

**Τ.Ε.Ι. Ηπείρου**

**Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας**

**Τμήμα Ανθοκομίας Αρχιτεκτονικής Τοπίου**

Παρασκευή κομπόστ από  
οργανικά υπολείμματα της  
περιοχής της Άρτας



Υπεύθυνος καθηγητής : Πατακιούτας Γεώργιος  
Σπουδαστές : Κουτουζίδης Ιωάννης – Παπασπύρος Σπυρίδων

Έτος 2014



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| .Εισαγωγή .....                                      | 4  |
| <b>Κεφάλαιο πρώτο: θεωρητικό μέρος</b>               |    |
| 1.1 Ο Ορισμός του Κομπόστ .....                      | 5  |
| 1.2. Ιστορική ανασκόπηση .....                       | 6  |
| 1.3.Βασικοί παράγοντες της κομποστοποίησης.....      | 7  |
| Μέγεθος τεμαχιδίων .....                             | 7  |
| Αερισμός .....                                       | 8  |
| Μέγεθος και σχήμα σωρού κομπόστ .....                | 8  |
| Υγρασία .....                                        | 9  |
| Σχέση C/N .....                                      | 9  |
| PH .....                                             | 11 |
| Μικροοργανισμοί του κομπόστ .....                    | 12 |
| Θερμοκρασία .....                                    | 12 |
| Καμπύλη θερμότητας .....                             | 13 |
| Μηχανισμοί μείωσης θερμοκρασίας. ....                | 14 |
| 1.4. Ποιότητα κομπόστ .....                          | 15 |
| Φυσικές ιδιότητες .....                              | 15 |
| Χημικές ιδιότητες .....                              | 16 |
| Βιολογικές ιδιότητες .....                           | 17 |
| 1.5 Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση..... | 17 |
| Ελαιοπυρήνα .....                                    | 19 |
| Φύλλα ελιάς .....                                    | 19 |
| Κλαδοκάθαρα ελαιοδένδρων .....                       | 20 |
| Στέμφυλα οινοποιείων .....                           | 20 |
| Κληματίδες αμπέλου .....                             | 20 |
| Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών .....         | 21 |
| Κοπριές ζώων .....                                   | 21 |
| Υπολείμματα τροφών κουζίνας .....                    | 21 |
| Λυματολάσπη .....                                    | 21 |
| 1.6. Μορφές και τεχνικές κομποστοποίησης .....       | 22 |
| Οικιακή κομποστοποίηση .....                         | 22 |
| Αγροτική κομποστοποίηση .....                        | 24 |
| Συνεταιριστική κομποστοποίηση .....                  | 24 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Δημοτική κομποστοποίηση .....       | 25 |
| Επιχειρηματική κομποστοποίηση ..... | 25 |
| 1.7 Η χρησιμότητα του κομπόστ ..... | 25 |
| 1.8. Εφαρμογές των κομπόστς .....   | 27 |

### **Κεφάλαιο δεύτερο: πειραματικό μέρος**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.1 Τοποθέτηση του θέματος .....               | 28 |
| 2.2 Υλικά και μέθοδοι .....                    | 28 |
| 2.2.1 Περιγραφή εγκατάστασης .....             | 28 |
| 2,3 Περιγραφή του πειράματος .....             | 29 |
| 2.4 Μετρήσεις, δειγματοληψίες, αναλύσεις ..... | 32 |
| 2.5 Δοκιμή ωριμότητας κομπόστ .....            | 34 |
| Πρώτο Στάδιο .....                             | 34 |
| Δεύτερο Στάδιο .....                           | 35 |

### **Κεφάλαιο τρίτο: Αποτελέσματα και συμπεράσματα**

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.1 Σχετική υγρασία .....                   | 36 |
| 3.2 pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ..... | 36 |
| 3.3 Θερμοκρασίες μιγμάτων .....             | 38 |
| 3.4 Ωριμότητα του κομπόστ.....              | 40 |
| Τέστ βλαστικότητας του κομπόστ .....        | 40 |
| Υπολογισμός νωπού και ξηρού βάρους .....    | 41 |
| 3.5 Θρεπτικά στοιχεία .....                 | 42 |
| Βιβλιογραφία .....                          | 44 |

## Εισαγωγή

Η σταδιακή βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης στα ανόργανα συστατικά της ουσιαστικά γίνεται στη φύση από την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Ο συνεχής κύκλος της δόμησης και αποδόμησης της οργανικής ύλης αποτελεί χαρακτηριστικό προνόμιο της ζωής και κύριο παράγοντα στην αδιάκοπη ανανέωση της. Έτσι, μέσα από μια θαυμαστής τελειότητας οικονομία, εξασφαλίζεται η ανακύκλωση της ύλης και με αυτή η διατήρηση της ζωής. Ο άνθρωπος ως ζωντανός οργανισμός υπόκειται και ο ίδιος σε αυτή τη διαδικασία αλλά ταυτόχρονα με την πολύπλευρη παρέμβαση του τη επηρεάζει. Η πληθωρική παρουσία του ανθρώπου σήμερα 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.

Μέσα στην πληθώρα των αντιπαρατάξεων του ανθρώπου προς την φύση είναι πολύ λίγες οι περιπτώσεις της συνεργικής δράσης ή τουλάχιστον συμπόρευσης του με αυτή. Μια από τις λίγες περιπτώσεις είναι και η υποβοήθηση της φύσης από τον άνθρωπο 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 αντισταθμισμα της προκαλούμενης από τον ίδιο μεγάλης παραγωγής προϊόντων και υπολειμμάτων και συμβάλλει στην αποφυγή κατάρρευσης του συστήματος της φυσικής ανακύκλωσης και των επιπτώσεων 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 τον διεθνή όρο «composting». Στα ελληνικά έχει επικρατήσει η μετάφραση «κομποστοποίηση».

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### Θεωρητικό μέρος

#### 1.2 Ο Ορισμός του Κομπόστ

Σύμφωνα με το λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας Γ. Μπαμπινιώτη,, το κομπόστ είναι « ένα μείγμα φυτικών υπολειμμάτων, κοπριάς, κ.τ.λ., σε αποσύνθεση, για τη λίπανση και βελτίωση του εδάφους»

Το Πρακτικό εγχειρίδιο Μηχανικής του Κομπόστ το ορίζει πιο αναλυτικά: « Η βιολογική αποσύνθεση και σταθεροποίηση βιολογικών υποστρωμάτων, υπό συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη θερμοφιλικών θερμοκρασιών σαν αποτέλεσμα της βιολογικά παραγόμενης θερμότητας, για την παραγωγή ενός προϊόντος που είναι σταθερό, ελεύθερο παθογόνων οργανισμών και σπόρων από φυτά και μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος με ευεργετικά για αυτό αποτελέσματα. Στο On farm composting Hand book διαβάζουμε ότι το κομπόστ είναι « ένα σύνολο οργανικών υπολειμμάτων ή ένα μείγμα οργανικών υπολειμμάτων και χώματος που έχει συσσωρευτεί, υγρανθεί και του έχει επιτραπεί να υποβληθεί σε αεροβική, βιολογική αποσύνθεση».

Το Συμβούλιο Κομπόστ προσθέτει στον ορισμό του κομπόστ: «Το κομπόστ είναι το σταθεροποιημένο και απολυμασμένο προϊόν της κομματοποίησης. Το κομπόστ είναι κυρίως αποσυντιθέμενα υλικά σε διαδικασία χουμοποίησης (ωρίμανση) που λίγη ομοιότητα έχει με τη υφή και την όψη των αρχικών υλικών από τα οποία έχει παραχθεί.

Λίγο πιο γλαφυρά το θέτει ο J.I. Rodale: «Το κομπόστ είναι κάτι παραπάνω από λίπασμα ή θεραπευτικό παράγοντα για τα τραύματα του εδάφους. Είναι ένα σύμβολο συνεχούς ζωής.. Ο σορός του κομπόστ είναι για τον βιολογικό καλλιεργητή ότι είναι για τον συγγραφέα η γραφομηχανή του, ότι είναι για τον εργάτη το φτυάρι του, και ότι είναι για τον οδηγό το φορτηγό του»

Γενικά η κομποστοποίηση είναι μια διαδικασία που διαχειρίζονται οι άνθρωποι, η οποία συνεπάγεται την ανάπτυξη μικροοργανισμών που αποδομούν και μετασχηματίζουν βιολογικά υλικά με την παρουσία οξυγόνου.

Με σωστή διαδικασία, το κομπόστ αποικίζεται τόσο πυκνά από θερμοφίλους οργανισμούς ώστε παράγει αρκετή θερμότητα. Οι μικροοργανισμοί στο κομπόστ μπορούν αν γίνουν τόσο αποτελεσματικοί στο να μετατρέπουν τα βιολογικά υλικά σε χούμο, που κάνουν την διαδικασία να μοιάζει με θαύμα.

Κατά μία έννοια, έχουμε ένα σύμπαν από πάνω μας και ένα κάτω από τα πόδια μας. Αυτό που βρίσκεται πάνω από τα κεφάλια μας μπορούμε να το δούμε στον ουρανό τη νύχτα αλλά αυτό που βρίσκεται από κάτω είναι αδύνατο να το δούμε δίχως μεγεθυντικούς φακούς. Οι πρόγονοί μας λίγο κατανοούσαν τον τεράστιο, αόρατο κόσμο που τους περιέβαλε, ένα κόσμο αμέτρητων όντων, μικροσκοπικών, πέρα από το φάσμα της ανθρώπινης όρασης. Εν τούτοις, κάποιοι από αυτούς τους μικροσκοπικούς οργανισμούς ήδη προσέφεραν έργο στην ανθρωπότητα, παράγοντας τρόφιμα όπως το ψωμί, το τυρί, το κρασί, η μύρα. Παρότι οι «μαγίες» έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο για αιώνες, τα «βακτήρια» έχουν αξιοποιηθεί από την δυτική ανθρωπότητα σχετικά πρόσφατα. Η κομποστοποίηση είναι ένα μέσο που επιτρέπει την αξιοποίηση της δύναμης των μικροοργανισμών στην βελτίωση των πρακτικών του ανθρώπινου είδους. Πριν την κατάκτηση της μεγέθυνσης (φακοί) οι πρόγονοί μας δεν κατανοούσαν τον ρόλο των μικροοργανισμών στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης ούτε την αποτελεσματικότητά τους στην μετατροπή της κοπριάς, διατροφικών υπολειμμάτων και φυτικών καταλοίπων σε χόμα.

Η κομποστοποίηση οργανικών υλικών απαιτεί στρατιές βακτηρίων. Αυτές οι μικροσκοπικές δυνάμεις εργάζονται τόσο έντονα που ανεβάζουν την θερμότητα των υλικών σε ύψη μεγαλύτερα απ'ότι συναντάμε στη φύση. Μικρο (αόρατοι) και μάκρο (ορατοί) -οργανισμοί όπως έντομα και μύκητες επικουρούν επίσης την διαδικασία της κομποστοποίησης. Όταν η θερμοκρασία του κομπόστ πέφτει, ο σωρός εποικίζεται συχνά από γαιοσκώληκες που αναζητούν και βρίσκουν εκεί τροφή. Τα εκκρίματα τους προσφέρουν επιπλέον διύλιση στο κομπόστ.

## **1.2. 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 20<sup>ου</sup> 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. 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 φαινομένου αρχίζει και μια 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.

### **1.3.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 πολυτεμαχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει μεν την επιφάνεια την δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των αποδομητικών μικροοργανισμών, αλλά και ταυτόχρονα μειώνει τα κενά του αέρα με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση των ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών. Έτσι, μειώνοντας το μέγεθος των σωματιδίων μέσω της αύξησης επιφάνειας, αυξάνεται η μικροβιακή δραστηριότητα με αποτέλεσμα να αυξάνει και το ρυθμό της αποσύνθεσης. Αντίθετα όταν τα σωματίδια είναι πολύ μικρά και συμπιεσμένα, η κυκλοφορία του αέρα μέσα στη σωρό αναστέλλεται. Αυτό μειώνει το διαθέσιμο  $O_2$  για τους μικροοργανισμούς μέσα στη σωρό και έτσι μειώνει το ρυθμό της μικροβιακής δραστηριότητας. Το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει επίσης την διαθεσιμότητα του άνθρακα και του αζώτου. Μεγάλα κομμάτια ξύλου για παράδειγμα παρέχουν ένα καλό μέσο διόγκωσης που βοηθά στο να εξασφαλιστεί εξαερισμός μέσα στο σωρό, αλλά παρέχουν λιγότερο άνθρακα ανά μονάδα μάζας απ'ότι σε μορφή πριονιδίων.

Ακόμα το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού κομποστ 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.

### **Αερισμός**

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για το μεταβολισμό και αναπνοή των αερόβιων μικροοργανισμών και για την οξείδωση των διάφορων οργανικών μορίων που βρίσκονται στο υλικό. Στο ξεκίνημα της μικροβιακής δράσης οξείδωσης η συγκέντρωση  $O_2$  στους πόρους είναι γύρω στο 15-20% και η συγκέντρωση  $CO_2$  είναι μεταξύ 0,5-5%. Καθώς η βιολογική διεργασία προχωρά η συγκέντρωση  $O_2$  πέφτει και η συγκέντρωση  $CO_2$  ανεβαίνει. Αν η μέση συγκέντρωση  $O_2$  στο σωρό πέσει κάτω από 5% δημιουργούνται περιοχές αναερόβιων συνθηκών. Προϋποθέτοντας ότι η αναερόβια δραστηριότητα είναι στο ελάχιστο, η σωρός του κομπόστ δρα ως φίλτρο που παγιδεύει και υποβαθμίζει τις δύσσομες ενώσεις παραγόμενες ως υποπροϊόν της αναερόβιας αποσύνθεσης. Αν όμως η αναερόβια δραστηριότητα ανέβει πάνω από ένα σημείο ανεπιθύμητες συνέπειες μπορούν να συμβούν (μείωση της δράσης των αερόβιων μικροοργανισμών, πρόκληση δυσάρεστων οσμών).

Η διατήρηση αερόβιων συνθηκών επιτυγχάνεται μέσω πολλών μεθόδων στις οποίες συμπεριλαμβάνονται το, άνοιγμα οπών για αέρα, εισαγωγή πιπετών αέρα, παραγόμενη ροή αέρα και μηχανική ανάδευση. Η ανάδευση αυξάνει τον αερισμό χαλαρώνοντας και αυξάνοντας το πορώδες του μίγματος.

Η συχνή ανάδευση του σωρού χαλαρώνει τα πυκνά σημεία του με αποτέλεσμα εκτός από τον σωστό αερισμό να επιτυγχάνεται και η αποφυγή δυσάρεστων οσμών. Για να επιτύχουμε όσο το δυνατόν καλύτερο αερισμό η αναστροφή γίνεται από μέσα προς τα έξω και από πάνω προς τα κάτω.

### **Μέγεθος και σχήμα σωρού κομπόστ**

Ένας σωρός κομποστοποίησης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να εμποδίζει ταχεία απώλεια θερμότητας και υγρασίας, αλλά και αρκετά μικρός ώστε να επιτρέπει καλή κυκλοφορία αέρα. Τουλάχιστον 40 λίτρα χρειάζονται σε πειραματικά συστήματα σε κάδους σκουπιδιών εάν θέλουμε η άνοδος θερμοκρασίας να συμβεί σε λίγες μέρες. Μικρότερα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχολική έρευνα ή επιδείξεις αλλά χρειάζονται μόνωση για διατήρηση θερμότητας.

Το σχήμα του σωρού βοηθά να ελέγχουμε την περιεχόμενη υγρασία. Σε υγρές περιοχές τα εξωτερικά συστήματα κομποστοποίησης μπορεί να χρειαστούν προστασία από ύγρανση. Σε στεγνές περιοχές οι σωροί πρέπει να φτιάχνονται με άνοιγμα στο πάνω μέρος ώστε να παίρνουν υγρασία ή πρόσθετο νερό.

## **Υγρασία**

Το άριστο επίπεδο της υγρασίας είναι διαφορετικό για κάθε κατηγορία υλικού και συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητες του. Αν ληφθεί υπόψη ότι το 30% των πόρων, μεταξύ των τεμαχιδίων, πρέπει να καταλαμβάνεται από αέρα, για την 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.

Μικροβιακή αποσύνθεση συμβαίνει εντονότερα στις λεπτές υγρές στρώσεις στις επιφάνειες των οργανικών σωματιδίων. Ενώ χαμηλή υγρασία <30% αναστέλλει τη βακτηριακή δραστηριότητα, πολύ υγρασία >65% προκαλεί αργή αποσύνθεση, παραγωγή οσμών και έκπλυση θρεπτικών ουσιών.

Συχνά τα ίδια υλικά που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο είναι πολύ υγρά ενώ αυτά με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι στεγνά. Συνδυάζοντας τα διαφορετικά είδη υλικών δημιουργείται μίγμα που κομποστοποιείται καλά. Μπορούμε να υπολογίσουμε το ιδανικό μίγμα υλικών ή να χρησιμοποιήσουμε το λιγότερο ακριβές τεστ συμπίεσης στο χέρι για να υπολογίσουμε το ποσοστό υγρασίας. Χρησιμοποιώντας αυτό το τεστ το μίγμα πρέπει να είναι υγρό στην αφή όσο ένα μουσκεμένο σφουγγάρι.

## **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<sub>2</sub>. Για να γίνει όμως αυτό απαιτείται η επαρκής παρουσία αζώτου. Η άριστη τιμή της σχέσης C/N, στο προς χώνευση υλικό είναι εκείνη του 30/1. Το N που θα προστεθεί, μπορεί να είναι σε ανόργανη μορφή ή σε οργανική με την μορφή ενός υλικού πλούσιου σε N όπως είναι η κοπριά των ορνίθων.

Αν και η αναλογία 30/1 είναι η ενδεδειγμένη μπορεί σε περιπτώσεις να χρειάζεται προσαρμογή ανάλογα με την βιοποικιλότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται. Το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου των κατάλληλων υλικών για κομποστοποίηση είναι από την πρώτη στιγμή διαθέσιμο. Κάποιο ποσοστό του άνθρακα όμως, μπορεί να φυλακίζεται σε θύλακες, οι οποίοι αντιστέκονται σε μεγάλο

βαθμό στη βιολογική αποσύνθεση. Για παράδειγμα οι σελίδες μιας εφημερίδας αποσυντίθενται πιο δύσκολα, από άλλα είδη χαρτιού, καθώς είναι φτιαγμένες από ίνες κυτταρίνης επεξεργασμένες με λιγνίνη, ένα υψηλής αντοχής στην αποσύνθεση υλικό το οποίο βρίσκουμε στο ξύλο. Αν και υλικά όπως αυτό μπορεί να κομποστοποιηθούν, ο σχετικά αργός ρυθμός που αποσυντίθεται σημαίνει πως δεν παρέχουν σε ικανοποιητικό βαθμό άνθρακα διαθέσιμο για τους μικροοργανισμούς. Για αυτό το λόγο πρέπει να υπολογιστεί μια μεγαλύτερη αναλογία C/N. Επίσης το μέγεθος των σωματιδίων πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς αν και η ίδια ποσότητα άνθρακα βρίσκεται σε θρυμματισμένο ξύλο και ροκανίδια, η μεγαλύτερη επιφάνεια στα ροκανίδια κάνει τον άνθρακα που περιέχει πιο άμεσα διαθέσιμο για μικροβιακή χρήση.

Ο υπολογισμός της αναλογίας C:N γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος εκτελείται με την βοήθεια ενός πίνακα που παρουσιάζονται οι αναλογίες C:N των κυριότερων υλικών που μπορούν να βρεθούν εύκολα και να κομποστοποιηθούν και ο δεύτερος με τον διαχωρισμό των υλικών σε πράσινα και καφέ.

Με βάση τις τιμές του πίνακα (πίνακας 1.1) είναι εύκολος ο υπολογισμός της αναλογίας C:N, αν λαμβάνεται ως μέτρο ένας συγκεκριμένος όγκος. Αν για παράδειγμα αναμιχθούν 3 μέρη υπολειμμάτων μήλων (C:N=20:1) και ένα μέρος φύλλων (C:N=60:1), τότε το μίγμα τους θα έχει αναλογία  $(20 \cdot 3 + 60 \cdot 1) / 4 = 120 / 4 = 30:1$ .

**Πίνακας 1.1** Αναλογία C/N των συνηθέστερων υλικών για κομποστοποίηση

| ΕΙΔΟΣ                 | ΑΝΑΛΟΓΙΑ C/N |
|-----------------------|--------------|
| Υπολείμματα κήπου     | 7:1          |
| Κουρέματα γκαζόν      | 12-25:1      |
| Χωνεμένη κοπριά       | 20-25:1      |
| Φύλλα                 | 40-80:1      |
| Άχυρα                 | 80:1         |
| Άχυρα σίτου           | 125:1        |
| Χαρτί                 | 150-200:1    |
| Πριονίδια             | 100-500:1    |
| Υπολείμματα μήλων     | 21:1         |
| Εφημερίδες            | 50-200:1     |
| Υπολείμματα λαχανικών | 12-20:1      |
| Πευκοβελόνες          | 60-110:1     |

Μια άλλη πιο χονδρική προσέγγιση για να υπολογιστεί η αναλογία C:N, είναι ο διαχωρισμός των υλικών σε πράσινα και σε καφέ. Πράσινα υλικά είναι τα κουρέματα του γκαζόν, τα φρέσκα φύλλα, τα υπολείμματα φρούτων κλπ. Καφέ είναι τα ξερά φύλλα, το πριονίδι, η κοπριά, οι εφημερίδες και τα χαρτιά. Για να τηρηθεί η αναλογία άνθρακα προς άζωτο πρέπει τα πράσινα και τα καφέ υλικά να συμμετέχουν σε ίσες ποσότητες στην υπό κομποστοποίηση μάζα. Τα καφέ υλικά είναι πολύ ευκολότερο να βρεθούν, όπως για παράδειγμα παλιές εφημερίδες, χαρτιά κλπ. Αν λείπουν πράσινα υλικά, τα οποία έχουν συγκριτικά περισσότερο άζωτο, τότε προστίθεται και αναμιγνύεται στα υλικά ένα αζωτούχο λίπασμα. Αρκεί μια αραιά επικάλυψη από αυτό το λίπασμα για κάθε στρώση υλικών πάχους περίπου 10 εκατοστών.

## **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. 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 και κατά συνέπεια

καλύπτεται αυτή η ανάγκη για τη βακτηριακή δραστηριότητα από την ίδια διαδικασία. Ακολουθεί στην συνέχεια η πτώση του pH και επομένως η δραστηριοποίηση των μυκήτων για την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης.

Το pH μεταξύ 5.5 και 8.5 είναι ιδανικό για τους μικροοργανισμούς του κομπόστ. Όπως τα βακτήρια και οι μύκητες καταναλώνουν οργανικό υλικό, αποβάλλοντας οργανικά οξέα. Στα πρώτα στάδια κομποστοποίησης, αυτά τα οξέα συνήθως απορροφούνται. Η πτώση του pH ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων και τη διάσπαση της λιγνίνης και της κυτταρίνης. Συνήθως τα οργανικά οξέα αποσυντίθενται περαιτέρω κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Εάν το σύστημα γίνει αναερόβιο η απορρόφηση των οξέων μπορεί να μειώσει το pH στο 4.5, μειώνοντας δραματικά τη μικροβιακή δραστηριότητα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο αερισμός είναι συνήθως αρκετός για να επιστρέψει το επίπεδο του pH σε ικανοποιητικά επίπεδα.

### **Μικροοργανισμοί του κομπόστ**

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 η επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Η προσθήκη μικροβιακού μολύσματος από εκείνα που κυκλοφορούν στην αγορά μπορεί να προσφέρει μια μικρή επιτάχυνση της διαδικασίας.

### **Θερμοκρασία**

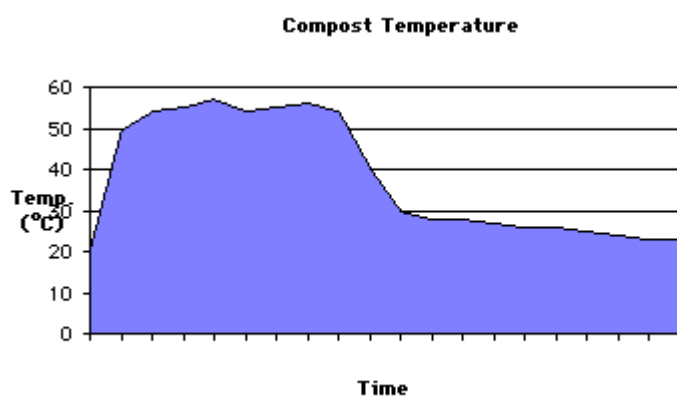
Αμέσως μετά τη διαμόρφωση του σωρού με το προετοιμασμένο υλικό, αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την ελευθέρωση θερμικής ενέργειας και την άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού. Έτσι στα πρώτα δύο ή τρία 24ωρα η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί τους 70 βαθμούς και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για λίγες μέρες. 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 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

προσθήκη νερού αν απαιτείται. Ως άριστη θερμοκρασία για τη μικροβιακή δραστηριότητα θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65 βαθμών Κελσίου.

### **Καμπύλη θερμότητας**

Η θερμότητα του κομπόστ παράγεται ως υποπροϊόν της μικροβιακής διάλυσης του οργανικού υλικού. Η παραγωγή θερμότητας εξαρτάται από το μέγεθος του σωρού, το ποσοστό υγρασίας, τον αερισμό και την αναλογία C/N. Επίσης η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τις θερμοκρασίες του κομπόστ.

Μπορούμε να χαρτογραφήσουμε την εξέλιξη του συστήματος του κομπόστ παίρνοντας περιοδικά μετρήσεις θερμοκρασίας, μια τυπική καμπύλη θερμοκρασίας για έναν μη ανακατεμένο σωρό φαίνεται παρακάτω. (Σχήμα 1.1).



**Σχήμα 1.1** Τυπική καμπύλη θερμοκρασίας για έναν μη ανακατεμένο σωρό

Ένα καλοσχεδιασμένο οικιακό σύστημα κομποστοποίησης, με πάνω από 45 λίτρα σε μέγεθος θα ανεβάσει θερμοκρασία στους 40 με 50 βαθμούς Κελσίου σε 2 με 3 μέρες. Ένα μικρό σε μέγεθος σύστημα είναι πιθανό να φθάσει σε μέγιστη θερμοκρασία περίπου 30 με 40 βαθμούς Κελσίου, ενώ στο αντίθετο άκρο, δηλαδή ένα σύστημα εμπορικής κλίμακας κομποστοποίησης μπορεί να χρειαστεί 3 έως 5 μέρες για να φθάσει σε θερμοκρασίες 60 έως 70 βαθμών Κελσίου.

Καλό είναι να κρατιέται το κομπόστ σε θερμοκρασίες κάτω των 65 βαθμών Κελσίου καθώς υψηλότερες τιμές προκαλούν το θάνατο των ωφέλιμων για το κομπόστ μικροβίων. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, το γύρισμα του σωρού και ο αερισμός θα βοηθήσουν να μειωθεί αισθητά η θερμοκρασία.

Η αποσύνθεση συμβαίνει ταχύτερα στο θερμοφιλό στάδιο κομποστοποίησης (μεταξύ 40-60 βαθμών Κελσίου), το οποίο διαρκεί μερικές εβδομάδες ή και μήνες

εξαρτώμενο από το μέγεθος του σωρού και το ρυθμό αποσύνθεσης των υλικών. Αυτό το στάδιο είναι σημαντικό στην καταστροφή ευαίσθητων στη θερμοκρασία παθογόνων, προνυμφών μυγών και σπόρων ζιζανίων. Σε σωρό που βρίσκεται σε εξωτερικό περιβάλλον τα παθογόνα επιζούν του θερμόφιλου σταδίου μετακινούμενα προς το εξωτερικό του σωρού η και μένοντας αδρανή.

Ο κανονισμός του Αμερικανικού οργανισμού περιβαλλοντικής προστασίας ορίζει ότι για να πετύχουμε μια σημαντική μείωση των παθογόνων στη διάρκεια της κομποστοποίησης, το κομπόστ πρέπει να διατηρείται σε ελάχιστες θερμοκρασίες 40 βαθμών Κελσίου επί 5 μέρες, με θερμοκρασία άνω των 55 βαθμών για τουλάχιστον 4 ώρες. Τα περισσότερα είδη μικροοργανισμών δεν επιζούν σε θερμοκρασίες άνω των 60 με 65 βαθμών Κελσίου, έτσι οι διαχειριστές του κομπόστ αναδεύουν ή αερίζουν τους σωρούς για να μειώσουν τις θερμοκρασίες.

### **Μηχανισμοί μείωσης θερμοκρασίας.**

Η θερμοκρασία σε κάθε σημείο της κομποστοποίησης εξαρτάται από το πόση θερμότητα παράγεται από τους μικροοργανισμούς, ρυθμιζόμενη από τις απώλειες μέσω αγωγιμότητας, συναγωγής και ακτινοβολίας. Μέσω της αγωγιμότητας, η ενέργεια μεταφέρεται από άτομο σε άτομο μέσω άμεσης επαφής, στις άκρες του σωρού ενώ η αγωγιμότητα προκαλεί απώλεια θερμοκρασίας μέσω των μορίων του αέρα.

Η αγωγιμότητα αναφέρεται στη μεταφορά θερμοκρασίας μέσω αερίου η υγρού. Όταν το κομπόστ θερμαίνεται, ζεστός αέρας ανεβαίνει μέσα στο σύστημα, και τα παραγόμενα ρεύματα προκαλούν μια σταθερή και αργή κίνηση ζεστού αέρα προς τα πάνω μέσω του κομπόστ και έξω από αυτό. Σε αντίθεση με αυτή τη φυσική συναγωγή, κάποια συστήματα χρησιμοποιούν εξαναγκασμένη συναγωγή καθοδηγούμενα από ανεμιστήρες. Αυτού ο τύπου αερισμός μπορεί εκκινεί από θερμοστάτες οι οποίοι καταγράφουν τις θερμοκρασίες των σωρών.

Η περισσότερη μεταφορά ενέργειας είναι σε μορφή λανθάνουσας θερμότητας (η ενέργεια που χρειάζεται να εξατμιστεί το νερό). Σε κάποιες περιπτώσεις ατμός φαίνεται να βγαίνει από τους σωρούς.

Ο τρίτος μηχανισμός απώλειας θερμοκρασίας, η ακτινοβολία, αναφέρεται σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα όπως αυτά που αισθάνεται κάποιος όταν στέκεται στον ήλιο ή κοντά σε φωτιά. Αντίστοιχα η θερμότητα που παράγεται σε σωρούς κομπόστ εξέρχεται στον ψυχρότερο αέρα. Όσο μικρότερη η βιοδιάσπαση η ο σωρός, τόσο

μεγαλύτερη η αναλογία επιφάνειας ως προς το μέγεθος και γι' αυτό ανάλογα μεγαλύτερη η απώλεια θερμότητας λόγω αγωγιμότητας και ακτινοβολίας. Η μόνωση βοηθά στο να μειωθούν αυτές οι απώλειες σε μικρούς σωρούς κομπόστ.

Το ποσοστό υγρασίας επηρεάζει την αλλαγή θερμοκρασίας στο κομπόστ, αφού το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τα περισσότερα άλλα υλικά. Τα στεγνότερα μίγματα τείνουν να ανεβάζουν θερμοκρασία και να κρύνουν ταχύτερα από υγρότερα μίγματα, έχοντας ως προϋπόθεση ικανά επίπεδα υγρασίας για να διατηρείται μικροβιακή ανάπτυξη. Το νερό δρα ως ένας θερμικός καταλύτης, μειώνοντας τις θερμοκρασιακές μεταβολές όπως η μικροβιακή δραστηριότητα προχωρά.

#### **1.4. Ποιότητα κομπόστ**

Όπως έχει αναφερθεί η τελική ποιότητα των κομπόστ καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά και από τη διαδικασία κομποστοποίησης. Οι ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα ενός κομπόστ χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στις φυσικές, τις χημικές και τις βιολογικές.

##### **Φυσικές ιδιότητες**

Ένα κομπόστ χαρακτηρίζεται ως καλής ποιότητας όταν έχει τις ακόλουθες φυσικές ιδιότητες:

- Η **κοκκομετρία** του να είναι διευρυμένη, δηλαδή το κομπόστ να περιλαμβάνει τεμαχίδια 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 κομπόστ χρησιμοποιούνται στην παρασκευή υποστρωμάτων.
- Το **φαινόμενο ειδικό βάρος** να είναι όσο γίνεται μικρότερο, δηλαδή να είναι όσο γίνεται ελαφρύτερο, 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 κομπόστ απαιτούν μικρότερες ποσότητες νερού για τη μέγιστη δυνατή απόδοση μιας καλλιέργειας.

- Οι **ξένες προσμίξεις** ανεπιθύμητων υλικών να είναι μηδενικές. Η παρουσία τους υποβιβάζει τόσο την ποιότητα του υλικού αλλά και την εμπορική αξία.
- Η **οσμή** του να είναι γαιώδης που θεωρείται μια γενικά αποδεκτή και ευχάριστη οσμή. Αντίθετα οποιαδήποτε δυσάρεστη οσμή προκαλεί αποστροφή του χρήστη από το προϊόν.

### **Χημικές ιδιότητες**

Από πλευράς χημικών ιδιοτήτων ένα κομπόστ χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας αν έχει τις ακόλουθες χημικές ιδιότητες.

- Η περιεκτικότητα 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 με τη μορφή CO<sub>2</sub>.
- Το pH να κυμαίνεται γύρω στην ουδέτερη ή την ελαφρώς όξινη περιοχή. Συνήθως όμως το pH των κομπόστ κυμαίνεται στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην παρασκευή υποστρωμάτων για ανάπτυξη οξύφιλων φυτών εκτός εδάφους.
- Η **E.C** να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Σε περίπτωση αυξημένης E.C θα πρέπει να διαπιστώνονται οι λόγοι και να γίνονται ανάλογες ενέργειες αντιμετώπισης της. Ένας τρόπος είναι η πρόσμιξη τους με άλλα υλικά που έχουν χαμηλή ή μηδενική E.C όπως είναι η ξανθιά τύρφη.
- Η **περιεκτικότητα του σε θρεπτικά στοιχεία** να είναι αυξημένη. Αυτό όμως συνεπάγεται και αυξημένη E.C και επιβάλλεται προσοχή στις εφαρμογές του. Πολύ συχνά γίνεται προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων με στόχο να αυξήσουν τη θρεπτική τους αξία αλλά και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

- Η περιεκτικότητα 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 στα κομπόστ 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 αποδόμησης, διασπώνται κι αυτές στα επόμενα στάδια της χώνευσης και της ωρίμανσης. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο κατά την παρασκευή των κομπόστς, τη φάση της χώνευσης να ακολουθεί περίοδος 2-3 μηνών για την ωρίμανση 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 φυτών παθογόνων μικροοργανισμών** 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.

### **1.5 Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση**

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες υλικών, αυτά που είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση, τα ακατάλληλα και αυτά που καλό είναι να αποφεύγονται ή να χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες Παρακάτω καταγράφονται υλικά από κάθε κατηγορία. (Πίνακας 1.2)

**Πίνακας 1.2.**Υλικά κατάλληλα η μη για κομποστοποίηση.

| Υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο                                          | Υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα | Υπό προϋποθέσεις                | Όχι                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| γκαζόν                                                                          | χαρτί κουζίνας                           | ξύλα                            | κόκαλα                          |
| κλαδέματα, ξερά φύλλα                                                           | φλούδες κορμών                           | λεμονόκουπες – πορτοκαλόφλουδες | απορρίμματα σκύλων/γατών        |
| φρούτα και λαχανικά                                                             | άχυρα                                    | άρρωστα φυτά                    | λάδια, λίπη λιπαρές ουσίες      |
| οικιακά φυτά                                                                    | πριονίδια                                |                                 | υπολείμματα από κρέατα/ψάρια    |
| φύλλα                                                                           | ξεραμένη χλόη                            |                                 | γαλακτοκομικά                   |
| απορρίμματα κουζίνας π.χ. τσόφλια αβγών, υπολείμματα καφέ, φίλτρα γαλλικού καφέ | χαρτοπετσέτες                            |                                 | σπόρους ζιζανίων                |
| υπολείμματα από αφέψημα                                                         | στέλεχος καλαμποκιού                     |                                 | ψωμί – ζυμαρικά                 |
| φλούδες, κοτσάνια από φρούτα και λαχανικά                                       | στάχτες                                  |                                 | μεταλλικά αντικείμενα πλαστικά  |
| κοπριά ( π.χ. από αγελάδες, άλογα, κόττες ή κουνέλια)                           |                                          |                                 | γυάλινα υλικά                   |
| φύκια ξεπλυμένα από τα άλατα με νερό                                            |                                          |                                 | υπολείμματα μαγειρεμένων τροφών |

Τα οργανικά απορρίμματα περιέχουν αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Κάθε πατατόφλουδα ή πυρήνας μήλου κατέχει ένα μικρό ποσοστό φωτός και θερμότητας, ακριβώς όπως ένα κομμάτι καυσόξυλου. Ο S. Sides στο Mother Earth News το θέτει με πιο σαφή τρόπο: «Τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε τροφή για τα ζώα (υμών συμπεριλαμβανομένων). Μετά, τα εκκρίματα των ζώων μαζί με τα νεκρά σώματα ζώων και φυτών διαστρωματώνονται σε σωρούς κοπριάς, χουμοποιούνται και «ξαναγεννιούνται» στο καλαμπόκι για παράδειγμα. Αυτός ο κύκλος φωτός είναι ο κεντρικός λόγος για τον οποίο η κομποστοποίηση είναι ένας τόσο σημαντικός κρίκος στην οργανική μέθοδο παραγωγής τροφής. Επιστρέφει την ηλιακή ενέργεια στο έδαφος. Σε αυτό το πλαίσιο, κοινά υλικά κομποστοποίησης όπως τσόφλια αυγών, τρίχες, υπολείμματα λαχανικών ακόμη και καψαλισμένα κομμάτια ψωμιού δεν μπορούν πλέον να θεωρούνται σκουπίδια αλλά ηλιακό φως σε μετάβαση από μια μορφή σε μια άλλη».

Ως οργανικά υλικά που είναι κατάλληλα για την παρασκευή κομπόστ μπορούν να θεωρηθεί οτιδήποτε έχει ζήσει πάνω στη γή ή προέρχεται από ζωντανό οργανισμό, όπως κοπριά, ολόκληρα φυτά, φύλλα, πριονίδι, τύρφη, άχυρο, κομμένο γρασίδι, υπολείμματα τροφών και ούρα. Ένας εμπειρικός κανόνας είναι ότι: οτιδήποτε μπορεί να σαπίσει, μπορεί να κομποστοποιηθεί, συμπεριλαμβανομένων υλικών όπως βαμβακερά υφάσματα, μάλλινα, χαρτί (π.χ. ανεπιθύμητη αλληλογραφία, χαρτόνι) και κουφάρια ζώων.

Η ποιότητα του κομπόστ 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 ώστε να επιτευχθεί ένα μίγμα με τα καλύτερα δυνατά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Ακολουθεί μια παρουσίαση διαφόρων οργανικών υπολειμμάτων που μπορούν να αποτελέσουν πρώτες ύλες για την κομποστοποίηση.

### **Ελαιοπυρήνα**

Σήμερα έχουμε δυο 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. Το πρόβλημα γενικά των ελαιοπυρήνων είναι ότι λόγω της σύνθεσης τους έχουν μία 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 ικανότητα τους. Σημαντικό πλεονέκτημα του κομπόστ από ελαιοπυρήνες είναι ότι τα τεμαχίδια του πυρήνα του ελαιοκάρπου, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας 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 κομπόστ. 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 κομπόστ μόνο από φύλλα ελιάς είναι πολύ λεπτόκοκκο με αυξημένη περιεκτικότητα σε N και με αυξημένη E.C.

### **Κλαδοκάθαρα ελαιοδένδρων**

Τα κλαδοκάθαρα των ελαιοδένδρων 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 κομπόστ. Μειονέκτημα των ελαιοκλαδοκάθαρων αποτελεί η μεγάλη διασπορά τους και το ογκώδες της φύσης τους. Ο τεμαχισμός τους από ρυμουλκούμενο μύλο και η ταυτόχρονη φόρτωση 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 κομπόστ χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες τιμές pH και E.C. Χαρακτηριστικό των στέμφυλων είναι η αυξημένη περιεκτικότητα τους σε N 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 κομπόστ 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 την συγκέντρωσή τους. Το παραγόμενο κομπόστ έχει πολύ καλές υδατικές ιδιότητες που πλησιάζουν εκείνες της τύρφης.

### **Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών**

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

### **Κοπριές ζώων**

Το κοινό χαρακτηριστικό πολλών ζωικών κοπριών είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε υγρασία και άζωτο σε σχέση με τα περισσότερα φυτικά υπολείμματα. Η αυξημένη υγρασία είναι η κύρια αιτία που οι συνθήκες αποδόμησης, γίνονται γρήγορα αναερόβιες. Είναι λοιπόν αναγκαία η ανάμειξη τους με άλλα υλικά που θα προσδώσουν στο μίγμα τα κατάλληλα φυσικά χαρακτηριστικά. Ως πηγή θρεπτικών στοιχείων, οι κοπριές είναι πολύ πιο πλούσιες από τα φυτικά υπολείμματα γεγονός που κάνει τη χρήση τους ακόμα πιο επιθυμητή. Ως μειονέκτημα αυτών των υλικών μπορεί να θεωρηθεί η δυσοσμία και ακόμη η παρουσία αντιβιοτικών όταν αυτά προέρχονται από ζώα που βρίσκονται σε αντιβιοτική αγωγή.

### **Υπολείμματα τροφών κουζίνας**

Τα υπολείμματα από τροφές στην κουζίνα, υπολείμματα νωπών φρούτων και λαχανικών αλλά και υπολείμματα μαγειρευμένων τροφών, εκτός κρεάτων και ψαριών, αποτελούν επίσης μια πολύ καλή πρώτη ύλη για παρασκευή κομπόστ.

### **Λυματολάσπη**

Είναι ένα προβληματικό οργανικό υλικό τόσο για το περιβάλλον όσο και τον άνθρωπο λόγω των περιεχομένων ανθρωπογενών παθογόνων και των βαρέων μετάλλων. Μία από τις εφαρμοζόμενες λύσεις στην επεξεργασία και διάθεση της

είναι η συγκομποστοποίηση της με φυτικά υπολείμματα. Το παραγόμενο κομπόστ μετά από σχετικό έλεγχο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες καλλιέργειες, στην ανάπτυξη πρασίνου, ως βιόφιλτρο και για κάλυψη απορριμμάτων.

### **1.6. Μορφές και τεχνικές κομποστοποίησης**

Ανάλογα με τις ποσότητες και το είδος των διατεθειμένων πρώτων υλών προς κομποστοποίηση και ακόμη τον προορισμό χρήσης του παραγόμενου κομπόστ, διακρίνουμε διάφορες μορφές και τεχνικές κομποστοποίησης.

#### **Οικιακή κομποστοποίηση**

Πρόκειται για μια ερασιτεχνική κομποστοποίηση, με πρώτες ύλες τα τροφικά υπολείμματα της κουζίνας της οικογένειας. Ακόμη στην οικιακή κομποστοποίηση μπορούν να περιληφθούν και τα φυτικά υπολείμματα του οικογενειακού κήπου. Η κομποστοποίηση των υλικών αυτών για λόγους αισθητικής και υγιεινής θα πρέπει να πραγματοποιείται σε κάποιο απόμερο σημείο του κήπου, είτε με το σχηματισμό ενός απλού σωρού (Εικόνα1.1) είτε μέσα σε διάφορες κατασκευές από τσιμεντόλιθους ή ξύλα (Εικόνα1.2) ή μεταλλικό πλέγμα (Εικόνα1.3) ή ακόμη σε ειδικούς κομποστοποιητές που διατίθενται στην αγορά (Εικόνα1.4) Σε κάθε περίπτωση εκείνο που θα πρέπει να προσεχθεί στα υπολείμματα είναι να έχουν την απαιτούμενη υγρασία ή να προστίθεται περιοδικά σε αυτά νερό, κυρίως στη διάρκεια του καλοκαιριού. Σε περίπτωση αξιολογών ποσοτήτων φυτικών υπολειμμάτων κήπου μπορεί να γίνει και η προμήθεια ενός μικρού θρυμματιστή.

Τα οφέλη της οικιακής κομποστοποίησης

- Βελτίωση της ποιότητας του χώματος του κήπου ή των φυτοδοχείων.
- Εξοικονόμηση οικονομικών πόρων
- Η εκμετάλλευση πολλών υλικών τα οποία τα οποία θα ρίπτονταν στους κάδους απορριμμάτων βοηθάει στην αντιμετώπιση του προβλήματος των απορριμμάτων στο περιβάλλον.



**Εικόνα 1.1** Απλός σωρός



**Εικόνα 1.2** Κατασκευές από ξύλα



**Εικόνα 1.3** Σωρός περιτυλιγμένος από μεταλλικό πλέγμα.



**Εικόνα 1.4** Ειδικός κομποστοποιητής

#### **Αγροτική κομποστοποίηση**

Πρόκειται για την κομποστοποίηση την οποία μπορεί να κάνει ένας αγρότης κομποστοποιώντας τα φυτικά υπολείμματα της αγροτικής εκμετάλλευσης του ή ακόμη και άλλων φυτικών υπολειμμάτων της περιοχής του, προκειμένου να καλύπτει τις ανάγκες της εκμετάλλευσης του κομπόστ. Φυσικό είναι να προσθέτει σε αυτά και τα τροφικά υπολείμματα της κουζίνας του, στην περίπτωση που αυτά δεν διατίθενται για τη διατροφή ζώων. Οι υποδομές και ο εξοπλισμός που απαιτούνται σε αυτή την περίπτωση είναι ένα δάπεδο χωμάτινο ή καλυμμένο με τσιμέντο για την συγκέντρωση και κομποστοποίηση των πρώτων υλών, ένας τεμαχιστής των κλαδοκάθαρων και για την αναστροφή των σωρών είτε ένας ενοικιαζόμενος φορτωτής.

#### **Συνεταιριστική κομποστοποίηση**

Πρόκειται για συστηματική μονάδα κομποστοποίησης η οποία μπορεί να κατασκευαστεί από ένα συνεταιριστικό φορέα, οι συνέταιροι του οποίου θα προσκομίζουν τα υπολείμματα τους και θα παίρνουν ανάλογη προς αυτά ποσότητα κομπόστ. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται η εκπόνηση σχετικής οικονομοτεχνικής μελέτης με την οποία και με βάση τις ποσότητες και την ποιότητα των πρώτων υλών,

θα προσδιοριστεί το μέγεθος της, ο απαιτούμενος εξοπλισμός και η βιωσιμότητα της και ακόμη η διεκδίκηση δανείου και επιδοτήσεων.

### **Δημοτική κομποστοποίηση**

Πρόκειται για συστηματική μονάδα κομποστοποίησης η οποία μπορεί να κατασκευαστεί από ένα ή περισσότερους φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης. Σε αυτή την περίπτωση σωστό είναι στις προς κομποστοποίηση πρώτες ύλες να συμπεριληφθούν και τα τροφικά υπολείμματα κουζίνας των δημοτών με την εφαρμογή συστηματικής διαλογής τους στο σπίτι.

### **Επιχειρηματική κομποστοποίηση**

Πρόκειται για επιχειρηματική μονάδα κομποστοποίησης η οποία κατασκευάζεται από ιδιώτη με σκοπό βεβαίως το κέρδος. Σε αυτή την περίπτωση για την βιωσιμότητα της μονάδας απαιτείται να εξασφαλιστούν οι ευνοϊκές οικονομικές ρυθμίσεις που προβλέπονται από τη συνεργασία δημοσίου και ιδιωτικού τομέα προκειμένου η μονάδα να καταστεί βιώσιμη. Επομένως είναι φυσικό ότι απαιτείται μια αξιόπιστη οικονομοτεχνική μελέτη. Οι στοιχειώδεις υποδομές και εξοπλισμός που απαιτούνται είναι:

- Μια πίστα κομποστοποίησης
- Ένας θρυμματιστής κλαδοκάθαρων
- Ένα κόσκινο ραφινάρισματος
- Ένας αναστροφέας σωρών

## **1.7 Η χρησιμότητα του κομπόστ**

Κομποστοποιώ σημαίνει μετατρέπω οργανικά υλικά σε χώμα ή για την ακρίβεια σε χούμο (μαυρόχωμα, από το αρχ.: χους- χώμα). Ο χούμος είναι μια καφέ ή μαύρη ουσία που προκύπτει από την αποσύνθεση ζωικών ή φυτικών υπολειμμάτων. Μπορούμε να το χειριστούμε και να το αποθηκεύσουμε χωρίς προβλήματα και είναι ωφέλιμο στην ανάπτυξη των φυτών. Ο χούμος κρατά υγρασία και συνεπώς αυξάνει την ικανότητα του εδάφους να απορροφά και να κατακρατά νερό. Το κομπόστ αναφέρεται ότι μπορεί να κρατήσει εννιά φορές το βάρος του σε νερό (900%).

Συγκριτικά αναφέρουμε ότι η άμμος κρατά 2% του βάρους της σε νερό και ο πηλός 20%.

Το κομπόστ επίσης προσθέτει στο έδαφος θρεπτικά συστατικάτα οποία απελευθερώνει με αργό ρυθμό, δημιουργεί θύλακες αέρα σε αυτό, εξισορροπεί το pH του, καθιστά το έδαφος πιο σκουρόχρωμο (αυξάνοντας έτσι την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα) και υποστηρίζει τους μικροβιακούς πληθυσμούς που ζωογονούν το έδαφος. Θρεπτικά στοιχεία στο κομπόστ όπως το άζωτο απελευθερώνονται αργά κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, κάνοντάς τα λιγότερο ευπαθή σε απώλειες λόγω έκπλυσης σε σχέση με τα περισσότερα υδατοδιαλυτά χημικά λιπάσματα. Η οργανική ύλη του κομπόστ επιτρέπει στο έδαφος να ακινητοποιήσει και να αποδομήσει εντομοκτόνα, νιτρικά άλατα, φώσφορο και άλλα χημικά που μπορούν να το μολύνουν. Το κομπόστ δεσμεύει τα ρυπογόνα στοιχεία στα εδαφικά συστήματα, μειώνοντας την διαλυτότητα τους και την απορρόφησή τους από τα φυτά.

Η δημιουργία επιφανειακού γόνιμου χώματος από την μητέρα φύση είναι μια διαδικασία που κρατά αιώνες. Προσθέτοντας κομπόστ στο έδαφος το βοηθάμε να ανακτήσει γρήγορα την γονιμότητά που αλλιώς θα απαιτούσε εκατοντάδες χρόνια να αποκατασταθεί. Εμείς οι άνθρωποι εξαντλούμε τα εδάφη μας σε σχετικά μικρές χρονικές περιόδους. Χουμοποιώντας τα οργανικά μας υπολείμματα και επιστρέφοντάς τα στη Γή, μπορούμε να αποκαταστήσουμε αυτή τη γονιμότητα σε επίσης σύντομο χρονικό διάστημα.

Το γόνιμο έδαφος αποφέρει καλύτερη τροφή, προάγοντας έτσι την καλή υγεία. Μελετώντας τη φυλή Χούνζα της βόρειας Ινδίας, ο Άλμπερτ Χάουαρντ ανέφερε: «Όταν μελετούσαμε λεπτομερώς την υγεία και τη σωματική διάπλαση διαφόρων φυλών της βόρειας Ινδίας, οι καλύτερες ήταν αυτές των Χούνζα, μιας σκληραγωγημένης, ευκίνητης και σθεναρής φυλής που ζεί στα υψίπεδα του Γκιλγκίτ (σήμερα ανήκει στο Πακιστάν). Υπάρχουν μικρές ή και καμία διαφορά μεταξύ των τροφίμων που τρώνε αυτοί οι βουνίσιοι από αυτά που τρώνε οι υπόλοιποι στην βορεινή Ινδία. Υπάρχει, ωστόσο, μια μεγάλη διαφορά στον τρόπο που παράγονται αυτά τα τρόφιμα. Μέγιστη μέριμνα δίνεται στην επιστροφή όλων των ανθρώπινων, ζωικών και φυτικών απορριμμάτων στο έδαφος αφού αυτά έχουν χουμοποιηθεί όλα μαζί. Η Γή έχει όρια: από τον τρόπο που την φροντίζουμε εξαρτάται η ίδια η ζωή »

Μετάφραση αποσπάσματος από το κλασσικό βιβλίο: The Humanure Handbook: A Guide to Composting Human Manure του Joseph Jenkins που κυκλοφορεί ελεύθερα στο διαδίκτυο

### 1.8. Εφαρμογές των κομπόστς

Σε γενικές γραμμές τα κομπόστς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ακολούθως:

- Ως οργανοχουμικά εδαφοβελτιωτικά για κλασσικές καλλιέργειες εδάφους.
- Ως συστατικά υποστρωμάτων για την ανάπτυξη διάφορων καλλωπιστικών φυτών εκτός εδάφους.
- Ως συστατικά υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων λαχανοκομικών, ανθοκομικών και καλλωπιστικών φυτών.

Στην περίπτωση προσθήκης ενός κομπόστ στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικού, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όλα όσα απαιτούνται για μια εδαφοβελτίωση με οργανικά υλικά. Θα πρέπει δηλαδή να προσεχθεί η αλατότητα τόσο του κομπόστ όσο και του εδάφους και η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας που θα πραγματοποιηθεί σε αυτό το έδαφος. Γενικά μπορεί να σημειωθεί ότι κατά στρέμμα ποσότητα μπορεί να κυμανθεί από 5-20 m<sup>3</sup> ανά στρέμμα. Η ελάχιστη ποσότητα αναφέρεται σε ένα κομπόστ ιδιαίτερα πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία με υψηλή E.C. Στην περίπτωση παρασκευής υποστρωμάτων για την ανάπτυξη ουδετερόφιλων ή αλκαλόφιλων καλλωπιστικών φυτών συνίσταται το ακόλουθο μείγμα:

- Κομπόστ 25-50%
- Τύρφη Ξανθιά 50-25%
- Περλίτης ή άμμος 25%

Στην περίπτωση παρασκευής υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων συνίσταται το ακόλουθο μείγμα:

- Κομπόστ 30-50%
- Τύρφη Ξανθιά 70-50%
- Περλίτης ή άμμος 150 l/m<sup>3</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Πειραματικό μέρος

#### 2.1 Τοποθέτηση του θέματος

Η κομποστοποίηση είναι μια πιστή αντιγραφή του φυσικού τρόπου διάσπασης των οργανικών υλικών όπως ακριβώς γίνεται στο έδαφος που έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση του εδάφους αλλά και την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Λόγω της αναγκαιότητας και της σπουδαιότητας της για το περιβάλλον αλλά και στην προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα πολύ καλό εδαφικό βελτιωτικό επιχειρήθηκε ο συνδυασμός διάφορων υλικών τα οποία δεν έχουν ξανασυνδυαστεί μεταξύ τους. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι: φλούδες πορτοκαλιών, κοπριές πουλερικών, φύλλα ελιάς, φύκια και κομμένο γρασίδι από χλοοτάπητα.

#### 2.2 Υλικά και μέθοδοι

##### 2.2.1 Περιγραφή εγκατάστασης

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον εξωτερικό χώρο, δίπλα από το υαλόφρακτο θερμοκήπιο υδροπονίας έκτασης 700 m<sup>2</sup> που βρίσκεται εγκατεστημένο στη Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Ηπείρου στους Κωστακιούς Αρτας. .



**Εικόνα 2.1** Απεικόνιση του υαλόφρακτου θερμοκηπίου.

Χρησιμοποιήθηκε το θερμοκήπιο παραγωγής γλαστρικών φυτών με κάλυψη από σκληρό πλαστικό έκτασης 1000 m<sup>2</sup> για στέγνωμα υλικών στους πάγκους του καθώς και ο χώρος εργασίας του υαλόφρακτου θερμοκηπίου υδροπονίας για την περάτωση κάποιων εργασιών.

### 2.3 Περιγραφή του πειράματος

Στις 24 Φεβρουαρίου 2009 έγινε η συλλογή φυκιών στην παραλία Μονολιθίου Πρέβεζας. Τα φύκια μεταφέρθηκαν σε υπαίθριο χώρο του ΤΕΙ όπου απλώθηκαν στο έδαφος ώστε να ξεπλυθούν με το νερό της βροχής. Ύστερα από λίγες μέρες τα φύκια τοποθετήθηκαν και απλώθηκαν στους πάγκους εντός του θερμοκηπίου γλαστρικών με σκοπό να στεγνώσουν.



**Εικόνα 2.2** Η παραλία όπου πραγματοποιήθηκε η συλλογή των δειγμάτων

Στις 27 Φεβρουαρίου συλλέχθηκαν φλούδες πορτοκαλιών από το εργοστάσιο φυσικών χυμών στις Κεραμάτες Άρτας. Το συλλεχθέν υλικό τοποθετήθηκε σε σακούλες διότι ήταν επιθυμητή η διατήρηση της υγρασίας του και αποθηκεύτηκε στο θερμοκήπιο γλαστρικών. Στις 29 Φεβρουαρίου 2009 πραγματοποιήθηκε η συλλογή φύλλων ελιάς στο ελαιοτριβείο Μεγάρχης Άρτας. Τα συγκεκριμένα φύλλα βρίσκονταν σε σωρούς πλησίον του ελαιοτριβείου όπου είχαν ήδη ξεκινήσει διεργασίες κομποστοποίησης, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να συλλεχθεί υλικό από τα κατώτερα στρώματα του σωρού, τα οποία είχαν αποσυντεθεί σε μεγαλύτερο βαθμό.



**Εικόνα 2.3** Σωρός φύλλων ελιάς

Το τελευταίο υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των κομπόστ ήταν γρασίδι. Στις 8 Απριλίου 2009 πραγματοποιήθηκε κοπή χλοοτάπητα στον υπαίθριο χώρο του ιδρύματος και άμεση συλλογή υλικού.

Για τις ανάγκες του πειράματος δημιουργήθηκαν τρεις σωροί με διαφορετικούς συνδυασμούς υλικών ο καθένας. Η αναλογία C:N των σωρών υπολογίστηκε ως εξής,  $(20 X3 + 60 X1)/4 = 120/4 = 30 : 1$ . Δηλαδή 3 μέρη πράσινου με αναλογία 20:1 και 1 μέρος καφέ με αναλογία 60:1. Άρα προστέθηκαν τα υλικά σε αναλογία 3 προς 1. Κατά την διάρκεια του πειράματος οι σωροί καλύπτονταν από διαφανές πλαστικό ώστε να προστατευτούν από τυχόν βροχοπτώσεις., περιφερειακά του κάθε σωρού σκάφτηκε το έδαφος σε βάθος 15 πόντων ώστε να αποφευχθεί η επαφή του σωρού με βρεγμένο έδαφος σε περίπτωση βροχόπτωσης. Όποτε παρουσιαζόταν πτώση της θερμοκρασίας των σωρών ακολουθούσε ανάδευση και προσθήκη νερού όταν τα επίπεδα υγρασίας ήταν χαμηλά.

Στις 23 Μαρτίου 2009 παρασκευάστηκε ο πρώτος σωρός. Χρησιμοποιήθηκαν φλούδες πορτοκαλιού, κοπριές πουλερικών και φύλλα ελιάς. Ο σωρός παρασκευάστηκε με αναλογία υλικών, 10 kgr φλούδες πορτοκαλιού, 6.7 kgr φύλλα ελιάς και 0.56 kgr κοπριές πουλερικών. Με αρχή την αναλογία αυτή ο σωρός παρασκευάστηκε από, 60 kgr φλούδες πορτοκαλιού, 38.670 Kgr φύλλα ελιάς και 3.610 Kgr κοπριές πουλερικών. Στις 24 Μαρτίου 2009 δημιουργήθηκε μίγμα με αναλογία 37.95 kgr φλούδες πορτοκαλιών, 26 kgr φύλλα ελιάς και 1.916 kgr κοπριές πουλερικών. Αυτό το μίγμα προστέθηκε στον αρχικό σωρό και ακολούθησε καλή ανάδευση ώστε να ομοιογενοποιηθεί. Στις 27 Μαρτίου 2009 προστέθηκαν 50 kgr φλούδες πορτοκαλιών, 26 kgr φύλλα ελιάς και 9.916 kgr κοπριές πουλερικών. Στις 2 Απριλίου 2009 προστέθηκαν 25 kgr φλούδες πορτοκαλιών και 4 kgr κοπριές πουλερικών. Οι δυο τελευταίες προσθήκες ήταν αναγκαίες στην προσπάθεια να αντιμετωπιστούν οι χαμηλές θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στο μίγμα και δεν

επέτρεπαν να συντελεστούν οι κατάλληλες ζυμώσεις. Στις 8 Απριλίου 2009 προστέθηκε κομμένο γρασίδι στο σωρό αντίστοιχου όγκου με αυτόν.

Στις 8 Απριλίου 2009 δημιουργήθηκε ο δεύτερος σωρός αποτελούμενος από 49 kgr φλούδες πορτοκαλιού, 21 kgr φύκια και 18.4 kgr κοπριές πουλερικών. Την επόμενη μέρα προστέθηκαν 42 kgr φλούδες πορτοκαλιού, 18 kgr φύκια και 15.7 kgr κοπριά. Να σημειωθεί πως η κοπριά ήταν ελαφρώς αχώνευτη.

Στις 8 Απριλίου 2009 δημιουργήθηκε το τρίτο μίγμα με αναλογία 1:2 η οποία μεταφράζεται σε 30 kgr φύκια και 60 kgr κουρεμένο γρασίδι. Στις 27 Απριλίου 2009 προστέθηκαν 2 καρότσια φύκια, 2 κουρεμένο γρασίδι και 1 κοπριές πουλερικών. Στις 6 Μαΐου 2009 προστέθηκαν 1 καρότσι φύκια και 2 καρότσια κουρεμένο γρασίδι. Στις 7 Μαΐου 2009 7 καρότσια κουρεμένο γρασίδι, 3 καρότσια φύκια καθώς και 1/2 της σακούλας κοπριά. Επίσης προστέθηκε χώμα και ανακατεύτηκε με νερό. Το μίγμα ήταν εγκατεστημένο σε μεταλλικό κλουβί και καλυμμένο με διάφανο πλαστικό όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία (εικόνα 2.4)



**Εικόνα 2.4** Φωτογραφία σωρού μέσα σε μεταλλικό κλουβί

Στις 11 Μαΐου 2010 το πείραμα συνεχίστηκε με δοκιμή βλαστικότητας σπόρων στα κομπόστ που προέκυψαν από το πείραμα. Η δοκιμή βλαστικότητας

περιγράφεται αναλυτικά στο τέλος του κεφαλαίου υλικά και μέθοδοι. Στις 8 Μαΐου 2010 ολοκληρώθηκε το πείραμα.

#### **2.4.Μετρήσεις – Δειγματοληψίες - Αναλύσεις:**

Όπως προαναφέρθηκε το πείραμα ξεκίνησε με την συλλογή υλικών ώστε να γίνει εφικτή η δημιουργία των κομπόστ. Από την στιγμή της συλλογής λαμβάνονταν δείγματα από τα υλικά για την μέτρηση της σχετικής υγρασίας. Το κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε αλουμινένιο κεσεδάκι όπου με την χρήση ηλεκτρονικής ζυγαριάς ακριβείας μετρούνταν το βάρος της νωπής ύλης. Στην συνέχεια το δείγμα εισέρχονταν σε φούρνο ξήρανσης (Memmert, model 500) για 24 ώρες στους 70° C. Την επόμενη μέρα τα δείγματα ξανά ζυγίστηκαν για να καταγραφεί το τελικό βάρος. Μετρήσεις για την παρατήρηση της σχετικής υγρασίας πραγματοποιούνταν καθ όλη την διάρκεια του πειράματος σε τακτά χρονικά διαστήματα όχι μόνο για τα υλικά παρασκευής του κομπόστ αλλά και για τις σωρούς. Η πρώτη μέτρηση σχετικής υγρασίας σωρού πραγματοποιήθηκε εννέα μέρες μετά την παρασκευή του, συγκεκριμένα στις 1 Απριλίου 2009. Για την μέτρηση της σχετικής υγρασίας ελήφθησαν τέσσερα δείγματα διαφορετικού βάθους τα οποία τοποθετήθηκαν σε αλουμινένιο κεσεδάκι, ζυγίστηκαν ώστε να γνωστοποιηθεί το αρχικό βάρος και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στον φούρνο ξήρανσης στους 70C για 24 ώρες. Μετά το πέρας του προβλεπόμενου χρονικού διαστήματος εξήχθησαν από τον φούρνο και ξανά ζυγίστηκαν ώστε να καταγραφεί το τελικό βάρος. Η διαδικασία μέτρησης σχετικής υγρασία είναι η ίδια για όλα τα δείγματα και επαναλήφθηκε πολλές φορές κατά την διάρκεια του πειράματος όποτε παρατηρούνταν αυξομειώσεις στις θερμοκρασίες των σωρών. Όλα τα δείγματα τοποθετούνταν στον φούρνο ξήρανσης για 24 ώρες με την διαφορά ότι η θερμοκρασία του φούρνου κυμαινόταν στους 70C, 75C και 105C.



**Εικόνα 2.5** Φούρνος ξήρανσης

Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφονταν οι θερμοκρασίες των σωρών καθημερινά με την χρήση ειδικού θερμόμετρου διαστολής υγρού. Οι θερμοκρασίες λαμβάνονταν από διάφορα μέρη του σωρού ώστε να υπάρχει ακριβής εικόνα για αυτές. Επειδή ήταν επιθυμητό οι μετρήσεις να είναι όσο το δυνατόν πιο έγκυρες και να υπάρχει ένα σταθερό βάθος μετρήσεων θεωρήθηκε άρτιο οι μετρήσεις να γίνονται με γνώμονα το χέρι. Συγκεκριμένα τα σημεία του χεριού που χρησιμοποιήθηκαν ως σταθμά ήταν, ένα το ύψος του καρπού, δύο μέχρι τον αγκώνα και τρία μέχρι τον ώμο. Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν ακόμα μετρήσεις πεχά (pH) και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Οι μετρήσεις αυτές γίνονταν 2 με 3 φορές το μήνα και η διαδικασία ήταν παρόμοια για όλα τα δείγματα. Σε ένα ποτήρι ζέσεως 100 ml διαλύονται 10 gr δείγματος με απιονισμένο νερό και αναδεύονται για 10 λεπτά. Στην συνέχεια το διάλυμα διηθήθηκε μέσω φίλτρου Wattaman 42 και με την χρήση πεχάμετρου και αγωγιμόμετρου ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις.



## **Εικόνα 2.6** Πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο με τα οποία έγιναν οι μετρήσεις.

Οδεύοντας προς το τέλος του πειράματος ελήφθησαν δείγματα από όλα τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια του πειράματος καθώς και από όλες τις σωρούς. Τα δείγματα αυτά που είχαν είδη τοποθετηθεί στον φούρνο ξήρανσης ψιλοτεμαχίστικαν με την χρήση multimixer χειρός και αλέστηκαν σε ένα ειδικό μύλο άλεσης φυτικών ιστών (Retsch, MM200). Στην πορεία ζυγίστηκε ένα γραμμάριο σκόνης από το κάθε υλικό και τοποθετήθηκε σε κάψες, οι οποίες εισήχθησαν στον φούρνο υψηλών θερμοκρασιών στους 550 C για 24 ώρες. Μετά την εξαγωγή των κάψων από τον φούρνο υψηλών θερμοκρασιών δημιουργήθηκαν διαλύματα από 500 mg στάχτης διαλυμένα με HCl σε 50 ml με απιονισμένο νερό. Ακολούθησε άλλη μία τελευταία αραιώση όπου 1 ml από το κάθε διάλυμα αραιώθηκε σε φιάλες με 50ml και 100 ml απιονισμένου νερού. Η παραπάνω διαδικασία ήταν αναγκαία ώστε να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των στοιχείων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$   $\text{K}^{+}$  και  $\text{Na}^{+}$ . Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των στοιχείων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  και  $\text{Mn}^{2+}$  έγιναν σε ένα φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer, Analyst 100, ενώ η μέτρηση των στοιχείων  $\text{K}^{+}$  και  $\text{Na}^{+}$  σε ένα φλογοφωτόμετρο.

## **2.5 Δοκιμή ωριμότητας του κομπόστ**

### **Πρώτο στάδιο**

Σε ποτήρι ζέσεως αναμίχθηκαν ίσοι όγκοι νερού βρύσης και κομπόστ. Μετά την πάροδο 2 ωρών, κατά τη διάρκεια των οποίων το μίγμα αναδεύονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα, έγινε φιλτράρισμα του μίγματος μέσω υφάσματος και συλλέχθηκε το υγρό.

Σε 6 τρυβλία τοποθετήθηκε ηθμός και σε κάθε τρυβλίο τοποθετήθηκαν 5 σπόροι από ραπανάκι (*Lepidium sativum*). Σε 3 τρυβλία που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρας ο ηθμός διαβρέχτηκε με 5 ml νερού βρύσης, ενώ στα υπόλοιπα 3 τρυβλία ο ηθμός διαβρέχτηκε με 5 ml από το εκχύλισμα του κομπόστ. Τα τρυβλία σφραγίστηκαν με παραφίλμ και τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό θάλαμο ανάπτυξης στους 27 °C. Η βλαστικότητα των σπόρων μετρήθηκε μετά από 24, 48 και 72 ώρες.

Ένα κομπόστ θεωρείται ώριμο, χωρίς να προκαλεί σοβαρά προβλήματα στην

βλάστηση των σπόρων, όταν η βλαστικότητα των σπόρων με το εκχύλισμα του κομπόστ είναι μεγαλύτερη από 80% σε σχέση με τη βλαστικότητα των σπόρων του μάρτυρα. Η σχετική βλαστικότητα υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\Sigma B = \frac{\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν στο εκχύλισμα του κομπόστ}}{\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν στο μάρτυρα}} * 100 \quad (1).$$

### **Δεύτερο στάδιο**

Το δεύτερο στάδιο του τεστ ωριμότητας του κομπόστ αφορούσε την βλάστηση σπόρων από ραπανάκι σε κομπόστ σε σχέση με τη βλάστηση σπόρων σε κηπόχωμα, ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως στα σπορεία. 6 γλαστράκια (με διαγώνιο 11 cm) γεμίστηκαν με κηπόχωμα και έπαιξαν το ρόλο του μάρτυρα και 6 γλαστράκια γεμίστηκαν με κομπόστ. Σε κάθε γλαστράκι σπάρθηκαν 5 σπόροι από ραπανάκι. Τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν στο εργαστήριο σε θερμοκρασία δωματίου και ποτίστηκαν. Μετά από 7 ημέρες μετρήθηκε ο αριθμός των σπόρων που βλάστησαν και η σχετική βλαστικότητα υπολογίστηκε από την (1).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

#### 3.1 Σχετική υγρασία

Η υγρασία του σωρού είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την δράση των αποδομητών και όπως είναι γνωστό τα επιθυμητά επίπεδα πρέπει να κυμαίνονται από 40% έως 70%.

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 3.1 η υγρασία στο μίγμα 1 βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και παρόλες τις προσπάθειες διαβροχής του σωρού διατηρήθηκε εκεί. Στο μίγμα 2 η υγρασία βρίσκονταν κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα, όμως με προσθήκη νερού και ανάδευση ανέβηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα στη συνέχεια. Η υγρασία του μίγματος 3 παρέμεινε σε ικανοποιητικά επίπεδα καθόλη τη διάρκεια του πειράματος. Η χαμηλή υγρασία στο μίγμα 1 οφείλετε στο μικρό μέγεθος του σωρού το οποίο οδήγησε σε απώλεια υγρασίας ενώ στο 2 η μεγάλη ποσότητα φυκιών τα οποία αφέθηκαν να στεγνώσουν υπερβολικά πριν προστεθούν στο σωρό.

**Πίνακας 3.1 :** ΣΥ% των ΜΙΓΜΑ 1 (φύλλα ελιάς, φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, , κομμένο γρασίδι) , ΜΙΓΜΑ 2 (φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, φύκια) , ΜΙΓΜΑ 3 (φλούδες πορτοκαλιών, φύκια, κομμένο γρασίδι, κουτσουλιές πουλερικών)

|            | ΣΥ %    |         |         |
|------------|---------|---------|---------|
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΜΙΓΜΑ 1 | ΜΙΓΜΑ 2 | ΜΙΓΜΑ 3 |
| 27/4       | 32      | 34      | 53      |
| 14/5       |         | 37      | 49      |
| 22/5       | 28      | 54      | 46      |
| 28/5       | 28      | 46      | 52      |

#### 3.2 pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Οι μετρήσεις του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των μιγμάτων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Το pH και στα τρία μίγματα είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο καθώς βρίσκεται σε ελαφρώς αλκαλική περιοχή που συμβάλει θετικά στην αποδόμηση του οργανικού υλικού, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει

σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Στο μίγμα 3 έχουμε πτώση του pH στην όξινη περιοχή το οποίο δείχνει πως σταμάτησαν οι διεργασίες αποδόμησης.

Η EC στο κομπόστ δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 2.5 mS/cm, πέρα απο αυτά τα όρια η αλατότητα στο έδαφος μειώνει την ικανότητα πρόσληψης υγρασίας των φυτών με συνέπεια βλάβες στις καλλιέργειες. Άρα τα επίπεδα της EC είναι ικανοποιητικά σε όλα τα μίγματα.

**Πίνακας 3.2 :** ΜΙΓΜΑ 1 (φύλλα ελιάς, φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, , κομμένο γρασίδι)

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | pH   | EC (mS/cm) |
|------------|------|------------|
| 22/5       | 8.75 | 1.2        |
| 28/5       | 8.43 | 1.5        |
| 9/6        | 8.44 | 1.3        |

**Πίνακας 3.3 :** ΜΙΓΜΑ 2 (φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, φύκια)

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | pH   | EC(mS/cm) |
|------------|------|-----------|
| 22/5       | 8.12 | 1.8       |
| 2/6        | 8.13 | 1.9       |
| 9/6        | 7.76 | 1.6       |

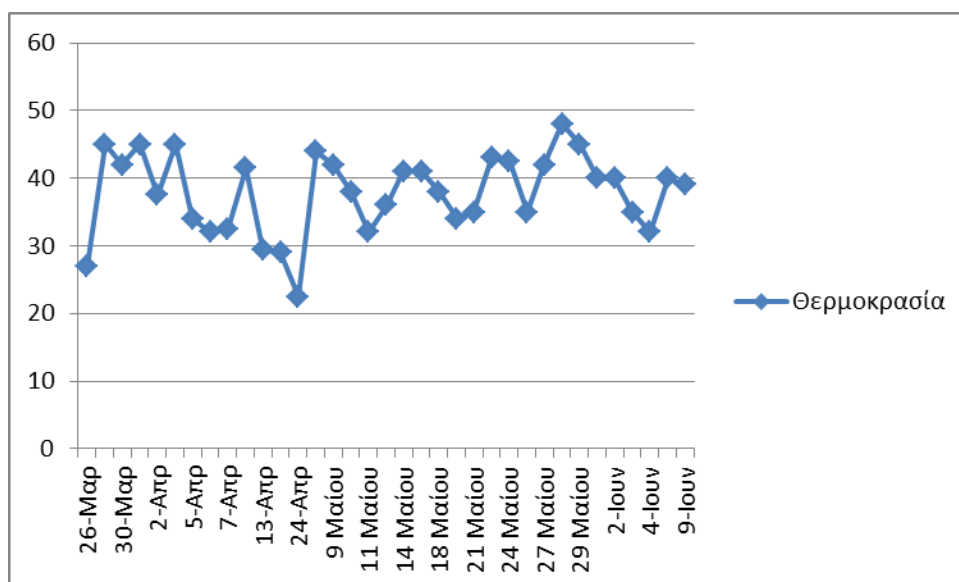
**Πίνακας 3.3 :** ΜΙΓΜΑ 3 (φλούδες πορτοκαλιών, φύκια, κομμένο γρασίδι, κουτσουλιές πουλερικών)

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | pH   | EC(mS/cm) |
|------------|------|-----------|
| 15/5       | 8.52 | 1.1       |
| 20/5       | 8.82 | 1.1       |
| 28/5       | 8.61 | 1.3       |
| 9/6        | 6.75 | 2.2       |

### 3.3 Θερμοκρασίες μιγμάτων

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μεταβολές θερμοκρασιών ανά μίγμα και περιγράφονται οι λόγοι που προκάλεσαν αυτές οι μεταβολές στα κείμενα που ακολουθούν.

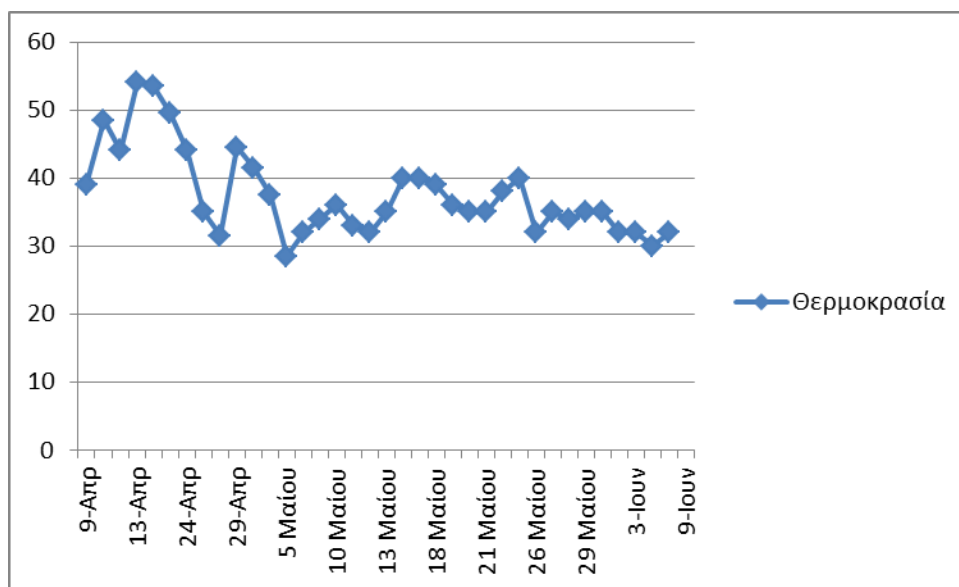
Στο Μίγμα 1 (σχήμα 3.1) η αρχική θερμοκρασία του σωρού ήταν 28 °C δύο μέρες μετά έφτασε στους 45°C κατά μέσο όρο όπου και διατηρήθηκε για σχεδόν μία εβδομάδα. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε πτώση στους 32 με 35 °C. Στις 13 Απριλίου το μίγμα αναδεύτηκε και προστέθηκε σε αυτό γρασίδι με επακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας στους 41°C η οποία όμως δεν διατηρήθηκε και σημειώθηκε τις επόμενες ημέρες μία σχεδόν κάθετη πτώση έως τις 24 Απριλίου στους 23°C. Σε εκείνο το σημείο έγινε επέμβαση στο σωρό προσθέτοντας χώμα και νερό κάτι το οποίο βοήθησε στο να επανέλθει η θερμοκρασία σε επίπεδα άνω των 40°C. Οι κορυφώσεις που φαίνονται στο σχήμα 3.1 στη συνέχεια ήταν αποτελέσματα αναδεύσεων στην προσπάθεια να παραμείνουν οι θερμοκρασίες σε ικανοποιητικά επίπεδα καθώς το μίγμα είχε την τάση να χάνει σε θερμότητα. Οι θερμοκρασία του σωρού δεν ξεπέρασε ποτέ τους 50°C λόγω της χαμηλής σχετικής υγρασίας και μικρού όγκου του σωρού.



**Σχήμα 3.1** Μεταβολή της θερμοκρασίας στο ΜΙΓΜΑ 1 (φύλλα ελιάς, φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, , κομμένο γρασίδι)

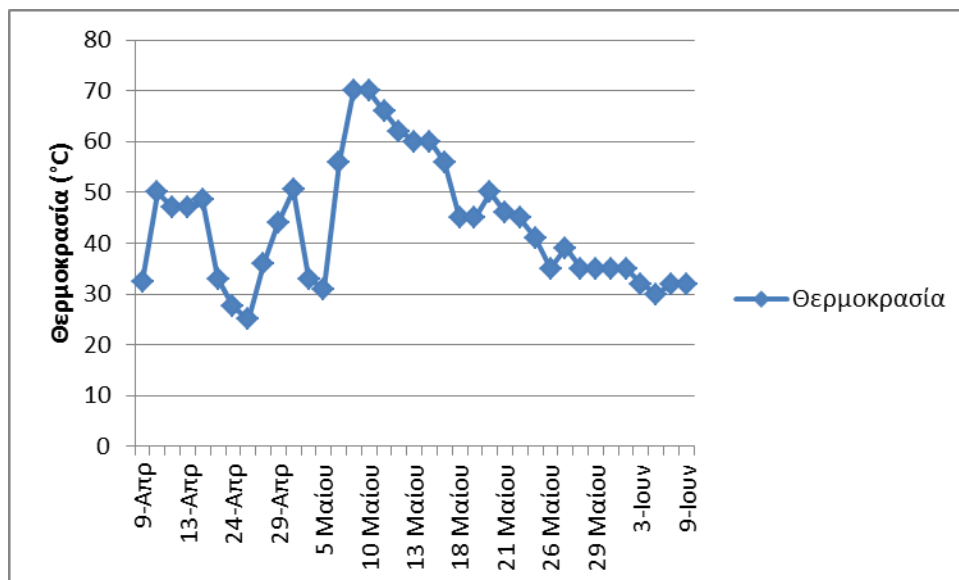
Στο μίγμα 2 (σχήμα 3.2) η αρχική θερμοκρασία του σωρού ήταν 33°C και στη συνέχεια ανέβηκε από τους 48 έως και τους 54°C για ένα διάστημα έως τις 24

Απριλίου όπου ξεκίνησε μία πτώση έως τους 31°C. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πτώση το μίγμα αναδεύτηκε και προστέθηκε σε αυτό μεγάλη ποσότητα νερού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ανέβει η θερμοκρασία στους 43°C χωρίς όμως να διατηρηθεί σε αυτά τα επίπεδα πέφτοντας ξανά ακόμα και κάτω από τους 30°C. Στη συνέχεια οι θερμοκρασίες διατηρήθηκαν μεταξύ των 30 και 40°C με συνεχείς αναδεύσεις καθώς και προσθήκη νερού όταν το μίγμα έτεινε σε θερμοκρασίες κάτω των 30°C.



**Σχήμα 3.2** Μεταβολή της θερμοκρασίας στο ΜΙΓΜΑ 2 (φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλές πουλερικών, φύκια)

Στο μίγμα 3 (σχήμα 3.3) η αρχική θερμοκρασία ήταν 32°C και σε δύο μέρες έφτασε τους 50°C και διατηρήθηκε εκεί για 5 μέρες. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε έντονη πτώση έως τους 25°C. Στις 27 Απριλίου προστέθηκαν στο μίγμα φύκια κομμένο γρασίδι και κουτσουλές πουλερικών με αποτέλεσμα έως τις 30 Απριλίου να επανέλθει η θερμοκρασία στους 50°C και να διατηρηθεί εκεί έως τις 5 Μαΐου όπου ξαναέπεσε στους 30°C. Η επόμενη επέμβαση ήταν ανάδευση σωρού και προσθήκη κομμένου γρασιδιού και φυκιών με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να εκτοξευτεί στους 70°C έως τις 10 Μαΐου. Έως τις 18 Μαΐου η θερμοκρασία υποχώρησε στους 45°C και ο σωρός αναδεύτηκε και προστέθηκε σε αυτόν νερό. Σε δύο ημέρες η θερμοκρασία ανέβηκε στους 50°C και διατηρήθηκε στους 45°C για 3 ημέρες ενώ στη συνέχεια υποχώρησε κάτω των 40°C. Η μόνη μετέπειτα επέμβαση έγινε στις 30 Μαΐου με ανάδευση και προσθήκη χώματος χωρίς όμως να παρουσιαστεί κάποια αλλαγή στη θερμοκρασία του σωρού.



**Σχήμα 3.3** Μεταβολή της θερμοκρασίας στο ΜΙΓΜΑ 3 (φλούδες πορτοκαλιών,φύκια, κομμένο γρασίδι, κουτσουλές πουλερικών)

### 3.4 Ωριμότητα του κομπόστ

#### Τέστ βλαστικότητας του κομπόστ

Τα αποτελέσματα του τεστ ωριμότητας του κομπόστ παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Στα τριβλία (Πίνακας 3.5) η βλαστικότητα των σπόρων σε νερό ήταν 100%, κατά τις τρεις μέρες του πειράματος. Στο μίγμα 1 και 3 η βλαστικότητα ήταν στο 100% και τις τρεις ημέρες ενώ το μίγμα 2 παρουσίασε βλαστικότητα 60% μετά τις 24 ώρες και ανέβηκε στο 100% κατά την 2η και 3η ημέρα του πειράματος.

Από τους 30 σπόρους που σπάρθηκαν σε γλάστρες βλάστησαν 28 σε αυτές με υπόστρωμα εμπλουτισμένης τύρφης ή ποσοστό 90%, 22 σε αυτές με τα μίγματα 1 και 2η ποσοστό 73.3 και 16 στις γλάστρες με το μίγμα 3 η ποσοστό 53.3 (πιν. 3.6). Το μίγμα 3 είχε πολύ μικρό ποσοστό βλαστικότητας στις γλάστρες, πιθανόν λόγω του ότι δεν είχε ωριμάσει αρκετά με αποτέλεσμα να έχει τοξικές αντιδράσεις στα φυτά.

**Πίνακας 3.5** Βλαστικότητα σπόρων από ραπανάκι σε τριβλία με νερό και εκχύλισμα κομπόστ των μιγμάτων 1, 2 ,3 μετά από 24, 48, και 72 ώρες.

| Διάλυμα  | Βλαστικότητα σε 24 ώρες | Βλαστικότητα σε 48 ώρες | Βλαστικότητα σε 72 ώρες |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Μάρτυρας | 100%                    | 100%                    | 100%                    |
| Μίγμα 1  | 100%                    | 100%                    | 100%                    |
| Μίγμα 2  | 60%                     | 100%                    | 100%                    |
| Μίγμα 3  | 100%                    | 100%                    | 100%                    |

**Πίνακας 3.6** Βλαστικότητα σπόρων από ραπανάκι σε γλάστρες με υπόστρωμα εμπλουτισμένης τύρφης και των κομπόστ.

| Υπόστρωμα | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Σύνολο σπόρων που βλάστησαν | Βλαστικότητα % |
|-----------|---|---|---|---|---|---|-----------------------------|----------------|
| Μάρτυρας  | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 27                          | 90             |
| Μίγμα 1   | 4 | 2 | 5 | 5 | 5 | 1 | 22                          | 73.3           |
| Μίγμα 2   | 5 | 3 | 4 | 5 | 1 | 4 | 22                          | 73.3           |
| Μίγμα 3   | 4 | 4 | 3 | 0 | 5 | 0 | 16                          | 53.3           |

Η σχετική βλαστικότητα (ΣΒ) στις γλάστρες ήταν:

$ΣΒ = \frac{\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν στο κομπόστ}}{\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν στο μάρτυρα}} * 100$

Άρα : Μίγμα 1  $ΣΒ = \frac{22}{27} * 100 = 81.48\%$

Μίγμα 2  $ΣΒ = \frac{22}{27} * 100 = 81.48\%$

και Μίγμα 3  $ΣΒ = \frac{16}{27} * 100 = 59.25\%$ .

#### **Υπολογισμός νωπού και ξηρού βάρους**

Υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι του νωπού και ξηρού βάρους των φυτών που προέκυψαν του τέστ βλαστικότητας, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Το μίγμα 1 (φύλλα ελιάς, φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλίες πουλερικών, κομμένο γρασίδι) παρουσίασε τα φυτά με το μεγαλύτερο βάρος συγκριτικά με τα υπόλοιπα μίγματα, αλλά υπολείπεται σημαντικά σε σχέση με το μάρτυρα (ενισχυμένη

τύρφη). Το μίγμα 2 (φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, φύκια) έχει σχετικά πιο ανεπτυγμένα φυτά απ' αυτά του μίγματος 3( φλούδες πορτοκαλιών, φύκια, κομμένο γρασίδι, κουτσουλιές πουλερικών).

**Πίνακας 3.5** Μέσοι όροι νωπού βάρους

| Υπόστρωμα | Μ.Ο. σε gr |
|-----------|------------|
| ΜΙΓΜΑ 1   | 0.421481   |
| ΜΙΓΜΑ 2   | 0.283529   |
| ΜΙΓΜΑ 3   | 0.25125    |
| ΜΑΡΤΥΡΑΣ  | 0.713333   |

Στο ξηρό βάρος το μίγμα 1 ξεπερνάει σε βάρος τα φυτά του μάρτυρα και ακολουθούν τα μίγματα 2 και 3.

**Πίνακας 3.6** Μέσοι όροι ξηρού βάρους

| Υπόστρωμα | Μ.Ο. σε gr  |
|-----------|-------------|
| ΜΙΓΜΑ 1   | 0.041621    |
| ΜΙΓΜΑ 2   | 0.030429412 |
| ΜΙΓΜΑ 3   | 0.0366625   |
| ΜΑΡΤΥΡΑΣ  | 0.040426667 |

### 3.5. Θρεπτικά στοιχεία

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 3.7) παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών των θρεπτικών στοιχείων που μετρήθηκαν στα μίγματα μετά το τέλος του πειράματος. Το μίγμα 1 (φύλλα ελιάς, φλούδες πορτοκαλιών, κουτσουλιές πουλερικών, , κομμένο γρασίδι) είναι το πλουσιότερο σε Ca και Cu ενώ το μίγμα 3 (φλούδες πορτοκαλιών, φύκια, κομμένο γρασίδι, κουτσουλιές πουλερικών) είναι το πλουσιότερο σε K, Mg, Mn, Zn και Na.

**Πίνακας 3.7** Ποσότητα μακροστοιχείων ανά μίγμα

|         | Μ.Ο. mgr θρεπτικών στοιχείων/mgr ξηρής ουσίας |      |       |         |         |         |        |
|---------|-----------------------------------------------|------|-------|---------|---------|---------|--------|
| ΜΙΓΜΑΤΑ | Ca                                            | K    | Mg    | Mn      | Cu      | Zn      | Na     |
| ΜΙΓΜΑ 1 | 66.8                                          | 30   | 5.9   | 0.1539  | 0.06575 | 0.089   | 0.45   |
| ΜΙΓΜΑ 2 | 42.4                                          | 30   | 7.3   | 0.20738 | 0.03    | 0.07233 | 0.8666 |
| ΜΙΓΜΑ 3 | 32.5                                          | 52.5 | 10.15 | 0.3022  | 0.022   | 0.2315  | 0.875  |

## **Βιβλιογραφία**

Περιοδικό Γεωργία – Κτηνοτροφία

Cornell Composting Science & Engineering Compost physics

"Composting for the Homeowner - University of Illinois Extension".

Web.extension.illinois.edu. Retrieved 2013-07-18.

Materials for composting - University of Illinois extension, retrieval date:

3/12/2009

Klickitat County WA, USA Compost Mix Calculator

Effect of lignin content on bio-availability

Stockholm Environment Institute - EcoSanRes - Guidelines on the Use of  
Urine and Feces in Crop Production

Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to use as fertilize  
in agriculture, Martina Winker, Doctoral dissertation, 2009

Dougherty, Mark. (1999). Field Guide to On-Farm Composting. Ithaca, New  
York: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service.

"Compost Made Simple". Greenmi.net. Retrieved 21 October 2010.

"Composting - Compost Microorganisms". Cornell University. Retrieved 6  
October 2010.

