



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΙΟΣ, ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΑΠΕΡΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Περίληψη

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1. Ιστορική ανασκόπηση

1.1 κοπριά-combost

1.2 κομποστοποίηση

1.3 Τι πετυχαίνουμε με την χρήση combost

1.4 Διαδικασία της κομποστοποίησης

1.5 Ουσίες κατάλληλες για κομπόστες

1.6 Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση

1.7 Ποιος μπορεί να κατασκευάσει combost

2. Η κατάσταση στη Ελλάδα

2.1 Ελληνική νομοθεσία

2.2 Εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα

2.3 Εργοστάσιο μηχανικής ανακύκλωσης και κομποστοποίησης απορριμάτων(ΕΜΑΚ) Α.Λιοσίων

2.4 ΕΜΑΚ Χανίων

2.5 combost Hellas A.E

3. Τεχνικοί και φυσικοχημικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της κομποστοποίησης

3.1 Μικροχλωρίδα

3.2 Μέγεθος τεμαχιδίων

3.3 Άνθρακας

3.4 Άζωτο

3.5 Αναλογία άνθρακα προς άζωτο (λόγος C/N)

3.6 Άλλα θρεπτικά συστατικά

3.7 Αερισμός

3.8 Υγρασία

3.9 θερμοκρασία

3.10 PH

4 Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Κεφάλαιο 2 Υλικά και μέθοδοι

1. Προέλευση πρώτων υλών
2. Παρασκευή του σωρού κομποστοποίησης
3. Αναδέουσες
4. Αναδέουσες σειραδίου με διαβροχή με απόβλητα ελαιοτριβείων (κασίγαρος)
5. Δειγματοληψία
6. Μελέτη φυσικοχημικών παραμέτρων
 - 6.1 παρακολούθηση θερμοκρασίας
 - 6.2 προσδιορισμός υγρασίας
7. Συσσκευές
 - 7.1 Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις
 - 7.2 προσδιορισμός PH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε οργανικό υλικό
 - 7.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα
 - 7.4 Τεχνική-προσδιορισμός PH και EC με νερό στην αναλογία 1:1 ½
 - 7.5 Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl
 - 7.6 Προσδιορισμός του οργανικού c
 - 7.7 Προσδιορισμός αφομοιώσιμου καλίου στο έδαφος
 - 7.8 Εκτέλεση
 - 7.9 Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων
 - 7.10 Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου
 - 7.11 Εκχύλιση φυτικού ιστού
 - 7.12 Τεχνική μεθόδου ξηρής καύσης
 - 7.13 Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου σε φυτικό ιστό
- 8 Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων
 - 8.1 Αναστροφείας σειραδίων κομποστοποίησης

Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα

3.1 Θερμοκρασίες

3.2 Υγρασία

3.3 ΡΗ

3.4 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

3.5 Κάλιο

3.6 Άζωτο (N)

3.7 Φώσφορος

Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα-βιβλιογραφία

Πρόλογος

Η επαφή μου με το εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων ξεκίνησε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Χαίρομαι που στα πλαίσια της εργασίας μου βρέθηκα σε ένα εργαστήριο αξιόλογο, επαρκώς εξοπλισμένο αλλά προπαντός φιλικό προς τους φοιτητές και γνώρισα αξιόλογους και εξυπηρετικούς ανθρώπους.

Θα ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Δρ. Θρασύβουλο Μανιό που με επέλεξε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, για την βοήθεια και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης ευχαριστώ το προσωπικό του εργαστηρίου που με συμβούλεψε και με βοήθησε στην πραγματοποίηση της εργασίας και ειδικά τους Γεώργιο Δασκαλάκη, Φένια Γάλλιου, Νικόλαο Μαρκάκη και τον καθηγητή Ιωάννη Σαμπαθιανάκη.

Αλλά ευχαριστώ ιδιαίτερος τους Γιώργο Σταυρουλάκη, Ιωάννη Χριστοφοράκη και τους υπόλοιπους συναδέλφους, που αρκετά συχνά κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες, βοηθούσε σε μεγάλο βαθμό ο ένας στην πτυχιακή εργασία του άλλου, για τη συμπαράσταση τους και για την ευχάριστη συνεργασία μαζί τους.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι η βελτιστοποίηση της μεθόδου της κομποστοποίησης κτηνοτροφικών αποβλήτων με συστήματα αναστρεφόμενων σειραδίων αναμειγμένων με κλαδοκάθαρα και συγκεκριμένα κοπριάς ορνίθων χρησιμοποιώντας απόβλητα ελαιουργείων σε κάποιες από τις αναστροφές του σειραδίου και μελέτη της διαδικασίας και των φυσικοχημικών παραμέτρων που την επηρεάζουν. Το νόημα και η αξία της κομποστοποίησης έγκειται στο ότι παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής με τον κατάλληλο χειρισμό ρυπογόνων οργανικών υπολειμμάτων σε οργανική ουσία υψηλών προδιαγραφών. Φυτοτοξίνες μπορεί να παραχθούν όταν η διαδικασία ζύμωσης αφεθεί ανεξέλεγκτη και λαμβάνει χώρα υπό αναερόβιες συνθήκες. Για την επιτυχία της κομποστοποίησης σημαντικό ρόλο "παίζει" ο εξοπλισμός. Ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει τον αναστροφέα (Compost Turner), τον θρυμματιστή (Shredder), το κόσκινο (Screen), το υλικό κάλυψης των σωρών (Compost protection fleece) και τα όργανα μετρήσεων.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1. Ιστορική ανασκόπηση

Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα οι κύριες πηγές τροφής του ανθρώπου προέρχονταν από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις .

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα ο άνθρωπος επιδίωκε την καλύτερευση της ποιότητας των τροφίμων του. Για το σκοπό αυτό ανέπτυξε ενστικτωδώς την τεχνική της κομποστοποίησης.

Η κομποστοποίηση η composting είναι μια από τις αρχαιότερες γεωργικές τεχνικές και η πρώτη εφαρμογή της χάνεται στα βάθη των αιώνων,(χαρακτηριστικό παράδειγμα κομποστοποίησης ήταν το χώνεμα της κοπριάς)

Η πρώτη προσπάθεια για εφαρμογή της κομποστοποίησης καταγράφεται στην κίνα περίπου 5.000 χρόνια πίσω , ενώ μέχρι και τα μέσα του 20ου αιώνα παρέμενε ουσιαστικά πρωτόγονη.

Στα μέσα του 1930 καταγράφεται η πρώτη προσπάθεια βελτίωσης και συστηματοποίησης της παραδοσιακής διαδικασίας κομποστοποίησης σε ανοιχτό χώρο από τον Sir Albert Howard και τους συνεργάτες του.

Η τεχνική της κομποστοποίησης απέκτησε επιστημονικό χαρακτήρα από τον Walksman και τους συνεργάτες του (1926-41), οι οποίοι μελέτησαν την μικροβιολογία της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων κατά την κομποστοποίηση.

Στη χώρα μας δεν υπάρχουν σαφής πληροφορίες για το πότε πρωτοεφαρμόστηκε η κομποστοποίηση ωστόσο εικάζεται ότι χρησιμοποιείται η τεχνική αυτή για περισσότερα από 3000 χρόνια. Πρωτοπόροι μπορούν να θεωρηθούν οι Αρώμονοι ή Αρμάνοι Βλάχοι, αρχαιοελληνικό φύλο που η ύπαρξη του χρονολογείται από τα Μυκηναϊκά χρόνια. Οι Βλάχοι ήταν νομαδική φυλή, με έντονη γεωργική, κτηνοτροφική και εμπορική δράση και πιθανόν να κληρονόμησαν την τεχνική από τους Ρωμαίους με τους οποίους είχαν αναπτύξει δίκτυο εμπορικών συναλλαγών. Οι Βλάχοι λοιπόν άρχισαν μια διαδικασία χωνέματος της κοπριάς των αιγοπροβάτων και χρησιμοποιούσαν το τελικό προϊόν (κόμποστ) ως εδαφοβελτιωτικό στα χωράφια τους.

Πρώτη επιστημονική προσέγγιση και μελέτη της κομποστοποίησης στην Ελλάδα έγινε από τον Β. Μανιό (1979) με την κομποστοποίηση της εκχυλισμένης ελαιοπυρήνας

1.1 Η ΚΟΠΡΙΑ-ΚΟΜΠΟΣΤ

Η κοπριά είναι η καρδιά του βιολογικού κτήματος. Είναι η αποθήκη από οργανική ουσία και λιπάσματα που τροφοδοτεί τα φυτά και τα δένδρα του κτήματος.



Για το γεωργό που καλλιεργεί βιολογικά, μεγαλύτερη σημασία έχει η κομπόστ. Η λέξη κομπόστ προέρχεται από την λατινική *compositum* που σημαίνει σύνθεση και η κοπριά αποτελεί ένα σύνολο από διάφορες οργανικές ουσίες που ενώνονται βιολογικά από τη φύση σε μια αρμονική ισορροπία. Κομποστοποίηση είναι η αποσύνθεση διαφόρων οργανικών υλικών (φυτικά απορρίμματα, υπολείμματα, απόβλητα κλπ) από τη δράση ενός πλήθους μικροοργανισμών, σε θερμό, υγρό και αεριζόμενο περιβάλλον. Τα οργανικά υλικά που συγκεντρώνονται τεμαχισμένα σε κατάλληλα διαμορφωμένους σωρούς, περιέχουν τους απαραίτητους πληθυσμούς μικροοργανισμών, για την έναρξη της διαδικασίας αποσύνθεσης, η οποία κάτω από φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος απαιτεί μεγάλα χρονικά διαστήματα. Γι' αυτό, λαμβάνεται μέριμνα ώστε η παραγόμενη θερμότητα από τη διαδικασία, να διατηρείται, ώστε να επιταχυνθεί η αποσύνθεση. Οι μικροοργανισμοί που παίρνουν μέρος στην κομποστοποίηση, είναι κυρίως βακτήρια, μύκητες, ακτινομύκητες, πρωτόζωα, αρθρόποδα και διάφορα έντομα. Όσο περισσότερες και διαφορετικές ουσίες περιέχει η κομπόστ, τόσο καλύτερη κοπριά θα μας δώσει. Για να ωριμάσει μια κοπριά πρέπει να παρέλθουν 1-3 χρόνια. Εάν, μέσα σ' ένα χρόνο, δεν γίνει η χουμποποίηση (χώνεμα) σημαίνει ότι η κομπόστ έχασε τη δραστηριότητά της και πρέπει να επέμβουμε. Πρέπει να την γυρίσουμε ή να την ανακατέψουμε, προσθέτοντας και λίγη κοπριά στάβλου, ασβέστιο ή άλλες οργανικές ουσίες.

Η κομπόστ δεν είναι σκουπιδότοπος, όπου ρίχνουμε ότι άχρηστο υπάρχει. Οι ουσίες που καταλήγουν εκεί, πρέπει να είναι και επεξεργάσιμες από τα εκατομμύρια μικροοργανισμούς που υπάρχουν. Ότι πρέπει πρώτα από όλα να είναι οργανικές ουσίες, είναι αυτονόητο. Το ότι όμως δεν πρέπει να είναι από μέταλλο, πλαστικό, γυαλιά, χρώματα, λάστιχα κλπ, λίγοι το γνωρίζουν.

Όμως και οι οργανικές ουσίες, δεν είναι όλες κατάλληλες για κοπριά. Τα κόκαλα, τα εντόσθια και τα κρέατα από διάφορα ζώα δεν έχουν θέση στην κομπόστ. Επίσης τυροκομικά, αποφάγια της κουζίνας, φυτά που έχουν

προσβληθεί από διάφορες αρρώστιες, στάχτη από ξύλα που χρησιμοποιήθηκαν με μπογιές και συντηρητικά καθώς και φλούδες από διάφορα φρούτα (πορτοκάλια, λεμόνια, κλπ) που έχουν ραντισθεί με φυτοφάρμακα και αυτά δεν πρέπει να καταλήγουν στην κομπόστ.

Η κομπόστα συνιστά ένα μίγμα υλικών φυτικής και ζωικής προέλευσης σε ανάμιξη με ανόργανα υλικά. Κατά την κομποστοποίηση η αερόβια ζύμωση αναπτύσσει υψηλές θερμοκρασίες (αναγκαία μέχρι 50°C), που επιτυγχάνουν και την καταστροφή πολλών παθογόνων μικροβίων.

1.2 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η «κομποστοποίηση» είναι μια απλή διαδικασία αξιοποίησης της «πλεονάζουσας» βιομάζας (πρωτογενούς οργανικής ουσίας), με την μετατροπή της σε ενεργό οργανικό λίπασμα (κομπόστ). Οργανικά φυσικά υλικά συγκεντρώνονται, τεμαχίζονται και αφήνονται να χωνέψουν (να αποσυντεθούν) με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που υπάρχουν παντού στη φύση. Ο τεμαχισμός των υλικών είναι απαραίτητος γιατί

α) μειώνεται ο όγκος του υλικού,

β) γίνεται δυνατή η ανάμιξη και ο χειρισμός των ετερογενών υλικών και

γ) αυξάνεται η δραστική επιφάνεια ώστε η κομποστοποίηση να είναι πλήρης και να γίνεται στον ελάχιστο χρόνο (το πολύ 6 μήνες).

Οι θρυμματιστές είναι τα ειδικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τον τεμαχισμό της φυτικής βιομάζας που προορίζεται για κομποστοποίηση.

Οι θρυμματιστές ποικίλουν σε δυναμικότητα, ανάλογα με το είδος των υλικών και τον απαιτούμενο όγκο εργασίας. Η κίνηση εξασφαλίζεται από ηλεκτρικό κινητήρα, από βενζινοκινητήρα ή από το παρτικόφ ενός τρακτέρ.

Το χωνεμένο ώριμο κομπόστ είναι φορέας γονιμότητας, ασύγκριτα καλύτερο ακόμα και από την τύρφη ως βελτιωτικό του εδάφους.



Θ ρ υ μ μ α τ ι σ μ ό ς κ λ α δ ι ώ ν ε λ α ι ο δ έ ν τ ρ ω ν , γ ι α τ η ν
π α ρ α σ κ ε υ ή κ ο μ π ό σ τ .

1.3 ΤΙ ΠΕΤΥΧΑΙΝΟΥΜΕ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Αξιοποιούμε πολύτιμη οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών. Επειδή αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων, μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών που στη χώρα μας ως γνωστόν είναι μεγάλος. Για τον ίδιο λόγο συντελούμε στον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Αποδεδειγμένα το κλάδεμα των δέντρων από την επικίνδυνη περίοδο για τις πυρκαγιές (απαγόρευση καύσης από Μάιο μέχρι Οκτώβριο).

Εξοικονομούμε ενέργεια, χρήμα και εργασία (ενεργειακές εισροές), γιατί με τη σωστή εφαρμογή του κομπόστ διευκολύνονται ή περιορίζονται ορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις όπως βοτανίσματα, σκαλίσματα, άρδευση.

Εξοικονομούμε πολύτιμο νερό.

Συντελούμε στην προστασία των υπόγειων νερών, των υδάτινων αποδεκτών και της θάλασσας από τον ευτροφισμό.

Συντελούμε στην εξυγίανση της φύσης μέσα από την προστασία των εδαφών (αναδημιουργία χούμου/φυσικής οργανικής ουσίας) και τις λιγότερες αρρώστιες στις καλλιέργειες.

Συντελούμε στον περιορισμό του προβλήματος της διάθεσης των οργανικών απορριμμάτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής, επειδή η κομποστοποίηση συνιστά τον βέλτιστο τρόπο αξιοποίησής τους (περιορίζεται η διαφυγή των θρεπτικών σε έδαφος και ατμόσφαιρα).

1.4 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Μέσα στο σωρό του κομπόστ, μεγάλοι πληθυσμοί οργανισμών τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, μετατρέποντας τα οργανικά απόβλητα του κτήματος, του νοικοκυριού και του κήπου σε εξαιρετο οργανικό λίπασμα. Πραγματικά, αυτή η λειτουργία της αποσύνθεσης συμβαίνει αδιάκοπα μέσα στη φύση. Όταν φτιάχνουμε έναν σωρό κομπόστ, παρεμβαίνουμε ώστε να επιταχύνουμε τη διαδικασία και να δημιουργήσουμε ένα πολύτιμο βελτιωτικό του εδάφους.

Ένα σύστημα κομπόστ μπορεί να ποικίλει σε μέγεθος από ένα σπιτικό δοχείο όπου ανακυκλώνουμε τα περισσεύματα της κουζίνας, μέχρι μια μεγάλη μονάδα όπου εκατοντάδες τόνοι απορριμμάτων ενός δήμου καθημερινά μπορούν να αξιοποιούνται.

Η επιλογή της δικής μας μεθόδου εξαρτάται από το είδος των υλικών που έχουμε, πόσο χρόνο και προσπάθεια έχουμε τη διάθεση να επενδύσουμε (από πολύ έως ελάχιστο) και πόσο χώρο έχουμε στη διάθεσή μας.

Η παρασκευή κομπόστ θα ωφελήσει το κτήμα ή τον κήπο μας, την υγεία μας, το περιβάλλον και την τσέπη μας. Το κτήμα και τον κήπο, επειδή παράγεται ένας εξαιρετικός παράγοντας εδαφικής γονιμότητας. Την υγεία μας, επειδή η χρήση του φυσικού χούμου οδηγεί στην παραγωγή προϊόντων άριστης ποιότητας. Το περιβάλλον, επειδή συντελούμε στην εξυγίανση της φύσης και στη δέσμευση των ισχυρών οργανικών αποβλήτων από την πρωτογενή παραγωγή (κοπριά, αέρια, ευτροφισμός κλπ.). Την τσέπη μας, επειδή δεν καταφεύγουμε στα σκευάσματα του εμπορίου.

Με το κομπόστ, δημιουργούμε μια πηγή θρεπτικών πρώτης ποιότητας. Το

κομπόστ βελτιώνει τη δομή του εδάφους και την υδατοικανότητα και προστατεύει τα φυτά από ασθένειες. Σε πολλές χώρες, αντί για το κάψιμο των κλαδιών, το κομπόστ τραβά το ενδιαφέρον ακόμα και όσων δεν είναι αγρότες και θέλουν να μειώσουν τον όγκο για μερικές κατηγορίες απορριμμάτων. Κατά μέσο όρο, το μισό του όγκου των αποβλήτων ενός νοικοκυριού μπορεί να κομποστοποιηθεί. Στο κτήμα, η κομποστοποίηση είναι μια πρακτική και φτηνή μέθοδος να μην αφήσουμε να πάνε χαμένα τα θρεπτικά που έχουν δεσμευτεί στην κοπριά. Ο αγρότης μπορεί επίσης να αξιοποιήσει ελεύθερες πηγές γονιμότητας, όπως τα απόβλητα από τις αυλές και τις κουζίνες της γειτονιάς.

1.5 ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΕΣ

Υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή κομποστών είναι:

Οργανικά υλικά από στάβλους (κοπριά ζώων και άχυρο). Αχώνευτη από βόδια, από αγελάδες, γιδοπροβάτων και πουλερικών (όχι ανθρώπων και χοίρων). Η κοπριά των πουλερικών πρέπει να ανακατεύεται με φυτικά υλικά για καλή εξισορρόπηση της σχέσης C/N (Πίνακας). Προσοχή όμως γιατί η υπερβολικά χωνεμένη κοπριά, είναι νεκρή κοπριά. Συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της κοπριάς προέρχεται από το ίδιο το κτήμα.

Οι μικρές δόσεις από κοπριά στάβλου οδηγούν στην κανονική σχέση άνθρακα και αζώτου (C/N) που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25-35:1. Εάν η σχέση C/N υπερβαίνει το 25:1, τότε πρέπει να τη διορθώσουμε προσθέτοντας υλικά που περιέχουν περισσότερο άζωτο όπως είναι τα ψυχανθή, η τσουκνίδα, η κοπριά πουλερικών ή τα αζωτούχα λιπάσματα επί βιολογικής βάσης.

Κάθε χλωρή μάζα από βοτανίσματα και κορφολογήματα. Αγριόχορτα, εκτός από την αγριάδα και μερικά άλλα, που πρέπει να μπαίνουν στην μέση της κομπόστας για να σαπίζουν εντελώς από τη μεγάλη θερμοκρασία που επικρατεί, ώστε οι σπόροι τους να χάσουν τη βλαστική τους ικανότητα.

Ξηρά υπολείμματα μετά τη συγκομιδή. Φυτικά υπολείμματα, φύλλα, κοτσάνια, φλούδες, ρίζες, κλαδέματα αλλά τα χοντρά μέρη πρέπει να τεμαχίζονται. Πολύτιμα είναι τα φύλλα που πέφτουν από τα δένδρα και ειδικότερα αυτά της οξυάς, της καστανιάς και της βελανιδιάς. Οι βελόνες των πεύκων μπορεί να αποτελέσουν ένα μικρό ποσοστό (10%) της κομπόστας.

Το φύλλωμα από τα δένδρα, εκτός από τα φύλλα της δρυός και της καστανιάς, που δε σαπίζουν εύκολα και πρέπει να μαζεύονται χωρία σε σωρό, μαζί με χώμα και μετά από ένα χρόνο να προστίθενται στην κομπόστα.

Διάφορα προϊόντα κλαδέματος, άχυρα, καλαμιές, φύλλα, τεμαχισμένες φλούδες δένδρων κλπ., με λίγα ή καθόλου θρεπτικά στοιχεία

Οργανικά υπολείμματα της κουζίνας: φλούδες, φύλλα, κοτσάνια, καρποί, υπολείμματα από σαλάτες, τσόφλια αυγών, όχι όμως κρέατα, λάδια, λίπη και καμένα φαγητά. Φλούδες από κρεμμύδια, κατακάθια από τσάι και καφέ αποτελούν εξαιρετική τροφή των μικροοργανισμών και ιδιαίτερα των σκουληκιών, κόκαλα και ψάρια κατά προτίμηση τεμαχισμένα και κοπανισμένα. Τα κατακάθια των αφεψημάτων, εκχυλισμάτων κλπ. από αρωματικά και θεραπευτικά βότανα.

Υπολείμματα επεξεργασίας εργοστασίων: σταφύλια από οινοποίηση, υπόλοιπα από ελαιουργεία, εκκοκκιστήρια βαμβακιού, επεξεργασίας τεύτλων για ζάχαρη, κονσερβοποιίας, ειδικότερα ότι περισσεύει από μηχανική επεξεργασία χωρίς προσθήκη χημικών.

Ορυκτά υλικά: Σκόνες πετρωμάτων (λατομεία).

Χωνεμένη κομπόστα ή χώμα με οργανική ουσία: αναγκαίο για εμβολιασμό του μίγματος με μικροοργανισμούς.

Διάφορα προϊόντα κηπευτικών φυτών, υπολείμματα λαχανικών και μανιτάρια, που είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία.
Κομπόστα από σκουλήκια, κοπριά ζώων ή πτηνών, υπολείμματα χορτοκοπής γκαζόν κλπ., που επίσης είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία.
Φύκι και άλλα φυτικά υπολείμματα.

Τα τελευταία χρόνια, οι βιοκαλλιεργητές χρησιμοποιούν, για γρήγορο σάπισμα των οργανικών ουσιών, ένα ειδικό παρασκεύασμα, αβλαβές για τα ζώα και τα πουλερικά. Είναι σε σκόνη που περιέχει αρκετά μικρόβια σε κατάσταση παρατεταμένης νάρκης. Όταν την ρίξουμε στην κομπόστα και την καταβρέξουμε, τα μικρόβια αρχίζουν να δρουν και να επιταχύνουν το σάπισμα των ουσιών.

Χώμα από γλάστρες (όταν ανανεώνεται). Μαραμένα λουλούδια. Στάχτη από ξύλα. Φυτικά υπολείμματα, υπολείμματα λαχανικών (φύλλα και στελέχη). Φυτική ύλη από πάρκα, κήπους, κλαδέματα, κλαδιά δέντρων και θάμνων, υπολείμματα καλλιεργειών (κλαδέματα), κομμένη χλόη (γκαζόν), αγριόχορτα πριν σχηματίσουν σπόρους, φύλλα από δέντρα.
Ροκανίδια και πριονίδια και φλοιός από κατεργασία ξυλείας σε πριστήρια (όχι εμποτισμένης ξυλείας εμπορίου).

Η σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N) μερικών οργανικών ουσιών.

Οργανικές ουσίες	Σχέση C/N
Υπολείμματα κήπου	7 : 1
Χόρτα από χλοοτάπητα (γκαζόν)	12 : 1
Κομμένο τριφύλλι	12 : 1
Γρασίδι	19 : 1
Φρέσκια κοπριά	10 : 1
Χωνεμένη κοπριά	20 : 1
Κοπριά στάβλου τριών μηνών	15 : 1
Περισσεύματα κουζίνας	15 : 1
Οργανικά υπολείμματα κουζίνας	23 : 1
Φρούτα	35 : 1
Φύλλα	40-80 : 1
Φύλλωμα δένδρων	50 : 1
Άχυρα	80 : 1
Άχυρα σίτου	125 : 1
Πευκοβελόνες	60-110 : 1
Χαρτί	170 : 1
Πριονίδια	500 : 1

1.6 ΥΛΙΚΑ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Ανόργανα υλικά (πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί).

Τυπωμένο χαρτί (εν μέρει).

Υπολείμματα φαγητών που περιέχουν κρέας, λίπη, κόκαλα, λάδια υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά κλπ.

Τα υπολείμματα της καλλιέργειας της ντομάτας (στις ρίζες υπάρχουν συχνά νηματώδεις) και τα φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες (π.χ. περονόσπορο, ιώδιο κλπ) γιατί μεταφέρουν τα σπόρια των ασθενειών.

Οι φλούδες των εσπεριδοειδών σε μεγάλες ποσότητες (αυξάνουν την οξύτητα και εμποδίζουν μερικούς οργανισμούς της χώνεψης όπως τους

γαιοσκώληκες). Πρέπει να αποφεύγονται φύλλα συκιάς, τούγιας και πευκοβελόνες και γενικά υλικά από πευκοειδή σε μεγάλες ποσότητες. Τα κωνοφόρα να χρησιμοποιούνται σε ποσοστό όχι >10% στην συνολική ποσότητα της κομπόστας (οξύνιση του pH). Ζωικά και φυτικά λίπη, σάλτσες (εμποδίζουν τον καλό αερισμό). Συνθετικές ύλες.

1.7 ΠΟΙΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΕΙ ΚΟΜΠΟΣΤ

Κομπόστ μπορεί να παρασκευάσει ο καθένας. Αυτοί που έχουν λίγα τετραγωνικά μέτρα ανθόκηπου ή λαχανόκηπου μπορούν να συγκεντρώνουν τα υλικά σε σωρούς ή μικρά αυτοσχέδια «σιλό» π.χ. από ξύλο ή μεταλλικό πλέγμα, ενώ μια μεγαλύτερη μονάδα παρασκευής κομπόστ μπορεί να λειτουργεί συστηματικά, με την επεξεργασία και χωροθέτηση των υλικών σε μεγαλύτερους σωρούς (όχι μεγαλύτερους των δύο μέτρων ύψους). Οι δήμοι και κοινότητες διαθέτουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλικών προς αξιοποίηση, πεσμένα φύλλα, σπασμένα κλαριά, χόρτα, κομμένη χλόη, υλικό από κλάδεμα δέντρων και θάμνων, υπολείμματα από ιδιωτικούς κήπους, οργανικά υπολείμματα από τις κουζίνες των νοικοκυριών. Με κατάλληλη ενημέρωση, μπορούν τα νοικοκυριά να συγκεντρώνουν τα κατάλληλα υλικά σε χωριστό πλαστικό κουβά με καπάκι (διαχωρισμός στην πηγή). Κάθε δεύτερη μέρα μπορούν να συλλέγονται. Ο συνολικός όγκος σκουπιδιών θα μικρύνει και επιπλέον, τα απομένοντα σκουπίδια πιο εύκολα διαχωρίζονται για ανακύκλωση (γυαλί, πλαστικό, χαρτί, μέταλλο), υπολείμματα καλλιεργειών (κλαριά, στελέχη από καλαμπόκι, ηλίανθο κλπ.), φυτική βιομάζα από εκχερσώσεις, καταστροφές καλαμώνων, καθαρισμούς, υπολείμματα κατεργασίας από εργοστάσια, βιομηχανίες και βιοτεχνίες ζωοτροφών, ειδών διατροφής κλπ.: μύλους, στέμφυλα από στύψιμο σταφυλιών, υπολείμματα από ελαιοτριβεία (φύλλα, ίζημα), υπολείμματα από εκκοκκιστήρια βάμβακος, εργοστάσια ζάχαρης, μονάδες επεξεργασίας ξηρών καρπών, κονσερβοποιεία (υπολείμματα μηχανικής κατεργασίας, χωρίς προσθήκη χημικών), κλπ. Αυτά και άλλα υλικά υπάρχουν σε σημαντικές ποσότητες και μπορούν, με κατάλληλο χειρισμό, να αξιοποιηθούν για την παρασκευή κομπόστ. Απαιτούμενες εγκαταστάσεις είναι υπαίθριοι χώροι με: παροχή νερού, θρυμματιστές κατάλληλης δυναμικότητας για τον τεμαχισμό των υλικών, μηχανήματα φορτοεκφόρτωσης για την ανάμιξη του υλικού και τον σχηματισμό των σωρών και την μεταφορά των υλικών.

2. Η κατάσταση στην Ελλάδα

2.1. Ελληνική Νομοθεσία

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερο-γενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς. Προϊόν της κομποστοποίησης είναι το κόμποστ, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο και χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπό-στρωμα. Στους ορισμούς αυτούς, αν και δεν αναφέρεται ρητά, ο όρος βιοξείδωση υποδηλώνει αερόβιες διεργασίες, και συνεπώς το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης δεν μπορεί να ονομαστεί κομπόστ, εκτός και αν υποστεί ένα δεύτερο στάδιο αερόβιας σταθεροποίησης. Στο σημείο αυτό δεν θα έπρεπε να υπάρχει σύγχυση, καθώς υπάρχει γενική συμφωνία ότι ο όρος κομπόστ αναφέρεται στο βιοσταθεροποιημένο οργανικό υλικό που προέρχεται από ελεγχόμενες, αερόβιες και θερμόφιλες διεργασίες επεξεργασίας οργανικών υλικών. Αντίθετα, η ποιοτική παράμετρος που ενσωματώνεται στον ορισμό του κομπόστ στην πρόταση Οδηγίας βρίσκεται σε διάσταση με την προσέγγιση των χωρών εκείνων που δεν έχουν προχωρήσει σε εκτεταμένα προγράμματα διαλογής στην πηγή. Η πρόταση Οδηγίας διαφοροποιεί το κόμποστ και την κομποστοποίηση που αναφέρονται μόνο σε διαχωρισμένα στην πηγή βιοαπορρίμματα, από τα σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα (stabilized biowaste) που προέρχονται από την μηχανική / βιολογική επεξεργασία (mechanical / biological treatment – MBT) σύμμεικτων ή υπολειμματικών απορριμμάτων, ακόμη και στην (ελάχιστα πιθανή) περίπτωση που τα τελευταία πληρούν τις ποιοτικές προδιαγραφές του κομπόστ. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, καθώς οι μοναδικές εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ που λειτουργούν ή κατασκευάζονται εφαρμόζουν μηχανική διαλογή σε σύμμεικτα απορρίμματα δηλαδή MBT τεχνολογίες. Άμεση συνέπεια της ψήφισης μιας τέτοιας νομοθεσίας είναι η απαγόρευση χρήσης του υλικού που παράγεται από αυτές τις εγκαταστάσεις και το οποίο σήμερα εμείς ονομάζουμε «κομπόστ» ενώ η προτεινόμενη Οδηγία «σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα», σε αγροτική γη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφών και ζωοτροφών. Η χρήση του υλικού αυτού θα επιτρέπεται μόνο για έργα αποκατάστασης σε ορυχεία και λατομεία, κάλυψη και αποκατάσταση ΧΥΤΑ, έργα οδοποιίας, κατασκευή πρανών και ηχητικών φραγμάτων, καθώς και σε γήπεδα αθλητικών δραστηριοτήτων, και με περιορισμούς που εγγυάται η κατάλληλη διαδικασία αδειοδότησης της εφαρμογής του στο έδαφος.

2.2 Εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή υπάρχουν τέσσερα εργοστάσια κομποστοποίησης εκ των οποίων τα τρία μόνο λειτουργούν. Το τέταρτο απ' αυτά στην Καλαμάτα έχει ολοκληρωθεί από το 1996 και

είναι ένα από τα λίγα εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα και του οποίου το κόστος ανήλθε στα 900 εκατ. €. Δυστυχώς, κυρίως, λόγω έλλειψης εμπειρίας, το παραγόμενο κόμποστ δεν είχε την στοιχειακή ποιοτικά σύσταση του λιπάσματος προς αγροτική διάθεση και γι' αυτό το λόγο με εισαγγελική παρέμβαση σταμάτησε η λειτουργία της μονάδας, και ο όγκος των απορριμμάτων περιορίστηκε στην περιοχή της Μαραθόλακας.

Τα τρία εργοστάσια που λειτουργούν είναι αυτά των Άνω Λιοσίων, του νομού Χανίων και το εργοστάσιο της εταιρίας Compost Hellas A.E.

2.3 Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ) Α.Λιοσίων

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί με αστικά στερεά απόβλητα και επεξεργάζεται 1.200tn/d απορρίμματα, 300tn/d ιλύος και 130tn/d κλαδιά/χόρτα. Λειτουργεί αυτοματοποιημένα και με μηχανικά μέσα διαχωρισμού των συστατικών των απορριμμάτων. Τα χρήσιμα υλικά που παράγονται είναι περίπου 350tn/d compost, 360tn/d RDF, 30tn/d σιδηρούχων, 5tn/d αλουμινίου.

2.4 ΕΜΑΚ Χανίων

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί επίσης με σύμμικτα απορρίμματα.

2.5 Compost Hellas A.E.

Η επιχείρηση ασχολείται με την κομποστοποίηση οργανικών υλών στην Κεφαλονιά από το 1999. Ξεκίνησε ένα πρωτοποριακό πιλοτικό πρόγραμμα λιπασματοποίησης ντόπιων οργανικών υλών και συγκεκριμένα του φυκιού Ποσειδωνία για την παραγωγή φυσικού λιπάσματος. Το παραγόμενο βιολογικό φυσικό λίπασμα "POSIDONIA" COMPOST HELLAS βασίζεται στην ανακύκλωση των φυκιών, που εκβράζονται στις ακτές, από καθαρές θάλασσες της Ελλάδας και επιλεγμένων προϊόντων της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Η παραγωγή του κόμποστ γίνεται σε σειράδια.

3 Τεχνική και φυσικοχημικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της κομποστοποίησης

3.1 Μικροχλωρίδα

Η μικροχλωρίδα που πραγματοποιεί την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων υπάρχει φυσιολογικά σε αυτά, προέρχεται από το έδαφος, τον αέρα και το νερό και συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Τα σημαντικότερα αθροίσματα μικροοργανισμών της κομποστοποίησης είναι τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες.

3.2 Μέγεθος τεμαχιδίων

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού ο πολυτεμαχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει την επιφάνεια τη δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών, αλλά και μειώνει ταυτόχρονα τα κενά του αέρα, με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση αναερόβιων συνθηκών. Ταυτόχρονα, το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού compost και είναι γνωστό πως αυτό δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων κυμαίνεται ανάμεσα στο 1,5 και 7,5cm κατά προσέγγιση.

3.3 Άνθρακας

Ο άνθρακας δίνει την απαραίτητη ενέργεια στους μικροοργανισμούς, μέσω της οξειδωσης του κατά το μεταβολισμό, και είναι το σημαντικότερο συστατικό στη σύνθεση των τοιχωμάτων του κυττάρου και των άλλων κυτταρικών δομών. Στην οξειδωση του άνθρακα σε CO₂ οφείλεται το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας μάζας κατά την κομποστοποίηση και η χαρακτηριστική έκλυση θερμότητας.

Εκτός από το ποσοστό του άνθρακα στα απόβλητα, σημασία για την κομποστοποίηση έχει και η χημική του μορφή. Αυτή καθορίζει τη διαθεσιμότητα του άνθρακα, δηλ. τη δυνατότητα των μικροοργανισμών να τον αφομοιώσουν. Κάποια φυσικά υλικά είναι πιο ανθεκτικά στη μικροβιακή αποσύνθεση (πολύπλοκες μορφές κυτταρίνης, λιγνίνη) και χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να διασπαστούν σε σχέση με απλούστερες οργανικές ενώσεις (σάκχαρα, πρωτεΐνες, τα περισσότερα λίπη). Ο άνθρακας π.χ. στα ξυλώδη υλικά δεν αποδομείται εύκολα, σε αντίθεση με τις κοπριές.

Από πρακτική σκοπιά, η διαθεσιμότητα του άνθρακα καθορίζει (1) την καταλληλότητα των αποβλήτων ως πηγή άνθρακα για την κομποστοποίηση, (2) το ρυθμό με τον οποίο μπορούν να διασπαστούν τα απόβλητα - και συνεπώς τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής τους στο σύστημα, και (3) το ανώτατο όριο του λόγου του άνθρακα προς άζωτο (C/N) που δεν επιβραδύνει τη διεργασία.

3.4 Άζωτο

Σημαντικότετος είναι και ο ρόλος του αζώτου για τους μικροοργανισμούς. Το άζωτο είναι βασικά συστατικό του πρωτοπλάσματος και χωρίς αυτό οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν. Ωστόσο, η μικροβιακή δραστηριότητα (π.χ. σύνθεση οργανικών οξέων) είναι εφικτή και απουσία αζώτου.

Το άζωτο βρίσκεται σε ικανοποιητικό ποσοστό και σε διαθέσιμες μορφές στα υπολείμματα φαγητού, στα απόβλητα κήπων και πάρκων (ιδίως όταν έχουν γρασίδι), στη λάσπη βιολογικών καθαρισμών και στις διάφορες κοπριές. Αντίθετα έλλειμμα παρουσιάζεται στα ξυλώδη απορρίμματα, το χαρτί και διάφορα βιομηχανικά οργανικά απόβλητα. Η ανάμιξη με απόβλητα πλούσια σε άζωτο είναι η ενδεικνυόμενη λύση για την κομποστοποίηση φτωχών σε άζωτο αποβλήτων. Εναλλακτικά, μπορεί να προστεθεί άζωτο σε ανόργανη μορφή, π.χ. ως αζωτούχο λίπασμα.

3.5 Αναλογία Άνθρακα προς Άζωτο (λόγος C/N)

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) είναι μια από τις σημαντικότερες τροφικές παραμέτρους. Η βέλτιστη αναλογία για την κομποστοποίηση κυμαίνεται από 20 έως 30 μέρη **διαθέσιμου** άνθρακα προς 1 μέρος **διαθέσιμου** αζώτου. Υψηλότερες τιμές του λόγου C/N, επιβραδύνουν τη διεργασία της κομποστοποίησης. Κατά την ενεργή φάση της διεργασίας το πρόβλημα εκδηλώνεται με μείωση της παραγωγής θερμότητας. Όταν ο λόγος C/N είναι χαμηλότερος από περίπου 18-19/1, το πλεόνασμα του αζώτου χάνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή αμμωνίας. Μπορούν έτσι να προκληθούν δυσάρεστες οσμές, και να αυξηθεί το pH σε επίπεδα δυσμενή για την κομποστοποίηση.

3.6 Άλλα θρεπτικά συστατικά

Ανάμεσα στα μακρο- (άνθρακας, άζωτο) και τα μικρο-θρεπτικά στοιχεία (ιχνοστοιχεία), βρίσκονται στοιχεία όπως ο φώσφορος, το κάλιο και το ασβέστιο. Συνήθως αυτά τα στοιχεία υπάρχουν σε ικανοποιητικές, ή τουλάχιστον επαρκείς μορφές στα περισσότερα οργανικά απόβλητα ζωικής και γεωργικής προέλευσης. Το κάλιο ωστόσο μπορεί να έχει χαμηλή συγκέντρωση στη λάσπη βιολογικών καθαρισμών, αν και σπάνια αποβαίνει περιοριστικός παράγοντας. Ελλείψεις σε μικροστοιχεία παρατηρούνται σπάνια.

3.7 Αερισμός

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία και ως τέτοια χρειάζεται παροχή αέρα για αναπλήρωση του οξυγόνου μέσα στη μάζα των αποβλήτων που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς. Για να είναι αποτελεσματικός ο αερισμός πρέπει τα απόβλητα να έχουν «δομή» ώστε να υπάρχουν κενά ανάμεσα στα σωματίδια της μάζας που κομποστοποιείται, όπου να μπορεί να εισχωρήσει εύκολα ο φρέσκος αέρας. Για το σκοπό αυτό συχνά προστίθενται διογκωτικά υλικά (άχυρο, τεμάχια ξύλου κ.α.), ιδίως όταν τα απόβλητα δεν έχουν από μόνα τους μια δομή (π.χ. λάσπη βιολογικών καθαρισμών, κομμένο γρασίδι). Αν το ποσοστό υγρασίας είναι πολύ υψηλό, το νερό καταλαμβάνει τον κενό χώρο ανάμεσα στα σωματίδια του κομπόστ και ο αερισμός γίνεται δυσχερής.

Όμως η οξυγόνωση δεν είναι η μοναδική λειτουργία του αερισμού. Εξ' ίσου βασικός είναι και ο ρόλος του στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σωρού σε ευνοϊκά για την κομποστοποίηση επίπεδα. Όπως προαναφέρθηκε, κατά την κομποστοποίηση εκλύεται θερμότητα η οποία ανεβάζει τη θερμοκρασία του σωρού. Αν δεν ελεγχθεί, η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε απαγορευτικά για τους μικροοργανισμούς επίπεδα, ξεπερνώντας τους 70 °C. Σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες, οι μικροοργανισμοί πεθαίνουν ή αδρανοποιούνται και η διεργασία επιβραδύνεται ή και σταματά εντελώς. Δηλαδή, κατά την κομποστοποίηση οι μικροοργανισμοί έχουν την τάση να «αυτοκτονήσουν θερμικά» και είναι στόχος του αερισμού να εμποδίσει την «αυτοκτονία» διατηρώντας τη θερμοκρασία γύρω στους 55 °C.

Η ποσότητα του αέρα που χρειάζεται για την ψύξη του σωρού είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για την οξυγόνωση. Καθώς ο ψυχρός εισερχόμενος αέρας θερμαίνεται, περνώντας μέσα από το σωρό, αυξάνει το σημείο κορεσμού του σε υδρατμούς. Έτσι, εξατμίζεται νερό μέσα από το σωρό και ελαττώνεται το ποσοστό υγρασίας του κομπόστ. Επιτυγχάνεται έτσι μια «βιολογική» ξήρανση των αποβλήτων, παράλληλα με τον μετασχηματισμό τους σε πιο σταθερές μορφές.

Στα απλούστερα συστήματα κομποστοποίησης, όπου δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός του σωρού, τόσο η οξυγόνωση όσο και η ψύξη γίνονται με «γυρίσματα» (δηλαδή με κατάλληλη

ανάδευση) του σωρού. Η συχνότητα του γυρίσματος εξαρτάται από το είδος των υλικών και το στάδιο της διεργασίας, και έχει πρωταρχικό στόχο τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σωρού.

3.8 Υγρασία

Όπως προαναφέρθηκε, η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στην υγρασία και τον αερισμό προκύπτει από το γεγονός ότι ο αποτελεσματικός αερισμός της μάζας του κομπόστ στο σωρό εξαρτάται από τα διάκενα (πόρους) ανάμεσα στα σωματίδια του κομπόστ. Καθώς αυξάνει η υγρασία οι πόροι γεμίζουν νερό, τα διάκενα όπου μπορεί να κυκλοφορήσει ο αέρας μειώνονται και αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες σε τμήματα του σωρού.

Από την άλλη μεριά, η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διεργασία που οφείλεται κατά κύριο λόγο σε βακτήρια, των οποίων η μεταβολική δραστηριότητα πραγματοποιείται στην υγρή φάση. Θεωρητικά δεν υπάρχει ανώτατο όριο υγρασίας για τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Ωστόσο, οι τεχνικές δυσκολίες και η οικονομική επιβάρυνση που συνεπάγεται ο επαρκής αερισμός ενός υγρού, θέτουν ένα ανώτατο όριο στο ποσοστό υγρασίας, για βέλτιστη κομποστοποίηση. Η βέλτιστη υγρασία εξαρτάται εν μέρει από τη σύνθεση και τη φυσική δομή των υλικών προς κομποστοποίηση. Έτσι μπορεί να είναι υψηλότερη για υλικά με γερή φυσική δομή (π.χ. απόβλητα όπου άχυρο, πριονίδια, ξερά φύλλα ή τεμαχίδια ξύλου είναι τα κύρια συστατικά), ενώ υλικά όπως το χαρτί, υπολείμματα φαγητού, και γρασίδι, τα οποία τείνουν να «πατικωθούν» πρέπει να έχουν χαμηλότερο ποσοστό νερού.

Ως γενικός κανόνας, η αρχική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 60-70% και να μην αφήνεται να πέσει κάτω από 30-35%. Κάτω από 25% υγρασία, η μικροβιακή δραστηριότητα παρεμποδίζεται ισχυρά, ενώ κάτω από 10-15% σταματά τελείως. Μια συνέπεια της έλλειψης νερού είναι ότι, καθώς εμποδίζεται η μικροβιακή δραστηριότητα, το υλικό δίνει μια ψευδή εικόνα σταθεροποίησης. Έτσι μπορεί να διατεθεί ως έτοιμο κομπόστ στην αγορά. Όταν όμως ξαναβραχεί, στο χωράφι ή τον κήπο, η μικροβιακή δραστηριότητα επανακάμπτει και μπορεί να «κάψει» τα φυτά ή να απελευθερώσει δυσάρεστες οσμές.

3.9 Θερμοκρασία

Καθώς οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά συστατικά στα απορρίμματα παράγεται θερμότητα η οποία εγκλωβίζεται στη μάζα του σωρού και ανεβάζει τη θερμοκρασία. Αρχικά η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι παράγουν περισσότερη θερμότητα και αυξάνουν και άλλο τη θερμοκρασία, σε έναν αλληλο-ενισχυόμενο κύκλο. Όταν όμως η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 45-50 °C, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών αρχίζει να ελαττώνεται και πάνω από τους 75 °C πρακτικά μηδενίζεται. Έτσι για να πετύχουμε το μέγιστο ρυθμό βιο-αποδόμησης των οργανικών υλικών, πρέπει να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία σε ευνοϊκά για τους μικρο-οργανισμούς επίπεδα.

Ο άλλος ρόλος της θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση είναι ότι η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες για κάποιο χρονικό διάστημα καταστρέφει πιθανούς παθογόνους οργανισμούς για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά. Πρέπει λοιπόν να ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία σε τέτοια επίπεδα ώστε αφ' ενός να μην παρεμποδίζεται η δραστηριότητα των ωφέλιμων μικροοργανισμών και αφ' ετέρου να καταστρέφονται αποτελεσματικά οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Μία θερμοκρασία γύρω στους 55 °C που θα διατηρηθεί για τουλάχιστον 3 ημέρες σε όλη τη μάζα του σωρού θεωρείται αρκετή για την καταστροφή των παθογόνων Μικροοργανισμών.

3.10 PH

Η οξύτητα ή αλκαλικότητα των οργανικών υλικών, μετρούμενη με την τιμή του pH, επηρεάζει

την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι βακτηριακοί αποικοδομητές προτιμούν εύρος τιμών pH 6.0 - 7.5 , ενώ οι μύκητες προτιμούν pH 5.5-8.0. Η διαδικασία της κομποστοποίησης προχωρά βέλτιστα σε pH μεταξύ 6.5 - 8.0, εντούτοις επιτυχής κομποστοποίηση παρατηρείται και σε μεγαλύτερος εύρος τιμών pH, εξαιτίας της φυσικής ρύθμισης της οξύτητας του κόμποστ. Όταν το pH του κόμποστ ξεπερνά το 7.5, είναι πολύ πιθανή η απώλεια της πτητικής αμμωνίας (Rynk, 1992). Το pH επιδρά και στις θερμοκρασιακές συνθήκες του κόμποστ. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, επιτυγχάνονται σε εύρος pH 6.5 - 9.6 (Epstein, 1997).

Πίνακας: Συγκεντρωτική παρουσίαση των ιδανικών συνθηκών για ταχεία αερόβια αποικοδόμηση κατά την κομποστοποίηση (προσαρμοσμένο από Cooperband, 2002).

Συνθήκες	Αποδεκτές τιμές	Άριστες τιμές
Λόγος C:N	20 - 40:1	25 - 35:1
Υγρασία	40 - 65%	45 - 60%
Διαθέσιμη συγκέντρωση οξυγόνου	>5%	>10% ή/και περισσότερο
Μέγεθος μορίων του σωρού	<2.54 cm(1 ίντσα)	Ποικίλο
pH	5.5- 9.0	6.5- 8.0
Θερμοκρασία	43 - 66 °C	54 - 60 °C

4 Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοουργείων, τα οποία ονομάζονται λιοζούμια ή κασίγαρος παράγονται από την αραίωση της ελαιοζύμης με νερό, από το πλύσιμο του ελαιόκαρπου, των διαφόρων μηχανημάτων και ολόκληρου του περιβάλλοντα χώρου του ελαιοτριβείου.

- **Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων**

- Έντονο σκούρο καφέ έως σχεδόν μαύρο χρώμα
- Έντονο χαρακτηριστικό άρωμα
- Υψηλό οργανικό φορτίο, όπου μέρος αυτού είναι δύσκολα αποικοδομήσιμο με την αναλογία COD/BOD5 να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5
- pH που κυμαίνεται από 3 έως 6 (ελαφρώς όξινο)
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλό περιεχόμενο σε πολυφαινόλες
- Υψηλό περιεχόμενο σε στερεή ύλη

Κεφάλαιο 2.Υλικά και μέθοδοι

1.Πρόελευση πρώτων υλών

Οι κοπριές ορνίθων προήλθαν από τις εγκαταστάσεις της Creta Farms, τα κλαδοκάθαρα από το δήμο Ηρακλείου και οι ποσότητες κασίγαρου από τα ελαιοτριβεία των Αγίων Δέκα, Αγίων Παρασκιών και Αρκαλοχωρίου.

2.Παρασκευή του σωρού κομποστοποίησης

2.Παρασκευή του σωρού κομποστοποίησης

Στο παρόν πείραμα κατασκευάστηκε ένας σωρός αναμειγμένων 5 τόνων κοπριών ορνίθων με 5 τόνους κλαδοκάθαρων, με ύψος 1.5 μέτρων, πλάτους 2.5 μέτρων και μήκους περίπου 10 μέτρων στο χώρο που βρίσκονται τα θερμοκήπια του αγροκτήματος των Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Στην αρχή τοποθετήθηκαν στο έδαφος οι 5 τόνοι των κλαδοκάθα και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν πάνω τους οι 5 τόνοι κοπριών ορνίθων.Στην συνέχεια αναμείχθηκαν από τον αναδευτήρα, ο οποίος διαμόρφωσε το σειράδιο.

Τελική μορφή σειραδίου



3.Αναδεύσεις

Αναδεύσεις πραγματοποιούνται όποτε κρινόταν σκόπιμο ανάλογα με τον καιρό ή τη πορεία του σειραδίου και των φυσικοχημικών παραγόντων(Πίνακας 1) με τον αυτοκινούμενο αναστροφέα σειραδίων κομποστοποίησης μάρκας Backhus 16.30,πραγματοποιώντας δύο ή τρία περάσματα σε κάθε ανάδευση.



4 Αναδεύσεις σειραδίου με διαβροχή με απόβλητα ελαιοτριβείων(κασίγαρος)

Κατά την μέτρηση της υγρασίας των δειγμάτων που συλλέγαμε, όταν παρατηρούταν πτώση στα ποσοστά, στην επόμενη ανάδευση γινόταν διαβροχή του σειραδίου με μια ορισμένη ποσότητα που κυμαίνονταν μεταξύ 250 και 1000 λίτρων .Μετά από κάθε ανάδευση με ή χωρίς διαβροχή με κασίγαρο, ακολουθούσε η δειγματοληψία.

Κασίγαρος



Διαβροχή με κασιόγαρο



Δειγματοληψία



Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε 17 αναστροφές του σειραδίου. Ελήφθησαν 3 δείγματα περίπου 2 κιλών από 3 διαφορετικά σημεία του σειραδίου. Αναλυτικά το ημερολόγιο των δειγματοληψιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Ημερολόγιο δειγματοληψιών και αναστροφών

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Χρόνος κομπουστοποίησης(ημέρες)	Σχόλια
19/12/2011	0	Εγκατάσταση
23/12/2011	5	1 ^η Αναστροφή
30/12/2011	12	2 ^η Αναστροφή
12/1/2012	25	3 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
23/1/2012	42	4 ^η Αναστροφή
3/2/2012	53	5 ^η Αναστροφή
6/2/2012	56	6 ^η Αναστροφή
10/2/2012	60	7 ^η Αναστροφή
13/2/2012	63	8 ^η Αναστροφή
15/2/2012	65	9 ^η Αναστροφή
20/2/2012	70	10 ^η Αναστροφή
29/2/2012	79	11 ^η Αναστροφή
20/3/2012	99	12 ^η Αναστροφή
24/4/2012	134	13 ^η Αναστροφή
26/4/2012	136	14 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
22/5/2012	162	15 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
15/6/2012	186	16 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 0.3 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
22/6/2012	193	17 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 0.25 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα

6. Μελέτη Φυσικοχημικών Παραμέτρων

6.1 Παρακολούθηση θερμοκρασίας

Καθ' όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης η θερμοκρασία παρακολουθείτο σχεδόν καθημερινά, σε τρία τυχαία σημεία του σειραδίου με χρήση θερμομέτρου κλασσικού τύπου. Το θερμόμετρο τοποθετείτο έως τη μέση του σωρού και υπήρχε μια αναμονή περίπου 10 λεπτών έως ότου σημειωθεί η θερμοκρασία, για τη σταθεροποίηση αυτής.



Εικόνα

:Ηλεκτρονικό θερμόμετρο κλασσικού τύπου συνδεδεμένο με ράβδο με αισθητήρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας

6.2 Προσδιορισμός υγρασίας

6.2.1. Εισαγωγή

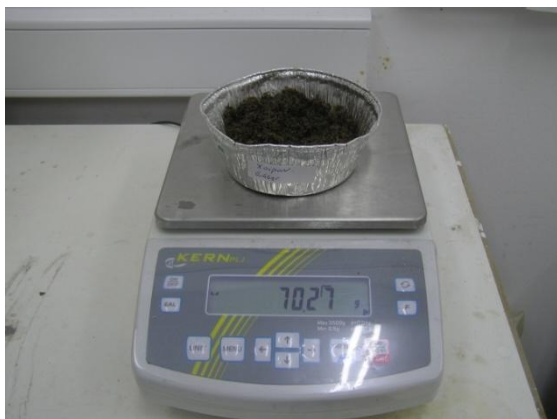
Ο προσδιορισμός-μέτρηση της υγρασίας σε υλικά προς κομποστοποίηση ή δείγματα κόμποστ αποσκοπούσε στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσεια νερού αποτελούσε περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία. Όπως έχει επισημανθεί υγρασία κάτω από το 45 % δημιουργεί πρόβλημα στους μικροοργανισμούς που αποδομούν την οργανική ουσία, ενώ υγρασία πάνω από το 70 % δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες. Σκοπός του πειράματος είναι να παρουσιάσει την υγρασία στο υλικό του πειράματος που

κομποστοποιείται.

7. Συσκευές

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι:

- Φούρνος Ξήρανσης ρυθμισμένος στους 105 °C.(Εικόνα 8)
- Πυρίμαχες κάψες(Εικόνα 7)
- Ζυγαριά(Εικόνα 7)



Εικόνα 7:Πυρίμαχη κάψα πάνω στη ζυγαριά



Εικόνα 8:Φούρνος Ξήρανσης

Διαδικασία

- Τεμαχίσαμε το υλικό μας σε όσο το δυνατόν μικρότερα τεμάχια με προσοχή να μην αλλοιώνουμε τα χαρακτηριστικά του.
- Ζυγίσαμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές (τιμή Α).
- Τοποθετήσαμε μικρή ποσότητα δείγματος στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώσαμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετρήσαμε.
- Ξαναζυγίσαμε τις κάψες (τιμή Β).
- Τοποθετήσαμε την κάψα στο φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες. Βγάλαμε τις κάψες από το φούρνο και τις αφήσαμε σε ειδικά δοχεία για όση ώρα χρειαζόταν ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Ζυγίσαμε τις κάψες (τιμή Γ).

5.2.4. Υπολογισμοί

Η υγρασία υπολογίζεται με την εξίσωση:

$$Y(\%) = \frac{\Gamma - \text{Α}}{\text{Β} - \text{Α}} * 100$$

7.1 Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις

Μετά τη δειγματοληψία, επειδή ο ιστός που έρχεται από τη δειγματοληψία δεν είναι έτοιμος για ανάλυση, σε μία μεγαλύτερη πυρίμαχη κάψα από αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της υγρασίας, τοποθετήσαμε μία μικρή ποσότητα από κάθε δείγμα και στη συνέχεια τη τοποθετούσαμε στον φούρνο ξήρανσης για τουλάχιστον 72 ώρες για να απομακρυνθεί η υγρασία. Αφού ξηραίνονταν το δείγμα, το αλέθαμε στο μύλο άλεσης του εργαστηρίου και συγκεντρώναμε περίπου 150 gr σκόνη δείγματος την οποία ποσότητα χρησιμοποιούσαμε για τον προσδιορισμό όλων των φυσικοχημικών παραμέτρων.



Εικόνα Μύλος αλέσεως

7.2 Προσδιορισμός pH και Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας(Electrical Conductivity, EC) σε οργανικό υλικό.

pH

Είναι γνωστό ότι με το pH εκφράζουμε τη συγκέντρωση των ιόντων H^+ και OH^- . Το pH επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το Composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού, πριν από την έναρξη της εφαρμογής του Composting, δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελεύθερης αμμωνίας.

7.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Με την αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμα μας. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί μειονέκτημα για τη διαδικασία του Composting αλλά απαιτεί, ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων.



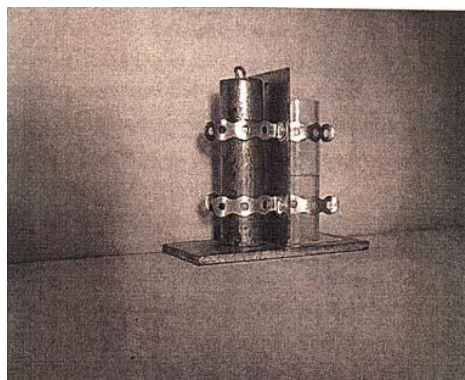
Εικόνα :Συσκευή μέτρησης PH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας

7.4 Τεχνική : Προσδιορισμός PH και EC με νερό στην αναλογία 1:1 ½

Υλικά και Όργανα

- Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42mm ($\pi r^2 = 13,85\text{cm}^2$) και ύψος 58mm, με χωρητικότητα 80cm^3 .(Εικόνα 11)
- Βαρύδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους $1385 (0,1\text{kg}/\text{cm}^2)$.
- Πλαστικό ποτήρι ζέσεως
- Πορσελάνινο χωνί Buchner

- Πεχάμετρο – Αγωγιμόμετρο



Εικόνα : Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου με Βαρύδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους

Εκτέλεση Προσδιορισμού ΡΗ και EC με νερό στην αναλογία 1:1 ½

- Αρχικά με την προσθήκη νερού στο υπόστρωμα φέραμε μακροσκοπικά την υγρασία του σε $pF=1,5$ (εμπειρικά).
- Τοποθετήσαμε τους δύο κυλίνδρους στη βάση τους και γεμίσαμε τον κάτω (μικρό κύλινδρο) και μέχρι τη μέση του επάνω (μεγάλο κύλινδρο).
- Τοποθετήσαμε το βαρύδιο (βάρους 1385g) και μετά κόψαμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάσαμε σε πλαστικό ποτήρι
- Προσθέσαμε 120mL απιονισμένο νερό (αναλογία 1: 1 ½ κατ' όγκο) και ανακατεύσαμε επί 15 min . Αφήσαμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2h.
- Τοποθετήσαμε διηθητικό χαρτί σε πορσελάνινο χωνί Buchner και διηθήσαμε όλη νύχτα.
- Στο διήθημα μετρήσαμε pH και αγωγιμότητα.

7.5 Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl

Εισαγωγή

Ορισμένη ποσότητα ξηρού δείγματος τοποθετήθηκε στον πυθμένα ενός σωλήνα καύσης. Η οργανική ουσία οξειδώθηκε με θειικό οξύ παρουσία καταλύτη, το άζωτο (εκτός από αυτό των νιτρικών) μετατράπηκε ποσοτικά σε αμμωνία και αυτή σε θειικό αμμώνιο.



Το θειικό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάζεται και παράχθηκε αμμωνία, η οποία ψύχθηκε και διαβιβάστηκε σε διάλυμα βορικού οξέος όπου δεσμεύτηκε με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολούθησε ογκομέτρηση με θειικό οξύ. Ο όγκος του προτύπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατράπηκε σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:



Τεχνική μεθόδου Kjeldahl

Υλικά και Όργανα

- Αναλυτική ζυγαριά
- Συσκευή Kjeldahl
- Προχοίδα των 50mL με διαβάθμιση 0,05mL
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ποτήρια ζέσεως των 250mL
- Σύστημα απόσταξης Varodest



Εικόνα :Συσκευή Kjeldahl



Εικόνα :Προχοίδα των 50mL



Εικόνα :Σύστημα απόσταξης VaroDest

Αντιδραστήρια

1) Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95-98% - Sulphuric acid

2) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 1N- Sulphuric acid

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται περίπου 800mL νερό και
- 28mL πυκνό H_2SO_4 .
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

3) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 0,05N- Sulphuric acid

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται 800mL νερό και
- 50mL διαλύματος (H_2SO_4) 1N
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

Εκτέλεση

- Η συσκευή αποτελείται από δύο τμήματα : το μηχάνημα της πέψης (Kjeldahl Digestion Instrument) και το σύστημα απόσταξης VaroDest.
- Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προετοιμασμένα σύμφωνα με τη διαδικασία προετοιμασίας που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο δείγματος (χώμα, φυτικός ιστός, κομπόστ κ.α).
- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίστηκε συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος (πίνακας 1) με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετήθηκε στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250mL περίπου.
- Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα εξής αντιδραστήρια:

- 20mL $H_2SO_{4(π)}$ (το ρίξαμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν)και 2 Kjeltabs
- Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα. Έτσι στο τέλος ήταν έτοιμες 8 φιάλες.
- Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελούσε το «τυφλό» δείγμα.
- 66mg Methyl red
- Ακολουθεί ανάδευση.

Πίνακας : Ποσότητες δειγμάτων ανά τύπο δείγματος

Τύπος Δείγματος	Ποσότητα δείγματος
Χώμα -Λάσπη	1-2 g
Φυτικός ιστός	1-2 g
Κομπόστ	1-5 g

- Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στη συσκευή όπου έγινε πέψη και πραγματοποιήθηκαν τα εξής:
- Ανοίχτηκε η βρύση.
- Κλείστηκαν οι φιάλες με τα ειδικά πώματα και ανοίχτηκε η συσκευή.
- Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε πατώντας το κουμπί set και χρησιμοποιώντας τα βελάκια ταυτόχρονα.
- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολούθησε φαίνεται στον πίνακα 2.
- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώσαμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα παρκάραμε σε ειδική θέση. Αυξήσαμε τη ροή της βρύσης να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυώσουν για τουλάχιστον 30min. Οι ατμοί αυτοί είναι πολύ επικίνδυνοι για το αναπνευστικό. Για αυτό το λόγο, το τμήμα αυτό της Kjeldahl βρίσκεται στον απαγωγό. Επίσης δεν απομακρύναμε τα πώματα και τα φιαλίδια από τη συσκευή μέχρι να έχουν φύγει όλοι οι ατμοί.

Πίνακας: Πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου ανάλογα με τον τύπο δείγματος

Τύπος Δείγματος	Χρόνος (min)	Θερμοκρασία (°C)	Σχόλια
Φυτικός Ιστός	30	120	
Κομπόστ Χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο.	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 1	30	170
		45	280
		90	400
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Χώμα ▪ Λάσπη 	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 2	30	120-150 Για να μη σχηματιστεί αφρός.
		90	420 1 ^ο μέρος οξείδωσης στα 45 min και 2 ^ο μέρος στα επόμενα 45min.

- Στη συνέχεια μεταφερθήκαμε στο σύστημα απόσταξης Varodest όπου παγιδευόταν το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας μέσα σε βορικό οξύ.
- Προσέχαμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.
- Ανοίγαμε τη βρύση.
- Η συσκευή άνοιγε και περιμέναμε να δείξει P.
- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως το 250mL προστέθηκαν 50mL από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετήθηκε σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.
- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετήθηκε σε ειδική θέση στη συσκευή.
- Όταν η ένδειξη στην οθόνη ήταν P, πατούσαμε το run και ξεκινούσε το πρόγραμμα.
- Όταν τελειωνε, αν είχε παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατούσαμε empty για να φύγει.

- Τέλος παίρναμε το ποτήρι και τιτλοδοτούσαμε με διάλυμα H₂SO₄ 0,05N και καταγράφαμε τον όγκο που καταναλώθηκε.
- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούσαμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώναμε με τα δείγματα κλείναμε τη βρύση.

Υπολογισμός του αποτελέσματος

Ο υπολογισμός του Αζώτου γίνεται με βάση τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα σε τι μέγεθος επιθυμούμε να εκφράσουμε τη συγκέντρωση:

$$\alpha. \quad \%N = \frac{1.4 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε } g}$$

$$\beta. \quad \text{mgN/L} = \frac{1400 * c * (V - Vb)}{\text{Όγκος δείγματος σε mL}}$$

$$\gamma. \quad \text{mgN/Kg ή ppmN} = \frac{1400 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε } g}$$

όπου:

c : η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N

V : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

Vb : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά τη τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.

7.6 Προσδιορισμός του οργανικού C

Εισαγωγή

Για τον προσδιορισμό του C σε οργανικά υλικά (π.χ. compost, φυτικό ιστό) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ξηρής καύσης. Με την καύση προσδιορίζεται η

οργανική ουσία ενώ ο C από το πηλίκο της οργανικής ουσίας με το συντελεστή 1,8. Ο συντελεστής αυτός προέκυψε από μελέτες όπου φάνηκε ότι, σε αυτού του τύπου τα υλικά, ο C αποτελεί το 45 -50% της οργανικής ουσίας. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας στο έδαφος.

Τεχνική μεθόδου Ξηρής Καύσης

Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε είναι:

- Αναλυτικός ζυγός
- Φούρνος Αποτέφρωσης
- Κάψες πορσελάνης



Εικόνα :Φούρνος αποτέφρωσης



Εικόνα:Κάψες πορσελάνης

Εικόνα :Αναλυτικός ζυγός

Εκτέλεση

- Μετά το άλεσμα (βλ. προετοιμασία φυτικού ιστού για ανάλυση) μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία.
- Αμέσως μετά ζυγίστηκαν σε κάψα πορσελάνης περίπου 2-3gr από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφηκε.
- Στη συνέχεια η κάψα τοποθετήθηκε στον φούρνο αποτέφρωσης στους 600°C για 16 ώρες περίπου ή μέχρι σταθερού βάρους.
- Ζυγίστηκε η τέφρα και προσδιορίστηκε το ποσοστό % στο ξηρό δείγμα.

Υπολογισμός του αποτελέσματος

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας εφαρμόζεται ο ακόλουθος τύπος:

$$\text{Οργανική ουσία\%} = 100 - \text{Τέφρα\%}$$

ενώ για τον υπολογισμό του οργανικού C εφαρμόζεται ο τύπος:

$$\text{C\%} = \frac{100 - \text{Τέφρα\%}}{1,8}$$

7.7 Προσδιορισμός αφομοιώσιμου καλίου στο έδαφος

Εισαγωγή

Το Κάλιο - K είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών και το προσλαμβάνουν από το έδαφος (σε μικρότερες όμως ποσότητες από το Ca και το N). Το 99% του ολικού K στο έδαφος είναι μη αφομοιώσιμο. Στην παρακάτω μέθοδο προσδιορίζεται το αφομοιώσιμο K στο έδαφος αυτό δηλαδή που μπορούν να αξιοποιήσουν τα φυτά για την ανάπτυξη τους. Το αφομοιώσιμο K απαντάται σε δύο μορφές:

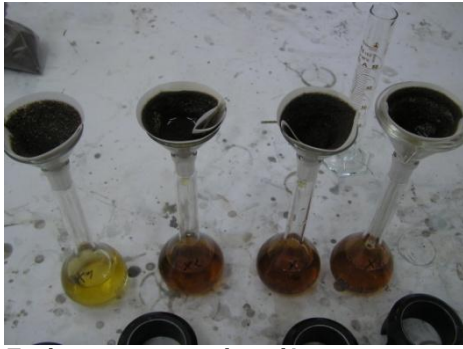
- το ανταλλάξιμο, το οποίο είναι προσροφημένο στα κολλοειδή τεμαχίδια του εδάφους.
- το υδατοδιαλυτό, που βρίσκεται με τη μορφή ιόντων στο εδαφικό διάλυμα. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει εκχύλιση των δειγμάτων με οξικό

αμμώνιο οπότε εκχυλίζονται από το έδαφος το ανταλλάξιμο και το υδατοδιαλυτό κλάσμα Καλίου. Η μέτρηση γίνεται με χρήση φλογοφωτόμετρου.

Τεχνική μεθόδου οξικού αμμωνίου

Υλικά και όργανα

- Αναλυτικός ζυγός
- Σιφώνια
- Ογκομετρικές φιάλες των 100mL
- Χωνιά και φίλτρα Whatman N^o 41
- Φυγόκεντρος
- Φλογοφωτόμετρο



Εικόνα:ογκομετρικές φιάλες



Εικόνα:Φυγόκεντρος

Εικόνα:Φλογοφωτόμετρο



Αντιδραστήρια

1) Διάλυμα οξικού αμμωνίου $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ IN με $\text{pH} = 7$ - Ammonium acetate

Παρασκευή: Για ένα λίτρο διαλύματος:

- προσθέτονται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL 77g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ και συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.

2) Πρότυπο διάλυμα K 1000ppm χρησιμοποιώντας χλωριούχο Κάλιο (KC1)-

- Potassium chloride. Παρασκευή:
- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστέθηκε 1,9068g KC1 και συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή.
- Φυλάχθηκε σε φιάλη από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία δωματίου.

7.8 Εκτέλεση

- Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προετοιμαστεί σύμφωνα με τις οδηγίες «προετοιμασία δειγμάτων εδάφους για αναλύσεις».
- Σε ειδική φιάλη της φυγοκέντρου ζυγίστηκαν 5g εδάφους.
- Στη συνέχεια προστέθηκαν 33mL του διαλύματος οξικού αμμωνίου και φυγοκεντρήθηκαν.
- Η φυγόκεντρος ήταν ρυθμισμένη στις 4000 στροφές.
- Το εκχύλισμα διηθήθηκε με φίλτρο Whatman N° 41 και το διήθημα εκλούστηκε σε ογκομετρική φιάλη των 100mL.
- Στο ίδιο δείγμα έγινε προσθήκη 33mL διαλύματος οξικού αμμωνίου, φυγοκέντρωση και διήθηση για δύο φορές ακόμα.
- Στη συνέχεια συμπληρώθηκε νερό στη φιάλη μέχρι τη χαραγή.
- Το εκχύλισμα φυλάχθηκε στο ψυγείο και έγινε στη συνέχεια η μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο.

7.9 Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του K στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και καταγράφονται οι τιμές που δίνουν στο φλογοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις

των διαλυμάτων και είναι μια ευθεία. Παρασκευάζονται λοιπόν, διαλύματα πρότυπα των 10, 25, 50, 75, 100ppm K⁺.

- Σε ογκομετρικές φιάλες του 1L προστίθενται αντίστοιχα 10, 25, 50, 75, 100mL από το πρότυπο διάλυμα .
- Στη συνέχεια συμπληρώνεται κάθε φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.
- Τα διαλύματα φυλάσσονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για όσο διάστημα χρειαστούν.

7.10 Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου.

- Άνοιγμα – Μέτρηση
- Γεμίζαμε με απιονισμένο νερό το σωληνάκι (πίσω).
- Γεμίζαμε ένα ποτήρι ζέσεως με απιονισμένο νερό και το τοποθετούσαμε στη θέση του δειγματολήπτη με το σωληνάκι δειγματοληψίας μέσα σε αυτό. Προσέχαμε ώστε το σωληνάκι δειγματοληψίας να είναι πάντα βυθισμένο σε κάποιο υγρό είτε είναι δείγμα είτε είναι νερό καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου.
 - Ελέγχαμε εάν το όργανο και η αντλία αέρα ήταν στην πρίζα.
 - Ανοίγαμε τη φιάλη προπανίου και την αντλία αέρα.
 - Ανοίγαμε τη συσκευή και περιμέναμε να δείξει το μανόμετρο της φιάλης 2,2bar. Αν όχι, το ρυθμίζαμε.
 - Επιλέγαμε το φίλτρο να είναι στη θέση K αν μετρούσαμε Κάλιο και Na αν μετρούσαμε Νάτριο.
 - Τον διακόπτη course τον βάζαμε στη θέση 2 εκτός εάν δε μας επιτρεπόταν να κάνουμε τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.
 - Αφήναμε το όργανο για περίπου 30min να λειτουργήσει.
 - Στη συνέχεια, χρησιμοποιούσαμε σαν δείγμα απιονισμένο νερό και με τον διακόπτη **blank** ρυθμίζαμε ώστε η ένδειξη να είναι μηδέν.
 - Έπειτα, χρησιμοποιούσαμε το πρότυπο διάλυμα των 100ppm K και με τον διακόπτη **fine** ρυθμίζαμε την ένδειξη να είναι 100.
 - Επανατοποθετούσαμε στη θέση του δείγματος το απιονισμένο νερό για λίγη ώρα να καθαρίσει το όργανο. Παρατηρούσαμε ότι η ένδειξη του μηχανήματος ήταν μηδέν.
 - Ξεκινούσαμε να μετράμε με τα standards διαλύματα με σειρά από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη (πχ.10, 25,50,75ppm) και παίρναμε τις μετρήσεις.

- Ξεπλέναμε εκ νέου με απιονισμένο και μετά μετρούσαμε τα δείγματα μας χωρίς τη χρήση απιονισμένου ενδιάμεσα.
- Κλείσιμο
- Δουλεύαμε με δείγμα απιονισμένο νερό πριν το κλείσιμο αρκετά
- Κλείναμε τη φιάλη
- Περιμέναμε να σβήσει το flame on
- Κλείναμε την αντλία αέρα.
- Κλείναμε το όργανο.

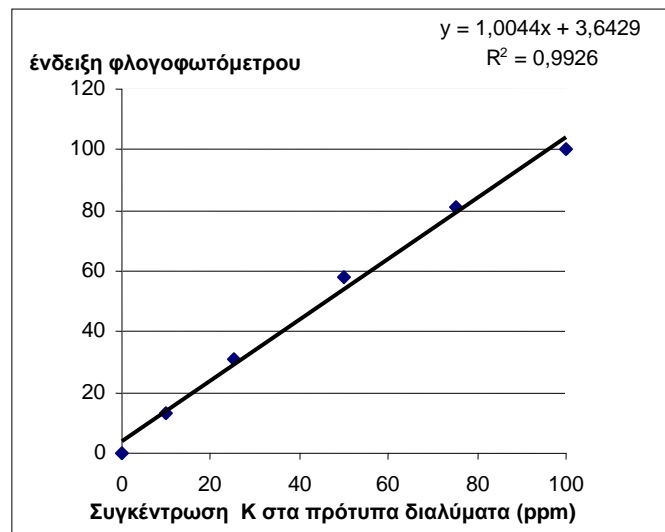
Υπολογισμός του αποτελέσματος

- Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του Κ των διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Σχήμα 1). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:
 - $y = \alpha x + \beta$
 - όπου: y = η ένδειξη φλογοφωτόμετρου
 - x = συγκέντρωση του διαλύματος
 - α = η κλίση της ευθείας και
 - β = η τετμημένη επί την αρχή
- Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της ένδειξης του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98).
- Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι, λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x:

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$

- όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η τιμή που μετρήσαμε).

Σχήμα: Η ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.



Οι συγκεντρώσεις του Κ που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι σε ppm στο εκχύλισμα. Το αποτέλεσμα θέλουμε να εκφράζεται σε mg K⁺ ανά 100g εδάφους. Άρα, έστω ότι μετρήθηκαν 20ppm Κ στο εκχύλισμα. Αυτό σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg εκχυλίσματος υπάρχουν 20 mg Καλίου

Στα 100.000mg (100mL εκχυλίσματος) υπάρχουν πόσα mg Καλίου

άρα X= **2mg** Κ στο εκχύλισμα.

Επειδή για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν 5g εδάφους.

Στα 5 g εδάφους υπάρχουν 2mg Καλίου

Στα 100g εδάφους υπάρχουν πόσα mg Καλίου

άρα $X = 40\text{mg K}^+$.

Άρα υπάρχουν 40mg αφομοιώσιμου καλίου ανά 100g εδάφους.

7.11. Εκχύλιση φυτικού ιστού

Εισαγωγή

Για την εκτέλεση του προσδιορισμού ολικών ποσοτήτων των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P, Ca, Mg και Ιχνοστοιχείων), εκτός του αζώτου, ήταν αναγκαία η μετατροπή αυτών, σε μορφή ενός ανόργανου άλατος. Αυτή επιτεύχθηκε με την καύση της λειοτριβημένης οργανικής ουσίας των φύλλων, ή άλλων φυτικών ιστών με μία από τις γνωστές μεθόδους, όπως η μέθοδος της ξηρής καύσης που παρουσιάζεται παρακάτω.

7.12 Τεχνική μεθόδου ξηρής καύσης

Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε ήταν:

- Αναλυτικός ζυγός
- Σιφώνι
- Φούρνος Αποτέφρωσης
- Κάψες πορσελάνης
- Χωνιά και φίλτρα Whatman N° 40
- Ογκομετρικές φιάλες των 50mL

- Πλάκα θέρμανσης



Εικόνα :Πλάκα θέρμανσης

Αντιδραστήρια

Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCl 1M – Hydrochloric acid

Παρασκευή: Σε ογκομετρική φιάλη των 500mL προσθέτουμε 41,4mL διαλύματος HCl 37% και απιονισμένο νερό μέχρι την ένδειξη της φιάλης.

Εκτέλεση

- Μετά το άλεσμα (βλ. προετοιμασία φυτικού ιστού για ανάλυση) μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία.
- Αμέσως μετά, ζυγίζεται σε κάψα πορσελάνης περίπου 1gr από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφεται.
- Στη συνέχεια η κάψα τοποθετείται στον φούρνο αποτέφρωσης στους 550°C μέχρι το δείγμα να ασπρίσει. Ο χρόνος που θα γίνει αυτό είναι $\approx 2,5h$.
- Αφού τελειώσει η καύση, η κάψα τοποθετείται σε θερμαινόμενη πλάκα και προστίθενται 5mL διαλύματος HCl 1M.
- Ακολουθεί θέρμανση (όχι βρασμός) μέχρι να αρχίσουν να βγαίνουν ατμοί από την κάψα. Η θέρμανση βοηθά να διαλυθούν ευκολότερα τα διάφορα άλατα.

- Σε ογκομετρική φιάλη των 50mL τοποθετείται ένα μικρό χωνί και πάνω του ένα φίλτρο Whatman N°40.
- Ρίχνουμε το περιεχόμενο της κάψας μέσα στο φίλτρο καθώς και 3 εκπλύσεις της κάψας με απιονισμένο νερό. Αφού περάσουν από το φίλτρο το ξεπλένουμε 3 φορές.
- Απομακρύνουμε το χωνί και η ογκομετρική φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.
- Το διάλυμα μεταφέρεται σε άλλη φιάλη όπου αναγράφεται ο αριθμός του δείγματος και φυλάσσεται στο ψυγείο.
- Ακολουθούν μετρήσεις (π.χ. K^+ , Na^+ , P, κ.α.)

7.13 Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου σε φυτικό ιστό

Τεχνική μεθόδου Βαναδομολυβδαινικού Αμμωνίου

Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε είναι:

- Σιφώνια 1,5,10mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 50mL
- Φασματοφωτόμετρο



Εικόνα :Φασματοφωτόμετρο

Αντιδραστήρια

Βαναδομολυβδαινικό αμμώνιο – Ammonium Vanadate Molybdate

Παρασκευή:

- Σε 400mL ελαφρώς θερμασμένου νερού διαλύονται 22,5g μολυβδαινικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - Ammonium molybdate tetrahydrate.
- Σε 300mL νερό που βράζει διαλύονται 1,25g βαναδικού αμμωνίου (NH_4VO_3) – Ammonium Vanadate
- Μετά από ψύξη των δύο διαλυμάτων, το διάλυμα του μολυβδαινικού αμμωνίου τοποθετείται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και
- προστίθεται το διάλυμα του βαναδικού αμμωνίου
- Το διάλυμα που προκύπτει διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου.
- Στη συνέχεια προστίθενται 250mL πυκνό νιτρικό οξύ(HNO_3) – Nitric Acid.
- Ακολουθεί ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου.
- Συμπληρώνεται νερό μέχρι τη χαραγή.
- Το διάλυμα χρησιμοποιείται για λίγες εβδομάδες αφού φυλαχθεί σε μέρος σκοτεινό και ξηρό.

Πρότυπο διάλυμα P (50ppm) χρησιμοποιώντας δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4) –Potassium phosphate dibasic.

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL διαλύονται σε νερό 0,2195g KH_2PO_4
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

Εκτέλεση

- Χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα του φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση (βλ. εκχύλιση δειγμάτων φυτικού ιστού).

- Το δείγμα του φυτικού ιστού μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν όπως ήταν. Υπήρχε περίπτωση όμως να γίνει αραίωση (συνήθως 1x10) οπότε να είναι αυτό το νέο stock διάλυμα. Έτσι :
- Σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL προστέθηκαν:
- 10mL από το stock διάλυμα και
- 10mL από το αντιδραστήριο του βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονταν.
- Η φιάλη συμπληρωνόταν με νερό μέχρι τη χαραγή καλυπτοταν με parafilm και ανακινούσαμε καλά μέχρι να εμφανιστεί χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα.
- Μετά από 30min μετρούσαμε την απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο και μήκος κύματος 470nm.

Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του P στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φασματοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και μετρείται η απορρόφηση. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Όλα τα πρότυπα διαλύματα παρασκευάζονται από τα ίδια αντιδραστήρια που παρασκευάζονται και τα δείγματα. Επίσης τα πρότυπα παρασκευάζονται πριν το χρωματισμό των δειγμάτων έτσι ώστε αν υπάρξει πρόβλημα με τη διαδικασία ή τα αντιδραστήρια να εντοπιστεί και να λυθεί.

Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή όπου υπολογίζεται ότι είναι οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας.

Έστω ότι δείγματα μας υπολογίζονται στην περιοχή 5-10ppm. Τα πρότυπα διαλύματα που παρασκευάζονται έχουν συγκέντρωση 0 - 5 - 10 - 15 και 20ppm.

Το τυφλό διάλυμα (0ppm) χρησιμεύει για τη ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας της απορρόφησης του οργάνου.

- Σε ογκομετρικές φιάλες των 50mL προστεθήκαν 0,5,10,15,20mL αντίστοιχα από το διάλυμα των 50ppm σε P.
- Στη συνέχεια σε κάθε μία προστέθηκε 10mL βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύτηκε.

- Προστέθηκε νερό μέχρι τη χαραγή και ανακινήθηκε καλά.
- Το 0 ppm διάλυμα χρωματίστηκε πολύ ελαφριά κίτρινο.

Τρόπος χρήσης του φασματοφωτόμετρου SHIMADZU UV-1800.

- Το όργανο έμπαινε σε λειτουργία από τον διακόπτη και αφηνόταν για 30min να θερμανθεί χωρίς να πατάμε κανένα πλήκτρο.
- Ελέγχουμε στην οθόνη αν το όργανο μετρούσε απορρόφηση.
- Αν όχι, πατούσαμε MODE και επιλέγαμε απορρόφηση (Absorbance Abs) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονταν κάτω από την οθόνη
- Με τον υποδοχέα της κυψελίδας κενό και το κάλυμμα του οργάνου κλειστό επιλεγόταν το επιθυμητό μήκος κύματος (470nm) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονταν στον κύκλο.
- Ανοίγαμε το σκέπασμα του χώρου υποδοχής της κυψελίδας και τοποθετούσαμε την κυψελίδα με το τυφλό (0ppm). Το βελάκι πάνω στην κυψελίδα έπρεπε να είναι προς το μπροστινό μέρος του οργάνου και με τις δύο διαφανείς πλευρές της κυψελίδας σύμφωνα με το βέλος που υπήρχε δίπλα στον υποδοχέα.
- Πατούσαμε ZERO προκειμένου να μηδενιστεί η ένδειξη. (0 Abs).
- Βγάζαμε το τυφλό και τοποθετούσαμε το δείγμα κατά τον ίδιο τρόπο.
- Παίρναμε τη μέτρηση.
- Αρχικά μετρούσαμε τα πρότυπα διαλύματα προκειμένου να φτιάξουμε την καμπύλη και στη συνέχεια τα άγνωστα δείγματα.

Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του P των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες όπου έγινε η ανάπτυξη του χρώματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες τους μετρήσεις απορρόφησης (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Σχήμα1). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:

$$y = \alpha x + \beta$$

όπου: y = η απορρόφηση

x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

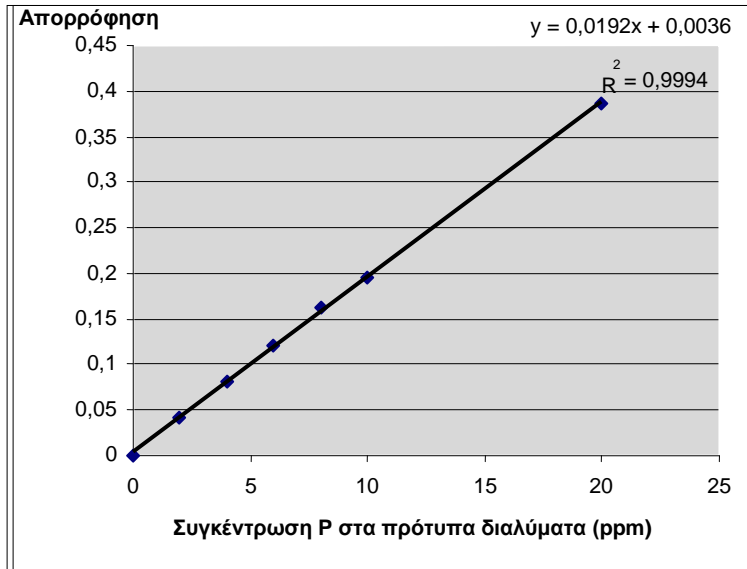
Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της απορρόφησης με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98).

Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την απορρόφηση μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x:

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$

όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η απορρόφηση που μετρήσαμε).

Σχήμα : Η ευθεία που σχηματίζεται από τις τιμές της απορρόφησης και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.



Οι συγκεντρώσεις του P που υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι σε ppm και είναι οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες των 50mL. Οι τιμές αυτές όμως πρέπει να μετατραπούν σε ppm P στο εκχύλισμα και να εκφραστούν σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί:

Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 5ppm P. Αν έχει γίνει αραίωση τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραίωσης (π.χ. αν η αραίωση είναι 1x10 τότε τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 10) και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα.

Μέτρηση 5ppm σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg διαλύματος υπάρχουν 5 mg P

Στα 50.000mg (50mL) διαλύματος πόσα mg P υπάρχουν ;

άρα **X= 0,25mg P** στην ογκομετρική φιάλη που αναπτύχθηκε το χρώμα.

Ο P όμως που υπάρχει στην ογκομετρική φιάλη υπήρχε στα 10mL εκχυλίσματος, άρα χρειάζεται να γίνει αναγωγή σε όλο το εκχύλισμα, το οποίο έχει όγκο 50mL έτσι:

Στα 10 mL εκχυλίσματος υπήρχαν 0,25 mg P

Στα 50 MI εκχυλίσματος πόσα mg P υπάρχουν

άρα **X= 1,25mg P**

Η ποσότητα αυτή του P υπήρχε σε συγκεκριμένη ποσότητα φυτικού ιστού που εκχυλίστηκε και το βάρος αυτής είναι γνωστό. Έστω ότι κάηκαν και εκχυλίστηκαν 1,2365g φυτικού ιστού, τότε προκύπτει:

Στα 1236mg φυτικού ιστού υπάρχουν 1,25 mg P

Στα 100 mg φυτικού ιστού πόσα mg P υπάρχουν;

άρα **X= 0,101**

Άρα η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε P είναι 0,101%.

8.Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων

Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των μηχανημάτων που θα πρέπει να υπάρχουν σε μια μονάδα κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες θρυμματιστών:

- α) οι θρυμματιστές με μαχαίρια
- β) οι θρυμματιστές με σφυριά ή σφυρόμυλοι

θρυμματιστής με σφυριά



θρυμματιστής με μαχαίρια



Τόσο οι θρυμματιστές με μαχαίρια όσο και οι θρυμματιστές με σφυριά, όταν είναι μεγάλης ιπποδύναμης, τροφοδοτούνται μηχανικά.

8.1 Αναστροφέας σειραδίων κομποστοποίησης

Υπάρχουν δύο τύποι αναστροφέων:

α) οι ρυμουλκούμενοι

β) οι αυτοκινούμενοι

Στο πείραμα μας, χρησιμοποιήθηκε **αυτοκινούμενος** αναστροφέας μάρκας Backhus 16.30, ο οποίος διαθέτει δικό του κινητήρα. Το κόστος αυτού του αναστροφέα μπορεί να είναι σχετικά αυξημένο αλλά το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι απαιτεί μικρό κενό μεταξύ των σειραδίων για να κινείται. Στις **Εικόνες** παρουσιάζεται ο αναστροφέας που χρησιμοποιήθηκε και στον **Πίνακα** τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.



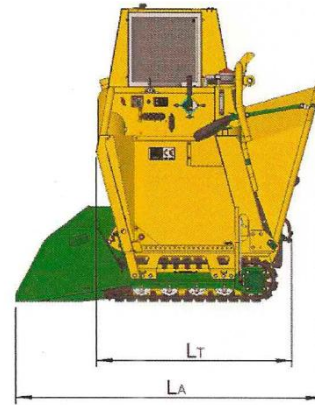
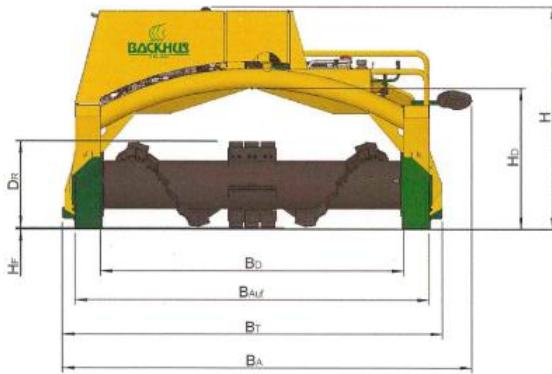


Πίνακας :Τεχνικά χαρακτηριστικά αυτοκινούμενου αναστροφέα BACKHUS 16.30:

BACKHUS

BACKHUS 16.30

EcoEngineers



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

BACKHUS			16.30
Λειτουργικά στοιχεία			
Πλάτος σωρών μέχρι	B_{Auf}	m	3,0
Ύψος σωρών μέχρι		m	1,30
Διατομή σωρών*		m^2	2,2
Χρησιμοποίηση επιφάνειας*		m^3/m^2	0,73
Καθαριστής πλάτους διαδρομής		m	2x0,22
Ποσοστό καθαρισμού*		%	2,2
Μέγεθος κόκκου μέχρι		mm	150
Διαμήκης μετατόπιση σωρών περίπου		m	1,5
Ταχύτητα περιστροφής στροφών		min^{-1} (rpm)	400
Ικανότητα μετατοπίσεων μέχρι		m^3/h	700
Αριθμός εργαλείων		-	62
Διαστάσεις εργασίας			

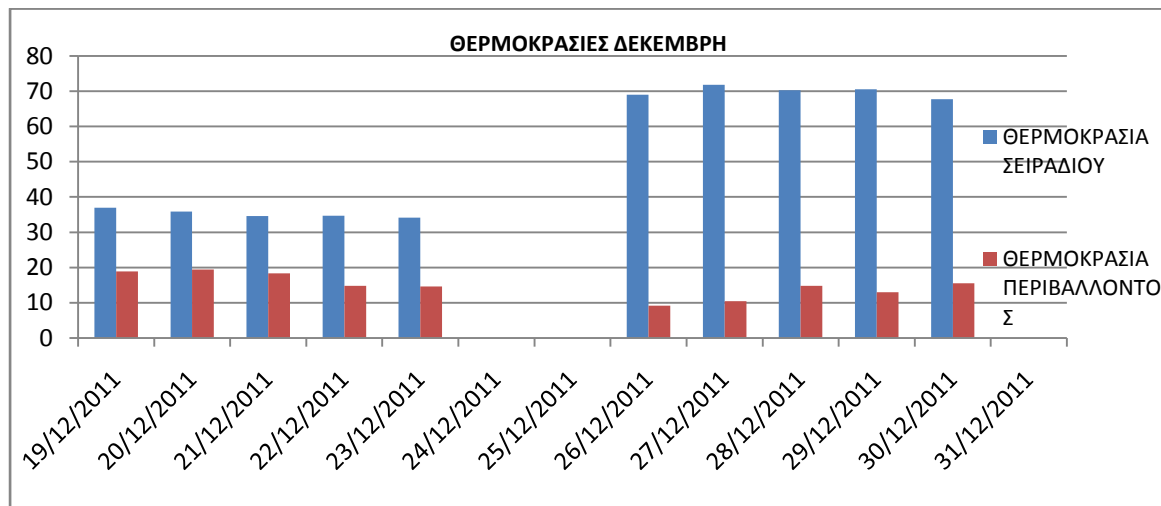
Μήκος **	La	mm	1.950
Πλάτος **	B _A	mm	3.500
Ύψος	H	mm	1.900
Διάμετρος στροφών	D	mm	735
Ύψος καθαρισμού	H _D	mm	1.200
Πλάτος καθαρισμού	B _d	mm	2.570
Μέγιστος επίγειος καθαρισμός	H _F	mm	10-100
Μεταφορά διαστάσεων			
Μήκος**	Lt	mm	1.250
Πλάτος**	Bt	mm	3.250
Ύψος**	H	mm	1.900
Ταχύτητα μπρος/όπισθεν		m/min	0-50
Βάρος περίπου**		kg	1.700
Επίγεια πίεση περίπου**		kg/cm ²	0,59
Κυβικά		ccm	2,190
Ονομαστική χωρητικότητα		kW (HP) RPM	35,4 (47.5) @ 3,000
Χωρητικότητα		m ³ /h	750
Μέγιστη ροπή		Nm (lbfft) RPM	143 (106) @ 1,800
Τριφασική γεννήτρια		V	12
Μπαταρία		V/Ah	12/88
Ντεπόζιτο καυσίμων		l	50
Κινητήρας		Yanmar 47.5 HP	
Τύπος		4 TNV 88 τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας, υδρόψυκτος	
Σύστημα οδήγησης		υδραυλικό	
Κύλινδροι		4	

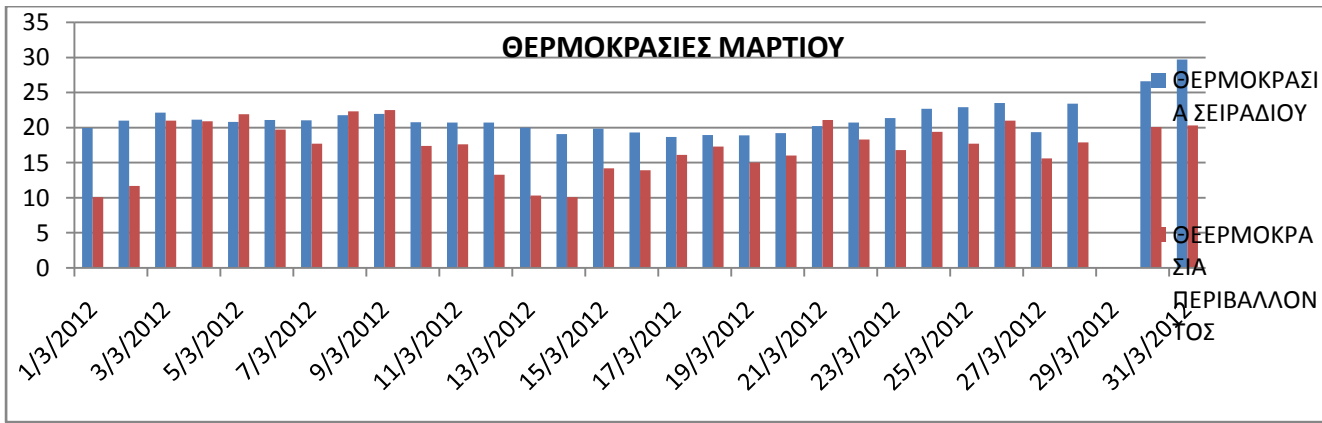
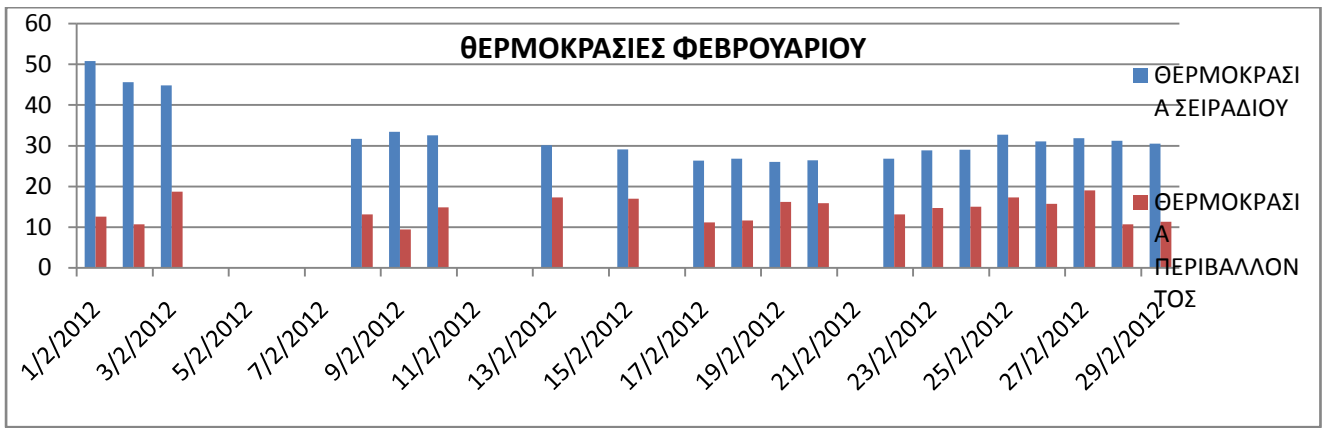
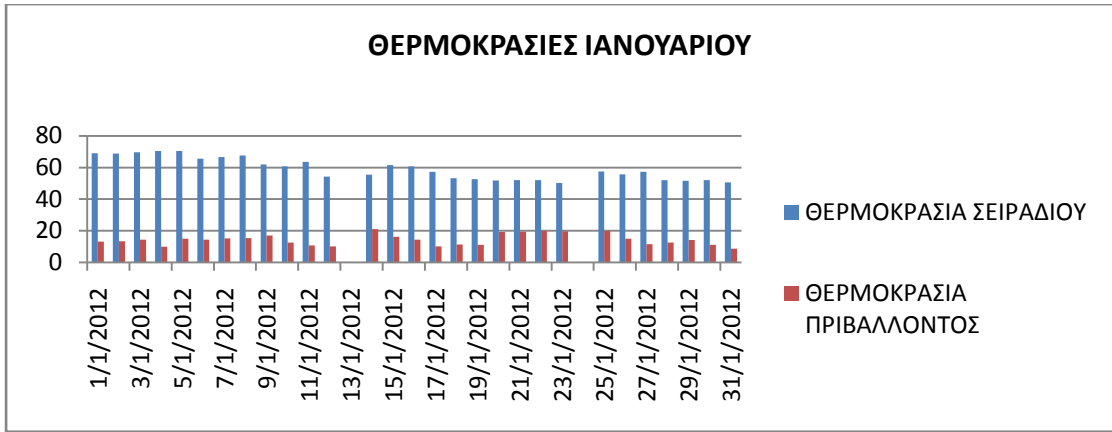
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα-Πειράματος

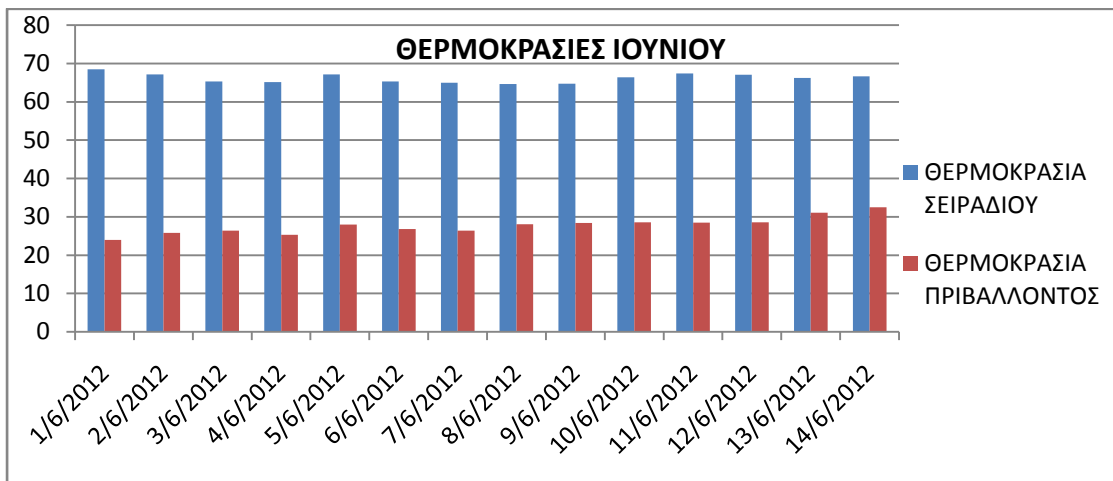
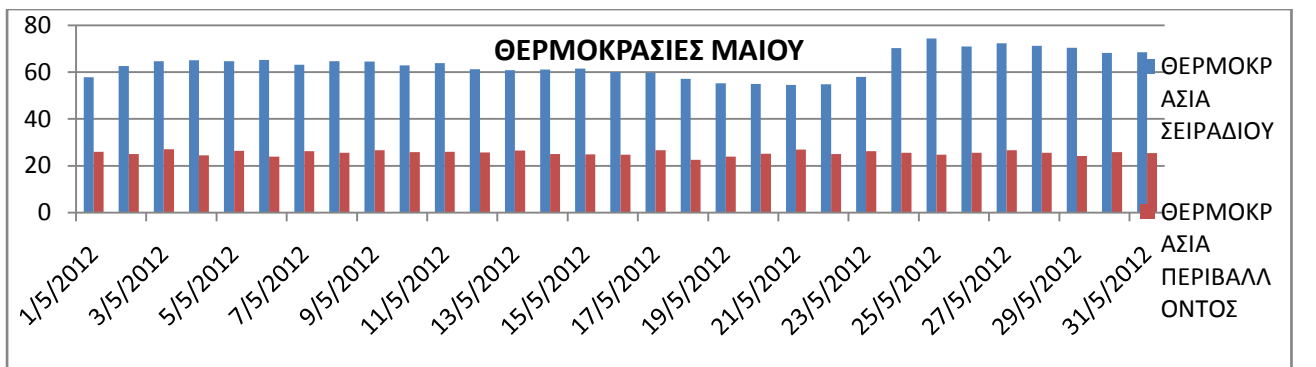
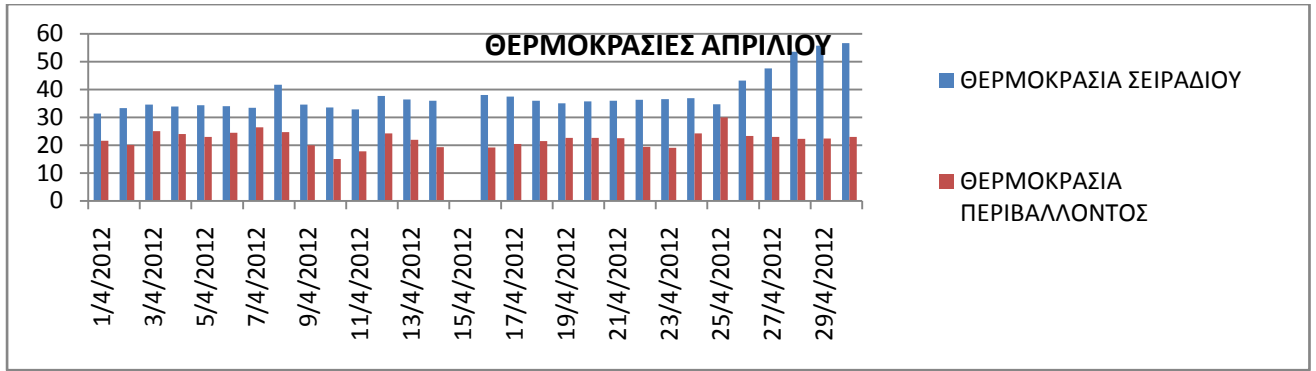
3.1 Θερμοκρασίες

Η θερμοκρασία μετρίοταν σχεδόν σε καθημερινή βάση εκτός από την επόμενη μέρα των αναστροφών όπου αφήναμε το σειράδι για ξεκούραση. Επίσης δεν μετρήσαμε θερμοκρασίες την ημέρα των χριστουγέννων και το Πάσχα και κάποιες μερες όπου υπήρχε βλάβη του θερμομέτρου. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών ξεκίνησαν 19/12/11 και σταματήσαν στις 14/6/12. Ο μεγαλύτερος μέσος ορος θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στις 25/5/12 74,37°C λόγω της εποχής όπου επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος όπως επίσης και γενικά τον μήνα Μάιο και Ιούνιο επικρατήσαν οι ίδιες υψηλές θερμοκρασίες. Αντιθέτως στις 19/3/12 ειχαμε τον χαμηλότερο μέσο όρο θερμοκρασίας 18,87°C λόγω έντονης υγρασίας και βροχοπτώσεων που είχαν προηγηθεί.

Στα παρακάτω γραφήματα βλέπουμε την πορεία της θερμοκρασίας ανα μήνα

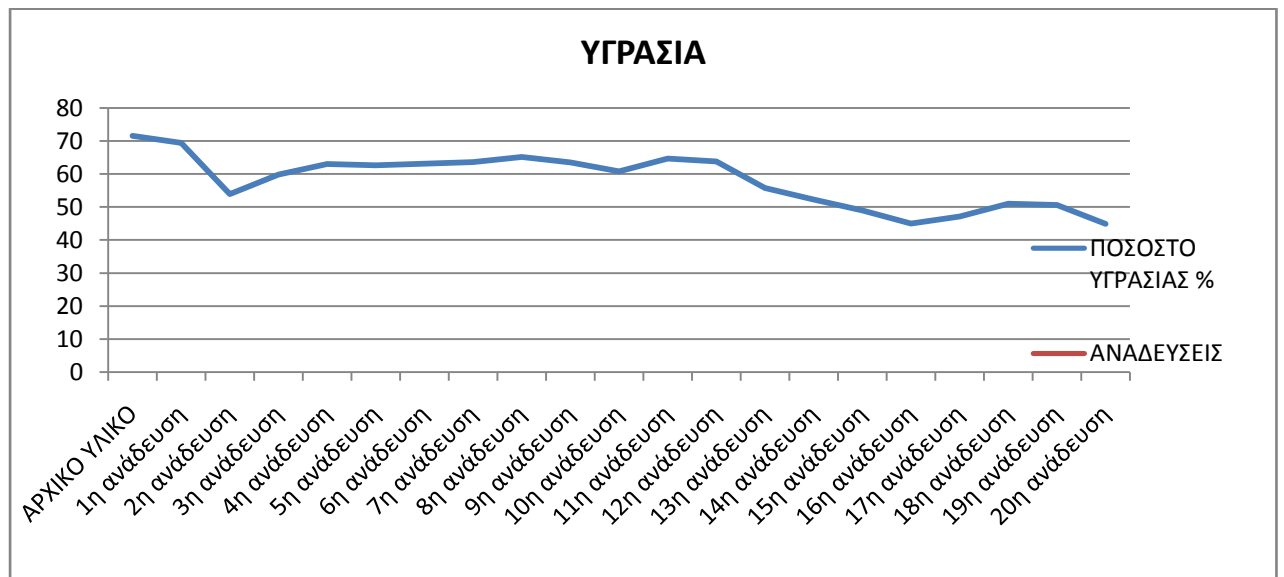






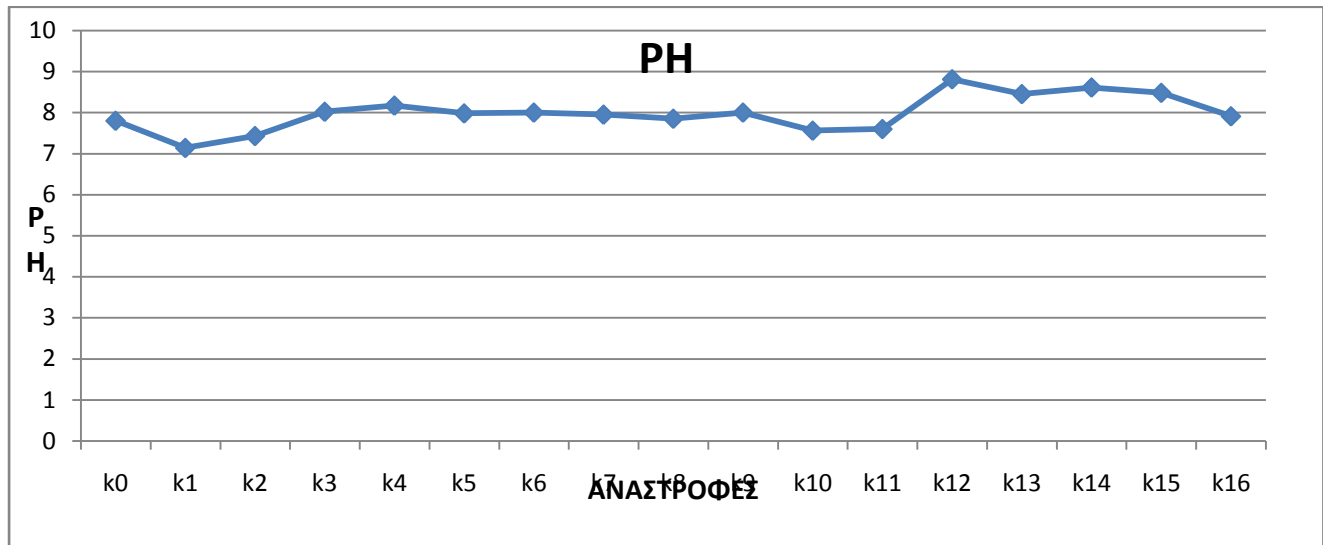
3.2 Υγρασία

Στο παρακάτω γράφημα παρατηρούμε την πορεία της υγρασίας του σειραδίου. Όπως βλέπουμε την μέγιστη υγρασία την έχουμε στο αρχικό υλικό στην συνέχεια έχουμε μια σταθερή πορεία της υγρασίας την οποία την πετύχαμε με την διαβροχή του σειραδίου με κασίγαρο ανά διαστήματα. Γενικά η υγρασία ήταν σε υψηλά επίπεδα λόγο των συνεχών βροχοπτώσεων που είχαμε.



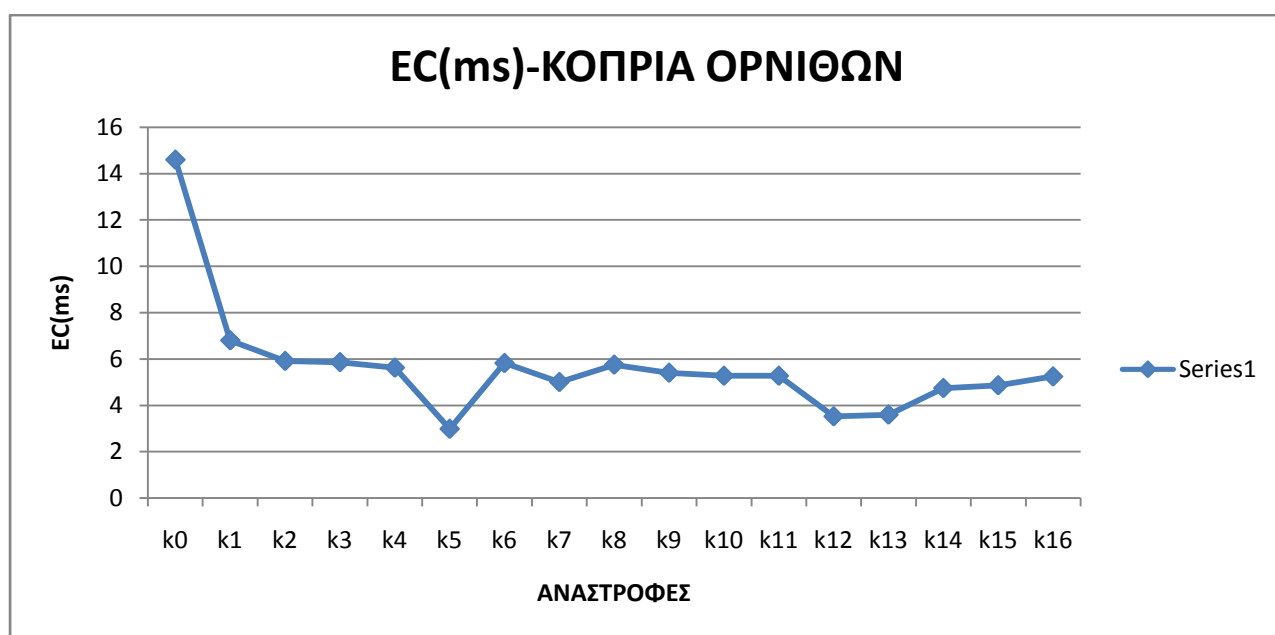
3.3 PH

Μετά από κάθε αναστροφή παίρναμε δείγμα όπου εφαρμόζαμε την τεχνική του PH. Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε την πορεία του PH ανά αναστροφή.



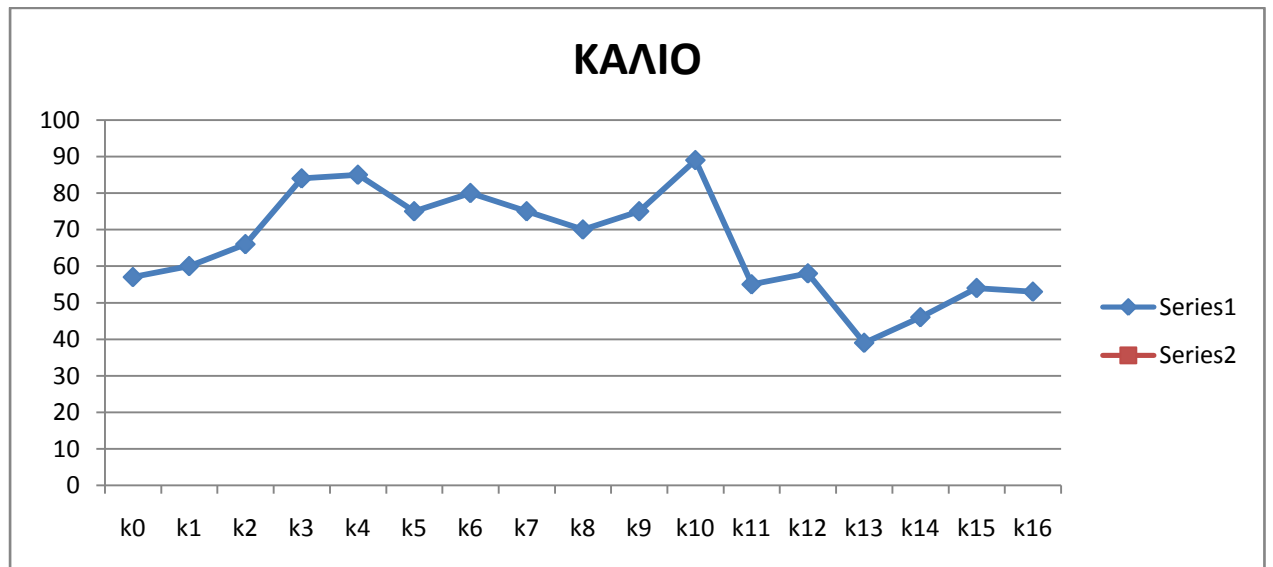
3.4 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Στο παρακάτω γράφημα παρατηρούμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα όπου την μετρούσαμε μετά από κάθε αναστροφή με την βοήθεια του αγωγιμομέτρου-πεχάμετρου .



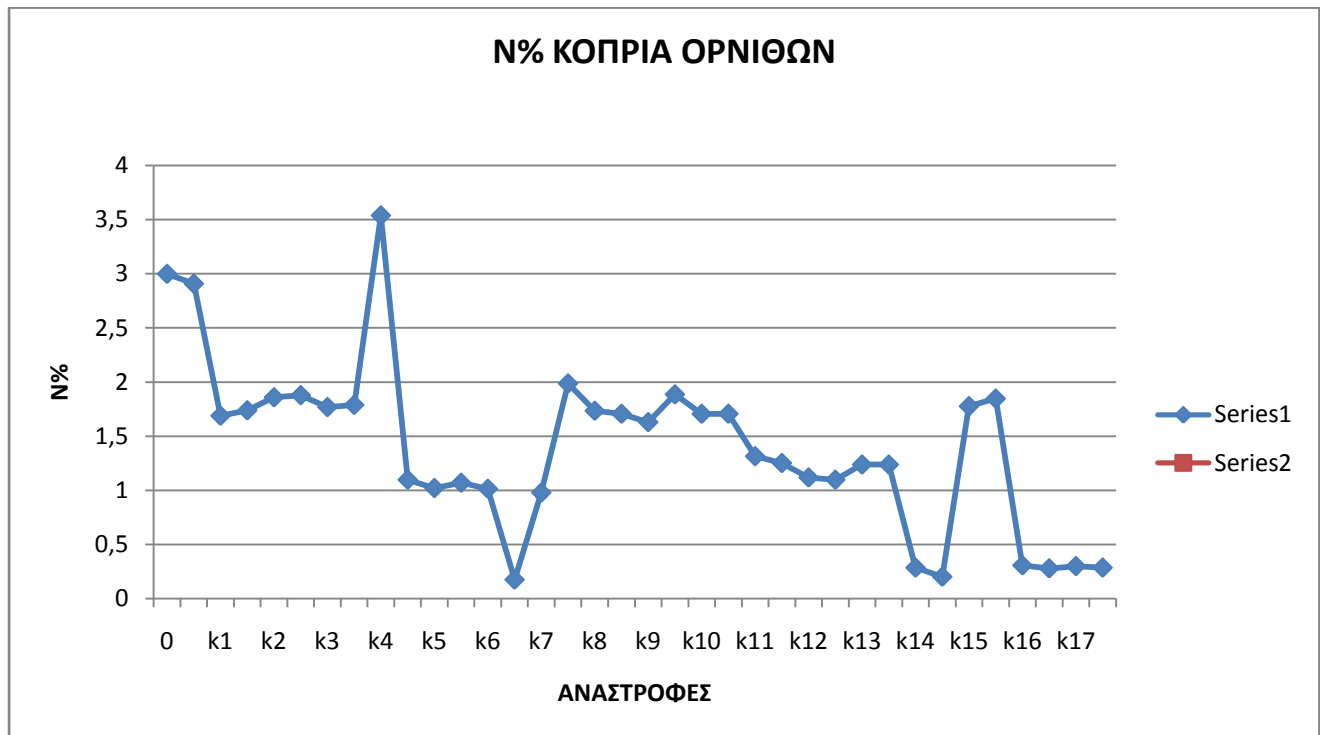
3.5 Κάλιο

Στο γράφημα αυτό παρατηρούμε την πορεία του καλίου όπου εξαρτάται από την ποσότητα των αλεσμένων κλαδοκάθαρων που είχαμε στο εκάστοτε δείγμα. Αυτό γιατί η πορεία των μετρήσεων του καλίου εξαρτάται από την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC, cation-exchange capacity), που εκφράζεται με την ποσότητα μονοσθενών κατιόντων που μπορούν να ανταλλαγούν ανά 100 γραμμάρια κοπριάς και εξαρτάται από το pH και το pE οξειδοαναγωγικό δυναμικό.



3.6 Άζωτο (N)

Όπως βλέπουμε στο γράφημα το ποσοστό το αζώτου κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα λόγο των συχνών βροχοπτώσεων. Μετά το πέρας των βροχοπτώσεων υπήρξε μια καθοδική πορεία του αζώτου.



3.6 Φώσφορος

Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων και ενδείξεις φασματοφωτομέτρου

Standards	Συγκέντρωση
0	0
5	0,066
10	0,138
15	0,211
20	0,283



Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι δείκτες της πορείας της κομποστοποίησης και της ποιότητας του παραγόμενου κόμπποστ. Οι μήνες που κράτησε το πείραμα της κομποστοποίησης της κοπριάς ορνίθων ήταν ιδιαίτερος βροχεροί και κρύοι για τα δεδομένα της Κρήτης, ειδικά από τον Δεκέμβριο μέχρι μέσα Απριλίου όπου η μεγάλη αυτή υγρασία επηρέασε τους φυσικοχημικούς παράγοντες. Σκοπός μας ήταν να δούμε κατά πόσο επηρέασε το κόμπποστ η προσθήκη κασιόγαρου. Αυτό θα το επιτύχουμε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας με άλλες παρόμοιες εργασίες.

Συγκρίνοντας την θερμοκρασία της πτυχιακής μου με άλλες όπως πχ «Συγκομποστοποίηση στερεάς κοπριάς με πριονίδι πεύκων ως οργανικό υπόστρωμα» (2005) των Yun Zhang, και Yong He εκεί βλέπουμε ότι η θερμοκρασία ξεκίνησε από χαμηλά επίπεδα και έφτασε μια μέγιστη τιμή 70 °C σε διάστημα 30 ημερών. Στο δικό μας πείραμα η θερμοκρασία ξεκίνησε από υψηλά επίπεδα αλλά στην πορεία λόγω έντονων βροχοπτώσεων η θερμοκρασία έπεσε και παρέμενε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα έτσι επιστρατέψαμε τον κασιόγαρο που ως αποτέλεσμα είχε την άνοδο της θερμοκρασίας και την σταθεροποίηση της για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Όσο αφορά την υγρασία στο πείραμά μας η τελική τιμή της υγρασίας είναι 44,86 % ενώ σε άλλα παρόμοια πειράματα όπως πχ του Yun Zhang, και Yong He η υγρασία ήταν στο 60% οι διαφορές αυτές που προκύπτουν οφείλονται στην συχνότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων όπου είχαμε και αργότερα στην αύξηση της θερμοκρασίας. Στην αρχή του πειράματος η υγρασία μας ήταν στο 70% αργότερα και μετά το πέρας των βροχοπτώσεων και με την βοήθεια του κασιόγαρου κρατήσαμε την υγρασία σε σταθερά επίπεδα.

Στο πείραμά μας η τελική τιμή του PH ήταν 7,91 ενώ σε άλλα πειράματα ήταν σε χαμηλότερα επίπεδα πράγμα που σημαίνει ότι με την προσθήκη του κασιόγαρου κάναμε το κόμπποστ πιο αλκαλικό.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ξεκίνησε από 6,28 και έφτασε σε μια τελική τιμή 5,24 πράγμα που μας δείχνει μια σταθερή πορεία της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ότι γενικά κινήθηκε σε καλά επίπεδα σε σχέση και με άλλες εργασίες.

Η τελική τιμή του ολικού αζώτου είναι 0,4% σε παρόμοιες εργασίες κυμαινόταν σε υψηλότερα επίπεδα στην δικιά μας εργασία αυτό οφείλετε στην αύξηση της θερμοκρασίας και την απότομη πτώση της υγρασίας.

Τέλος οι τιμές του φωσφόρου είναι κοντά και παρόμοιες με άλλα πειράματα εμάς είναι στο 5,8690.

Το γενικό συμπέρασμα της πτυχιακής εργασίας μας είναι ότι το κομποστ κάνει για εδαφοβελτιωτικό παρόλο τις κλιματολογικές συνθήκες και τους φυσικοχημικούς παράγοντες όπου επηρέασαν αρκετά το κομποστ.

Βιβλιογραφία

1. Abid N., Sayadi S. (2006). Detrimental effects of olive mill wastewater on the composting process of agricultural wastes. *Waste Management*. 26: 1099 - 1107.
2. Al-Malah, K., Azzam, M. O. J., Abu-Lail, N. I., 2000. Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology* 20, 225–234.
3. Τσικαλάς Π., «Σημειώσεις Εργαστηρίων Φυλλοδιαγνωστικής», Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Γεωπονίας, Ηράκλειο 1992.
4. Μανιός Θ., Φουντουλάκης Μ., Τερζάκης Σ., «Εργαστήριο Επεξεργασίας και Αξιοποίησης Υγρών Αποβλήτων», Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας, Ηράκλειο 2009.
5. Νταρακάς Ε. «Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού - Σημειώσεις μαθήματος Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος», Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 2009.
6. Λοιζίδου Μ., «Σημειώσεις: Υγρά Απόβλητα», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Αθήνα 2006

7. Clesceri L.S, Greenberg A. E., Trussell R.R, “ Standard methods for the examination of water and wastewater” APHA, AWWA, WPCF, 20th edition, 1999
8. Operating Manual for Gerhardt 's Kjeldahl System .
9. http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/gewp_biot/Labor_Bion_Nutr_PI/course_material/bouranis6right.htm
10. Chapman H., Pratt P.«Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters», Division of Agricultural Sciences, University of California, 1961
11. Golueke, C.G., «Composting: A study of the process and its principles», Rodate Press, Emmaus, Pennsylvania 1972.
12. Μανιός Β. «Διερεύνηση δυνατότητας παρασκευής φυτοχώματος από την εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα», Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Εργαστήριο Μικροβιολογίας, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 1979
13. Δρ. Θρασύβουλος Μανιός «Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Μηχανολογίας, Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και υγρών Αποβλήτων, Ηράκλειο 2009
14. Balis C., Chatjipavlidis J., Flouri F. (1996). Olive mill waste as a substrate for nitrogen fixation. International Biodeterioration & Biodegradation. p. 169 - 178.
15. Cooperband L. (2002). The art and science of composting. A resource for farmers and compost producers. University of Wisconsin-Madison.
16. Epstein, E. 1997. The science of composting. CRC Press. Boca Raton. Florida.
17. Georgakakis D., Tsavdaris A., Bakouli J., Simeonidis S. (1995). Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues. Bioresource Technology. 56: 195 - 200.
18. Papadimitriou E. K., Chatjipavlidis J., Balis C. (1996). Application of composting to olive mill wastewater treatment. Environmental Technology. 18: 101 - 107.
19. Paredes C., Roig A., Bernal M.P., Sanchez-Monedero M.A., Cegarra J. (2000). Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive-mill wastewater with solid organic wastes. Biol Fertil Soils. 32: 222 - 227.
20. Stentiford E. I. (1995). Composting control: principles and practice. In “The Science of Composting” (Eds: de Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T.). Blackie Academic and Professional. Glasgow. Scotland. 1: 49 - 59.

21. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate, Yun Zhang, Yong He.
22. Co-Composting and Characterization of Swine Waste Solids and Its Use as a Soil Amendment in a Field Study: The Effects of Duration of Composting. (Under the direction of John J. Classen.)
23. Maturity indices for composted dairy and pig manures, P. Wang, C.M. Chang, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink