ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΟΓΚΟΥ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ.



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΝΙΑΔΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΠΑΝΑΡΕΤΑΚΗ ΠΑΤΡΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή……3
1.1. Ιστορική ανασκόπηση……...4
1.2. Ορισμός……...5
1.3. Οι φάσεις της κομποστοποίησης……6
1.4. Βασικοί παράγοντες της κομποστοποίησης……..7
1.5. Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση……..11
1.6. Οδηγίες χρησιμοποίησης του παραγόμενου κόμποστ ……14
1.7. Ποιότητα κόμποστ……15

2. Υλικά και Μέθοδοι
2.1. Γενικά στοιχεία……19
2.2. Μετρήσεις καθημερινής προόδου κομποστοποίησης……21
2.2.1. Μέτρηση θερμοκρασιών σωρού……21
2.3. Μετρήσεις δειγμάτων από κάθε γύρισμα……....22
2.3.1. Γενικά……22
2.3.2 Μέτρηση υγρασίας……22
2.3.3. Μέτρηση όγκου σωρού……..……24
2.3.4. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας (C) και τέφρας……..24
2.3.5. Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N)……...25
2.3.6. Ανάλυση Ph και EC……..28
2.4. Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ……31

3. Αποτελέσματα – Συζήτηση……33
3.1. Αποτελέσματα καθημερινής προόδου κομποστοποίησης……...33
3.2. Όγκος ……34
3.3. Βάρος……35
3.4. Μεταβολή Βάρους και Όγκου……36
3.5. Υγρασία……37
3.6. Μεταβολές Ph και EC……38
3.7. Μεταβολές του οργανικού άνθρακα (C) και του ολικού αζώτου (N)……39
3.8. Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ……40

4. Συμπεράσματα – Προτάσεις……41

5. Βιβλιογραφία……42

1. Εισαγωγή

Η αποδόμηση της οργανικής ύλης στα ανόργανα συστατικά της ουσιαστικά γίνεται στη φύση από την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας και έτσι εξασφαλίζεται η ανακύκλωση της ύλης και μ' αυτή η διατήρηση της ζωής. Ο άνθρωπος υπόκειται και ο ίδιος σ' αυτή τη διαδικασία αλλά ταυτόχρονα με την πολύπλευρη παρέμβασή του την επηρεάζει. Η παρουσία σήμερα του ανθρώπου πάνω στη γη, που ασταμάτητα διογκώνεται, η εντεινόμενη εξάντληση των πλουτοπαραγωγικών πηγών για μια υπερπαραγωγή αγαθών και η αλόγιστη καταστροφή και ρύπανση του περιβάλλοντος, διαταράσσουν τη φυσική ανακύκλωση και ισορροπία μεταξύ δόμησης και αποδόμησης της οργανικής ύλης.

. Μια από τις λίγες περιπτώσεις συνεργικής δράσης και συμπόρευσης του ανθρώπου με την φύση είναι η υποβοήθηση της φύσης στη γρήγορη βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων και την επιστροφή τους στους φυσικούς αποδέκτες τους και ιδιαίτερα στο χώμα. Είναι μια αναγκαία παρέμβαση του ανθρώπου, ως ελάχιστο αντιστάθμισμα της προκαλούμενης από τον ίδιο μεγάλης παραγωγής προϊόντων και υπολειμμάτων και συμβάλλει στην αποφυγή κατάρρευσης του συστήματος της φυσικής ανακύκλωσης και των επιπτώσεών της στην διατήρηση της ζωής. Έτσι η διατάραξη της ισορροπίας μειώνεται μια και η γρήγορη αφαίμαξη ακολουθείται από μια γρήγορη και σωστή επιστροφή σε αυτό που τείνει να εξασφαλίσει την ισόρροπη ανάπτυξη και στα δύο σκέλη της ανακύκλωσης.

Η διαδικασία αυτή της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων κάτω από ελεγχόμενες από τον άνθρωπο συνθήκες και της παραγωγής χρήσιμου υλικού για την γεωργία, αποδίδεται με την διεθνή όρο «composting». Στα ελληνικά έχει επικρατήσει η μετάφραση «κομποστοποίηση».

1.1 Ιστορική ανασκόπηση

Το composting είναι μια από τις πιο παλιές γεωργικές τεχνικές και η ιστορία του ανάγεται σε πολλούς αιώνες πριν. Μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα η τεχνική αυτή παρέμενε ουσιαστικά πρωτόγονη, χωρίς κανέναν έλεγχο της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υλικών. Η πρώτη βελτίωση, στην παραδοσιακή διαδικασία του composting εμφανίζεται μέσα στην τρίτη δεκαετία του προηγούμενου αιώνα, στην Ινδία (Golueke 1972). Ουσιαστικά πρόκειται για μια απλή συστηματοποίηση της διαδικασίας με διπλό σκοπό. Ο πρώτος ήταν ο περιορισμός της μετάδοσης ανθρωπογενών ασθενειών από τη διαχείριση των ανθρώπινων αποβλήτων και ο δεύτερος η παρασκευή οργανικού λιπάσματος προκειμένου να αυξηθεί η γεωργική παραγωγή και να καταστεί δυνατή η διατροφή των αυξημένων πληθυσμών σε αυτές τις πυκνοκατοικημένες περιοχές της Άπω Ανατολής.

Παράλληλα με τη μελέτη του composting ως βιολογικού φαινόμενου (Waksman et al., 1939a, 1939b), αρχίζει και μια συστηματική προσπάθεια για την μηχανοποίηση της διαδικασίας εφαρμογής του. Πολύ μεγάλη ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση έδωσε η σκέψη της εφαρμογής του στα δημοτικά απορρίμματα, που η παρουσία τους άρχισε να γίνεται απειλητική για το περιβάλλον και τον άνθρωπο (Gotaas, 1956).

1.2 Ορισμός

Κομποστοποίηση ή composting (στο διεθνή όρο) των οργανικών υπολλειμάτων ορίζεται ως η φυσική βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης των υλικών αυτών.

Με τον όρο σταθεροποίηση εννοούμε:

- .Να αποκτήσει μια μορφή που να είναι σχετικά αδρανείς, απουσία έντονων μικροβιακών δραστηριοτήτων και διάσπαση των πολύπλοκων οργανικών μεγαλομορίων σε πιο σταθερά οργανικά και ανόργανα συστατικά.
- .Να μειωθεί ή ακόμα και να εξαφανιστεί η δυσάρεστη οσμή που μερικά οργανικά υλικά αναδίδουν.
- .Να μειωθεί ο όγκος των υλικών των υλικών αυτών καθώς και η υγρασία τους έτσι ώστε να είναι ευκολότερη και πλέον οικονομική η μεταφορά τους από το σημείο συσσώρευσης - παραγωγής στο σημείο εφαρμογής.
- .Να μειωθεί ή και να καταστραφεί πλήρως το παθογόνο για τον άνθρωπο μικροβιακό φορτίο, καθώς και παθογόνοι μικροοργανισμοί φυτών και ζώων.
- .Να μειωθεί η φυτοτοξική δράση του οργανικού φορτίου μέσα από διαδικασίες ωρίμανσης του υλικού.
- .Να παραχθεί τελικά ένα οργανικό υλικό που να επαναχρησιμοποιηθεί σε διάφορες καλλιέργειες καλύπτοντας έτσι ανάγκες σε οργανικό λίπασμα αλλά και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία που απαιτεί την ανάκτηση κέρδους από τα απορρίμματα (ενέργεια ή υλικά).

1.3 Οι φάσεις της κομποστοποίησης

Στην διαδικασία του composting οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά υλικά και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O), θερμότητα και χούμο, το σχετικά σταθερό τελικό οργανικό προϊόν. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες η κομποστοποίηση για να ολοκληρωθεί περνάει από τέσσερις φάσεις, όπως φαίνεται παρακάτω:

1η Φάση : Είναι η φάση της αποικοδόμησης. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής δραστηριοποιούνται κυρίως τα βακτήρια που αποτελούν και το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών και αρχίζουν οι αποικοδομήσεις των εύκολα διασπώμενων ουσιών όπως σάκχαρα. Η θερμοκρασία στην φάση αυτή μπορεί να φτάσει και τους 60^0 C – 65^0 C ή και περισσότερο.

2η Φάση : Είναι η φάση του μετασχηματισμού. Η πτώση της θερμοκρασίας κάτω από τους 50^0 C σηματοδοτεί την είσοδο στην φάση αυτή. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οι μύκητες αναλαμβάνουν τον πρωτεύοντα ρόλο στην διάσπαση των πιο σταθερών ουσιών (ημικυτταρίνες, κυτταρίνες), ενώ η θερμοκρασία παραμένει για μεγάλο διάστημα μεταξύ 45^0 C - 30^0 C.

3η Φάση : Είναι η φάση της οικοδόμησης, η οποία ξεκινάει όταν η θερμοκρασία κατέλθει κάτω από τους 30^0 C περίπου με την πάροδο 2 – 3 μηνών. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οικοδομούνται οι χουμικές ενώσεις (χουμικά, φουλβικά οξέα, χουμίνη), ενώ παράλληλα εισέρχονται στο σωρό έντομα, αραχνοειδή και ο κόκκινος γαιοσκώληκας (*Eisenia foetida*) του οποίου ο ρόλος είναι σημαντικός για την παραγωγή των σταθερών χουμικών ενώσεων.

4η Φάση : Είναι η φάση της σταθεροποίησης. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής εξισώνεται η θερμοκρασία του σωρού με αυτή του περιβάλλοντος.

Με την χρησιμοποίηση, κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, διαφόρων

πρακτικών (επιλογή κατάλληλου τύπου σωρού, τακτικές αναστροφές, κάλυψη σωρού με συνθετικά υφάσματα, κ.α.), οι υψηλές θερμοκρασίες που καταλαμβάνουν αρχικά μόνο ένα τμήμα του εσωτερικού πυρήνα του σωρού μπορούν να επεκταθούν σε όλο τον όγκο του υγειονοποιώντας έτσι ολοένα και μεγαλύτερο μέρος του. Ικανοποιητικά επίπεδα υγειονοποίησης (καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών) επιτυγχάνονται όταν όλα τα τμήματα του σωρού υποστούν μια θερμοκρασία της τάξης των 55 – 60^0 C για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Για την ολοκλήρωση των τεσσάρων φάσεων στο σωρό απαιτούνται από 3 – 6 μήνες ανάλογα με το πόσες ανακινήσεις έχουν γίνει. Στο τέλος της κομποστοποίησης έχουμε μείωση στο 65 – 70 % του αρχικού όγκου υλικών.

1.4 Βασικοί παράγοντες της κομποστοποίησης

Για την ομαλή εξέλιξη και ολοκλήρωση της κομποστοποίησης στο μικρότερο δυνατό χρόνο απαιτείται η αριστοποίηση ορισμένων βασικών παραγόντων, οι οποίοι και αναλύονται συνοπτικά παρακάτω.

Μέγεθος τεμαχιδίων

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού ο πολυμεταχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει μεν την επιφάνεια τη δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των αποδημητικών μικροοργανισμών, αλλά και ταυτόχρονα μειώνει τα κενά του αέρα με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση των ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών. Ακόμη το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού κόμποστ και είναι γνωστό πως δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων κατά την έναρξη της κομποστοποίησης, είναι μεταξύ των 1,5 και 7,5 (Diaz et al., 1993).

Υγρασία

Το άριστο επίπεδο της υγρασίας είναι διάφορο για κάθε κατηγορία υλικού και

συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητές του. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι το 30% των πόρων μεταξύ των τεμαχιδίων, πρέπει να καταλαμβάνεται από αέρα, για τη διατήρηση των αερόβιων συνθηκών, γίνεται αντιληπτό ότι η περιεκτικότητα του υλικού σε νερό δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 70% του νερού που απαιτείται για τον κορεσμό του. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, για τα περισσότερα οργανικά υλικά η άριστη υγρασία για κομποστοποίηση, κυμαίνεται από 45% (λεπτόκοκκα υλικά) μέχρι και 60% (χονδρόκοκκα υλικά) σε υγρή βάση (Schylze, 1961; Cappaert et al., 1976;Manios and Balis, 1983).

Άζωτο

Σημαντικότατος είναι και ο ρόλος του αζώτου για τους μικροοργανισμούς. Το άζωτο είναι βασικό 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), στην λάσπη βιολογικών καθαρισμών και στις διάφορες κοπριές. Αντίθετα έλλειμμα παρουσιάζεται στα ξυλώδη απορρίμματα, το χαρτί και διάφορα βιομηχανικά και 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.

Σχέση C/N

Οι μικροοργανισμοί κατά την αποδόμηση των οργανικών ενώσεων αφομοιώνουν το 1/3 περίπου του μεταβολιζόμενου άνθρακα (C) και τον υπόλοιπο τον ελευθερώνουν ως CO_2. Για να γίνει όμως αυτό απαιτείται η επαρκής παρουσία αζώτου. Από τα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι η άριστη τιμή της σχέσης C/N, στο προς χώνευση υλικό είναι εκείνη του 30/1 (Manios 1979). Επομένως στην περίπτωση κατά την οποία η αρχική σχέση C/N στο υλικό είναι πάνω από το 30/1, είναι αναγκαία η προσθήκη αζώτου και σε τέτοια ποσότητα που να διορθώσει την ανωτέρω σχέση στο 30/1. Το N που θα προστεθεί, μπορεί

να είναι σε ανόργανη μορφή (προτιμάται η ουρία ή η νιτρική αμμωνία) ή σε οργανική μορφή ενός υλικού πλούσιου σε Ν όπως είναι η κοπριά των ορνίθων (Manios and Balis, 1983; Dia: et al., 1993)

Ph

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 (Wiley 1956). Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του ph του υλικού δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το ph ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας (Hoyle and Mattingly 1974) και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη για τη βακτηριακή δραστηριότητα από την ίδια τη διαδικασία. Ακολουθεί στη συνέχεια η πτώση του ph και επομένως η δραστηριοποίηση των μυκητών για την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης.

Μικροβιακός πληθυσμός

Η μικροβιολογία είναι η καρδιά της διαδικασίας του composting. Ο μικροβιακός πληθυσμός συχνά φτάνει στα επίπεδα του 10%. Στο composting παίρνουν μέρος κυρίως μεσόφιλα και θερμόφιλα βακτήρια, μύκητες και ακτινομύκητες. Η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη και την δραστηριότητα του μικροβιακού πληθυσμού. Η αρχική αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 45^0 C, λέγεται μεσοφιλική φάση. Η θερμοκρασία μπορεί μετά να φτάσει τους 45^0 C ή υψηλότερα στην θερμοφιλική φάση. Η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται καθώς ο διαθέσιμος άνθρακας για την θρέψη τους χρησιμοποιείται και η θερμοκρασία μειώνεται και κατεβαίνει στην θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει επιστροφή στο μεσοφιλικό στάδιο (Eliot, 1007). Η υγρασία επηρεάζει την μικροβιακή δραστηριότητα με δύο τρόπους. Όπως όλοι οι οργανισμοί έτσι και τα μικρόβια απαιτούν νερό για τις λειτουργίες τους. Επιπλέον, σε περιεκτικότητα σε υγρασία πάνω από 60%, πιθανόν το οξυγόνο να είναι ανεπαρκές για τους αερόβιους οργανισμούς, επειδή πιθανά το ελεύθερο πορώδες έχει καλυφθεί με νερό (

Eliot, 1997).

Μικροχλωρίδα

Η μικροχλωρίδα που πραγματοποιεί την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων υπάρχει φυσιολογικά σε αυτά, προερχόμενη από το έδαφος, τον αέρα και το νερό και δεν είναι απαραίτητη επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Η προσθήκη, μικροβιακού μολύσματος, από εκείνα που κυκλοφορούν στην αγορά, μπορεί να προσφέρει μια μικρή επιτάχυνση της διαδικασίας (Manios and Balis, 1983; Diaz et al., 1993).

Θερμοκρασία

Αμέσως μετά τη διαμόρφωση του σωρού με το προετοιμασμένο υλικό, αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την ελευθέρωση θερμικής ενέργειας και εξ' αυτής άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού. Έτσι πρώτα δύο ή τρία 24ωρα η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί τους 70 C^o και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για λίγες ημέρες. Συνήθως όμως μετά από 5-10 ημέρες η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει εξαιτίας της εξάντλησης του διαθέσιμου οξυγόνου ή τη μείωση της υγρασίας. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η επέμβαση οξυγόνωσης του υλικού που μπορεί να γίνει είτε με το γύρισμα (ανακάτεμα) του σωρού, είτε με την παροχή αέρα υπό πίεση στη βάση του σωρού, είτε ακόμα με αναρρόφηση των εγκλωβισμένων αερίων στη μάζα του υλικού και την αντικατάστασή τους με ατμοσφαιρικό αέρα και η προσθήκη νερού αν απαιτείται. Ως άριστη θερμοκρασία για τη μικροβιακή δραστηριότητα θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65 C^o (Chang and Hudson, 1967; Hankin et al., 1976; Manios 1979).

1.5 Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση

Η ποιότητα του κόμποστ εξαρτάται κυρίως από την πρώτη ύλη ή από τις προσμίξεις των πρώτων υλών, αλλά επηρεάζεται και από την σωστή εφαρμογή της κομποστοποίησης. Γενικά θεωρείται καλύτερο η ανάμειξη διαφόρων υλικών (πρώτων υλών) ώστε να επιτευχθεί ένα μείγμα με τα καλύτερα δυνατά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (πορώδες, υγρασία, αγωγιμότητα κ.α.). Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά στα κυριότερα οργανικά υπολείμματα και απόβλητα που μπορούν να αποτελέσουν πρώτες ύλες για την κομποστοποίηση (Manios, 2004).

Ελαιοπυρήνα

Σήμερα έχουμε δύο κατηγορίες ελαιοπυρήνας. Την ελαιοπυρήνα των τριφασικών ελαιοτριβείων και την ελαιοπυρήνα ή πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων. Η πρώτη οδηγείται στα πυρηνελαιουργία για εκχύλιση του περιεχόμενου ελαιόλαδου και η ελαιοπυρήνα ή πυρηνόξυλο που απομένει μετά την εκχύλιση, χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη. Το πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων που περιέχει και το σύνολο των φυτικών υγρών του ελαιόκαρπου, έχει πολύ υψηλή υγρασία και δεν μπορεί να επεξεργαστεί από τα πυρηνελαιουργία και επομένως είναι διαθέσιμη για κομποστοποίηση.

Εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο)

Από οικονομικής πλευράς η εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα δεν παρουσίαζε μέχρι και σήμερα ενδιαφέρον για την παραγωγή κόμποστ, εξαιτίας της αξιοποίησής της ως καύσιμης ύλης. Λόγω μιας σειράς νομοθετικών περιορισμών που εφαρμόσθηκαν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των οσμών που οφείλονται σε αυτή τη χρήση, η τιμή της ελαιοπυρήνας τείνει να μειωθεί τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανής χρήσης της στην κομποστοποίηση. Η ελαιοπυρήνα των φυγοκεντρικών ελαιουργείων, εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας της σε νερό (γύρω από το 50 %) πολλές φορές δεν συμφέρει να μεταφερθεί από τα απομακρυσμένα ελαιουργεία στα

πυρηνελαιουργεία για εκχύλιση. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή κόμποστ στον τόπο παραγωγής της.Η αναλογία C/N στην ελαιοπυρήνα είναι υψηλή γεγονός που απαιτεί την προσθήκη κάποιας ποσότητας αζώτου. Η θερμόφιλη φάση της κομποστοποίησης διαρκεί το μέγιστο 10 εβδομάδες ενώ η φάση ωρίμανσης διαρκεί άλλες 8 εβδομάδες. Το τελικό κόμποστ έχει έντονα μαύρο χρώμα, με καλά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και ένα επαρκές επίπεδο θρεπτικών. Πλεονεκτήματα του κόμποστ της ελαιοπυρήνας γενικά, θεωρείται η μεγάλη διάρκεια παρουσίας του στο έδαφος. Το πρόβλημα γενικά των ελαιοπυρήνων είναι ότι λόγω της σύνθεσής τους έχουν μια μακρά περίοδο κομποστοποίησης και πολύ μεγάλες απώλειες ξηρής ουσίας. Ως εκ τούτου προσφέρονται περισσότερο ως συμπληρωματικό υλικό σε μείγματα με άλλες πρώτες ύλες, προσφέροντας την αυξημένη θερμική ικανότητά τους. Σημαντικό πλεονέκτημα του κομπόστ από ελαιοπυρήνες είναι ότι τα τεμαχίδια του πυρήνα του ελαιόκαρπου, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς τους σε λιγνίνη, διατηρούνται επί μακρόν στο έδαφος και αποτελούν τη βάση του χούμου.

Φύλλα ελιάς

Τα φύλλα ελιάς που συγκεντρώνονται στα ελαιοτριβεία αποτελούν πολύ καλή πρώτη ύλη για την παρασκευή compost.Τα φύλλα μπορούν να κομποστοποιηθούν εύκολα μόνα τους χωρίς την ανάμειξη τους με άλλα υλικά. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και ως διογκωτικό υλικό σε υδαρή υλικά όπως είναι το πυρηνόλυμα, η λυματολάσπη ή και υδαρείς κοπριές ζώων ή ακόμη και ως συμπληρωματικό υλικό σε ξυλώδη υλικά. Το παραγόμενο κόμποστ μόνο από φύλλα ελιάς είναι πολύ λεπτόκοκκο με αυξημένη περιεκτικότητα σε N και με αυξημένη E.C.

Κλαδοκάθαρα ελαιόδεντρων

Τα κλαδοκάθαρα των ελαιόδεντρων είναι ένα πολύ αξιόλογο υλικό και σε ανάμειξη με τα φύλλα ελιάς που συγκεντρώνονται στα ελαιοτριβεία και το πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων μπορούν να δώσουν υψηλής ποιότητας κόμποστ. Μειονέκτημα των

ελαιοκλαδοκαθαρών αποτελεί η μεγάλη διασπορά τους και το ογκώδες της φύσης τους. Ο τεμαχισμός τους από ρυμουλκούμενο μύλο και η ταυτόχρονη φόρτωσή τους στο φορτηγό που ρυμουλκεί το μύλο είναι η πλέον συμφέρουσα λύση.

Στέμφυλα οινοποιείων

Αποτελούν μια από τις καλύτερες πρώτες ύλες για κομποστοποίηση. Αποδομούνται εύκολα και γρήγορα ακόμη και μόνα τους, ενώ το παραγόμενο κόμποστ χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες τιμές ph και E.C. Χαρακτηριστικό των στέμφυλων είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε Ν που όμως δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς αποδόμησης εξαιτίας του εγκλωβισμού του, κατά το μεγαλύτερο μέρος, μέσα στα γίγαρτα. Η σχετική ανθεκτικότητα των γιγάρτων στην μικροβιακή αποδόμηση συμβάλλει στη μεγάλη διάρκεια παραμονής του παραγόμενου κόμποστ στο έδαφος, όπως και της ελαιοπυρήνας. Η συγκέντρωσή τους στις μονάδες οινοποίησης κάνει πολύ εύκολη και οικονομική τη συγκέντρωση και μεταφορά τους σε μονάδες κομποστοποίησης.

Κληματίδες αμπέλου

Είναι ένα από τα καλύτερα υλικά για κομποστοποίηση, μετά τον τεμαχισμό τους. Η μεγάλη βέβαια διασπορά τους αποτελεί σοβαρό οικονομικό πρόβλημα για τη συγκέντρωσή τους. Το παραγόμενο κόμποστ έχει πολύ καλές υδατικές ιδιότητες που πλησιάζουν εκείνες της τύρφης.

Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών

Αποτελούν μια καλή πρώτη ύλη λόγω της εύκολης συγκέντρωσής τους. Το κόμποστ που παράγεται έχει συνήθως υψηλή E.C. και αυτό αποδίδεται στο χώμα που είναι προσκολλημένο στο ριζικό σύστημα των φυτών δεδομένου ότι σ' αυτό έχουν προστεθεί αυξημένες ποσότητες χημικών λιπασμάτων. Πειραματικός έχει αποδειχτεί ότι τα φυτοφάρμακα που υπάρχουν σ' αυτά τα φυτά διασπώνται κατά την κομποστοποίηση αλλά δεν είναι γνωστό τι γίνεται με τα προϊόντα της διάσπασής τους. Η χρήση πλαστικών

σπάγκων για την ανάρτηση των φυτών εντός του θερμοκηπίου έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία τους στα υπολείμματα. Κατά την άλεση τους σε μύλους με μαχαίρια πολύ συχνά οι σπάγκοι αυτοί περιτυλίγονται στα κινούμενα μέρη και δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία των μηχανημάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση μύλων με σφυριά που δεν επηρεάζονται τόσο εύκολα (Maniadakis et al,. 2004).

Υπολείμματα τροφών κουζίνας

Τα υπολείμματα από τις τροφές στην κουζίνα π.χ. υπολείμματα νωπών φρούτων και λαχανικών αλλά και υπολείμματα μαγειρευμένων τροφών, εκτός κρεάτων και ψαριών, αποτελούν επίσης μια πολύ καλή πρώτη ύλη για παρασκευή κόμποστ. Η ποσότητα αυτών των υπολειμμάτων κυμαίνεται γύρω στα 200-300 gr κατά άτομο την ημέρα.

1.6 Οδηγίες χρησιμοποίησης του παραγόμενου κόμποστ

1.Ως βελτιωτικό εδάφους.(σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες λαχανοκομικών φυτών)

Οι παράγοντες που θα καθορίσουν την ποσότητα του κόμποστ ανά στρέμμα είναι:

Α) ποιότητα του εδάφους και κυρίως η αλατότητα του

Β) προσθήκη αδρανών εδαφοβελτιωτικών (πχ άμμου)και

Γ)οι προηγούμενες προσθήκες στο έδαφος οργανοχουμικών εδαφοβελτιωτικών.

2.Ως συστατικό υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων .

Εδώ χρησιμοποιούμε σχετικά μικρές ποσότητες ως υπόστρωμα στα σπορόφυτα ανθοκομικών και καλλωπιστικών φυτών λόγω ευαισθησίας.

- Μια καλή σύνθεση ενός τέτοιου υποστρώματος μπορεί να είναι η ακόλουθη:
  - κόμποστ με υγρασία γύρω στο 35%, σε υγρή βάση:30% κατ΄όγκον.
  - Τύρφη ξανθιά με υγρασία 30% σε υγρή βάση:70%κατ΄όγκον.
  - Περλίτης ή άμμο

3.Ως συστατικό υποστρωμάτων ανάπτυξης καλλωπιστικών θάμνων, δένδρων και γλαστρικών φυτών.

Είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός τομέας αξιοποίησης του κόμποστ, δεδομένου ότι πρόκειται για την παρασκευή τυποποιημένων υποστρωμάτων που διατίθενται σε σάκους συσκευασίας και έχουν αυξημένη κατανάλωση και στις αστικές περιοχές.

- Ένα υπόστρωμα γενικής χρήσης μπορεί να έχει την ακόλουθη σύνθεση:
  - κόμποστ με υγρασία γύρω στο 35% σε υγρή βάση:35%κατ΄όγκον.
  - τύρφη ξανθιά με υγρασία γύρω στο 30% σε υγρή βάση:45% κατ΄όγκον.
  - Περλίτης ή άμμος: 20%κατ΄όγκον.

Το υποστρώματα με την παραπάνω σύνθεση, όπως όλα τα υποστρώματα με κόμποστ που το pH τους είναι πάνω από 7,θα πρέπει να αποφεύγονται για την ανάπτυξη οξύφυλλων φυτών.

1.7 Ποιότητα κόμποστ

Όπως έχει αναφερθεί η τελική ποιότητα των κόμποστ καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά και από τη διαδικασία κομποστοποίησης. Οι ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα ενός κόμποστ χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στις Φυσικές, τις Χημικές και τις Βιολογικές ιδιότητες.

Φυσικές ιδιότητες

Ένα κόμποστ χαρακτηρίζεται ως καλής ποιότητας αν έχει τις ακόλουθες φυσικές ιδιότητες:

- ✓ Η **Κοκκομετρία** του να είναι διευρυμένη, δηλαδή το κόμποστ να περιλαμβάνει τεμαχίδια διαφόρων μεγεθών ώστε να σχηματίζονται μεταξύ τους πόροι διαφόρων μεγεθών δεδομένου ότι οι μικροί πόροι κρατούν νερό και οι μεγάλοι αέρα. Αυτό συμβάλλει στην εξασφάλιση για το φυτό του απαιτούμενου νερού και του απαιτούμενου αέρα ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που τα κόμποστ χρησιμοποιούνται στην παρασκευή υποστρωμάτων.
- ✓ Το **Φαινόμενο Ειδικό Βάρος** (Kg/ l) να είναι όσο γίνεται μικρότερο, δηλαδή να είναι

όσο γίνεται ελαφρότερο, για να μειώνεται το ολικό κόστος μεταχείρισης και εφαρμογής του.

- ✓ Ο **Ολικός Όγκος Πόρων** (%) να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερος για να μπορεί να συγκρατεί όσο γίνεται μεγαλύτερη ποσότητα νερού και αέρα.
- ✓ Οι **Υδατικές Ιδιότητες** να του επιτρέπουν τη συγκράτηση ικανών ποσοτήτων νερού με χαλαρές σχετικά δυνάμεις συγκράτησης, ώστε να μπορεί το φυτό να τις παραλαμβάνει και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα αέρα. Έχει διαπιστωθεί ότι εδάφη βελτιωμένα με κόμποστ απαιτούν μικρότερες ποσότητες νερού για τη μέγιστη δυνατή απόδοση μιας καλλιέργειας.
- ✓ Οι **Ξένες Προσμίξεις** ανεπιθύμητων υλικών, π.χ. τεμαχιδίων πλαστικού, μετάλλων, γυαλιών, κλπ. να είναι μηδενικές. Η παρουσία τους υποβιβάζει τόσο την ποιότητα του υλικού αλλά και την εμπορική του αξία.
- ✓ Η **Οσμή** του να είναι γαιώδης (οσμή βρεγμένου εδάφους) που αποτελεί μια γενικά αποδεκτή και ευχάριστη οσμή. Αντίθετα οποιαδήποτε δυσάρεστη οσμή προκαλεί αποστροφή του χρήστη από το προϊόν.

Χημικές ιδιότητες

Από πλευράς χημικών ιδιοτήτων ένα κόμποστ χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας αν έχει τις ακόλουθες χημικές ιδιότητες:

- Η **περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία** να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερη και πάνω από το 50% της ξηρής του ουσίας. Τα προϊόντα αυτά προωθούνται ως φυσικά, οργανοχουμικά εδαφοβελτιωτικά και θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις του τίτλου τους.
- Η σχέση του C/N να είναι χαμηλή και οπωσδήποτε κάτω του 20/1. Υπενθυμίζεται ότι κατά την έναρξη της κομποστοποίησης απαιτείται η σχέση αυτή να έχει την τιμή 30/1. Η μείωση της σχέσης προκαλείται από την ελευθέρωση άνθρακα (C) με τη μορφή CO_2.
- Το **ph** του να κυμαίνεται γύρω στην ουδέτερη ή την ελαφρώς όξινη περιοχή. Συνήθως

όμως το ph των κόμποστ κυμαίνεται στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην παρασκευή υποστρωμάτων για ανάπτυξη οξύφυλλων φυτών εκτός εδάφους.

- Η **Ε.C**. να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Σε περίπτωση αυξημένης Ε.C. θα πρέπει να διαπιστώνονται οι λόγοι και να γίνονται ανάλογες ενέργειες αντιμετώπισής της. Ένας τρόπος είναι η πρόσμιξή τους με άλλα υλικά που έχουν χαμηλή ή μηδενική Ε.C. όπως είναι η Ξανθιά τύρφη.
- Η **περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία** να είναι αυξημένη. Αυτό όμως συνεπάγεται και αυξημένη Ε.C. και επιβάλλεται προσοχή στις εφαρμογές του. Πολύ συχνά γίνεται προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων με στόχο να αυξήσουν τη θρεπτική τους αξία αλλά και την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.
- Η περιεκτικότητά τους σε **βαριά μέταλλα** να είναι όσο γίνεται περισσότερο χαμηλή και οπωσδήποτε να μην υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.
- Να μην έχει καθόλου **φυτοτοξική** δράση. Οι φυτοτοξικές ουσίες που συνήθως εμφανίζονται στο κόμποστ είναι διάφορα οργανικά οξέα και ακόμη φαινόλες και φαινολικά παράγωγα. Συμπερασματικά αναφέρεται ότι οι φυτοτοξικές ουσίες που είτε υπάρχουν στα οργανικά υπολείμματα είτε κυρίως παράγονται κατά τη φάση της ταχείας κυρίως αποδόμησης, διασπώνται κι αυτές στα επόμενα στάδια της χώνευσης και κυρίως της ωρίμανσης. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο κατά την παρασκευή των κόμποστ, τη φάση της χώνευσης να ακολουθεί περίοδος 2-3 μηνών για την ωρίμανσή τους.

Βιολογικές ιδιότητες

- Η **απουσία ανθρωπογενών παθογόνων μικροοργανισμών** καθορίζει την ασφάλεια ενός τέτοιου προϊόντος για την υγεία τόσο του χρήστη όσο και του καταναλωτή των παραγόμενων προϊόντων.

- Η **απουσία ζωικών ή φυτικών παθογόνων μικροργανισμών** καθορίζει την ασφαλή χρήση του υλικού σε διάφορες καλλιέργειες χωρίς τον κίνδυνο μεταφοράς και διάδοσης ασθενειών.
- Η **παρουσία μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών** δημιουργεί ένα πλούσιο οικοσύστημα στο οποίο οι διάφοροι μικροοργανισμοί προσφέρουν προστασία από διάφορες ασθένειες κυρίως του ριζικού συστήματος.

Η διαδικασία είναι μικροβιακή, αερόβια και θερμόφιλη

1. Γιατί μικροβιακή: ένας μεγάλος, ποικιλόμορφος και πολυπληθέστερος συνδυασμός διαφορετικών μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια, ζύμες, ακτινομύκητες κ.α.) καθώς και οργανισμών (γαιοσκώληκες κ.α.) είναι υπεύθυνοι για τη διαδικασία αυτή.
2. Γιατί αερόβια: η παρουσία επαρκούς ποσότητας οξυγόνου είναι αναγκαία για τη γρήγορη, αποτελεσματική και χωρίς προβλήματα αποδόμηση της οργανικής ουσίας μέσω των αερόβιων (κυρίως) προαναφερθέντων μικροοργανισμών. Ως αερόβιες χαρακτηρίζονται οι συνθήκες εκείνες που η περιεκτικότητα σε οξυγόνο έχει πέσει χαμηλότερα του 1 %. Οι μικροοργανισμοί που επικρατούν τότε είναι κυρίως μεθανογενείς και το οξυγόνο αποτελεί τοξικό παράγοντα.
3. Γιατί θερμόφιλη: ως αποτέλεσμα της μικροβιακής αποδόμησης παράγεται ενέργεια που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των υλικών που αποδομούνται.

Ουσιαστικά κατά την κομποστοποίηση πολύπλοκα οργανικά μόρια διασπούνται κάτω από τη δράση μικροοργανισμών σε απλούστερες οργανικές ενώσεις ή και ανόργανα στοιχεία με την ταυτόχρονη απελευθέρωση κυρίως CO_2 , υδρατμών και ενέργειας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά Στοιχεία

Στις 09 Απριλίου του 2008 ξεκίνησε στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης στον χώρο του Αγροκτήματος, πείραμα παρασκευής κόμποστ (compost) από διαφόρων ειδών τεμαχισμένα κλαδοκάθαρα προερχόμενα από τα πάρκα και τις δενδροστοιχίες του Δήμου Ηρακλείου, με την τεχνική των αναστρεφόμενων σωρών. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η πειραματική διαδικασία ήταν επτά περίπου μήνες.

Για τις ανάγκες του πειράματος διαμορφώθηκε ένας σωρός που εγκαταστάθηκε πάνω σε πίστα κομποστοποίησης από μπετό στον χώρο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τεμαχισμένα κλαδοκάθαρα από τα πάρκα και τις δενδροστοιχίες του Δήμου Ηρακλείου. Αυτά μεταφέρονταν στην πιλοτική μονάδα κομποστοποίησης (Π.Μ.Κ) του Τ.Ε.Ι Κρήτης μετά από σχετική Προγραμματική Σύμβαση Συνεργασίας μεταξύ του Ιδρύματος και του Δήμου. Τα κλαδοκάθαρα που μεταφέρθηκαν στην Π.Μ.Κ. υπολογίζεται, εντελώς χονδρικά ότι είχαν την ακόλουθη σύνθεση κατ' όγκο, ως προς τα είδη των δέντρων και θάμνων, από τα οποία προερχόταν.

Πίνακας 1. Βοτανική σύνθεση κλαδοκάθαρων Δήμου Ηρακλείου.

Κλαδοκάθαρα	**Ποσοστό (%) κατ' όγκον**
Ευκαλύπτων	20
Μουριών	20
Διαφόρων χόρτων	10
Φίκων	10
Πεύκων	7
Ανθοκομικών φυτών	6
Λευκών	5
Εσπεριδοειδών	4
Φοινίκων	3
Αλμυρικιών	3
Ελαιοδέντρων	2
Διάφορα	10
Σύνολο	**100**

Με το μίγμα που προέκυψε διαμορφώθηκε σωρός πάνω στην πίστα κομποστοποίησης. Ο όγκος του σωρού ήταν 4,485 m^3. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στις μετρήσεις καθημερινής προόδου της κομποστοποίησης όπως είναι για παράδειγμα η καθημερινή μέτρηση της θερμοκρασίας του σωρού, και στις αναλύσεις δειγμάτων από τα γυρίσματα όπου αφορούν στις μετρήσεις των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του υλικού καθώς αυτές μεταβάλλονται στις διάφορες φάσεις – γυρίσματα και δεν είναι άλλες από το PH (πεχα), την E.C. (ηλεκτρική αγωγιμότητα), τον ολικό C (άνθρακα), η σχέση C/N, το ολικό N (άζωτο), οργανική ουσία % και η υγρασία %.





Εικόνα 2.1: Ψηφιακό θερμόμετρο DTM Ni-Cr

2.2 Μετρήσεις καθημερινής προόδου κομποστοποίησης

2.2.1 Μέτρηση θερμοκρασιών σωρού

Μια από τις βασικότερες μετρήσεις όπου έγιναν στο σωρό ήταν αυτή της θερμοκρασίας του. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό θερμόμετρο: DTM Ni-Cr (-100-1370 βαθμούς ^{0}C). Το θερμόμετρο αυτό αποτελείται από δύο μέρη, τον μεταλλικό άξονα με χειρολαβή μήκους 1,2 μέτρα ο οποίος φέρει στην άκρη διμεταλλική ακίδα νικελίου – χρωμίου, και από το ψηφιακό όργανο το οποίο αναγράφει τις ενδείξεις σε LCD οθόνη. Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιούνταν στο κέντρο του σωρού και οι μετρήσεις επαναλαμβάνονταν κάθε 24 ώρες. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν, βυθίζοντας το μεταλλικό ράμφος του θερμομέτρου στην επάνω πλευρά του σωρού με κάθετη φόρα και βάθος περίπου 60-70 εκατοστά (cm). Επειδή όμως η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρέαζε την εσωτερική θερμοκρασία του σωρού, πραγματοποιούνταν και μια μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι συσχετισμοί. Η εξωτερική μέτρηση της θερμοκρασίας προηγούνταν της εξωτερικής, επειδή οι θερμοκρασίες του σωρού ήταν πάντα υψηλότερες και επηρέαζαν τις μετρήσεις.

2.3 Μετρήσεις δειγμάτων από κάθε γύρισμα.

2.3.1 Γενικά

Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου, κατά τη διάρκεια του πειράματος εφαρμόστηκε η τακτική του αναστρεφόμενου σωρού. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν πέντε αναστροφές (γυρίσματα) και έγιναν πέντε δειγματοληψίες.

Η δειγματοληψία πραγματοποιείται λαμβάνοντας υλικό ποσότητας ίσης περίπου με ένα κιλό (1 Kg) από το σωρό πριν και μετά το γύρισμα. Μετά το γύρισμα ο σωρός λαμβάνει ξανά το αρχικό του σχήμα.

Αμέσως μετά τη δειγματοληψία γίνονταν οι μετρήσεις για PH, EC και υγρασία (οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω), στις οποίες το δείγμα απαιτείται να είναι νωπό και στη συνέχεια το δείγμα προετοιμάζεται για να πάρει τη μορφή που πρέπει να έχει για να γίνουν οι αναλύσεις: οργανικής ουσίας (C) και αζώτου (N).

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω αναλύσεων το δείγμα πρέπει να ξηρανθεί και να πάρει μορφή λεπτόκοκκης σκόνης. Για τον παραπάνω λόγο το δείγμα τοποθετείται σε δίσκο και μπαίνει στο φούρνο στους 75^0C για 48 ώρες ώστε να ξηρανθεί. Κατόπιν το μείγμα αλέθεται σε εργαστηριακό μύλο ο οποίος κονιορτοποιεί το υλικό. Ο μύλος που χρησιμοποιήθηκε ήταν FRITSCH pulmerisette, Type 14.702. Στη μορφή αυτή το υλικό είναι κατάλληλο για να πραγματοποιηθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις με ακρίβεια.



Εικόνα 2.2 : Δείγμα κόμποστ μετά την ξήρανση και ο εργαστηριακός μύλος

2.3.2 Μέτρηση Υγρασίας

Όπως έχει επισημανθεί υγρασία πάνω από 70% δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες, ενώ υγρασία κάτω από 45% παρεμποδίζει τη μικροβιακή δράση.
Για αυτόν το λόγο ο προσδιορισμός της υγρασίας σε υλικά προς κομποστοποίηση βοηθά στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσια νερού παίζει αρνητικό ρόλο στη διαδικασία.

Οι συσκευές και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για μέτρηση της υγρασίας είναι:

1. Φούρνος ξήρανσης ρυθμισμένος στους 105 βαθμούς: **MEMMERT**.
2. Πυρίμαχες κάψες.
3. Ζυγαριά ακριβείας : **Sartorious handy**

Διαδικασία Ζ:

1. Τεμαχίζουμε το υλικό μας σε όσο το δυνατόν μικρότερα τεμάχια με προσοχή να μην αλλοιώσουμε τα χαρακτηριστικά του.
2. Ζυγίζουμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές (τιμή Α).
3. Τοποθετούμε μικρή ποσότητα δείγματος (περίπου 10 gr) στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώνουμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετράμε.
4. Επαναζυγίζουμε τις κάψες (τιμή Β)
5. Τοποθετούμε την κάψα στον φούρνο στους 105 βαθμούς για 24 ώρες.
6. Βγάζουμε τις κάψες από το φούρνο και τις αφήνουμε σε ειδικά δοχεία για όση ώρα χρειαστεί, ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
7. Ζυγίζουμε τις κάψες (τιμή Γ).



Εικόνα 2.3 : Φούρνος ξήρανσης MEMMERT και ζυγαριά ακριβείας Sartorious handy.

Υπολογισμοί

Η υγρασία υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

Υ(%)=(Γ-Α / Β-Α) χ 100

2.3.3 Μέτρηση όγκου σωρού

Ο όγκος του σωρού υπολογίστηκε αμέσως μετά την εγκατάστασή του και το ίδιο γινόταν πριν και μετά από κάθε γύρισμα. Με τη χρήση μιας μετροταινίας παίρναμε την περιφέρεια της βάσης, την περιφέρεια της κορυφής και το ύψος του σωρού. Το σχήμα του σωρού ήταν κόλουρος κώνος , άρα εφαρμόζεται ο τύπος:

$$\mathbf{V_{σωρού}=π*Y/3(R^2+R*r+r^2)}$$

Όπου: π=3,14, R=ακτίνα βάσης και r=ακτίνα κορυφης

2.3.4 Προσδιορισμός οργανικής ουσίας (C) και τέφρας

Η μέθοδος που αναλύεται παρακάτω είναι η μέθοδος της ξηρής καύσης. Αυτό που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι ο προσδιορισμός του C, διότι είναι απαραίτητος για να προσδιοριστεί ο λόγος C / N.

Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι:

1. Φούρνος καύσης υψηλών θερμοκρασιών: **Snijders Scientific.**
2. Κάψες πορσελάνης, φούρνος.
3. Μύλος με οπές 4mm
4. Εργαστηριακός μύλος: **FRITSCH pulmerisette. Type 14.702.Z.ζ**
5. Ζυγός ακριβείας: **Sartorious handy**

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Το κόμποστ ξηραίνεται για 48 ώρες στη θερμοκρασία των 75^0C.
2. Το ξηρό δείγμα αλέθεται πρώτα σε μύλο με οπές 4mm και έπειτα σε εργαστηριακό μύλο.
3. Ζυγίζουμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές. (τιμή A)
4. Τοποθετείτε μικρή ποσότητα δείγματος (περίπου 1 κιλό) στην κάψα στην οποία και σημειώνουμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετράμε.

5. Ζυγίζουμε ξανά τις κάψες (τιμή Β).
6. Τοποθετούμε τις κάψες στο φούρνο καύσης στους 600 ^{0}C για 16 ώρες.
7. Ζυγίζεται η τέφρα και προσδιορίζεται % σε ξηρή ουσία.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα εφαρμόζεται ο ακόλουθος τύπος : C%= (100- Τέφρα %) / 1,8

Το ποσοστό 100- Τέφρα % είναι η οργανική ουσία, δηλαδή η ποσότητα που κάηκε.

2.3.5 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου (Ν).



Εικόνα 2.4 : Φούρνος καύσης υψηλών θερμοκρασιών : Snijders Scientific.

Ο προσδιορισμός του Ν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος καθώς απαιτείται σειρά συσκευών και μεγάλη προσοχή προκειμένου να μην παρουσιαστούν σφάλματα. Ο προσδιορισμός του Ν στο κόμποστ είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό του λόγου C/N στην συνέχεια.

`

Διαδικασία πέψης:

1. Ζυγίζουμε 50 – 100 mg λεπτό – αλεσμένου υλικού, τόση ποσότητα που το άζωτο που θα περιέχει να είναι γύρω στο 1 mg N, και το μεταφέρουμε με προσοχή στη φιάλη πέψης χωρίς να επικαθίσει στα τοιχώματα της φιάλης. Ταυτόχρονα σε ξεχωριστό δείγμα προσδιορίζουμε στους 105 ^{0}C την υγρασία του υλικού.
2. Προσθέτουμε περί τα 100 mg καταλύτη στη φιάλη πέψης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρομεζούρα χωρητικότητας 100 mg καταλύτη.

3. Προσθέτουμε 1,5 ml πυκνού $H_2 SO_4$ και θερμαίνουμε σταδιακά επί 4 περίπου ώρες. Ρυθμίζουμε κατά τέτοιο τρόπο τη θέρμανση ώστε οι ατμοί του $H_2 SO_4$ να συμπυκνώνεται στο πρώτο τρίτο του λαιμού της φιάλης πέψης. Θεωρείται ότι η πέψη ολοκληρώθηκε όταν το περιεχόμενο της φιάλης πάρει το χρώμα του πράσινου μήλου.

Διαδικασία απόσταξης:

1. Αφού κρυώσει η φιάλη πέψης, μεταφέρουμε το περιεχόμενο της φιάλης απόσταξης ξεπλένοντας την 2-3 φορές με μικροποσότητες απιονισμένου νερού και μεταγγίζοντας τα ξεπλύματα στη φιάλη απόσταξης.
2. Προσαρμόζουμε την φιάλη απόσταξης στην αποστακτική συσκευή.
3. Σε κωνική φιάλη των 50ml μεταφέρουμε 20ml από το διάλυμα του $H_3 BO_3$ 2% με λίγες σταγόνες δείκτη και την τοποθετούμε κάτω από το συμπυκνωτή, με το ράμφος του συμπυκνωτή μέσα στο διάλυμα του βορικού οξέος.
4. Συνδέουμε την συσκευή απόσταξης με τη φιάλη παραγωγής ατμού.
5. Προσθέτουμε στο χωνί της συσκευής 10 ml NaOH 40%.
6. Αφήνουμε σταδιακά να περάσει το NaOH στη φιάλη απόσταξης. Στο τέλος ξεπλύνουμε το χωνί με λίγο νερό και το αφήνουμε να περάσει στην φιάλη απόσταξης. Συνεχίζουμε με την απόσταξη μέχρι που το απόσταγμα στην κωνική φιάλη να φτάσει περίπου στα 50 ml.
7. Απομακρύνουμε την κωνική φιάλη και αποσυνδέουμε τη συσκευή από τη φιάλη παραγωγής ατμού.
8. Ογκομετρούμε το απόσταγμα με το 0,01N διάλυμα $H_2 SO_4$ και μέχρι που το χρώμα να γίνει ροζέ.



Εικόνα 2.5: Αυτόματη αποστακτική συσκευή ατμού νέου τύπου.

Υπολογισμοί:

Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας του δείγματος σε ολικό Ν μπορεί να γίνει % της ξηρής ουσίας, είτε σε μέρη στο εκατομμύριο (ppm). Η περιεκτικότητα σε ολικό Ν % της ξηρής ουσίας γίνεται ως ακολούθως:

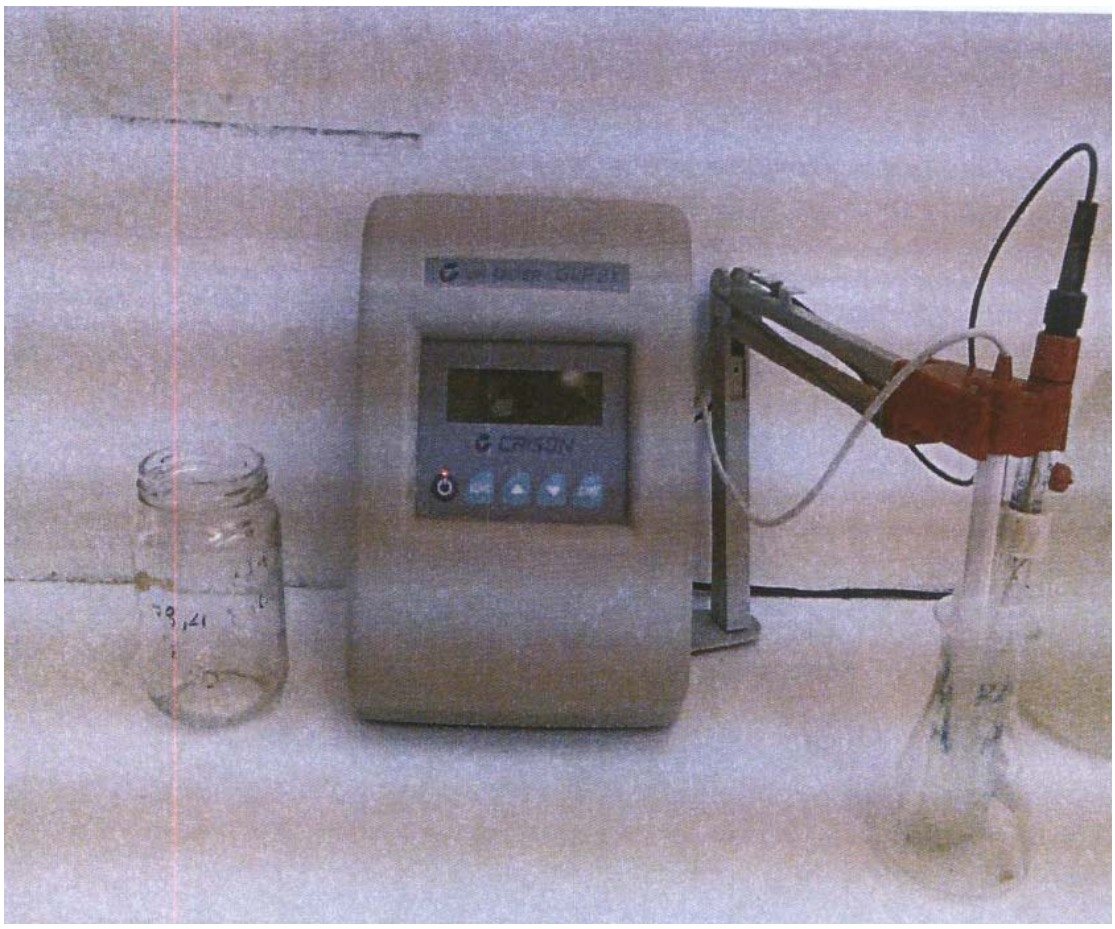
Αν το οξύ $H_2 SO_4$ είναι 0,01Ν και κατά την τιτλοδότηση του δείγματος καταναλώθηκαν Α ml και κατά την τιτλοδότηση του τυφλού Β ml τότε το ολικό Ν του δείγματος είναι: (Α-Β) χ 0,01 χιλιοστοσοδύναμα αζώτου. Το γραμμοισοδύναμο όμως του Ν είναι 14 gr και επομένως το χιλιοστοσοδύναμο του 14/1000=0,014 ή 14 mg Ν.

Άρα ο τύπος που μας δίδει την % περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό Ν είναι:

N% = (A - B) χ 14/ Ξηρό βάρος (mg)

2.3.6 Ανάλυση PH και EC

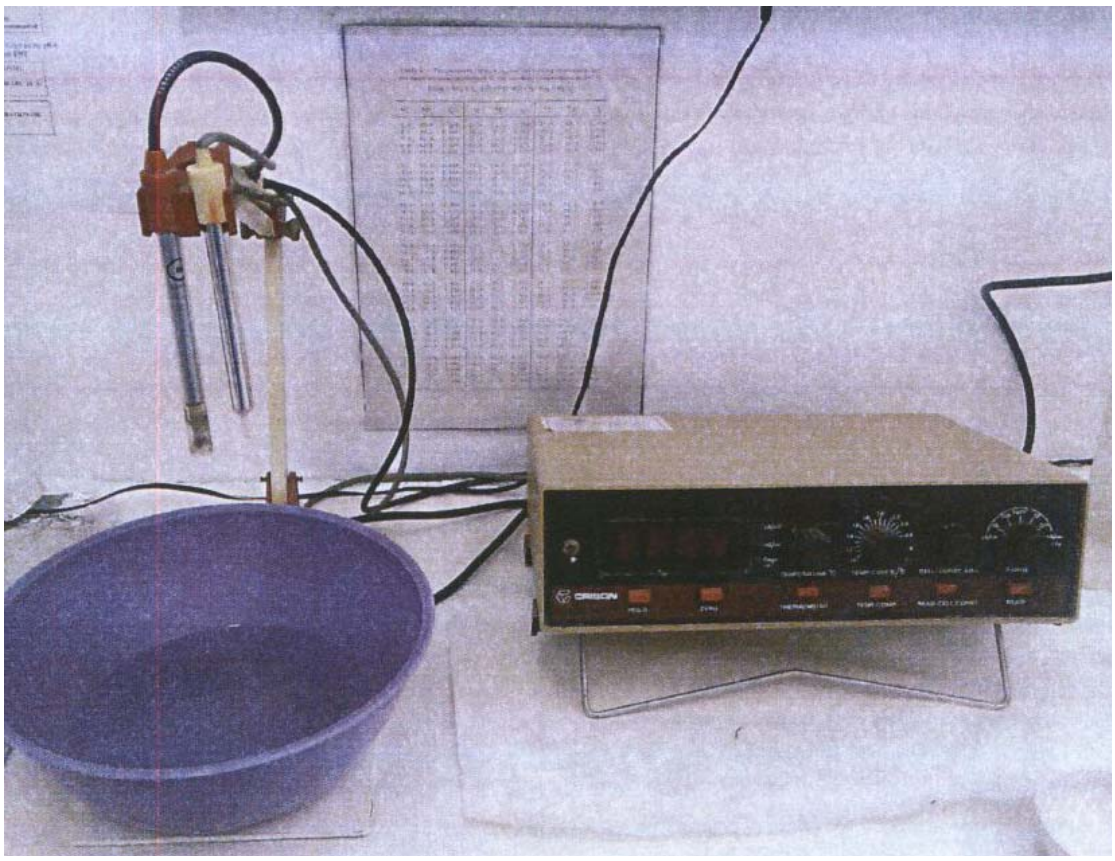
Είναι γνωστό ότι το PH εκφράζουμε τη συγκέντρωση ιόντων H_+ και OH. Το PH επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο PH για την κομποστοποίηση θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί 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 εφαρμογής της κομποστοποιήσης, δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το PH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξ' αιτίας κυρίως της ελευθέρωσης της αμμωνίας. Με την EC εκφράζουμε την συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμά μας. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί μειονέκτημα για την διαδικασία της κομποστοποιήσης αλλά απαιτεί, ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων. Για την μέτρηση των PH και EC τη μέθοδο pf 1,5 με αναλογία νερού 1/1,5 (v/v).



Εικόνα 2.6: pH-μετρο : Crison pH- meter GLP 21

Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι:

- Βαρίδιο για την συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους 1385 (0,1 Kg/ cm^2).
- Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42mm και ύψους 58mm, με χωρητικότητα 80cm^3.
- Ογκομετρικό κύλινδρο 100ml.
- Πλαστική λεκάνη, δύο πλαστικά ποτήρια, φιάλη με απιονισμένο νερό.
- Χωνί Μπούχνερ (πορσελάνης), διηθητικό χαρτί.
- Αγωγιμόμετρο: Crison conductimeter 525.
- pH-μετρο: Crison pH-meter GLP 21.



Εικόνα 2.7: Αγωγιμόμετρο : Crison conductimeter 525

Διαδικασία:

1. Βάζουμε στην πλαστική λεκάνη 300gr περίπου κομπόστ από το σωρό και το διαβρέχουμε σταδιακά ανακατεύοντας.
2. Όταν το κόμποστ πάρει μια υαλώδη μορφή και σε κάθε τομή συγκεντρώνεται νερό που διαφεύγει, τότε το υλικό έχει φτάσει στην υγρασιακή κατάσταση pf 1,5.
3. Τοποθετούμε το υλικό στους πλαστικούς δακτυλίους και τοποθετούμε σιγά σιγά το βαρίδι από επάνω.
4. Μετά την πάροδο ενός λεπτού αφαιρούμε το βαρίδι και κόβουμε με το μαχαίρι ανάμεσα στους δακτυλίους.
5. Την ποσότητα του κομπόστ που περιέχεται στον κάτω δακτύλιο 80cm^3 την αδειάζουμε στο ποτήρι όπου και συμπληρώνουμε με 120ml απιονισμένου νερού και ανακατεύουμε.
6. Μετά την πάροδο δύο ωρών αδειάζουμε το υλικό με το νερό στο χωνί Μπούχνερ με το διηθητικό χαρτί, και το αφήνουμε 24 ώρες να στραγγίσει στο δεύτερο ποτήρι.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

- Την επόμενη μέρα γίνονται μετρήσεις με το pH-μετρο και το αγωγιμόμετρο.
- Για κάθε δείγμα πραγματοποιείται διπλή επανάληψη.

2.4 Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ.

Μετά το πέρας του πρώτου πειραματικού μέρους και την μετατροπή των κλαδοκάθαρων σε κόμποστ, ακολούθησε η πειραματική ανάπτυξη φυτών καρδάμου με την συμμετοχή του κόμποστ σε διάφορες αναλογίες. Σ' αυτό το πείραμα χρησιμοποιήθηκε και το κομπόστ κλαδοκάθαρων της μαζικής παραγωγής του Τ.Ε.Ι Κρήτης, προκειμένου να γίνει η σχετική συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των δύο κομπόστ. Στον πίνακα 2 που ακολουθεί δίδεται η σύνθεση των υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 2: Σύνθεση υποστρωμάτων ανάπτυξης φυτών καρδάμου.

ΥΛΙΚΑ	**ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ**						
	1ο	**2ο**	**3ο**	**4ο**	**5ο**	**6ο**	**7ο**
Τύρφη Ξανθιά	**100%**	**80%**	**65%**	**50%**	**80%**	**65%**	**50%**
Κομπόστ (μικρού σωρου)	_____	**20%**	**35%**	**50%**	_____	_____	_____
Κομπόστ (μαζικής παραγωγής)	_____	_____	_____	_____	**20%**	**35%**	**50%**
Αμμος (100l/m^3)	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**




Εικόνα 2.8: Έτοιμο κόμποστ και το κοσκίνισμα του για την απομάκρυνση των μεγάλων τεμαχίων ξύλου.

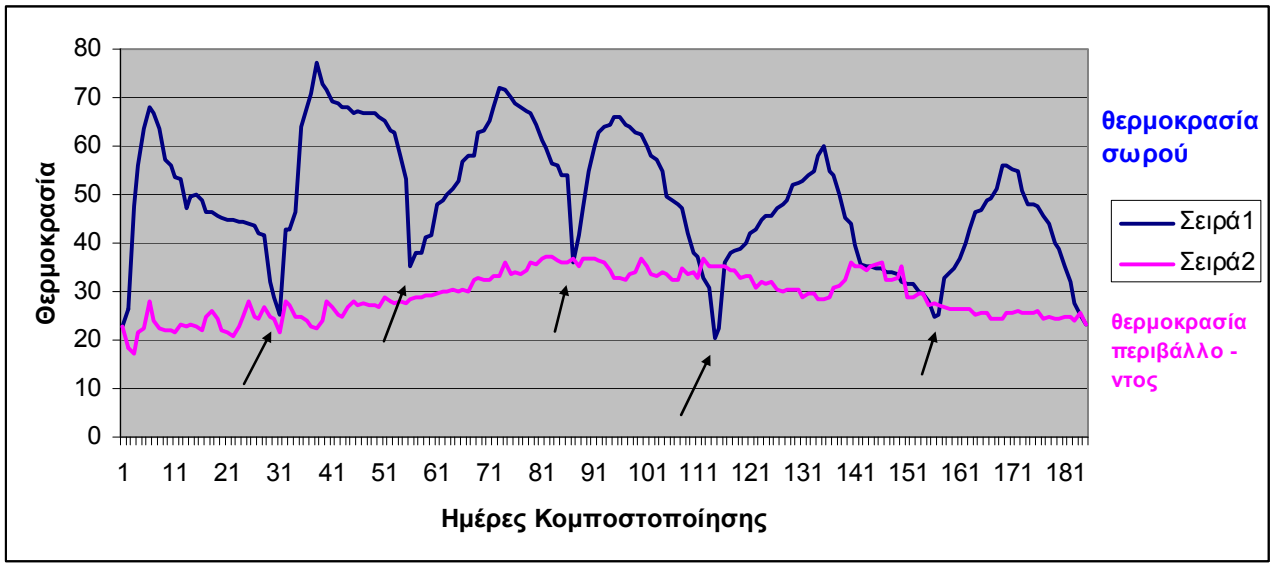



Εικόνα 2.9: Το κοσκινισμένο κόμποστ και τα πιο μεγάλα τεμάχια ξύλου που υπάρχουν μέσα σε αυτό.

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποτελέσματα καθημερινής προόδου κομποστοποίησης

Στο διάγραμμα 3.α που ακολουθεί παρουσιάζεται η καμπύλη μεταβολής θερμοκρασίας στο σωρό κλαδοκάθαρων, καθώς και η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κατά την διάρκεια του πειράματος έγιναν 5 γυρίσματα που τα βλέπουμε με βέλη που υπάρχουν στο διάγραμμα. Το διάγραμμα 3.α μας δείχνει την μέγιστη θερμοκρασία του σωρού όπου παίρναμε σε καθημερινή βάση από το κέντρο του σωρού και σε βάθος 70 εκατοστά περίπου, καθώς και την θερμοκρασία περιβάλλοντος όπου παίρναμε επίσης σε καθημερινή βάση.
Σε κάθε γύρισμα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του σωρού μειώνεται σημαντικά, και αυτό είναι αποτέλεσμα της διαβροχής του σωρού και του ανακατώματος (διαφυγή θερμοκρασίας). Στην συνέχεια με τον αερισμό (παροχή οξυγόνου) και την προσθήκη νερού οι μικροοργανισμοί επαναδραστηριοποιούνται και αποδομούν τα οργανικά συστατικά, παράγουν θερμότητα όπου απελευθερώνεται και έχει άμεσο αποτέλεσμα την απότομη άνοδο της θερμοκρασίας. Κατά τα τελευταία γυρίσματα παρατηρείται συνεχής μείωση της θερμοκρασίας και του όγκου του σωρού κάτι που οφείλεται στο ότι η αποδόμηση έχει σχεδόν ολοκληρωθεί και η διαδικασία της κομποστοποίησης πλησιάζει στο τέλος της.



3.α: Καμπύλη μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας του σωρού και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τον χρόνο (με τα βέλη βλέπουμε τα γυρίσματα του σωρού)

3.2Όγκος

Στον **πίνακα 3** που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή του όγκου του σωρού κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Πίνακας 3: Μεταβολή του όγκου του σωρού κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

Ημερ/νία Δειγματοληψίας	**Στάδια Κομποστοποίησης**	**Στοιχεία Σωρού**	
		Όγκος (m^3)	
		Πριν*[1]	Μετά*[2]
09/04/08	Εγκατάσταση		4.485m^3
09/05/08	1^o Γύρισμα	4.415m^3	3.618m^3
03/06/08	2 ^{o} Γύρισμα	3.134m^3	3.011m^3
04/07/08	3 ^{o} Γύρισμα	2.698m^3	2.670m^3
31/07/08	4 ^{o} Γύρισμα	1.862m^3	1.859m^3
11/09/08	5 ^{o} Γύρισμα	1.803m^3	1.785m^3
10/10/08	Τελικό compost	1.739m^3	

Πριν*[1] : Έγινε η μέτρηση πριν το γύρισμα του σωρού
Μετά*[2]: Έγινε η μέτρηση μετά το γύρισμα του σωρού

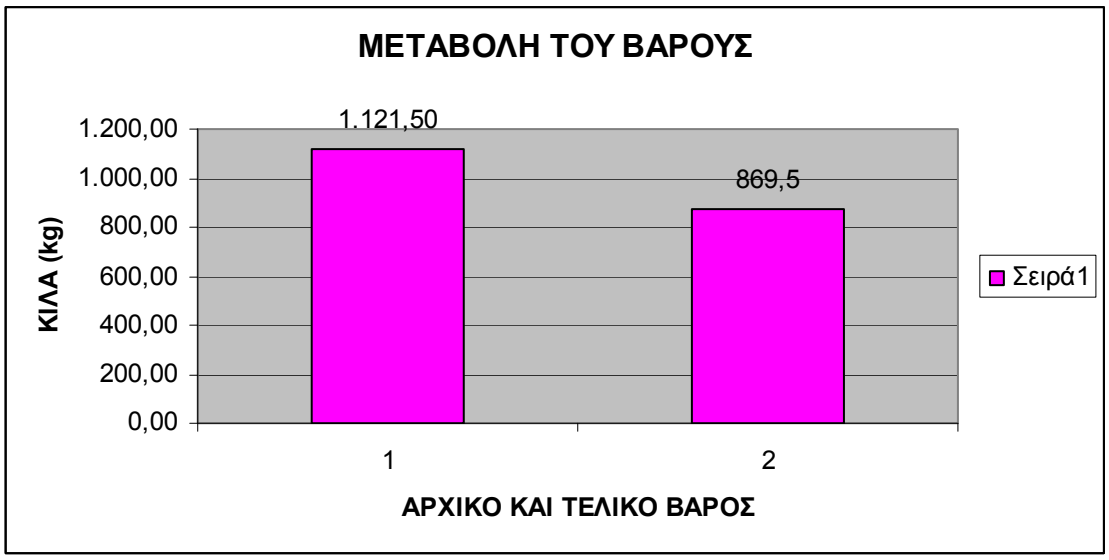
Όπως βλέπουμε στον πίνακα 1 ο όγκος του σωρού μειώνεται συνεχώς και ο λόγος όπου γίνεται αυτό είναι εξαιτίας της συνεχούς αποδόμησης των υλικών. Στο τελικό κόμποστ ο όγκος του σωρού έχει μειωθεί περίπου 61,23% σε σχέση με τον αρχικό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος τα 200L ακοσκίνιστου κόμποστ μας έδωσαν 150L κοσκινισμένου κόμποστ σε κόσκινο μικρότερο των 10mm. Άρα τα 1735L μας έδωσαν 1.304,25L κοσκινισμένου κόμποστ σε κόσκινο μικρότερο των 10mm. Αν από 1.739L αφαιρέσουμε τα 1.304,25L τότε έχουμε 434,75L. Άρα τα 1.739L έχασαν 434,75L, τα 100L έχασαν το 25%. Οπότε το ποσοστό των απωλειών είναι περίπου 25%



3,2α: Καμπύλη μεταβολής του όγκου κατά την διάρκεια των γυρισμάτων.(με τα βέλη συμβολίζονται τα γυρίσματα του σωρού)

3.3 Βάρος

Το αρχικό βάρος του σωρού στης 09/04/2008, όταν έγινε η εγκατάστασή του, ήταν 1.121,5kg. Μετά το τέλος του πειράματος το ακοσκίνιστο κόμποστ είχε βάρος 869,5kg, είχε δηλαδή ποσοστό απωλειών περίπου στο 22,47%. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος τα 200L ακοσκίνιστου κόμποστ μας έδωσαν 71,5kg κοσκινισμένου κόμποστ σε κόσκινο μικρότερο των 10mm. Τα 1.739L ακοσκίνιστου κόμποστ μας έδωσαν 621,7kg κοσκινισμένου κόμποστ σε κόσκινο μικρότερο των 10mm. Αφού τα 869,5kg έχασαν 247,8kg, τα 100L θα είχαν ποσοστό απωλειών περίπου στο 28,5%.



3.3: Καμπύλη μεταβολής του βάρους μετά το τέλος του πειράματος.

3.4 Μεταβολή Όγκου και Βάρους

	Όγκος		**Βάρος**
Τεμαχισμένα κλαδοκάθαρα	4,485 L	------→	1.121,5 Kg
	(-61,23%)		**(-22,47%)**
Κομποστοποίηση	1,739 L	------→	869,5 Kg
	(-25%)		**(-28,5%)**
Κοσκίνισμα	1.304,25 L	------→	621,7%

Άρα

	Όγκος		**Βάρος**
		(10:1)	
Αθρυμμάτιστα Κλαδοκάθαρα	10.000 m^3	-----→	1.000 t
(2,5:1)			
Θρυμματισμένα Κλαδοκάθαρα	4.000 m^3	-----→	1.000 t
	(-61,25%)		**(-22,47)**
Θρυμματισμένα Κλαδοκάθαρα Τέλος Κομποστοποίησης	1.550,08 m^3	----→	770,53 t
	(-25%)		**(-28,5)**
Κοσκίνισμα	1.160,31 m^3	----→	550,43 t

3.5 Υγρασία

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή της υγρασίας κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

Πίνακας 4:μεταβολή της υγρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης των κλαδοκάθαρων

Ημερ/νία Δειγματοληψίας	**Στάδια Κομποστοποίησης**	**Στοιχεία Σωρού**	
		Υγρασία (%)	
		Πριν*[1]	Μετά*[2]
09/04/08	Εγκατάσταση		59,87%
09/05/08	1^{ο} Γύρισμα	27,03%	61,36%
03/06/08	2 ^{ο} Γύρισμα	45,30%	62,35%
04/07/08	3 ^{ο} Γύρισμα	18,60%	60,74%
31/07/08	4 ^{ο} Γύρισμα	25,25%	64,41%
11/09/08	5 ^{ο} Γύρισμα	29,30%	62,29%
10/10/08	Τελικό compost	----	

Πριν*[1] : Έγινε η μέτρηση πριν την διαβροχή και το γύρισμα του σωρού
Μετά*[2]: Έγινε η μέτρηση μετά την διαβροχή και το γύρισμα του σωρού

Η υγρασία του σωρού είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας τόσο για την δράση των αποδομητών και όπως είναι γνωστό τα επιθυμητά επίπεδα πρέπει να κυμαίνονται από 40% έως 70%. Όπως παρατηρούμε στον **πίνακα 2** η υγρασία του μετά την διαβροχή πάντα ήταν σε ικανοποιητικά επίπεδα, ενώ πριν την διαβροχή ήταν πάντα σε πολύ χαμηλά επίπεδα, εκτός από το δεύτερο γύρισμα όπου ήταν σε ικανοποιητικό επίπεδο. Οι χαμηλές τιμές της υγρασίας οφείλονται κυρίως στις υψηλές θερμοκρασίες της καλοκαιρινής περιόδου.

3.6 Μεταβολές Ph και EC

Στον πίνακα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταβολές του Ph και EC κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

Πίνακας 5: Μεταβολές του Ph και EC κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

Ημερ/νία Δειγματοληψίας	**Στάδια Κομποστοποίησης**	**Στοιχεία Σωρού**	
		Ph	**EC**
09/04/08	Εγκατάσταση	7,9	1,91
09/05/08	1^{ο} Γύρισμα	7,66	3.14
03/06/08	2 ^{ο} Γύρισμα	7,40	2.25
04/07/08	3 ^{ο} Γύρισμα	7,34	2.75
31/07/08	4 ^{ο} Γύρισμα	7,78	2.04
11/09/08	5 ^{ο} Γύρισμα	7,50	2.53
10/10/08	Τελικό compost	1* 7,47	2.22
		2* 7,53	2.18

1*: Ακοσκίνιστο δείγμα

2*: Κοσκινισμένο δείγμα

Το **Ph** με το ξεκίνημα της κομποστοποίησης και την άνοδο της θερμοκρασίας εμφανίζει μια ασταθή κατάσταση, η οποία οφείλεται στην έντονη η όχι μικροβιακή αποδόμηση και στην απελευθέρωση ή όχι αμμωνίας. Οι τιμές του **Ph** μας βοηθάνε στο να εκτιμήσουμε σε γενικές γραμμές την πορεία της βιολογικής αποδόμησης του οργανικού υλικού που μελετάται.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Οι μεταβολές της **EC** καθώς και η τελική τιμή της ποικίλουν από υλικό σε υλικό. Μεγάλη σημασία έχει η τελική τιμή της **EC** στο ώριμο κόμποστ καθώς δεν πρέπει να ξεπερνά τα 4 (mS/cm), διότι περιορίζεται η γεωργική του εφαρμογή.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3 οι τιμές της **EC** εμφανίζουν μια ασταθή κατάσταση, η οποία οφείλεται στην έντονη η όχι μικροβιακή αποδόμηση. Οι ενδιάμεσες πτώσης της τιμής της **EC** μπορούν να αποδοθούν στην απόπλυση αλάτων κατά την διάρκεια της διαβροχής του σωρού στα γυρίσματα.

3.7 Μεταβολές του οργανικού άνθρακα και του ολικού αζώτου

Στον πίνακα 6 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταβολές του οργανικού άνθρακα και του ολικού αζώτου κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

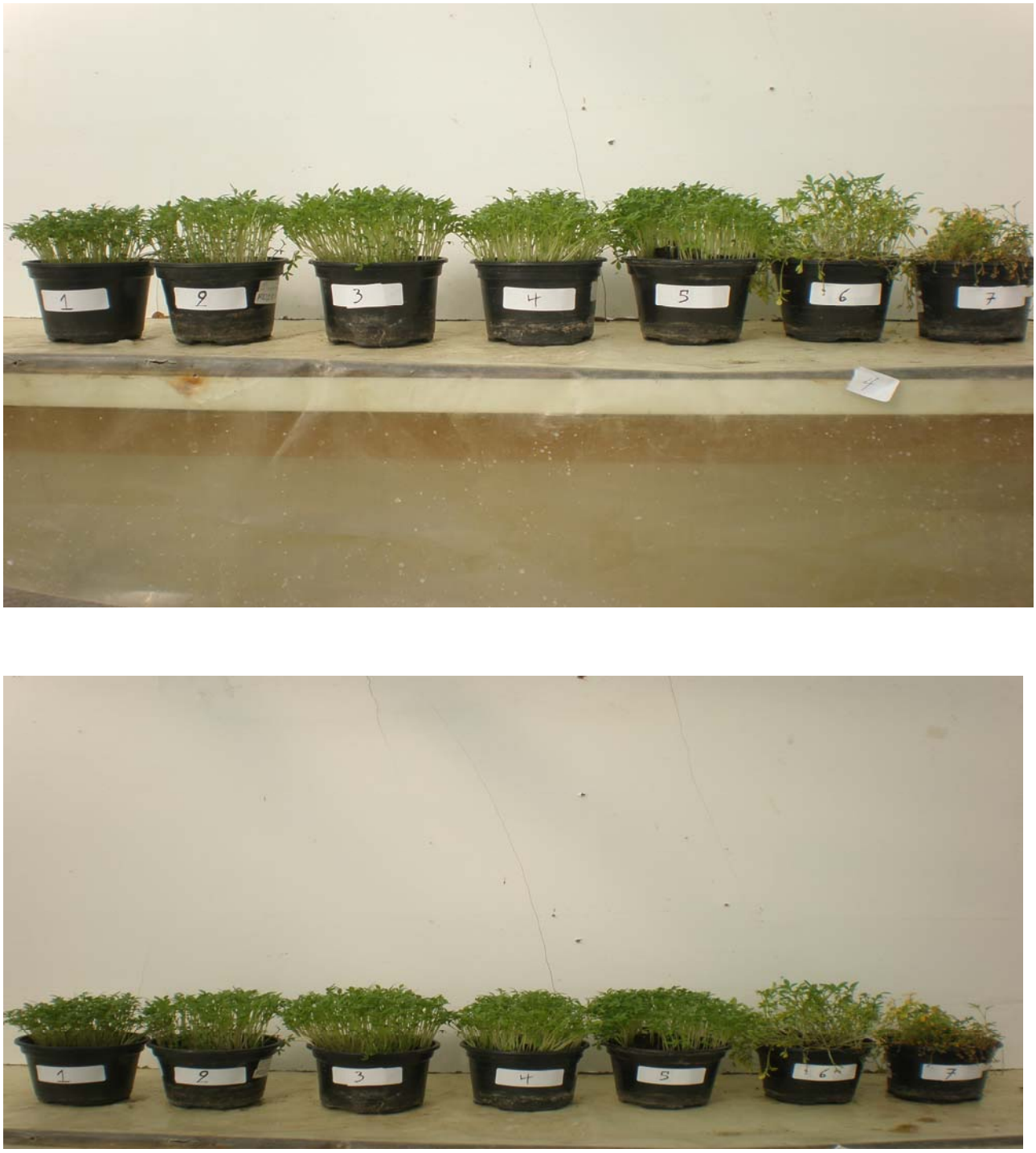
Πίνακας 6: Μεταβολές του οργανικού άνθρακα και του ολικού αζώτου κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων του Δήμου Ηρακλείου.

Ημερ/νία Δειγματοληψίας	**Στάδια Κομποστοποίησης**	**Στοιχεία Σωρού**	
		ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ	ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ
09/04/08	Εγκατάσταση	45,2%	1,26%
09/05/08	1^{ο} Γύρισμα	44,32%	1,24%
03/06/08	2 ^{ο} Γύρισμα	44,25%	1,36%
04/07/08	3 ^{ο} Γύρισμα	40,9%	1,39%
31/07/08	4 ^{ο} Γύρισμα	35,6%	1,42%
11/09/08	5 ^{ο} Γύρισμα	30,92%	1,36%
10/10/08	Τελικό compost	1* 25,92%	1,44%
		2* 26,86%	1,42%

1*: Ακοσκίνιστο δείγμα

2*: Κοσκινισμένο δείγμα

3.8 Αξιολόγηση κόμποστ



Εικόνα 2.10: Ανάπτυξη των σπόρων καρδάμου στα διάφορα μείγματα υποστρωμάτων.

4. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Μετά το τέλος του πειράματος και σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν, ως προς τις μεταβολές του όγκου και του βάρους των κλαδοκάθαρων, καθ' όλη την διάρκεια της επεξεργασίας τους, μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα:

α. Κατά μέσον όρο τα 1000 m^3 ατεμάχιστων ή αθρυμμάτιστων κλαδοκάθαρων δίδουν 400 m^3 θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων.

β. Το βάρος των 1000 m^3 αθρυμμάτιστων κλαδοκάθαρων και επομένως και το βάρος των 400 m^3 θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων, με μέση υγρασία γύρω στο 40%, είναι γύρω στους 100 τόνους.

γ. Τα 400 m^3 θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης τους χάνουν περίπου το 60% του όγκου τους και το 25% του βάρους τους. Επομένως το μη ραφιναρισμένο κόμποστ που θα παραχθεί από 1000 m^3 αθρυμμάτιστα κλαδοκάθαρα ή από τα 400 m^3 θρυμματισμένων θα είναι 150 m^3 και θα έχει βάρος 80 τόνους, με υγρασία γύρω στο 40%.

δ. Τα 150 m^3 ή οι 80 τόνοι κόμποστ κατά το ραφινάρισμά τους θα δώσουν, καθαρό κόμποστ με κοκκομετρία μικρότερη των 10mm, το 75% του όγκου του και το 70% του βάρους του. Δηλαδή το τελικό ραφιναρισμένο κόμποστ από 1000 m^3 αθρυμμάτιστων κλαδοκάθαρων ή 400 m^3 θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων θα δώσουν κόμποστ 116 m^3 , βάρους 55 τόνους. Και το ειδικό βάρος του θα είναι γύρω στα 0,47 Kg/l.

5. Βιβλιογραφία

Μανιός Βασίλης Ι. 2002. Σημειώσεις εργαστηρίου Χουμοποίησης Οργανικών Υπολειμμάτων Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης

Μανιός Βασίλης Ι. 2002. Σημειώσεις Θεωρίας Χουμοποίησης Οργανικών Υπολειμμάτων Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης

Μανιός Βασίλης Ι. 1979. Διερεύνηση Δυνατότητας Παρασκευής Φυτοχώματος από την Εκχυλισμένη Ελαιοπυρήνα. Διδακτορική Διατριβή. Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.

Μανιός Θρασύβουλος Β. 2007. Δημοσιεύσεις σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά με Κριτές.