεια προσρόφησης είναι ίδια για όλα τα κέντρα προσρόφησης, κάθε κέντρο μπορεί να συγκρατήσει ένα μόνο μόριο και να υπάρχει μια προσροφούμενη ουσία.



Σχήμα 10. Μοντέλο Langmuir

$$q_e = \frac{Q b C_e}{1 + b C_e}$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q b} + \frac{1}{Q} C_e$$

$$y = a + bx$$

$$y = 34,782 - 0,1174 x$$

$$\text{όπου } Q = \frac{1}{0,1174} = 8,51 \text{ και } b = \frac{1}{34,782 \times 8,57} = 0,0033$$

Συμπεράσματα

Από τους συντελεστές συσχέτισης (0,75 για την Freundlich και 0,24 για την Langmuir) που φαίνονται στα Σχήματα 9 και 10 συμπεραίνουμε ότι το πιο κατάλληλο μοντέλο για να περιγράψει το φαινόμενο της προσρόφησης για το υλικό K είναι το μοντέλο του Freundlich.

6. Μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών των υλικών M, A και K.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να μελετηθεί η ριζοβολία τριών φυτικών ειδών (τομάτα, σπανάκι, μαρούλι) τα οποία αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα (M υλικό ή αλλιώς B1, A υλικό ή αλλιώς B12 και K υλικό ή αλλιώς B0) και καθένα από το οποίο υπέστη διαφορετική μεταχείριση (άμμος, περλίτης, τύρφη). Η αξιολόγηση της ριζοβολίας πραγματοποιήθηκε σε χρονικό διάστημα 18 ημερών από την έναρξη της σποράς. Στην αξιολόγηση αυτή, μετρήθηκε το πλήθος των σπορογόνων που φύτρωσαν σε κάθε μεταχείριση. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να προκύψει ένα συμπέρασμα για την καταλληλότητα των υποστρωμάτων αλλά και για το πόσο επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης των σπόρων του κάθε φυτικού είδους. Όλα τα παραπάνω, καταγράφονται αναλυτικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

6.1. Συνθήκες πειράματος

Ο χώρος διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας ήταν στο υάλινο θερμοκήπιο, στα εργαστήρια του Perrotis College, Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής Θεσσαλονίκης. Οι συνθήκες που επικρατούσαν στο εσωτερικό του θερμοκηπίου καταγράφονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Συνθήκες θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διεργασίας.

Συνθήκες	Τιμές
Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	15-20
Μέγιστη θερμοκρασία (°C)	35
Ψεκασμός νερού με εκνέφωση (Mist system)	3 φορές/ημέρα για 5 min

Να σημειωθεί ότι δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα κατά την πειραματική διαδικασία που οφείλονταν σε τυχόν ασθένειες, έντομα ή άλλους παράγοντες.

6.2. Προετοιμασία του δείγματος

Τα υλικά προς διερεύνηση χρειάστηκαν περεταίρω επεξεργασία έτσι ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. Τα στάδια της επεξεργασίας τους αναφέρονται και παραπάνω, αλλά αναφορικά είναι:

- Τριβή για τη σύνθλιψη του κάθε υλικού σε πορσελάνινο γουδί

- Κοσκίνιση σε συστοιχία από κόσκινα για διάμετρο κόκκου 1000mm > 500mm > 180mm > 125mm > ΥΠΟΔΟΧΕΑΣ
- Πλύση υπό ροή με απιονισμένο νερό για 3min
- Ξήρανση σε φούρνο στους 80 °C για 24h

6.3. Υποστρώματα ριζοβολίας

Για τη μελέτη της ριζοβολίας αλλά και για το κατά πόσο αυτή επηρεάζεται από την προσθήκη ποσότητας βιοεξανθρακομάτων, χρησιμοποιήσαμε επίσης και διάφορα εμπορικά υποστρώματα, από τα οποία βγάλαμε εξίσου αποτελέσματα για το ποιο επηρεάζει την απόδοση και την ανάπτυξη των σπορόφυτων. Αυτά τα εμπορικά υποστρώματα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Περλίτης

Ο περλίτης είναι ένα φυσικό πυκνό υαλώδες ηφαιστειακό πέτρωμα που περιέχει περισσότερο από 70 % διοξείδιο του πυριτίου και μπορεί να επεκταθεί μέχρι και 20 φορές από τον αρχικό όγκο του όταν θερμαίνεται ταχέως στους 800-1200 °C και σχηματίζει ένα ελαφρύ υλικό με κυψελοειδή δομή. Ο διογκωμένος περλίτης είναι λευκός στο χρώμα, και έχει μια πυκνότητα περίπου 32 kg/m³. Ο περλίτης είναι γενικά χημικά αδρανής και έχει pH περίπου 7. Ο περλίτης είναι πολύ φθηνός και εύκολα διαθέσιμος, αυτό τον κάνει ένα οικονομικό προσροφητικό υλικό για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων. Ο διογκωμένος περλίτης βρίσκει χρήση στον κλάδο των κατασκευών, κηπευτικές αγορές, βοηθήματα φίλτρου και άλλες βιομηχανικές χρήσεις (Sari et al. 2007)

Τύρφη

Η τύρφη ή ποάνθραξ είναι οργανικό καύσιμο ορυκτός άνθρακας ο οποίος σχηματίζεται στο υπέδαφος κυρίως εύκρατου και υγρού περιβάλλοντος, από την αργή μερική αποσύνθεση φυτικών υπολειμμάτων που συγκεντρώνονται υπό συνθήκες ελλιπούς αποστράγγισης, σε τεράστιες μάζες (ποανθρακωρυχεία). Η εκμετάλλευση τύρφης σημειώνεται κυρίως στις περιοχές που υφίστανται μεν πλην όμως στερούνται κοιτασμάτων γαιανθράκων. Η Τύρφη χρησιμοποιείται ως καύσιμο υλικό, είναι όμως κατώτερης ποιότητας, γιατί δεν έχει μεγάλη θερμαντική αξία. Χρησιμοποιείται ως μέσο οικιακής θέρμανσης σε μερικές φτωχές χώρες. Χρησιμοποιείται επίσης ως λίπασμα, για τη παρασκευή νίτρου, ως μονωτικό υλικό.

Άμμος

Η άμμος ονομάζεται γενικά κάθε συσσωρεύμα μικρών κόκκων πετρωμάτων ή ορυκτών, οι οποίοι παραμένουν ασύνδετοι μεταξύ τους. Για να

θεωρηθεί όμως ως άμμος ένα συσώρευμα, θα πρέπει οι κόκκοι από τους οποίους αποτελείται να έχουν διάμετρο μικρότερη των 6 χιλιοστών.

Χρησιμοποιήθηκαν απτά, χωρίς περεταίρω επεξεργασία τους και απευθείας στα τελάρα που έγινε η διεξαγωγή του πειράματος.

6.4. Είδη σπορόφυτων

Τα είδη των σπορόφυτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα :

- Τοματίνι Vilmorin (LOT N.:50548717 14/15 12/2017)
- Σπανάκι BioHellas (LOT N.:001 2016 1-16 2018)
- Μαρούλι Fytro (LOT N.:HM70/3 01-2018)

6.5. Πειραματικό σχέδιο

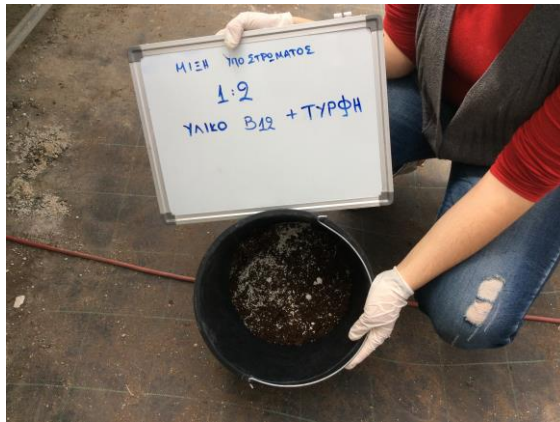
Για τη διεξαγωγή του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά τελάρα ή αλλιώς πειραματικά τεμάχια τα οποία κάλυπταν τις ανάγκες του πειράματος. Ως πειραματικό «τεμάχιο» νοείται το σποροδοχείο των 104 θέσεων από φελιζόλ (διογκωμένη πολυστερίνη). Το κάθε δοχείο χωρίστηκε σε 3 τμήματα (4 σειρές X 8 θέσεις/σειρα=32 θέσεις για σπόρο). Η κάθε μια σειρά θεωρήθηκε ως «επανάληψη» και καταγράφηκε ο αριθμός των σπόρων που φύτευσε σε καθεμία από τις 4 σειρές (4 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση). Το σύνολο των σποροδοχείων που χρησιμοποιήθηκαν είναι 20. Οι συνδυασμοί που πραγματοποιήθηκαν είναι οι παρακάτω:

- 3 είδη : Τομάτα – Σπανάκι – Μαρούλι
- 3 υποστρώματα : Άμμος – Περγλίτης – Τύρφη
- 3 υλικά ελέγχου :
M – A - K
- Τρεις συνδυασμοί αναλογιών :
Μάρτυρας – 1:2 – 1:10
- Ανάμιξη και ομογενοποίηση των υλικών και τοποθέτησή τους στα πειραματικά τεμάχια .

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το κάθε δοχείο χωρίστηκε σε 3 τμήματα. Στο κάθε τμήμα, χρησιμοποιήθηκε διαφορετική αναλογία του υλικού προς διερεύνηση. Το υλικό προς διερεύνηση ομογενοποιήθηκε με το εμπορικό υπόστρωμα ή αλλιώς μεταχείριση και τοποθετήθηκε μέσα στο τεμάχιο. Στη συνέχεια, ακολούθησε η τοποθέτηση των σπόρων σε κάθε μια από τις θέσεις του τεμαχίου. Τέλος, η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλα τα υλικά προς διερεύνηση, για όλες τις μεταχειρίσεις και για όλα τα φυτικά είδη.

Μετά την πάροδο των 18 ημερών, μετρήθηκε αναλυτικά ο αριθμός των σπορόφυτων που υπήρχαν σε κάθε επανάληψη.

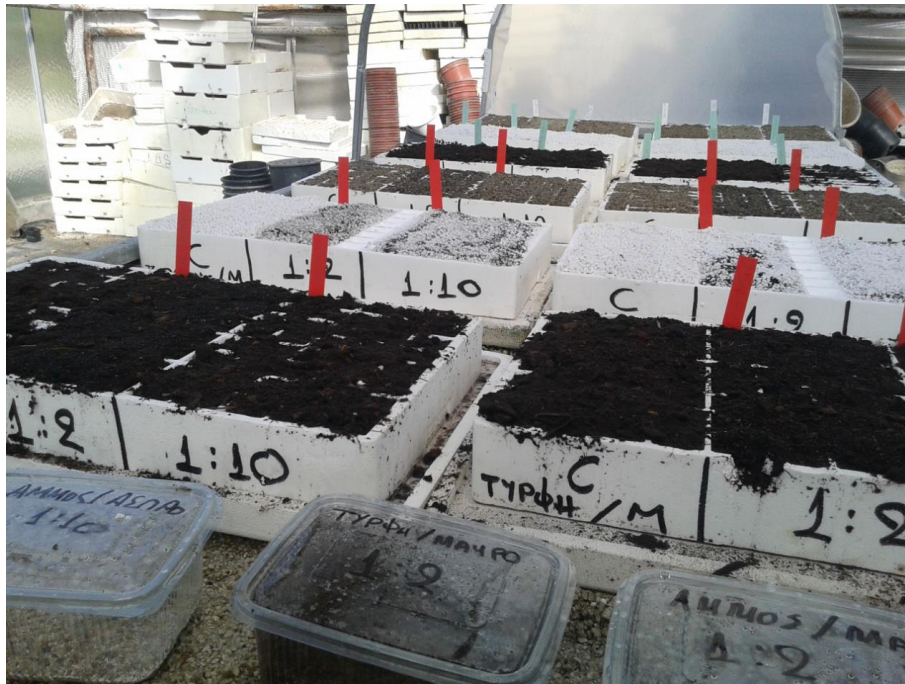
Παρακάτω, ακολουθούν Σχήματα για το πώς προετοιμάστηκαν τα πειραματικά τεμάχια.



Σχήμα 11. Ανάμιξη υποστρωμάτων



Σχήμα 12. Σπόροι μαρουλιού πριν τη φύτευση



Σχήμα 13. Πειραματικά τεμάχια

Τα αποτελέσματα αναγράφονται αναλυτικά στο Παράρτημα 1.

Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες που τραβήχτηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



Σχήμα 16. Φυτικό είδος Σπανάκι - Υπόστρωμα Περλίτης - Υλικό Άσπρο



Σχήμα 17. Φυτικό είδος Τομάτα - Υπόστρωμα Άμμος - Υλικό Μαύρο



Σχήμα 18. Φυτικό είδος Τομάτα - Υπόστρωμα Τύρφη - Υλικό Άσπρο



Σχήμα 19. Φυτικό είδος Μαρούλι - Υπόστρωμα Τύρφη - Υλικό Μαύρο

7. Αποτελέσματα με βάση τη στατιστική

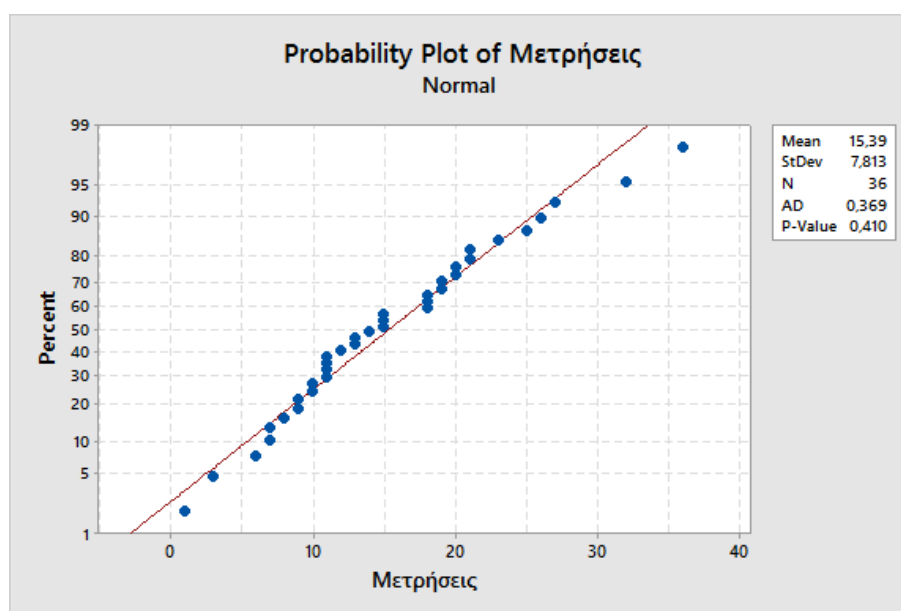
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα της αξιολόγησης, παραθέτονται τα εξής συμπεράσματα με τη βοήθεια της στατιστικής ανάλυσης με τη χρήση του προγράμματος Minitab.v17.1.0. Ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία για όλα τα δείγματα.

- Έλεγχος κανονικότητας των δειγμάτων. Εάν οι μετρήσεις παρουσιάζουν κανονικότητα τότε το P-Value πρέπει να είναι μεγαλύτερο της τάξης των 0,05.
- Έλεγχος ομοιογένειας των δειγμάτων. Εάν οι μετρήσεις παρουσιάζουν ομοιογένεια τότε το P-Value πρέπει να είναι μεγαλύτερο της τάξης των 0,05. Σε περίπτωση που αυτό δεν ισχύει, τότε πραγματοποιείται μετασχηματισμός των τιμών για να επέλθει το επιθυμητό P-Value.
- Χρήση διαγραμμάτων Interval Plot για την λήψη στατιστικών αποτελεσμάτων.

Minitab Project Report

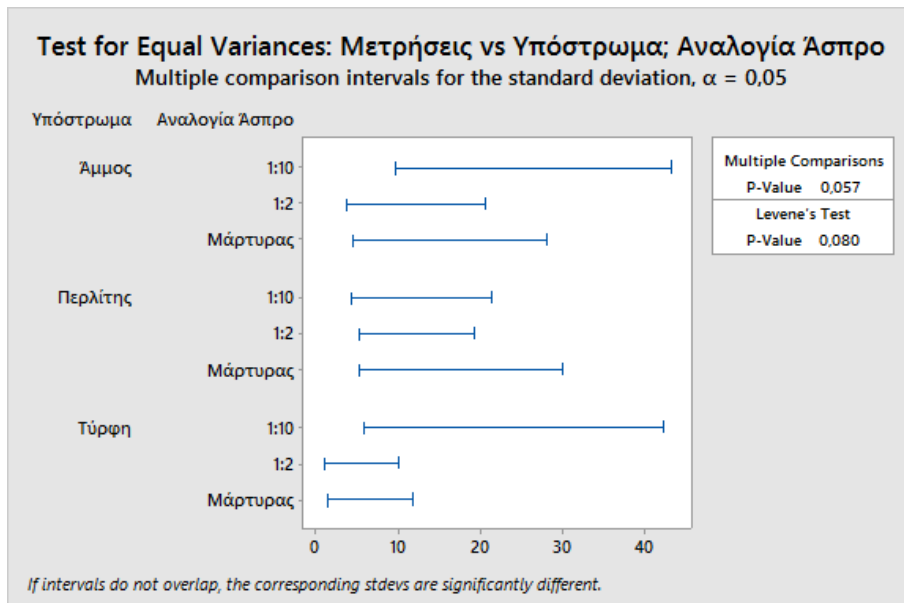
7.1. Φυτικό είδος Τομάτα – Υλικό Α

Έλεγχος Κανονικότητας



Σχήμα 20. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας



Σχήμα 21. Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία Α

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

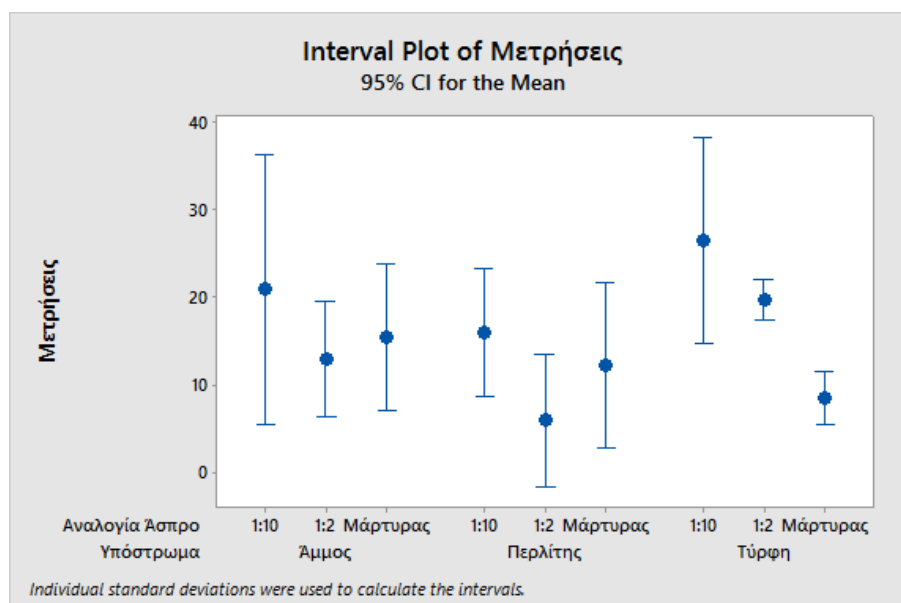
Υπόστρωμα	Αναλογία	N	StDev	CI
Άμμος	1:10	4	9,69536	(1,15392; 265,547)
Άμμος	1:2	4	4,16333	(0,27648; 204,362)
Άμμος	Μάρτυρας	4	5,25991	(0,27356; 329,681)
Περλίτης	1:10	4	4,54606	(0,35440; 190,094)
Περλίτης	1:2	4	4,76095	(0,65667; 112,519)
Περλίτης	Μάρτυρας	4	5,90903	(0,38101; 298,733)
Τύρφη	1:10	4	7,41620	(0,43951; 407,922)
Τύρφη	1:2	4	1,50000	(0,19172; 38,256)
Τύρφη	Μάρτυρας	4	1,91485	(0,16158; 73,970)

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	-	0,057
Levene	2,04	0,080

Interval Plot



Σχήμα 22. Interval Plot

Αποτελέσματα

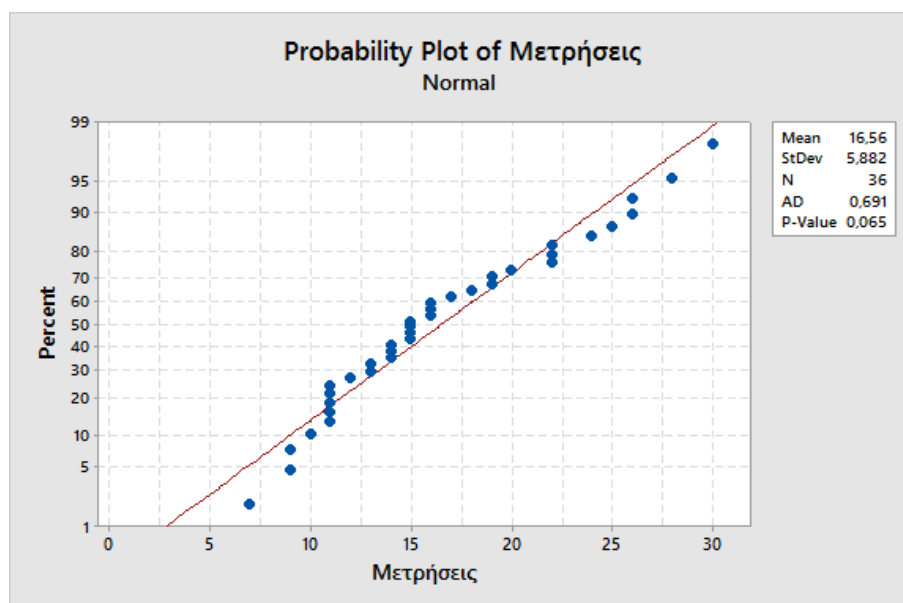
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη ριζοβολία, έχουν οι εξής συνδυασμοί:

- Υπόστρωμα Άμμος και Αναλογία 1:10
- Υπόστρωμα Τύρφη και Αναλογία 1:10

Με πολύ μικρή διαφορά διακρίνεται ότι ως καλύτερη επιλογή συνδυασμού στο φυτικό είδος της τομάτας με το A υλικό είναι η Τύρφη σε αναλογία 1:10.

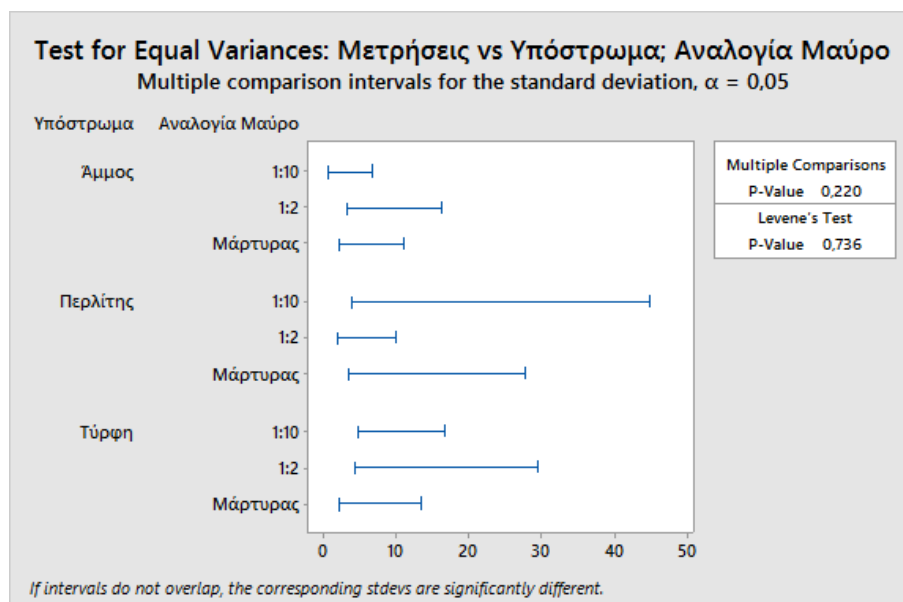
7.2. Φυτικό είδος Τομάτα – Υλικό Μ

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 23. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας



Σχήμα 24. Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία M

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

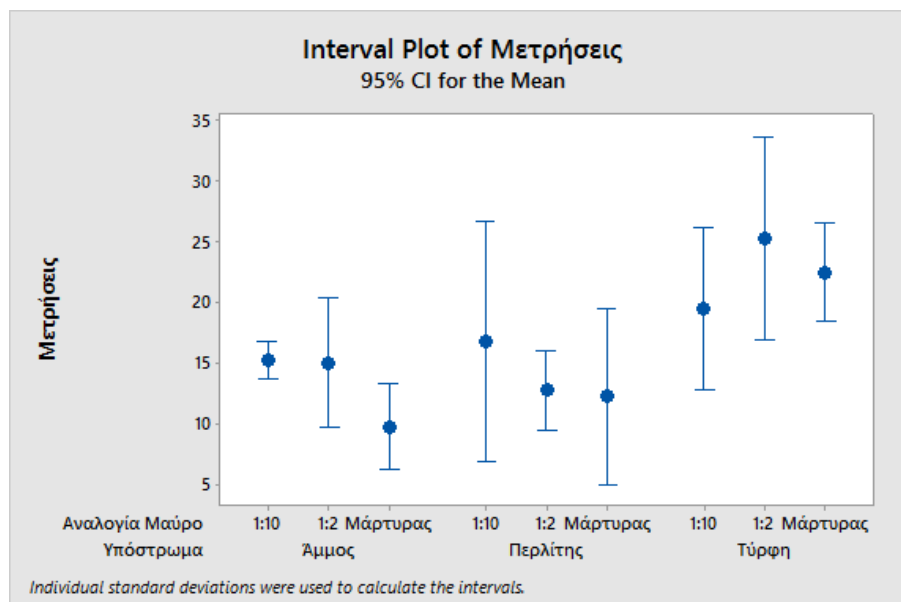
Υπόστρωμα	Αναλογία M	N	StDev	CI
Άμμος	1:10	4	0,95743	(0,080792; 36,985)
Άμμος	1:2	4	3,36650	(0,241384; 153,051)
Άμμος	Μάρτυρας	4	2,21736	(0,198962; 80,554)
Περλίτης	1:10	4	6,23832	(0,276790; 458,325)
Περλίτης	1:2	4	2,06155	(0,312153; 44,382)
Περλίτης	Μάρτυρας	4	4,57347	(0,206027; 330,946)
Τύρφη	1:10	4	4,20317	(0,537734; 107,096)
Τύρφη	1:2	4	5,25198	(0,317452; 283,241)
Τύρφη	Μάρτυρας	4	2,51661	(0,131014; 157,580)

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0,220
Levene	0,64	0,736

Interval Plot



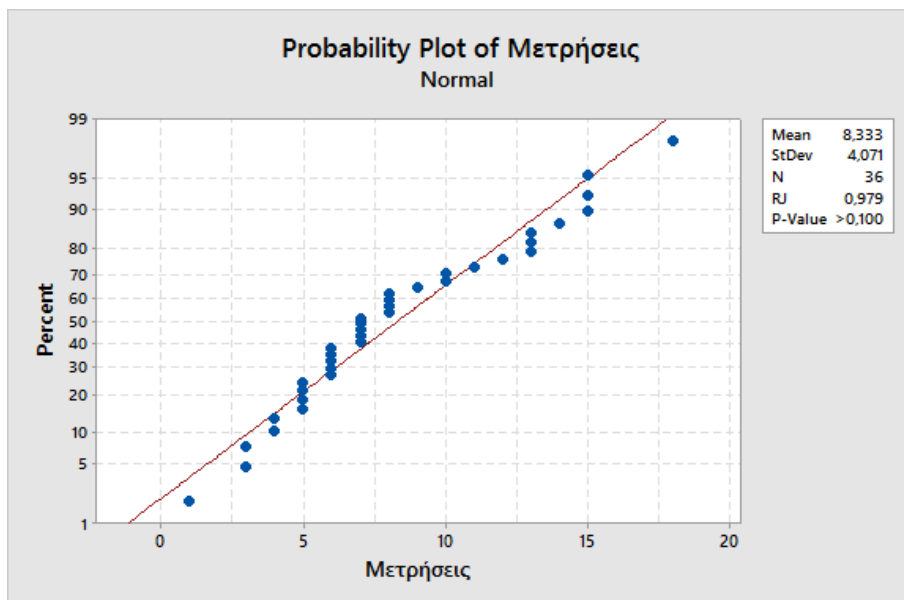
Σχήμα 25. Interval Plot

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των Υποστρωμάτων και των Αναλογιών καθώς ο καλύτερος συνδυασμός είναι ως Υπόστρωμα η Τύρφη και ως Αναλογία 1:2. Φαίνεται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το Υπόστρωμα παρουσιάζει η Τύρφη αλλά ως προς τις αναλογίες δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός.

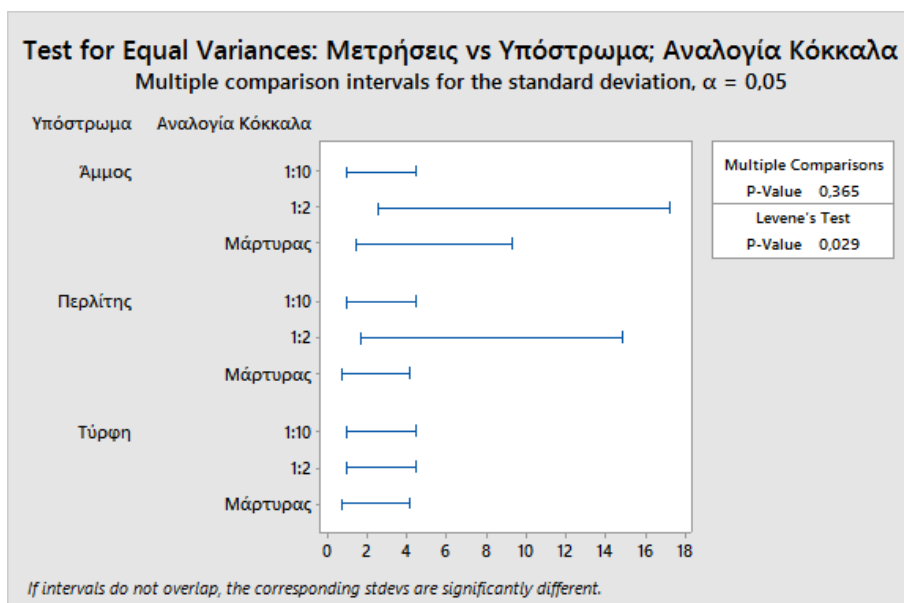
7.3. Φυτικό είδος Τομάτα - Υλικό Κ

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 26. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας



Σχήμα 27. Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία Κ

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

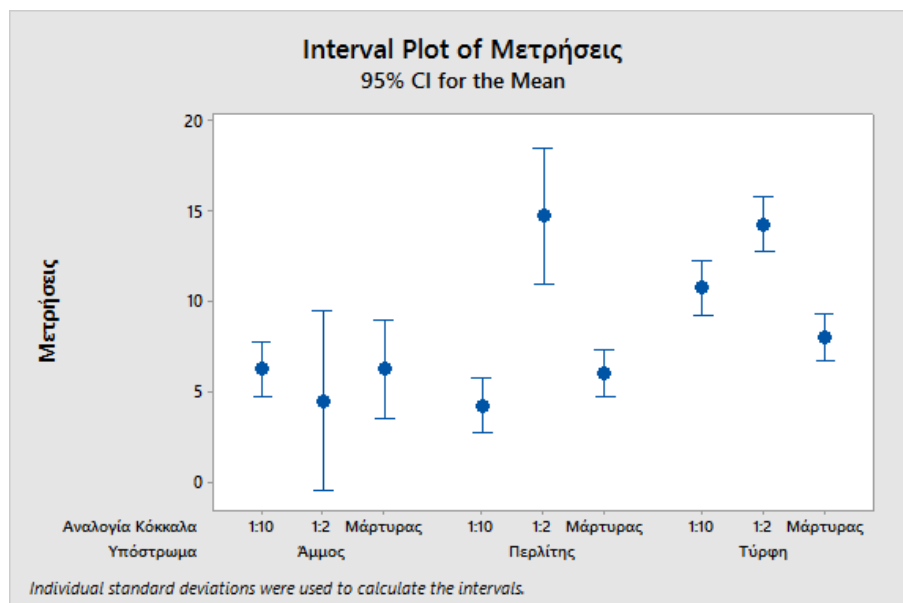
Αναλογία		K	N	StDev	CI
Υπόστρωμα					
Άμμος	1:10	4	0,95743	(0,080792; 36,985)	
Άμμος	1:2	4	3,10913	(0,312359; 100,881)	
Άμμος	Μάρτυρας	4	1,70783	(0,114162; 83,282)	
Περλίτης	1:10	4	0,95743	(0,080792; 36,985)	
Περλίτης	1:2	4	2,36291	(0,155948; 116,708)	
Περλίτης	Μάρτυρας	4	0,81650	(0,046711; 46,524)	
Τύρφη	1:10	4	0,95743	(0,080792; 36,985)	
Τύρφη	1:2	4	0,95743	(0,080792; 36,985)	
Τύρφη	Μάρτυρας	4	0,81650	(0,046711; 46,524)	

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Test	Statistic	P-Value
Multiple comparisons		—	0,365
Levene		2,63	0,029

Interval Plot



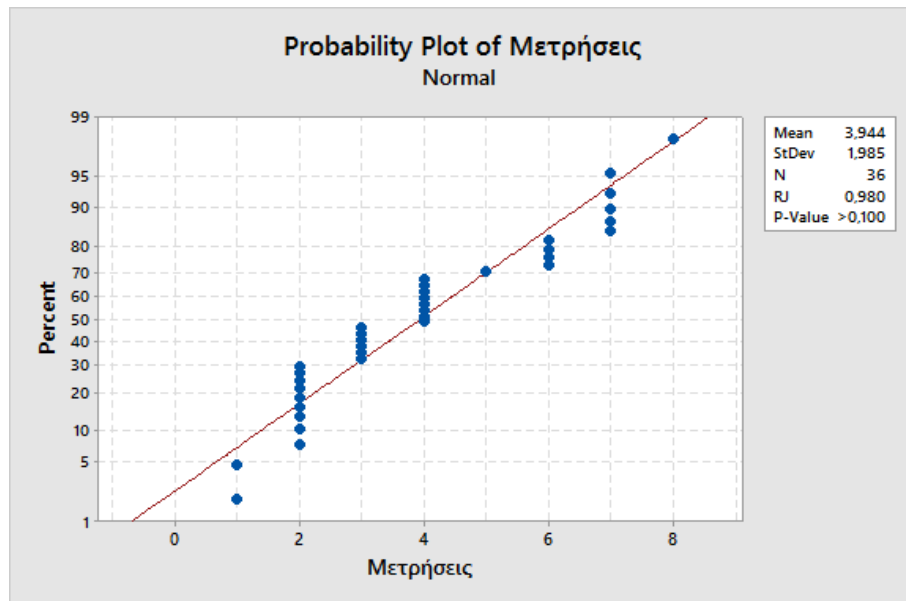
Σχήμα 28. Interval Plot

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός είναι ο : Υπόστρωμα Περλίτης και Αναλογία 1:2.

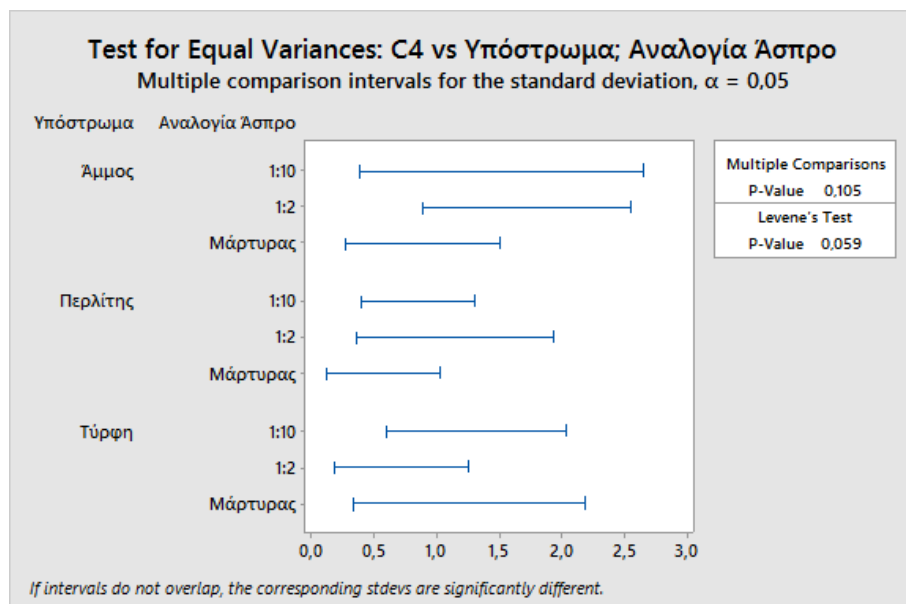
7.4. Φυτικό είδος Σπανάκι – Υλικό Α

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 29. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας



Σχήμα 30. Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: C4 versus Υπόστρωμα; Αναλογία Α

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

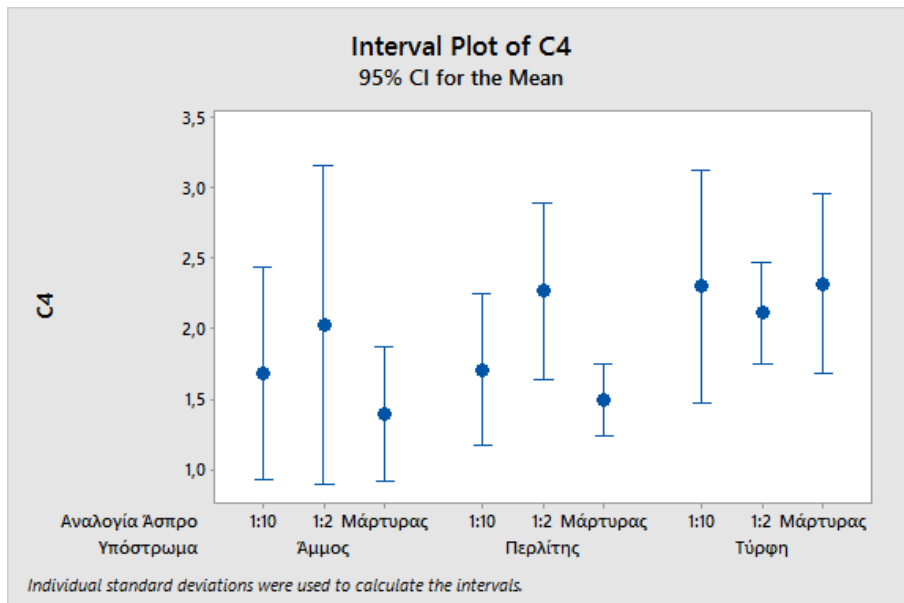
Υπόστρωμα	Αναλογία	A	N	StDev	CI
Άμμος	1:10	4	0,472537	(0,024063; 30,2483)	
Άμμος	1:2	4	0,711029	(0,133990; 12,2995)	
Άμμος	Μάρτυρας	4	0,300151	(0,016887; 17,3902)	
Περλίτης	1:10	4	0,338204	(0,063733; 5,8503)	
Περλίτης	1:2	4	0,393225	(0,024426; 20,6358)	
Περλίτης	Μάρτυρας	4	0,158919	(0,006639; 12,4008)	
Τύρφη	1:10	4	0,520044	(0,069722; 12,6443)	
Τύρφη	1:2	4	0,224745	(0,009389; 17,5373)	
Τύρφη	Μάρτυρας	4	0,402215	(0,018623; 28,3181)	

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	-	0,105
Levene	2,21	0,059

Interval Plot



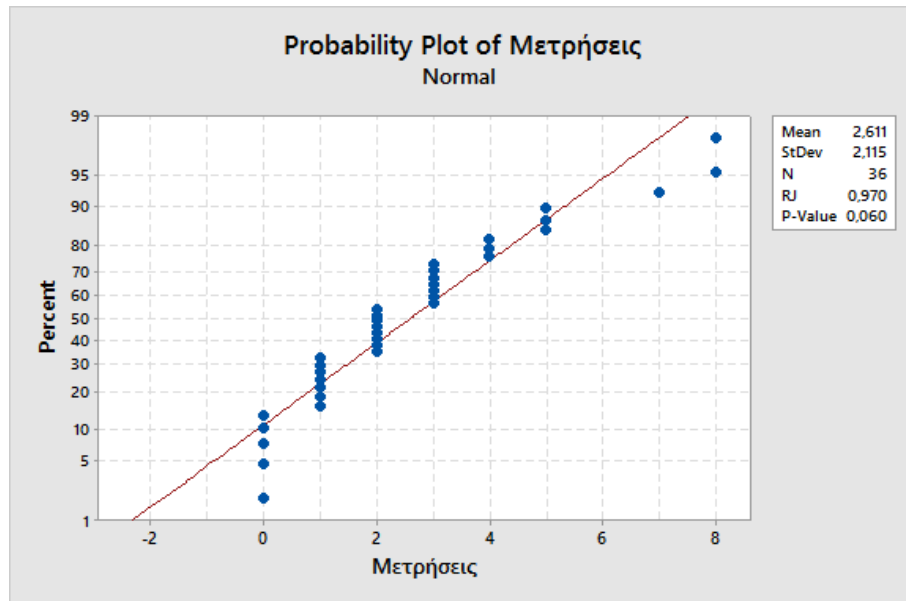
Σχήμα 31. Interval Plot

Αποτελέσματα

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός είναι ως Υπόστρωμα η Άμμος και ως Αναλογία το 1:2 με μικρή διαφορά από το συνδυασμό ως Υπόστρωμα η Τύρφη και ως Αναλογία το 1:10.

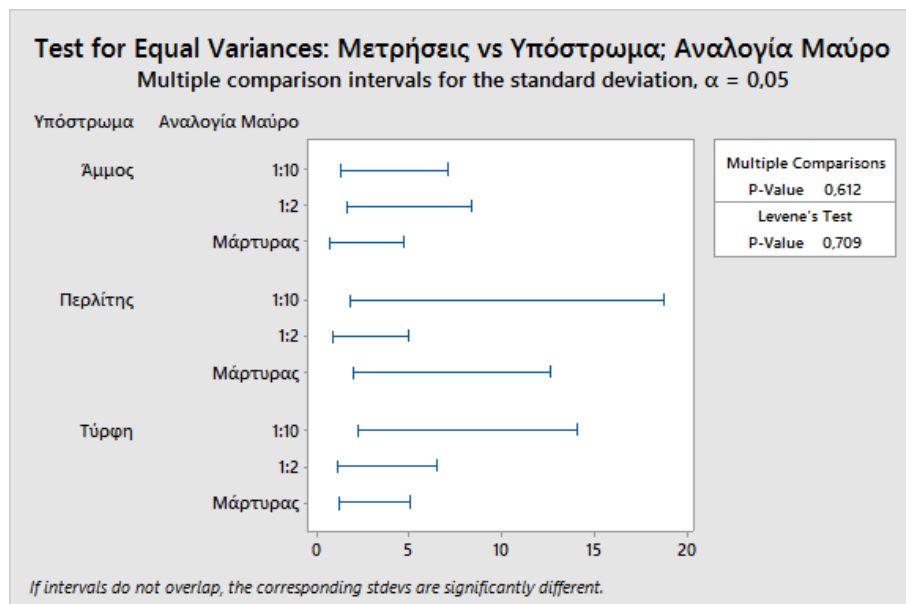
7.5. Φυτικό είδος Σπανάκι – Υλικό Μ

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 32. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας



Σχήμα 33. Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία Μ

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

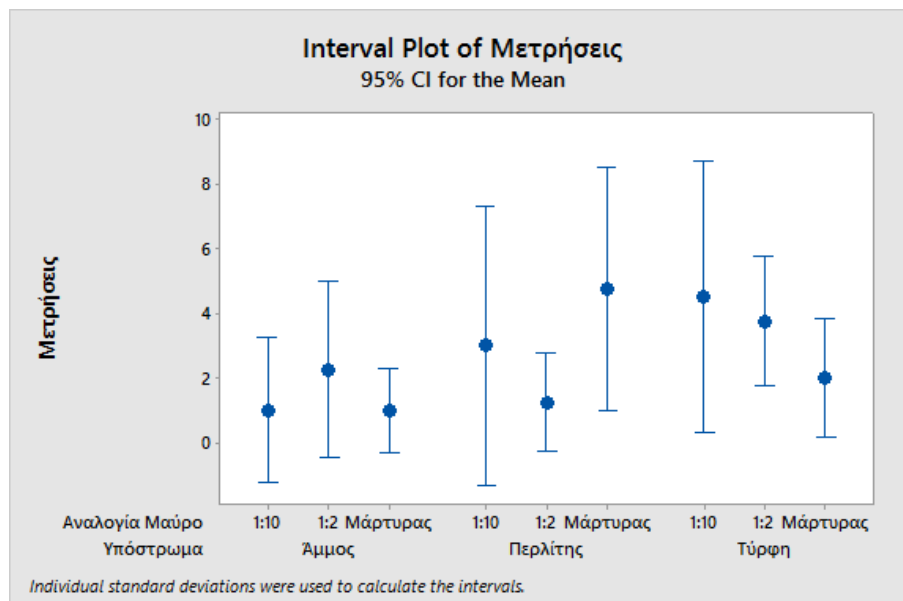
Υπόστρωμα	Αναλογία		N	StDev	CI	
	M					
Άμμος	1:10		4	1,41421	(0,080907;	80,581)
Άμμος	1:2		4	1,70783	(0,114162;	83,282)
Άμμος	Μάρτυρας		4	0,81650	(0,046711;	46,524)
Περλίτης	1:10		4	2,70801	(0,120456;	198,454)
Περλίτης	1:2		4	0,95743	(0,080792;	36,985)
Περλίτης	Μάρτυρας		4	2,36291	(0,155948;	116,708)
Τύρφη	1:10		4	2,64575	(0,193075;	118,184)
Τύρφη	1:2		4	1,25831	(0,065507;	78,790)
Τύρφη	Μάρτυρας		4	1,15470	(0,217598;	19,974)

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Statistic	Test	
		P-Value	
Multiple comparisons	-	0,612	
Levene	0,67	0,709	

Interval Plot



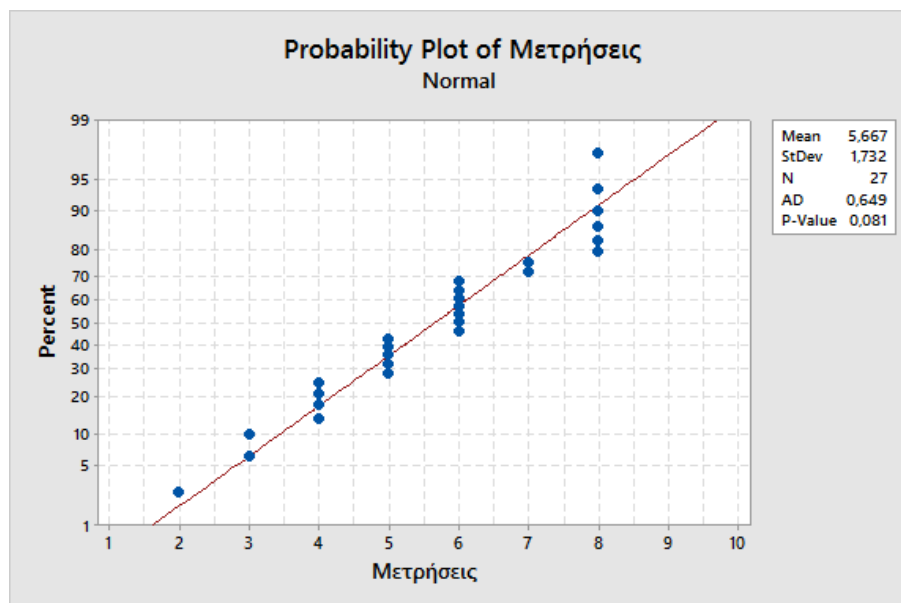
Σχήμα 34. Interval Plot

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι υπάρχει μικρή διαφορά ανάμεσα στους συνδυασμούς : Υπόστρωμα Περλίτης Αναλογία Μάρτυρας και Υπόστρωμα Τύρφη Αναλογία 1:10 όμως ως καλύτερος συνδυασμός θεωρείται ο δεύτερος.

7.6. Φυτικό είδος Μαρούλι – Υλικό Α

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 35. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία Α

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

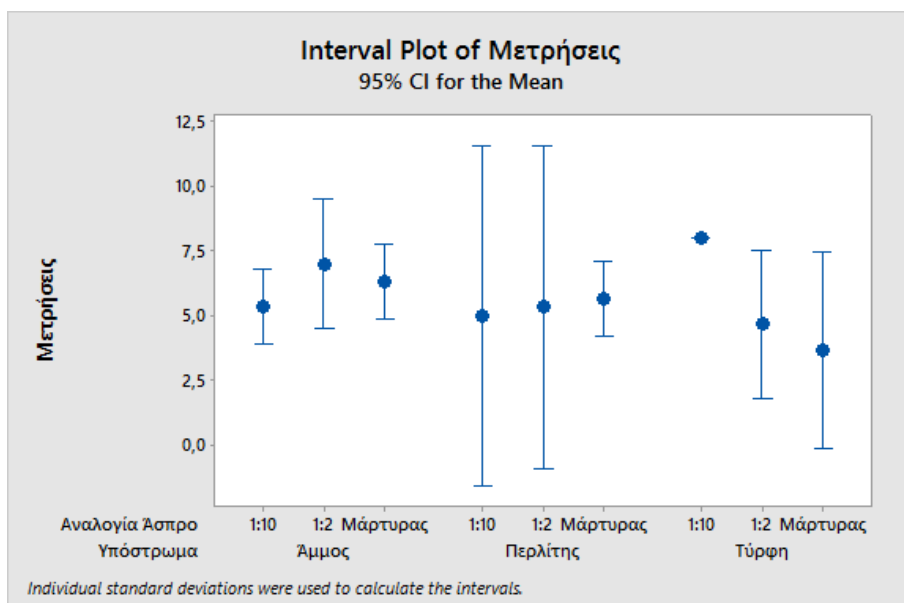
Υπόστρωμα	Αναλογία	N	StDev	CI
Άμμος	1:10	3	0,57735	(0,0000030; 1245355)
Άμμος	1:2	3	1,00000	(0,0000052; 2157018)
Άμμος	Μάρτυρας	3	0,57735	(0,0000030; 1245355)
Περλίτης	1:10	3	2,64575	(0,0000139; 5706933)
Περλίτης	1:2	3	2,51661	(0,0000132; 5428376)
Περλίτης	Μάρτυρας	3	0,57735	(0,0000030; 1245355)
Τύρφη	1:10	3	0,00000	(*; *)
Τύρφη	1:2	3	1,15470	(0,0000060; 2490710)
Τύρφη	Μάρτυρας	3	1,52753	(0,0000080; 3294899)

Individual confidence level = 99,375%

Tests

Method	Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0,482
Levene	0,93	0,518

Interval Plot



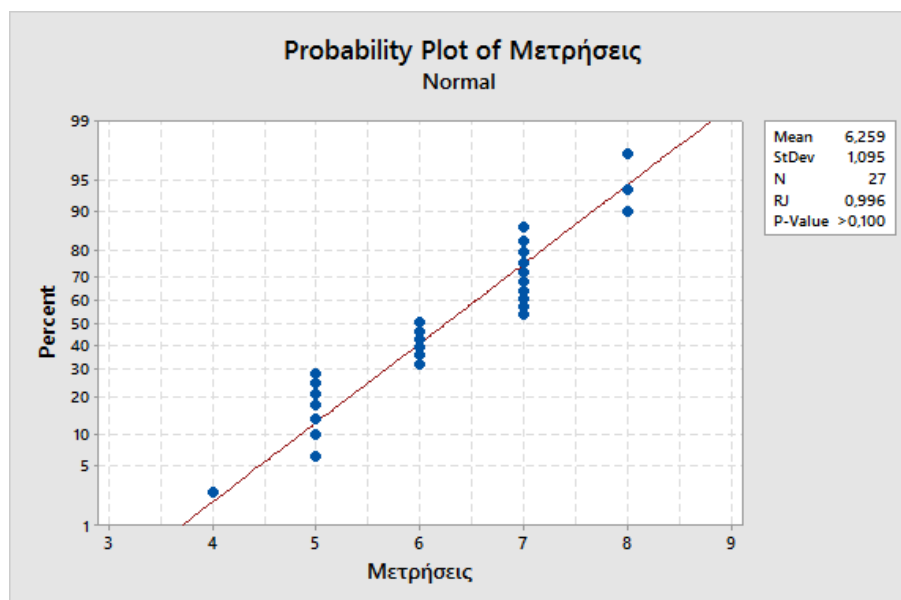
Σχήμα 36. Interval Plot

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι ως καλύτερο Υπόστρωμα για το συγκεκριμένο φυτικό είδος είναι ο Περίλιθος με μικρή διαφορά στην Αναλογία καθώς γραφικά δε φαίνεται να παρουσιάζουν στατιστική διαφορά ανάμεσα στις περιπτώσεις 1:2 και 1:10.

7.7. Φυτικό είδος Μαρούλι – Υλικό Μ

Έλεγχος κανονικότητας



Σχήμα 37. Έλεγχος κανονικότητας

Έλεγχος ομοιογένειας

Test for Equal Variances: Μετρήσεις versus Υπόστρωμα; Αναλογία Μ

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

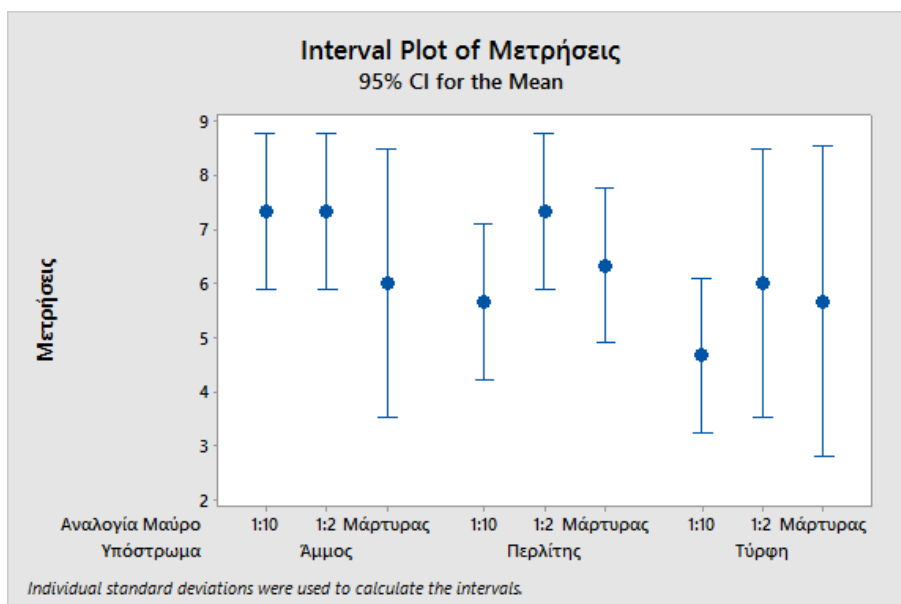
Υπόστρωμα	Αναλογία		StDev	CI
	M	N		
Άμμος	1:10	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Άμμος	1:2	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Άμμος	Μάρτυρας	3	1,00000	(0,0000005; 28161080)
Περλίτης	1:10	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Περλίτης	1:2	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Περλίτης	Μάρτυρας	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Τύρφη	1:10	3	0,57735	(0,0000003; 16258807)
Τύρφη	1:2	3	1,00000	(0,0000005; 28161080)
Τύρφη	Μάρτυρας	3	1,15470	(0,0000005; 32517614)

Individual confidence level = 99,4444%

Tests

Method	Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0,985
Levene	0,19	0,990

Interval Plot



Σχήμα 38. Interval Plot

Αποτελέσματα

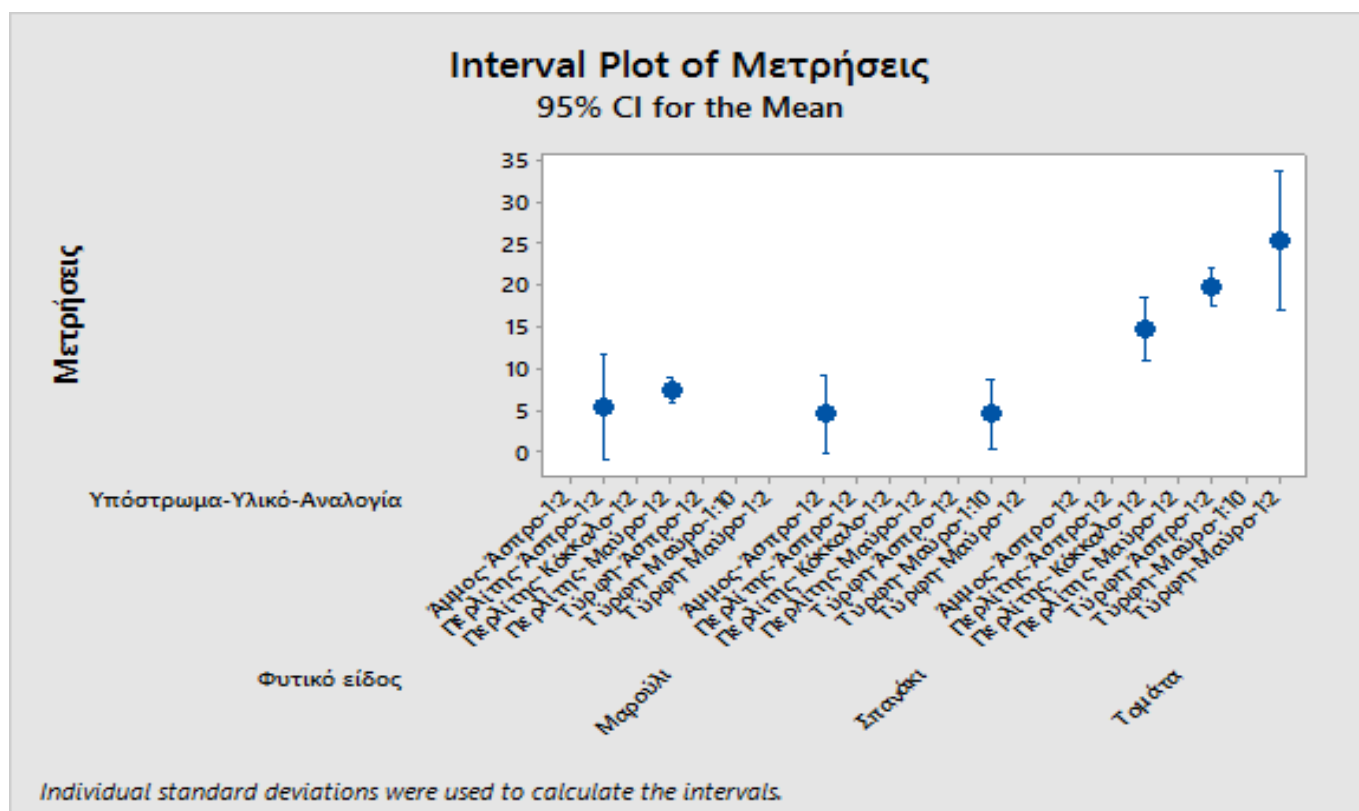
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, είναι φανερό πως δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην συγκεκριμένη περίπτωση καθώς 3 συνδυασμοί παρουσιάζουν ίδια ή παρόμοια αποτελέσματα. Οι συνδυασμοί αυτοί είναι :

- Υπόστρωμα Περγλίτης Αναλογία 1:2
- Υπόστρωμα Άμμος Αναλογία 1:2
- Υπόστρωμα Άμμος Αναλογία 1:10

7.8. Επιλογή καλύτερου συνδυασμού

Παίρνοντας τα καλύτερα αποτελέσματα από τους παραπάνω συνδυασμούς, συγκρίθηκαν μεταξύ τους για να βγει το συμπέρασμα ποιο υλικό ήταν το καλύτερο και σε ποια αναλογία, αλλά και τι επίδραση είχε στην ανάπτυξη των διαφόρων φυτικών ειδών και των υποστρωμάτων.

Interval Plot



Σχήμα 39. Interval Plot καλύτερου συνδυασμού

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα ο καλύτερος συνδυασμός για όλα τα φυτικά είδη, υποστρώματα και αναλογίες είναι :

Τομάτα – Εμπορική Τύρφη-Μ Υλικό – 1:2.

Όπως φαίνεται τα καλύτερα αποτελέσματα εμφανίζει το φυτικό είδος της τομάτας, ως υπόστρωμα η τύρφη, ως υλικό το A και ως αναλογία 1:2.

8. Γενικά Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή έγινε η μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών και η προσροφητική ικανότητα βιοεξανθρακωμάτων από υπολείμματα βιομηχανίας δέψης και βαφής γουναρικών (υλικό M και A) και ένα υλικό από υπολείμματα σφαγείων (υλικό K). Η μελέτη της προσροφητικής ικανότητας έγινε με την φασματοφωτομετρική τεχνική χρησιμοποιώντας ως χρωστική το μπλε του μεθυλενίου. Τα βιοεξανθρακώματα αναμίχθηκαν με τα εμπορικά υποστρώματα σε αναλογία 1/10 και ½ και φυτεύτηκαν οι σπόροι μαρουλιού, σπανακιού και τομάτας. Στη συνέχεια ελέγχθηκε η ριζοβολία των σπόρων και τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με το υπολογιστικό πρόγραμμα mini tab.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα βιοεξανθρακώματα βοηθούν σημαντικά στη ριζοβολία των σπόρων ιδιαίτερα της ντομάτας. Ως καλύτερη αναλογία φαίνεται να είναι Τύρφη, υλικό M, ντομάτα, με αναλογία ½.

Τα υλικά M και A έχουν αρκετά υψηλή προσροφητική ικανότητα. Το υλικό K έχει μικρή προσροφητική ικανότητα και αυξάνεται με το χρόνο. Η προσρόφηση του υλικού K μελετήθηκε περαιτέρω και βρέθηκε ότι ακολουθεί ο μοντέλο Freundlich το οποίο επιτρέπει τον σχηματισμό περισσότερων από ένα μονομοριακό στρώμα σε ενεργειακά ετερογενείς επιφάνειες.

9. Παράρτημα 1

Αξιολόγηση ΒΙΟΞΑΝΘΡΑΚΩΜΑΤΟΣ σε 3 φυτικά είδη

Ημερομηνία

10/3/2016

α/α	Αριθμ. Τελάρου	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	Υπόστρωμα 2	ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Επαν. 1 (στήλη 1)	Επαν. 2 (στήλη 2)	Επαν. 3 (στήλη 3)	Επαν. 4 (στήλη 4)	Σχολιο
1	1	Περλίτης	Σκέτος	τομάτα	13	20	10	6	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
2	1	Περλίτης	1:2 Α	τομάτα	1	3	9	11	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
3	1	Περλίτης	1:10 Α	τομάτα	19	20	15	10	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
4	2	Περλίτης	Σκέτος	τομάτα	11	10	19	9	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
5	2	Περλίτης	1:2 Μ	τομάτα	14	15	11	11	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
6	2	Περλίτης	1:10 Μ	τομάτα	15	13	13	26	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
7	3	Περλίτης	Σκέτος	τομάτα	7	6	5	6	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
8	3	Περλίτης	1:2 Κ	τομάτα	15	18	13	13	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
9	3	Περλίτης	1:10 Κ	τομάτα	5	3	4	5	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
10	4	Άμμος	Σκέτος	τομάτα	23	15	13	11	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
11	4	Άμμος	1:2 Α	τομάτα	8	18	12	14	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
12	4	Άμμος	1:10 Α	τομάτα	32	11	26	15	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
13	5	Άμμος	Σκέτος	τομάτα	11	9	12	7	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
14	5	Άμμος	1:2 Μ	τομάτα	14	16	11	19	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
15	5	Άμμος	1:10 Μ	τομάτα	14	15	16	16	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
16	6	Άμμος	Σκέτος	τομάτα	6	7	4	8	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
17	6	Άμμος	1:2 Κ	τομάτα	8	6	3	1	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
18	6	Άμμος	1:10 Κ	τομάτα	7	7	6	5	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
19	7	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	τομάτα	7	7	9	11	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ

20	7	Εμπορική τυρφη	1:2 A	τομάτα	21	21	18	19	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
21	7	Εμπορική τυρφη	1:10 A	τομάτα	27	18	36	25	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
22	8	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	τομάτα	22	20	26	22	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
23	8	Εμπορική τυρφη	1:2 M	τομάτα	18	28	30	25	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
24	8	Εμπορική τυρφη	1:10 M	τομάτα	22	24	17	15	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
25	9	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	τομάτα	7	7	8	9	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
26	9	Εμπορική τυρφη	1:2 K	τομάτα	15	13	14	15	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
27	9	Εμπορική τυρφη	1:10 K	τομάτα	10	11	12	10	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 4 ΣΠΟΡΟΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
28	1	Περλίτης	Σκέτος	σπανάκι	2	2	2	3	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
29	1	Περλίτης	1:2 A	σπανάκι	3	6	7	5	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
30	1	Περλίτης	1:10 A	σπανάκι	2	4	2	4	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
31	2	Περλίτης	Σκέτος	σπανάκι	3	3	8	5	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
32	2	Περλίτης	1:2 M	σπανάκι	2	0	2	1	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
33	2	Περλίτης	1:10 M	σπανάκι	2	7	2	1	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
34	3	Άμμος	Σκέτος	σπανάκι	3	2	1	2	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
35	3	Άμμος	1:2 A	σπανάκι	2	2	7	7	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
36	3	Άμμος	1:10 A	σπανάκι	1	4	4	3	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
37	4	Άμμος	Σκέτος	σπανάκι	2	1	1	0	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
38	4	Άμμος	1:2 M	σπανάκι	2	3	4	0	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
39	4	Άμμος	1:10 M	σπανάκι	1	0	0	3	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
40	5	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	σπανάκι	6	7	3	6	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
41	5	Εμπορική τυρφη	1:2 A	σπανάκι	6	4	4	4	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
42	5	Εμπορική τυρφη	1:10 A	σπανάκι	3	8	7	4	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
43	6	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	σπανάκι	1	3	3	1	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ

44	6	Εμπορική τυρφη	1:2 M	σπανάκι	2	4	5	4	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
45	6	Εμπορική τυρφη	1:10 M	σπανάκι	5	2	3	8	ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
46	1	Περλίτης	Σκέτος	μαρούλι	6	5	6		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
47	1	Περλίτης	1:2 A	μαρούλι	8	5	3		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
48	1	Περλίτης	1:10 A	μαρούλι	3	8	4		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
49	2	Άμμος	Σκέτος	μαρούλι	6	6	7		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
50	2	Άμμος	1:2 A	μαρούλι	8	6	7		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
51	2	Άμμος	1:10 A	μαρούλι	5	6	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
52	3	Εμπορική τυρφη	Σκέτος	μαρούλι	4	2	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
53	3	Εμπορική τυρφη	1:2 A	μαρούλι	4	4	6		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
54	3	Εμπορική τυρφη	1:10 A	μαρούλι	8	8	8		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
55	4	Περλίτης	σκέτος	μαρούλι	7	6	6		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
56	4	Περλίτης	1:2 M	μαρούλι	8	7	7		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
57	4	Περλίτης	1:10 M	μαρούλι	6	6	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
58	5	Άμμος	σκέτος	μαρούλι	7	5	6		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
59	5	Άμμος	1:2 M	μαρούλι	8	7	7		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
60	5	Άμμος	1:10 M	μαρούλι	8	7	7		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
61	6	Εμπορική τύρφη	σκέτος	μαρούλι	7	5	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
62	6	Εμπορική τύρφη	1:2 M	μαρούλι	6	7	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ
63	6	Εμπορική τύρφη	1:10 M	μαρούλι	4	5	5		ΦΥΤΕΥΤΗΚΑΝ 1 ΣΠΟΡΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΘΗΚΗ

10. Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Φύσσα Π. Σωπίδου Ι. Διπλωματική εργασία ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης 2014.

Βασικές Διεργασίες Χημικής Μηχανικής, McCABE, SMITH HARRIOTT 6ής Έκδοσης ΤΖΙΟΛΑΣ

Εργαστηριακή Άσκηση Τεχνολογίας Νερού- Διάθεση Απόβλητων Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων ΑΤΕΙΘ, με τίτλο «Απομάκρυνση οργανικών ενώσεων από το νερό με προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα»

ΣΑΜΑΡΑΣ ΠΕΤΡΟΣ(1995) ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1994 με τίτλο «Παραγωγή χαρακτηρισμός και προσροφητικής ικανότητας ενεργών ανθράκων από ελληνικό λιγνίτη». <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/3356#page/406/mode/2up>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ-ΟΡΑΤΟΥ(UV-Vis Spectroscopy) Παντελής Ρήγας Καθηγητής Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

O bemah D. Nartey and Baowei Zhao, Advances in Materials Science and Engineering, vol 2014, [1] S.J. Lehmann, Biochar for Environmental Management, Earth-scan, Oxford, UK, 2009.

H. Aydin, Y. Buluta and C. Yerlikayab, "Removal of copper(II) from aqueous solution by adsorption onto low-cost adsorbents" Journal of Environmental Management, vol.87,pp.37-45,2008.

M. Amutio, G. Lopez, J. Alvarez et al, "Flash pyrolysis of forestry residues from the Portuguese Central Inland Region within the framework of the BioREFINA-Ter project," Bioresource Technology, vol 129, pp 512-518, 2013.

M. A. RONDON, J. Lehmann, J. Ramirez, and M. HURTUBO, "Biological nitrogen fixation by common beans (Phaseolus vulgaris L.) increases with bio-char additions" Biology and Fertility of Soils, vol. 43 no.6, pp 699-708, 2007.

J.E. Thies, M. C. Rilling, J. Lehmann, and S. Joseph, "Character-istics of biochar : biological properties", in BC for Environmental Management, Earthscan, New York, NY, USA,2009.

- D.A. Wardle, M. Nilson and O. Zackrisson, Fire-derived charcoal causes loss of forest humus, "Science, vol.320, no 5876, p. 629, 2008 .
- C.J. Atkinson , J.D. Fitzgerald, and N. Higgs, "Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review" , Plant and Soil, vol.337 no. 1 pp.1-18, 2010
- E. R. Graber,, Y.M. Harel, M. Kolton et al, "Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media", Plant and Soil, vol. 337, no.1 pp.481-496, 2010
- C.L.M.K. hodadad, A.R. Zimmerman, S.J. Green, S. Uthandi, and J.S. Foster, "Taxa-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments", Soil Biology and Biochemistry, vol. 43, no.2, pp9-20, 2007
- D. D. Warnock, J.Lehmann, T. W. kuper, and M. C. Rilling, "Mycorrhizal responses to biochar in soil- concepts and mech- anisms", Plant and Soil, vol.300,no.1-2, pp.9-20, 2007
- Y.CHEN, Y.Shinogi, and M. Taira, "Influence of biochar use on sugarcane growth, soil parameters, and groundwater quality", Australian Journal of Soil Research, vol.48, no. 6-7,pp. 526-530, 2010
- D. Angin, Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake," Bioresource Technology, vol.128, pp.593-597, 2013
- Z. Liu and F. Zhang, "Removal of lead from water using biochars prepared from hydrothermal liquefaction of biomass," Journal of Hazardous Materials, vol.167, no.1-3,pp.933-939, 2009
- H. Lu, W. Zhang, Y.Yang, X. Huang, S. Wang, and R. Qiu, "Relative distribution of Pb²⁺ sorption mechanisms by sludge- derived biochar", Water Research, vol.46, no.3 pp.854-862, 2012
- M. Zhang, B. Gao, S. Varnoosfaderani, A. Hebard, Y. Yao, and M. Inyang, "Preparation and characterization of a novel magnetic biochar for arsenic removal," Bioresource Technology, vol.130, pp.457-462, 2013
- V. Asensio, F. A. Vega, M.L. Andrade, and E.F. Covelo," Tree vegetation and waste amendments to improve the physical condition of copper mine soils,"Chemosphere, vol.90,no.2, pp.603-610,2013
- M. C. RILLING, M. Wagner, M. Salem et al., "Material derived from hydrothermal carbonization: effects on plant growth and arbuscular mycorrhiza," Applied Soil Ecology, vol.45, no.3 pp.238-242,2010

IEA Bioenergy, IEA Bioenergy Task 34: Pyrolysis, 2010

http://www.pyne.co.uk/?_id=76

J. M. De la Rosa, H. Knicke, E. Lopez-Capel, D.A. C. Manning, J.A. Gonzalez-Perez, and F.J. Gonzalez-Villa, "Direct detection of black carbon in soils by Py-GC/MS, CARBON-NMR spectroscopy and thermogravimetric techniques," *Soil Science Society of America Journal*, vol.72, no. 1 ,pp.258-267, 2008

K. Hammes, R.J. Smernik, J.O. Skjemstad ,and M.W. I. Schmidt, "Characterisation and evaluation of reference materials for black carbon analysis using elemental composition, colour, BET surface area and C NMR spectroscopy," *Applied Geochemistry*, vol.23, no8, pp.2113-2122, 2008

Y. Qiu, Z. Zheng, Z. Zhou, and G. D. Sheng, "Effectiveness and mechanisms of dye adsorption on a straw-based biochar," *Bioresource Technology*, vol100,no. 21, pp.5348-5351, 2009

H.P.Boehm, "Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons," *Carbon*,vol.32, no.5 pp.759-769, 1994

X.D Cao, N. Ma, B. Gao, and W. Harris, Dairy- manure derived biochar effectively sorbs leas and atrazine," *Enviromental Schience and Technology*, vol.43, pp.3285-3291, 2009

D. Kolodynska, R.WNETRZAK, J.J. Leahy, M. H. B. Hayes, W. Kwapinski and H. Hubichi, "Kinetic and adsorptive characterization of biochar in metal ions removal, *Chemical Engineering Journal*, vol.197, pp.295-305, 2012

P. Regmi, J.L. Garcia Moscoso, S. Kumar, X.Cao, J. Mao, and G Schafran, "Removal of copper and cadmium from aqueous solution using switchgrass biocharv produced via hydrothermal carbonization process," *Journal of Environmental Management* vol.109, pp.61-69, 2012

W.Zheng, M.Guo, T.Guo, T.Chow, D.N. Bennett, and N.Rajagopalan, "sorption properties of greenwaste biochar for two triazine pesticides" *Journal of Hazardous Materials*, vol. 181,no.1-3pp. 121-126,2010

M. UCHIMIYA, l.h. Wartelle, I. M. Lima and K. T. Klasson "Sorption of deisopropylatrazine on broiler litter biochars", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol.58, no23, pp.12350-12356, 2010

W. H. Huang and B. L. Chen, "Interaction mechanisms of organic contaminants with burned straw ash charcoal," *Journal of Environmental Sciences*, vol22, no.10, pp.1586-1594, 2010

- G. Zhang, Q. Zhang, K. Sun, X. Liu, W. Zheng, and Y. Zhao, "Sorption of simazine to corn straw biochars prepared at different pyrolytic temperatures," *Environmental Pollution*, vol.159, no.10, pp.2594-2601, 2011
- K. Sun, K. Ro, M. Guo, J. Novak, H. Mashayekhi, and B. Xing, "Sorption of bisphenol A 17 α - ethinyl estradiol and phenanthrene on thermally and hydrothermally produced biochars," *Bioresource Technology*, vol. 102 no.10, pp.5757-5763, 2011
- R. Xu, Xiao, J. Yuan and A. Zhao, "Adsorption of methyl violet from aqueous solutions by the biochars derived from crop residues," *Bioresource Technology*, vol.102, pp. 10293-10298, 2011
- M. Ahmad, S. Lee, J. E. Yang, H. -M. Ro, Y. H. Lee, and Y. S. Ok "Effects of soil dilution and amendments (mussel shell, cow bone, and biochar) on Pb availability and phytotoxicity in military shooting range soil," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol.79 pp.225-231, 2012
- G. Marchal, K. E. C. Smith, A. Rein, A. Windings, S. T. Rapp and U. G. Karlson, "Comparing the desorption and biodegradation of low concentrations of phenanthrene sorbed to activated carbon, biochar and compost," *Chemosphere*, vol.90, no.6, pp.1767-1778, 2013
- F. Y. Wang, H. Wang and J. W. Ma, "Adsorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by a new low- cost adsorbent- Bamboo charcoal," *Journal of Hazardous Materials*, vol.177, no.1-3, pp.300-306, 2010
- L. Lou, L. Luo, G. Cheng et al, "The sorption of pentachlorophenol by aged sediment supplemented with black carbon produced from rice straw and fly ash," *Bioresource Technology*, vol.112, pp.61-66, 2012
- D. Houben, L. Evrard and P. Sonnet, "Mobility bioavailability and pH- dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar," *Chemosphere*, vol.92, no.11, pp.1450-1457, 2013
- B. Subramanian, V. Namboodiri, A.P. Khodadoust, and D. D. Dionysiou, "Extraction of pentachlorophenol from soils using environmentally benign lactic acid solutions," *Journal of Hazardous Materials*, vol.174, no.1-3, pp.263-269, 2010
- Skoog et al, *Αρχές ενόργανης ανάλυσης Μετάφραση*, Εκδ. Κωσταράκης 2005