

**Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



« ΚΟΜΠΟΣΤ(Α) – ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ »

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΑΡΑΝΤΗΣ

A.M. 2005275

ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008

**Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« ΚΟΜΠΟΣΤ(Α) – ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ »

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΑΡΑΝΤΗΣ

A.M. 2005275

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΩΤΣΙΡΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	8
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
ABSTRACT.....	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	10
ΤΟ ΛΕΞΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	16
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	16
1.1. Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ.....	17
1.2. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	17
1.3. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	19
1.4. Η ΚΟΠΡΙΑ - ΚΟΜΠΟΣΤ.....	20
1.5. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	21
1.6. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΚΟΜΠΟΣΤ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	22
1.7. ΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	23
1.8. ΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	25
1.9. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	27
1.10. ΚΟΜΠΟΣΤ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	27
1.11. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	29
1.12. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	32
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	32
2.1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΟΚ 2092/91 ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	32
2.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	32
2.3. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	35
2.4. ΥΛΙΚΑ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	37
2.5. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΩΡΟΥ.....	38
2.6. ΠΩΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ Ο ΣΩΡΟΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	42
ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	42
3.1. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	42
3.2. ΧΩΡΟΙ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ.....	43
3.3. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	45
3.4. Η ΖΥΜΩΣΗ.....	47
Τι πρέπει να προσέχουμε.....	47
3.5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	49
3.6. ΣΤΑΔΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	49
3.7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	55
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	55
4.1. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	55
4.2. Η ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	56
4.3. Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	57
4.4. Η ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	57
4.5. ΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	59
4.6. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	60
ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	60
5.1. ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΣΚΟΝΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	60

5.2. ΤΟ ΣΚΕΠΑΣΜΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	60
5.3. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	61
5.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤ	61
5.5. ΤΥΠΟΙ ΔΟΧΕΙΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	61
5.6. ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	62
5.7. ΤΕΣΤ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	64
ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	64
6.1. ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΣΤΑΣΙΜΟΙ ΣΩΡΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤ	64
6.2. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ.....	65
6.3. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ.....	66
6.4. ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	67
6.5. ΚΟΜΠΟΣΤ ΑΠΟ ΓΑΙΟΣΚΩΛΗΚΕΣ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	70
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	70
7.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΧΟΥΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ).....	73
7.2. ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	73
7.3. ΥΓΡΑΣΙΑ	78
7.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	79
7.5. ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	80
7.5.1. ΑΝΘΡΑΚΑΣ (C).....	80
7.5.2. ΑΖΩΤΟ	81
7.5.3. ΣΧΕΣΗ C/N.....	84
7.6. ΡΗ	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	89
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	89
8.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ	89
8.2. ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	89
8.3. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ	92
8.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	95
8.5. ΥΓΡΑΣΙΑ.....	97
8.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΥΞΗΣΗ (ΡΗ).....	97
8.7. ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	98
8.8. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	98
8.8.1. ΒΑΚΤΗΡΙΑ.....	99
8.8.2. ΜΥΚΗΤΕΣ.....	100
8.8.3. ΥΠΟΛΟΠΟΙ ΠΡΩΤΙΣΤΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	101
8.9. ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	102
8.9.1. ΠΑΘΟΓΟΝΑ	102
8.9.2. ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΣΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	103
8.9.3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ	103
8.9.4. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΣΤΑ ΧΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	107
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	107
9.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....	113
ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	113
10.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ	115
10.2. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΕΘΝΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	115
10.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΦΡΑΓΙΔΩΝ	116

10.4. Η ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΦΡΑΓΙΔΑ (ECO-LABEL, SEAL) ΠΑ ΤΑ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	116
10.5. ΠΡΟΤΥΠΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	117
10.6. ΝΕΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	118
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	120
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ	120
11.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ	120
11.2. ΤΟ ΘΕΡΜΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	120
11.3. ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	121
11.4. ΚΟΜΠΟΣΤ ΣΤΗ ΓΕΙΤΟΝΙΑ	122
11.5. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12	124
ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΟΜΠΟΣΤ	124
12.1. ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ ΠΡΟΣ ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ	124
12.2. ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΩΡΙΣ ΣΚΑΨΙΜΟ	124
12.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ	124
12.4. ΤΙ ΠΕΤΥΧΑΙΝΟΥΜΕ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	125
12.5. ΠΟΙΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΕΙ ΚΟΜΠΟΣΤ	125
12.6. ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	126
12.7. ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ ΕΤΟΙΜΟ ΚΟΜΠΟΣΤ	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13	128
ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΥΓΕΙΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14	130
ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	130
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	131
ΞΕΝΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	135
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	141
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	143
ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	144
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	145

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1:

Έκταση και Είδος Καλλιέργειας στην Ελλάδα.....24

ΠΙΝΑΚΑΣ 2:

Η σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N) μερικών οργανικών ουσιών.....35

ΠΙΝΑΚΑΣ:

Φάσεις κομποστοποίησης.....53

ΠΙΝΑΚΑΣ 4:

Η αναλογία PH και ασβεστίου.....58

ΠΙΝΑΚΑΣ 5:

Σχέση αερόβιας και αναερόβιας ζύμωσης.....59

ΠΙΝΑΚΑΣ 6:

Σχέση θερμοκρασίας και εξέλιξης του υποστρώματος κατά την κομποστοποίηση.....59

ΠΙΝΑΚΑΣ 7:

% N ξηρή ουσία και η σχέση C/N πρώτων υλών κομποστοποίησης.....82

ΠΙΝΑΚΑΣ 8:

Σχέση C/N ορισμένων ουσιών που μπορούν να κομποστοποιηθούν.....84

ΠΙΝΑΚΑΣ 9:

Σύνθεση οργανικών λιπασμάτων (σε ποσοστά %)......85

ΠΙΝΑΚΑΣ 10:

Επίδραση του pH στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια 21 ημερών κομποστοποίησης
ανώριμου κομπόστ με πριονίδια.....87

ΠΙΝΑΚΑΣ 11:

Μικροοργανισμοί και όρια θερμοκρασιών.....88

ΠΙΝΑΚΑΣ 12:

Οργανισμοί αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες γύρω στους 0°C.....88

ΠΙΝΑΚΑΣ 13:

Οργανισμοί που αναπτύσσονται σε θεοκρασίες που ξεπερνούν του 75°C.....89

ΠΙΝΑΚΑΣ 14:

Οι αλλαγές στον πληθυσμό των μικροβίων κατά την κομποστοποίηση.....90

ΠΙΝΑΚΑΣ 15:

Μικροοργανισμοί που απομονώνονται από το σωρό του κομπόστ.....92

ΠΙΝΑΚΑΣ 16:

Επιβίωση των βακτηρίων στο έδαφος ή στα φυτά.....102

ΠΙΝΑΚΑΣ 17:	
Επιβίωση των ιών στο έδαφος και στα φυτά.....	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 18:	
Επιβίωση μερικών παρασίτων στο έδαφος και στα φυτά.....	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 19:	
Συνολικός πίνακας των επιζώντος οργανισμών στα οργανικά υπολείμματα.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 20:	
Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην προτεινόμενη Οδηγία της ΕΕ και στην Ελλάδα.....	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 21:	
Τυπική συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε κομπόστ από ανάμικτα ΑΣΑ και κομπόστ από βιοαπορρίμματα (με διαλογή στην πηγή) (Μ.Ο. 4 περιοχών).....	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 22:	
Σύγκριση ορίων για τα βαρέα μέταλλα μεταξύ ΕΕ, ΗΠΑ και Καναδά.....	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 23:	
Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων στο κομπόστ, σε επιλεγμένες χώρες.....	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 24:	
Απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψιών σε διάφορες χώρες	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 25:	
Πρότυπα του κομπόστ σε διάφορες χώρες.....	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 26:	
Επιτρεπόμενο φορτίο βαρέων μετάλλων, kg/ha/yr.....	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 27:	
Επιτρεπτά όρια βαρέων μετάλλων σε mg/kg.....	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 28 :	
Όρια βαρέων μετάλλων (mg/Kg σε χώρες της Ευρώπης που δεν έχουν κανονισμούς για το κομπόστ.....	115

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1:

Κάθετη τομή σωρού κομπόστ.....40

ΕΙΚΟΝΑ 2:

Σωρός οργανικών υπολειμμάτων.....66

ΕΙΚΟΝΑ 3:

Διαδικασία κομποστοποίησης.....70

ΕΙΚΟΝΑ 4:

Φάσεις κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης όπως φαίνεται από την δέσμευση
CO₂ και θερμοκρασία.....72

ΕΙΚΟΝΑ 5:

Η μείωση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης μετά από
Αναστροφή.....73

ΕΙΚΟΝΑ 6 :

Η μείωση της θερμοκρασίας και του οξυγόνου κατά την κομποστοποίηση.....74

ΕΙΚΟΝΑ 7 :

Αλλαγές στο CO₂ και O₂ κατά την κόμποστοποίηση οργανικών
υπολειμμάτων στάσιμου σωρού.....75

ΕΙΚΟΝΑ 8 :

Τα αποτελέσματα στην θερμοκρασία από την κατανάλωση O₂ κατά την
κομποστοποίηση.....76

ΕΙΚΟΝΑ 9:

Η σχέση μεταξύ ελεύθερων διακένων και νερού.....76

ΕΙΚΟΝΑ 10 :

Συνολικό CO₂ - C σε τρία μίγματα υπολειμμάτων κήπου.....80

ΕΙΚΟΝΑ 11:

Σφραγίδες ποιότητας για προϊόντα κομπόστ.....113

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά από ένα χρονικό διάστημα και κλείνοντας έναν κύκλο, κάνοντας έναν μικρό απολογισμό, συλλογιζόμενος τι έχασα, τι κέρδισα και εξωτερικεύοντας τα συναισθήματά μου, θεωρώ πως πέρα από γνώσεις και εφόδια για το μέλλον μου, κέρδισα καλούς φίλους και πολύτιμες εμπειρίες, χωρίς να λείπουν και κάποιες δύσκολες στιγμές.

Έχοντας, πλέον, φτάσει στο τέλος του «δρόμου», νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου κο ΚΩΤΣΙΡΑ Αναστάσιο , χωρίς αυτόν τα πάντα θα ήταν πιο δύσκολα και ίσως να μην τα είχα καταφέρει.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Δήμητρα Λυμπεροπούλου, για την υπομονή της, την επιμονή της και την βοήθειά της, ήταν πάντα «παρούσα».

Θέλω, ακόμα, να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την συμπαράστασή ,την κατανόηση και την αγάπη τους.

Τέλος, αλλά όχι λιγότερο , ευχαριστώ τον Θεό για την μέχρι τώρα πορεία μου.

Νικόλαος Σαράντης

ABSTRACT

The comparative evaluation of Greek and EU standards demonstrates the Greek orientation towards mechanical-biological treatment systems, for non source separated MSW, leading to the production of low quality composts, mainly suitable for land reclamation projects. Compost definitions, the aims of standards, limits on product and process parameters as well as quality certification systems are compared. Particular focus is given to limits of potentially toxic elements, such as heavy metals.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκριτική αξιολόγηση των Ελληνικών προδιαγραφών σε σχέση με τα ισχύοντα σε άλλες χώρες, κυρίως της ΕΕ, καταδεικνύει τον Ελληνικό προσανατολισμό προς συστήματα μηχανικής διαλογής, τα οποία παράγουν κομπόστ χαμηλότερης ποιότητας, κατάλληλο συνήθως μόνο για χρήσεις αποκατάστασης εδαφών. Γίνεται αναφορά στον ορισμό του κομπόστ, τους στόχους των προδιαγραφών, τον καθορισμό ορίων σε τιμές παραμέτρων του προϊόντος και της διεργασίας, καθώς και διαδικασιών ποιοτικού ελέγχου και πιστοποίησης. Οι οριακές τιμές σε ανεπιθύμητες ουσίες, όπως τα βαρέα μέταλλα και οι ξένες προσμίξεις, παρουσιάζονται και σχολιάζονται επίσης.

ΤΟ ΛΕΞΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Αερόβιοι: μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται ή παρατηρούνται μόνο στην παρουσία οξυγόνου.

Αναερόβιοι: μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται ή παρατηρούνται μόνο χωρίς οξυγόνο.

Κομποστοποίηση: η τέχνη του συνδυασμού οργανικών αποβλήτων υλικών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και η μετατροπή του σωρού σε θρεπτικό χούμο.

Αναλογία άνθρακα/αζώτου (C/N): η σχετική αναλογία των υλικών με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και των υλικών με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικό άζωτο. Γενικά η ιδανική σχέση C/N για την ανάπτυξη των αποσυνθετικών οργανισμών στο ανώριμο κομπόστ είναι 25:1-30:1, ενώ στο τελικό προϊόν περίπου 10:1.

Κρύος ή αργός ή παθητικός σωρός: ένας σωρός κομπόστ που δέχεται ελάχιστη ή καθόλου αναστροφή, επιτρέποντας ίσως και λίγη αναερόβια δραστηριότητα. Η κομποστοποίηση γίνεται σε μικρότερες θερμοκρασίες και για μεγαλύτερη περίοδο.

Θερμός ή γρήγορος ή ενεργός σωρός: ένας σωρός που αναστρέφεται για συχνό αερισμό, επιτρέποντας υψηλές θερμοκρασίες και ωριμάζοντας σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.

Επιφανειακή κομποστοποίηση: μέθοδος με διασπορά των πρωτογενών υλικών στην επιφάνεια του εδάφους και την επιτόπου ενσωμάτωσή τους στο έδαφος (και όχι με τη συσσώρευσή τους και στη συνέχεια άπλωμα του τελικού κομπόστ).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Οι γεωργικές πρακτικές σήμερα εξακολουθούν κατά κανόνα να απηχούν την παραδοσιακή άποψη ότι το έδαφος είναι μία αδρανής μάζα, ένα δοχείο θρεπτικών συστατικών που αφαιρούνται με τις συγκομιδές και πρέπει να αναπληρώνονται με τα λιπάσματα. Η βιολογική (οικολογική) γεωργία πρωτοστάτησε στην αναθεώρηση της άποψης ότι τα φυτά αφομοιώνουν κυρίως υδατοδιαλυτά ιόντα. Αν τα θρεπτικά συστατικά για να αφομοιωθούν από τα φυτά έπρεπε πρώτα να γίνουν υδατοδιαλυτά, με τις αρδεύσεις και τις βροχοπτώσεις θα απομακρύνονταν από τα εδάφη, που γρήγορα θα έχαναν τη γονιμότητά τους. Επίσης στα φυσικά υδατικά συστήματα τα θρεπτικά θα αυξάνονταν συνεχώς (ευτροφισμός), πράγμα που περιορίζεται εκεί όπου εφαρμόζονται τα χημικά. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους αποικοδομούν κάθε νεκρή οργανική ύλη, ώστε τα φυτά βρίσκουν την τροφή που μπορούν να αφομοιώσουν. Στη συνέχεια από τα φυτά ζουν τα ζώα και ο άνθρωπος. Το οργανικό υλικό θρέψης των φυτών ονομάζεται χούμος (οργανική ουσία του εδάφους).

Το θεμέλιο της πρωτογενούς παραγωγής είναι το υγιές έδαφος. Το έδαφος είναι ένας ζωντανός οργανισμός που περιέχει εν δυνάμει όλες τις μορφές της ζωής. Στα υποβαθμισμένα εδάφη τα φυτά αναγκάζονται να τραφούν από τα υδατοδιαλυτά στοιχεία των λιπασμάτων ελλείψει άλλης τροφής. Έτσι αποκτούν κακή υγεία και δίνουν προϊόντα κακής ποιότητας.

Με τη διαδικασία της έκπλυσης των εδαφών, τα υδατοδιαλυτά καταλήγουν είτε στους υπόγειους υδροφορείς ρυπαίνοντας τα αποθέματα νερού, είτε στους υδάτινους αποδέκτες όπου προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού, φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο σε λίμνες και κλειστές θάλασσες όπου τα νερά έχουν μικρό βαθμό ανανέωσης.

Η επαρκής και διαρκής (ενσωματωμένη) οργανική ουσία στο έδαφος έχει πολλαπλά οφέλη, όπως βελτίωση της δομής, απόδοση κρίσιμων αφομοιώσιμων στοιχείων για τα φυτά, δημιουργία οργανικού αζώτου (τα νιτρικά και νιτρώδη από την άσκηση της εντατικής γεωργίας είναι ο κρισιμότερος παράγοντας ευτροφισμού) που αποδίδεται βραδύτερα και έτσι περιορίζει σημαντικά την έκπλυση.

Για τη λίπανση των εδαφών στη χώρα μας ξοδεύονται μεγάλα ποσά και ενέργεια για την εισαγωγή ή την παραγωγή χημικών λιπασμάτων, τύρφης και άλλων οργανικών λιπασμάτων. Επίσης χάνονται κάθε χρόνο τεράστιες ποσότητες φυτικών υλικών (βιομάζας), όπως με το «κάψιμο της καλαμιάς» ή το κάψιμο των κλαδιών, χόρτων και άλλων υπολειμμάτων των καλλιεργητικών εργασιών στα κτήματα και τους κήπους. Η καύση αυτή αποτελεί αποδεδειγμένα κύριο παράγοντα πρόκλησης πυρκαγιών, ενώ απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες αερίων (ρύπανση). Από την άλλη μεριά, είναι εμφανής τόσο η μείωση των αποδόσεων χάρη στην υποβάθμιση της ενεργούς γονιμότητας των εδαφών, όσο και η αύξηση του κόστους των ανόργανων και οργανικών λιπασμάτων.

Εξειδικευμένες έρευνες έχουν δείξει ότι το κομπόστ συνιστά ένα οργανικό λίπασμα ανώτερης αξίας από τα χημικά λιπάσματα και ότι η χρήση του κομπόστ σε συνδυασμό με την εφαρμογή αμειψισπορών με ψυχανθή μπορεί στις περισσότερες περιπτώσεις να υποκαταστήσει όλη την χημική αζωτούχο λίπανση.

Τα υδατικά αποθέματα χαρακτηρίζονται σήμερα ως ο σημαντικότερος ορυκτός πλούτος μιας χώρας. Η αύξηση της οργανικής ουσίας των εδαφών αυξάνει την υδατοχωρητικότητά τους, ώστε ένα έδαφος που έχει πλούσια οργανική ουσία να απαιτεί λιγότερες αρδεύσεις. Στη χώρα μας υπάρχει ήδη έντονο υδατικό πρόβλημα, ενώ ο σημαντικότερος καταναλωτής νερού είναι η γεωργία, πράγμα που επιτείνεται τόσο από τη μεγάλη και έντονη ξηροθερμική περίοδο όσο και από την κακή κατάσταση των εδαφών, τα οποία χάρη στην φτωχή οργανική ουσία που περιέχουν, απαιτούν πολλές αρδεύσεις.

Στη χώρα μας αντιμετωπίζουμε επίσης πολύ σημαντικό πρόβλημα διάβρωσης των εδαφών, λόγω της μικρής φυτοκάλυψης και των μεγάλων κλίσεων, όπως και λόγω των εντατικών καλλιεργητικών πρακτικών (αναστροφή εδάφους, βαθιά άροση, φρεζάρισμα κλπ). Ένα έδαφος που χειρίζεται με την προσθήκη κομπόστ απαιτεί πολύ λιγότερες επεμβάσεις, γιατί η εδαφοκάλυψη περιορίζει τα ζιζάνια, ενώ αποκτά καλύτερο πορώδες και δομή ώστε να αντιστέκεται περισσότερο στα φαινόμενα διάβρωσης.

Η λίπανση των εδαφών οφείλει να βελτιώνει τις συνθήκες ανάπτυξης των φυτών και αυτό εξασφαλίζεται μόνο με ενίσχυση της ζωής του εδάφους.

Η τροφοδοσία του εδάφους με ενεργό χούμο αποτελεί την ιδεατή προσθήκη ζωντανής ύλης, άμεσα χρησιμοποιήσιμης από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά. Δίνει την ευκαιρία στη ζωή του εδάφους να εργάζεται και να αναπτύσσεται και γι' αυτό είναι από τις πρώτες ενέργειες για την εξυγίανση της γεωργικής παραγωγής και της φύσης γενικά.

Η ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ και η δυνατότητα διάθεσής του είναι καθοριστικές για την επιτυχία μιας μονάδας κομποστοποίησης, αλλά και για την αποδοχή και εξέλιξη της μεθόδου στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων γενικότερα. Καθώς σήμερα δεν υπάρχουν θεσμοθετημένες ποιοτικές προδιαγραφές για το κομπόστ σε επίπεδο ΕΕ, υπάρχει μεγάλη διακύμανση από χώρα σε χώρα, η οποία συνήθως αντανακλά τις διαφορετικές προσεγγίσεις στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και την αυστηρότητα στην προστασία του εδάφους. Οι ποιοτικές προδιαγραφές συνήθως προσπαθούν να συμβιβάσουν δύο συχνά αντικρουόμενους στόχους: την προστασία της δημόσιας υγείας, του εδάφους και του περιβάλλοντος γενικότερα από τη μια μεριά και την μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης των οργανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων από την άλλη. Σε πολλές περιπτώσεις η νομοθεσία προβλέπει την κατάταξη των κομπόστ σε ποιοτικές κατηγορίες ανάλογα με τις προδιαγραφές που πληρούν και υπάρχει διαφοροποίηση των επιτρεπόμενων χρήσεων για κάθε κατηγορία. Σε

αρκετές χώρες (Γερμανία, Αυστρία, Βέλγιο, Μεγάλη Βρετανία, Ολλανδία κ.ά.) έχουν αναπτυχθεί εθελοντικά συστήματα πιστοποίησης του κομπόστ, συνήθως για κομπόστ υψηλής ποιότητας, τα οποία ελέγχουν τόσο τη διαδικασία όσο και την ποιότητα του προϊόντος και απονέμουν το αντίστοιχο σήμα ποιότητας, με πιο γνωστό ίσως το Γερμανικό RAL. Η από καιρό αναμενόμενη Ευρωπαϊκή Οδηγία για την κομποστοποίηση, ή για την βιολογική επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων, όπως είναι πιο πιθανό να ονομαστεί, δεν προβλέπεται να ψηφιστεί μέσα στα επόμενα δύο χρόνια, έχει όμως ήδη διαμορφωθεί ένα κείμενο εργασίας που μπορεί να θεωρηθεί ως πρόταση Οδηγίας. Το κείμενο αυτό (EC, 2001) αν και δεν είναι νομικά δεσμευτικό, και πιθανότατα θα υποστεί αρκετές αλλαγές μέχρι την τελική μορφή της Οδηγίας, μπορεί να θεωρηθεί βέβαιο ότι εκφράζει τις σύγχρονες τάσεις και την κυρίαρχη πολιτική της ΕΕ όσον αφορά στη διαχείριση των του οργανικού κλάσματος των αστικών αποβλήτων, και αποτελεί έναν ισχυρό πόλο επιρροής για τη διαμόρφωση των εθνικών πολιτικών των χωρών μελών.

Όλοι γνωρίζουμε ότι στην βιολογική γεωργία χρησιμοποιούμε οργανικά λιπάσματα. Ένα από αυτά είναι και το κομπόστ το οποίο περιέχει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που απαιτεί το φυτό για την ανάπτυξη του.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το κομπόστ προέρχεται από την αποσύνθεση διαφόρων υπολειμμάτων είτε αυτά είναι υπολείμματα κουζίνας ή κήπου κ.λ.π. Κατά την διάρκεια κομποστοποίηση λαμβάνουν χώρα πολλοί μικροοργανισμοί είτε παθογόνοι είτε όχι. Αν τα διάφορα στάδια της κομποστοποίησης γίνουν σωστά, τότε το τελικό μας προϊόν δηλαδή το κομπόστ, είναι απαλλαγμένο από παθογόνα.

Πολλά οργανικά συστατικά και απορρίμματα από το σπίτι και τον κήπο, μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να μετατραπούν σε ένα πλούσιο φυτόχωμα, το οποίο βρίσκει πολλές εφαρμογές στη κηπουρική, στα πάρκα, στις δενδροστοιχίες, στο μπαλκόνι και στην αυλή μας, στην αυλή του σχολείου και στην ανάπλαση και αναδάσωση προβληματικών εκτάσεων όπως είναι τα εγκαταλειμμένα λατομεία, τα πρανή των δρόμων και οι άγονες περιοχές.

Η διαδικασία της παραγωγής φυσικού λιπάσματος από φυτικά συστατικά αποκαλείται λιπασματοποίηση-κομποστοποίηση και τη χρησιμοποιούν οι Κινέζοι εδώ και χιλιάδες χρόνια, ενώ οι σύγχρονες κοινωνίες ακολουθούν αυτή τη διαδικασία εδώ και μερικές δεκαετίες.

Πρόκειται για μέθοδο αποσύνθεσης των φυτικών απορριμμάτων και μετατροπής τους σε είδος φυσικού λιπάσματος (κομπόστ). Δηλαδή, μιμούμαστε με φυσικό τρόπο τη φύση, με επιταχυνόμενες όμως τις διεργασίες αποδόμησης-διάσπασης ορισμένων οργανικών συστατικών.

Έτσι, μέσα σε ειδικά διαμορφωμένους κάδους ή και ιδιοκατασκευές τοποθετούνται οργανικά απόβλητα, όπως είναι τα πεσμένα φύλλα, το κομμένο γρασίδι, κλαδιά από κλαδέματα, φλούδες από φρούτα και λαχανικά, τσόφλια αυγών, το χαρτί της κουζίνας και τις χαρτοπετσέτες, τα

κατακάθια του καφέ και του τσαγιού, τη στάχτη από το τζάκι και άλλα. Με τη βοήθεια του οξυγόνου, της σωστής αναλογίας των συσσωρευμένων συστατικών σε άνθρακα και σε αζώτου, της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στον σωρό αυτών των συστατικών, αλλά και της ύπαρξης μεταξύ των άλλων, μικροοργανισμών, γαιοσκωλήκων, σκαθαριών και μυκήτων, γίνεται η αποσύνθεση-διάσπαση αυτών των αποβλήτων, τα οποία μετατρέπονται σε πρώτης τάξεως φυσικό λίπασμα για το έδαφος και τα φυτά έτοιμο για χρήση στον κήπο, στις γλάστρες και στα πάρκα. Για την παραγωγή αυτού του φυσικού λιπάσματος απαιτούνται δύο τύποι υλικών. Υλικά πλούσια σε υγρά και σε θρεπτικά συστατικά (άζωτο και άλλα στοιχεία), όπως είναι τα υπολείμματα και οι φλούδες από λαχανικά και φρούτα, η κομμένη χλόη, η κοπριά και άλλα. Ο άλλος τύπος περιέχει κυρίως ξυλώδη υλικά που έχουν μικρή περιεκτικότητα σε υγρά και είναι πλούσια σε άνθρακα, όπως είναι ξερά φύλλα, κομμένα κλαδιά, ροκανίδια, πριονίδια, άχυρο και άλλα. Τα πιο πάνω υλικά τεμαχίζονται και τοποθετούνται σε εναλλασσόμενα στρώματα πάχους γύρω στα 10 εκατοστά σε ειδικά διαμορφωμένες κατασκευές (ξύλινες ή συρμάτινες ιδιοκατασκευές, ειδικά δοχεία του εμπορίου). Η καλύτερη δυνατή διαδικασία παραγωγής του κομπόστ, επιτυγχάνεται όταν εξασφαλίζεται πολύ καλή οξυγόνωση στο σωρό, το συχνό ανακάτεμα του, η προστασία του από τη βροχή και τον ήλιο, αλλά και να διατηρούν σταθερή υγρασία. Δυσάρεστες μυρωδιές σημαίνουν μπλοκάρισμα της διαδικασίας αποσύνθεσης εξαιτίας της υπερβολικής υγρασίας, ή και υπερθέρμανσης των υλικών οπότε και σχηματίζονται αμμωνιακές ενώσεις με οσμές. Το σύστημα μπορεί να επαναλειτουργήσει με συχνές αναδεύσεις του σωρού ή και προσθήκη στεγνών υλικών. Στην πρώτη φάση, όπου συμβαίνουν οι διεργασίες της διάλυσης και αποσύνθεσης των υλικών με τη βοήθεια κυρίως μικροοργανισμών, αναπτύσσονται θερμοκρασίες και πάνω από 70 °C Κελσίου (συνήθως για 2-4 βδομάδες), ενώ η αυτή η διαδικασία διαρκεί συνήθως μέχρι 2 μήνες. Στη δεύτερη φάση που διαρκεί 2-6 μήνες, ωριμάζει το υλικό και η θερμοκρασία μέσα στο σωρό δεν υπερβαίνει τους 30 °C Κελσίου. Μέσα στο σωρό αυτό, δισεκατομμύρια οργανισμών τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, μετατρέποντας τα οργανικά απόβλητα του νοικοκυριού, του κήπου και της γειτονιάς σε εξαιρετο οργανικό λίπασμα. Ο τεμαχισμός των υλικών είναι απαραίτητος γιατί μειώνεται ο όγκος του υλικού, γίνεται δυνατή η ανάμιξη και ο χειρισμός των ετερογενών υλικών τους και αυξάνεται η δραστική επιφάνεια, ώστε η λιπασματοποίηση να είναι πλήρης και να γίνεται στο ελάχιστο δυνατό χρονικό διάστημα (το πολύ 6 μήνες). Ένα ώριμο φυσικό λίπασμα έχει ευχάριστη μυρωδιά όπως το έδαφος στο δάσος, σφικτή δομή και καστανό χρώμα. Η παρασκευή φυσικού λιπάσματος επιδιώκει να ωφελήσει το κτήμα ή τον κήπο μας, επειδή παράγεται ένας εξαιρετικός παράγοντας εδαφικής γονιμότητας. Είναι προς όφελος της υγείας μας, επειδή η χρήση του φυσικού λιπάσματος οδηγεί στην παραγωγή προϊόντων άριστης ποιότητας. Είναι φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία και πρακτική, επειδή συμβάλλει στην

εξυγίανση της φύσης και στη δέσμευση των ισχυρών οργανικών αποβλήτων από την πρωτογενή παραγωγή (κοπριά, αέρια, ευτροφισμός κ.ά.). Εξάλλου, εξοικονομούνται χρήματα, επειδή δεν καταφεύγουμε στην προμήθεια των πανάκριβων αγροχημικών του εμπορίου. Ωστόσο, όλα τα οργανικά απόβλητα δεν είναι κατάλληλα για τη λιπασματοποίηση. Κατάλληλα υλικά είναι εκείνα τα υλικά που προέρχονται κυρίως οργανικά υπολείμματα της κουζίνας από τα νοικοκυριά, φυτικά υπολείμματα από λαϊκές αγορές, λαχαναγορές, συνεταιρισμούς, υπολείμματα λαχανικών, φυτικά υλικά από πάρκα, κήπους, θάμνους, κλαδέματα από δένδρα και θάμνους, υπολείμματα καλλιεργειών, κομμένη χλόη και φύλλα δένδρων, αλλά και αγριόχορτα τα οποία δεν πρέπει να έχουν σχηματίσει σπόρους, ροκανίδια και πριονίδια, οργανικά υλικά από στάβλους και άλλα. Για παράδειγμα οι τσουκνίδες αποτελούν άριστο υλικό, όπως και η φρέσκια χλόη, τα φρέσκα βλαστάρια και χαμόκλαδα, φρέσκα φύλλα και οι κοπριές από κότες, κουνέλια και αιγοπρόβατα. Αντίθετα, η αποσύνθεση του σωρού προχωράει με αργότερους ρυθμούς όταν περιέχει υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, άχυρα, ξερά χόρτα και υπολείμματα καλλιεργειών, πολυετείς θάμνους, ροκανίδια και πριονίδια. Στα ακατάλληλα υλικά για τη λιπασματοποίηση περιλαμβάνονται πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί, τα περισσότερα τυπωμένα χαρτιά, κρέας, ψάρια, λίπη, κόκαλα, λάδια, υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά, τα υπολείμματα της καλλιέργειας της ντομάτας γιατί στις ρίζες της υπάρχουν συχνά νηματώδη σκουλήκια, τα φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες, οι φλούδες των εσπεριδοειδών σε μεγάλες ποσότητες, αλλά και οι πευκοβελόνες και υλικά από πευκοειδή σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται κάρβουνα, περιττώματα από γάτες και σκύλους, γυαλιστερά και πολύχρωμα χαρτιά. Η παραγωγή φυσικού λιπάσματος θα αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία, μέσα στις υπεύθυνες και φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις, αλλά και στην προώθηση αειφόρων κινήσεων που βελτιώνουν τη ζωή, όταν σ' αυτή τη διαδικασία εμπλακούν οι Γεωργό-κτηνοτροφικοί συνεταιρισμοί, οι Δήμοι και οι Κοινότητες, καθότι διαθέτουν μεγάλες ποσότητες από οργανικά υλικά προς λιπασματοποίηση, όπως είναι πεσμένα φύλλα, σπασμένα κλαριά, χόρτα, κομμένη χλόη, υλικό από κλάδεμα δέντρων και θάμνων, οργανικά υπολείμματα από τις κουζίνες των νοικοκυριών, υπολείμματα από ιδιωτικούς κήπους, κλαριά, στελέχη από καλαμπόκι, ηλίανθο, φυτική βιομάζα από εκχερσώσεις, καθαρισμοί και εκχερσώσεις καλαμώνων, αλλά και βιομηχανίες και βιοτεχνίες ζωοτροφών, καθότι διαθέτουν υπολείμματα της κατεργασίας ειδών διατροφής, υπολείμματα από εκκοκκιστήρια βάμβακος, εργοστάσια ζάχαρης, μονάδες επεξεργασίας ξηρών καρπών, κονσερβοποιεία κ.ά.. (Υφαντής & Generali, 2003) , (www.ekke.gr/estia).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Κομποστοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία διάφορα οργανικά φυσικά υλικά, συγκεντρωμένα σ' ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο, μετατρέπονται με τη βοήθεια μικροοργανισμών, μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, σε οργανικό λίπασμα χρήσιμο για κάθε χωράφι, κήπο, ή γλάστρα.

Το προϊόν που παράγεται με τη διαδικασία της κομποστοποίησης ονομάζεται **κομπόστ (compost) - κομπόστα**.

Η διεργασία της αποσύνθεσης των οργανικών υλικών, είτε είναι φυσικής είτε ζωικής προέλευσης, εμφανίστηκε μαζί με την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Πολλοί γεωργοί, εδώ και πολλά χρόνια, παρατήρησαν ότι τα διάφορα φυτικά υπολείμματα, τα οποία τα συγκέντρωναν στην άκρη του χωραφιού τους ως άχρηστα υλικά, μετατρέπονταν με τον καιρό σ' ένα τυρφώδες κατά κάποιο τρόπο υλικό, το οποίο διασπείροντάς το στο χωράφι τους έβλεπαν να βελτιώνονται οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους και να αυξάνεται η γονιμότητά του. Εξ άλλου, στους γεωργούς ήταν ήδη γνωστό, ότι η κοπριά μετά τη ζύμωσή της (χώνεμα) στον κοπροσωρό, μετατρέπεται σε άριστο βελτιωτικό υλικό για το χωράφι τους. Το ίδιο θετικό αποτέλεσμα έχουμε και με τη χλωρή λίπανση, δηλαδή την ενσωμάτωση της φυτικής μάζας μιας καλλιέργειας με αναστροφή του εδάφους, όταν βρίσκεται σε ορισμένο στάδιο ανάπτυξης, και την ακολουθούμενη αποσύνθεσή της από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. (ΥΠ.Ε.Π.Θ., Π1).

Αυτές οι εμπειρίες του ανθρώπου τον οδήγησαν στη σκέψη ότι είναι δυνατόν όλα τα άχρηστα οργανικά υλικά που παράγονται από διάφορες δραστηριότητές του στο χωράφι, στον κήπο, από την εκτροφή ζώων, σε ορισμένες βιομηχανίες, σε νοσοκομεία, ακόμα και στην κουζίνα του (φλούδες φρούτων, υπολείμματα τροφών κτλ.), από τον βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων των πόλεων κ. ά., **να τίνε** να οδηγούνται στις χωματερές ή αλλού (π.χ. από τους γεωργούς σε κανάλια και αποστραγγιστικές τάφρους, από βιομηχανίες σε ποτάμια, λίμνες, παραλίες) με δυσμενείς επιπτώσεις για το περιβάλλον, **να μετατρέπονται** με την κομποστοποίηση σε οργανικό λίπασμα **χρήσιμο για την ανάπτυξη των φυτών.** (Τα ΝΕΑ,2003)

Έτσι, υλικά τα οποία με την πρώτη ματιά φαίνονται άχρηστα, να μην έχουν καμία αξία και να δημιουργούν προβλήματα στη διαχείρισή τους, μεταβάλλονται σε χρήσιμα και συμβάλλουν στην επαναφορά (ανακύκλωση) της οργανικής ουσίας στο έδαφος, πράγμα τόσο ωφέλιμο και απαραίτητο σήμερα που το περιβάλλον συνεχώς υποβαθμίζεται. (Τα ΝΕΑ,2003)

1.1. Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ

Η ιδέα της καθολικής συμμετοχής στην κομποστοποίηση όλων των πολιτών μιας κοινωνίας δεν φαντάζει σήμερα ως ουτοπία, διότι ήδη άρχισε να εφαρμόζεται σε ορισμένες χώρες (Καναδάς Γερμανία κ. α.), σε τοπικό προς το παρόν επίπεδο, εκεί όπου πολίτες και τοπικοί παράγοντες ενστερνίστηκαν την ιδέα αυτή και οι διοικούντες συμβάλλουν στην όλη προσπάθεια είτε διαθέτοντας στα νοικοκυριά ειδικούς κάδους και πραγματοποιούν τα ίδια (τα νοικοκυριά) την κομποστοποίηση, είτε συλλέγοντας τα “άχρηστα οργανικά υλικά”, με τη βοήθεια και των νοικοκυριών, τα οποία στη συνέχεια τα μεταφέρουν σε ειδικούς χώρους όπου εφαρμόζεται η κομποστοποίηση (Π.Π.Μαγνησίας, 2003).

Μέσω της ηλεκτρονικής πληροφόρησης γνωρίζουμε ότι και στη χώρα μας σε κάποια σχολεία και σε κάποιους δήμους καλλιεργείται σήμερα η εν λόγω ιδέα. Εφαρμόζονται μάλιστα προγράμματα κομποστοποίησης σε μικρή κλίμακα. (Κ.Π.Ε. Ναουσας).

1.2. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Η λίπανση υπό την ευρύτερη έννοια αναμφισβήτητα ασκήθηκε στους αρχαίους χρόνους. Οι Ισραηλίτες, οι Έλληνες, και οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν άμεσα τα οργανικά απόβλητα ή τα κομποστοποιούσαν (Martin και Gershuny, 1992).

Τα ιστορικά αρχεία δείχνουν ότι οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι εξοικειώθηκαν με τις διαδικασίες αποσύνθεσης και αυτό γίνεται εμφανές από τους σωρούς φυτικών υλικών ή των ζωικών αποβλήτων. Αυτή η πρόωρη, εμπειρική διαδικασία οδήγησε τον άνθρωπο να κατανοήσει καλύτερα την διαδικασία της κομποστοποίησης. Από πολύ παλιά η κομποστοποίηση ήταν μια από τις πρώτες βιοτεχνολογίες.

Οι πρώτοι πολιτισμοί της Νότιας Αμερικής, της Κίνας, της Ιαπωνίας και της Ινδίας άσκησαν την εντατική γεωργία και χρησιμοποίησαν τα ζωικά και ανθρώπινα απόβλητα ως λιπάσματα (Howard, 1943). Πολλά από αυτά τα οργανικά απόβλητα συσσωρεύονταν και σάπιζαν για μεγάλες χρονικές περιόδους παράγοντας λίπασμα.

Η έρευνα για τη λίπανση στις Ηνωμένες Πολιτείες άρχισε να εμφανίζεται από τη δεκαετία του 80. Μια από τις πιο πρόωρες δημοσιεύσεις στη κομποστοποίηση, στις Ηνωμένες Πολιτείες, ήταν από το γεωργικό σταθμό πειράματος της Βόρειας Καρολίνας, που δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 1888. Ο *Maynard* (1994) έκανε αναφορά σε 70 έτη έρευνας για τη κομποστοποίηση αποβλήτων και χρησιμοποίησής τους στο γεωργικό σταθμό πειράματος.

Ο Hyatt (1995) ανέφερε ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου 1971 ως 1993 ο αριθμός αναφορών, στις Ηνωμένες Πολιτείες και διεθνώς, σχετικά με το θέμα του λιπάσματος αυξήθηκε. Η αύξηση αυτή δείχνει το ενδιαφέρον και την προσπάθεια για έρευνα γύρω από το θέμα της κομποστοποίησης.

Η έννοια της μεγάλης κλίμακας κομποστοποίησης με συστηματικό τρόπο αποδίδεται στον Albert Howard (1924 -1931) στην .Κεντρική Ινδία (Howard, 1935). Αρχικά, η διαδικασία ήταν αναερόβια, αλλά τροποποιήθηκε αργότερα σε αερόβια. Η διαδικασία αυτή μετονομάστηκε σε διαδικασία της Βαγκαλόρης (Bangalore process). Η βασική ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθούν τα φυτικά , τα ζωικά απόβλητα αλλά και τα ανθρώπινα περιττώμα, αναμιγνύοντας τα με ένα αλκαλικό υλικό για την εξουδετέρωση της οξύτητας. Η μείξη της μάζας μέσω της περιστροφής σκοπό είχε τον αερισμό και την προσθήκη ύδατος. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ο Howard παρατήρησε ότι "ο αέρας διεισδύει ζυμώνοντας τη μάζα σε ένα βάθος περίπου 18 έως 24 ιντσών για ύψος 36 ιντσών, σε μεγαλύτερα ύψη πρέπει να παρασχεθεί πρόσθετος αερισμός." Τα τελευταία χρόνια αποδείχθηκε ότι τα επίπεδα οξυγόνου στο κατώτατο σημείο είναι πολύ περιορισμένα και ότι στα κατώτερα σημεία γίνεται αναερόβια ζύμωση.

Ο Van Vuren (1949) δημοσίευσε αποτελέσματα της κομποστοποίησης των αστικών απορριμμάτων το 1939 στη Νότια Αφρική βασισμένα στις αρχές του Howard. Μελέτησε τη κομποστοποίηση των αστικών αποβλήτων ως μέθοδο επαναφοράς του εδαφικού χούμου. Ένα από τα πιο πρόωρα συστήματα κομποστοποίησης κατοχυρώθηκε με το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Beccari το 1922 (Beccari, 1922).

Το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα κομποστοποίησης απορριμμάτων καθιερώθηκε στις Κάτω Χώρες το 1932. Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Van Maanen, η οποία ήταν μια τροποποίηση της μεθόδου που χρησιμοποίησε ο Howard.

Μετά από το δεύτερο παγκόσμιος πόλεμος η κομποστοποίηση αναπτύχθηκε στην Ευρώπη, σε αντίθεση με τις Ηνωμένες Πολιτείες. Στις Κάτω Χώρες δύο μεγάλες εγκαταστάσεις κομποστοποίησης κατασκευάστηκαν η Mierlo και η Wijster (με τη μέθοδο VAM). Υπολογίστηκε ότι σχεδόν το ένα τρίτο των Ολλανδικών απορριμμάτων κομποστοποιήθηκε σε αυτές τις δύο εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα, τραίνα μετέφερναν τα απόβλητα επάνω σε μια ανυψωμένη κεκλιμένη ράμπα και τα άφηναν διαμορφώνοντας τους μεγάλους σωρούς. Υπερυψωμένοι ή κινητοί γερανοί κινούσαν και ανακάτευαν τα απόβλητα για αρκετούς μήνες. Έτσι παράγονταν διάφοροι τύποι κομπόστ για τη γεωργία και την δενδροκομία.

Το 1976 συντάκτης επισκέφτηκε τις εγκαταστάσεις της μεθόδου VAM, „και μελέτησε τις δυνατότητες της. Αυτή η μέθοδος εμφανίστηκε να ταιριάζει καλά στις αναπτυσσόμενες χώρες δεδομένου ότι ήταν μια σχετικά χαμηλή τεχνολογία που χρησιμοποιεί εύκολα διαθέσιμο εξοπλισμό. Επίσης ο Breidenbach (1971) απέδειξε ότι υπήρξαν περισσότερο από 30 συστήματα κομποστοποίησης το 1969.

Η μόνη σημαντική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τη κομποστοποίηση στη δεκαετία του '50 και τη δεκαετία του '60 πραγματοποιήθηκε στο σταθμό του Richmond του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας κάτω από την ηγεσία των Δρ Gottas και Goulke.

Τη δεκαετία του '60, η υπηρεσία Αμερικάνικης δημόσιας υγείας, πρόδρομος USEPA, ξεκίνησε δύο σημαντικά προγράμματα έρευνας και επίδειξης για την κομποστοποίηση απορριμμάτων MSW (municipal solid waste). Μια θέση ήταν στην Φλόριδα, και η άλλη στην πόλη Τεννεσσί (Breidenbach, 1971). Εκτός από την οικονομική μελέτη και μελέτη της διαδικασίας κομποστοποίησης, υπήρξε έρευνα για την ανάπτυξη των εγκαταστάσεων και των αποτελεσμάτων στο έδαφος, από το πανεπιστήμιο της Φλόριδας.

Το 1973 η γεωργική υπηρεσία των ΗΠΑ (USDA) στο Beltsville, και το κέντρο γεωργικών ερευνών άρχισαν μια σημαντική ερευνητική προσπάθεια στη λίπανση με απορρίμματα.

Μια σημαντική ώθηση στην έρευνας της κομποστοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες εμφανίστηκε μετά από το σχηματισμό του Συμβουλίου κομποστοποίησης το 1989 και τη γενναιόδωρη χρηματοδότηση από την επιχείρηση Procter and Gamble Company.

Σήμερα τα σημαντικότερα ιδρύματα που αναλαμβάνουν έρευνες πολλαπλών σταδίων λίπανσης είναι το USDA, το πανεπιστήμιο του Ohio και της Φλόριδας στις Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς επίσης και τα ιδρύματα αντίστοιχων τους στη Γερμανία, την Ιταλία, την Ισπανία, και το Ισραήλ. Ο Hyatt (1995) είχε αναφέρει ότι πάνω από 50 ερευνητικά προγράμματα ήταν αυτήν τη περίοδο σε εξέλιξη.

1.3. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Παρά το πλήθος των διαφόρων εθνικών προδιαγραφών και νομοθεσιών και το ακόμη μεγαλύτερο πλήθος επιστημονικών εργασιών για την κομποστοποίηση και το κομπόστ, εξακολουθεί ακόμη να υπάρχει κάποια σύγχυση σχετικά με τα προϊόντα που μπορούν να φέρουν αυτή την ονομασία. Στη χώρα μας συχνά αναφερόμαστε, λανθασμένα, σε κομπόστ που προέρχεται από αναερόβιες διεργασίες, ενώ σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες έχει αρχίσει να επικρατεί η άποψη, η οποία εκφράζεται και στην πρόταση Οδηγίας της ΕΕ, ότι κομπόστ μπορούν να ονομαστούν μόνο τα προϊόντα που προέρχονται από την κομποστοποίηση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) και πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (Ανώνυμος, 1997) κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς. Προϊόν της κομποστοποίησης είναι το κομπόστ, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο και χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα. Στους ορισμούς αυτούς, αν και δεν αναφέρεται ρητά, ο όρος βιοξείδωση υποδηλώνει αερόβιες διεργασίες, και συνεπώς το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης δεν μπορεί να ονομαστεί κομπόστ, εκτός και αν υποστεί ένα δεύτερο στάδιο αερόβιας σταθεροποίησης. Στο σημείο αυτό δεν θα έπρεπε να υπάρχει σύγχυση, καθώς υπάρχει γενική συμφωνία ότι ο όρος κομπόστ αναφέρεται στο βιοσταθεροποιημένο οργανικό υλικό που

προέρχεται από ελεγχόμενες, αερόβιες και θερμοφίλες διεργασίες επεξεργασίας οργανικών υλικών.

Αντίθετα, η ποιοτική παράμετρος που ενσωματώνεται στον ορισμό του κομπόστ στην πρόταση Οδηγίας βρίσκεται σε διάσταση με την προσέγγιση των χωρών εκείνων που δεν έχουν προχωρήσει σε εκτεταμένα προγράμματα διαλογής στην πηγή. Η πρόταση Οδηγίας διαφοροποιεί το κομπόστ και την κομποστοποίηση που αναφέρονται μόνο σε διαχωρισμένα στην πηγή βιοαπορρίμματα, από τα σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα (stabilized biowaste) που προέρχονται από την μηχανική / βιολογική επεξεργασία (mechanical / biological treatment – MBT) σύμμεικτων ή υπολειμματικών απορριμμάτων, ακόμη και στην (ελάχιστα πιθανή) περίπτωση που τα τελευταία πληρούν τις ποιοτικές προδιαγραφές του κομπόστ. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, καθώς οι μοναδικές εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ που λειτουργούν ή κατασκευάζονται εφαρμόζουν μηχανική διαλογή σε σύμμεικτα απορρίμματα δηλαδή MBT τεχνολογίες. Άμεση συνέπεια της ψήφισης μιας τέτοιας νομοθεσίας είναι η απαγόρευση χρήσης του υλικού που παράγεται από αυτές τις εγκαταστάσεις και το οποίο σήμερα εμείς ονομάζουμε «κομπόστ» ενώ η προτεινόμενη Οδηγία «σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα», σε αγροτική γη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφών και ζωοτροφών. Η χρήση του υλικού αυτού θα επιτρέπεται μόνο για έργα αποκατάστασης σε ορυχεία και λατομεία, κάλυψη και αποκατάσταση ΧΥΤΑ, έργα οδοποιίας, κατασκευή πρανών και ηχητικών φραγμάτων, καθώς και σε γήπεδα αθλητικών δραστηριοτήτων, και με περιορισμούς που εγγυάται η κατάλληλη διαδικασία αδειοδότησης της εφαρμογής του στο έδαφος.

1.4. Η ΚΟΠΡΙΑ – ΚΟΜΠΟΣΤ

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

Για το γεωργό που καλλιεργεί βιολογικά, μεγαλύτερη σημασία έχει η κομπόστ. Η λέξη κομπόστ προέρχεται από την λατινική *compositum* που σημαίνει σύνθεση και η κοπριά αποτελεί ένα σύνολο από διάφορες οργανικές ουσίες που ενώνονται βιολογικά από τη φύση σε μια αρμονική ισορροπία.

Κομποστοποίηση είναι η αποσύνθεση διαφόρων οργανικών υλικών (φυτικά απορρίμματα, υπολείμματα, απόβλητα κλπ) από τη δράση ενός πλήθους μικροοργανισμών, σε θερμό, υγρό και αεριζόμενο περιβάλλον.

Τα οργανικά υλικά που συγκεντρώνονται τεμαχισμένα σε κατάλληλα διαμορφωμένους σωρούς, περιέχουν τους απαραίτητους πληθυσμούς

μικροοργανισμών, για την έναρξη της διαδικασίας αποσύνθεσης, η οποία κάτω από φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος απαιτεί μεγάλα χρονικά διαστήματα. Γι' αυτό, λαμβάνεται μέριμνα

ώστε η παραγόμενη θερμότητα από τη διαδικασία, να διατηρείται, ώστε να επιταχυνθεί η αποσύνθεση.

Οι μικροοργανισμοί που παίρνουν μέρος στην κομποστοποίηση, είναι κυρίως βακτήρια, μύκητες, ακτινομύκητες, πρωτόζωα, αρθρόποδα και διάφορα έντομα.

Όσο περισσότερες και διαφορετικές ουσίες περιέχει η κομπόστ, τόσο καλύτερη κοπριά θα μας δώσει. Για να ωριμάσει μια κοπριά πρέπει να παρέλθουν 1-3 χρόνια. Εάν, μέσα σ' ένα χρόνο, δεν γίνει η χουμοποίηση (χώνεμα) σημαίνει ότι η κομπόστ έχασε τη δραστηρότητά της και πρέπει να επέμβουμε. Πρέπει να την γυρίσουμε ή να την ανακατέψουμε, προσθέτοντας και λίγη κοπριά στάβλου, ασβέστιο ή άλλες οργανικές ουσίες.

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

Όμως και οι οργανικές ουσίες, δεν είναι όλες κατάλληλες για κοπριά.

Τα κόκαλα, τα εντόσθια και τα κρέατα από διάφορα ζώα δεν έχουν θέση στην κομπόστ.

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

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

1.5. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Το καλό κομπόστ ξεκινά από το κτήμα και το σπίτι. Ψάχνουμε για οργανικά υλικά που από το «ρεύμα αποβλήτων» θα καταλήξουν στο σωρό του κομπόστ. Δεν χρειάζεται να πάμε μακριά, για να βρούμε μια γκάμα θρεπτικών υλικών, όπως κλαδέματα, κομμένο γρασίδι, πευκοβελόνες και κώνους, σανό, κοπριά, περισσεύματα από τις κουζίνες, σκουπισμένα φύλλα. Οποιοδήποτε υλικό οργανικής προέλευσης μπορεί να κομποστοποιηθεί, αλλά η ποσότητα και η ποιότητα των υλικών επηρεάζει τη διαδικασία και προσδιορίζει την τελική θρεπτική αξία του κομπόστ. Οι μικροοργανισμοί απαιτούν μια βέλτιστη αναλογία άνθρακα για ενέργεια και αζώτου για το σχηματισμό πρωτεΐνης (αναλογία C/N). Οι μικροοργανισμοί χρειάζονται άνθρακα ως θρεπτικό υπόστρωμα και άζωτο για την αύξησή τους. Δική μας δουλειά είναι να τους εξασφαλίσουμε αυτά τα δυο στην αναλογία που τους ευνοεί. Αν η αναλογία είναι πολύ υψηλή (πολύς άνθρακας),

η αποσύνθεση αργεί και το άζωτο στο τελικό προϊόν (εμείς το θέλουμε εκεί για την ανάπτυξη των φυτών μας) θα είναι λίγο. Αν η αναλογία είναι χαμηλή (πολύ άζωτο), το άζωτο είτε χάνεται στην ατμόσφαιρα, είτε καταλήγει στα νερά κλπ. ρυπαίνοντας το περιβάλλον, εκτός βεβαίως του ότι μένει ανεκμετάλλευτο. Η ιδανική αναλογία C/N 25-35/1 πρακτικά πετυχαίνεται, όταν φτιάχνουμε το σωρό μας με διαδοχικά στρώματα, πλούσια σε άνθρακα (π.χ. πριονίδι) και πλούσια σε άζωτο (π.χ. φρεσκοκομμένο γρασίδι). Γενικά, υλικά με πολύ άνθρακα είναι συνήθως φυτικά, καφέ ή κίτρινα, ξηρά και με όγκο, ενώ αυτά με πολύ άζωτο είναι τα ζωικά γενικά υλικά και επίσης η φρέσκια φυτική ύλη (πράσινα, υγρά). Αν θεωρήσουμε ότι τα υλικά μας ανήκουν περισσότερο στη μια από τις δυο κατηγορίες, προσπαθούμε να προσθέσουμε υλικά που ανήκουν στην άλλη. Βλέπε παρακάτω τον ενδεικτικό πίνακα αναλογίας C/N κοινών υλικών. Τα οργανικά υλικά συνιστούν ένα πολύπλοκο τροφικό πλέγμα. Όσο μεγαλύτερη η ποικιλία των υλικών, τόσο πιο σίγουροι είμαστε για την θρεπτική ισορροπία και ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η προσθήκη ανόργανων ορυκτών (αποτρίματα κατεργασίας ορυκτών, άμμος, μαρμαρόσκονη, κλπ) εξειδικεύει το τελικό προϊόν για ένα συγκεκριμένο έδαφος και καλλιέργεια. Ο ασβέστης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του pH και των οσμών του κομπόστ, αλλά πρέπει να χρησιμοποιείται προσεκτικά. Όταν η κοπριά κομποστοποιείται, ο ασβέστης προκαλεί την ελευθέρωση στην ατμόσφαιρα αζώτου σε μορφή αμμωνίας, στερώντας το από το σωρό. Για ασβέστιο, μπορούμε να προσθέσουμε τσόφλια αυγών, θρυμματισμένα κόκαλα ή στάχτη ξύλων (που δίνει επίσης κάλιο). Όπως ο ασβέστης, έτσι και οι στάχτες είναι συνήθως αλκαλικές και θα αυξήσουν το pH. Η πολύ στάχτη εμποδίζει τη μικροβιακή δραστηριότητα και περιορίζει την πρόσληψη των θρεπτικών σε μερικά φυτά. Υπάρχουν υλικά που αποφεύγουμε ή χρησιμοποιούμε με προσοχή. Τα κόπρανα των ζώων ίσως μεταφέρουν παθογόνα. Τα κρέατα και τα λίπη αποσυντίθενται αργά και προσελκύουν ζώα. Μερικά αστικά ή βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν τοξικά (βαριά μέταλλα, βιοκτόνα κλπ). Αν σημαντικές ποσότητες είναι διαθέσιμες, πρέπει να προηγηθεί εργαστηριακή ανάλυση και έλεγχοι.

1.6. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΚΟΜΠΟΣΤ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Είναι γνωστός ο ρόλος της οργανικής ουσίας στο έδαφος και η επίδραση της άμεσα ή έμμεσα στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών (Chen Y et al 1986). Ακόμη είναι γνωστό ότι το ποσοστό της οργανικής ουσίας σ' ένα έδαφος σχετίζεται με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους και τη γεωργική μεταχείριση του. Έτσι σε περιοχές με ξηροθερμικό κλίμα η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία κυμαίνεται συνήθως σε χαμηλά επίπεδα αφού αυτές οι συνθήκες δεν ευνοούν την ανάπτυξη μεγάλης φυτικής βλάστησης κι ακόμη η σχηματιζόμενη οργανική ουσία αποδομείται πολύ γρήγορα (Κοπονονα Μ.Μ. 1961., Παπανικολάου Ε.Π. 1968., Πολυζόπουλος Ν.Α. 1971).

Η εκμηχάνιση της γεωργικής παραγωγής και η αλλαγή του τρόπου ζωής με τη συσσώρευση του

πληθυσμού στις πόλεις έχει επιδράσει στον περιορισμό των εισροών οργανικής ουσίας στα εδάφη η οποία συντελείτε παραδοσιακά με χωνεμένη κοπριά. Σήμερα η κοπριά γίνεται ολοένα και περισσότερο δυσεύρετη σε πολλές περιοχές της χώρας μας γιατί από την μια μεριά έχει μειωθεί η διαθέσιμη κοπριά, λόγω περιορισμού της ενσταυλισμένης κτηνοτροφίας,, ενώ από την άλλη έχουν αυξηθεί οι ανάγκες σε οργανοχουμικά βελτιωτικά εδάφους λόγω υπερεντατικών καλλιεργειών αλλά και της επέκτασης των βιολογικών καλλιεργειών . Τα δύο αυτά αντίθετα γεγονότα, έχουν οδηγήσει στην αναζήτηση μεθόδων αξιοποίησης των οργανικών υπολειμμάτων για την παραγωγή υψηλής ποιότητας, οργανικών βελτιωτικών εδάφους και λιπασμάτων, με τη μέθοδο της κομποστοποίησης. Τα πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης αναφέρονται από τον Κ. Μπαλή (1992) η οποία από τη φύση της έρχεται να συμπληρώσει λειτουργικά μια κυκλική διαδικασία που είχε διακοπεί λόγω της χρήσης χημικών λιπασμάτων και παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί διορθωτικά είτε ως σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων είτε ως σύστημα διαχείρισης και αποκατάστασης της γονιμότητας εδάφους, είτε και τα δύο μαζί.

Τα ώριμα composts με την έννοια που δίδεται διεθνώς σ' αυτά είναι οργανοχουμικά υλικά επαρκώς σταθεροποιημένα, απαλλαγμένα από παθογόνα ,σπόρους και ζιζάνια και πολλαπλώς χρήσιμα στα φυτά. Στην πράξη τα composts χρησιμοποιούνται:

- Ως βελτιωτικά εδάφους και υποκατάστατα λιπασμάτων σε καλλιεργούμενα εδάφη και δασικές εκτάσεις.
- Ως συστατικά υποστρωμάτων, συνήθως χωρίς χώμα, για την ανάπτυξη κηπευτικών - Ανθοκομικών - και Καλλωπιστικών φυτών, εκτός εδάφους.
- Ως υποστρώματα καλλιέργειας μανιταριών.

1.7. ΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι ποσότητες των composts που χρησιμοποιούνται στη γεωργία ως βελτιωτικό εδάφους κυμαίνεται, σε πολύ γενικές γραμμές, από 1 έως και 10cm³ κάθε χρόνο ή κυρίως κάθε δεύτερο ή και τρίτο χρόνο. Η προστιθέμενη ποσότητα ανά στρέμμα εξαρτάται από την ποιότητα του compost και ιδίως την αλατότητα του, από την ποιότητα του εδάφους και τις προηγούμενες προσθήκες χημικών και οργανικών λιπασμάτων και από το είδος της καλλιέργειας.

Με βάση τα παραπάνω και τα στατιστικά στοιχεία του Πίνακα 1 είναι δυνατόν να γίνει μια πολύ χονδρική εκτίμηση για τις αναγκαίες ποσότητες composts στην ελληνική γεωργία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Έκταση και Είδος Καλλιέργειας στην Ελλάδα..

Κατηγορία	Έκταση σε στρέμματα		
	ΕΤΟΣ 1997 *1	ΕΤΟΣ 1999 *2	ΕΤΟΣ 1998 *3
Αροτραίες			22.643.295
Κηπευτικά			1.185.450
Θερμοκήπια	39.681	37.000	53.582
Ελαιώνες			7.385.816
Άλλες Δενδρ			2.236.240
Άμπελοι			1.356.340
Αγρανάπαυση			4.544.901
Σύνολο			39.405.624

*1 : Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας 1997.

*2 : Στοιχεία πλαστικών Κρήτης 1999.

*3 : Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος 1998.

Τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα (Díaz, F. L et al,1993) αναφέρονται στην εφαρμογή των composts στα εδάφη ως εδαφοβελτιωτικών και την επίδραση τους στη θρέψη των φυτών, στην προστασία των εδαφών από διάβρωση και στην καταστολή φυτοπαθογόνων εδαφούς.

Η ποσότητα των κύριων θρεπτικών στοιχείων (N,P,K) και ιδιαίτερα του N που το φυτό απορροφά από το έδαφος ετησίως μπορούν να είναι ένας τρόπος για τον υπολογισμό της ποσότητας του compost που μπορεί να προστίθεται κατά στρέμμα το χρόνο. Συνιστάται η ποσότητα άζωτου που προστίθεται με compost για να καλύψει τις ανάγκες του φυτού, να μη υπερβαίνει την αναγκαία ποσότητα, ώστε να αποφεύγονται διάφορα προβλήματα τόσο για το φυτό όσο και το περιβάλλον. Τελικά η απαιτούμενη ποσότητα compost προκύπτει από τις προηγούμενες ανάγκες των φυτών, την περιεκτικότητα του compost σε άζωτο και τη διαθέσιμη από αυτό ποσότητα κάθε χρόνο, η οποία και κυμαίνεται γύρω στο 30-35% για τα τρία πρώτα χρόνια εφαρμογής.

Σε καλλιέργεια καλαμποκιού με κλίση εδάφους 9% αναφέρεται ότι η διάβρωση ήταν 4,93 tns χώμα /στρέμμα το χρόνο. Η προσθήκη compost από κοπριά στο επίπεδο 3,55 tns /στρέμμα το χρόνο, μείωσε τη διάβρωση σε 1,05 tns /στρέμμα το χρόνο. Επίσης σε σχετικό άρθρο της παγκόσμιας τράπεζας αναφέρεται ότι, η προσθήκη 40 tns compost /στρέμμα το χρόνο, μείωσε τη διάβρωση κατά 95%. Από το FAO , αναφέρεται ότι 8,9 tns compost /στρέμμα το χρόνο μειώνουν τη διάβρωση κατά 30% ενώ με 17,8 tns compost /στρέμμα το χρόνο η διάβρωση μειώθηκε κατά 96% .

Εδαφική καταστολή παθογόνων με compost από φλούδες κορμών και κλάδων πλατύφυλλων δένδρων αναφέρεται από Hoitink H.A.J.1980. Επίσης μια αυξημένη αναλογικά καταστολή με την προστιθέμενη ποσότητα compost δημοτικών απορριμμάτων σε πηλώδες έδαφος, αναφέρεται από τον Serra-Wittling C.1996.

1.8. ΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΤΟΣ

ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Αναλυτικά δεδομένα για τη σύνθεση και την παρασκευή υποστρώματων αναφέρονται από Β. Μανιό (1993). Στα υποστρώματα μεγάλη σημασία δίνεται στο πορώδες και μάλιστα στην κατανομή του. Ένα υπόστρωμα θεωρείται ότι είναι καλό αν το ολικό πορώδες είναι > του 85%, τα ολικά στερεά < 15%, συγκρατεί νερό σε $pf = 1,5 > 45\%$, και περιέχει αέρα σε $pf = 1,5 > 25\%$. Στα πρώτα τεχνητά υποστρώματα χρησιμοποιήθηκε η σύνθεση: Αμμοπηλώδες έδαφος: compost: άμμος στη αναλογία: 2:1:1 κ.ο. με προσθήκη 0,6 Kg $CaCO_3$ και 1,2 υπερφωσφορικό. (Bunt A. C. 1976).

Επίσης από εργασίες (Μανιό Β., κ.α., 1979, 1982, 1985, 1987α, Κριτσωτάκης Ι., κ.α. 1984, 1987., Παρλαβαντζα κ.α.1994., Balis c. et al. 1994., 1995.), προκύπτουν στοιχεία για παραγωγή composts, από φυτικά και ζωικά απορρίμματα καθώς και απ' αυτά των γεωργικών βιομηχανιών.

Τα τεχνητά υποστρώματα ανάλογα για το σκοπό που χρησιμοποιούνται διακρίνονται:

Υποστρώματα ανάπτυξης σποροφύτων.

α. Από την αξιολόγηση του compost φύλλων ελιάς προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα με την σύνθεση: compost φύλλων ελιάς : τύρφη στη αναλογία 30-45:70-55 % κ.ο. αντίστοιχα με προσθήκη 70 l λεπτής άμμου Τυμπακίου ανά m^3 υποστρώματος. Με την ίδια σύνθεση αλλά με compost που προέκυψε χωρίς προσθήκη αζώτου το υπόστρωμα έδωσε επίσης καλά αποτελέσματα. (Μανιός Β., κ. α., 1987).

β. Προτείνεται για σπορόφυτα η σύνθεση % κ.ο. : τύρφη ξανθιά : compost : άμμος η περλίτης στη αναλογία 60-70 : 30-40 και η προσθήκη 100 l / m^3 άμμου ή περλίτη (Μανιός Β., κ. α., 1986).

Υποστρώματα ανάπτυξης κηπευτικών.

-Τομάτα σε σάκους (growth bags)

α. Προτείνεται για ανάπτυξη η σύνθεση: compost φλυών : περλίτης στη αναλογία 80 : 20 % κ.ο. (Wilson G.C.S. 1984).

β. Προέκυψαν καλά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα με σύνθεση : compost από ΛΒΚΛ : έδαφος : φλυοί κωνοφόρων στη αναλογία 1 : 1 : 1 σε καλλιέργεια φυτών τριανταφυλλιάς. (Shanks J.B. and Guin F.R., 1984).

- Κάθετη καλλιέργεια φράουλας.

α. Προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα με σύνθεση. : compost στέμφυλων : τύρφη ξανθιά : περλίτης η ελαφρόπετρα ξεπλυμένη στη αναλογία 10-20 : 10-20: 60-80 % κ.ο αντίστοιχα η υπόστρωμα με σύνθεση: compost στέμφυλων : τύρφη ξανθιά : περλίτης : χώμα αργιλλοαμμώδες στη αναλογία 10-20 : 10 : 60-70 : 10-20 % κ.ο. αντίστοιχα. . (Μανιός Β., κ. α., 1985).

• Υποστρώματα ανάπτυξης ανθοκομικών.

- Γαρίφαλα σε γούρνες-σάκους (growth bags)

α. Προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα με σύνθεση: compost κοπριάς : τύρφη ξανθιά : περλίτης ή ελαφρόπετρα ξεπλυμένη : χόμα αργιλοαμμώδες στη αναλογία 20-30 : 30-40 : 20-30 : 10-20 % κ.ο. αντίστοιχα. (Μανιός Β. Ι., κ.α 1986).

• Υποστρώματα ανάπτυξης γλαστρικών.

- Αλκαλόφυτα

α. Προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα με σύνθεση: compost κοπριάς : τύρφη ξανθιά : περλίτης ή ελαφρόπετρα ξεπλυμένη στη αναλογία 30-40 : 30-40 : 20-40 % κ.ο. αντίστοιχα. Επίσης compost φύλλων ελιάς η κληματίδων, η στέμφυλων, με τύρφη στη αναλογία 2:1 έδωσαν τα ίδια αποτελέσματα με το υπόστρωμα της τύρφης περλίτη με καλλιέργεια του μικρόφυλου φίκου. (Μανιός Β., κ.α., 1987β).

Υδροπονικά Συστήματα Γενικά

α. Σε υδροπονικά συστήματα με σύνθεση υποστρώματος τύρφη : περλίτη στη αναλογία 75 : 25 αντίστοιχα, καλά αποτελέσματα έδωσε η αντικατάσταση τύρφης από compost φλυών ελάτης κατά 50%, η από compost φλυών πεύκης κατά 25% η compost κοκκοκάρου κατά 25%, στα φυσικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος. (Verhagen J.B.G.M. 1999)

Οι ανάγκες σε composts στα τεχνητά υποστρώματα όπως προκύπτει εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας, το χρησιμοποιούμενο compost και την εφαρμοζόμενη τεχνική. Η συμμετοχή του compost κυμαίνεται από 10 έως 80 % κ.ο.

Γενικότερα:

1. Η σύνθεση των υποστρωμάτων εμπορίου για σπορόφυτα με βάση την τύρφη είναι:

Ξανθιά τύρφη: 30-50% κ.ο.

Μαύρη τύρφη: 50-70% κ.ο.

Άμμος λεπτή: 20-70l/m³

Στην περίπτωση παρασκευής των παραπάνω υποστρωμάτων με composts η τύρφη μπορεί να αντικατασταθεί έως το ποσοστό 50% και εξαρτάται από το compost.

2. Η σύνθεση των υποστρωμάτων εμπορίου για καλλωπιστικά φυτά γλάστρας είναι:

Ξανθιά τύρφη: γύρω στο 75% κ.ο.

Άμμος ή Περλίτης: γύρω στο 25% κ.ο.

Σ' αυτά τα υποστρώματα τα composts μπορούν να αντικαταστήσουν περίπου το 50% της τύρφης σε αλκαλόφιλα φυτά.

1.9. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Η λίπανση πρέπει να εξασφαλίζει και να καλυτερεύει τη ζωή των φυτών κι από οικολογική άποψη εξασφαλίζεται μόνο με την υποβοήθηση της ζωής του εδάφους. Η ζωή του εδάφους υποβοηθείται αν την παρέχουμε υλικά κατάλληλα με τα οποία μπορεί να τραφεί και συγχρόνως να διαμορφώνουμε τους κατάλληλους όρους, ώστε όλο το σύμπλεγμα της ζωής αυτής να εργάζεται και να αναπτύσσεται (Πανάγος, 1999).

Συγκεκριμένα, με την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και την αποσάθρωση των πετρωμάτων (διαβρώσεις) και των ορυκτών του εδάφους, ελευθερώνονται σιγά σιγά τα θρεπτικά στοιχεία και οδηγούνται στο εδαφικό νερό. Από αυτά ένα μέρος δεσμεύεται ξανά από τους μικροοργανισμούς και ένα μέρος απορροφάται από τα φυτά. Μπορεί το ποσό των θρεπτικών στοιχείων που απελευθερώνεται με αυτόν τον τρόπο να μην είναι αρκετό για τα φυτά, όμως με τις πρόσθετες φροντίδες όπως η εδαφοκάλυψη, η χλωρή λίπανση, η αμειψισπορά, η συγκαλλιέργεια και η προσθήκη ενισχυτικών υλικών πετυχαίνουμε όχι μόνο αυξημένη ετήσια παραγωγή αλλά και καθιστά το έδαφος παραγωγικό και σταθερό για πολλά χρόνια (Πανάγος, 1999).

1.10. ΚΟΜΠΟΣΤ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Όταν μιλάμε για το έδαφος στη βιολογική καλλιέργεια εννοούμε κυρίως τους μικροοργανισμούς που ζουν μέσα στο έδαφος. Το έδαφος αποτελεί έναν πολύ βασικό κρίκο στον κύκλο της φύσης. Εκτός από το έργο της τροφής των φυτών εκτελεί και το έργο της αποσύνθεσης όλων των νεκρών οργανικών στοιχείων. Οι μικροοργανισμοί δημιουργούν αυτό το τεράστιο έργο και για να εκτελέσουν το έργο τους πρέπει να εφοδιαστούν με οργανική ύλη. Η σημερινή γεωργία και κηπουρική έχει στραφεί σε μια μορφή καλλιέργειας που δεν λαμβάνει υπόψη το έργο της αποσύνθεσης από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Το χώμα θεωρείται μόνο ως υπόστρωμα στο οποίο στηρίζονται οι ρίζες των φυτών. Τα φυτά τρέφονται με στοιχεία σε μορφή αλάτων (χημικά) για τα οποία το έδαφος αποτελεί απλώς μια αποθήκη. Οι μικροοργανισμοί έχουν εξαφανιστεί από τα εδάφη μας γιατί ο παραγωγός έχει πάψει να τους τρέφει. Την μορφή αυτής της καλλιέργειας δεν πρέπει να την λαμβάνει κανείς υπόψη του!

Το θεμέλιο της βιολογικής γεωργίας είναι η γονιμότητα και η ζωή των μικροοργανισμών του εδάφους. Αυτή μπορεί να δημιουργηθεί μόνο με τη βοήθεια οργανικής ουσίας. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι εφαρμογής οργανικής ουσίας στο χωράφι (π.χ. χρήση κοπριάς, χλωρή λίπανση, εδαφοκάλυψη με χόρτα και άλλες οργανικές ουσίες).

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι η κατασκευή οργανικού λιπάσματος από διάφορα οργανικά «σκουπίδια» με τη μέθοδο της κομποστοποίησης. Με αυτή τη διαδικασία αποφεύγει

κάνεις τη μεταφορά ασθενειών και σπόρων από ζιζάνια από τα φυτικά υπολείμματα στον κήπο. Συγχρόνως εφοδιάζει το έδαφος με λίπασμα που περιέχει μικροοργανισμούς, σκουλήκια και άλλες ουσίες που βοηθούν την ανάπτυξη και τη βελτίωση της ζωής του εδάφους. Το κομπόστ είναι ένα μίγμα από διάφορες οργανικές ουσίες που περνούν από μια διαδικασία αποικοδόμησης. Το κομπόστ μπορεί να θεωρηθεί σαν το ιδανικό λίπασμα.

Οι πρώτες ύλες που μπορεί κανείς να χρησιμοποιεί είναι: κοπριά (αγελάδας, πρόβατου) χωνεμένη, κομμένο γκαζόν, διάφορα άλλα πράσινα μέρη φυτών, άχυρο από όσπρια, υπολείμματα νοικοκυριού (αποφάγια, μάλλινα ρούχα, περιεχόμενο ηλ. σκούπας), υπολείμματα από κήπο (ντοματιές, πατατιές, πιπεριές κλπ), βελόνες πεύκων, φρέσκια κοπριά αγελάδων, φύλλα από δένδρα, άχυρα (από βρώμη, σικάλη, στάρι, δημητριακών γενικά), φρέσκο & χωνεμένο πριονίδι.

- Για βελτίωση της επεξεργασίας μπορεί κανείς να προσθέσει χώμα, ή σκόνη πετρωμάτων (ασβέστη, μαρμαρόσκονη)
- Για το σωστό αερισμό τοποθετούνται στη βάση χοντρά κλαδιά για να μπορεί ο αέρας να κυκλοφορεί ελεύθερα. Για να επιβληθθεί ο αερισμός μπορούν να τοποθετηθούν διάτρητες σωλήνες στη βάση και ενδιάμεσα

Η λέξη «κομπόστ» προέρχεται από τη λατινική λέξη «compositum» που σημαίνει επισυνάπτω, συνθέτω (Βλοντάκης και συν., 1999). Κομποστοποίηση είναι η βιολογική αποσύνθεση της οργανικής ουσίας υπό ελεγχόμενες αερόβιες συνθήκες σε αντίθεση με τη ζύμωση που είναι η αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Ένας άλλος ορισμός της βιολογικής γεωργίας από την έκθεση του Υπουργείου Γεωργίας την Η.Π.Α. (U.S.D.A - 1980) αναφέρει ότι βιολογική γεωργία είναι ένα σύστημα παραγωγής βασισμένο στην αμειψισπορά των καλλιεργειών, στην ανακύκλωση των φυτικών υπολειμμάτων και της ζωικής κοπριάς, τη χλωρή λίπανση, τη λογική χρήση των γεωργικών μηχανημάτων και τις βιολογικές μορφές καταπολέμησης (Βλοντάκης και συν., 1999). Αυτές οι μορφές συνδυαζόμενες κατάλληλα εξασφαλίζουν:

- Τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους και την επαρκή θρέψη των φυτών
- Τον έλεγχο των εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων των καλλιεργειών (Βλοντάκης και συν., 1999).

1.11. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο ότι η προσθήκη κομπόστ στο έδαφος μπορεί να έχει θετική επίδραση σε μία μακρά σειρά χημικών, φυσικών και βιολογικών χαρακτήρων του Baumgarten et al, 1993). Η γεωργία και οι διάφορες συναφείς δραστηριότητες συνιστούν την κυριότερη οδό αξιοποίησης των διαφόρων υλικών κομπόστ, τα οποία μάλιστα κατά τη διεθνή πρακτική εφαρμόζονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις για ελληνικά δεδομένα. Για την εδαφική εφαρμογή του κομπόστ στη γεωργία, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και να διενεργούνται λεπτομερείς έλεγχοι σχετικά με τις ακόλουθες παραμέτρους, και ανάλογα με τις διάφορες χρήσεις και κατηγορίες ποιότητας του κομπόστ (Αnonymous 1985): ποσότητα εφαρμογής, περιεκτικότητα σε θρεπτικά, ιχνοστοιχεία, βαρέα μέταλλα, επιβλαβείς οργανικές ενώσεις, παθογόνα κλπ., επίπεδο ωρίμανσης κομπόστ (φρέσκο ή ώριμο κομπόστ), χρονική περίοδος εφαρμογής, συχνότητα εφαρμογής, βάθος ενσωμάτωσης στο έδαφος, τύπος εδάφους και χαρακτήρες αυτού κ.ά.

Οι ενδεικνυόμενες χρήσεις του κομπόστ, εξαρτώνται από τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά και ποικίλουν από τη χρήση σε βιολογικά καλλιεργούμενα τρόφιμα, και γενικότερα καλλιέργειες παραγωγής τροφής και ζωοτροφών, έως τη χρήση για αποκατάσταση εδαφών και ως κάλυψη σε ΧΥΤΑ. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν νομοθετικοί περιορισμοί για τις επιτρεπόμενες χρήσεις με στόχο την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος. Σε αυτό το πλαίσιο παρατίθεται ένας ενδεικτικός οδηγός χρήσεων κομπόστ (Αnonymous 1985):

1. Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, απαιτητικά σε χουμικά συστατικά, με κατάλληλη αμεινισποράς, προκειμένου να ενισχυθεί το ισοζύγιο χουμικών συστατικών στα καλλιεργούμενα εδάφη π.χ. τεύτλα, πατάτες αλλά και διάφορα λαχανικά αγρού, σε ποσότητα 4-10 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα κάθε 2-4 χρόνια.
 2. Σιτηρά, σε ποσότητα 2-6 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 2-4 χρόνια.
 3. Λειβαδικές εκτάσεις, σε ποσότητα 2-5 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 2-4 χρόνια. Το κομπόστ πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ξένα σώματα, που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στα βόσκοντα ζώα.
 4. Δενδρώδεις καλλιέργειες, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, συκιές κλπ. σε ποσότητα 10-20 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 3 χρόνια.
 5. Αμπέλια, σε ποσότητα 10-25 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα (φρέσκο κομπόστ σε βαριά εδάφη) ή 10 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα (ώριμο κομπόστ σε ελαφρά εδάφη), κάθε 3-4 χρόνια. Σε περίπτωση επικλινών εκτάσεων, συνιστώνται μεγαλύτερες δόσεις, 20-30 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα. (φρέσκο κομπόστ).
- Ως χρόνος εφαρμογής συνιστάται η περίοδος μεταξύ του τρυγητού και της έναρξης της βλάστησης.

6. Θερμοκηπιακές καλλιέργειες, σε ποσότητα 1-1,5 kg/m² νωπού υλικού, κάθε 2-4 χρόνια.
7. Δασικά φυτώρια, σε ποσότητα 15-20 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα στην αρχή και έπειτα 3-4 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα κάθε 2 χρόνια.
8. Ανθοκομικές καλλιέργειες, σε ποσότητα 10-25 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα ή για τη παρασκευή υποστρωμάτων σε πρόσμιξη μέχρι 20%.
9. Διαμόρφωση περιβάλλοντος και επιφανειών πρασίνου σε αστικές περιοχές, πάρκα, αθλητικά πεδία, αποτροπή φαινομένων διάβρωσης σε επικλινείς επιφάνειες, συγκράτηση πρανών, χλοοφορία σε ταράτσες, σε θαμνοσυστάδες σε δρόμους, αντικατάσταση μητρικού εδάφους για την αποκατάσταση λατομείων, και χωματερών / ΧΥΤΑ, σε δόσεις των 10-30 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα στην αρχή και έπειτα 2-3 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα κάθε 2 χρόνια.
10. Αναδασώσεις, με ενσωμάτωση έως 150 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα.
11. Ως υλικό βιοφίλτρου για την απορρόφηση δυσάρεστων οσμών από βιομηχανικές εγκαταστάσεις με δύσοσμα απαέρια, εξαιρισμών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, κομποστοποίησης, μαζικής διατήρησης ζώων, κ.λ.π. Στις περιπτώσεις αυτές συνιστώνται δόσεις 1 τόνου νωπού υλικού ανά m² επιφάνειας βιοφίλτρου, κάθε 4 χρόνια, για ποσότητα απαερίων 50-100 m³ ανά ώρα και ανά m².
12. Ως ηχομόνωσης για την προστασία από θορύβους σε αυτοκινητοδρόμους κοντά σε αστικές περιοχές κ.λπ.

1.12. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ

Η κομποστοποίηση έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Πολλά υπολείμματα μπορούν να κόμποστοποιηθούν. Κατά συνέπεια υπάρχει δυνατότητα κομποστοποίησης των δημοτικών και βιομηχανικών οργανικών απορριμμάτων, MSW, των αποβλήτων ναυπηγείων, απορριμμάτων τροφίμων, κ.λπ.
- Οι εγκαταστάσεις κομποστοποίησης μπορεί να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι μυρωδιές και τα αέρια που εκλύονται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης μπορούν να ελεγχθούν.
- Η λίπανση με κομπόστ μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των απορριμμάτων και στην ανακύκλωση των υλικών.
- Η κομποστοποίηση μπορεί να αποσυνθέσει πολλά οργανικά υλικά.
- Παράγει ένα χρησιμοποιήσιμο προϊόν.
- Το κομπόστ θέτει σε μικρότερο κίνδυνο το περιβάλλον λόγω του ότι είναι απαλλαγμένο από βαριά μέταλλα ή επικίνδυνα οργανικά υλικά
- Το λίπασμα βελτιώνει την γονιμότητα του εδάφους

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της κομποστοποίησης είναι (Erstein, 1997) :

- Οι εκπομπές μυρωδιών και τα αέρια που εκλύονται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης μπορούν να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Μπορούν όμως να ελεγχθούν μέσω του καλύτερων σχεδίων δυνατοτήτων και της διαχείρισης των διαδικασιών.
- Η κομποστοποίηση καταλαμβάνει περισσότερο χρονικό διάστημα σε σύγκληση με άλλες τεχνολογίες διαχείρισης λημμάτων. Το χρονικό αυτό διάστημα οφείλεται συχνά στη ζήτηση και στις απαιτήσεις της αγοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

2.1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΟΚ 2092/91 ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Στο παράρτημα II της νομοθεσίας για τη βιολογική γεωργία γίνεται αναφορά στα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κομποστοποίηση καθώς και στα ενισχυτικά υλικά του κομπόστ (και του εδάφους) (Δαναλάτος, 2002, Άλκιμος, 2000). Συγκεκριμένα είναι:

- Κοπριά αγροτικών ζώων (προϊόν που συνίσταται από μείγμα περιττωμάτων ζώων και φυτικής ύλης)
- Αποξηραμένη κοπριά και αφυδατωμένη κοπριά πουλερικών
- Κομποστοποιημένα ζωικά περιττώματα, συμπεριλαμβανομένου της κομποστοποιημένης κοπριάς πουλερικών καθώς και της κομποστοποιημένης κοπριάς αγροτικών ζώων
- Υγρά απεκκρίματα ζώων (υγρή κοπριά, ούρα)
- Κομποστοποιημένα οικιακά απορρίμματα
- Υπολείμματα μανιταροκαλλιέργειας
- Περιττώματα σκωλήκων (κομπόστα γαιοσκωλήκων) και εντόμων
- Κομποστοποιημένα μείγματα υλικών φυτικής προέλευσης
- Προϊόντα και υποπροϊόντα ζωικής προέλευσης όπως: αιματάλευρο (ξηρό αίμα), άλευρο κεράτων, οστεάλευρο ή αποζελατινοποιημένο οστεάλευρο, ζωική τέφρα, ιχθυάλευρο, κρεατάλευρο, άλευρα από φτερά, τρίχες και ξύσμα δέρματος, υπολείμματα από μαλλί, τρίχες και γούνα ζώων.
- Φύκια και υποπροϊόντα αυτών
- Πριονίδια ξύλου και θρύμματα αυτού
- Κόμποστοποιημένοι φλοιοί δέντρων

2.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Γενικά: υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή κομποστών είναι:

Οργανικά υλικά από στάβλους (κοπριά ζώων και άχυρο). Αχώνευτη από βόδια, από αγελάδες, γιδοπροβάτων και πουλερικών (όχι ανθρώπων και χοίρων). Η κοπριά των πουλερικών πρέπει να ανακατεύεται με φυτικά υλικά για καλή εξισορρόπηση της σχέσης C/N (Πίνακας 2). Προσοχή όμως γιατί η υπερβολικά χωνεμένη κοπριά, είναι νεκρή κοπριά. Συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της κοπριάς προέρχεται από το ίδιο το κτήμα. Οι μικρές δόσεις από κοπριά στάβλου οδηγούν στην κανονική σχέση άνθρακα και αζώτου (C/N) που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25-35:1. Εάν η σχέση C/N υπερβαίνει το 25:1, τότε πρέπει να τη διορθώσουμε προσθέτοντας υλικά που περιέχουν περισσότερο άζωτο όπως είναι τα ψυχανθή, η τσουκνίδα, η κοπριά πουλερικών ή τα αζωτούχα λιπάσματα επί βιολογικής βάσης. Κάθε χλωρή μάζα από βοτανίσματα και

κορφολλογήματα. Αγριόχορτα, εκτός από την αγριάδα και μερικά άλλα, που πρέπει να μπαίνουν στην μέση της κομπόστας για να σαπίζουν εντελώς από τη μεγάλη θερμοκρασία που επικρατεί, ώστε οι σπόροι τους να χάσουν τη βλαστική τους ικανότητα. Ξηρά υπολείμματα μετά τη συγκομιδή. Φυτικά υπολείμματα, φύλλα, κοτσάνια, φλούδες, ρίζες, κλαδέματα αλλά τα χοντρά μέρη πρέπει να τεμαχίζονται. Πολύτιμα είναι τα φύλλα που πέφτουν από τα δένδρα και ειδικότερα αυτά της οξιάς, της καστανιάς και της βελανιδιάς. Οι βελόνες των πεύκων μπορεί να αποτελέσουν ένα μικρό ποσοστό (10%) της κομπόστας.

Το φύλλωμα από τα δένδρα, εκτός από τα φύλλα της δρυός και της καστανιάς, που δε σαπίζουν εύκολα και πρέπει να μαζεύονται χώρια σε σωρό, μαζί με χώμα και μετά από ένα χρόνο να προστίθενται στην κομπόστα. Διάφορα προϊόντα κλαδέματος, άχυρα, καλαμιές, φύλλα, τεμαχισμένες φλούδες δένδρων κλπ., με λίγα ή καθόλου θρεπτικά στοιχεία Οργανικά υπολείμματα της κουζίνας: φλούδες, φύλλα, κοτσάνια, καρποί, υπολείμματα από σαλάτες, τσόφλια αυγών, όχι όμως κρέατα, λάδια, λίπη και καμένα φαγητά. Φλούδες από κρεμμύδια, κατακάθια από τσάι και καφέ αποτελούν εξαιρετική τροφή των μικροοργανισμών και ιδιαίτερα των σκουληκιών, κόκαλα και ψάρια κατά προτίμηση τεμαχισμένα και κοπανισμένα. Τα κατακάθια των αφεψημάτων, εκχυλισμάτων κλπ. από αρωματικά και θεραπευτικά βότανα.

Υπολείμματα επεξεργασίας εργοστασίων: σταφύλια από οινοποίηση, υπόλοιπα από ελαιουργεία, εκκοκκιστήρια βαμβακιού, επεξεργασίας τεύτλων για ζάχαρη, κονσερβοποιίας, ειδικότερα ότι περισσεύει από μηχανική επεξεργασία χωρίς προσθήκη χημικών. Ορυκτά υλικά: Σκόνες πετρωμάτων (λατομεία). Χωνεμένη κομπόστα ή χώμα με οργανική ουσία: αναγκαίο για εμβολιασμό του μίγματος με μικροοργανισμούς. Διάφορα προϊόντα κηπευτικών φυτών, υπολείμματα λαχανικών και μανιτάρια, που είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία. Κομπόστα από σκουλήκια, κοπριά ζώων ή πτηνών, υπολείμματα χορτοκοπής γκαζόν κλπ., που επίσης είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία. Φύκι και άλλα φυτικά υπολείμματα. Τα τελευταία χρόνια, οι βιοκαλλιεργητές χρησιμοποιούν, για γρήγορο σάπισμα των οργανικών ουσιών, ένα ειδικό παρασκεύασμα, αβλαβές για τα ζώα και τα πουλερικά. Είναι σε σκόνη που περιέχει αρκετά μικρόβια σε κατάσταση παρατεταμένης νάρκης. Όταν την ρίξουμε στην κομπόστα και την καταβρέξουμε, τα μικρόβια αρχίζουν να δρουν και να επιταχύνουν το σάπισμα των ουσιών. Χώμα από γλάστρες (όταν ανανεώνεται). Μαραμένα λουλούδια. Στάχτη από ξύλα. Φυτικά υπολείμματα, υπολείμματα λαχανικών (φύλλα και στελέχη). Φυτική ύλη από πάρκα, κήπους, κλαδέματα, κλαδιά δέντρων και θάμνων, υπολείμματα καλλιεργειών (κλαδέματα), κομμένη χλόη (γκαζόν), αγριόχορτα πριν σχηματίσουν σπόρους, φύλλα από δέντρα. Ροκανίδια και πριονίδια και φλοιός από κατεργασία ξυλείας σε πριστήρια (όχι εμποτισμένης ξυλείας εμπορίου).

Πιο αναλυτικά:

α. Υλικά που παράγονται σε αγρούς, κήπους, πάρκα, δενδροστοιχίες δρόμων κ.α.

1. Κλαδιά δένδρων και θάμνων (παράγονται μεγάλες ποσότητες με το κλάδεμα, είναι δε χρήσιμος σ' αυτή την περίπτωση ένας κλαδοθραύστης) .
2. Χορτάρι από κούρεμα χλοοτάπητα (γκαζόν) ή αυτοφυούς βλάστησης (πριν από το σχηματισμό σπόρων).
3. Φύλλα, λουλούδια.
4. Υπολείμματα καλλιεργειών (φύλλωμα πατάτας, τεύτλων κλπ).
5. Άχυρα διαφόρων καλλιεργειών.
6. Φύκια θάλασσας.

β. Υλικά που παράγονται στα σπίτια, στα ξενοδοχεία, στα νοσοκομεία, στις λαϊκές αγορές κ.α.

1. Χαλασμένα ή υπερώριμα φρούτα ή λαχανικά.
2. Υπολείμματα λαχανικών και άλλων υλικών που προκύπτουν από την προετοιμασία του φαγητού (φλούδες από πατάτες, από βολβούς, κοτσάνια κ.λ.).
3. Υπολείμματα φαγητών (να μην περιέχουν λάδι).
4. Υπολείμματα του καφέ, του τσαγιού, άλλων αφεψημάτων.
5. Τσόφλια αυγών.
6. Μαραμένα ή κατεστραμμένα λουλούδια και χόμα από γλάστρες (όταν ανανεώνεται).

γ. Υλικά από άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου.

1. Ροκανίδια και πριονίδια ξύλου (σε μικρές ποσότητες).
2. Οργανικά υλικά από στάβλους (κοπριά, άχυρο, υπολείμματα ζωικών τροφών).
3. Υπόλοιπα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων διαφόρων γεωργικών βιομηχανιών (πούλπα τεύτλων, στέμφυλα οινοποιίας κλπ).
4. Στάχτη από ξύλα.
5. Προϊόντα βιολογικού καθαρισμού.

(Φραγγελάκη,2003)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Η σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N) μερικών οργανικών ουσιών.

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

ΠΗΓΗ : Φουντής και συν. 1996.

2.3. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Φτιάχνοντας κομπόστ σκοπός μας είναι να πετύχουμε μια πλήρη και γρήγορη χουμοποίηση των οργανικών ουσιών σε χούμο με θρεπτικές ουσίες και με πληθυσμούς διάφορων μικροοργανισμών και γαιοσκωλήκων. Οι μικροοργανισμοί στο κομπόστ για να πολλαπλασιαστούν και να εργαστούν αρμονικά και αποδοτικά χρειάζονται εκτός των άλλων και κατάλληλη τροφή. Η κατάλληλη τροφή είναι όλες οι οργανικές ουσίες (οργανική λίπανση) και υπολείμματα κουζίνας, του κήπου, του οπωρώνα, του λιβαδιού κ.λπ. (Αλκιμος, 2000).

Όταν κάνουμε χουμοποίηση των οργανικών ουσιών, στην πραγματικότητα ταΐζουμε τους μικροοργανισμούς και τους γαιοσκώληκες για να προετοιμάσουν τα θρεπτικά συστατικά (φυσική τροφή), τα ιχνοστοιχεία και τη οξύτητα του εδάφους στο optimum για τα φυτά που καλλιεργούμε.

Στο κομπόστ αλλά και απ' ευθείας στο έδαφος μπορούμε να ρίξουμε και διάφορες άλλες οργανικές ουσίες και παρασκευάσματα σαν ενισχυτικά.. Αυτά μπορούν να βοηθήσουν στην ισορροπία του κομπόστ, να σταθεροποιήσουν την οξύτητα (pH) και να ενισχύσουν αργότερα την ανθεκτικότητα των φυτών. Τέτοια πρόσθετα υλικά είναι (Πανάγος, 1999):

- Λίγο χωνεμένο κομπόστ (αποτελεί τη μαγιά των μικροοργανισμών και ενζύμων για το νέο κομπόστ). Αν είναι η πρώτη φορά που κάνουμε κομπόστ και δεν έχουμε χωνεμένο τότε μπορούμε να προσθέσουμε λίγο χώμα από δάσος πλατύφυλλων δέντρων. Από ένα δάσος με οξιές, βελανιδιές, κουμαριές, σχοίνα ή καστανιές μαζεύουμε επιφανειακό χώμα, αυτό που βρίσκεται αμέσως κάτω από τα πεσμένα φύλλα και λίγα φύλλα μαζί.
- Αλεσμένα κέρατα και νύχια ζώων (κερατόσκονη ή φλούδες)
- Αλεσμένα κόκκαλα ζώων (οστεάλευρο)
- Κοπριά βοοειδών (χωνεμένη)
- Κοπριά πουλερικών (δίχως αντιβιοτικά)
- Στάχτη από αμεταχείριστα ξύλα (οξιά, φλαμούρι, λεύκα)
- Σκόνη από μπετονίτη (όχι σε φρέσκο κομπόστ, σε αμμώδη εδάφη)
- Απολιθωμένα φύκια (λιθόθαμνος)
- Σκόνη από λάβα
- Σκόνη από πέτρωμα Βασάλτη
- Αρωματικά και θεραπευτικά βότανα.

Μερικές μικρές δόσεις από τα εξής βότανα είναι ωφέλιμες στο κομπόστ :

(Πανάγος, 1999):

- > Το μυριόφυλλο (*Achilea millefolium*)
- > Το χαμομήλι (*Marticaria chamomilla*)
- > Το ταραξάτο (*Taraxacum officinale*)
- > Η βαλεριάνα (*Valeriana officinalis*)

Χρησιμοποιούμε τα φύλλα και τα άνθη αυτών των φυτών. Επίσης ωφέλιμη είναι η λίγη φλούδα βελανιδιάς τριμμένη σε σκόνη. Τέλος, αυτό που είναι αναντικατάστατο είναι η τσουκνίδα (κατά προτίμηση την *Urtica doica*). Χρησιμοποιούμε ολόκληρο το φυτό πριν σχηματίσει σπόρους ή λίγο πριν την άνθιση (Πανάγος, 1999).

Όλα τα παραπάνω βοηθητικά υλικά μπορούν να δράσουν μέσα σε μία καλλιεργητική περίοδο και περιέχουν άλλα λίγο, άλλα πολύ το Άζωτο, το Φώσφορο, το Κάλιο, το Ασβέστιο και το Μαγνήσιο. Προτείνεται η χρήση των παραπάνω ουσιών σε μικρές δόσεις και ανάλογα το μέγεθος του κομπόστ. Αν δεν βάλουμε πρόσθετα υλικά δε σημαίνει ότι δεν γίνεται κομπόστ. Τα πρόσθετα απλώς δίνουν πιο ευνοϊκή κατεύθυνση στις βιολογικές διεργασίες (Πανάγος, 1999).

2.4. ΥΛΙΚΑ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Γενικά:

Ανόργανα υλικά (πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί). Τυπωμένο χαρτί (εν μέρει). Υπολείμματα φαγητών που περιέχουν κρέας, λίπη, κόκαλα, λάδια υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά κλπ. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας της ντομάτας (στις ρίζες υπάρχουν συχνά νηματώδεις) και τα φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες (π.χ. περονόσπορο, ιώδιο κλπ) γιατί μεταφέρουν τα σπόρια των ασθενειών. Οι φλούδες των εσπεριδοειδών σε μεγάλες ποσότητες (αυξάνουν την οξύτητα και εμποδίζουν μερικούς οργανισμούς της χώνεψης όπως τους γαιοσκώληκες). Πρέπει να αποφεύγονται φύλλα συκιάς, τούγιας και πευκοβελόνες και γενικά υλικά από πευκοειδή σε μεγάλες ποσότητες. Τα κωνοφόρα να χρησιμοποιούνται σε ποσοστό όχι >10% στην συνολική ποσότητα της κομπόστας (όξυνση του pH). Ζωικά και φυτικά λίπη, σάλτσες (εμποδίζουν τον καλό αερισμό). Συνθετικές ύλες.

Αναλυτικά:

- 1) Ανόργανα υλικά (πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί).
- 2) Υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά.
- 3) Τυπωμένο χαρτί.
- 4) Οργανικά υλικά που με την αποσύνθεσή τους παράγουν δυσάρεστες οσμές (υπολείμματα φαγητών που περιέχουν κρέας, λίπη, λάδια).
- 5) Οργανικά υλικά που δεν αποσυντίθενται εύκολα (κόκαλα).
- 6) Υπολείμματα συμβατικών καλλιεργειών όπως ντομάτας, αγγουριού, κλπ πρέπει να αποφεύγονται διότι στις ρίζες τους υπάρχουν συχνά νηματώδεις.
- 7) Φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες (περονόσπορο, ιώδιο κλπ), διότι μεταφέρονται τα σπόρια των ασθενειών.
- 9) Φυτικά υπολείμματα που φέρουν φυτοφάρμακα, διότι εμποδίζεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών της αποσύνθεσης.

(Φραγγελάκη, 2003)

Πιο συγκεκριμένα:

Από φυτικά υλικά (Δαναλάτος, 2002, Άλκιμος, 2000)

- Μέρη φυτών που έχουν ραντιστεί με φυτοφάρμακα
- Άρρωστα φυτά και φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες (π. χ. περονόσπορο) γιατί μεταφέρουν τα σπόρια των ασθενειών
- Φύλλα ευκαλύπτου, τούγιας, συκιάς
- Υπολείμματα της καλλιέργειας ντομάτας (στις ρίζες στις οποίες υπάρχουν συχνά νηματώδης)
- Φλούδες εσπεριδοειδών σε μεγάλες ποσότητες (αυξάνουν την οξύτητα και

εμποδίζουν μερικούς οργανισμούς της χώνευσης όπως είναι οι γαιοσκώληκες)

- Λάδια από φαγητό, αποφάγια μαγειρικών φαγητών

Ζωικά υλικά (Δαναλάτος, 2002, Άλκιμος, 2000):

- Κόκαλα
- Εντόσθια
- Κρέατα
- Τυροκομικά
- Αποφάγια μαγειρικών φαγητών που περιέχουν κρέας, λίπη, κόκαλα, λάδια, υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά κλπ.

Διάφορα (Δαναλάτος, 2002, Άλκιμος, 2000) :

- Πλαστικά
- Μεταλλικά αντικείμενα
- Γυαλιά
- Έγχρωμα χαρτιά
- Χρώματα
- Χημικές ουσίες
- Ανόργανα υλικά (πέτρες)

Εκτός από την ποικιλία των υλικών, εκείνο που επιδιώκουμε είναι τα υλικά αυτά να βρίσκονται και σε σωστές αναλογίες όπως θα δούμε παρακάτω. Προσέχουμε επίσης τα φύλλα της ελιάς, όταν είναι φρέσκα είναι σκληρά και δερματώδη με αποτέλεσμα η αποσύνθεσή τους αργεί και γι' αυτό δεν πρέπει να αποτελούν πάνω από το 35 - 40 % του συνολικού όγκου των υλικών. Αντίθετα αν είναι από την προηγούμενη χρονιά στο σωρό του ελαιουργείου, η αναλογία αυτή μπορεί να ανέβει πολύ. Επίσης, οι πευκοβελόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μέχρι 10 - 15 % του συνολικού όγκου των υλικών (το ρετσίνι του πεύκου περιέχει ουσίες που καθυστερούν τη ζύμωση) και τα κωνοφόρα σε ποσοστό μικρότερο του 10% της συνολικής ποσότητας κομπόστας (όξυνση του pH). Τέλος, τα ζωικά τα φυτικά λίπη και οι σάλτσες, εμποδίζουν τον καλό αερισμό (Βλοντάκης και συν., 1999).

2.5. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΩΡΟΥ

Για να δημιουργήσουμε τις καλύτερες συνθήκες για την ανάπτυξη των οργανισμών του κομπόστ μπορούμε να εισάγουμε μικροοργανισμούς με μια ποσότητα πλούσιου οργανικού χώματος ή ώριμου κομπόστ ή κάποιο ειδικό σκεύασμα (κάτι ωστόσο που συνήθως δεν είναι απαραίτητο). Οι ανάγκες των οργανισμών είναι απλές: ισορροπημένη τροφή, νερό, αέρας, θερμότητα. Η κατανόηση των βασικών κανόνων θα μάς δώσει τα καλύτερα αποτελέσματα της καταπληκτικής δουλειάς που κάνουν τα μικρόβια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η μέθοδος του επιφανειακού σωρού είναι η πιο πρόσφορη. Τα διάφορα υλικά στρώνονται σε ένα μέρος του χωραφιού, πάνω σε ζωντανό, πορώδες έδαφος που να μη μαζεύει νερό (τότε το έδαφος αερίζεται και δεν υπάρχει κίνδυνος αναερόβιας ζύμωσης) όταν βρέχει και, αν υπάρχει δυνατότητα να βρίσκεται σε σκιερό μέρος και να προστατεύεται από τους ανέμους (για να μη στεγνώνει το κομπόστ γιατί χωρίς υγρασία δεν λειτουργούν οι μικροοργανισμοί) (Άλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999, Βλοντάκης και συν., 1999).

Το χώμα αρχικά πρέπει να χαλαρωθεί λίγο και να σκαφτεί ελαφρά, γύρω στους 10 πόντους, Ο σωρός γίνεται μακρόστενος με πλάτος 1,5-2 μέτρα, ύψος 1,30 μέτρα και μήκος ανάλογο με την ποσότητα των υλικών. Στη βάση βάζουμε κάποιο χονδροειδές υλικό, π.χ. διάφορα κλαδιά για να κυκλοφορεί ο αέρας και από πάνω προσθέτουμε τα υλικά. Αυτά, για πρακτικούς κυρίως λόγους τα βάζουμε σε στρώματα. Αν υπάρχει θρυμματιστής (ειδικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τον τεμαχισμό της φυτικής βιομάζας), τότε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε και όλα τα κομμένα κλαδιά από κλαδέματα (Άλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999, Βλοντάκης και συν., 1999).

Το χωνεμένο ώριμο κομπόστ είναι φορέας γονιμότητας, ασύγκριτα καλύτερο ακόμα και από την τύρφη ως βελτιωτικό του εδάφους. Έτσι το υλικό βγαίνει ομογενοποιημένο, με την κατάλληλη υγρασία και ανακατεύεται εύκολα.

Φροντίζουμε να περνάει αέρας από τα υλικά του σωρού γιατί θέλουμε να γίνει αερόβια ζύμωση. Η υγρασία επίσης είναι απαραίτητη και επιδιώκουμε να διατηρείται γύρω στο 40%-50%, ώστε οι μικροοργανισμοί να συνεχίζουν, όσο το δυνατόν καλύτερα τη δραστηριότητα τους. Έτσι σε σωρούς εκτεθειμένους στον ήλιο, το καλοκαίρι, πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ποτίσματος (Άλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999, Βλοντάκης και συν., 1999).

Όταν στρωθούν τα υλικά, σκεπάζουμε το σωρό με μια λεπτή στρώση χώματος. Προσέχουμε το σκέπασμα αυτό να είναι ομοιόμορφο και να μην αφήνουμε πουθενά κανένα κενό. Δεν συμπιέζουμε το σωρό γιατί μας ενδιαφέρει να μην κλείσουν οι πόροι και να λειτουργεί ο εσωτερικός αερισμός.

Διαλέγουμε μέρη με αρκετό χώρο γύρω από το σωρό, ώστε να μπορεί να αναστραφεί εύκολα.. Ανάλογα με τον καιρό και τις συνθήκες περιβάλλοντος στο σωρό, η διαδικασία της χώνευσης διαρκεί από τρεις έως έξι μήνες. Ο σωρός τελικά παίρνει να σχήμα ισοσκελούς τραπεζίου (Άλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999, Βλοντάκης και συν., 1999).

Μέσα στο σωρό του κομπόστ, μεγάλοι πληθυσμοί οργανισμών τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, μετατρέποντας τα οργανικά απορρίμματα σε εξαιρετο οργανικό λίπασμα. Όταν φτιάχνουμε έναν σωρό κομπόστ, παρεμβαίνουμε ώστε να επιταχύνουμε τη διαδικασία και να δημιουργήσουμε ένα πολύτιμο βελτιωτικό του εδάφους. Ένα σύστημα κομπόστ μπορεί να ποικίλει σε μέγεθος από ένα σπιτικό δοχείο όπου

ανακυκλώνουμε τα περισσεύματα της κουζίνας, μέχρι μια μεγάλη μονάδα όπου εκατοντάδες τόνοι απορριμμάτων ενός δήμου καθημερινά μπορούν να αξιοποιούνται. Για να δημιουργήσουμε τις καλύτερες συνθήκες για την ανάπτυξη των οργανισμών του κομπόστ μπορούμε να εισάγουμε μικροοργανισμούς με μια ποσότητα πλούσιου οργανικού χόματος ή ώριμου κομπόστ ή κάποιο ειδικό σκεύασμα (κάτι ωστόσο που συνήθως δεν είναι απαραίτητο). Οι ανάγκες των οργανισμών είναι απλές: ισορροπημένη τροφή, νερό, αέρας, θερμότητα. Η κατανόηση των βασικών κανόνων θα μας δώσει τα καλύτερα αποτελέσματα της καταπληκτικής δουλειάς που κάνουν τα μικρόβια

Η προσθήκη ανόργανων ορυκτών (από τρίματα κατεργασίας ορυκτών, άμμος, μαρμαρόσκονη, κλπ) εξειδικεύει το τελικό προϊόν για ένα συγκεκριμένο έδαφος και καλλιέργεια (Πανάγος, 1999).

Ο ασβέστης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του pH και των οσμών του κομπόστ, αλλά πρέπει να χρησιμοποιείται προσεκτικά. Όταν η κοπριά κομποστοποιείται, ο ασβέστης προκαλεί την ελευθέρωση στην ατμόσφαιρα αζώτου σε μορφή αμμωνίας, στερώντας το από το σωρό. Για ασβέστιο, μπορούμε να προσθέσουμε τσόφλια αυγών, θρυμματισμένα κόκαλα ή στάχτη ξύλων (που δίνει επίσης κάλιο). Όπως ο ασβέστης, έτσι και οι στάχτες είναι συνήθως αλκαλικές και θα αυξήσουν το pH. Η πολύ στάχτη εμποδίζει τη μικροβιακή δραστηριότητα και περιορίζει την πρόσληψη των θρεπτικών σε μερικά φυτά.

ΕΙΚΟΝΑ 1: κάθετη τομή σωρού κομπόστ



ΠΗΓΗ: Πανάγος, 1999

2.6. ΠΩΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ Ο ΣΩΡΟΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Διαλέγουμε ένα κομμάτι γης στεγνό που να σκιάζεται εν μέρει και να μη βρίσκεται συνεχώς κάτω από τον ήλιο. Θα πρέπει να σκάψετε σε βάθος περίπου 20 εκ. για να φτιάξετε ένα αυλάκι από χώμα γύρω στα 1,2-1,5 μ. πλάτος (το μήκος δεν έχει σημασία, όσο θέλουμε). Οι κατά μήκος πλευρές του πρέπει να βλέπουν προς βορά και νότο, έτσι ώστε να παίρνουν και οι δυο την ίδια ποσότητα ήλιου για να είναι ομοιογενής η ζύμωση. Ο σωρός πρέπει να φτάνει τα 1,2-1,5 μ. ύψος και να στενεύει προς την κορυφή (αυτές τις διαστάσεις χρησιμοποίησά εγώ και είναι αναλογικές

1-1,2 ή 1,5-1,8 μ. κλπ, για όποιον θέλει λιγότερο ή περισσότερο κομπόστ). Κατασκευάζεται σε στρώματα σαν τούρτα.

Το πρώτο στρώμα πρέπει να φτιαχτεί από κλωνάρια διαμέτρου 2-4 εκ. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η καλή αποχέτευση. Μετά ακολουθεί ένα στρώμα 20 εκ. από άχυρα, αγριόχορτα και φρέσκα σκουπίδια κήπου. Στη συνέχεια ένα στρώμα 2-3 εκ. οποιασδήποτε κοπριάς. Ακολουθεί στρώμα 3-5 εκ. φυτικών υπολειμμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί στρώμα από χώμα που δεν πρέπει να ξεπερνά σε πάχος τα 2,5 εκ. Τα στρώματα από φύλλα και χορτάρια μπορούν να φτάνουν το πολύ 5 εκ. πάχος, διαφορετικά θα κολλήσουν και θα γίνουν ένα στρώμα. Μπορεί να ακολουθήσει ένα στρώμα 10 εκ. από φρέσκια πρασινάδα, κομμένο χορτάρι, αγριόχορτα, απορρίμματα κουζίνας, σαρώματα από το πάτωμα, περιεχόμενα ηλ. σκούπας, παλιά μάλλινα (μόνο) ρούχα. Μετά ένα στρώμα 2-3 εκ. κοπριάς κ.ο.κ.

Όταν ο σωρός φτάσει 1 μ. ύψος, δώστε κλίση στις πλευρές του ώστε η κορφή του να έχει πλάτος 60 εκ. Εάν θέλουμε μπορούμε να προσθέσουμε ασβέστη στο σωρό ή και μαρμαρόσκονη σε μικρή ποσότητα (σαν να βάζουμε άχνη σε τούρτα).

Ο σωρός σκεπάζεται με υλικό που προστατεύει από την ξήρανση, αλλά αφήνει τον αέρα να περάσει (π.χ. αποξηραμένα χόρτα, άχυρο, σε περίπτωση ανάγκης και χώμα). Θέλει τακτικά πότισμα όταν δεν βρέχει για να μπορούν οι μικροοργανισμοί να «δουλεύουν». Ανάλογα με τον καιρό και τις συνθήκες περιβάλλοντος στο σωρό, η διαδικασία της χώνευσης διαρκεί από τρεις έως έξι μήνες.

Κατά την αποσύνθεση των πρώτων υλών δημιουργείται ένας σωρός από διάφορα οργανικά υλικά ο οποίος θερμαίνεται από μόνος του λόγω της εργασίας των μικροοργανισμών. Στην πρώτη φάση αποσύνθεσης με υψηλή θερμοκρασία, σκοτώνονται παθογόνα και σπόροι ζιζανίων. Στις επόμενες φάσεις με χαμηλότερες θερμοκρασίες, δημιουργούνται συσσωματώματα από οργανικά στοιχεία που έχουν χαρακτηριστικά του ιδανικού εδάφους: μεγάλη υδατοϊκανότητα, μεγάλη περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων με εύκολη πρόσβαση για τις φυτικές ρίζες, μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και μεγάλη ποσότητα μικρών πόρων για την κυκλοφορία αέρος.

Μια βοήθεια για τη γρήγορη και αποτελεσματική αποσύνθεση όλων των υλικών είναι το αναποδογύρισμα του σωρού όταν πέφτει η θερμοκρασία του, μετά από μερικές εβδομάδες (βλ. Πίνακα 3).Εάν οι πρώτες ύλες που βρίσκονται στο εξωτερικό, τοποθετηθούν στη μέση, τότε ο σωρός ξαναθερμαίνεται.

Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μισοχωνεμένο για εδαφοκάλυψη ή έτοιμο, μαύρο και ευκολότριφτο σαν λίπασμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

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

α) μειώνεται ο όγκος του υλικού,

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

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

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

Οι θρυμματιστές ποικίλουν σε δυναμικότητα, ανάλογα με το είδος των υλικών και τον απαιτούμενο όγκο εργασίας. Η κίνηση εξασφαλίζεται από ηλεκτρικό κινητήρα, από βενζινοκινητήρα ή από το παρτικόφ ενός τρακτέρ. Το χωνεμένο ώριμο κομπόστ είναι φορέας γονιμότητας, ασύγκριτα καλύτερο ακόμα και από την τύρφη ως βελτιωτικό του εδάφους.

3.1. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ο Huag (1980) περιγράφει τη κομποστοποίηση ως τη βιολογική οξειδωτικά αποικοδόμηση και σταθεροποίηση οργανικών υλικών, υπό συνθήκες οι οποίες οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμοφιλικής περιοχής. Το τελικό προϊόν της διαδικασίας είναι σταθερό και κατάλληλο για αποθήκευση και εφαρμογή στο έδαφος χωρίς δυσάρεστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η κομποστοποίηση μπορεί να έχει ως βασικές κατευθύνσεις:

- 1) την παραγωγή ενός τελικού προϊόντος κατάλληλου για γεωργική χρήση με την έννοια της εξυγίανσης και βελτίωσης των ιδιοτήτων του εδάφους, αλλά και πηγή θρεπτικών στοιχείων (Canarutto et al., 1996, Cagarra et al., 1997, Cole et al., 1995, McConnell et al 1993) και
- 2) την διαχείριση οργανικών αποβλήτων με σκοπό είτε την μείωση του όγκου τους είτε την μείωση της υγρασίας τους (Miller, 1993).

Σύμφωνα με την Μάρη (2000) άλλες κατευθύνσεις - στόχοι της κομποστοποίησης είναι:

- Αξιοποίηση πολύτιμης οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση

της γονιμότητας των εδαφών.

- Μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών επειδή αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων.
- Περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Εξοικονόμηση ενέργεια, χρήμα και εργασία γιατί με τη σωστή εφαρμογή του κομπόστ διευκολύνονται ή περιορίζονται ορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις όπως βοτανίσματα, σκαλίσματα, άρδευση.
- Εξοικονόμηση νερού.
- Προστασία των υπόγειων νερών, των υδάτινων αποδεκτών και της θάλασσας από τον ευτροφισμό.
- Εξυγίανση της φύσης μέσα από την προστασία των εδαφών (αναδημιουργία χούμου, φυσικής οργανικής ουσίας).
- Λιγότερες αρρώστιες στις καλλιέργειες λόγω την εξυγίανσης. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, έντομα, σπόροι ζιζανίων θανατώνονται άμεσα κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. Οχλήσεις από έντομα και τρωκτικά και δυσάρεστες οσμές εξουδετερώνονται με την γρήγορη αποικοδόμηση του οργανικού υλικού.
- Περιορισμός του προβλήματος διάθεσης των οργανικών απορριμμάτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής, επειδή η κομποστοποίηση συνιστά τον βέλτιστο τρόπο αξιοποίησης τους (περιορίζεται η διαφυγή των θρεπτικών σε έδαφος και ατμόσφαιρα).
- Μείωση του όγκου και του βάρους του αρχικού υλικού: μέρος του οργανικού άνθρακα μεταβολίζεται σε διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης η πυκνότητα του τελικού προϊόντος (κομπόστ) είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή του αρχικού υλικού.
- Αντικατάσταση της τύρφης από προϊόντα κομποστοποίησης: η τύρφη χρησιμοποιείται εκτενώς σε μίγματα φυτοχωμάτων, υποστρώματα πολλαπλασιαστή ρίων, φυτώρια κ.λπ. Ωστόσο οι πηγές αποθεμάτων είναι πεπερασμένες και αντίστοιχες οργανικές ουσίες πρέπει να βρεθούν ως εναλλακτικές λύσεις πριν τα αποθέματα εξαντληθούν. Επιπλέον υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον σε σχέση με τον περιβαλλοντικό κίνδυνο που προκύπτει από την εντατική εξόρυξη τύρφης. (Chen et al.,1986)

3.2. ΧΩΡΟΙ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ

Η κομποστοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί:

- α. Σε ανοιχτούς χώρους (στην άκρη του χωραφιού μας ή σε μια γωνιά του κήπου μας).
- β. Σε ημίκλειστους και κλειστούς χώρους.

Κομποστοποίηση σε ανοιχτό χώρο.

Στην περίπτωση αυτή χαράσσουμε στο έδαφος τα όρια του σωρού που θέλουμε να δημιουργήσουμε του οποίου οι διαστάσεις μπορεί να είναι: Πλάτος 1m το πολύ 1,20m και

μήκος όσο θέλουμε.

Σκάβουμε το έδαφος σε βάθος 20cm περίπου εντός των ορίων που χαράξαμε, ρίχνοντας το χώμα της εκσκαφής γύρω από τον λάκκο που δημιουργείται. Αν το χώμα αυτό είναι κατάλληλο, κυρίως να μην περιέχει πέτρες, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία κατασκευής του σωρού.

Αποφεύγουμε να έχει ο σωρός πλάτος και ύψος άνω του ενός μέτρου, το πολύ 1,20m, διότι δυσκολεύεται ο αερισμός των υλικών της κομποστοποίησης (εκτός εάν ληφθούν μέτρα για τον αερισμό του σωρού, όπως η τοποθέτηση σωλήνα με οπές κλπ).

Εάν οι διαστάσεις ως προς το πλάτος και το ύψος είναι μεγάλες και εφόσον ο σωρός δεν ανακινείται τακτικά, το πιθανότερο είναι να εξελιχθεί η ζύμωση σε αναερόβια, αντί της αερόβιας που είναι επιθυμητή, το παραγόμενο δε προϊόν θα αποκτήσει μια δυσάρεστη μυρουδιά σαπίλας.

Κομποστοποίηση σε ημίκλειστους και κλειστούς χώρους.

Εδώ εντάσσουμε όλες εκείνες τις περιπτώσεις της κομποστοποίησης που για την παραγωγή του κομπόστ χρησιμοποιείται μια κάποια κατασκευή, από απλή για παράδειγμα ένα συρμάτινο πλέγμα, μέχρι μια μεγάλη σύγχρονη κατασκευή π.χ. ένας βιοαντιδραστήρας που μπορεί να χρησιμοποιήσει μια μεγάλη επιχειρηματική μονάδα παραγωγής κομπόστ. Θα αναφέρουμε στη συνέχεια μερικές κατασκευές που μπορεί ο καθένας να κατασκευάσει εύκολα, καθώς και υλικά και μέσα που υπάρχουν γύρω μας και μπορούμε με κατάλληλο χειρισμό να αξιοποιήσουμε.

A. Μια απλή περίπτωση είναι το συρμάτινο πλέγμα που αναφέραμε παραπάνω δίνοντας σ' αυτό ένα κυλινδρικό σχήμα ή και ορθογωνίου πρίσματος, αν το τοποθετήσουμε γύρω από τέσσερις πασσάλους (ξύλινους ή μεταλλικούς) που τοποθετήσαμε στο έδαφος σε επιθυμητές αποστάσεις. (Στην ουσία δε διαφέρει από την περίπτωση του ανοιχτού χώρου).

B. Ξύλινο πλαίσιο. Κατασκευάζεται εύκολα με τέσσερα καδρονάκια και σανίδες επιθυμητού μήκους. Καλό είναι οι σανίδες να μην εφάπτονται μεταξύ τους, ώστε να δημιουργούνται ανοίγματα για τον αερισμό των υλικών της κομποστοποίησης. Και εδώ φροντίζουμε το πλάτος και το ύψος να μην ξεπερνούν το 1,20m.

Γ. Χρήση ενός ευρύχωρου πλαστικού κάδου. Αφαιρούμε τον πυθμένα του και ανοίγουμε μερικές τρύπες στην πλευρική του επιφάνεια.

Σε κάθε περίπτωση οι κατασκευές αυτές τοποθετούνται πάνω σε έδαφος και όχι σε τσιμέντο, για να στραγγίζει, αν παραχθεί, η υπερβολική υγρασία και για να εισέλθουν οι γαιοσκώληκες, όταν η θερμοκρασία τους το επιτρέψει, οι οποίοι θα βοηθήσουν στη βελτίωση και τη σταθεροποίηση του κομπόστ. Επιλέγουμε δε ένα σκιερό και απάνεμο μέρος.

Δ. Σταθερή κατασκευή. Επιλέγουμε ένα μέρος που δεν μας είναι χρήσιμο για άλλες χρήσεις και

δημιουργούμε μια σταθερή κατασκευή με τη χρήση τσιμέντου, πέτρας, τούβλων ή άλλων υλικών. Σ' αυτή την περίπτωση κτίζουμε τις τρεις πλευρές και αφήνουμε ανοικτή την τέταρτη η οποία θα χρησιμεύσει για την εισαγωγή των υλικών, την ανάδυσή τους όταν χρειασθεί και την αποκομιδή του κομπόστ όταν θα είναι έτοιμο.

Ε. Μια απλή περίπτωση εντελώς κλειστού χώρου είναι η χρήση πλαστικής σακούλας. Φύλλα που μαζεύονται το φθινόπωρο καθώς και ξηρή ποώδης φυτική βλάστηση τοποθετούνται μέσα σε σακούλες σε οριζόντια στρώματα εναλλασσόμενα με λεπτά στρώματα χώματος. Για να ενισχύσουμε τη σχέση του αζώτου προς τον άνθρακα προσθέτουμε λίγο αζωτούχο λίπασμα. Κατά διαστήματα ψεκάζουμε λίγο νερό και όταν γεμίσει η σακούλα τη δένουμε σφικτά. Οι σακούλες αποθηκεύονται σε ζεστό μέρος για να ενισχύεται η ζύμωση κατά το χειμώνα και εφόσον όλα πάνε καλά το κομπόστ θα είναι έτοιμο πριν από το επόμενο καλοκαίρι.

ΣΤ. Μεγάλες εγκαταστάσεις (βιοαντιδραστήρες) όπου οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού είναι ελεγχόμενες και η ανάδυση γίνεται μηχανικά κάθε φορά που κρίνεται απαραίτητο. Τέτοιες εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι Δήμοι ή άλλοι φορείς καθώς και μεγάλες βιομηχανικές, γεωργικές κλπ μονάδες, οι οποίες παράγουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλικών.

Ζ. Μπορούμε εδώ να εντάξουμε και την περίπτωση της κομποστοποίησης με τη χρήση γαιοσκωλήκων. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα από τα νοικοκυριά χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλα διαμορφωμένο δοχείο στην αυλή τους ή και στο μπαλκόνι τους. Στον Καναδά η μέθοδος έχει γίνει ευρέως γνωστή και την εφαρμόζουν πολλά νοικοκυριά τα οποία προμηθεύονται τους γαιοσκωλήκες από ανθρώπους που ασχολούνται με την παραγωγή τους. (Κιούσης,1992)

3.3. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Μέσα στο σωρό του κομπόστ, μεγάλοι πληθυσμοί οργανισμών τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, μετατρέποντας τα οργανικά απόβλητα του κτήματος, του νοικοκυριού και του κήπου σε εξαιρετο οργανικό λίπασμα. Πραγματικά, αυτή η λειτουργία της αποσύνθεσης συμβαίνει αδιάκοπα μέσα στη φύση. Όταν φτιάχνουμε έναν σωρό κομπόστ, παρεμβαίνουμε ώστε να επιταχύνουμε τη διαδικασία και να δημιουργήσουμε ένα πολύτιμο βελτιωτικό του εδάφους. Ένα σύστημα κομπόστ μπορεί να ποικίλει σε μέγεθος από ένα σπιτικό δοχείο όπου ανακυκλώνουμε τα περισσεύματα της κουζίνας, μέχρι μια μεγάλη μονάδα όπου εκατοντάδες τόνοι απορριμμάτων ενός δήμου καθημερινά μπορούν να αξιοποιούνται.

Η επιλογή της δικής μας μεθόδου εξαρτάται από το είδος των υλικών που έχουμε, πόσο χρόνο και προσπάθεια έχουμε τη διάθεση να επενδύσουμε (από πολύ έως ελάχιστο) και πόσο χώρο έχουμε στη διάθεσή μας. Η παρασκευή κομπόστ θα ωφελήσει το κτήμα ή τον κήπο μας, την υγεία μας, το περιβάλλον και την τσέπη μας. Το κτήμα και τον κήπο, επειδή παράγεται ένας

εξαιρετικός παράγοντας εδαφικής γονιμότητας. Την υγεία μας, επειδή η χρήση του φυσικού χούμου οδηγεί στην παραγωγή προϊόντων άριστης ποιότητας. Το περιβάλλον, επειδή συντελούμε στην εξυγίανση της φύσης και στη δέσμευση των ισχυρών οργανικών αποβλήτων από την πρωτογενή παραγωγή (κοπριά, αέρια, ευτροφισμός κλπ.). Την τσέπη μας, επειδή δεν καταφεύγουμε στα σκευάσματα του εμπορίου. Με το κομπόστι, δημιουργούμε μια πηγή θρεπτικών πρώτης ποιότητας. Το κομπόστι βελτιώνει τη δομή του εδάφους και την υδατοικανότητα και προστατεύει τα φυτά από ασθένειες. Σε πολλές χώρες, αντί για το κάψιμο των κλαδιών, το κομπόστι τραβά το ενδιαφέρον ακόμα και όσων δεν είναι αγρότες και θέλουν να μειώσουν τον όγκο για μερικές κατηγορίες απορριμμάτων. Κατά μέσο όρο, το μισό του όγκου των αποβλήτων ενός νοικοκυριού μπορεί να κομποστοποιηθεί. Στο κτήμα, η κομποστοποίηση είναι μια πρακτική και φτηνή μέθοδος να μην αφήσουμε να πάνε χαμένα τα θρεπτικά που έχουν δεσμευτεί στην κοπριά. Ο αγρότης μπορεί επίσης να αξιοποιήσει ελεύθερες πηγές γονιμότητας, όπως τα απόβλητα από τις αυλές και τις κουζίνες της γειτονιάς.

Θα περιγράψουμε παρακάτω τη διαδικασία που θα εφαρμόσουμε στην πράξη και που αφορά την κομποστοποίηση σε ανοιχτό χώρο και όλες τις περιπτώσεις των ημίκλειστων χώρων.

1. Ξεκινάμε με το στρώσιμο πάνω στο χώμα λεπτών κλαδιών, τα οποία θα βοηθήσουν και στον αερισμό και στη στράγγιση πιθανής υπερβολικής υγρασίας.
2. Προσθέτουμε φυτικό υλικό και το συμπιέζουμε επαρκώς, με ένα φτυάρι, μια πιρούνα ή και με τα πόδια ακόμη, έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλα κενά. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε μια στρώση με φυτικά υλικά πάχους περίπου 20cm.
3. Πάνω σ' αυτή τη στρώση ρίχνουμε μερικές φτυαριές χώμα. Μπορούμε ακόμα να προσθέσουμε και μικρή ποσότητα ασβεστόλιθου για να εξασφαλίσουμε ένα ελαφρώς αλκαλικό ΡΗ, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών της αποδόμησης των οργανικών υλικών. Χρειάζεται προσοχή γιατί ο ασβέστης προκαλεί απώλειες αζώτου υπό μορφή αμμωνίας. Επίσης αποφεύγουμε τη χρήση ασβεστόλιθου όταν δεν επιθυμούμε να αυξηθεί το ΡΗ του παραγόμενου υλικού.
4. Εάν τα υλικά που ρίξαμε στο σωρό είναι ξερά καταβρέχουμε με λίγο νερό.
5. Συνεχίζουμε την επίστρωση των υλικών κατά τον ίδιο τρόπο εναλλάσσοντας υλικά πλούσια σε άνθρακα με υλικά πλούσια σε άζωτο, έτσι ώστε να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων. Στην περίπτωση του ανοικτού σωρού καθώς ο σωρός θα ψηλώνει, θα πρέπει να στενεύει λίγο για να μην καταρρεύσουν τα πλευρικά υλικά.
6. Εάν στα υλικά που χρησιμοποιούμε κυριαρχούν υλικά πλούσια σε άνθρακα, τότε προσθέτουμε κατά διαστήματα μερικές κουταλιές της σούπας (2 με 3 για κάθε m²) αζωτούχου λιπάσματος. Μπορούμε ακόμα να προσθέσουμε λίγη κοπριά ή έτοιμο κομπόστι για να βοηθήσουμε την διαδικασία της κομποστοποίησης.

7. Όταν ο σωρός αποκτήσει το επιθυμητό ύψος (στην περίπτωση του ανοικτού σωρού), ή όταν το ξύλινο πλαίσιο (ή οποιαδήποτε άλλη κατασκευή) γεμίσει και αφού καταβρέξουμε και πάλι, τόσο ώστε να υγρανθούν τα υλικά αρκετά, όχι υπερβολικά, σκεπάζουμε το σωρό με ένα φύλλο πλαστικού. Εάν δεν έχουμε πλαστικό φύλλο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα παλιό κομμάτι μουσαμά, μια παλιά κουβέρτα, ή ότι άλλο έχουμε στη διάθεσή μας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κάλυμμα. Η κάλυψη του σωρού στοχεύει αφ' ενός μεν να μην ξηραίνονται τα υλικά της κομποστοποίησης και αφετέρου να μην υγραίνονται υπερβολικά από τις βροχές.

8. Στην περίπτωση της ξύλινης ή άλλης κατασκευής καλύπτουμε μόνο το επάνω μέρος αφήνοντας τα πλευρικά ανοίγματα ελεύθερα, για να μπαίνει αέρας, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη ζύμωση. Στην περίπτωση του ανοικτού χώρου καλύπτουμε καλά όλο το σωρό, ανοίγουμε όμως πλευρικά μερικές τρύπες με την πιρούνα μας ή με ένα δικράνι ή με ένα οποιοδήποτε αιχμηρό αντικείμενο. Πάντως όποιο και να είναι το κάλυμμα φροντίζουμε να στερεωθεί καλά, ώστε να μην παρασυρθεί από τον άνεμο. Στο συρμάτινο πλέγμα εκτός από το πλαστικό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την κάλυψη των πλευρικών ανοιγμάτων χαρτόνια, καλάμια, σακιά κλπ. (Κιούσης, 1992).

3.4. Η ΖΥΜΩΣΗ

Τι πρέπει να προσέχουμε...

Με το που σχηματίζεται ο σωρός αρχίζει και η δράση των μικροοργανισμών. Με ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας και αερισμού η δράση των μικροοργανισμών θα είναι έντονη και η θερμοκρασία του σωρού θα ανέβει αρκετά και σε δύο με τρεις ημέρες μπορεί να φθάσει και τους 700 C . Η υψηλή θερμοκρασία θα διατηρηθεί για αρκετές ημέρες, προκαλώντας και μια μερική αποστείρωση στο υλικό, και θα αρχίσει να μειώνεται καθώς η τροφή για τους μικροοργανισμούς θα ελαττώνεται ή αν οι συνθήκες υγρασίας – αερισμού γι αυτούς γίνουν δυσμενείς.

Ο αερισμός του σωρού διώχνει την υπερβολική υγρασία και εφοδιάζει τους μικροοργανισμούς με το απαραίτητο οξυγόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με το γύρισμα του σωρού. Αν το γύρισμα γίνεται τακτικά δεν θα ανακοπεί η δραστηριότητα των μικροοργανισμών και η θερμοκρασία του σωρού θα παραμένει σε σχετικά υψηλά επίπεδα (πάνω από 300 °C). Η κομποστοποίηση σ' αυτή την περίπτωση θα ολοκληρωθεί σύντομα, σε τρεις μήνες περίπου, η δε μέθοδος χαρακτηρίζεται “θερμή”.

Εάν το γύρισμα του σωρού είναι δύσκολο ή και αδύνατο (κλειστοί-μεγάλοι χώροι), τότε εφαρμόζουμε άλλες μεθόδους όπως για παράδειγμα διοχέτευση εντός του σωρού αέρα υπό πίεση, ή αναρρόφηση των εγκλωβισμένων αερίων και αντικατάστασή τους με ατμοσφαιρικό αέρα (δυναμικός αερισμός). Σε μικρούς σωρούς ανοίγουμε οπές με ένα λοστό για να διευκολύνουμε την είσοδο του αέρα στο εσωτερικό τους.

Εάν τα υλικά εμφανίσουν γλοιώδη εικόνα, αυτό φανερώνει ότι είναι πολύ υγρά. Ένα γύρισμα του σωρού ανά μήνα στην αρχή και αργότερα ανά δίμηνο είναι αρκετό, αλλά και πιο τακτικά αν γίνεται δεν βλάπτει. Αν κατά το γύρισμα διαπιστώσουμε ότι ο σωρός ξεράθηκε, τότε διαβρέχουμε μ' ένα ποτιστήρι. Ο σωρός ξηραίνεται περισσότερο περιμετρικά, όπου και η αποσύνθεση καθυστερεί σε σχέση με το εσωτερικό του. Με το γύρισμα και ταυτόχρονα την ανάδευση που κάνουμε, εξομαλύνεται αυτή η κατάσταση και το τελικό προϊόν είναι πιο ομοιογενές.

Η θερμοκρασία του σωρού παρακολουθείται με ειδικό θερμόμετρο, αλλά κι αν δεν διαθέτουμε θερμόμετρο μπορούμε να διαπιστώσουμε αν ο σωρός είναι ζεστός ή όχι με μια μεταλλική ράβδο της οποίας η μια άκρη τοποθετείται στο κέντρο του σωρού και η άλλη εξέχει λίγο. Πιάνοντας την ράβδο και ανάλογα με το πόσο ζεστή ή κρύα είναι εξάγουμε τα συμπεράσματά μας για τη θερμοκρασία του σωρού. Εν ανάγκη αν δεν διαθέτουμε κάτι άλλο ανασηκώνουμε ελαφρώς τον σωρό και βάζουμε μέσα το χέρι μας.

Για να διασφαλίζεται ο καλός αερισμός του σωρού δεν πρέπει ο σωρός να διαβρέχεται υπερβολικά. Επίσης δεν πρέπει να συμπιέζεται πάρα πολύ. Η υγρασία θεωρείται ότι βρίσκεται σε καλά επίπεδα όταν κυμαίνεται σε ποσοστά 40% έως 60% ανάλογα και με τα υλικά, λιγότερη όταν κυριαρχούν τα λεπτόκοκκα περισσότερη στα χονδρόκοκκα. Οποσδήποτε, εφόσον θέλουμε να διατηρήσουμε τις αερόβιες συνθήκες ζύμωσης, θα πρέπει ο αέρας να καταλαμβάνει τουλάχιστον το 30% των πόρων.

Στην πράξη προσέχουμε τα υλικά να μην είναι πολύ υγρά ούτε να είναι ξερά. Όταν τα υλικά είναι ξερά οι μικροοργανισμοί δεν πολλαπλασιάζονται με γοργούς ρυθμούς, η ζύμωση καθυστερεί και δεν παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες – “ψυχρή μέθοδος”. Σ' αυτή την περίπτωση το κομπόστι θα είναι έτοιμο μετά από αρκετούς μήνες. Ένας άλλος παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της ζύμωσης και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος είναι η σχέση του άνθρακα προς το άζωτο (C/N) στα χρησιμοποιούμενα υλικά. Ο άνθρακας προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια στους μικροοργανισμούς και το άζωτο είναι χρήσιμο για την σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Η καλύτερη αναλογία της σχέσης αυτής είναι 25-30/1. Αν είναι διαφορετική, στην περίπτωση που υπερτερεί ο άνθρακας η ζύμωση εξελίσσεται αργά και προφανώς το τελικό προϊόν εμπεριέχει λίγο άζωτο. Αν υπερτερεί το άζωτο τότε ένα μέρος αυτού θα χαθεί είτε στην ατμόσφαιρα (θα παρατηρηθούν και δυσσομίες) είτε θα καταλήξει στα νερά ρυπαίνοντας το περιβάλλον. Στο τελικό προϊόν η σχέση C/N είναι περίπου 10:1. Στην πράξη, για να εξασφαλίσουμε τη σωστή αναλογία, χρησιμοποιούμε, όταν δημιουργούμε τον σωρό, εναλλάξ υλικά πλούσια σε άνθρακα με υλικά πλούσια σε άζωτο. Υλικά πλούσια σε άζωτο, αλλά και σε άλλα θρεπτικά συστατικά, συνήθως υγρά, είναι το

φρεσκοκομμένο γρασίδι ,τριφύλλι κ.λ., τα φρούτα, φλούδες και υπολείμματα λαχανικών, κοπριά, περισσεύματα κουζίνας όπως υπολείμματα τσαγιού, κατακάθια του καφέ κ.α., δεν χρησιμοποιούμε όμως υπολείμματα που περιέχουν ζωικά προϊόντα. Υλικά πλούσια σε άνθρακα είναι τα κλαδιά, τα ξερά φύλλα- πευκοβελόνες και οι κώνοι των κωνοφόρων, το πριονίδι, το άχυρο και το χαρτί (όχι έντυπο χαρτί). Πρέπει να προσέχουμε όταν χρησιμοποιούμε το χαρτί και το γρασίδι, διότι υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί αδιαπέραστο στρώμα όταν βραχούν.

Τεμαχισμός - θρυμματισμός. Ο θρυμματισμός επιτυγχάνεται με ειδικά μηχανήματα που ονομάζονται θρυμματιστές. Όταν δεν διαθέτουμε τέτοιο μηχάνημα τεμαχίζουμε τα κλαδιά με ψαλίδια, τσεκούρια ή όποιο άλλο μέσο έχουμε στη διάθεσή μας. Με τον τεμαχισμό, ή ακόμη καλύτερα με τον θρυμματισμό αφενός μειώνεται πάρα πολύ ο όγκος των υλικών και αφετέρου αυξάνεται η επιφάνεια δράσης των μικροοργανισμών με συνέπεια την επιτάχυνση της κομποστοποίησης.(ΥΠ.Ε.Π.Θ., Π1).

3.5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Έχει περιγράψει τη διαδικασία λίπανσης ως ο μετασχηματισμός από τα ακατέργαστα οργανικά υλικά στις βιολογικά σταθερές, χουμικές ουσίες. Αυτός ο καθορισμός είναι βασισμένος στο τελικό προϊόν, που ονομάζεται κομπόστ. Μια γενικευμένη εξίσωση της λίπανσης ακολουθεί παρακάτω:

Φρέσκια οργανική ουσία + O₂ → χούμος + CO₂ + H₂O + ενέργεια (θερμότητα) + ορυκτά προϊόντα (Finstein et al 1992).

3.6. ΣΤΑΔΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η διαδικασία παραγωγής κομπόστ με τη μέθοδο της κομποστοποίησης περνά από κάποια στάδια (Μάρη, 2000).

Στάδιο 1^ο : Το στάδιο αυτό διαρκεί από μια έως μερικές μέρες και χαρακτηρίζεται από την άνοδο της θερμοκρασίας του υλικού σε σύγκριση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι τιμές της θερμοφιλικής περιοχής (Μάρη, 2000). Η διάρκεια του σταδίου και ο ρυθμός της θερμοκρασιακής αύξησης εξαρτώνται από την σύσταση της πρώτης ύλης, από την 'φυσική' κατάσταση της και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η ένταση του 1^{ου} σταδίου εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε εύκολα αφομοιώσιμες ουσίες όπως οι πρωτεΐνες ή τα σάκχαρα. Οι πρώτοι μικροοργανισμοί που αποικούν στο σωρό του κομπόστ είναι οι μεσόφιλοι όπως μεσοφιλικά βακτήρια, ακτινομύκητες, μύκητες και πρωτόζωα. Αυξάνονται μεταξύ 10 και 45 ° C . Η γρήγορη αποικοδόμηση ουσιών όπως τα σάκχαρα οδηγεί στην παραγωγή οξέων λόγω έλλειψης οξυγόνου και το προϊόν παρουσιάζει μείωση του pH (Miller, 1993). Στα παραδοσιακά συστήματα κομποστοποίησης φαίνεται ότι το πρόβλημα του αερισμού είναι ιδιαίτερα έντονο κατά το 1^ο στάδιο της κομποστοποίησης. Δεν είναι βέβαια σπάνιο το

φαινόμενο της 'ατελούς' κομποστοποίησης γεωργικών υπολειμμάτων και των ζημιών στην γεωργική παραγωγή που συνεπάγεται τη χρήση τους (Wong και Chu 1985, Keeling et al., 1994). Απαραίτητο σε αυτή τη φάση για τους μικροοργανισμούς είναι το οξυγόνο για να υπάρχει κάποια καύση κατά την οποία ελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Στάδιο 2°: Η θερμοκρασία στο στάδιο αυτό διατηρείται σε υψηλά επίπεδα (45-50 ° C) για πολλές ημέρες δίνοντας την ευκαιρία στους θερμοφίλους μικροοργανισμούς να αντικατασταθούν στο υλικό μετά από 3-4 μέρες , ενώ οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί ή αδυνατούν να αναπτυχθούν εντελώς ή αναπτύσσονται σε μικροθέσεις κυρίως στην εξωτερική επιφάνεια ενός κομπόστ όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Ο λόγος της κυριαρχίας των βακτηρίων στα πρώτα στάδια της θερμοφιλικής φάσης δεν έχει αποσαφηνιστεί εντελώς. Αναμφισβήτητα όμως η υγρασία και οι γρήγοροι ρυθμοί πολλαπλασιασμού των βακτηρίων συνεργούν στην επικράτηση τους (Strom, 1985).

Η φάση αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει αρκετές εβδομάδες (Μάρη, 2000). Είναι η ενεργός φάση της κομποστοποίησης .Το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής ουσίας διασπάται και συνεπώς το περισσότερο οξυγόνο καταναλώνεται , έτσι ξεκινά στη φάση αυτή η διάσπαση της Λιγνίνης. Πράγματι, η καλύτερη θερμοκρασία για τους θερμοφίλους μύκητες και ακτινομύκητες για να διασπάσουν κυρίως τη Λιγνίνη είναι 40-50 ° C. Επάνω από 60 ° C, αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αυξηθούν και επομένως η διάσπαση της είναι αργή. Μόλις η θερμοκρασία χαμηλώσει λίγο, ένα μεγάλο πλήθος από μύκητες, ακτινομύκητες, φύκια και άλλα μικροσκοπικά ζώφια αναλαμβάνουν την περαιτέρω επεξεργασία των ουσιών.

Το pH ανεβαίνει αρχικά λόγω της αποικοδόμησης (Μάρη, 2000) των οργανικών οξέων .που παρήχθησαν κατά το πρώτο στάδιο και στην συνέχεια λόγω της συσσώρευσης των αλάτων από την εξάτμιση του νερού του υλικού. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε απαγορευτικά για την ανάπτυξη των πληθυσμών επίπεδα. Όμως οι ακραίες συνθήκες μπορούν να αποφευχθούν κατά την κομποστοποίηση με συστήματα αερισμού που παράλληλα εμπλουτίζουν το υλικό με οξυγόνο. Πάντως ο μόνος περιορισμός για την εξέλιξη του σταδίου αυτού παράγοντας είναι η απώλεια υγρασίας.

Στάδιο 3°: Μετά από τη θερμοφιλή φάση που αντιστοιχεί σε μια διάσπαση της φρέσκιας οργανικής ουσίας η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται, όπως και η θερμοκρασία. Η φάση αυτή καλείται φάση ηρεμίας. Η φάση της ωρίμανσης του κομπόστ αρχίζει όταν η θερμοκρασία του κομπόστ μειώνεται σε σύγκριση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Αυτή η φάση είναι σημαντική επειδή παράγεται χυμό για να διαμορφωθεί αργότερα το ώριμο κομπόστ. Μετά από 3-4 εβδομάδες η θερμοκρασία πέφτει αισθητά κάτω από τους 50 ° C και τότε εμφανίζονται οι μικροοργανισμοί που επεξεργάζονται τη Λιγνίνη και την Τσελουλόζη. Τότε βλέπουμε στο κομπόστ άσπρες ίνες που δεν είναι τίποτε άλλο από μύκητες.

Στο στάδιο αυτό η υγρασία του υλικού έχει φτάσει σε απαγορευτικά όρια για την ανάπτυξη κυρίως των βακτηριακών πληθυσμών, ενώ αρχίζει να χάνει και την θερμοκρασία του επειδή η ενέργεια που παράγεται από την μικροβιακή δραστηριότητα είναι χαμηλή και δεν καλύπτει τις απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον. Οι θερμοφίλοι οργανισμοί που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο αδρανοποιούνται και τα βακτήρια κυρίως περιορίζονται στην αύξηση τους λόγω της έλλειψης υγρασίας.

Οι μύκητες όμως που απαρτίζουν μια λιγότερο 'υγροφιλική' ομάδα (Griffin, 1981) μικροοργανισμών μπορούν να επικρατήσουν σε ένα υλικό κατά το στάδιο αυτό. Συχνά το γεγονός της ανάπτυξης μακρομυκήτων στην επιφάνεια υλικών κομποστοποίησης μπορεί να οδηγήσει σε λαθεμένα συμπεράσματα για την πορεία της κομποστοποίησης αφού η ανάπτυξη αυτών των μικροοργανισμών είναι ενδεικτική της σταθεροποίησης ενός υλικού. Ωστόσο επαναδιαβροχή του υλικού στο σημείο αυτό θα οδηγήσει σε δεύτερο θερμοφίλο κύκλο με συνεχόμενη διαδοχή μεσόφιλων, θερμοάντοχων και θερμοφίλων μικροοργανισμών. Επίσης αναστροφή του υλικού κατά την φάση αυτή μειώνει ακόμα πιο πολύ την θερμοκρασία και ομογενοποιεί το υλικό.

Με την πάροδο του χρόνου και τους συνεχείς θερμοφίλους κύκλους, το υλικό έχει διαφοροποιηθεί ως προς την αρχική σύσταση και δομή και παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του ανώριμου κομπόστ ή αλλιώς του σταθεροποιημένου υλικού. Το pH και η αγωγιμότητα του υλικού αυτού παρουσιάζουν υψηλές τιμές λόγω της συσσώρευσης αλάτων από την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, μερικές φορές σε σημείο απαγορευτικό για την χρησιμοποίηση του υλικού για την γεωργία.

Από πλευράς σύστασης, οι εύκολα αφομοιώσιμες ουσίες που έχουν εξαντληθεί, και παράλληλα η παρουσία δύσκολα αφομοιώσιμων ενώσεων όπως η λιγνίνη που άποικο δομούνται με αργό ρυθμό μειώνουν τη δυνατότητα έντονης μικροβιακής δραστηριότητας και άρα ανύψωσης της θερμοκρασίας στο υλικό. Επιπλέον είναι χαρακτηριστική η παρουσία χουμικών οξέων σαν αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας. Η υδατοϊκανότητα αυξάνεται και το πορώδες αλλάζει δραματικά ακριβώς λόγω της παρουσίας των τελευταίων ουσιών. Τέλος, οι θερμοφίλοι πληθυσμοί που αναπτύχθηκαν στο υλικό και αποτελούν ουσιαστικά απόδειξη της έκθεσης του υλικού σε υψηλές θερμοκρασίες για μεγάλο χρονικό διάστημα ανευρίσκονται πλέον με την μορφή ληθαργικών σπορίων.

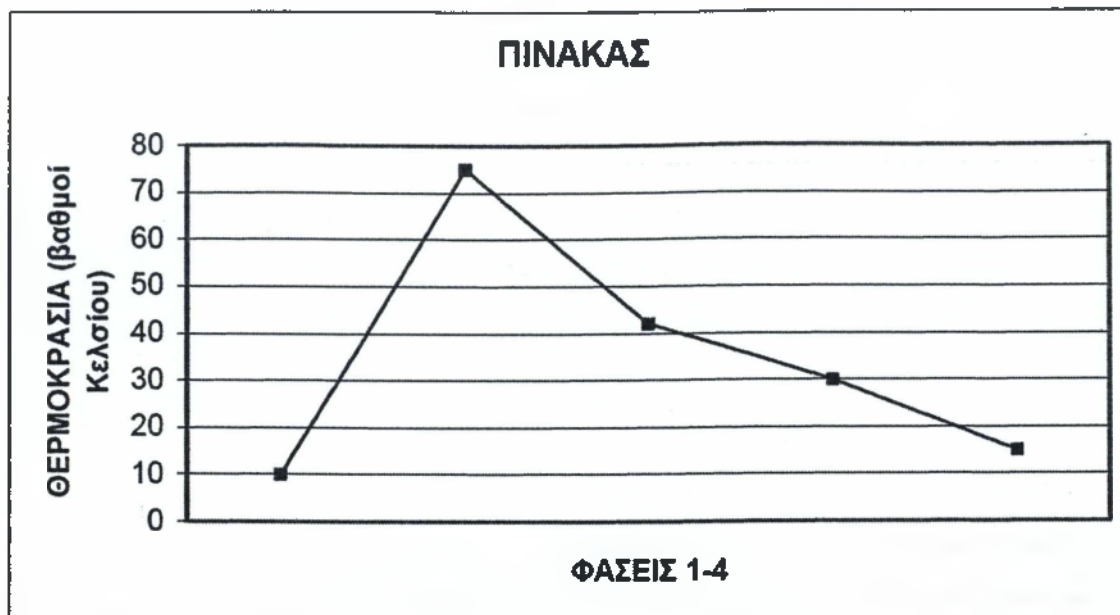
Στάδιο 4^ο: Μετά από άλλες 3-4 εβδομάδες αρχίζει η μετασκευή και αποικοδόμηση των χουμικών οξέων κατά τη οποία λαμβάνουν μέρος οι μεγαλύτεροι και αόρατοι πλέον οργανισμοί, όπως είναι οι γαιοσκώληκες, και δίνουν τον ώριμο και τελικό χούμο έτοιμο προς χρήση (Μάρη, 2000). Η διάρκεια ωρίμανσης μπορεί να κρατήσει από μερικούς μήνες μέχρι και χρόνια. Η ωρίμανση του κομπόστ είναι επίσης μια βίο οξειδωτική διαδικασία κατά την οποία το σύνολο

των φυτοτοξικών ουσιών (που είναι ως επί το πλείστον μικροβιακής προέλευσης) αποικοδομείται με έναν βραδύ ρυθμό.

Όλες αυτές οι φάσεις φυσικά δεν έχουν τόσο καθαρή μετάβαση η μια στην άλλη διότι στο κομπόστ υπάρχουν διαφόρων ειδών ουσίες που δεν χουμοποιούνται συγχρόνως. Επίσης, στο κέντρο του κομπόστ οι προϋποθέσεις και συνθήκες είναι ποιο ευνοϊκές.

Η παρακάτω πορεία συμφωνεί με τις απόψεις πολλών ερευνητών (Strom, 1985, Haug 1980, Hoitink, 1986, Finstein, 1992), ωστόσο επικρατεί μια σύγχυση ως προς την χρήση δυο όρων σημαντικών στην κομποστοποίηση: του όρου σταθεροποίηση (stability) και του όρου ωρίμανση (maturity). Οι όροι αυτοί χαρακτηρίζουν δυο εντελώς διαφορετικά στάδια. Ο πρώτος όρος (stability) αναφέρεται στο τέλος των θερμοφιλικών φάσεων της διαδικασίας και στην ουσία αντικατοπτρίζει την δυνατότητα του υλικού να μην υποστηρίζει πλέον μια έντονη μικροβιακή δραστηριότητα και άρα ανύψωση θερμοκρασιών (εννοείται ότι όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία όπως υγρασία και ο αερισμός διατηρούνται σε κατάλληλα επίπεδα). Συνήθως όταν ένα υλικό μπορεί να παρουσιάσει θερμοκρασία περίπου 10-20°0 μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν είναι σταθεροποιημένο. Ο όρος ωριμότητα (maturity) σχετίζεται με την δυνατότητα αύξησης των φυτών σε ένα κομπόστ και αντικατοπτρίζει το ποσοστό των φυτοτοξικών ουσιών που μπορεί να υπάρχουν στο υλικό σαν αποτέλεσμα της μικροβιακής δράσης. Η μέτρηση της ωριμότητας ενός κομπόστ βασίζεται κυρίως σε δοκιμές φυτοτοξικότητας σε φυτά-δείκτες. Διάφορα αέρια εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), η αμμωνία (NH₃), νιτρώδες οξείδιο (N₂O), μεθάνιο (CH₄), υδρόθειο (H₂S), άζωτο (N), οξείδια του αζώτου (NO_x), και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs). Τα VOCs H₂S και NH₃ εκλύουν δυσάρεστες μυρωδιές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Φάσεις κομποστοποίησης



ΠΗΓΗ: Τσαρικτσόπουλος Ν.

ΦΑΣΗ 1: Αποικοδόμηση (δραστηριοποίηση βακτηριδίων, γρήγοροι μεταβολισμοί)

ΦΑΣΗ 2: Μετασηματισμοί (τώρα αναπτύσσονται διάφοροι μύκητες, τα υλικά μετασηματίζονται)

ΦΑΣΗ 3: Οικοδόμηση (τώρα αρχίζουν να εισέρχονται σκουλήκια, έντομα κ.α. που μετασηματίζουν τα υλικά)

ΦΑΣΗ 4: Οικοδόμηση (ο γαιοσκώληκας κάνει τη σύνδεση ορυκτών και οργανικών ουσιών)

Αν μεταξύ 3ης-4ης φάσης αναποδογυρίσουμε το κομπόστ, το χώνεμα επιταχύνεται.

3.7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Λάθη που συμβαίνουν	Διόρθωση
Άσχημη μυρωδιά από κακό αερισμό	Αναποδογύρισμα του σωρού και προσοχή για καλό αερισμό (όχι πολύ νερό, αρκετό χοντρό υλικό)
Άσπρη μούχλα, στεγνά υλικά	Πότισμα, αναποδογύρισμα
Κομπόστ δε θερμαίνεται, έχει όμως τη σωστή υγρασία	Αναποδογύρισμα και πρόσθεση υλικού με περισσότερο άζωτο (π.χ. πράσινο υλικό)

- Ο σωρός πρέπει να είναι προστατευμένος από τον ήλιο και την πολλή βροχή (σκεπάστε το σωρό με 2-5 εκ. άχυρα ή χώμα κι ένα κάλυμμα από χοντρό ύφασμα).
- Ο σωρός θα πρέπει να είναι συνεχώς υγρός, σα βρεγμένο σφουγγάρι, αλλά όχι να έχει τόσο νερό ώστε να τρέχει από παντού ή να μαζεύεται στη βάση του.
- Ο σωρός πρέπει να είναι φτιαγμένος έτσι ώστε να μπορεί να κυκλοφορεί ανάμεσά του ο αέρας.

Η αερόβια ζύμωσή του σημαίνει ότι το οξυγόνο μπορεί να φτάσει σε όλα τα σημεία του κομπόστ.

- Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών έχει σαν αποτέλεσμα διοξείδιο του άνθρακα το οποίο πρέπει να βρίσκει τρόπο να βγαίνει στην ατμόσφαιρα. Όταν η ζύμωση είναι αερόβια, ελάχιστες μύγες θα πλησιάσουν το σωρό κι ακόμα λιγότερο για να αφήσουν τα αυγά τους.
- Η δοκιμή για να διαπιστωθεί αν το υλικό του σωρού αντιδρά όπως πρέπει, θέλει κάποια προσοχή (όραση, όσφρηση, αφή και έναν κοινό νου).
- Το κομπόστ που περιέχει πολύ χόμα σπάνια θα ζεσταθεί πολύ. Αυτό που έχει πολλή κοπριά, ιστούς νεαρούς φυτών και σκουπίδια θα φτάσει σε υψηλές θερμοκρασίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία, τόσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία. Καλύτερη για το σωρό είναι μια θερμοκρασία 120-140 βαθμών Κελσίου.
- Αν δείτε το σωρό να χάνει το μισό του όγκο τις πρώτες λίγες μέρες, σημαίνει ότι έχει μπει πολύς αέρας κι έχει καεί. Για να μειώστε τη θερμοκρασία, ανοίξτε τρύπες μ' ένα λοστό σε όλο το σωρό για να περνά αέρας και να το στεγνώσει.
- Μια γκριζωπή μούχλα δείχνει ότι η θερμοκρασία είναι πολύ μεγάλη. Για να ψυχραθεί ο σωρός ρίξτε κάμποσο νερό με τη μάνικα ή λάστιχο μέσα στις τρύπες. Ο σωρός ψύχεται σε 15 ως 20 μέρες. Αν αναποδογυρίσετε πάνω κάτω και μέσα έξω, θα ξαναθερμανθεί για άλλες 15-20 μέρες. Αν όμως ο σωρός είναι φτιαγμένος σωστά από την αρχή, δεν πιστεύω ότι χρειάζεται γύρισμα. Τα σκουλήκια είναι σημάδι ότι όλα πάνε καλά.
- Τρεις φάσεις μεσολαβούν μέχρι να γίνει χούμος ο σωρός: 1η φάση: η αρχική μυρωδιά εξαφανίζεται και δίνει τη θέση της σε μια μυρωδιά ξύλου, 2η φάση: το χρώμα γίνεται παντού σκούρο καφέ, 3η φάση: η αρχική υφή του εξαφανίζεται και ο σωρός μοιάζει με πλούσιο χόμα. Αν το χρησιμοποιήσετε πριν την τρίτη φάση, μην το χώσετε βαθιά, αλλά ανακατέψτε το με το χόμα από την επιφάνεια του εδάφους, για να συνεχίσει να αερίζεται.
- Ένας δεύτερος σωρός στο ίδιο μέρος έχει καλύτερα αποτελέσματα από τον πρώτο και πολύ περισσότερα σκουλήκια.
- Το κομπόστ χρησιμοποιείται την άνοιξη και το φθινόπωρο
- Στον κήπο το κομπόστ χρησιμοποιείται στην επιφάνεια του εδάφους (5-10 εκ. βάθος), ή σε σειρές για σπορά, ή στις τρύπες για το φύτεμα. Σε δέντρα (ελιές, πορτοκαλιές κλπ) σκορπίζεται με φτυάρι και στη συνέχεια απλώνεται με τσουγκράνα στο έδαφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Ο αερισμός πρέπει να γίνεται κανονικά για να μπορέσουν να ζήσουν οι αερόβιοι οργανισμοί. Σε περίπτωση ανεπάρκειας οξυγόνου, πολλαπλασιάζονται οι αναερόβιοι οργανισμοί και τότε έχουμε την άσχημη μυρωδιά στην κοπριά μας. Μια κοπριά σωστά φτιαγμένη δε βρωμάει ποτέ, έχει μυρωδιά του δασικού χώματος. Θέλουμε καλό αερισμό (για καλή ανάπτυξη των αερόβιων οργανισμών), σε συνδυασμό με την αναγκαία υγρασία χωρίς να προκαλούνται συνθήκες ασφυξίας. Εάν δεν εξασφαλιστεί ο αερισμός, δεν δεσμεύεται το N σε οργανική μορφή και εντείνονται οι απώλειες του. Επίσης δεν επιτυγχάνεται η ανάπτυξη της κατάλληλης θερμοκρασίας, που θα καταστρέψει τα παθογόνα μικρόβια. Η άσχημη μυρωδιά είναι δείγμα αναερόβιας ζύμωσης. Για την ομαλή δραστηριότητα των μικροοργανισμών, αλλά και για την απομάκρυνση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα, είναι απαραίτητη η παροχή αέρα στο σωρό. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με το ανακάτεμα του σωρού, αλλά είναι καλύτερα να έχει κατασκευαστεί από την αρχή σωστά ο σωρός, έτσι ώστε να πραγματοποιείται η κυκλοφορία του αέρα από τον πυθμένα του. Σε σωρούς που πίνουν χώρο μεγαλύτερο του ενός m², επιβάλλεται η δημιουργία αεραγωγών.

Η πλήρης αποσύνθεση απαιτεί την καλή οξυγόνωση ολόκληρου του σωρού. Η πιο καλή πρακτική είναι το συχνό γύρισμα, αλλά μερικές άλλες τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα ή και αντί για το γύρισμα: Φτιάχνουμε το πρώτο στρώμα από ένα αδρό υλικό (π.χ. θρύμματα ξύλου) για να εξασφαλίσουμε τον αερισμό από κάτω. Θρυμματίζουμε πρώτα τα φύλλα, το σανό και τα υπολείμματα του κήπου. Υλικά όπως το χαρτί και το γρασίδι χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες,

επειδή τείνουν να σχηματίζουν αδιαπέραστο στρώμα όταν βραχούν. Βάζουμε ξύλα στο σωρό όταν τον «χτίζουμε», που θα βγάλουμε αργότερα. Έτσι δημιουργούμε διόδους για τον αέρα. Κάνουμε τρύπες επίσης με μια τσουγκράνα ή λοστό. Μια εξαιρετική μέθοδος για καλό αερισμό ενός παθητικού σωρού είναι να θάβουμε λίγους πλαστικούς υδραυλικούς σωλήνες που πρώτα τους έχουμε ανοίξει τρύπες. Τα κοτσάνια του ηλιάνθου και το άχυρο κάνουν την ίδια δουλειά, ενώ του σταριού όχι γιατί δεν γίνονται κοίλα καθώς σαπίζουν. Περιορίζουμε το ύψος και το πλάτος του σωρού στα 2 μέτρα το πολύ για να αποφύγουμε τη συμπίεση. Στο μήκος, δεν υπάρχει περιορισμός.

Ο αερισμός στο κομπόστ χρειάζεται για να αναπτυχθούν τα αερόβια μικρόβια και οι λοιποί οργανισμοί (Πανάγος, 1999). Όταν λέμε αερόβια εννοούμε τα μικρόβια που ζουν αναπνέοντας αέρα με οξυγόνο. Αν τα υλικά συμπεστούν πολύ ή πέσει πολύ νερό, τότε κλείνουν οι πόροι, οι αερόβιοι οργανισμοί υποχωρούν, και αναλαμβάνουν εργασία αποσύνθεσης οι αναερόβιοι

οργανισμοί (Πανάγος, 1999). Τότε ο σωρός βγάζει μια δυσάρεστη μυρωδιά και οι οργανισμοί αυτοί παράγουν ουσίες βλαβερές για τα φυτά (δηλητήρια για τις ρίζες) όπως: αμμωνία, υδρόθειο, βουτυρικό οξύ κ.α. αυτά τα παράγωγα δεν είναι μόνο για τις ρίζες των φυτών δηλητηριώδη, αλλά και για τη ζωή του εδάφους (Πανάγος, 1999). Τη διαφορά μεταξύ αερόβιου και αναερόβιου χωνεμένου κομπόστ τη βλέπουμε στις ρίζες των φυτών. Οι ρίζες αναπτύσσονται και εισχωρούν μέσα στο αερόβιο χωνεμένο κομπόστ, που έχει μπει στο έδαφος. Όταν έχουμε αναερόβιο ζυμωμένο κομπόστ, οι ρίζες απομακρύνονται σε αντίθετη κατεύθυνση από την περιοχή που βρίσκεται αυτό (Πανάγος, 1999).

4.2. Η ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Η κινητοποίηση και η ζωντάνια των μικροοργανισμών, κύρια των βακτηρίων, εμποδίζεται αισθητά από την ξηρασία. Γι' αυτό, η κομπόστ πρέπει να διατηρείται σταθερά υγρή, όχι όμως υπερβολικά, γιατί τότε θα εμποδίζεται το οξυγόνο, πράγμα που θα προκαλέσει τη σαπίλα και την άσχημη μυρωδιά της κοπριάς. Επίσης η μεγάλη υγρασία προκαλεί αναερόβιες συνθήκες, ενώ η ξήρανση διακόπτει την ζύμωση. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί ζουν με νερό, αλλά η πολύ υγρασία δυσκολεύει τον αερισμό, «πνίγει» το σωρό και αποπλένει τα θρεπτικά. Το καλό κομπόστ είναι υγρό όσο ένα υγρό σφουγγάρι. Ελέγχουμε την υγρασία στο σωρό με τους εξής τρόπους:

Φτιάχνουμε το σωρό σε μέρος που αποστραγγίζεται καλά. Αν χρειάζεται, αρχίζουμε το στρώμα της βάσης με άμμο ή χαλίκι. Καθώς προσθέτουμε κάθε στρώμα, το βρέχουμε με ένα ποτιστήρι. Ελέγχουμε την υγρασία κάθε 5-10 μέρες και προσθέτουμε νερό όταν γυρνάμε το σωρό. Μαζί με ένα στρώμα υγρών υλικών (π.χ. φλούδες φρούτων) βάζουμε και υλικά απορροφητικά (π.χ. πριονίδι ή θρυμματισμένα ξερά φύλλα). Για να διώξουμε την υπερβολική υγρασία, γυρίζουμε το σωρό. Προστατεύουμε το σωρό από τις καιρικές συνθήκες. Κάνουμε το σωρό σε ένα καλυμμένο δοχείο, τον καλύπτουμε με άχυρο ή με ένα μουσαμά στην κορυφή. Δίνουμε στο σωρό κατάλληλο σχήμα. Σε υγρό κλίμα, στρογγυλεύουμε την κορυφή, σε ξερό την κάνουμε κοίλη. Η άριστη σχετική υγρασία για την κομποστοποίηση είναι 50-60%. Μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας εμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα, δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες και δυσχεραίνουν τη δράση των αερόβιων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα το σταμάτημα της κομποστοποίησης, ενώ με υγρασία κάτω του 30% διακόπτεται η διαδικασία της αποσύνθεσης. Η υγρασία χρειάζεται πάλι να υπάρχει παντού μέσα στο κομπόστ. Υγρασία και ζέστη στο εσωτερικό του κομπόστ ευνοεί την ανάπτυξη των μικροβίων και γίνονται πιο γρήγορα οι διαδικασίες χωνέματος (Πανάγος, 1999). Στο χώνεμα επιδρούν όλοι οι ζωντανοί μικροοργανισμοί του εδάφους που χρειάζονται οξυγόνο, όπως: μύκητες άποικο δομής, άγριοι ζυμομύκητες, ακτινομύκητες, αερόβια βακτηρίδια, γαιοσκώληκες κ.α. Κάθε ομάδα έμβιων όντων αφήνει σε μια επόμενη το προετοιμασμένο γι' αυτήν υλικό με τις κατάλληλες βιταμίνες, ένζυμα και λουπές

δραστικές ουσίες (Πανάγος, 1999).

4.3. Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Μαζί με την υγρασία και το σωστό αερισμό, για μια σωστή και γρήγορη χουμοποίηση των οργανικών υλικών, απαραίτητη είναι και η θερμοκρασία. Στη θερμοκρασία οφείλεται το ότι οι κοπριές χωνεύουν το καλοκαίρι γρηγορότερα παρά το χειμώνα. Ενώ ένας πολύ μεγάλος σωρός έχει προβλήματα αερισμού, αν είναι μικρότερος από 1 μέτρο σε διάσταση δεν θα «ανάψει». Με δεδομένη αναλογία C/N, υγρασία και αερισμό, το κομπόστ θα ζεσταθεί ακόμα και στα κρύα του χειμώνα. Ένας σωρός μπορεί να φτάσει τους 160 βαθμούς Φαρενάιτ αλλά θα δώσει καλά αποτελέσματα αν γίνει στους 120. Στα κρύα κλίματα μονώνουν το σωρό με αχυρόμπαλες ή φύλλα και έτσι η κομποστοποίηση συνεχίζεται όλο το χειμώνα. Με τη δράση των μικροοργανισμών αυξάνεται σημαντικά η θερμοκρασία του σωρού, καθώς μέρος της παραγόμενης ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα. Στην αρχή οι μικροοργανισμοί αναπαράγονται πολύ γρήγορα και με την άνοδο της θερμοκρασίας επιβραδύνεται η δράση των μικροοργανισμών και δρουν μόνο θερμοφιλά βακτήρια, ενώ παρατηρείται κατανάλωση σακχάρων και άλλων ενώσεων όπως τα υ945 απλά αμινοξέα. Η υψηλή θερμοκρασία διατηρείται όσο διαρκεί η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και στη συνέχεια πέφτει σταδιακά, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ώριμης κομπόστας. Από τις μεγάλες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, χάνεται και η υγρασία με τη μορφή υδρατμών και γι' αυτό θα πρέπει να αναπληρώνεται με την προσθήκη νερού ή υλικών που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό.

Η αύξηση της θερμοκρασίας αρχικά δείχνει ότι οι πληθυσμοί των μικροβίων έχουν αρχίσει την επεξεργασία του χωνέματος. Η θερμοκρασία που φτάνει μέσα στο σωρό μέχρι 60 ° C ή και 65 ° C, υψηλότερες θερμοκρασίες δεν είναι επιθυμητές, διότι έτσι χάνεται το άζωτο (Πανάγος, 1999). Αυτό ελέγχεται με θερμόμετρο. Σε περίπτωση όπου η θερμοκρασία ανέβει πάνω από 60° C, τότε ανοίγουμε το σωρό, τον ανακατεύουμε καλά με κρύο νερό και προσθέτουμε χόμα και μετά σχηματίζουμε ξανά τον σωρό (Πανάγος, 1999). Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία παραμένει χαμηλή, κάτω από 45 ° C Ο, τότε βοηθάμε την άνοδο της θερμοκρασίας εμπλουτίζοντας τον σωρό με μικροοργανισμούς (σε 10 λίτρα νερό θερμοκρασίας 40 ° C Ο διαλύουμε 300 - 400 γραμμάρια ζάχαρη και 20 - 40 γραμμάρια μαγιά αρτοποιίας).

4.4. Η ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Έχει αποδειχθεί ότι οι μικροοργανισμοί της κοπριάς αναπτύσσονται και ευδοκιμούν καλύτερα σε μια οξύτητα με pH μεταξύ 5,5 και 7,5). Ο βιοκαλλιεργητής που φροντίζει και παρακολουθεί την εξέλιξη της κοπριάς, μετράει από καιρό σε καιρό και την οξύτητα που επικρατεί σ' αυτήν. Σε περίπτωση που οι τιμές δείχνουν υπερβολικά όξινη κατάσταση (δηλαδή pH κάτω από 5,5), τότε με μικρές δόσεις από ασβέστιο επιτυγχάνει αλκαλική κατάσταση. Η αύξηση της οξύτητας στα αρχικά στάδια οφείλεται στην παραγωγή οργανικών οξέων, τα οποία καταναλώνονται

γρήγορα και στη συνέχεια στην παραγωγή αμμωνίας. Το pH κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 5-5,5 και 7,5-8. Πτώση του pH κάτω από 5 αναστέλλει τη διαδικασία της κομποστοποίησης, ενώ σε αυτή την περίπτωση η προσθήκη ασβέστη βελτιώνει την κατάσταση. Γίνεται μεγάλη προσπάθεια από τους καλλιεργητές για την καλύτερευση της παραγωγικότητας του εδάφους ελέγχοντας την οξύτητα του κομπόστ (Αλκιμος, 2000). Για τα περισσότερα φυτά το έδαφος και το χουμοποιημένο κομπόστ πρέπει να έχουν οξύτητα μεταξύ 6,5 και 8,5 στην πεχαμετρική σκάλα 0 έως 14.

Η βροχή σε μερικές περιοχές είναι όξινη και αυτό οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας από τις βιομηχανίες και τα αυτοκίνητα (Αλκιμος, 2000). Οι ομιχλώδεις αυτοί ατμοί της ατμόσφαιρας, που πέφτουν σαν βροχή ή με τη βροχή, περιέχουν κυρίως θειούχα, αζωτούχα και αλατούχα οξέα. Όταν αυτά τα οξέα διεισδύσουν στο χώμα εξουδετερώνουν το ασβέστιο, τον άργιλο και το σίδηρο που βρίσκονται ελεύθερα στο διάλυμα (Αλκιμος, 2000). Η κατάσταση χειροτερεύει όταν το αλουμίνιο, το μαγνήσιο και το ασβέστιο που βρίσκονται στον ορυκτό άργιλο του εδάφους αναγκάζονται και αυτά να εξέλθουν εκτοπισμένα από τα μόρια των οξέων και μπαίνουν στο υδάτινο διάλυμα (ανταλλαγή ιόντων) με αποτέλεσμα να καταστρέφονται οι ρίζες των φυτών.

Με μια συνεχιζόμενη «όξινη βροχή» χωρίς να ληφθούν προστατευτικά μέτρα, θα εισέλθουν και άλλα ιόντα από άλλα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, ο χαλκός, το κάδμιο, στο έδαφος και η κατάσταση θα χειροτερεύσει με αποτέλεσμα το θάνατο των φυτών (Αλκιμος, 2000). Σε τέτοιες περιπτώσεις, όταν δεν είναι πια αργά, μπορούμε να καλύτερεύσουμε την κατάσταση προσθέτοντας ασβέστιο στο χώμα σύμφωνα με την παρακάτω αναλογία:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Η αναλογία PH και ασβεστίου.

Όταν το PH τον εδάφους είναι:	Ασβέστιο σε κιλά ανά τετραγ. μέτρο	
	Για να γίνει το PH 6,0	Για να γίνει το PH 6,5
Μικρότερο από 5,0	1,8 κιλά	2,3 κιλά
Μικρότερο από 5,2	1,6 κιλά	2,1 κιλά
Μικρότερο από 5,5	1,2 κιλά	1,9 κιλά
Μικρότερο από 6,0	-	1,5 κιλά

ΠΗΓΗ: Αλκιμος, 2000

4.5. ΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.

Η σχέση C/N είναι πολύ σημαντική και η ιδανική τιμή της πρέπει να είναι γύρω στο 25-35/1. Ο άνθρακας είναι βασικά αυτός που παρέχει ενέργεια στους μικροοργανισμούς, ενώ το άζωτο βασικό συστατικό για τη δημιουργία των πρωτεϊνικών συστατικών τους. Αν η τιμή του C/N είναι μεγαλύτερη, απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την αποσύνθεση, ενώ αν είναι μικρότερη, τότε μέρος του αζώτου χάνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή αμμωνίας ή εκπλύνεται. Η ρύθμιση του λόγου C/N μπορεί να γίνει με την ανάμειξη υλικών που έχουν διαφορετικές τιμές C/N. Τα άχυρα περιέχουν μεγάλο ποσοστό άνθρακα, ενώ η εμπλουτισμένη με ούρα κοπριά, περιέχει μεγάλο ποσοστό αζώτου.

4.6. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ.

Εάν χρησιμοποιούμε κοπριά για κομπόστα, δεν πρέπει αυτή να υποστεί αερόβια ζύμωση προηγουμένως, γιατί θα υποστεί απώλειες σε N. Το χώνεμα του σωρού για περίοδο πλέον των 6 μηνών προκαλεί απώλειες, και αν δεν χρησιμοποιηθεί έγκαιρα πρέπει να το διατηρούμε σκεπασμένο μέσα στο χώμα. Εμβολιασμός του μίγματος με γαιοσκώληκες βοηθά την επεξεργασία των υλικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Σχέση αερόβιας και αναερόβιας ζύμωσης.

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΖΥΜΩΣΗ	ΑΕΡΟΒΙΑ ΖΥΜΩΣΗ
Έλλειψη αερόβιων μικροβίων	Αερόβια βακτήρια και μύκητες, γαιοσκώληκες
Ελλιπής ανάπτυξη χούμου	Παραγωγή σταθερού χούμου, αργιλοχουμικά σύμπλοκα
Αναγωγική παραγωγή ενώσεων του θείου, χλωρίου, αμμωνίας, ακόρεστων υδρογονανθράκων, τοξικών ενώσεων για τα φυτά	Το άζωτο δεσμεύεται από τη βιομάζα και κατόπιν αποδίδεται ως αφομοιώσιμο στο έδαφος. Επίσης αφομοιώσιμες μορφές P και ιχνοστοιχείων

ΠΗΓΗ: Φουντής και συν. 1996.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Σχέση θερμοκρασίας και εξέλιξης του υποστρώματος κατά την κομποστοποίηση

Στάδιο	Αποδόμηση οργανικών υλών	Μετασχηματισμός των συστατικών δια της χημικής και της βιοχημικής οδού	Παραγωγή χούμου	
°C*	50-65	50-30	30-20	<20
	Δραστηριοποίηση καταστροφή φυτοπαθογόνων και σπόρων ζιζανίων.	μικροοργανισμών, (μικροπανίδας) που τεμαχίζουν το υπόστρωμα	Δράση σκωλήκων, ζυυφίων κλπ (μικροπανίδας) που τεμαχίζουν το υπόστρωμα	

ΠΗΓΗ: Φουντής και συν. 1996.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

5.1. ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΣΚΟΝΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Οι σκόνες των πετρωμάτων δεν είναι τίποτε άλλο από την πούδρα (λεπτή σκόνη), που περισεύει στα λατομεία καθώς κόβουν τα πετρώματα (Πανάγος, 1999). Τα πετρώματα που μας ενδιαφέρουν είναι: γρανίτης, σχιστόλιθοι με γαλάζια και γενικά πετρώματα ηφαιστιογενούς προέλευσης, όπως η θηραϊκή γη (ελαφρόπετρα).

Οι σκόνες πετρωμάτων από ασβεστολιθικά πετρώματα έχουν ελάχιστη αξία για λίπανση, γιατί δίνουν στο έδαφος σχεδόν μόνο ασβέστιο (Πανάγος, 1999). Τις σκόνες αυτές μπορούμε να τις δώσουμε κατευθείαν στο έδαφος χωρίς κανένα κίνδυνο. Αν δεν βάζουμε σκόνες πετρωμάτων σε ανάμειξη με άλλα οργανικά υλικά στο κομπόστ, μπορούμε να προσθέσουμε 50-100 κιλά ανά στρέμμα το χρόνο στο χώμα (Πανάγος, 1999)).

Κύριος σκοπός της λίπανσης με σκόνες πετρωμάτων είναι να δώσουμε υλικά στο έδαφος που η ζωή του εδάφους είναι ικανή να αποσπάσει και να τα συνδέσει με οργανικές ουσίες ώστε να γίνουν διαθέσιμα στα φυτά. (Πανάγος, 1999). Σε περιπτώσεις όπου διαπιστωθούν ελλείψεις στοιχείων, μπορούμε να προσθέσουμε ειδικά πετρώματα. Σε αργιλώδη και πηλώδη εδάφη, δε συνιστάται να δίνεται στο έδαφος σκόνη από σχιστόλιθο και μπετονίτη. Ενώ αντίθετα, αυτό συνιστάται σε αμμώδη εδάφη (Πανάγος, 2000).

5.2. ΤΟ ΣΚΕΠΑΣΜΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Επειδή το κομπόστ στο σύνολο του πρέπει να λογίζεται σαν ένας ζωντανός οργανισμός, ή καλύτερα σαν ένας ζωντανός οργανισμός, έχει ανάγκη από κάποια προστασία (Αλκιμος, 2000). Θα πρέπει να προφυλαχθεί από ακραίες καιρικές συνθήκες, από υπερβολική υγρασία (βροχή), και ξηρασία (ήλιο) και από ανώτερους οργανισμούς, όπως τα θερμόαιμα ζώα που κατατρώνε τους γαιοσκώληκες, και τους άλλους οργανισμούς (Αλκιμος, 2000).

Από τις βροχές μπορούμε να προφυλάξουμε το κομπόστ με κάλυμμα πλαστικό, με άχυρα, με λαμαρίνες, ή και με ένα υπόστεγο το οποίο θα είναι σκέπασμα διαρκείας για πολλά χρόνια (Αλκιμος, 2000).

Και η υπερβολική ζέστη βλάπτει το κομπόστ, κυρίως το καλοκαίρι με το που ξηραίνει την επιφάνεια του και η διαδικασία χουμοποίησης υποχωρεί αισθητά. Εδώ βοηθά ένα σκέπασμα με χόρτα, με άχυρα, ή με τσουβάλια (Αλκιμος, 2000).

Όμως όλα αυτά τα μέτρα προστασίας ίσως να μην χρειάζονται αν το κομπόστ είναι υπό τη σκιά κάποιου δέντρου ή θάμνου (Αλκιμος, 2000). Το κάλυμμα με πλαστικό δε προστατεύει μόνο από τις καιρικές συνθήκες, αλλά προφυλάσσει και από τους αιωρούμενους σπόρους των ζιζανίων που πιθανόν να επικαθήσουν στο κομπόστ και αργότερα να φιλοξενούνε τα ζιζάνια αυτά στις καλλιέργειες μας επειδή χρησιμοποιήσαμε το κομπόστ αυτό (Αλκιμος, 2000).

5.3. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Προτού προβούμε στην εγκατάσταση του κομπόστ πρέπει να προηγηθεί σκέψη σχετικά με το μόνιμο χώρο του, το είδος του κομπόστ και τις οργανικές ουσίες που θα χουμοποιήσουμε (Αλκιμος, 2000).

Πρώτα απ' όλα το κομπόστ δεν πρέπει να είναι στο κέντρο του κτήματος αλλά και σε σημείο που να εμποδίζει στις καθημερινές εργασίες (Αλκιμος, 2000). Όμως οπουδήποτε και να γίνει το κομπόστ πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει κάποιο δέντρο ή μεγάλος θάμνος για να το σκιάζει ιδιαίτερα τις απογευματινές ώρες που ο ήλιος είναι καυτός. Σε αντίθετη περίπτωση οι ξηρές οργανικές ουσίες δεν θα γίνουν ποτέ χούμος παρά θα είναι καταφύγιο διαφόρων βλαβερών ζωοφίων και τρωκτικών (Αλκιμος, 2000). Επίσης, πρέπει να φροντίσουμε στη φύτευση πολυετών φυτών ή θάμνων ώστε να προστατεύσουν το κομπόστ από τον κρύο αέρα που δρα αρνητικά στη χουμοποίηση των ουσιών.

Όσο για τη κακοσμία, που τυχόν να υπάρξει αν δεν έχει γίνει σωστή δουλειά, μπορούμε να την αποφύγουμε αν κάθε φορά που προσθέτουμε διάφορα υπολείμματα σκορπίσουμε λίγη άσβεστο(σε σκόνη), ή και χώμα πάνω από αυτά (Αλκιμος, 2000). Αλλά και κάποιο σκέπασμα με ένα πλαστικό μαύρο ή μπλε που θα βοηθήσει στη σταθερή θερμοκρασία του κομπόστ. Το καλοκαίρι πρέπει να καταβρέχουμε το κομπόστ για να υπάρχει η κατάλληλη υγρασία για τους μικροοργανισμούς.

5.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤ

Οι κατασκευές έχουν μεγάλη ποικιλία. Εξαρτάται από τα διαθέσιμα υλικά, τις ανάγκες μας και το κλίμα. Το κομπόστ μπορεί να γίνει σε έναν απλό σωρό ή στοίβα αν ο όγκος είναι τουλάχιστο 3 κυβικά μέτρα. Οι κατασκευές για το κομπόστ είναι από ξύλο, πλαστικό, τσιμέντο, τούβλα, ή άλλο. Μόνιμοι ή μεταφερόμενοι, οι κάδοι μπορούν να προστατέψουν το κομπόστ από τον ήλιο και τα ζώα και να κρατήσουν τη θερμότητα για την κομποστοποίηση. Μερικοί κατασκευάζουν πετυχημένες κινητές κατασκευές από ξύλο και συρματόπλεγμα.(Αλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999).

5.5. ΤΥΠΟΙ ΔΟΧΕΙΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Τη σημασία της κομποστοποίησης των οργανικών υπολειμμάτων, που είναι συγχρόνως και μέθοδος οικολογικής προστασίας του περιβάλλοντος, την αντλήθηκαν νωρίς και οι βιομηχανίες παραγωγής γεωργικών και κηπευτικών εργαλείων και κατασκεύασαν διάφορους τύπους δοχείων για κομποστοποίηση (Αλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999).

Το πιο απλό δοχείο είναι ένα κυβικό κουτί από σανίδια ή στρογγυλά ξύλα όμως δεν έχουν μακρά διάρκεια (Αλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999), Άλλο τύποι είναι αυτοί από δικτυωτό σύρμα (σήτα), το κτιστό με τούβλα, το οποίο είναι μεγάλης διάρκειας αλλά κοστίζει λίγο παραπάνω και πρέπει να έχει μόνιμη θέση στο κτήμα. Το προτέρημα στα πλαστικά δοχεία είναι ότι αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία στο εσωτερικό και τα σπέρματα από τα διάφορα αγριόχορτα και ζιζάνια χάνουν τη βλαστητική τους ικανότητα (Αλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999). Υπάρχουν και δοχεία από ανοξείδωτο

μέταλλο με ραγμές ή τρύπες για καλύτερο αερισμό και με τοιχώματα που ανοίγουν διάπλατα για εύκολη εξαγωγή του κομπόστ.

Πάντως, οποιονδήποτε τύπο δοχείου χρησιμοποιήσουμε πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον ενός κυβικού μέτρου, να έχει εγκοπές ή τρύπες για αερισμό και το άδειασμα του κομπόστ να γίνεται εύκολα από κάποιες πλευρές του δοχείου που θα ανοίγουν (Άλκιμος, 2000, Πανάγος, 1999). Εάν έχουν και κάποιο σκέπασμα (καπάκι) τόσο το καλύτερο.

5.6. ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Καθώς προχωρεί το χώνεμα του κομπόστ, μεγαλώνει τον ποσοστό του χούμους διαρκείας, σε βάρος του χούμους διατροφής, έτσι μειώνεται το ποσοστό της τροφής για τη ζωή του εδάφους (Πανάγος, 1999). Ένα κομπόστ που έχει μείνει πολύ καιρό να χωνέψει, χάνει μεγάλο ποσοστό του αζώτου. Το χούμους διατροφής ή ανώριμο κομπόστ είναι πλούσιο σε άζωτο (N) αλλά δεν έχει ακόμα επεξεργαστεί (Πανάγος, 1999).

Ο σκοπός της κομποστοποίησης είναι, τουλάχιστον όσον αφορά το άζωτο, να δεσμεύσουμε το απελευθερωμένο αμμώνιο σε οργανική μορφή. Ένα κομπόστ που έχει ακόμη ελεύθερο αμμώνιο δεν είναι ώριμο (Πανάγος, 1999).

Όσο περισσότερο οργανικά δεσμευμένο άζωτο περιέχει ένα κομπόστ, τόσο καλύτερο και πιο πλούσιο είναι. Αυτό το καταφέρνουμε ελέγχοντας στην αρχή τη σχέση O/N και τη θερμοκρασία να μην υπερβεί τους 60°C ή καλύτερα τους 55 °C στο κέντρο του (Πανάγος, 1999).

Το χώνεμα του σωρού δεν πρέπει να διαρκέσει πολύ (όχι περισσότερο από 6 μήνες). Το ώριμο κομπόστ δεν πρέπει να περιέχει καθόλου θειούχες ουσίες ούτε αμμώνιο και πρέπει να χρησιμοποιηθεί όσο γίνεται πιο γρήγορα γιατί γίνεται διαρροή αζώτου (Πανάγος, 1999). Αν δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το κομπόστ σύντομα, τότε το σκεπάζουμε με αρκετό χώμα. Το ώριμο κομπόστ μπορεί χωρίς κανένα κίνδυνο να μπει μέσα στο χώμα. Μπορούμε να το βάλουμε μέσα στο λάκκο φυτέματος, να το χρησιμοποιήσουμε σε φυτώρια, σπορεία ή να το ανακατέψουμε με το χώμα του περιβολιού (Πανάγος, 999). Το ώριμο κομπόστ που τυχόν θα περισσέψει πρέπει να προστατευτεί από τον ήλιο και τη βροχή. Μετά ένα χρόνο έχει χάσει πια τη δύναμη του (Πανάγος, 1999).

Το έδαφος που μπαίνει το κομπόστ πρέπει να είναι ελαφρώς υγρό (όχι λάσπη) και να είναι σκαλισμένο (να έχει σπάσει η κρούστα). Τέλος, το έδαφος δεν πρέπει να είναι παγωμένο. Σε ορεινές περιοχές δεν βάζουμε κομπόστ στο έδαφος πριν από τον Απρίλιο. Η κατάλληλη, λοιπόν, υγρασία, θερμοκρασία και κατάσταση του εδάφους είναι οι παράγοντες που πρέπει να ελέγξουμε πριν βάλουμε κομπόστ στο έδαφος (Πανάγος, 1999). Τότε μόνο το έδαφος θα δεχτεί τη ζωή του κομπόστ μέσα.

Ευνοϊκό είναι λοιπόν να σχηματίζουμε το κομπόστ το φθινόπωρο, ώστε την άνοιξη να είναι έτοιμο, για να το απλώνουμε τότε στην επιφάνεια του εδάφους και να το ανακατεύουμε επιφανειακά με το

χώμα (Πανάγος, 1999). Αν το κομπόστ περιέχει χοντρά αχώνευτα κομμάτια (ξύλα), τότε αυτά πρέπει να αφαιρεθούν με κοσκίνισμα και να φυλαχτούν κάπου για χρησιμοποιηθούν στο νέο κομπόστ που θα φτιάξουμε. Αν δεν θέλουμε να κάνουμε κοσκίνισμα, τότε απλώνουμε το κομπόστ με τα χοντρά κομμάτια στην επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να το ανακατέψουμε με το χώμα, και για να μην νεκρωθεί (Πανάγος, 1999).

Η σωστή παρασκευή και χρήση του κομπόστ δίνει αυτό που επιδιώκουμε δηλαδή ζωντανό, γόνιμο έδαφος, υγιή φυτά και την ικανοποιητική παραγωγή με ιδιαίτερα ανωτέρας ποιότητας προϊόντα (Πανάγος, 1999).

5.7. ΤΕΣΤ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε εάν το κομπόστ μας έχει ωριμάσει και μπορούμε πλέον να το χρησιμοποιούμε (Αλκιμος, 2000). Το πότε θα το κάνουμε το τεστ και αν θα έχουμε καλά αποτελέσματα εξαρτάται από το πώς κάνουμε το μείγμα των οργανικών ουσιών, εάν βάλουμε ενισχυτικές ουσίες και πόση φροντίδα δείξαμε κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης (τριών - τεσσάρων, έξι μηνών) (Αλκιμος, 2000).

Το πιο απλό τεστ που μπορούμε να κάνουμε είναι το πείραμα με σπόρους από κάρδαμο. Χρησιμοποιούμε κάρδαμο γιατί φυτρώνει γρήγορα και φαίνεται να είναι δείκτης ακραίων καταστάσεων, όπως PH, θρεπτικών ουσιών κ.α. (Αλκιμος, 2000).

Σε μια γλάστρα βάζουμε κοσκινισμένο κομπόστ, καταβρέχουμε το χώμα ελαφρά και σπέρνουμε του σπόρους από κάρδαμο, σκεπάζοντας τους με ένα στρώμα του ίδιου κοσκινισμένου κομπόστ (Αλκιμος, 2000). Στη συνέχεια, την τοποθετούμε σε ζεστό μέρος και τη σκεπάζουμε με ένα κομμάτι πλαστικό ή τζάμι. Μετά από 3-4 μέρες πρέπει ο σπόρος να φυτρώσει κατά το μεγαλύτερο μέρος και να μεγαλώνει πράσινος και ζωηρός. Εάν συμβεί αυτό τότε μπορούμε να πούμε ότι το κομπόστ μας έχει ωριμάσει (Αλκιμος, 2000). Εάν ο σπόρος φυτρώνει αραιά με κίτρινα ή μισοανεπτυγμένα φύλλα τότε αυτό είναι ένα δείγμα ότι το κομπόστ δεν έχει ωριμάσει ή ότι δεν περιέχει αρκετά θρεπτικά συστατικά (Αλκιμος, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι πρώτες προσπάθειες ανάπτυξης ενός συστήματος κομποστοποίησης ξεκίνησαν στις αρχές του αιώνα. Το πρώτο ίσως σύστημα, γνωστό ως Indore ή 'Bangalore' αναπτύχθηκε στην Ινδία το 1925 από τον Albert Howard (Aitken et al., 2005). Από τότε οι γνώσεις μας σε ότι αφορά τον λειτουργικό ρόλο των οργανισμών έχουν προχωρήσει σε ικανοποιητικό βαθμό και προσφέρουν την απαραίτητη θεωρητική βάση για την ανάπτυξη πρόσφορων μεθόδων κομποστοποίησης (Aitken et al., 2005).

Σήμερα 'συστήματα' κομποστοποίησης, πωλούνται στην παγκόσμια αγορά με διάφορα εμπορικά ονόματα (Aitken et al., 2005). Όλα τα συστήματα έχουν σαν βασική προϋπόθεση την εξασφάλιση ικανοποιητικού αερισμού του υποστρώματος, είτε με «γύρισμα», είτε με μηχανική ανάδευση είτε με ενεργό αερισμό (Aitken et al., 2005). Η κομποστοποίηση μεγάλης κλίμακας είναι μια γενική έννοια με σκοπό την μείωση της ποσότητας των αποβλήτων και την παραγωγή πολύτιμων τελικών προϊόντων. Παρακάτω, γίνεται μια αναφορά στις μεθόδους κομποστοποίησης και στα οφέλη της (Aitken et al., 2005).

6.1. ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΣΤΑΣΙΜΟΙ ΣΩΡΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤ

Η μέθοδος των αεριζόμενων στάσιμων σωρών αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 70 με σκοπό τη μείωση των απαιτήσεων της περιοχής, αλλά και για να επιλυθούν προβλήματα που σχετίζονται με τις μεθόδους αναμόχλευσης των οργανικών υπολειμμάτων (Aitken et al., 2005).

Οι αερόβιοι στάσιμοι σωροί εμφανίζονται σε μορφή στρωμάτων οργανικών υπολειμμάτων. Το εύρος τους είναι 10-20 πόδια, περίπου 12 πόδια ύψος και 60-100 πόδια μήκος (Aitken et al., 2005). Οι σωροί οργανικών υπολειμμάτων είναι διαμορφωμένοι από μια σειρά από διατρυπημένους σωλήνες στους οποίους ο αέρας εισέρχεται κατευθείαν πιεσμένος (θετικός αερισμός) ή παθητικά (αρνητικός αερισμός) στο σωρό χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα (Aitken et al., 2005).. Ο αναγκαστικός αερισμός εξαλείφει τις ανάγκες και τις δαπάνες για την αναστροφή. Ο διατρυπημένος σωλήνας μοιάζει με 4 "πλαστικό σωλήνα αγωγών που συνδέεται με έναν ανεμιστήρα για να διανέμει τον αέρα από κάτω και μέσα στο σωρό κομποστοποίησης (Aitken et al., 2005). Οι σωροί λίπανσης στηρίζονται πάνω σε στρώμα από πριονίδι, που ποικίλλει από 6-12 ίντσες βάθος και το οποίο καλύπτει τους σωλήνες. Σκοπός των πριονιδιών είναι να επιτραπεί η ροή αέρος και να διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το σωρό (Aitken et al., 2005).

Η χρήση αυτών των ανεμιστήρων εξασφαλίζει ικανοποιητικά επίπεδα οξυγόνου για να διατηρηθεί η μικροβιακή δραστηριότητα και για να ωθήσει έξω οποιαδήποτε υπερβολική θερμότητα. Οι σωροί ελέγχονται ώστε να αποκτήσουν μια σταθερή θερμοκρασία μεταξύ 120-150

F. Αυτή η διαδικασία προστατεύει το σωρό από τη μετάβαση σε αναερόβιες συνθήκες ή συνθήκες ανεπάρκειας οξυγόνου (Aitken et al., 2005).

Οι αναερόβιες συνθήκες, οδηγούν στις αποκρουστικές μυρωδιές και οι οποίες προσελκύουν συνέχεια τα τρωκτικά. Με τις αερόβιες συνθήκες ο σωρός είναι κάτω από αρνητική πίεση (Aitken et al., 2005). Έτσι το αέριο που απελευθερώνεται μπορεί να κατευθυνθεί μέσω μιας σειράς biofilters για να εξασφαλιστεί ο έλεγχος των οσμών. Αερόβιοι στάσιμοι σωροί μπορούν να διαμορφωθούν στις γήινες επιφάνειες ή σε τσιμεντένια πατώματα είτε στο εξωτερικό είτε στο εσωτερικό όπου οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν να ελεγχθούν περισσότερο (Aitken et al., 2005).

Οι σωροί καλύπτονται επίσης με ένα στρώμα το τύρφη ή ένα στεγανό κάλυμμα για να διατηρηθεί η θερμότητα, η υγρασία και το οξυγόνο στο σωρό. Επίσης, η δημιουργία μικροκλίματος, έχει σκοπό τη μείωση της διάρκειας κομποστοποίησης (Aitken και συν., 2005).

Υπάρχουν δύο μέθοδοι αεριζόμενου στατικού σωρού κομποστοποίησης. Η μια με ενεργούς αεριζόμενους σωρός και η άλλη με την ύπαρξη παθητικά αεριζόμενου σωρού. Η ενεργός αεριζόμενη μέθοδος πραγματοποιείται με τη χρήση των ανεμιστήρων σε ένα κλειστό σύστημα για να ελεγχθεί η ροή αέρα και η θερμοκρασίας. Σε παθητικά αεριζόμενο σύστημα είναι ακριβώς το ίδιο με διαφορά το αναγκασμένο σύστημα αέρα. Οι άκρες των σωλήνων είναι ανοικτές και από τις δυο πλευρές (Aitken et al., 2005).

Πλεονεκτήματα του αεριζόμενου στάσιμου σωρού κομποστοποίησης (Aitken et al., 2005).

1. Δυνατότητα να ελεγχθούν τα επίπεδα οξυγόνου και θερμοκρασίας στο σωρό.
2. Δεν απαιτείται καμία μηχανική αναστροφή.
3. Μείωση των μυρωδιών και των τρωκτικών.
4. Έχει την ικανότητα να γίνει υπαίθρια ή όχι.
5. Πιο γρήγορη σε σύγκριση με την μέθοδο των στρωμάτων οργανικών υπολειμμάτων .

Μειονεκτήματα του αεριζόμενου στάσιμου σωρού κομποστοποίησης (Aitken et al., 2005).

1. Το χονδροειδές υλικό πρέπει κοσκινιστεί και έπειτα να τεμαχιστεί.
2. Καμία δυνατότητα να ρυθμιστεί το επίπεδο υγρασίας.
3. Οι συνδεδεμένοι σωλήνες θέλουν μεγαλύτερη συντήρηση και μειώνεται η αποδοτικότητα τους.
4. Υψηλότερο κόστος συγκρινόμενη με τη μέθοδο στρωμάτων οργανικών υπολειμμάτων.

6.2. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

Το σύστημα αυτό είναι η ο πιο φτηνή και πιο κοινή επιλογή. Είναι επιμηκυμένοι σωροί (windrows) του υλικού, ύψος 6-10 πόδια, 15-20 πόδια εύρος και αρκετά πόδια μήκος. Εδώ, οι σωροί οργανικών υπολειμμάτων αερίζονται από φυσική μεταφορά. Καντός αέρα από το κέντρο εισέρχεται στην κορυφή του σωρού το οποίο δημιουργεί μερικό κενό και το οποίο

παρασέρνει κρύο αέρα εσωτερικά από τις πλευρές. Έτσι κυκλοφορεί ο αέρας και αερίζεται το κομπόστ (Aitken et al., 2005). Το βέλτιστο μέγεθος και η μορφή του σωρού οργανικών υπολειμμάτων εξαρτώνται από το μέγεθος των μορίων, την περιεκτικότητα σε υγρασία, το διάστημα των πόρων, και το ποσοστό αποσύνθεσης, τα οποία έχουν επιπτώσεις στην μετακίνηση του οξυγόνου προς το κέντρο του σωρού (Aitken et al., 2005).

Ειδικά, αυτός ο σωρός οργανικών υπολειμμάτων πρέπει να μετριαστεί ώστε η θερμότητα που χάνεται από τις εξωτερικές επιφάνειες του σωρού να ισορροπείται από τη θερμότητα που παράγεται στο σωρό από τα μικρόβια κατά την αποσύνθεση (Aitken et al., 2005). Το μόνο που απαιτείται με την κατασκευή του είναι η αναμόχλευση ή η μίξη των υλικών με τη βοήθεια ενός φορτωτή ή μιας μηχανής αναμόχλευσης ώστε να βρουν διέξοδο η θερμότητα και η υγρασία καθώς και αύξηση του πορώδους του σωρού για να βελτιώσει τη ροή αέρος (Aitken et al., 2005).

Οι σωροί οργανικών υπολειμμάτων, έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την κομποστοποίηση υλικών, υπολειμμάτων καλλιεργειών, απόβλητα, και δημοτικά στερεά απόβλητα (MSW). Το μεγαλύτερο μειονέκτημα τους στην κομποστοποίηση είναι η μεγάλη περιοχή που απαιτείτε σε σύγκριση με άλλες μεθόδους κομποστοποίησης (Aitken και συν., 2005).

ΕΙΚΟΝΑ 2: Σωρός οργανικών υπολειμμάτων



ΠΗΓΗ: Aitken et al.2005

6.3. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

Τα πρώτα στάδια της κομποστοποίησης είναι πολύ σημαντικά. Η κατάλληλη κατασκευή σωρού είναι το κλειδί για την έναρξη της διαδικασίας (Aitken et al., 2005).

Οι δύο πτυχές σχηματισμού σωρού είναι:

1. η μίξη των υλικών, και
2. η διαμόρφωση και σχηματοποίηση του σωρού.

Θα πρέπει να μελετηθεί λεπτομερώς ο σχηματισμός σωρού, όταν πρόκειται να κομποστοποιηθούν διαφορετικοί τύποι αποβλήτων (Aitken et al., 2005). Η μίξη απαιτείται για να ισορροπηθεί η αναλογία άνθρακα και αζώτου και να διανεμηθεί η υγρασία σε όλο το σωρό. Η μίξη απαιτείται επίσης για να εξασφαλιστεί μια ομαλή διανομή των μεγάλων πόρων έτσι ώστε το οξυγόνο να μπορεί να κινηθεί ελεύθερα μέσα στο σωρό.

Το μέγεθος και η μορφή του σωρού έχουν ως σκοπό να επιτρέψουν στο οξυγόνο να ρεύσει

σε όλο το σωρό ενώ η θερμοκρασία διατηρείτε σταθερή σε κατάλληλο πεδίο τιμών (Aitken et al., 2005). Εάν οι σωροί είναι πάρα πολύ μεγάλοι, το οξυγόνο δεν μπορεί να διαπεράσει στη μέση και εάν είναι πάρα πολύ μικροί οι σωροί δεν θα θερμανθούν στο επάνω μέρος κατάλληλα. Το βέλτιστο μέγεθος ποικίλλει ανάλογα τον τύπο του υλικού και το χρόνο του έτους. Σωροί από φθινοπωρινά φύλλα πρέπει χαρακτηριστικά να είναι περίπου 2,5 μέτρα ψηλά και 4 μέτρα ευρέα στη βάση (Aitken et al., 2005).

Μπορούν να κατασκευαστούν σωροί υψηλοί όπως 3 μέτρα . Οι σωροί των MSW αν αναμιχθούν με ύλες πλούσιες σε άνθρακα, θα πρέπει να είναι αρκετά μικρότεροι, συνήθως περίπου 1,5 μέτρα σε ύψος και 3 μέτρα σε εύρος. Αυτά τα μεγέθη είναι κατά προσέγγιση, και πρέπει να ρυθμιστούν (Aitken et al., 2005).

6.4. ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΩΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν δύο στόχοι που λαμβάνουν υπόψη όταν αναμοχλεύονται οι σωροί του κομπόστ (Aitken et al., 2005). Ο πρώτος είναι να μετακινηθούν τα υλικά από την έξω πλευρά του σωρού στο μέσο, στο οποίο η αποσύνθεση γίνεται πιο εύκολα. Ο δεύτερος στόχος είναι να αφηθεί το υλικό ώστε να γίνει πιο πορώδες και ο αέρας να μπορεί να κινηθεί πιο εύκολα. Οι εξειδικευμένοι μηχανισμοί αναμόχλευσης σωρών έχουν ως σκοπό να ολοκληρώσουν και τους δυο στόχους (Aitken et al., 2005).

Ένας φορτωτής είναι αρκετά αποδοτικός ώστε να γυρίσει τον σωρό. Η συχνότητα αναστροφής, πρέπει κανονικά να βασίζεται στη θερμοκρασία και πρέπει να εφαρμοστεί όποτε οι θερμοκρασίες στο σωρό υπερβαίνουν τους 140°F ή μειώνονται κάτω από 90°F. Υλικά πλούσια σε άνθρακα, θα πρέπει να αναμοχλεύονται μόνο μερικές χρονικές περιόδους ετησίως, αλλά αρκετά ωφέλιμη είναι η αναμόχλευση κάθε δύο εβδομάδες (Aitken et al και συν., 2005). Αφ' ετέρου, τα MSW ακόμα και όταν αποτελούν μίγμα με ουσίες πλούσιες σε άνθρακα, αρχικά χρειάζονται αναμόχλευση 3-4 φορές ημερησίως.

Όσο προχωρά η αποσύνθεση, και το κομπόστ γίνεται πιο σταθερό, η συχνή αναμόχλευση γίνεται λιγότερο σημαντική (Aitken et al., 2005). Εάν το κομπόστ έγινε κάτω από αναερόβιες συνθήκες και εκπέμπει δυσάρεστες μυρωδιές, η αναμόχλευση μπορεί να προσθέσει προσωρινά οξυγόνο, αλλά απελευθερώνονται οι δυσάρεστες μυρωδιές. Ορισμένα σχέδια αναμόχλευσης του κομπόστ ελαχιστοποιούν τις αρνητικές επιδράσεις, εξετάζοντας ορισμένους παράγοντες όπως, την κατεύθυνση του αέρα, όταν οι κάτοικοι είναι στα σπίτια τους ή όταν είναι έξω ή έχουν τα παράθυρα ανοιχτά (Aitken et al., 2005). Πριν αρχίσει η αναμόχλευση, θα πρέπει να γίνει προσπάθεια καθορισμού της ρίζας του προβλήματος όπως είναι ένας πάρα πολύ μεγάλος σωρός, το πάρα πολύ νερό, ή το πάρα πολύ άζωτο. Τα διορθωτικά μέτρα μπορούν να λάβουν χώρα κατά τη διάρκεια αναμόχλευσης του κομπόστ.

Είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί ένα σχέδιο αναμόχλευσης. Η συχνότητα της εξαρτάται,

από το ποσοστό αποσύνθεσης, την περιεκτικότητα σε υγρασία και το πορώδες των υλικών, και του επιθυμητού χρόνου κομποστοποίησης (Aitken et al., 2005),

Επειδή το ποσοστό αποσύνθεσης είναι μέγιστο κατά την έναρξη της διαδικασίας, η συχνότητα της αναστροφής μειώνεται όσο η ηλικία του σωρού μεγαλώνει. Σε εύκολα αποσυντιθέμενα μίγματα ή μίγματα πλούσια σε άζωτο απαιτείται καθημερινή αναστροφή κατά την έναρξη της διαδικασίας (Aitken et al., 2005). Δεδομένου ότι η διαδικασία συνεχίζεται, η συχνότητα αναστροφής μπορεί να μειωθεί σε μια αναστροφή την εβδομάδα.

Κατά τη διάρκεια της εποχής των μυγών, οι σωροί θα πρέπει να αναμοχλευτούν τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα για να παρεμποδιστεί ο βιολογικός κύκλος αναπαραγωγής της μύγας, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του σωρού (Aitken et al., 2005). Δεδομένου ότι μερικά είδη μυγών αναπτύσσονται ως ενήλικα σε μόνο πέντε ημέρες, θα πρέπει να απαιτηθεί αναμόχλευση κάθε τέσσερις ημέρες για τον έλεγχο των μυγών.

Μέχρι το τέλος της πρώτης εβδομάδας της κομποστοποίησης το ύψος των σωρών μικραίνει πολύ και στο τέλος της δεύτερης εβδομάδας μπορεί να είναι τόσο χαμηλό όσο δύο πόδια (Aitken et al., 2005). Η σταθεροποίηση των σωρών είναι μια πρακτική που διατηρεί την θερμότητα που παρήγαγε κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Αυτό είναι ένα από τα πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης σε σωρούς (Aitken et al., 2005). Πρόκειται για ένα ευπροσάρμοστο σύστημα που μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικές συνθήκες που προκαλούνται από τον καιρό της εποχής. Με τη μέθοδο των σωρών, το ενεργό στάδιο κομποστοποίησης διαρκεί γενικά τρεις έως εννέα εβδομάδες ανάλογα με τη φύση των υλικών και τη συχνότητα της αναμόχλευσης (Aitken et al., 2005).

Πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης σε σωρούς (Aitken et al., 2005):

- Γρήγορη ξήρανση του υγρού υλικού κατά τη διάρκεια της αναστροφής.
- Ξηρότερο κομπόστ ως αποτέλεσμα του εύκολου διαχωρισμού των ογκωδών ουσιών (ενδεχομένως) κατά τη διάρκεια της διαλογής.
- Ικανότητα να χειριστούν μεγάλες ποσότητες υλικών.
- Καλή σταθεροποίηση των προϊόντων.
- Σχετικά χαμηλή κύρια επένδυση (μπορεί να απαιτηθούν μαξιλαράκια τσιμέντου για το σωρό, μπροστά για τον φορτωτή και για τον μηχανισμό διαλογής).

Μειονεκτήματα της κομποστοποίησης σε σωρούς (Aitken et al., 2005):

- Δεν είναι αποδοτικό για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Οι δαπάνες συντήρησης του εξοπλισμού μπορούν να είναι σημαντικές.
- Απαιτείται προσεκτικός έλεγχος για τον αερισμό και την άνοδο της θερμοκρασίας η οποία με τη σειρά της μπορεί να ελέγξει τις οσμές και την καταστροφή παθογόνων.
- Η απελευθέρωση της δυσάρεστης μυρωδιάς κατά την αναμόχλευση του σωρού μπορεί

να γίνει πρόβλημα δημόσιων σχέσεων.

- Η διαδικασία κομποστοποίησης μπορεί να επηρεαστεί ή να καθυστερήσει λόγω της βροχής. Η περίφραξη του συστήματος απαιτεί υψηλό κόστος.
- Απαιτεί τη μεγαλύτερη ποσότητα από ογκώδη ουσία σε σύγκριση με το σύστημα ίη-vessel.

6.5. ΚΟΜΠΟΣΤ ΑΠΟ ΓΑΙΟΣΚΩΛΗΚΕΣ

Το κομπόστ αυτό χρησιμοποιεί σκουλήκια για να ανακυκλώσουν τα απορρίμματα τροφίμων και από οτιδήποτε άλλο οργανικό υλικό με τη βοήθεια μιας πολύτιμης εδαφικής τροποποίηση (Αλκιμος, 2000). Τα σκουλήκια τρώνε τα απορρίμματα των τροφίμων, τα όποια γίνονται κομπόστ καθώς περνούν εσωτερικά από σώμα τους (Αλκιμος, 2000).

Πλεονεκτήματα (Αλκιμος, 2000):

- Μείωση των δαπανών για τη διάθεση των απορριμμάτων.
- Παράγει τη λιγότερη μυρωδιά και προσελκύει λιγότερα παράσιτα από την τοποθέτηση των απορριμμάτων σε κάδο απορριμμάτων.
- Παράγει μια ελεύθερη, υψηλής ποιότητας εδαφική τροποποίηση.
- Απαιτεί λιγότερο διάστημα, εργασία, και συντήρηση.
- Γόνος σκουληκιών για την αλιεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

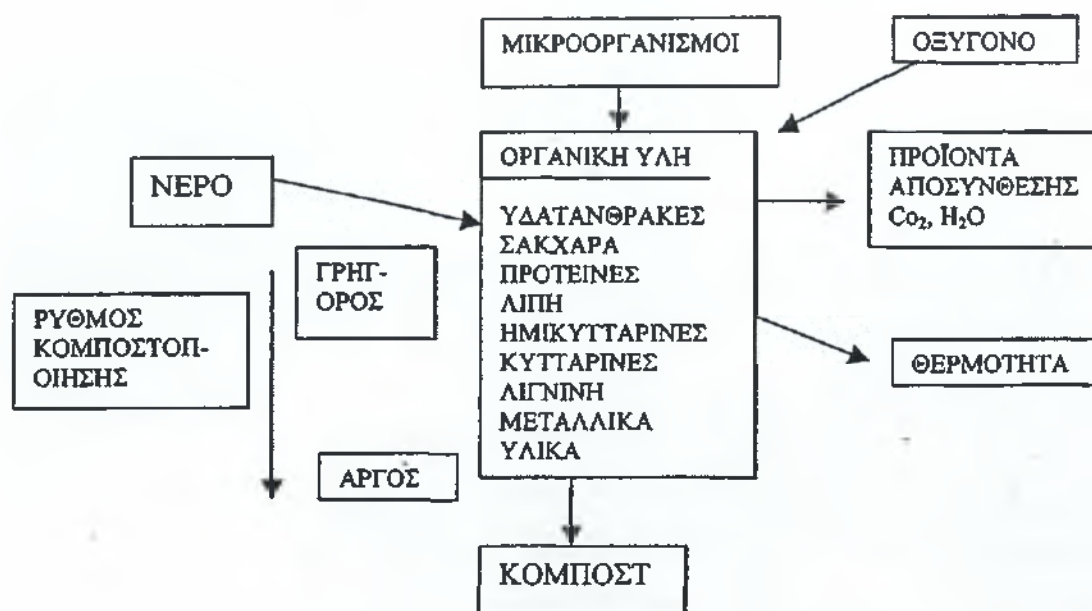
Το τελικό προϊόν, η κομπόστα, αποτελείται από οργανική ουσία (χούμο) και χρησιμοποιείται σαν λίπασμα, αλλά και για τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους. Αν και η παρασκευή κομπόστας άρχισε και εξελίχτηκε σε μικρή κλίμακα για μικρές ανάγκες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από επαγγελματίες παραγωγούς, με τη χρήση ζωικής κοπριάς και διαφόρων φυτικών υπολειμμάτων, όπως είναι τα υποπροϊόντα εκκόκκισης βαμβακιού, ελαιουργίας, οινοποιίας κλπ. Τα διάφορα οργανικά υλικά, ανεξάρτητα από την προέλευσή τους, έχουν διαφορετικές αντοχές στη δράση των μικροοργανισμών και περιέχουν σάκχαρα, πρωτεΐνες, κυτταρίνη, λιγνίνη και πολλά ανόργανα συστατικά. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η θερμοκρασία, το pH και η διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στους μικροοργανισμούς αλλάζουν συνεχώς. Το είδος των αρχικών υλικών, καθώς επίσης και το μέγεθος των τεμαχιδίων τους, επηρεάζουν σημαντικά την πορεία της αποσύνθεσης. Τα υλικά θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ουσίες που επιβραδύνουν τη διαδικασία αποσύνθεσης και τα τεμάχιά τους θα πρέπει να έχουν μικρό μέγεθος, ώστε να προσβάλλονται ευκολότερα από τους μικροοργανισμούς.

Συγκεκριμένα, σε σωρούς με φυσική κυκλοφορία αέρα, τα τεμαχίδια δεν πρέπει να υπερβαίνουν το μήκος των 5 cm, ενώ σε σωρούς με τεχνητή παροχή αέρα, να μην υπερβαίνουν το 1 cm.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, κομποστοποίηση είναι η βιολογική αποσύνθεση της οργανικής ουσίας κάτω από ελεγχόμενες αερόβιες συνθήκες. Αντίθετα, η ζύμωση είναι η αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την διαδικασία κομποστοποίησης. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες παίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία ενώ άλλοι μπορούν να επηρεάσουν την κατεύθυνση ή το βαθμό της.

Μέχρι το 1969 νέες φυσικές και χημικές τεχνικές παρείχαν στους επιστήμονες τα απαραίτητα εργαλεία για την εξέταση και διαχείριση αυτών των παραγόντων και αλλά και την ερεύνηση της διαδικασίας κομποστοποίησης με αυστηρό τρόπο. Η βασική διαδικασία κομποστοποίησης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

ΕΙΚΟΝΑ 8: Η διαδικασία κομποστοποίησης



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας είναι οι αερόβιοι μικροοργανισμοί και η υγρασία (Epstein, 1997).

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη διαδικασία κομποστοποίησης. Εντούτοις, η θερμοκρασία είναι το αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να περιορίσουν τη διαδικασία κομποστοποίησης είναι οι θρεπτικές ουσίες και το pH (Epstein, 1997). Οι θρεπτικές ουσίες, ειδικά ο άνθρακας και το άζωτο, παίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία, δεδομένου ότι είναι απαραίτητα για τη μικροβιακή αύξηση και δραστηριότητα. Ο άνθρακας είναι η κύρια πηγή ενέργειας, και το άζωτο απαιτείται για τη σύνθεση των κυττάρων. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι επίσης σημαντική πηγή ενέργειας (Epstein, 1997). Ο φωσφόρος και το θείο είναι επίσης σημαντικά αλλά, λίγοι γνωρίζουν γύρω από τον ρόλο του στην κομποστοποίηση.

Οι μικροοργανισμοί απαιτούν τα ίδια μικροθρεπτικά με τα φυτά και ανταγωνίζονται για τη διαθεσιμότητα τους (Stevenson, 1991). Μικροθρεπτικά όπως το Cu, το Ni, το Mo, ο Fe, το Mg, ο Zn, και το Na είναι απαραίτητα για την ενζυμική δραστηριότητα, αλλά δεν είναι και τόσο γνωστή η σημασία τους στην διαδικασία κομποστοποίησης.

Το μεγαλύτερο μέρος της αυτοθέρμανσης της οργανικής ουσίας είναι το αποτέλεσμα της μικροβιακής αναπνοής (Finstain and Morris, 1975). Αυτό πραγματοποιείται όταν η μάζα απομονώνεται, και η θερμότητα που παράγεται αυξάνει τη θερμοκρασία της μάζας. Μια αύξηση της θερμοκρασίας έχει επιπτώσεις στο μικροβιακό πληθυσμό των μεσόφιλων και θερμοφίλων οργανισμών, το οποίο έχει επιπτώσεις στη συνέχεια στο ποσοστό αποσύνθεσης

(Epstein, 1997). Η μικροβιακή αναπνοή μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης αποσύνθεσης και σταθερότητας του προϊόντος κομπόστ. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κομποστοποίησης το οξυγόνο καταναλώνεται, και απελευθερώνεται το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και το νερό (Epstein, 1997). Τις πρώτες ημέρες της κομποστοποίησης είναι δύσκολο να ελεγχθεί το CO₂ ή το O₂ σε μεγάλης κλίμακας κομποστοποίηση. Συνεπώς, τα περισσότερα από τα στοιχεία στη βιβλιογραφία προέρχονται από μικρής κλίμακας κομποστοποίησης ή από εργαστηριακές διαδικασίες (Epstein, 1997).

Εκτός από CO₂, εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και άλλες πτητικές ουσίες όπως είναι η αμμωνία. Σε σύγκριση με τα άλλα στοιχεία το CO₂ και το H₂O αντιπροσωπεύουν πολύ μικρό ποσό. Ο Wiley and Pierce (1955) προσδιόρισαν την αερόβια διαδικασία κομποστοποίησης με την ακόλουθη χημική εξίσωση:

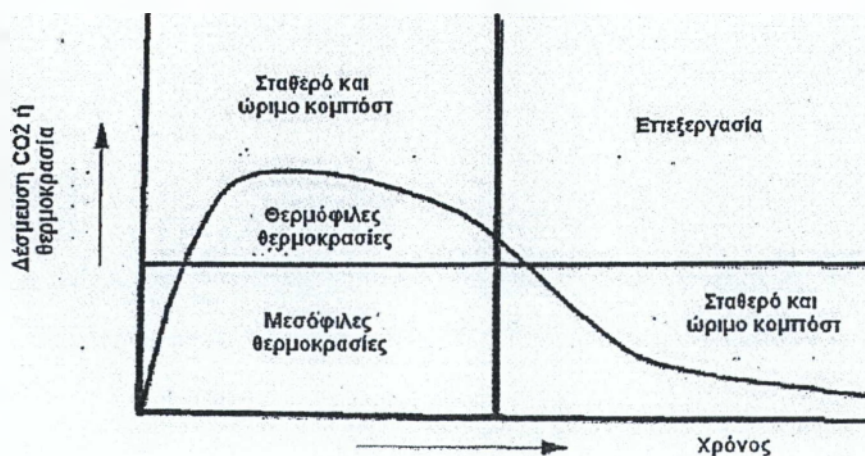


Οργανική ύλη καταναλωμένο κομπόστ νερό παραγ. νερό παραγ. διοξ
οξυγόνο εξάτμισης του
άνθρακα

(Τα μικρά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σταθερές για τους διαφορετικούς όρους.)

Η διαδικασία κομποστοποίησης μπορεί να απεικονιστεί και με άλλον τρόπο. Το σχήμα 4 παρουσιάζει μια γενική σχέση για την αναπνοή και την θερμοκρασία συναρτήσε του χρόνου κομποστοποίησης. Η μορφή της καμπύλης ποικίλλει ανάλογα με την πρώτη ύλη που πρόκειται να κομποστοποιηθεί και την μέθοδο κομποστοποίησης. Σε αυτή την φιογούρα υπάρχουν δύο σημαντικά στάδια, η ενεργές κομποστοποίηση και η επεξεργασία. Η ίδια καμπύλη μπορεί να υποδιαιρεθεί σε ζώνες θερμοκρασίας, τη μεσόφιλη (< 45) και θερμόφιλη (> 45C).

ΕΙΚΟΝΑ 4: Φάσεις κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης όπως φαίνεται από την δέσμευση CO₂ και θερμοκρασία.



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Κατά τη διάρκεια της φάσης της επεξεργασίας το μίγμα είναι λιγότερο ευαίσθητο στην ορυκτοποίηση του άνθρακα (δηλ. μετατροπή του C σε CO₂) το οποίο διασπάται μαζί με τα λιπαρά οξέα (Epstein, 1997). Τα λιπαρά οξέα μπορεί να είναι φυτοτοξικά, και η χρήση του μη επεξεργασμένου κομπόστ μπορεί να προκαλέσει ζημιά στα φυτά.

Τα συστήματα κομποστοποίησης παρουσιάζουν ομοιότητες με τα εδαφικά συστήματα που έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι οποιεσδήποτε διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε ένα στερεό υπόστρωμα (Epstein, 1997). Έτσι μέθοδοι της εδαφολογίας που αφορούν την εκτίμηση φυσικοχημικών παραγόντων όπως η υγρασία, το pH, η αναλογία C/N κλπ εφαρμόζονται σε συστήματα κομποστοποίησης. Ωστόσο τα συστήματα κομποστοποίησης παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές σε σχέση με τα εδαφικά, με κύρια την μελέτη περιεκτικότητας τους σε οργανική ουσία (Epstein, 1997). Αποτέλεσμα της μεγάλης πυκνότητας υποστρώματος είναι η έντονη μικροβιακή δραστηριότητα που μεταβάλλει τις ιδιότητες του υποστρώματος, με τέτοιο τρόπο ώστε ουσιαστικά το προϊόν της διαδικασίας να βρίσκεται σε ένα καθεστώς διαρκούς εξέλιξης (Epstein, 1997). Στο έδαφος οι φυσικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία ή η υγρασία αλλάζουν μετά από εξωτερικές επιδράσεις. Αντίθετα στην κομποστοποίηση οι αλλαγές είναι μια αλληλουχία εσωτερικών γεγονότων έτσι ώστε να μιλάμε για ένα ιδιαίτερο οικοσύστημα (Epstein, 1997).

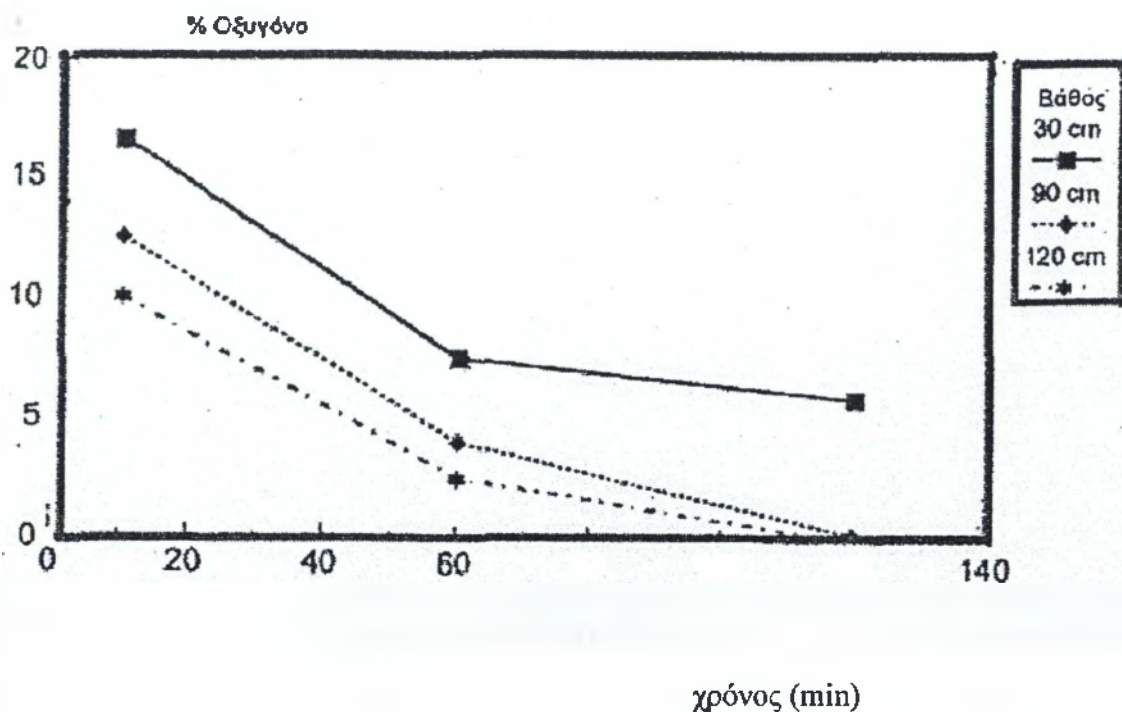
7.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΧΟΥΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤ)

Για να πετύχουμε μια γρήγορη και σωστή χουμοποίηση της κοπριάς πρέπει να φροντίσουμε για την ύπαρξη σ' αυτήν όσο το δυνατό περισσότερων μικροοργανισμών. Για να πολλαπλασιαστούν όμως και να δουλέψουν γρήγορα και σωστά οι μικροοργανισμοί, είναι ανάγκη να έχουμε υπ' όψη μας τα παρακάτω σημεία:

7.2. ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη μικροβιακή δραστηριότητα δεδομένου ότι είναι μια αεροβική διαδικασία (Epstein, 1997). Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι σε μη αερισμένους στάσιμους σωρούς το οξυγόνο εξαντλείται στα χαμηλότερα μέρη του σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα μετά την αναστροφή, όπως φαίνεται στο σχήμα (Wiley and Spillan, 1962; E&A Environmental Consultantas, Inc., 1993).

ΕΙΚΟΝΑ 5: Η μείωση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης μετά από αναστροφή



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Η έλλειψη οξυγόνου οδηγεί σε αναερόβιες διαδικασίες. Συνεπώς, σχηματίζονται αποσυντηθέμενες ουσίες που κατά την αναμόχλευση προκαλούν δυσάρεστη μυρωδιά. Οι περισσότεροι από τους ερευνητές των συστημάτων στάσιμων σωρών γνώριζαν το πρόβλημα αυτό και προνοήθηκε για τον αρνητικό αερισμό του, ο αποσυρόμενος αέρας να καθαρίζεται με τη βοήθεια φίλτρου (Epstein, 1997). Ο Caballero (1984) ανέφερε ότι στα δημοτικά οργανικά υπολείμματα, το οξυγόνο απαιτείται περισσότερο από τη διπλάσια ποσότητα αμέσως μετά την αναμόχλευση σε σύγκριση με πριν.

Αυτό θα μπορούσε να είναι το αποτέλεσμα του διαχωρισμού των μορίων των οργανικών υπολειμμάτων και η έκθεση μεγαλύτερης επιφάνειας στον μικροβιακό πληθυσμό. Η μείωση της υγρασίας με μια αύξηση των διακένων μπορεί επίσης να αυξήσει την μικροβιακή δραστηριότητα.

Μια παρόμοια κατανάλωση οξυγόνου φαίνεται στους αεριζόμενους στάσιμους σωρούς. Το οξυγόνο φθάνει σε πολύ χαμηλά επίπεδα μέσα σε 20 λεπτά μετά από το κλείσιμο των ανεμιστήρων (Thompson, 1984). Ως εκ τούτου, κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης ενός αεριζόμενου στατικού σωρού, οι ανεμιστήρες ρυθμίζονται από την θερμοκρασία και την ώρα. Το διάστημα μεταξύ ανοίγματος /κλεισίματος πρέπει να είναι περίπου 15 λεπτά.

Ο Schultz (1960) μελέτησε τη σχέση μεταξύ οξυγόνου και θερμοκρασίας. Βρήκε μια γραμμική σχέση, λογαριθμική συναρτήσεως του χρόνου. Η σχέση είναι η ακόλουθη:

$$Y = a \cdot 10^{kt}$$

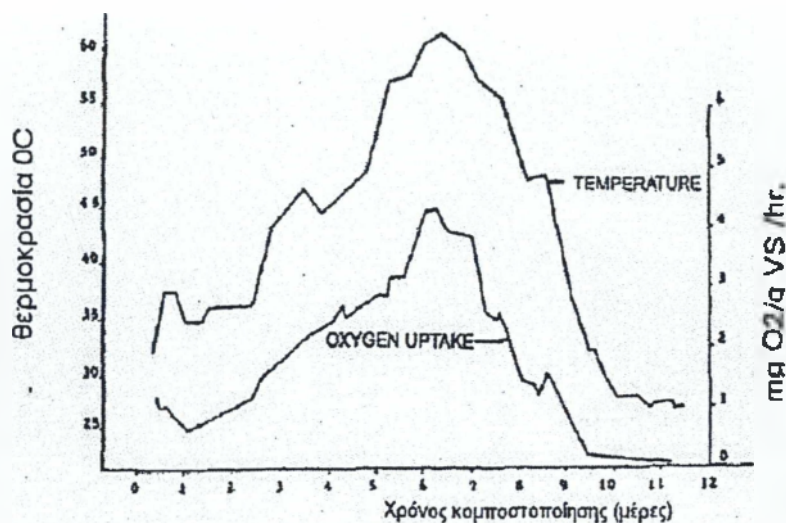
όπου $a =$ σταθερά 0,1, $K = 0,28$ για θερμοκρασία από 20°C - 70°C

όπου $a =$ σταθερά 0,1, $K = 0,28$ για θερμοκρασία από 20°0 - 70°0.

Τα στοιχεία τα παραπάνω αναφέρονται για τις πρώτες επτά μέρες της κομποστοποίησης. Στις επόμενες, η σχέση φαίνεται να μην ισχύει λόγω του ότι είναι περίοδος μεγάλης

μικροβιακής δραστηριότητας. Στην ίδια δημοσίευση, ο Shultz (1960) έδειξε ότι το οξυγόνο μετά τις επτά μέρες μειώνεται μαζί με μια συνακόλουθη μείωση της θερμοκρασίας που φαίνεται στο σχήμα (Shultz, 1960).

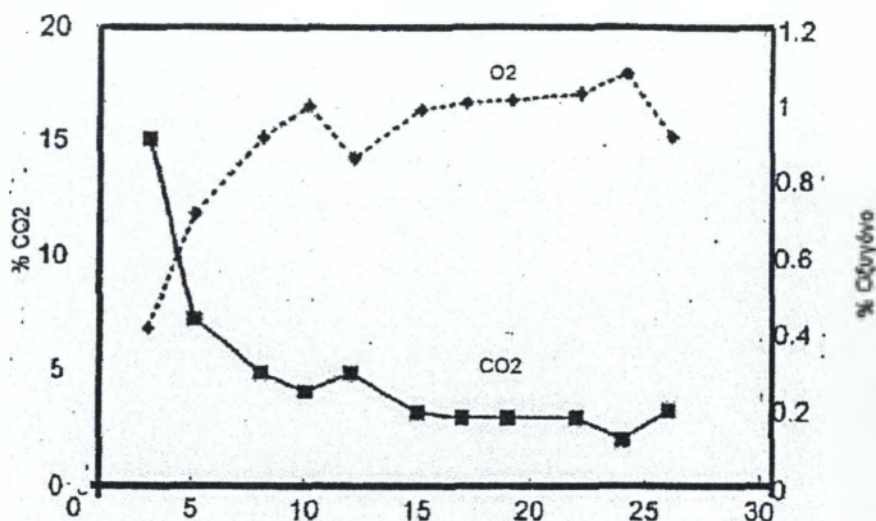
ΕΙΚΟΝΑ 6 : Η μείωση της θερμοκρασίας και του οξυγόνου κατά την κομποστοποίηση



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Ο Jeris και ο Regan (1973) δημοσίευσαν ότι στη μελέτη των MSW το οξυγόνο αυξάνεται θερμοκρασία από 30 °C - 66 °C όταν τα κομποστοποιημένα υλικά έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία 45 %. Σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα (σε υγρασία), το οξυγόνο φτάνει ως τους 45 °C. Ο όρος (RQ) (respiratory quotient) ορίζεται σαν η αναλογία κατανάλωσης CO₂/O₂ . Εάν ένα μόριο του CO₂ παράγεται για κάθε μόριο O₂ που καταναλώνεται, τότε το RQ ίσο με 1,0. Ο Gray et al. (1973) έδειξε ότι διαφορετικές οργανικές ενώσεις έχουν διαφορετικές τιμές RQ. Παραδείγματος χάριν, κατά τη διάρκεια της οξείδωσης στο CO₂ και H₂O₂, το άμυλο έχει ένα RQ 1,0, οι πρωτεΐνες έχουν ένα RQ 0,81, και τα λίπη έχουν περίπου 0,71. Σύμφωνα με τον Wiley and Pierce (1955) και Schultz (1960) το RQ για το κομπόστι είναι μεταξύ 0.87 - 0.91 . Αυτό δείχνει ότι μικρότερο CO₂ παράγεται σε σχέση με το οξυγόνο. Εντούτοις, χημικές αντιδράσεις απελευθερώνουν C₂ αποτέλεσμα χαμηλότερου RQ από τα λίγα και καλύτερα παραδείγματα της σχέσης μεταξύ του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα για έναν αερισμένο στάσιμο σωρό παρουσιάζεται στο σχήμα (Singley et al., 1982).

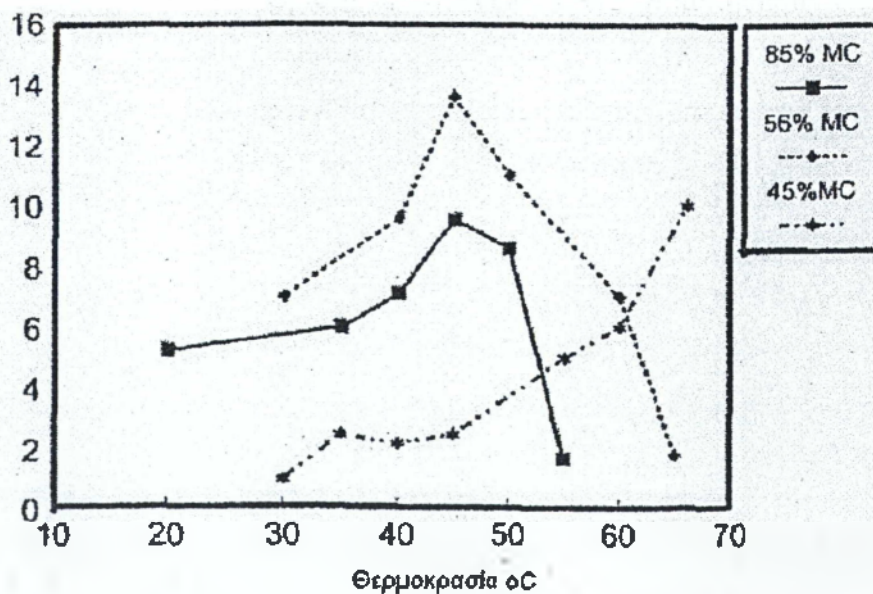
ΕΙΚΟΝΑ 7 : Αλλαγές στο CO₂ και O₂ κατά την κόμποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων στάσιμου σωρού.



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Ο Regan και ο Jeris (1970) ανακάλυψαν ότι η κατανάλωση οξυγόνου ήταν μεγαλύτερη υγρασία 56% από ότι σε υγρασία 85% όπως φαίνεται στο σχήμα.

ΕΙΚΟΝΑ 8 : Τα αποτελέσματα στην θερμοκρασία από την κατανάλωση O₂ κατά την κόμποστοποίηση

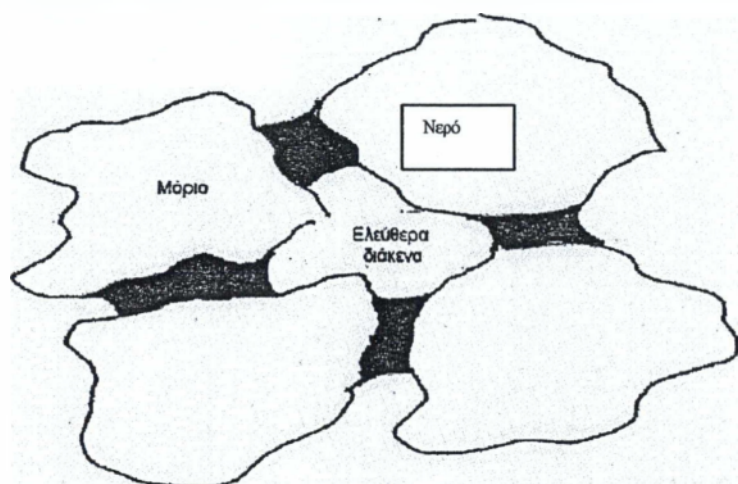


ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Η μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου στη χαμηλότερη υγρασία οφείλεται πιθανόν στην μεγάλη μικροβιακή δραστηριότητα στα περισσότερα ελεύθερα διάκενα. Το χαμηλό ποσοστό υγρασίας είναι ευνοϊκό για την κομποστοποίηση.

Ο όρος "ελεύθερα διάκενα" μελετήθηκε πρώτα από τον Schultz (1961) βασιζόμενο στη έννοια του αερισμού των διακένων των ελεύθερων πόρων. Τα ελεύθερα διάκενα είναι το μέρος των πόρων το οποίο δεν είναι κατειλημμένο με νερό (βλ. σχήμα 9).

ΕΙΚΟΝΑ 9: Η σχέση μεταξύ ελεύθερων διακένων και νερού



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Το διάστημα ελευθέρων πόρων υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

Διάστημα ελευθέρων πόρων- $100 (1 - BD/SG) * \text{ξερή μάζα}$

Το διάκενο των πόρων επιτρέπει τον αέρα να διασκορπίσει διαμέσου και να παρέχει το οξυγόνο στους μικροοργανισμούς. Δεδομένου ότι τα διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικές πυκνότητες και μεγέθη μορίων, η σχέση μεταξύ της υγρασίας και του διαστήματος των ελευθέρων πόρων ποικίλει (Jeris and Regan, 1973). Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία κυμαίνεται από 53% σε 65% και αντιστοιχία των ελευθέρων διακένων από 32% σε 36%.

Όπως φαίνεται, η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (μέγιστη μικροβιακή δραστηριότητα) εμφανίζεται όταν η υγρασία είναι περίπου 65% και- το διάστημα των ελευθέρων πόρων είναι 30%. Για τα δημοτικά οργανικά απόβλητα η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία είναι κοντά στο 55% και δεν πρέπει να υπερβεί 60%.

Το συνολικό μέγεθος πορώδους και πόρων καθώς επίσης και των ελευθέρων διακένων αέρος είναι σημαντικά. Μια καλή αναλογία παρατηρείται στο έδαφος. Το χώμα αργίλου έχει ένα μεγαλύτερο συνολικά μέγεθος πόρων από την άμμο, αλλά οι πόροι είναι πολύ μικροί και η διαπερατότητα του νερού είναι περιορισμένη. Η προσθήκη του κομπόστ σε χώμα αργίλου

αυξάνει το μέγεθος των πόρων και επιτρέπει μεγαλύτερη διήθηση και διαπερατότητα.

7.3. ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγρασία στη διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να έχει επιπτώσεις στη μικροβιακή δραστηριότητα και έτσι να επηρεάσει την θερμοκρασία και το ποσοστό αποσύνθεσης. Επιπλέον, η υγρασία μπορεί επηρεάσει την σύνθεση του μικροβιακού πληθυσμού (Corpola et al., 1983).

Η υγρασία παράγεται ως αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας και της βιολογικής οξείδωσης της οργανικής ουσίας. Επιπλέον το νερό χάνεται μέσω της εξάτμισης. Με βάση την εργασία που χρησιμοποιείται στα εργαστήρια σχετικά με το κομπόστ, ο Viel οι συνεργάτες του (1987) ανέφεραν ότι το νερό που απελευθερώνεται μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας είναι περισσότερο από το νερό που χάνεται λόγω εξάτμισης. Σε μια σταθερή θερμοκρασία στους 55°C στην οποία τα οργανικά υπολείμματα και το άχυρο κομποστοποιούνται, ο Writter και ο Lopez-Real (1987) ανακάλυψαν ότι το χαμένο νερό, η παραγωγή CO₂ και ο αερισμός ακολουθούν τα ίδια πρότυπα. Αρχικά, υπάρχει μια αύξηση στις πιο πάνω παραμέτρους αλλά μετά από δύο ημέρες αρχίζει η μείωση, ενώ την 10η ως την 12η μέρα η μείωση κορυφώνεται. Εντούτοις, ο Manios και οι συνεργάτες του (1987) διαπίστωσαν ότι η περιεκτικότητα σε υγρασία στους σωρούς αυξάνεται πέρα από τις 70 ημέρες κομποστοποίησης της ελιάς.

Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία είναι μεταξύ 50 και 60% (Schultz, 1961, Poincelot, 1975). Κάτω από το 40% η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται ενώ πάνω από το 60 % έχουμε την ανάπτυξη αναερόβιων μικροβίων λόγω του ότι μπλοκάρονται οι πόροι.

Το νερό είναι ιδιαίτερης σημασίας παράγοντας για την διαδικασία κόμποστοποίησης αφού καθορίζει το επίπεδο της μικροβιακής δράσης. Το νερό αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό παράγοντα για κάθε μορφή ζωής επομένως και για τους μικροοργανισμούς και η παρουσία του στο περιβάλλον επηρεάζει την δραστηριότητα τους. Θεωρητικά η ιδανική υγρασία ενός υποστρώματος για την μικροβιακή αύξηση προσεγγίζει το 100%. Ωστόσο το επίπεδο υγρασίας εκτός της σημασίας του αυτής επηρεάζει μία σειρά παραγόντων όπως η δυνατότητα μετακίνησης, η διάχυση των θρεπτικών στοιχείων και των τοξικών αερίων από και προς το κύτταρο, αλλά κυρίως την συγκέντρωση οξυγόνου στις θέσεις μικροβιακής δράσης.

Ο συντελεστής διάχυσης του οξυγόνου στο νερό είναι 10-000 φορές μικρότερος από ότι στον αέρα. Έτσι και η πιο απλή απαίτηση σε οξυγόνο δεν μπορεί να ικανοποιηθεί όταν η υδατοϊκανότητα του υποστρώματος προσεγγίζει το 100% (Jenkinson, 1981). Καθώς η αποικοδόμηση είναι πιο αργή σε αναερόβιες συνθήκες, ο περιορισμός του οξυγόνου μειώνει τον ρυθμό αποικοδόμησης των οργανικών υποστρωμάτων. Τα μονοπάτια επίσης επηρεάζονται και οργανικά οξέα που αποικοδομούνται γρήγορα σε αερόβιες συνθήκες συσσωρεύονται όταν το οξυγόνο είναι περιορισμένο. Επίσης έχει αναφερθεί ότι ουσίες όπως CH₄ και αλκοόλες που σχηματίζονται κατά

την διάρκεια αναερόβιων συνθηκών κομποστοποίησης οδηγούν σε ένα τοξικό προϊόν γνωστό σαν "ξινισμένο" (sour) (Hoitink, 1986). Ιδιαίτερα η λιγνίνη δεν αποικοδομείται εύκολα υπό αναερόβιες συνθήκες και απόδειξη του γεγονότος αυτού είναι τα μερικώς χουμοποιημένα φυτικά υπολείμματα που είναι γνωστά ως τύρφεις και συσσωρεύονται μόνο όταν οι συνθήκες είναι αναερόβιες.

Συγκεκριμένα για την κομποστοποίηση, στις περισσότερες εργασίες, η υγρασία ενός υλικού δίνεται σε % περιεκτικότητα ξηρού ή υγρού βάρους (Theobanoglous και συν., 1993). Η έκφραση αυτή αν και κατανοητή, ελάχιστες πληροφορίες παρέχει για το καθεστώς υγρασίας ενός υλικού. Οι ανάγκες των μικροοργανισμών σε νερό είναι τόσο μικρές ώστε και λίγα ακόμη cm³ είναι αρκετά ώστε να υποστηρίξουν την παραγωγή κάποιων εκατοστών υφών μυκηλίου ή κάποιων εκατομμυρίων βακτηριακών κυττάρων (Griffin, 1972). Ωστόσο η σημασία, του νερού για τους μικροοργανισμούς σχετίζεται με ένα αριθμό παραγόντων, η μελέτη των οποίων έχει εστιαστεί στα εδαφικά συστήματα.

7.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία κομποστοποίησης (Epstein, 1997), Πιθανόν σημαντικότερη λειτουργία της θερμοκρασίας είναι η ύπαρξη μικροβιολογικού πληθυσμού. Έτσι κάθε ζωτικής σημασίας αντιδράσεις και στοιχεία της διαδικασίας της κομποστοποίησης επηρεάζονται και αλλάζουν με την θερμοκρασία (Epstein, 1997). Η θερμοκρασία επίσης επηρεάζει τη σχέση υγρασίας, η οποία έχει επιπτώσεις στην μικροβιακή δραστηριότητα. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους ποικίλους παραμέτρους και στην θερμοκρασία συχνά κάνει δύσκολο τον προσδιορισμό της αιτίας καθώς και της επίδρασης τους (Epstein, 1997).

Η διαδικασία κομποστοποίησης απεικονίζεται συχνά συναρτήσει της σχέσης χρόνου-θερμοκρασίας. Σε ένα καλό διαχειριζόμενο σύστημα η θερμοκρασία είναι ρυθμισμένη ή διαχειρίζεται σε τέτοιο βαθμό ώστε να πετύχουμε τους επιθυμητούς στόχους. Η σχέση χρόνου-θερμοκρασία έχει επιπτώσεις στο ποσοστό αποσύνθεσης (Epstein, 1997). Η επίδραση της θερμοκρασίας στο μικροβιακό σύστημα, προκαλεί σημαντικές αλλαγές στο είδος αλλά και στην ποσότητα των οργανισμών. Αυτή η επίδραση είναι πολύ σημαντική ώστε η σχέση χρόνου - θερμοκρασίας περιγράφεται με τους εξής όρους: μεσόφιλοι και θερμόφιλοι οργανισμοί.

Η θερμοκρασία, σε οποιοδήποτε σύστημα, είναι σπάνια ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα. Στο κέντρο η μάζα τείνει να είναι πιο ζεστή και στις εξωτερικές άκρες πιο κρύα (Epstein, 1997). Η μεγαλύτερη περιοχή της επιφάνειας του σωρού οδηγεί στην μεγαλύτερη απώλεια θερμότητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ή ο όγκος, τόσο περισσότερη θερμότητα παράγεται και τόσο υψηλότερη θερμοκρασία υπάρχει στο κέντρο.

Γενικά, η θερμοκρασία αυξάνεται αρχικά και έπειτα στα επόμενα στάδια μειώνεται. Έχουν

υπάρξει συζητήσεις σχετικά με τη βέλτιστη θερμοκρασία για την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (Erstein, 1997). Ο ένας λόγος για αυτήν την διαμάχη είναι ότι οι διαφορετικές πρώτες ύλες ή τα υλικά που αποσυντίθενται πιο γρήγορα σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα περισσότερα στοιχεία στη βιβλιογραφία αναφέρουν ότι η βέλτιστη θερμοκρασία βρίσκεται μεταξύ 50°C με 60°C.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 55°C θα πρέπει να διατηρηθούν για αρκετές ημέρες εάν τα απόβλητα περιέχουν παθογόνα (Erstein, 1997).

Είναι ευκολότερο να πετύχουμε τις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την απολύμανση νωρίτερα της διαδικασίας, όταν ο εύκολα αφομοιώσιμος άνθρακας για τη μέγιστη μικροβιακή δραστηριότητα είναι διαθέσιμος (Erstein, 1997).

7.5. ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

7.5.1. ΑΝΘΡΑΚΑΣ (C)

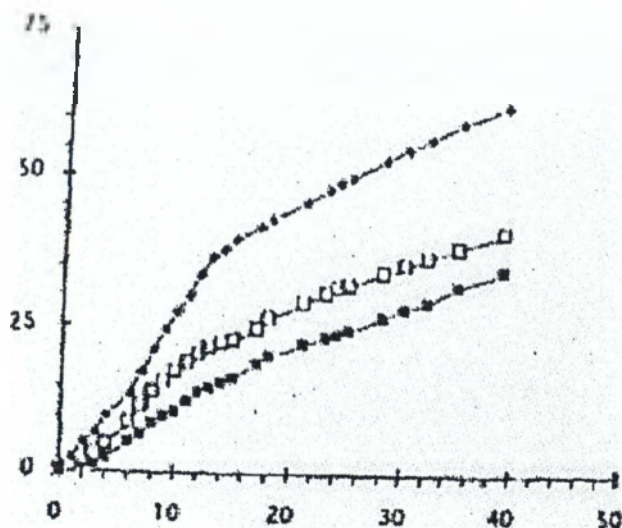
Οι δύο σημαντικότερες θρεπτικές ουσίες είναι ο άνθρακας (C) και το άζωτο (N). Ο C και το N κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, έχει επιπτώσεις στην διαδικασία κομποστοποίησης αλλά και στο προϊόν (Erstein, 1997). Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η σημαντικότερη παράμετρος είναι ο άνθρακας ο οποίος είναι απαραίτητος στους μικροοργανισμούς. Κατά τη διάρκεια της μικροβιακής ανάπτυξης, απαιτούνται περίπου το 25 έως 30 μονάδες αζώτου (Waksman,1939).

Ο άνθρακας παρέχεται από την μικροβιακή κοινότητα από τα αποσυντηθέμενα φυτά και απόβλητα των ζώων και των ανθρώπων. Ο άνθρακας χρησιμοποιείτε για την κυτταρική ανάπτυξη. Κατά τη διάρκεια της μικροβιακής δραστηριότητας, το προσλαμβανόμενο CO₂ τροποποιείτε και εκπέμπεται την ατμόσφαιρα. Αρχικά χρησιμοποιείτε ο διαθέσιμος άνθρακας . Όταν η διαδικασία της κομποστοποίησης ολοκληρωθεί, το ποσοστό του CO₂ μειώνεται, σαν αποτέλεσμα της μείωσης της μεταβολικής δραστηριότητας και της μείωσης του διαθέσιμου άνθρακα (Erstein, 1997,)

Ένα παράδειγμα των αλλαγών του CO₂ κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης φαίνεται στο σχήμα. Τα στοιχεία παρουσιάζουν το ποσοστό του CO₂ που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης σε διαφορετικές αναλογίες φύλλων και χλόης ελέγχοντας την θερμοκρασία (Erstein, 1997,). Τρεις αναλογίες που μελετήθηκαν ήταν: φύλλα 100%, αναλογία 2/3:1/3 φύλλα στη χλόη, και 1/3:2/3 φύλλα στη χλόη. Το υψηλότερο περιεχόμενο της χλόης σε σχέση με τα φύλλα οδήγησε στη μεγαλύτερη κατανάλωση CO₂- Η αναλογία C/N για τα τρία μίγματα που μελετήθηκαν ήταν 48, 30, και 22. Η κατανάλωση του CO₂ αυξάνεται για τις πρώτες οκτώ μέρες και μετά μειώνεται (Erstein, 1997,). Το ποσοστό κατανάλωσης ήταν μεγαλύτερο στα δυο μίγματα παρά στα φύλλα. Αυτό δείχνει ότι η χλόη παρέχει ευκολότερα το διαθέσιμο C και N από ότι τα φύλλα (Erstein, 1997,).

Οι διαθέσιμες θρεπτικές ουσίες καταναλώθηκαν γρηγορότερα, με συνέπεια μεγαλύτερη πτώση της δραστηριότητα. Μετά από 16 έως 22 ημέρες, το ποσοστό του CO₂ ήταν σχετικά σταθερό (Epstein, 1997).

ΕΙΚΟΝΑ 10 : Συνολικό CO₂ - C σε τρία μίγματα υπολειμάτων κήπου.



ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Στη φύση, το ποσοστό αποσύνθεσης οργανικής ουσίας συνεχίζεται με πολύ αργό ρυθμό μέχρι μια αργή απελευθέρωση του O₂. Αυτός προέρχεται από την αποσύνθεση ορισμένων ενώσεων όπως η λιγνίνη (Epstein, 1997). Μια παρόμοια κατάσταση μπορεί να εμφανιστεί κατά τη λίπανση MSW που είναι πλούσια σε κυτταρίνη και χαμηλή σε N. Η θερμοκρασία μπορεί να παραμείνει υψηλή για εκτενείς χρονικά διαστήματα ως αποτέλεσμα της συνεχούς αργής αποσύνθεσης του οργανικών υλικών και του ανεφοδιασμού του C (Epstein, 1997).

7.5.2. ΑΖΩΤΟ

Οι μικροοργανισμοί χρειάζονται το άζωτο για την σύνθεση των πρωτεϊνών (Epstein, 1997). Τα βακτηρίδια περιέχουν 7% - 11% σε άζωτο ξηρού βάρους, οι μύκητες 4%-6% (Anderson, 1956). Η ποσότητα του αζώτου στα απόβλητα ποικίλει ανάλογα με το είδος των αποβλήτων. Παραδείγματος χάριν, υπολείμματα τροφίμων και οργανικών υπολειμμάτων, έχουν μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου από τα υπολείμματα των κήπων. Η περιεκτικότητα σε άζωτο και η αναλογία C/N διαφόρων πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για κομποστοποίηση φαίνονται στο σχήμα (Epstein, 1997).

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν τον O₂ και το N σε μια αναλογία στις 30:1. Χαμηλή αναλογία C/N σε πρώτες ύλες έχουν ως αποτέλεσμα, την εξάτμιση του αζώτου σε μορφή αμμωνίας. Η δυσαναλογία του C/N επεξηγείται από ορισμένες δραστηριότητες όπως μεγάλοι όγκοι χλόης το καλοκαίρι, χωρίς να υπάρχει καμία πηγή άνθρακα που να αντισταθμίζει την χαμηλή αυτή αναλογία. Οι αναερόβιες ή μερικώς αναερόβιες συνθήκες έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση αμμωνίας στην ατμόσφαιρα (Knuth, 1970). Η απώλεια του N μειώνει την αξία του

κομπόστ ως λίπασμα .

Στις αναλογίες C/N 50:1, επιβραδύνεται η διαδικασία κομποστοποίησης, λόγω της γρήγορης ανάπτυξης των κυττάρων και μείωση του διαθέσιμου N, με αποτέλεσμα την μείωση της αύξησης. Δεδομένου ότι τα κύτταρα πεθαίνουν, το αποθηκευμένο N διατίθεται στα ζωντανά κύτταρα (Bishop and Godfrey, 1983).

Οι αλλαγές στη συγκέντρωση των τύπων αζώτου μπορούν να ποικίλουν ανάλογα με το ποσοστό αερισμού και τον όγκο των μορίων κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, (Bishop and Godfrey, 1983). Στους αεριζόμενους στάσιμους σωρούς, το συνολικό N μειώνεται από 1,6% σε 1,2%. Μια πολύ μεγαλύτερη μείωση εμφανίζεται χωρίς αερισμό. Το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού N χάνεται ή ορυκτοποιείται κατά τη διάρκεια των πρώτων 14 ημερών. Η μέγιστη μείωση του συνολικού και οργανικού N εμφανίζεται με αερισμό στους 8 mVmin/m³, που δείχνει ότι ο αερισμός ενίσχυσε την ορυκτικοποίηση μέσω των μικροβίων αλλά και την εξάτμιση.

Αυξάνοντας την αναλογία των όγκων των ουσιών από 1:1 σε 3:1 παρατηρείται αύξηση του τελικού και οργανικού αζώτου . Μια υψηλότερη αναλογία όγκου ουσιών οδηγεί σε καλύτερους αερόβιες συνθήκες λόγω του μεγαλύτερου πορώδους, το οποίο ενισχύει τη ορυκτικοποίηση και αεριοποίηση. Η μείωση στο συνολικό και οργανικό N εμφανίζεται κατά τη διάρκεια των πρώτων επτά ημερών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: % N ξηρή ουσία και η σχέση C/N πρώτων υλών κομποστοποίησης.

Πρώτες ύλες κομποστοποίησης	Άζωτο % ξηρής ουσίας	Σχέση C/N	Πηγή
MSW USA	0.2-3	15	Numerous data sources and experience
MSW Japan	1.2-2.7	13-31	Inokoetal., 1979
Οργανικά υπολείμματα	0,1-17,6		Sommers, 1977
Αφομοιώσιμα οργανικά υπολείμματα	0,5-3,4	15,7	Parker and Sommers, 1983 Poincelot, 1975
Απορρίμματα φρούτων	1,52	34,8	Poincelot, 1975
Απορρίμματα κήπων	0,19-1,17 1,95	22,8	Lisketal, 1992 Kayhanian and
Χαρτί	0,25	173	Poincelot, 1975
Πριονίδι	0,11	511	Poincelot, 1975
Χλόη	2,46 - 5,0	10-20	Michel, 1993 E&A Environmental
Φύλλα	0,93	48	Michel, 1993
Παραγόμενα υπολείμματα	1,8-2,5	15-25	Michel, 1993 E&A Environmental
Υπολείμματα τροφών	3,2	15,6	Kayhanina and Tchobanoglous, 1992
Φαρμακευτικά απόβλητα	2,55	19	Poincelot, 1975
Ξύλο (πέυκο)	0,07	723	Poincelot, 1975
Φύκια	1,9	-19	Gotaas, 1956
Άχυρο βρώμης	1,05	48	Gotaas, 1956
Άχυρο σιταριού	0,3	128	Gotaas, 1956

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

7.5.3. ΣΧΕΣΗ C/N

Εξισορρόπηση της κομπόστας:

Καθοριστικός παράγοντας της επιτυχούς κομποστοποίησης είναι εξισορρόπηση του άνθρακα με το άζωτο που πρέπει να κυμαίνεται γύρω από την τιμή C/N= 15.

Στην πράξη έχει αποδειχτεί ότι όταν έχουμε τιμή C/N= 15, η χώνευση αρχίζει άμεσα, όταν C/N >30 τότε αργεί και όταν είναι <15 έχουμε ταχύτατη ζύμωση και απώλειες N (Clift,1986). Η καλή ωρίμανση της κομπόστας επιβεβαιώνεται και από την πλήρη νιτροποίηση των αμμωνιακών μορφών (Huret,1985).

Για να μπορέσουμε να πετύχουμε μια σωστή σχέση άνθρακα προς άζωτο στο κομπόστ εκμεταλλευόμενοι τις οργανικές ουσίες, είναι ανάγκη να γνωρίζουμε και την περιεκτικότητα του άνθρακα και αζώτου των ουσιών αυτών (Πανάγος, 1999, Άλκιμος, 2000, Βλοντάκης και συν., 1999). Ανάλογα ποια υλικά και πόσο από το καθένα θα χρησιμοποιήσουμε για την κομποστοποίηση, ελέγχουμε και καθοδηγούμε τη σχέση αυτή προς το ιδεώδες που είναι 15-30:1, χωρίς να χρειασθεί αργότερα να επέμβουμε με διάφορα βοηθητικά μέσα. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται εμφανή η σχέση άνθρακα προς άζωτο μερικών ουσιών που μπορούμε να χουμοποιήσουμε.

Όσο πιο ξερό είναι το υλικό, τόσο περισσότερο άνθρακα έχει σε σχέση με άζωτο π.χ. στα άχυρα σιταριού η αναλογία είναι 125:1. αντίστοιχα, όσο πιο φρέσκο και πράσινο είναι ένα υλικό, τόσο περισσότερο άζωτο περιέχει, π.χ. υπολείμματα κήπου όπου η αναλογία είναι 7:1 (Πανάγος, 1999, Άλκιμος, 2000, Βλοντάκης και συν., 1999). Εάν η σχέση C/N υπερβαίνει το 30:1, τότε πρέπει να διορθώσουμε τη σχέση αυτή προσθέτοντας υλικά που περιέχουν άζωτο, όπως είναι τα ψυχανθή φυτά, η τσουκνίδα, η κοπριά πουλερικών, ή βιολογικά αζωτούχα λιπάσματα. Εάν η σχέση C/Nείναι κάτω από 15:1 προσθέτουμε υλικά με περισσότερο άνθρακα.

Αυτό που γενικά πρέπει να προσέχουμε αναμειγνύοντας τα διάφορα υλικά είναι να πετυχαίνουμε τέτοια αναλογία των υλικών που έχουν άνθρακα και άζωτο, ώστε τα δύο αυτά στοιχεία να έχουν στο συνολικό μείγμα του κομπόστ τη σχέση 15-30:1 (Πανάγος, 1999). συμβουλευόμενοι τον παρακάτω πίνακα μπορούμε να κάνουμε τέτοιες αναμειξεις σε τέτοιες αναλογίες ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή αναλογία (Πανάγος, 1999).

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Σχέση C/N ορισμένων ουσιών που μπορούν να κομποστοποιηθούν

Οργανικές ουσίες	C/N
Πριονίδια, ροκανίδια ξύλου	500:1
Χαρτικά είδη	200:1
Άχυρα από βρώμη	50:1
Άχυρα από σίκαλη	65:1
Άχυρα από στάρι	125:1
Άχυρα από δημητριακά γενικά	50-150:1
Φύλλωμα δέντρων	60:1
Φτέρες διάφορες	40:1
Υπολείμ. Κουζίνας, κήπου	15-30:1
Ζωική κοπριά	15:1
Κοπριά πουλερικών	8:1
Αιματόσκονη	5:1
Κοπρόνερο στάβλου	3:1
Κερατόσκονη	1:1
Ουρία ζώων	0,8:1
Μαύρο χούμο	10:1
Κοπριά χωνεμένη 8 μήνες	10:1
Κοπριά χωνεμένη χωρίς χώμα ως 4 μήνες	15:1
Κομμένη χλόη (γκαζόν)	12:1
Διάφορα πράσινα μέρη φυτών	7:1
Άχυρο από όσπρια	15:1
Βελόνες πεύκων	30:1
Φρέσκια κοπριά αγελάδων με πολλά άχυρα	30:1
Φρέσκια κοπριά αγελάδων με λίγα άχυρα	20:1
Φύλλα οπωροφόρων δέντρων	50:1
Ανοιχτόχρωμη τύρφη	50:1
Χωνεμένο πριονίδι	511:1

ΠΗΓΗ: Βλοντάκης και συν., 1999

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Σύνθεση οργανικών λιπασμάτων (σε ποσοστά %)

Είδος	Οργανική ουσία	Άζωτο	Φωσφορικά οξέα	Κάλιο	Ασβέστιο	Μαγνήσιο
Κομπόστ από κοπριά βοοειδών	50	0,06	0,005	0,05	0,6	-
Πράσινα φύκια αποξηραμένα σε σκόνη	60	0,9	0,14	1,9	1,2	1,0
Ζουμί από τσουκνίδα (10%)	0,15	0,07	0,003	0,021	0,026	-
Ξερή τσουκνίδα	50	23,3	1,07	7	8,76	2,6
Στάχτη ξύλων κωνοφόρων (πέυκο)	-	-	5,9	11,5	44,9	-
Κοπριά από θαλασσοπούλια (Guano)	50	6	12	2	12	1
Κοπριά από κόττες στεγνή	30-70	3-4	3-5	2-3	7-14	1-3
Κοπριά από βοοειδή στεγνή	45	1,6	1,5	4,2	4,1	-
Στεγνή κοπριά, μείγμα από άλογα και πρόβατα	84	4,5	0,8	2,6	2,9-	0,3
Κρεατάλευρο	70	8	12-32	0,8	1	-
Αιματάλευρο	60-70	12	1,5	-	-	-
Τρίχες ζώων	80	11	-	-	-	-
Φτερά πουλιών	75	12	-	-	-	-
Κερατάλευρο	65-75	10-12	-	-	-	-
Οστεάλευρο	30	4-5	18-22	0,2	27	-

ΠΗΓΗ: Πανάγος, 1999

Χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο, μπορούμε να βρούμε τη σχέση C/N στο μείγμα κομπόστ:

$$(A \cdot \sigma_1 + B \cdot \sigma_2 + \Gamma \cdot \sigma_3) / A + B + \Gamma = \zeta$$

όπου Α, Β, Γ είναι τα βάρη των υλικών σε κιλά που έχουμε μαζέψει για το κομπόστ πριν τα βρέξουμε (Πανάγος, 1999).

Αν έχουμε περισσότερα υλικά, ο τύπος επεκτείνεται ανάλογα. Τα $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ είναι οι συντελεστές των υλικών. Ζ είναι ο συντελεστής της σχέσης C/N, αν αναμειξουμε τα υλικά αυτά στις ποσότητες Α, Β, Γ (Πανάγος, 1999). Αν βρούμε ζ μεγαλύτερο από 15, τότε θα πρέπει να προσθέσουμε στο κομπόστ υλικά με συντελεστή C/N μικρότερο από 15. Αν το ζ είναι μικρότερο από 15, τότε πρέπει να προσθέσουμε υλικά με συντελεστή μεγαλύτερο από 15 (Πανάγος, 1999). Για να βρούμε την ποσότητα του υλικού που θα προσθέσουμε για να είναι το ζ στο 15, χρησιμοποιούμε

τον εξής τύπο:

$$\Psi = [(15 - \zeta) * K] / \varepsilon - 15$$

όπου : ψ = η ποσότητα του νέου υλικού για τη διόρθωση σε κιλά

K = το σύνολο σε κιλά των υλικών που το μείγμα τους δίνει συντελεστή ζ (A+B+Γ+...)

ε = ο συντελεστής του υλικού που προσθέτουμε C/N

Ακόμη και αν η σχέση C/N φτάσει στο 30, δε σημαίνει ότι δεν θα χωνέψει το κομπόστ. Στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι, όταν έχουμε C/N =15, το χώνεμα αρχίζει αμέσως. Αν η σχέση αυτή φτάσει πάνω από 30, τότε το χώνεμα αργεί να ξεκινήσει. Αν βρίσκεται πάνω κάτω από 15, τότε θα έχουμε πολύ γρήγορο χώνεμα και απώλεια αζώτου (Πανάγος, 1999).

7.6. PH

Το pH είναι ένα μέτρο οξύτητας ή της αλκαλικότητας ενός μέσου (Erstein, 1997). Αν και η μέτρηση του pH είναι πολύ απλή, μπορεί να υπάρξει μια ιδιαίτερη απόκλιση σαν αποτέλεσμα των διαφορετικών αναλογιών κομπόστ-ύδατος που θα χρησιμοποιηθούν (Carnes και Lossin, 1970). Για την μέτρηση του pH στο έδαφος, χρησιμοποιείτε η αναλογία 1:1 για το έδαφος και το νερό.

Το pH έχει επιπτώσεις στην αύξηση των οργανισμών. Τα βακτηρίδια απαιτούν pH 5 ή λιγότερο για τη μέγιστη αύξηση και καλούνται «οξύφιλα». Το βέλτιστο pH είναι συνήθως 2 ή 3. Βακτηρίδια που αυξάνονται καλύτερα σε pH 7 έως 12 καλούνται «αλκαλόφιλα». Η βέλτιστη τιμή τους είναι συνήθως 9,5. Τέλος, οι οργανισμοί που προτιμούν pH κοντά στην ουδετερότητα καλείται «ουδετερόφιλα». Στις πρώτες ύλες του κομπόστ το pH ποικίλει από ένα χαμηλό 3-4 ή ένα pH υψηλό ως αποτέλεσμα προσθήκης ασβέστη Walke, 1975).

Αρχικά, το pH μειώνεται από περίπου 5.5 σε 5,1. Αυτή η μείωση είναι σύντομη και είναι αποτέλεσμα του σχηματισμού των οργανικών οξέων. Έκτοτε, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τόσο αυξάνεται το pH.

Ο Jeris και Regan (1973) ανακάλυψαν εκείνη την μέγιστη θερμοφιλή κομποστοποίηση με pH 7,5 έως 8,5. Η επίδραση του pH στη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης των ακατέργαστων οργανικών υπολειμμάτων βρίσκεται στον πίνακα (Erstein et al., 1977).

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: επίδραση του pH στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια 21 ημερών κομποστοποίησης ανώριμου κοπρόστ με πριονίδια (Erstein et al.,1977).

pH οργανικών υπολειμμάτων	Μέγιστη θερμοκρασία	Αριθμός μερών μέγιστης θερμοκρασίας		
		40°C	50°C	60°C
5,3	79	3	1	0
6,0	69	6	0	0
6,5	89	18	8	6
7,1	84	11	11	5
9,6	82,	19	15	9
10,7	73	2	0	0
11,6	66	1	0	0

ΠΗΓΗ: Erstein et al.,1977

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

8.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ

Κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης δρουν πληθυσμοί μικροοργανισμών στην αρχή μεσόφιλοι ως προς τις θερμοκρασίες που προσβάλλουν τις πιο διαλυτές οργανικές μορφές, ύστερα θεرمόφιλοι αλλά θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 65 °C είναι θανατηφόρες και η κομποστοποίηση πρέπει να ελέγχεται ως προς αυτή την εξέλιξη. Τα μικρόβια που ενεργούν κατά την κομποστοποίηση είναι βακτήρια, ακτινομύκητες, μύκητες, πρωτόζωα. Από την κατηγορία της μικροπανίδας επισημαίνεται ο ρόλος των νηματωδών, γαιοσκωλήκων, εντόμων. Ιδιαίτερα τα είδη σκωλήκων όπως διακινούνται στο περιβάλλον τους αναπτύσσουν οπές, αερίζουν την κομπόστα, προσβάλλουν τα υλικά της διατροφής τους και τα τεμαχίζουν αυξάνοντας τη διαθέσιμη ειδική επιφάνεια για περαιτέρω προσβολή από τα μικρόβια. Επί πλέον με το θάνατό τους είτε με τα εκκρίματα τους, απελευθερώνουν περαιτέρω υλικά για τους άλλους οργανισμούς. Θα σταθούμε ειδικότερα στον ρόλο των γαιοσκωλήκων. Επειδή σημαντικές σχετικά ποσότητες εδάφους και οργανικών υλικών διατρέχουν το πεπτικό τους σύστημα, οι ουσίες αυτές υπόκεινται σε ισχυρή χημική διάσπαση και οι σημαντικές επακόλουθες απεκκρίσεις είναι εμπλουτισμένες με υλικά των αδένων τους. Έτσι τα απεκκρίματα των γαιοσκωλήκων είναι πολύ πλούσια σε συστατικά που συνιστούν το άριστο χουμικό υλικό. Τα νωπά εκκρίματα των γαιοσκωλήκων είναι πολύ πλούσια σε διαθέσιμα για τα φυτά θρεπτικά συστατικά σε N, Mg, P, K, Ca. Αυτό εξηγεί και την μεγάλη σημασία που αποδίδεται στην κομποστοποίηση με χρησιμοποίηση καλλιεργειών γαιοσκωλήκων. Οι γαιοσκώληκες είναι ευπαθείς στο ψύχος, στην ξηρασία, στο πλημμύρισμα, στο πολύ όξινο ή πολύ αλκαλικό pH. Έχουν ανάγκη οργανικής ουσίας και η παρουσία αποτελεί ήδη κριτήριο των καλών εδαφικών ιδιοτήτων.

8.2. ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Σαν βιολογική διαδικασία, η κομποστοποίηση περιλαμβάνει μια μυριάδα από μικροοργανισμούς. Αυτοί οι οργανισμοί αποσυνθέτουν την οργανική ουσία και τις οργανικές ενώσεις. Πολλοί σημαντικοί παράγοντες έχουν επιπτώσεις στο μικροβιολογικό πληθυσμό. Αυτοί είναι: το οξυγόνο, η υγρασία, η θερμοκρασία, οι θρεπτικές ουσίες και το pH. Λόγω της σύνθετης φύσης της οργανικής ουσίας και των πιο πολλών οργανικών ενώσεων, πολλά μικρόβια αλλά και άλλοι οργανισμοί συμμετέχουν στην διαδικασία της κομποστοποίησης. Ο μικροβιακός πληθυσμός επηρεάζει τον τελικό σκοπό της αποδόμησης παράγοντας θερμότητα και η οποία επηρεάζει τον μικροβιακό πληθυσμό. Ο Kueger και οι συνεργάτες του, (1973) ανακάλυψαν ότι οι μικροοργανισμοί ταξινομούνται σύμφωνα με την ανάπτυξη και την αντοχή τους στην θερμοκρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Μικροοργανισμοί και όρια θερμοκρασιών

Μικροοργανισμοί	Όριο θερμοκρασιών
Κρυόφιλοι ή ψυχρόφιλοι	0-25 ⁰ C
Μεσόφιλοι	25-45 ⁰ C
Θερμόφιλοι	>45 ⁰ C

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Οι οργανισμοί που σχετίζονται με την κομποστοποίηση χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τους μεσόφιλους μικροοργανισμούς και τους θερμόφιλους. Αν και ενδιαφερόμαστε πρωταρχικά για την ανάπτυξη των οργανισμών σε μεσοφιλικές και θερμοφιλικές θερμοκρασίες, είναι ενδιαφέρον να γνωρίζουμε ότι πολλοί μικροοργανισμοί επιζούν και αναπτύσσονται σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, (March and Simpson, 1976). Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει την αντοχή και την ανάπτυξη τους σε χαμηλές θερμοκρασίες σε διάφορους μικροοργανισμούς που ορισμένα έχουν βρεθεί στο κομπόστ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Οργανισμοί αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες γύρω στους 0°C

Οργανισμοί	Θερμοκρασίες Ανάπτυξης	Αναφορά
<i>Alternaria radicina</i>	-0,5	Laurizen(1926)
<i>Aplanobacter insidiosum</i>	-1,7	Jones and McCulloch(1926)
<i>Bacterium spp.</i>	-7,5	Tarr(1954)
<i>Cladosporium herbarum</i>	-6	Books and Hansford (1923)
<i>Cladosporium sp.</i>	-6,7	Berry and Magoon (1934)
<i>Lactobacillus sp.</i>	-6	Berry and Magoon (1934)
<i>Penicillium sp.</i>	-6	Berry and Magoon (1934)
<i>Pseudomonasflurescens</i>	-4	Berry and Magoon (1934)
<i>Rizoctonia carotae</i>	-3	Rader(1948)
<i>Sporotrichum sp.</i>	-6,7	Berry and Magoon (1934)

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Έχουν βρεθεί επίσης μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο πίνακας απαριθμεί μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται σε θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 75°C. Αν γνωρίζουμε ότι η κομποστοποίηση παύει ή μειώνεται εξαιρετικά στις θερμοκρασίες που υπερβαίνουν 60°C (McKinley et al.,1985).

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: Οργανισμοί που αναπτύσσονται σε θεοκρασίες που ξεπερνούν του 75°C

Οργανισμοί	Θερμοκρασίες Ανάπτυξης	Αναφορά
<i>Actinomyces thermofuscus</i>	65	Waksmanetal. (1939)
<i>Bacillus kaustrophilus</i>	73-75	Prickett(1928)
<i>Bacillus terminalis var. thermophilus</i>	73-75	Prickett(1928)
<i>Bacillus thermophilus</i>	78	Georgevitch(1910)
<i>Bacillus losanitichi</i>	78	Georgevitch(1910)
<i>Chemolithotrophic bacteria</i>	>90	Tansey and Brock (1978)
<i>Clostridium sp.</i>	75 (ιδανική 60)	Tansey and Brock (1978)
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	85-90 (ιδανική 70-75)	Tansey and Brock (1978)
<i>Desulfovibrio thermophilus</i>	85	Tansey and Brock (1978)
<i>Thermomicrobium roseum</i>	85 (ιδανική 70-75)	Tansey and Brock (1978)

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Ο Tansey και Brock (1978) απέδειξαν ότι μπορεί να υπάρχει πιθανό όφελος στην εύνοια της αντοχής των μικροοργανισμών στις ψηλές θερμοκρασίες κατά την κομποστοποίηση, για παράδειγμα, θερμοκρασίες 70-80 °C απαιτείται για την παραγωγή κομπόστ μέσα σε μανιταροκαλιέργεια.

Ο Waksman και ο Cordon (1939) απέδειξαν ότι η αποσύνθεση των υπολειμμάτων των φυτών, επηρεάζεται από την προετοιμασία των υλικών. Σύμφωνα με τους συντάκτες, οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι:

- 1) η φύση της πρώτης ύλης κομποστοποίησης, ειδικά το ποσοστό των αζωτούχων ενώσεων στους υδατάνθρακες
- 2) η θερμοκρασία αποσύνθεσης, και
- 3) ο μικροβιακός πληθυσμός του κομπόστ.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επιδρούν στη κομποστοποίηση είναι:

- 1) το οξυγόνο,
- 2) η αναλογία C/N,
- 3) η θερμοκρασία και
- 4) η υγρασία.

Αν και η μικροβιολογία είναι σαν ενιαία η σημαντικότερη από άποψη κομποστοποίησης, σχετικά λίγη έρευνα έχει πραγματοποιηθεί. Σε αντίθεση με τους φυσικούς και χημικούς παράγοντες, που είναι εύκολο να μετρηθούν, οι βιολογικές πτυχές είναι πιο δύσκολες οι αξιολογήσεις.

8.3. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ

Τα περισσότερα οργανικά υποστρώματα φέρνουν έναν γηγενή (τοπικό) πληθυσμό των μικροβίων από το περιβάλλον. Αντιπρόσωποι τριών σημαντικών ομάδων, βακτήρια, ακτινομύκητες, και μύκητες του εδάφους, εμφανίζονται όταν η διαδικασία της κομποστοποίησης ξεκινά (Erstein, 1997) . Ο μικροβιακός πληθυσμός αλλάζει κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, όπως φαίνεται και στο σχήμα, ξεκινά από το μεσοφιλικό στάδιο (περίπου 20°C-40°C), στη συνέχεια στο θερμοφιλικό στάδιο (πάνω από 40 °C) και στη συνέχεια ακολουθεί μια βαθμιαία μια ψυχρή περίοδος, που ονομάζεται στάδιο σταθεροποίησης (Erstein, 1997).

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Οι αλλαγές στον πληθυσμό των μικροβίων κατά την κομποστοποίηση

Οργανισμός	Μεσοφιλικό στάδιο (g ⁻¹ /ξηρή μάζα)	Θερμοφιλικό στάδιο (g ⁻¹ /ξηρή μάζα)	Στάδιο σταθεροποίησης (g ⁻¹ /ξηρή μάζα)	Αριθμός που εμφανίζεται
Βακτήρια				
Μέσο φιλικά	10 ⁸	10 ⁶	10 ¹¹	6
Θερμοφιλικά	10 ⁴	10 ⁹	10 ⁷	1
Ακτινομύκητες				
Θέρμο φίλκοι	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁵	14
Μύκητες				
Μέσο φιλικοί	10 ⁶	10 ³	10 ⁵	18
Θερμοφιλικοί	10 ³	10 ⁷	10 ⁶	16

ΠΗΓΗ: Erstein, 1997

Τα μικρόβια δεν μπορούν να δεσμεύουν ενέργεια η οποία απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της οξειδωσης των οργανικών υποστρωμάτων. Η ενέργεια που δεν προσλαμβάνεται με βιοχημικά μέσα κατά την υποβάθμιση των οργανικών υποστρωμάτων απελευθερώνεται στο περιβάλλον με μορφή θερμότητας (Erstein, 1997). Όταν υποβαθμιστεί ένα μεγάλο μέρος της οργανικής ουσίας, η θερμότητα διασκορπίζεται στο

χώμα, στον αέρα, και στο νερό, και η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μετά βίας αξιοπρόσεχτη. Αντίθετα, οι σωροί του κομπόστ περιορίζουν τον ελεύθερο διασκορπισμό της θερμότητας που παράγεται κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης, με συνέπεια σημαντικές αυξήσεις στη θερμοκρασία (Erstein, 1997).

Πρώτα τα μεσοφιλικά μικρόβια, αρχίζουν την αποσύνθεση των οργανικών υποστρωμάτων. Κατά τη διάρκεια του αρχικού σταδίου της αποσύνθεσης, τα εύκολα διαθέσιμα υποστρώματα όπως οι πρωτεΐνες, τα σάκχαρα, και το άμυλο, γρήγορα οξειδώνονται (Erstein, 1997).

Ο ρόλος των μεσόφιλων είναι μια γενική προετοιμασία για την διαδικασία που θα ακολουθήσει. Το κομπόστ αποκτά κατάλληλη θερμοκρασία για τα θερμοφιλα βακτήρια, ώστε να υπάρξει γρήγορη αποδέσμευση των εύκολα διαθέσιμα υποστρώματα που είναι παρόντα στο κομπόστ (Erstein, 1997). Τα μεσόφιλα βακτήρια και οι μύκητες, παρουσιάζονται στην έναρξη της διαδικασίας κομποστοποίησης, δίνοντας την ευχέρεια στα θερμοφιλικά βακτήρια να αυξηθεί η θερμοκρασία περίπου 40° C. Οι ακτινομύκητες παίζουν έναν μικρό ή καθόλου ρόλο στην διαδικασία προετοιμασίας, προερχόμενα από μεσοφιλικά βακτήρια. Οι χαμηλότεροι πληθυσμοί των μεσοφιλικών μυκήτων βρίσκονται στο θερμοφιλικό στάδιο, κατά τη διάρκεια του οποίου οι θερμοφιλικοί μύκητες ακμάζουν. Γενικά, η αποσύνθεση είναι γρηγορότερη κατά τη διάρκεια του θερμοφιλικού σταδίου (Erstein, 1997).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου μέγιστης παραγωγής θερμότητας, λίγα γένη και τα είδη μικροοργανισμών είναι παρόντα στο κομπόστ. Μερικά είδη βακίλων, θερμοφιλικών μυκήτων και ακτινομυκήτων αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού (Erstein, 1997).

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Μικροοργανισμοί που απομονώνονται από το σωρό του κομπόστ

	Βακτήρια	Μύκητες
Μεσόφιλοι	<i>Pseudomonas spp.</i>	<i>Alternaria spp.</i>
	<i>Acbromobacter spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>
	<i>Bacillus spp.</i>	<i>Asrergillus spp.</i>
	<i>Flavobacterium spp.</i>	<i>Mucor spp.</i>
	<i>Clostridium spp.</i>	<i>Humicola spp.</i>
	<i>Streptomyces spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>
Θερμόφιλα	<i>Bacillus spp.</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
	<i>Streptomyces spp.</i>	<i>Mucor pusillus</i>
	<i>Thermoactinomyces</i>	<i>Claetomium thermophile</i>
	<i>Thermus spp.</i>	<i>Humicola lanuginosa</i>
	<i>Thermomonospora spp.</i>	<i>Absidia ramosa</i>
	<i>Micropolyspora spp.</i>	<i>Sporotrichum thermobile</i>
		<i>Torula thermobile</i>
	<i>Thermoascus aurantiacus</i>	

ΠΗΓΗ: (Chang and Hudson, 1967, Strom, 1985)

Όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει 50 °C σε 60 °C , η αποσύνθεση επιβραδύνεται και η διαδικασία περιορίζεται από μόνη της. Εκτός από τα βακτηρίδια και τους μύκητες, τα ζώα του εδάφους, όπως οι γαιοσκώληκες και τα αρθρόποδα, συμβάλλουν στη διαδικασία της αποσύνθεσης με τη μείωση του μεγέθους του οργανικού υλικού, και βοηθάνε στην μικροβιακή είσοδο στο υπόστρωμα (Erstein, 1997).

8.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία θεωρείται ο σημαντικότερος παράγοντας περιβάλλοντος που επηρεάζει την επιβίωση και την αύξηση ενός μικροοργανισμού, επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης αλλά και το ρυθμό νέκρωσης των κυττάρων .

Αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν συνέπεια την αύξηση του μικροοργανισμού η οποία συνεπάγεται προώθηση των χημικών και ενζυμικών αντιδράσεων του κυττάρου με ταχύτερο ρυθμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη συνολική προώθηση της αύξησης του οργανισμού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται για κάποιες τιμές θερμοκρασίας, μέχρι του ορίου εκείνου πάνω από το οποίο οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα και άλλα κυτταρικά συστατικά καταστρέφονται ανεπανόρθωτα .

Συνεπώς η αύξηση και η μεταβολική λειτουργία των μικροοργανισμών έχει θερμοκρασιακά όρια και γι αυτό γίνεται λόγος για το θερμοκρασιακό εύρος των μικροοργανισμών το οποίο έχει τρεις βασικές τιμές: την ελάχιστη, την άριστη και τη μέγιστη θερμοκρασία .τη μέγιστη τιμή επηρεάζεται η τριτοταγής δομή των πρωτεϊνών, οι οποίες κροκιδωνονται, ενώ σε τιμές κάτω του ελάχιστου ορίου «παγώνει» η κυτοπλασματική μεμβράνη, η οποία δε λειτουργεί, άρα δε γίνεται μεταφορά θρεπτικών οπότε η αύξηση σταματά.

Η άριστη θερμοκρασία είναι συνήθως πιο κοντά στη μέγιστη απ' ότι στην ελάχιστη. Οι τρεις τιμές του θερμοκρασιακού εύρους είναι συνήθως χαρακτηριστικές για κάθε είδος μικροοργανισμού αλλά δεν είναι απόλυτες αφού επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες περιβάλλοντος π .χ. τη σύνθεση του υποστρώματος αύξησης.

Η πλειονότητα των μικροοργανισμών αυξάνεται με άριστη θερμοκρασία τους 30°C. Κάποιοι όμως μικροοργανισμοί έχουν άριστη θερμοκρασία μεταξύ 5-100, ενώ άλλοι πάνω από 100° C.

Ο Waksman και το Cordon (1939) βρήκαν ότι η εισαγωγή θερμοφιλικών πληθυσμών σε έναν σωρό κομπόστ θα επιφέρει τη μεγαλύτερη αποσύνθεση σε υψηλότερες θερμοκρασίες συγκρίνοντας τα με την εισαγωγή μεσοφιλικών πληθυσμών. Ο Waksman και οι συνεργάτες του (1939) σημείωσε ότι στους 50 °C, οι θερμοφιλικοί μύκητες, βακτήρια και ακτινομύκητες, είναι όλα ενεργά στο κομπόστ. Παρόλο αυτά, στους 65° C, οι μύκητες είναι σπάνιοι ενώ, τα βακτήρια και οι ακτινομύκητες είναι κυρίαρχα. Στους 75° C, τα βακτήρια σε μορφή σπορίων είναι κυρίαρχα, και ίσως είναι οι μόνοι οργανισμοί.

Μια από τις πρώτες μελέτες της επίδραση της θερμοκρασίας στους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης πραγματοποιήθηκε από τον Webley (1947). Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης της χλόης και του άχρου, οι τιμές των αερόβιων μεσοφιλικών βακτηρίων ήταν μικρές στις υψηλές θερμοκρασίες (55 -65 °C). Στη συνέχεια ακλούθησε ανάπτυξη των αερόβιων βακτηρίων, όταν η θερμοκρασία έφτασε στους 40 ° C.

Το ανώτερο όριο θερμοκρασίας για τους μύκητες βρέθηκε ότι είναι 60°C (Cooney και Emerson, 1964). Κατά συνέπεια, αναμένεται ότι οι μύκητες δεν πρόκειται να βρεθούν στο κέντρο του σωρού κομπόστ όταν οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν συχνά 65°C . Εντούτοις, όσο η θερμοκρασία στο κέντρο ενός σωρού κομπόστ μειώνεται, οι μύκητες από την κρύα περιοχή του σωρού εμφανίζονται στο κέντρο.

Σε επόμενες μελέτες για το κομπόστ από άχυρου σίτου, ο πληθυσμός των μεσοφιλικών βακτηρίων αυξάνονταν κατά τη διάρκεια των δυο πρώτων ημερών κομποστοποίησης, και μετά μειώθηκε όταν η θερμοκρασία έφτασε στους 70°C . Οι πληθυσμοί τόσο των θερμοφιλικών μυκήτων όσο και των θερμοφικών βακτηρίων, αυξάνονται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Πάνω από τους 70°C , οι θερμοφιτικοί μύκητες αυξάνονται οριακά και συνεισφέρουν στην αύξηση της θερμοκρασίας. Επάνω από τους 77°C τα θερμοφιλικά βακτήρια και οι ακτινομύκητες συνεχίζουν να παράγουν θερμότητα.

Ο Walke (1975) μελέτησε τις διακυμάνσεις στους μικροβιακούς πληθυσμούς κατά τη διάρκεια κομποστοποίησης σωρού οργανικών λιπασμάτων και φλοιών. Παρατήρησε ότι, κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της κομποστοποίησης, οι διαλυτές ενώσεις όπως τα σάκχαρα, τα οξέα και οι πρωτεΐνες ήταν διαθέσιμα, και τα βακτήρια κυριαρχούσαν στο κομπόστ. Αναστρέφοντας τον σωρό οργανικών υπολειμμάτων, την 36^η μέρα και την 68^η, παρατηρήθηκε μια αύξηση στα βακτήρια. Αυτό θα μπορούσε να είναι το αποτέλεσμα βελτιωμένων αερόβιων συνθηκών. Εντούτοις, μύκητες και ακτινομύκητες μειώνονται. Αν και η βακτηριακή δραστηριότητα μειώνεται προς το τέλος της κομποστοποίησης, τα βακτήρια παραμένουν οι κυρίαρχοι οργανισμοί. Οι θερμοκρασίες μέσα στο σωρό οργανικών υπολειμμάτων αυξάνεται στους 55°C κατά τη διάρκεια των πέντε πρώτων ημερών, και μειώνεται στους 27°C μέχρι την 36^η μέρα όταν το κομπόστ αναστρέφεται. Η θερμοκρασία έπειτα ανήλθε στους περίπου 45°C και μειώθηκε έπειτα έως ότου έγινε αναστροφή του σωρού την 68η ημέρα, όπου ανήλθε η θερμοκρασία πάλι στους 27°C .

Οι μικροβιακές αλλαγές κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των φύλλων μελετήθηκε από τον Hankin και τους συνεργάτες του (1976). Τα βακτήρια αυξάνονται κατά τη διάρκεια των πρώτων 10 ημερών της κομποστοποίησης. Η θερμοκρασία εκείνη την περίοδο κυμαίνεται από $17-36^{\circ}\text{C}$. Πολλά μεσοφιλικά βακτήρια καταστρέφονται στους $40-58^{\circ}\text{C}$. Ο αριθμός των μυκήτων είναι μικρός και μειώνεται κατά τη διάρκεια της θερμοφιλικής φάσης. Οι ακτινομύκητες παρουσιάζουν μεγάλο αριθμό κατά τη διάρκεια του θερμοφιλικού σταδίου.

Εντούτοις, ο αριθμό μειώνεται όσο ο σωρός χάνει θερμοκρασία. Ο ίδιος ο επιστήμονας, ανέφερε ότι οι μικροοργανισμοί παράγουν ένζυμα διάσπασης των ουσιών. Τα μικρόβια στο σωρό του κομπόστ δεν μπορούν άμεσα να μεταβολίσουν τα αδιάλυτα οργανικά υλικά. Παράγουν υδρολυτικά ένζυμα που διασπούν τις μεγαλύτερες ενώσεις σε μικρότερα τεμάχια

που είναι υδατοδιαλυτά,. Σε αυτό το σημείο, τα μικρόβια μεταφέρουν τα υποστρώματα τους διαμέσου της κυτταροπλασματική μεμβράνη για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της υποβάθμισης. Οι δραστηριότητες διάφορων ενζύμων έχουν ελεγχθεί κατά τη διάρκεια της λίπανσης. Παραδείγματος χάριν, οι δραστηριότητες της λιπάσης, της πρωτεάσης, και της αμυλάσης παρουσιάζουν άνοδο και κάθοδο κατά τη διάρκεια των διαδοχικών σταδίων κομποστοποίησης. Οι δραστηριότητες όλων των παραπάνω ενζύμων μειώνονται αισθητά κατά τη διάρκεια του μεσοφιλικού σταδίου πιθανός λόγω της θερμότητας που παράγεται. Η αλλοίωση των ενζύμων συσχετίζεται συχνά με το θάνατο του μικροβίου.

Έτσι βλέπουμε ότι η κομποστοποίηση είναι ουσιαστικά μια μικροβιακή διαδικασία, και μπορεί να ελέγχεται από οποιοδήποτε παράγοντα που έχει επιπτώσεις στα μικρόβια που περιλαμβάνονται στη διαδικασία. Έλλειψη κατάλληλων υποστρωμάτων, η περιεκτικότητα της υγρασίας ή η θερμοκρασία πέραν των ορίων, και προβλήματα με τη διάχυση του οξυγόνου στο σωρό, είναι τα πιο σημαντικοί παράγοντες στο κομπόστ.

8.5. ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγρασία είναι συχνά ένας περιοριστικός παράγοντας στη διαδικασία κομποστοποίησης επιδρώντας στην μικροβιακή δραστηριότητα., επιβραδύνοντας ή διακόπτοντας τη διαδικασία αποσύνθεσης (Epstein, 1997). Πολυάριθμες μελέτες έχουν προσπαθήσει να καθορίσουν την επίδραση της υγρασίας επάνω στη μικροβιακή αύξηση (Marsh and Simpson, 1976), αλλά κανένα στοιχείο δεν αφορά την επίδραση της υγρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, στη μικροβιακή ποικιλομορφία. Οι μύκητες μπορούν να αυξηθούν σε σχετική υγρασία (RH) κάτω από 100% ενώ τα βακτήρια αναπτύσσονται καλύτερα σε σχετική υγρασία 100% (Finstein and Morris, 1975). Όταν η υγρασία υπερβεί το 60% το οξυγόνο για την κομποστοποίηση περιορίζεται. Αυτό επιδρά στον χώρο των αερόβιων μικρόβιων και στην δραστηριότητα του.

8.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΥΞΗΣΗ (PH)

Η αύξηση κάθε μικροοργανισμού απαιτεί ένα συγκεκριμένο φάσμα τιμών pH το οποίο είναι χαρακτηριστικό για κάθε είδος μικροοργανισμού.

Τα διάφορα οικοσυστήματα έχουν τιμές pH που κυμαίνονται από 5 έως 9 και έχει βρεθεί ότι ελάχιστοι μικροοργανισμοί αυξάνονται σε pH κάτω από 2 και πάνω από 10. Οι μικροοργανισμοί βάσει του εύρους των τιμών pH εντός του οποίου αναπτύσσονται διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες

α) Ως οξεόφιλοι ορίζονται, εκείνοι, οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται μεταξύ τιμών pH από 0 έως 5.5.

β) Ως ουδετερόφιλοι ορίζονται εκείνοι οι μικροοργανισμοί που προτιμούν το εύρος του pH από 5,5 έως 8,0.

γ) Ως βασεόφιλοι ορίζονται, εκείνοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι προτιμούν το εύρος τιμών του pH από 8,5 έως 11,5. δ) Άκρως βασεόφιλοι θεωρούνται οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε pH 10 και άνω.

Τα περισσότερα βακτήρια και πρωτόζωα είναι ουδετερόφιλοι μικροοργανισμοί, ενώ οι μύκητες προτιμούν όξινο περιβάλλον. Έχουν άριστο pH 5 ή και χαμηλότερο, όμως ελάχιστοι απ' αυτούς αυξάνονται σε pH 2. Όξινα περιβάλλοντα προτιμούν και τα φύκι, Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν τρεις βασικές τιμές του pH που αφορούν στη μικροβιακή αύξηση κάθε μικροοργανισμού: η ελαχίστη, η άριστη και η μέγιστη. Οι τιμές του pH αφορούν πάντα το περιβάλλον αύξησης και όχι το pH που επικρατεί στο εσωτερικό του κυττάρου, το οποίο πρέπει να παραμένει ουδέτερο για την προστασία των μακρομορίων.

8.7. ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ

Ο Gulueke και οι συνεργάτες του μελέτησαν (1954) μελέτησαν τα εμβόλια των μικροβίων. Κατά την μελέτη δεν βρήκε κανένα αποτέλεσμα τόσο κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης όσο και στο προϊόν αν και όλα τα εμβόλια ήταν πλούσια σε βακτήρια. Τα δοκιμασμένα εμβόλια ήταν κατασκευασμένα από χώμα κήπων, κοπριά αλόγων, μερικώς αποσυνταθμένων οργανικών υλικών και ειδικά βακτήρια εμπορεύσιμα. Η υπάρχουσα τοπική μικροχλωρίδα ήταν επαρκής, και η προσθήκη άλλων βακτηριδίων ήταν περιττή.

Ο Gray και οι συνεργάτες του (1971), συζήτησαν τη διαμάχη πέρα από τα οφέλη των εμβολίων. Ο εμβολιασμός ίσως να είναι πολύ σημαντικός εάν η τοπική χλωρίδα δεν μπορεί να αναπτυχθεί λόγω ορισμένων περιβαλλοντικών περιορισμών. Οι συντάκτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αξία των πρόσθετων ουσιών και των εμβολίων παραμένει μη αποδεδειγμένη.

Ο Poincelet (1975), σημείωσε ότι, τέτοιες μελέτες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιφύλαξη λόγω του ανταγωνισμού σε μικτό πληθυσμό. Μέχρι σήμερα, κανένα στοιχείο στη βιβλιογραφία δεν έχει δείξει ότι η προσθήκη εμβολίων, μικροβίων, ή τα ενζύμων επιταχύνουν τη διαδικασία κομποστοποίησης. Η προετοιμασία των πρώτων υλών από άποψη μεγέθους μορίων, η βέλτιστη υγρασία, η βέλτιστη σχέση C/N, και η σωστή διαχείριση του συστήματος κομποστοποίησης για σωστό αερισμό, θα πρέπει να παρέχουν κατάλληλες συνθήκες για το βέλτιστο ποιοτικά κομπόστ.

8.8. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Η κομποστοποίηση είναι μια διαδικασία που συμμετέχουν πολλοί μικροοργανισμοί που ανήκουν στο βασίλειο των πρωτίστων (ευκαριωτικά), το οποίο περιλαμβάνει τα άλγη, τους μύκητες, τα πρωτόζωα αλλά και προκαριωτικούς οργανισμούς όπως τα βακτήρια και τέλος θα αναφερθούμε στους ιούς (Τζώρα, 2001). Πιστεύεται ότι, οι προκαριωτικοί οργανισμοί είναι οι πρόδρομοι όλων των οργανισμών και γι αυτό έχουν το πρόθεμα «προ». Παρακάτω θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην κάθε μια από τις κατηγορίες των πρωτίστων (Τζώρα, 2001).

8.8.1. ΒΑΚΤΗΡΙΑ

Τα βακτήρια είναι πιο γνωστοί, μικροί, ζωντανοί προκαριωτικοί οργανισμοί (Τζώρα, 2001). Τα βακτήρια είναι συνήθως μονοκύτταροι οργανισμοί, αλλά· μπορεί και να είναι κοινές πολυκύτταρες ενώσεις από μεμονωμένα κύτταρα. Από άποψη μορφολογία τα σχήματα των βακτηρίων ποικίλουν .Υπάρχουν, τρεις θεμελιώδης μορφές (Τζώρα, 2001):

- α) τα κοκκοειδή (σφαιρική μορφή)
- β) τα βακτηριοειδή (μορφή κυλίνδρου)
- γ) τα σπειροειδή ή ελικοειδή και
- δ) τα δονάκια (σχήμα επίμηκες και είναι κυρτά σαν κόμμα)

Οι ανωτέρω κατηγορίες μπορεί να διαιρούνται προς ένα ή περισσότερα επίπεδα και να δίνουν διάφορες διατάξεις(Τζώρα, 2001) .

Τα περισσότερα βακτήρια αναπαράγονται με την διχοτόμηση , στην οποία το κύτταρο διαιρείτε σε δυο θυγατρικά κύτταρα. Τα κύτταρα των σφαιρικών μορφών έχουν συνήθως διάμετρο 0,5-3,0μm. Η βακτηριοειδής μορφή έχει 0,5-1,5 μm πλάτος και 1,5-10 μm μήκος. Λόγω του μικρού τους μεγέθους έχουν μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς τον όγκο. Σε αυτό οφείλεται η ταχύτατη μετακίνηση των υποστρωμάτων σε υγρή μορφή δια μέσου του κύτταρου, και της μεγάλης ταχύτητας της μεταβολικής δραστηριότητας του. Σαν αποτέλεσμα, μπορούν να κυριαρχήσουν σε σύγκριση με τα άλλα μεγαλύτερα μικρόβια (Τζώρα, 2001).

Μερικά βακτήρια φέρουν βλεφαρίδες και είναι κινητά. Οι βλεφαρίδες είναι λεπτότατες τριχοειδής, ελικοειδής προεκβολές διαμέτρου 10-20μm και επιμήκεις (μέχρι 10 φορές της διαμέτρου του βακτηριακού κυττάρου). Το ένα άκρο της είναι ελεύθερο και το άλλο προσφύεται στην κυτταροπλασματική μεμβράνη του βακτηρίου (Τζώρα, 2001). Οι βλεφαρίδες των μικροβίων έχουν Αντιγόνες ιδιότητες. Τα μικρόβια που έχασαν τις βλεφαρίδες τους μένουν ακίνητα, όμως ανακτούν βαθμιαία την κινητικότητα τους λόγω αναγέννησης των βλεφαρίδων. Η κίνηση που προσδίδουν οι βλεφαρίδες είναι περιστροφική και προωθεί το κύτταρο όπως η προπέλα προωθεί το πλοίο (Τζώρα, 2001).

Τα βακτήρια κινούνται με ταχύτητα 2-200 μm/sec. Οι βλεφαρίδες είναι ορατές με κοινό ή οπτικό μικροσκόπιο μετά από ειδική χρώση (Τζώρα, 2001). Η θέση και ο αριθμός ποικίλει ανάλογα με το βακτηριακό είδος. Έτσι διακρίνουμε τα μονότριχα βακτήρια (μια μόνο πολική βλεφαρίδα), αμφιλοφιοτριχα (από μια βλεφαρίδα στους πόλους), λοφιοτριχα (θύσανος πολικών βλεφαρίδων) και τα περίτριχα (βλεφαρίδες σε όλο το βακτηριακό σώμα) (Τζώρα, 2001) .

Τα βακτήρια διαχωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: σε Gram θετικά (Gram +) και Gram αρνητικά(Gram-) βακτήρια ανάλογα με την συμπεριφορά τους ως προς μια βασική χρώση των μικροβίων- τη χρώση Gram. Πήρε το όνομα της η χρώση αυτή από τον Δανό Christian Gram το 1884 (Τζώρα, 2001) .Έχοντας υπόψη τη διαφορά της δομής των θετικών και

αρνητικών κατά Gram κυττάρων βοηθά στην ταξινόμηση και μελέτη των βακτηρίων. Η διαφορά στη χρώση ανάμεσα στους δυο τύπους κυττάρων οφείλεται στον αποχρωματισμό που προκαλεί η αιθανόλη (Τζώρα, 2001). Τα κύτταρα βάφονται με κρυσταλλικό ιώδες και ιώδιο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός συμπλόκου κρυσταλλικού ιώδους-ιωδίου.

Όταν ένα αρνητικό κατά βίαιη βακτήριο εκπλυθεί με αιθανόλη, τα λιπίδια της εξωτερικής μεμβράνης διαλύονται και απομακρύνονται. Αυτό αποσταθεροποιεί την εξωτερική μεμβράνη και αυξάνει την διαπερατότητα της (Τζώρα, 2001). Έτσι, το σύμπλοκο της χρωστικής μπορεί να εκπλυθεί, αποχρωματίζοντας το αρνητικό κατά Gram βακτήριο (το οποίο χρωματίζεται ερυθρό χρώμα από τη σαφρανίνη). Στα θετικά κατά Gram βακτήρια, η αιθανόλη προκαλεί το σχηματισμό πόρων στο βλενοπεπτίδιο του κυτταρικού τοιχώματος (στη πεπτιδογλυκάνη), το οποίο συρρικνώνεται και εγκλωβίζει το σύμπλοκο κρυσταλλικού ιώδους-ιωδίου της χρωστικής εντός του κυττάρου. Έτσι τα κύτταρα παραμένουν μπλε λόγω του ότι δεν επιτρέπεται η είσοδος της σαφρανίνης (Τζώρα, 2001).

Η ταξινόμηση των βακτηριών ως προς το γένος και το είδος είναι ένα πολύ δύσκολο θέμα λόγω του εξαιρετικά μικρού μεγέθους του μικροβίου (Τζώρα, 2001). Αυτό σημαίνει ότι η μορφή (μορφολογία) του οργανισμού δεν ικανοποιεί μια ολοκληρωμένη ταξινόμηση.

Μερικά βακτήρια παράγουν ανθεκτικά είδη κυττάρων που έχουν περισσότερη αντίσταση στην θερμότητα, στην ακτινοβολία, και στην χημική απολύμανση. Υπάρχουν τρία είδη ανθεκτικών κυττάρων (Τζώρα, 2001):

- Τα ενδοσπόρια είναι σπόρια παχιά περιτοιχισμένα, σχετικά αφυδατωμένα που διαμορφώνονται μέσα σε ένα βακτήριο και που απελευθερώνονται επάνω στη λύση των κυττάρων.
- Οι κύστες και μικροκύστες σε ολόκληρο το κύτταρο και σχηματίζουν ένα χοντρό τοίχο κυττάρων.
- Τα mycelial βακτήρια παράγουν σπόρια (εξωσπόρια) που μπορούν να επιζήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Από τους τρεις τύπους ανθεκτικών ειδών τα ενδοσπόρια είναι γενικά πιο σταθερά στις δυσμενείς συνθήκες από ότι τα εξωσπόρια και οι κύστες (Τζώρα, 2001).

8.8.2. ΜΥΚΗΤΕΣ

Είναι ένας ευκαριωτικός οργανισμός (Haug, 1993). Η πλειοψηφία τους είναι σαπροφυτικοί οργανισμοί που αποσυνθέτουν την οργανική ουσία του εδάφους και του υδρόβιου περιβάλλοντος. Είναι παρόν πάντα στη φύση και είναι αρμόδιο για την καταστροφή του μεγαλύτερου ποσοστού των οργανικών υλικών στη γη, όμως η μεγαλύτερη ωφέλιμη δραστηριότητα είναι ότι ολοκληρώνει την ανακύκλωση των ζωντανών υλικών (Haug, 1993).

Οι μύκητες είναι παρόμοιοι με τα οργανοετεροτροφικά βακτήρια και αυτό γιατί χρησιμοποιούν τα ίδια οργανικά υποστρώματα. Διαφέρουν από τα βακτήρια στο είδος του ευκαριωτικού κυττάρου, στο μεγάλο μέγεθος, και στις περιπλοκότερες μεθόδους αναπαραγωγής του (Haug, 1993). Επειδή και οι δύο τύποι οργανισμών εξυπηρετούνται από τα παρόμοια υποστρώματα, ο ανταγωνισμός μεταξύ τους είναι κοινός. Και οι δύο μπορούν να αποσυνθέσουν στερεά απορρίμματα τροφίμων με την έκκριση των υδρολυτικών ενζύμων.

Οι μύκητες μπορούν επίσης να αποσπάσουν υγρασία από υλικά που έχουν υψηλή οσμωτική πίεση όπως τα σιρόπια, οι μαρμελάδες κ.α. Επίσης μπορούν και αντιστέκονται σε ένα όριο pH και έχουν λιγότερες απαιτήσεις σε άζωτο απ' ό τι τα βακτήρια (Haug, 1993).

Έτσι οι μύκητες είναι παρόν στο έδαφος, στην αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων, όπου η χαμηλή υγρασία δίνει ανταγωνιστικό όφελος στα βακτήρια (Haug, 1993).

Οι μύκητες ταξινομούνται κατά ένα μεγάλο μέρος βάσει της μορφολογίας και του είδους της αναπαραγωγής τους (Haug, 1993). Έχουν εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό. Τα σπόρια των μυκήτων δεν θα πρέπει να συγχέονται με τα σπόρια των βακτηρίων λόγω του ότι τα βακτήρια χρησιμοποιούν μηχανισμούς επιβίωσης (Haug, 1993).

8.8.3. ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΠΡΩΤΙΣΤΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Η συνοπτική περιγραφή των οργανισμών θα ολοκληρωθεί με τους υπόλοιπους οργανισμούς που αποτελούν την ομάδα των πρώτιστων οργανισμών, που είναι τα άλγη, τα πρωτόζωα, και οι ιοί (Haug, 1993).

Τα άλγη είναι είτε ευκαριωτικοί είτε προκαριωτικοί οργανισμοί, φωτοσυνθέτουν, περιέχουν τη χλωροφύλλη ως φωτοσυνθετική χρωστική, που εξελίσσεται σε οξυγόνο σαν παραπροϊόν της φωτοσύνθεσης (Haug, 1993). Λόγο της φωτοσυνθετικής του ικανότητας, τα άλγη δεν είναι και τόσο σημαντικά στην αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων.

Τα πρωτόζωα είναι ευκαριωτικοί μονοκύτταροι οργανισμοί. Τα περίπλοκα πρωτόζωα μπορεί να διαθέτουν περισσότερους (Haug, 1993). Συνήθως είναι μεγάλοι οργανισμοί σε μέγεθος 10-100μm

Συγκεντρώνεται κοντά στα βακτήρια, λόγω του ότι η αναλογία επιφάνια και όγκου είναι μεγάλη και μπορούν και εξελίσσονται γρηγορότερα. Εμφανίζονται οπουδήποτε υπάρχει υγρασία (Haug, 1993). Τα πρωτόζωα χρησιμοποιούνται ως καθαριστές των εδαφικών οργανικών μορίων συμπεριλαμβανομένου και των βακτηρίων και βοηθάει στον καθαρισμό από τα υγρά απόβλητα αποχετεύσεων. Ο ρόλος τους στην κόμποστοποίηση είναι ασήμαντος (Haug, 1993).

Παρόλο που τα πρωτόζωα στην πλειοψηφία τους είναι σαπροφυτικοί ή αρπακτικά, τα πρωτόζωα προκαλούν και ασθένειες. Προκαλούν δυσεντερίες, μαλάρια, και πολλές άλλες ανθρώπινες αρρώστιες οφείλονται στα πρωτόζωα (Haug, 1993). Τα συστήματα

κόμποστοποίησης μπορούν και καταστρέφουν τα πρωτόζωα που βρίσκονται στο υπόστρωμα. Σημειώνεται ότι μπορεί μερικές μορφές πρωτόζωων να επιζήσουν αλλά είναι ανίκανες να αναπτυχθούν λόγω ακατάλληλων συνθηκών. Κατά τη διάρκεια αυτή το κύτταρο αποκτά ένα παχύ τοίχωμα, χάνει την υγρασία του, και διατηρείτε οριακά και δεν μεταβολίζεται. Τέτοια κύτταρα ονομάζονται κύστες, και είναι ανθεκτικά σε συνθήκες ξηρασίας, θερμότητας, και ακραίων pH.

Οι ιοί είναι υποχρεωτικά παράσιτα, μεταφέρουν γενετικές πληροφορίες για την αναπαραγωγή αλλά όχι βιοχημικούς μηχανισμούς για την μετάδοση των πληροφοριών ή για τον μεταβολισμό του υποστρώματος για παραγωγή ενέργειας (Haug, 1993). Οι ιοί είναι πολύ μικροί, μεταξύ 0,01-0,25 μm . Ιδιαίτερα είδη ιών, προσβάλουν μόνο σε ένα συγκεκριμένο είδος κυττάρου. Οι ιοί είναι γνωστόν ότι αναπαράγονται σε κύτταρα σχεδόν όλων των ζωντανών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των πρώτιστων. Όπως με τα πρωτόζωα, έτσι και με τους ιούς η μεγαλύτερη ανησυχία είναι η εγκατάσταση τους στα ζώα, τα φυτά, και η μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο καθώς και οι συνθήκες που είναι απαραίτητοι για την καταστροφή τους (Haug, 1993).

8.9. ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

8.9.1. ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Παθογόνο που προσβάλλει τον άνθρωπο καλείται οποιαδήποτε ιός μικροοργανισμός ή ουσία ικανή να προκαλέσει ασθένεια (Haug, 1993). Τα παθογόνα χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- 1) στα πρωτεύοντα παθογόνα και
- 2) στα δευτερεύοντα ή ευκαιριακά παθογόνα.

Τα πρωτεύοντα παθογόνα μπορούν να εισβάλουν και να μολύνουν του υγιής οργανισμούς, ενώ ένα δευτερεύον παθογόνο εισβάλλει και μολύνει ένα εξασθενημένο οργανισμό ή ένα ιδιαίτερο άτομο που καταναλώνει ορισμένα φάρμακα ή είναι εξαρτημένο από τα ναρκωτικά (Haug, 1993).

Η έκθεση στα παθογόνα μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της κομποστοποίησης ή μέσω των προϊόντων όπου χρησιμοποιήθηκε το κομπόστ, ή εάν η διαδικασία κομποστοποίησης δεν πραγματοποιήθηκε και επομένως το κομπόστ δεν απολυμάνθηκε σωστά (Haug, 1993). Οι πιθανοί τρόποι μόλυνσης για τους εργαζόμενους είναι όταν εισπνέουν τα λύματα που περιέχουν αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς, η δερμική επαφή, ή λόγω αμέλειας όπως η κατάποση σκόνης, μέσω της τροφής, ή με την επαφή από το χέρι στο στόμα όπως με το κάπνισμα. Η κατάποση ενός μολυσμένου προϊόντος ή μόλυνση από τσιγάρο ή το φαγητό είναι η πιο πιθανή είσοδος των παθογόνων στους εργαζόμενους ή στους χρήστες κομπόστ. Εντούτοις, ο κίνδυνος για αυτά τα άτομα είναι χαμηλότερος από το κανονικό όταν η συμπεριφορά μας παρέχει πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο των μικροοργανισμών στο

περιβάλλον.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι ικανή να απολυμαίνει τα απόβλητα. Εντούτοις, λόγω λάθους σχεδιασμού ή διαδικασιών, μερικά παθογόνα ίσως να επιζήσουν κατά την διάρκεια κομποστοποίησης. Με το που θα έρθουν σε επαφή με το έδαφος, θα επιζήσουν και θα μεταδώσουν ασθένειες στον άνθρωπο.

8.9.2. ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΣΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Τα πρωτεύοντα παθογόνα βρίσκονται σε μεγάλη ποικιλία αποβλήτων και συναντώνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- βακτήρια
- εντερικοί ιοί
- πρωτόζωα
- παρασιτικοί σκώληκες : νηματώδης και κεστώδης.

Τα περισσότερα παθογόνα των παραπάνω κατηγοριών, τα συναντάμε στα οργανικά υπολείμματα, όμως οι πληροφορίες είναι λίγες για τα στερεά απόβλητα, για τα υπολείμματα των καλλιεργειών, για τα απορρίμματα φαγητών κ.α.. Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν διάφορα αρχικά παθογόνα που βρίσκονται στα απόβλητα που κόμποστοποιούνται και τι προκαλούν στον άνθρωπο.

Για την κομποστοποίηση θα πρέπει να είναι αποτελεσματική η απολύμανση η οποία θα πρέπει να μειώνει τα παθογόνα σε τέτοιο βαθμό ώστε ο κίνδυνος να είναι μικρός ή να τα εξαλείφει πλήρως.

8.9.3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ

Ο κύριος τρόπος απολύμανσης βασίζεται στην σχέση θερμοκρασία-χρόνος το οποίο καταστρέφει τα παθογόνα (Erstein, 1997). Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα της σχέσης αυτής είναι η παστερίωση του γάλακτος. Με την θέρμανση του για 20-30 λεπτά στους 60-63 °C έχουμε παστερίωση και καταστροφή των παθογόνων βακτηρίων (Erstein, 1997).

Η καταστροφή των παθογόνων κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, είναι αποτέλεσμα της θερμικής θανάτωσης και αντιβιοτικής δράσης της ή της αποσύνθεσης των μικροοργανισμών ή των προϊόντων τους (Erstein, 1997).

8.9.4. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΣΤΑ ΧΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Η επιβίωση των παθογόνων στο έδαφος εξαρτάται από πολλούς φυσικούς παραμέτρους. Οι φυσικοί παράμετροι είναι: η εδαφική υγρασία, τα χαρακτηριστικά διατήρησης της εδαφικής υγρασίας, το pH, το οργανικό υλικό, τα κολλοειδή του εδάφους, η θερμοκρασία του εδάφους ,και οι ανταγωνιστικοί οργανισμοί. Όλα τα παραπάνω, έχουν σαν αποτέλεσμα να

επιζούν στο έδαφος τα παθογόνα (Erstein, 1997) .

Απεδείχθη από πολλούς επιστήμονες, ότι παθογόνοι οργανισμοί μπορούν να επιζήσουν στο έδαφος και στα φυτά για μεγάλο χρονικό διάστημα ως εβδομάδες και χρόνια. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρεται στην επιβίωση των παθογόνων στο έδαφος, στα λαχανικά και στα φυτά. Οι ιοί επιζούν στο έδαφος το λιγότερο για 28 μέρες (Erstein, 1997).

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: Επιβίωση των βακτηρίων στο έδαφος ή στα φυτά

Οργανισμός	Συναντάται	Επιβίωση (μέρες)
<i>Salmonella spp.</i>	Εδαφος	15-7280
<i>Salmonella typhimurium</i>	Εδαφος	<28-70
<i>Salmonella typhi</i>	Εδαφος Λαχανικά και φρούτα	30-120 <1-68
<i>Salmonella cerro</i>	Τομάτες	4
Κολοβακτηρίδια	Επιφάνεια εδάφους Λαχανικά Γρασίδι, γαρύφαλλο	38 35 6-34
Στρεπτόκοκκος	Εδαφος	35-63
Περιττωματικός στρεπτόκοκκος	Εδαφος	23-67
Σιγγέλωση	Λαχανικά	2-10
<i>Shigella alkalescens</i>	Τομάτες	6
<i>Tubercle bacilli</i>	Εδαφος	>180

ΠΗΓΗ: Erstein, 1997

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: Επιβίωση των ιών στο έδαφος και στα φυτά

Ιός	Συναντάται	Επιβίωση (μέρες)
Poliovirus	Άμμος	<77-91
Poliovirus 1	Παχύ στρώμα από άμμο Έδαφος Μαρούλια και ραδίκια	84 <123 36
Poliovirus 1,2,3	Έδαφος	78
Coxsackie 83	Άργιλος	<161
Enteroviruses	Έδαφος Λαχανικά	8 4-6

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: Επιβίωση μερικών παρασίτων στο έδαφος και στα φυτά

Παράσιτο	Συναντάται	Επιβίωση (μέρες)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Έδαφος	8-10
<i>Ascaris ova</i>	Έδαφος Λαχανικά και φρούτα	>7 χρόνια 27-35
<i>Hookworm larvae</i>	Έδαφος	<180

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Τα περισσότερα από τα βακτήρια επιζούν στο έδαφος ή στα φυτά για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι Σαλμονέλα επιζεί για σχεδόν 20 έτη. Ο ιός επιζεί στο έδαφος τρεις έως πέντε μήνες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: Συνολικός πίνακας των επιζώντος οργανισμών στα οργανικά υπολείμματα

		Ρυθμός θανάτου (μέρες, 90%)			Ρυθμός θανάτου (μέρες, 99%)		
Οργανισμός	Βάθος Εδάφους	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο
Salmonella	0-5	6	61	12	11	45	22
	5-15	4	22	15	7	45	30
Περιττωματικός στρεπτόκοκκος	0-5	7	28	17	14	63	24
	5-15	-	-	-	-	-	-
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια	0-5	7	84	25	12	165	60
	5-15	4	49	16	9	56	32
κολοβακτηρίδια	0-5	16	72	40	28	350	155
	5-15	35	70	42	-	-	-
ιοί	0-5	<1	30	3	2	52	6
	5-15	30	56	30	60	100	60
παράσιτα	0-5	17	270	77	68	500	81
	5-15	-	-	-	-	-	-

ΠΗΓΗ: Epstein, 1997

Η υγρασία είναι ένας βασικός παράγοντας στην επιβίωση των οργανισμών στο έδαφος. Αναφέρθηκε ότι η επιβίωση της *Salmonella typhosa* ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των βροχερών περιόδων. Στο αμμώδες χώμα, λόγω του ότι υπάρχει λιγότερη υγρασία, ο χρόνος επιβίωσης ήταν μεταξύ 4-7 ημερών (Epstein, 1997). Ενώ σε αργιλώδη έδαφος ή τυρφώδες όταν έχουμε διατήρηση του νερού, η Σαλμονέλλα επιζεί γύρω στις 42 μέρες.

Εκτός από την υγρασία, η εδαφική θερμοκρασία και η έκθεση στο φως του ηλίου, επιδρούν στη επιβίωση των παθογόνων (Epstein, 1997).

Καμία πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη για την παρουσία ιών στο κομπόστ όταν εφαρμόζεται στο έδαφος. Η απουσία ιών από το έδαφος οφείλεται αρχικά στην προσρόφιση έπειτα στην συγκέντρωση αλάτων, στο pH, στην οργανική ουσία και στην εδαφική συμπίεση. Δεν υπάρχει κανένα στοιχείο που να αναφέρεται στην επιβίωση των παρασίτων στο κομπόστ (Epstein, 1997).. Τα παράσιτα μπορούν να επιζήσουν στα χώματα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Συγκεκριμένα, το *Ascaris ova* επιβιώνει στο έδαφος για πάνω από επτά χρόνια (Epstein, 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤ

Οι προδιαγραφές ποιότητας του κομπόστ ποικίλουν ευρύτατα από χώρα σε χώρα, ακόμη και μέσα στην ΕΕ, τόσο όσον αφορά στη φιλοσοφία τους όσο και στις παραμέτρους που προσδιορίζονται, τα θεσμοθετημένα όριά τους και τα συστήματα πιστοποίησης. Ο γενικός στόχος που είναι κοινός σε όλες τις προδιαγραφές είναι η προστασία του εδάφους, ειδικά των γεωργικών εδαφών, κυρίως από τα βαρέα μέταλλα. Πιο πρόσφατα έχει δημιουργηθεί ενδιαφέρον για τις οργανικές τοξικές ενώσεις που πιθανόν να υπάρχουν στο κομπόστ (PCBs, PAHs, NPE, phthalates κ.ά.) και παρά τις αναλυτικές δυσκολίες που παρουσιάζουν έχουν αρχίσει να εμφανίζονται όλο και συχνότερα στις νομοθεσίες (Fanoïno et al, 2001). Η εξέλιξη είναι παράλληλη με την αναμενόμενη νέα Οδηγία για τη χρήση της βιολογικής ιλύος στη γεωργία. Η μεγάλη διαφοροποίηση οφείλεται στη διαφορετική προσέγγιση και στην έλλειψη στερεών επιστημονικών δεδομένων για την συμπεριφορά, μεταφορά και επικινδυνότητα των διαφόρων ρύπων στο περιβάλλον. Ελλείπει στοιχείων κάποιες χώρες, υιοθετούν ισχυρά την αρχή της προφύλαξης, θέτοντας π.χ. συχνά χαμηλότερα όρια περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα από πολλά φυσικά εδάφη (π.χ. Δανία, Ολλανδία), ενώ άλλες προχωρούν με βάση υπάρχουσες μελέτες εκτίμησης επικινδυνότητας για τα πλέον ευάλωτα τμήματα του πληθυσμού, καταλήγοντας σε χαλαρότερα όρια (π.χ. ΗΠΑ – βλ. Πίνακα 22). Οι ποιοτικές προδιαγραφές της πρότασης Οδηγίας της ΕΕ (EC 2001) για τις διαφορετικές προβλεπόμενες κατηγορίες κομπόστ σε σύγκριση με τις Ελληνικές παρουσιάζονται στον Πίνακα 20. Πρέπει να σημειωθεί ότι για το κομπόστ κατηγορίας 1 δεν τίθενται περιορισμοί χρήσης, πέρα από αυτούς που επιβάλλει η καλή αγρονομική πρακτική. Κομπόστ κατηγορίας 2 μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε ποσότητα που δεν υπερβαίνει τους 3 τόνους ξηρής ουσίας ανά στρέμμα κατά μέσο όρο τριετίας. Η Ελληνικές προδιαγραφές είναι παρόμοιες και συχνά χαλαρότερες από αυτές για τα σταθεροποιημένα απορρίμματα, το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς έχουν θεσπιστεί με άξονα αναφοράς τα συστήματα μηχανικής διαλογής – κομποστοποίησης, τα οποία θεωρούνται από την πολιτική ηγεσία σήμερα ως η μοναδική εφικτή λύση. Υψηλής ποιότητας κομπόστ από ΑΣΑ, που να ικανοποιεί τις όλο και αυστηρότερες προδιαγραφές για αγρονομικές χρήσεις μπορεί να παραχθεί μόνο μέσα από συστήματα χωριστής διαλογής του οργανικού κλάσματος στην πηγή. Χαρακτηριστικά παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα (Brinton 2000) κομπόστ από ΑΣΑ και κομπόστ από «καθαρό» οργανικό (μετά από διαλογή στην πηγή), στον Πίνακα 21. Μία ενδεικτική σύγκριση των επιτρεπόμενων ορίων των βαρέων μετάλλων μεταξύ Ευρώπης, ΗΠΑ και Καναδά (Brinton 2000) , παρουσιάζεται στον Πίνακα 22, ενώ αναλυτικές οριακές τιμές για βαρέα μέταλλα και άλλους ρύπους σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ παρουσιάζονται στον Πίνακα 23. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Πίνακας 23 είναι ενδεικτικός και όχι εξαντλητικός των

περιπτώσεων που καλύπτουν οι εθνικές νομοθεσίες, καθώς υπάρχουν πολλές υποπεριπτώσεις που καθιστούν αδύνατη τη συγκεντρωτική παρουσίαση των ορίων. Μόνο δύο χώρες, η Αυστρία και η Δανία, έχουν εισάγει όρια για οργανικούς ρύπους (PCB, PAH, διοξίνες, υπολείμματα φυτοφαρμάκων) ενώ η Γερμανία έχει θεσπίσει μια Επιτροπή Εργασίας με στόχο να εξετάσει την αναγκαιότητά τους μέχρι το τέλος του 2002 (Favoino et al, 2001).

Η αναμενόμενη θέσπιση ορίων στη νέα Οδηγία για την εφαρμογή της βιολογικής ύλης στη γεωργία αναμένεται να επηρεάσει και άλλες χώρες προς αυτή την κατεύθυνση, όπως φαίνεται και από την πρόταση Οδηγίας για την κομποστοποίηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 20. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην προτεινόμενη Οδηγία της ΕΕ και στην Ελλάδα (EC 2001, Ανώνυμος 1997)

Παράμετρος	Πρόταση Οδηγίας			KYA 114218
	Κομπόστ / Digestate		Σταθεροποιημένα Βιοαπορρίμματα	Κομπόστ
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2		
Cd (mg/kg dm)	0,7	1,5	5	10
Cr (mg/kg dm)	100	150	600	510
Cu (mg/kg dm)	100	150	600	500
Hg (mg/kg dm)	0,5	1	5	5
Ni (mg/kg dm)	50	75	150	200
Pb (mg/kg dm)	100	150	500	500
Zn (mg/kg dm)	200	400	1500	2000
As (mg/kg dm)	-	-	-	15
PCBs (mg/kg dm)	.*	.*	0,4	-
PAHs (mg/kg dm)	.*	.*	3	-
Προσμίξεις >2mm	<0,5%	<0,5%	<3%	<0.8**
Πέτρες >5mm	<5%	<5%	-	-

* Σε συμφωνία με την αναθεώρηση της Οδηγίας για την ύλη βιολογικών καθαρισμών

** Πλαστικό και γυαλί

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Τυπική συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε κομπόστ από ανάμικτα ΑΣΑ και κομπόστ από βιοαπορρίμματα (με διαλογή στην πηγή) (Μ.Ο. 4 περιοχών) (Brinton 2000).

Στοιχείο	Ανάμικτα ΑΣΑ (mg/kg)	Βιοαπορρίμματα (mg/kg)
Pb	420	83
Cu	222	41
Zn	919	224
Cr	107	61
Ni	84	26
Cd	2,8	0,4
Hg	1,9	<0,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: Σύγκριση ορίων για τα βαρέα μέταλλα μεταξύ ΕΕ, ΗΠΑ και Καναδά (Brinton 2000).

Στοιχείο	Ε.Ε (διακύμανση) mg/kg	ΗΠΑ, κομπόστ από ιλύ (mg/kg)	Καναδάς (mg/kg)	
			Τύποι ΑΑ & Α	Τύπος Β
Κάδμιο	0,7-10	39	3	20
Χρόμιο	70-200	1200	210	1060
Χαλκός	70-600	1500	100	757
Υδράργυρος	0,7-10	17	0,8	5
Νικέλιο	20-200	420	62	180
Μόλυβδος	70-1000	300	150	500
Ψευδάργυρος	210-4000	2800	500	1850

Όλες οι χώρες έχουν συμπεριλάβει υγειονομικά κριτήρια ποιότητας του κομπόστ, τόσο για παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο, όσο και για τα ζώα και τα φυτά. Τα κριτήρια αυτά αναφέρονται στο προϊόν, στη διεργασία ή και στα δύο. Τα κριτήρια που αναφέρονται στο προϊόν απαιτούν απουσία σαλμονέλας, και απουσία ή πολύ χαμηλές τιμές εντεροβακτηρίων και περιττώματικών στρεπτόκοκκων, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται απουσία νηματοειδών, κυστοειδών και άλλων φυτοπαθογόνων. Επίσης τίθενται όρια στον αριθμό των ικανών προς βλάστηση σπορών παρασιτικών φυτών και κριτήρια φυτοτοξικότητας για το κομπόστ. Σε πολλές περιπτώσεις η υγειονομοποίηση του κομπόστ εξασφαλίζεται μέσα από την εφαρμοζόμενη διεργασία, με την απαίτηση να έχει παραμείνει το υλικό πάνω από κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 55 °C) για ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα (συνήθως 3 ή περισσότερες ημέρες) (Favoino et al, 2001, Brinton 2000). Στην Ελλάδα απαιτείται απουσία σαλμονέλας και εντεροβακτηρίων, χωρίς άλλη αναφορά σε φυτοπαθογόνα ή το χρόνο έκθεσης του υλικού σε υψηλές θερμοκρασίες (Ανώνυμος 1997).

Οι ξένες προσμειξεις, όπως γυαλί, πλαστικό και πέτρες αναφέρονται στις περισσότερες προδιαγραφές χωρίς μεγάλη διαφοροποίηση, ως ποσοστό κατά βάρος ξηρής ουσίας, και σε σχέση με τη διάμετρο των σωματιδίων (Favoino et al, 2001, Brinton 2000). Τέλος αυξανόμενο ρόλο στις προδιαγραφές ποιότητας του κομπόστ για αγρονομικές χρήσεις έχουν ο βαθμός βιολογικής σταθεροποίησης του υλικού και το περιεχόμενό του σε άζωτο (ολικό και νιτρικά). Η βιοσταθεροποίηση ή ωρίμανση του υλικού, δεν προσδιορίζεται πλέον ως ο λόγος άνθρακα προς άζωτο ή νιτρικών προς αμμωνιακά, όπως εμφανιζόταν σε αρκετές παλαιότερες προδιαγραφές, αλλά με βάση την αναπνευστική δραστηριότητα του υλικού (είτε άμεσα ως AT4 είτε έμμεσα με το τεστ αυτοθέρμανσης – self-heating test ή rottegrade) (Favoino et al, 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 23. Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων στο κομπόστ, σε επιλεγμένες χώρες (Favoino et al, 2001).

Παράμετρος (mg/kg dm)	Αυστρία ¹			Βέλγιο	Γερμανία ²			Δανία ³	Ισπανία ⁴			Ιταλία ⁵	Ολλανδία ⁶		UK ⁷	Eco-label ⁸
	A+	A	B		A	B	RAL		Υπ Γ	K1	K2		A	A+		
Cd	0.7	1	3	1.5	1	1.5	1.3	0.4	10	2	3	10	1	0.7	1.5	1
Cr _{tot}	70	70	250	70	70	100	100	100	400	100	250	510	50	50	100	100
Cu	70	150	500	90	70	100	100	1000	450	100	500	600	60	25	200	100
Hg	0.4	0.7	3	1	0.7	1	1	0.8	7	1	3	10	0.3	0.2	1	1
Ni	25	60	100	20	35	50	50	30	120	60	100	200	20	10	50	50
Pb	45	120	200	120	100	150	150	120/60	300	150	300	500	100	65	150	100
Zn	200	300	1800	300	300	400	400	4000	1100	400	1000	2500	200	75	400	300
As	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	10	15	5	-	10
PCB ₁	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAH ₁	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
NPE	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
DEHP	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-

1. Κομπόστ κατηγορίας A+, A και B μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιολογική γεωργία, γεωργικές εφαρμογές και αποκατάσταση εδαφών αντίστοιχα
2. Κομπόστ που πληροί τα όρια της στήλης A και B μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε μέγιστη ποσότητα 3 και 2 t dm ανά στρέμμα κατά μέσο όρο 3 ετών, αντίστοιχα, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα βαρέων μετάλλων που προστίθενται στο έδαφος να είναι ίδια. RAL είναι το σήμα ποιότητας που αποδίδει ο Οργανισμός Πιστοποίησης Ποιότητας Κομπόστ (Bundesgütegemeinschaft Kompost – BGK). Η εφαρμογή πιστοποιημένου κομπόστ υπόκειται σε λιγότερους περιορισμούς. Οι βασικοί νόμοι είναι οι: Biowaste Ordinance (1/10/98) και Fertiliser Ordinance.
3. Το όριο για το αρσενικό και η χαμηλότερη τιμή για το μόλυβδο ισχύουν για εφαρμογή σε κήπους. NPE: nonylphenol, DEHP: Di(2-ethylhexyl)phthalate
4. Υπ.Γ. Προδιαγραφές του Νόμου για τα λιπάσματα και συναφή προϊόντα, του Υπ. Γεωργίας (28/5/1998), K1 και K2 κομπόστ κατηγορίας 1 (διαλογή στην πηγή) και 2 (σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα) αντίστοιχα σύμφωνα με την υπό ψήφιση νομοθεσία στην περιοχή της Καταλονίας. Η κατηγορία 2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως υλικό αποκαταστάσεων και κάλυψης ΧΥΤΑ
5. Νόμος DCI 27/7/84, επίκειται αλλαγή συμπεριλαμβανομένων περιορισμών στις επιτρεπόμενες χρήσεις (απαγόρευση για παραγωγή τροφών και ζωοτροφών)
6. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται σε εθελοντικά σχήματα πιστοποίησης VFG κομπόστ (A) και υψηλής ποιότητας κομπόστ (A+)
7. Πρόκειται για εθελοντικό σχήμα πιστοποίησης που το διαχειρίζεται ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Composting Association. Η θέσπιση υποχρεωτικών εθνικών προδιαγραφών είναι πιθανή.
8. Πρόκειται για τα νέα αναθεωρημένα κριτήρια, που καλύπτουν εδαφοβελτιωτικά και (για πρώτη φορά) υποστρώματα. Απαγορεύεται η χρήση

βιολογικής ύλης (λόγω της αβεβαιότητας για τη φύση και εξέλιξη των οργανικών ρύπων) τύρφης (προστασία των τυρφώνων) και φλοιών που έχουν υποστεί επεξεργασία με παρασιτοκτόνα.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των composts είναι απαραίτητο να γίνονται ορισμένες εργαστηριακές αναλύσεις. Παρακάτω σημειώνονται μια πρόσκαιρη μέθοδος προσδιορισμού Υγρασία %, σε υγρή βάση.

PH, σε υδατικό εκχύλισμα με τη μέθοδο 1 : 1,5 κατ' όγκο.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα EC (mS/cm), μετρήθηκε σε υδατικό εκχύλισμα με τη μέθοδο 1 : 1,5 κατ' όγκο.

Οργανικός άνθρακας (C %), σε ξηρή βάση, με την μέθοδο της καύσης στους 600 0C για 16 ώρες με βάση τη σχέση : Οργανικός άνθρακας % = (100% - Τέφρα %) / 1,8.

Οργανική ουσία, με τη μέθοδο της καύσης στους 600 0C για 16 ώρες.

Ολικό N %, με τη συσκευή mikrokjeldahl (πέψη και απόσταξη)

Σχέση C / N

NO₃- - N, με ειδικό ηλεκτρόδιο και τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων 0,1 M KNO₃ , 1000ppm NO₃- και I.S.A. (Ionic Stength Adjustor) με βάση την σχέση ppm NO₃- - N : ppm NO₃- / 4,4

Τα μακροστοιχεία Ca, Mg, P, με ατομική απορρόφηση, το K και το Na με φλωγοφωτόμετρο.

Η κοκκομετρική κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων των τελικών composts, με εδαφολογικά κόσκινα των 30 - 20 - 10 - 5 - 2 - και 1mm.

9.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Ο έλεγχος και η πιστοποίηση οποιουδήποτε υλικού προϋποθέτουν αξιόπιστες διαδικασίες δειγματοληψίας και αναλυτικές τεχνικές. Σε αντίθεση με τα νερά και τα υγρά απόβλητα, όπου είναι σχετικά εύκολη η αντιπροσωπευτική δειγματοληψία και υπάρχουν διεθνώς αποδεκτές μέθοδοι ανάλυσης, τα στερεά απόβλητα είναι ανομοιογενή, απαρτίζονται συχνά από σχετικά μεγάλα τεμάχια και δεν υπάρχουν κοινές μέθοδοι ανάλυσης για πολλές παραμέτρους.

Σε αρκετές χώρες έχουν τεθεί προδιαγραφές για τη δειγματοληψία και την ανάλυση του παραγόμενου κομποστ, οι οποίες αφορούν στα μεγέθη των δειγμάτων, στη συχνότητα των δειγματοληψιών και στις μεθόδους ανάλυσης, με στόχο τη διασφάλιση υψηλών προδιαγραφών ποιότητας για το παραγόμενο τελικό προϊόν και την παροχή εγγυήσεων στον χρήστη. Οι προδιαγραφές αυτές δεν αποτελούν πάντα νομοθετικές ρυθμίσεις αλλά μπορεί να τίθενται και στα πλαίσια εθελοντικών συστημάτων πιστοποίησης, όπως για παράδειγμα του Composting Association στην Βρετανία και το RAL στη Γερμανία. Στον Πίνακα 24 παρουσιάζεται μία σύγκριση των διαφόρων προδιαγραφών για την εκτέλεση των δειγματοληψιών.

Οι απαιτούμενες αναλύσεις, εκτός από την περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες και παθογόνα,

συνήθως εξετάζουν και την κοκκομετρία, την υγρασία, την οργανική ουσία, τον βαθμό ωρίμανσης, την φυτοτοξικότητα, την παρουσία παρασιτικών βλαστανόντων σπόρων, θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία κλπ. Τα συστήματα πιστοποίησης και σε ορισμένες περιπτώσεις και η νομοθεσία προσδιορίζουν και τις απαραίτητες πληροφορίες και τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πρέπει να αναγράφονται στη συσκευασία του προϊόντος ή σε συνοδευτικό έγγραφο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψιών σε διάφορες χώρες (Favoino et al, 2001, Brinton 2000, Anonymous 2000).

Χώρα	Προτεινόμενη συχνότητα
Γερμανία	<2.000 τον/χρόνο → 4 δείγματα ανά τρίμηνο >12.000 τον/χρόνο → 12 δείγματα 8 φορές το χρόνο
Ολλανδία	1 φορά ανά 5.000 τόνους ή min. 6 φορές το χρόνο
Βέλγιο	8 φορές το χρόνο για εγκατάσταση των 4.000-10.000 τόν.
Αυστρία	min. 1 φορά το χρόνο ή 1 φορά ανά 2.000 m ²
Ελβετία	1 φορά το χρόνο για ποσότητα >100 τόν
Γαλλία	1 φορά ανά εξάμηνο
Δανία	1 φορά ανά εξάμηνο
Βρετανία	< 5.000 τον/χρόνο → 2 δείγματα ανά έτος > 5.000 & <20.000 τον/χρόνο → 3 δείγματα ανά έτος > 20.000 τον/χρόνο → 4 δείγματα ανά έτος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Είναι δύσκολο να δοθούν συνοπτικά τα ποιοτικά πρότυπα κομπόστ παγκοσμίως, και πώς προέκυψαν (Brinton, 2000). Είναι γεγονός ότι πολλές χώρες άρχισαν να δημοσιεύουν οδηγίες για το σχηματισμό κομπόστ σύμφωνα με πρότυπα. Μερικοί από αυτούς τους οδηγούς είναι εμφανής και άλλοι είναι αρκετά δυσνόητοι (Brinton, 2000).

Με μια γρήγορη σύγκριση των προτύπων κομπόστ των διάφορων χωρών παρουσιάζεται η Ευρώπη να είναι αρκετά ανεπτυγμένη, ενώ ο υπόλοιπος κόσμος, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, καθυστερεί σημαντικά. Ένας πιθανός λόγος για την απόκλιση που υπάρχει φαίνεται να είναι πολιτικής φύσης. Επίσης εμφανείς είναι οι διαφορετικές επιστημονικές απόψεις σχετικά με το πώς οι δοκιμές στο κομπόστ πρέπει να διεξαχθούν, ή πια αποτελούν τα "κρίσιμα επίπεδα" στο σεβασμό του περιβάλλοντος και στην καθαρότητα του κομπόστ (Brinton, 2000). Ο ακόλουθος πίνακας δίνει μια επισκόπηση της ύπαρξης ορισμών και προτύπων σε διάφορες χώρες (Brinton, 2000)

ΠΙΝΑΚΑΣ 25: Πρότυπα του κομπόστ σε διάφορες χώρες

Αυστρία	Καθιέρωση πλήρως του συστήματος εξασφάλισης ποιότητας.
Αυστραλία	Ποιοτικά κριτήρια και ανάλυση μεθόδων
Βέλγιο	Καθιέρωση του Βελγικού συστήματος εξασφάλισης ποιότητας στη Φλαμανδική περιοχή. Οι Βρυξέλλες και άλλες περιοχές μπορούν να ακολουθήσουν το παράδειγμα της Φλαμανδικής περιοχής.
Καναδάς	Αναπτυγμένα τα πρότυπα. Συζητήσεις σχετικά με τα συστήματα εξασφάλισης ποιότητας.
Δανία	Πρόσφατα εξασφάλιση της ποιότητας, μέθοδοι ανάλυσης
Γαλλία	Περιορισμένα ποιοτικά κριτήρια, ερευνητικό πρόγραμμα για την ποιοτική διαχείριση(εν εξελίξει)
Ελλάδα	Βασικοί κανόνες για τα στερεά απόβλητα, κανένα επίσημο πρότυπο κομπόστ
Γερμανία	Πλήρης σύστημα εξασφάλισης ποιότητας, ιδιωτική εταιρία διατηρεί τα κριτήρια
Ουγγαρία	Νέα εταιρία για την ποιότητα του κομπόστ
Ιταλία	Νέο διάταγμα για το διαχωρισμό των αποβλήτων, ιδιωτική εταιρία που διαμορφώνει τα πρότυπα
Ιαπωνία	Νέο διάταγμα για το διαχωρισμό των αποβλήτων, δεν υπάρχουν πρότυπα
Λουξεμβούργο	Μερικές εγκαταστάσεις ακολουθούν το Γερμανικό σύστημα εξασφάλισης ποιότητας
Κάτω Χώρες	Πλήρης καθιέρωση της εξασφάλισης ποιότητας καθώς και σύστημα πιστοποίησης
Νορβηγία	Η ποιότητα του κομπόστ είναι εν εξελίξει
Ισπανία	Καθορισμένες οδηγίες κομπόστ και προτάσεις για το σύστημα της Καταλωνίας
Σουηδία	Εφαρμογή πρόσφατων προτύπων και συστημάτων κομπόστ
Ελβετία	Καθιέρωση κατώτερων ποιοτικά επιπέδων
Αγγλία	Προτεινόμενα ποιοτικά πρότυπα από ιδιωτική εταιρία κομποστοποίησης
Αμερική	Κομπόστ σύμφωνα με του κανόνες κομποστοποίησης, δεν υπάρχουν πρότυπα για 13 κράτη, ιδιωτικές εταιρίες.

ΠΗΓΗ: Brinton, 2000

Τα ανόργανα χημικά λιπάσματα φέρνουν μια ετικέτα από το νόμο που πρέπει να δηλώσουν την περιεκτικότητα σε το N-P-K τους (άζωτο - φώσφορος , κάλιο) σύμφωνα με τους κανόνες που θεσπίστηκαν περισσότερο από μισό αιώνα πριν (Brinton, 2000). Εντούτοις, το κομπόστ, ένα προϊόν που περιέχει θρεπτικές ουσίες και οργανική ουσία, δεν υπόκειται σε οποιεσδήποτε συστηματικούς κανόνες για το περιεχόμενό του, τις ιδιότητες ή τους πιθανούς κινδύνους του (Brinton, 2000). Δεν υπάρχει κανένας κανόνας, και καμία δημοσιευμένη οδηγία ώστε να θεσπιστούν τέτοιοι κανόνες, εκτός αν και μόνο εάν το κομπόστ θεωρηθεί ως λίπασμα (Brinton, 2000).

Η ιδέα ότι το κομπόστ είναι σημαντικά διαφορετικό από τα ανόργανα λιπάσματα δεν είναι νέο εντούτοις, μέχρι πρόσφατα οι μοναδικές ιδιότητες του κομπόστ αγνοήθηκαν και το κομπόστ ταξινομήθηκε ως φτωχή θρεπτικά "εδαφική τροποποίηση" (Brinton, 2000). Η αναγνώριση του κομπόστ ως πιθανό υλικό λίπανσης προηγείται χρονικά τους πολέμους, και ήταν σαφώς καθορισμένος από το 1932 στην USDA (Brinton, 2000).

10.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ

Οι οδηγίες για την ποιότητα του κομπόστ είναι σχετικά νέες, και χρονολογούνται στα μέσα της δεκαετίας του '80 (Brinton, 2000). Το κομπόστ έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί για δεκαετίες στην βιολογική καλλιέργεια, αλλά τα ζητήματα σχετικά με τη σύνθεση και την ποιότητα έχουν προκύψει πρόσφατα, (OMRI, 1988).

10.2. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΕΘΝΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Κατά την μελέτη της ποιότητας του κομπόστ, είχαμε μια σταθερή εξέλιξη των μολυσματικών παραγόντων (Brinton, 2000). Τα πρώτα δημοσιευμένα όρια στην Ευρώπη είχαν αναφερθεί στα βαρέα μέταλλα κατά το τέλος της δεκαετίας του '70. Στα μέσα της δεκαετία του '80 μελετήθηκαν οι μολυσματικοί παράγοντες κατά τη διάρκεια συζήτησης σχετικά με την ωριμότητα και την ανάπτυξη των φυτών (Brinton, 2000). Τα πρότυπα και τα περιεχόμενα της συζήτησης περιλάμβαναν:

- 1 Επιτρεπόμενα όρια βαρέων μετάλλων
- 2 Φυσική σύνθεση και αδρανής μόλυνση
- 3 Παθογόνος βακτηριολογία και φυτοπαθογένεια
- 4 Pte's (ενδεχόμενα τοξικά στοιχεία)
- 5 Ωριμότητα και αύξηση της απόδοσης των φυτών

Με την έναρξη το 1989 της ένωσης για την ποιότητα του κομπόστ στη Γερμανία, και με την δημιουργία της ποιοτικής σφραγίδας το 1992, έγινε η αρχή για την κοινή αναγνώριση της ποιότητας του κομπόστ για τους τελικούς χρήστες (Dupre, 1992). Το 1989, μια αξιολόγηση της ποιότητας των λιπασμάτων είχε δημοσιευτεί που αναφερόταν στον ποιοτικό κανόνα της μικρότερης ποιότητας κομπόστ.

10.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΦΡΑΓΙΔΩΝ

Πολλές χώρες στην Ευρώπη έχουν κάποιο σύστημα ταξινόμησης κομπόστ. Κάθε ένα που συστήνεται, απαιτείται από το νόμο ή από πρόγραμμα ποιοτικών σφραγίδων (Brinton, 2000). Η Γερμανία έχει δύο τύπους ποιοτήτων σφραγίδων που μπορούν να ληφθούν για το κομπόστ: η ποιοτική Bundesgotegemeinschaft σφραγίδα και η Blue Angel seal (μπλε σφραγίδα αγγέλου) (RAL,, 1998). Και οι δυο επιβλέπονται από το Γερμανικό ινστιτούτο πιστοποίησης ποιότητας κομπόστ (KAI,). Η σφραγίδα του μπλε αγγέλου αρχίζει να εκλείπει από τα Γερμανικά προγράμματα, ενώ η σφραγίδα οικολογικών ετικετών (Eco-Label) χορηγήθηκε από τις Βρυξέλλες (OJ, 1998). Το Αυστραλιανό σύστημα, αντίθετα, είναι καλά σχεδιασμένο βασισμένο στους τελικούς χρήστες κομπόστ, εντούτοις, μια ετικέτα προειδοποίησης για τα λιπάσματα απαιτείται.

ΕΙΚΟΝΑ 11: Σφραγίδες ποιότητας για προϊόντα κομπόστ

The RAL Seal



The Blue Angel Seal



ECO - LABEL



ΠΗΓΗ: Brinton 2000

10.4. Η ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΦΡΑΓΙΔΑ (ECO-LABEL, SEAL) ΠΑ ΤΑ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε το 1992 ότι μια σφραγίδα πιστοποίησης ποιότητας θα μπορούσε να εκδοθεί για οποιαδήποτε κατάλληλο φυσικό βελτιωτικό εδάφους παραγόμενο στα κράτη μέλη (Brinton, 2000). Το 1998 η οδηγία τροποποιήθηκε και αναβαθμίστηκε με τα συγκεκριμένα πρότυπα που ισχύουν γενικά για το κομπόστ, ως εξής: (Brinton, 2000).

ΠΙΝΑΚΑΣ 26: Επιτρεπόμενο φορτίο βαρέων μετάλλων, kg/ha/yr

Περιοχή	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Ευρώπη	0.7	0.15	2.0	12	0.1	3	15	30
Αμερική	2.0	1.9	150	75	0.85	21	15	140

ΠΗΓΗ: BodSch 1998

10.5. ΠΡΟΤΥΠΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Από όλα τα πιθανά ποιοτικά πρότυπα, η προσοχή εστιάζεται στα πρότυπα για τα βαρέα μέταλλα. Κατά συνέπεια είναι χρήσιμη η αναφορά στα πρότυπα κάθε χώρας, αρχίζοντας με μια επισκόπηση των προτύπων που είναι εμφανή (Brinton, 2000). Τα επιτρεπόμενα μέταλλα παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις στην Ευρώπη. Εντούτοις, στην Αμερική επιτρέπονται τα παρακάτω: Cd, Cr, Cu, Hg και Ni (Brinton, 2000).

ΠΙΝΑΚΑΣ 27: Επιτρεπτά όρια βαρέων μετάλλων σε mg/kg

Μέταλλο	Σύμβολο	Διακύμανση στην Ευρώπη	Αμερικάνικα απόβλητα
Κάδμιο	Cd	0.7-10	39
Χρώμιο	Cr	70-200	1,200
Χαλκός	Cu	70 - 600	1,500
Υδράργυρος	Hg	0.7-10	17
Νικέλιο	Ni	20-200	420
Μόλυβδος	Pb	70-1,00	300
Ψευδάργυρος	Zn	210-4,00	2,800

ΠΗΓΗ: Brinton, 2000

Αυτό που πρέπει να εξεταστεί είναι τα όρια των μετάλλων που χρησιμοποιούνται σήμερα ή που επιβάλλονται στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες, όπου οι διαφορές είναι ιδιαίτερα εμφανής, όπως στην Αυστρία που έχει 3 βαθμούς και η Γερμανία που έχει δύο ομάδες προτύπων (Brinton , 2000).

Όλες οι χώρες δεν έχουν πρότυπα μετάλλων. Μερικές χώρες συμπεριλαμβανομένου του Βελγίου, της Ιταλίας και των Κάτω Χωρών έχει ερευνήσει την εφαρμογή ακόμη χαμηλότερων ορίων και υιοθέτησαν ένα σύστημα δύο τάξεων με την υψηλότερη κατηγορία που πλησιάζει τους κανόνες ποιοτικού κομπόστ της ΕΕ (Brinton, 2000).

ΠΙΝΑΚΑΣ 28 : Όρια βαρέων μετάλλων (mg/Kg σε χώρες της Ευρώπης που δεν έχουν κανονισμούς για το κομπόστ

Χημικό Στοιχείο	Αυστραλία	Βέλγιο (Γεωργική χρήση)	Βέλγιο (φωτοκομι κή χρήση)	Σουηδία	Δανία	Γαλλία	Γερμανία	Ιταλία	Κάτω Χώρες	Ισπανία	Καναδάς
As	-	-	-	-	25	-	-	10	25	-	13
Cd	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	4	5	5	3	1.2	8	1.5	1.5	2	40	3
Cr	150	150	200	150	-	-	100	100	200	750	210
Co	-	10	20	25	-	-	-	-	-	-	34
Cu	400	100	500	150	-	-	100	300	300	1750	100
Pb	500	600	1000	150	120	800	150	140	200	200	150
Hg	4	5	5	3	1.2	8	1.0	1.5	2	25	0.8
Ni	100	50	100	50	45	200	50	50	50	400	62
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Zn	1000	1000	1500	500	-	-	400	500	900	4000	500

ΠΗΓΗ: Brinton, 2000

Μερικές χώρες προσδοκούν χαμηλότερα όρια βαρέων μετάλλων όπως είναι στον ψευδάργυρος, το νικέλιο και τον υδράργυρο, βασισμένο στις τρέχουσες έρευνες. Τα όρια μετάλλων μπορούν τελικά να είναι τόσο χαμηλά σε μερικές ευρωπαϊκές χώρες ώστε αυτό μπορεί να αποτελέσει φραγμό για τα απόβλητα συγκεκριμένων τύπων.

10.6. ΝΕΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Όπως αναφέρεται και πιο πάνω, διάφορες χώρες είναι στο στάδιο είτε στην περαιτέρω μείωση των μετάλλων, είτε έχουν δημιουργήσει περισσότερες από μια κατηγορίες κομπόστ. Η έννοια είναι ότι η υψηλότερη κατηγορία (π.χ. τύπος A ή AA) θα αντιπροσώπευε τα προτιμημένα κομπόστ για εντατικές χρήσεις (Brinton, 2000).

Η διάκριση δύο κατηγοριών λιπάσματος έχει υποστηριχθεί επίσης από τη βρετανική εδαφολογική ένωση που συνεπάγονται στα καναδικά πρότυπα BNQ και CCME (CCC, 1999). Είναι ουσιαστικά παρόμοιο με τους θεσμοθετημένους κανόνες της ΕΟΚ και την οικολογική ετικέτα (EU Eco-Label) της ΕΕ τα εδαφο βελτιωτικά εδάφους τα οποία θέτουν σε χαμηλά επίπεδα τα μέταλλα (OJ, 1998). Το πρόγραμμα της οικολογικής ετικέτας έχει θέσει συγκεκριμένα όρια και για τα εξής μέταλλα: Mo, Se, As, και F εάν τα MSW ή τα βιομηχανικά απόβλητα συμμετέχουν στα υλικά του κομπόστ.

Συνολικά, η παραπάνω προσέγγιση ήταν λογική, μέχρι που αναπτύχθηκαν πρότυπα για τα λήμματα, διότι δεν προβλέφθηκε για υλικά με μεγάλη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα όσο και για τα φυτοφάρμακα όπως αποδείχθηκε και από τη μελέτη των Berset και Holzers στα Ελβετικά εδάφη (1993).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ

11.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ

Κομπόστες με απορρίμματα βιολογικών Καθαρισμών:

- _ Συγκρατούν πολύ υγρασία
- _ Είναι πιο συνεκτικές και συμπαγείς
- _ Εμποδίζουν την καλή αερόβια ζύμωση
- _ Στην εφαρμογή αποδομούνται γρήγορα και συνιστάται η ανάμειξη τους με πριονίδια, φλούδια και αλεσμένους φλοιούς που ανεβάζουν τη σχέση C/N και αποφεύγεται η απώλεια N.
- _ Κίνδυνος παρουσίας βαριών μετάλλων.

Κομπόστες με απορρίμματα σταφυλιών:

- _ Είναι όξινα υλικά και ενδείκνυται η ασβέστωση τους
- _ Αυξημένη περιεκτικότητα σε K

Κομπόστες γαιοσκωλήκων:

- _ Συνίστανται από κοπριά, άχυρα, πριονίδια.
- _ Προϊόν κοκκώδες

Κομπόστες σκουπιδιών:

- _ Τα σκουπίδια διαλέγονται, αλέθονται, κοσκινίζονται, (2- 5 χιλιοστά), ώστε να ευνοηθεί η αερόβια ζύμωση.
- _ Η σχέση C/N ρυθμίζεται στο 35, η υγρασία στο 50% και θεωρείται ώριμο υλικό όταν η σχέση (οργανική ουσία) /N γίνει <50, η οργανική ουσία >20% και η περιεκτικότητα σε N <2%.(Clift, 1986).
- _ Εάν κατά τη ζύμωση αναπτυχθούν θερμοκρασίες 60 - 70 οC, τότε η ωρίμανση του υλικού μπορεί να ολοκληρωθεί σε διάστημα μικρότερο της εβδομάδας.

Προσοχή στην περιεκτικότητα σε βαριά μέταλλα.

11.2. ΤΟ ΘΕΡΜΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Οι πρακτικές που δίνουν τις κατάλληλες συνθήκες για τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών ποικίλουν από την «θερμή» μέθοδο, που απαιτεί προσπάθεια και προσοχή, μέχρι την «ψυχρή» μέθοδο, που δεν έχει τέτοιες απαιτήσεις. Υπάρχουν στην καθεμιά τα υπέρ και τα κατά. Γενικά το γρήγορο κομπόστ είναι χρησιμοποιήσιμο σε δυο μήνες το πολύ και μπορεί να έχει τελειώσει μέσα σε δυο εβδομάδες. Το μυστικό είναι ένα: συχνό γύρισμα. Εξασφαλίζει τον καλό αερισμό και οι μικροοργανισμοί δουλεύουν κυριολεκτικά πυρετωδώς. Η θερμοκρασία ελέγχεται και μόλις πέσει, ο σωρός γυρίζεται. Το θερμόμετρο δεν είναι

απαραίτητο χώνουμε το

χέρι στο σωρό και με λίγη πείρα θα καταλαβαίνουμε αυτό που πρέπει. Η βάζουμε ένα σίδερο στο σωρό για δέκα λεπτά και βλέπουμε πόσο ζεστό είναι. Το κύριο **πλεονέκτημα** του θερμού κομπόστ είναι η ταχύτητα. Ακόμα και στις πιο κρύες περιοχές, μπορούμε να έχουμε έξι παρτίδες το χρόνο. Είναι καλή μέθοδος για την περίπτωση που αρχίζουμε να καλλιεργούμε σε μια νέα τοποθεσία ή όταν έχουμε περιορισμένο χώρο στη διάθεσή μας. Το άλλο **πλεονέκτημα** είναι η θερμότητα: οι μεγάλες θερμοκρασίες και για κάμποσες εβδομάδες σκοτώνουν τους σπόρους των αγριόχορτων και τα παθογόνα. Πριν συμπεριλάβουμε στο σωρό φυτά με ασθένειες ή αγριόχορτα, είναι μια καλή ιδέα να τελειοποιήσουμε την τεχνική αυτή. Καλύτερα να αφήνετε κάτι έξω από το σωρό, παρά να καταλήξεις με έναν κήπο γεμάτο αγριάδα.

Το κύριο **μειονέκτημα** της γρήγορης κομποστοποίησης είναι η δουλειά στο γύρισμα του σωρού κάθε λίγες μέρες. Επίσης, είναι η μέθοδος που συγχωρεί τα μικρότερα λάθη. Αν η υγρασία ή σχέση άνθρακα/αζώτου δεν είναι αυτή που πρέπει, χρειάζεται χειρισμός. Άλλο **μειονέκτημα** είναι που ο σωρός πρέπει να γίνει μεμιάς. Το θερμό κομπόστ δεσμεύει λιγότερο άζωτο στο τελικό προϊόν σχετικά με το κρύο, επειδή η γρήγορη ανάπτυξη των βακτηρίων απαιτεί πολύ άζωτο και κάποιο από αυτό σχηματίζει αμμωνία. Ειδικές μελέτες έδειξαν ότι το θερμό κομπόστ είναι λιγότερο κατάλληλο για τον έλεγχο των ασθενειών που προέρχονται από το έδαφος σε σχέση με το αργό, επειδή οι ευεργετικοί μύκητες και βακτήρια που ανταγωνίζονται τα παθογόνα δεν επιβιώνουν μετά τις μεγάλες θερμοκρασίες.

11.3. ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Δεν θέλουμε πολύ χώρο. Μια μικρή αυλή και ένα συρμάτινο πλέγμα με διάμετρο 1 μέτρο είναι αρκετά. Ακόμα και μέσα σε διαμερίσματα, μερικοί κάνουν κομπόστ με τη βοήθεια των σκουληκιών. Ένα κουτί με σκουλήκια, με τρύπες αερισμού, αποστράγγιση και έναν υγρή πληθυσμό γαιοσκωλήκων, μπορεί να μετατρέψει τα οργανικά απόβλητα του νοικοκυριού σε χούμο, με πολύ μικρή προσπάθεια και λίγη ή καθόλου μυρωδιά. Ένα κουτί διαστάσεων 0,5Χ0,5 μ και 0,3 μ βάθους αρκεί για το χώνεμα των περισσευμάτων μιας οικογένειας. Είναι επίσης κατάλληλος ένας πλαστικός κουβάς σκουπιδιών, αλλά τροποποιημένος για αποστράγγιση και αερισμό. Η όλη υπόθεση του πώς τα σκουλήκια δουλεύουν έχει να μας διδάξει πολλά.

Στον εξωτερικό χώρο μπορούμε να αφαιρέσουμε τον πάτο ενός κάδου και να τον στηρίξουμε στη γωνιά του κήπου, προστατευμένο από τον ήλιο. Με μερικούς τέτοιους κάδους, η παραγωγή θα είναι συνεχής όλο το χρόνο. Για την κάθε παρτίδα, θα περιμένουμε ένα εξάμηνο μέχρι ένα χρόνο, ανάλογα με το (μικρό)κλίμα. Ο θρυμματισμός των υλικών θα μειώσει αυτό το διάστημα και θα δώσει καλύτερο προϊόν, όπως και το περιστασιακό ανακάτωμα και το βρέξιμο ή η μετάγγιση του περιεχομένου. Ανοίγουμε τρύπες στις πλευρές για τον αερισμό και την είσοδο των σκουληκιών. Στο εμπόριο ίσως δείτε και ειδικούς κάδους για κομπόστ (tumblers,

ανατροπείς), βαρέλια που μπορούν και γυρίζουν με μοχλό. Μπορούν να δώσουν κομπόστ σε δυο εβδομάδες. Όμως έχουν μικρή χωρητικότητα και θέλουν παρακολούθηση και εμπειρία. Μερικοί μαζεύουν τα περισεύματα της κουζίνας στο μεταξύ σε πλαστικούς κουβάδες, που κλείνουν καλά μαζί με πριονίδι για να αποφεύγουν τις μυρωδιές.

11.4. ΚΟΜΠΟΣΤ ΣΤΗ ΓΕΙΤΟΝΙΑ

Η αύξηση του όγκου στέρεο αποβλήτων, το αυξανόμενο κόστος αποκομιδής και η απαίτηση για φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους χειρισμού των απορριμμάτων, οδηγούν τους δήμους σε πολλές χώρες, προς την κομποστοποίηση. Υπάρχουν από μικρές εγκαταστάσεις για την αξιοποίηση των κλαδιών από τους κήπους, μέχρι μεγάλες μονάδες που χειρίζονται κάθε μέρα εκατοντάδες τόνους απορριμμάτων. Υπάρχουν εγκαταστάσεις με μεγάλους σωρούς που αερίζονται ή γυρίζονται κάθε λίγες μέρες με αυτόματους μηχανισμούς ή συστήματα που εξασφαλίζουν μια συνεχή παραγωγική ροή. Μερικοί δήμοι διαθέτουν το προϊόν στους δημότες με ή χωρίς επιβάρυνση. Η χρήση και καταλληλότητα του προϊόντος εξαρτάται από τη φύση των υλικών, τη μέθοδο παραγωγής και το στάδιο ωρίμανσης.

11.5. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Με το παρατιθέμενο παράδειγμα (Yates,1989), αξιοποιούνται τα παρακάτω απόβλητα:

- _ Απορρίμματα μαγειρείων (και κουζίνας εκτός λιπαρών)
- _ Φλούδες καρπών
- _ Κλαδέματα (όχι ξύλα, χαρτιά και φύλλα κωνοφόρων)
- _ Τσόφλια αυγών

A. Συνθήκες ζύμωσης

- _ καλός αερισμός,
- _ δημιουργία $pH=7$,
- _ προσθήκη μικρής ποσότητας πλήρους λιπάσματος,
- _ ρύθμιση της σχέσης C/N.

B. Τεχνική του σωρού

- _ Επιλογή σκιερής θέσης
- _ Κατασκευή τριών θέσεων κυβικού σχήματος με βάση 1 τετρ. μέτρο με πλευρές από σανίδα ή τοιμέντο (μία θέση για την πρώτη εγκατάσταση των αρχικών υλικών, δεύτερη για την αναμόχλευση και τρίτη για τα ώριμα υλικά).
- _ Ο αρχικός σχηματισμός σωρού γίνεται σε στρώση 15-20 cm προσθέτουμε ασβέστη (σκόνη 1-2 κιλά για 1 κυβικό μέτρο πράσινων υλικών) και προσθέτουμε 10% αζωτούχο λίπασμα. Ο σωρός μπορεί να σκεπάζεται με λεπτή στρώση χώματος. Η εργασία επαναλαμβάνεται ώστε το ύψος του σωρού να φθάσει στο ένα (1) μέτρο.
- _ Ο σωρός ανακατεύεται κάθε 2-3 εβδομάδες και εφαρμόζεται ελαφρύ πότισμα ώστε η υγρασία

απλά να αποτρέπει την ξήρανση των υλικών. Η ωρίμανση επιτυγχάνεται 8-10 εβδομάδες (ενωρίτερα το καλοκαίρι) και η έγκαιρη χρήση ενός ώριμου υλικού την άνοιξη, απαιτεί την προετοιμασία του από το καλοκαίρι ή φθινόπωρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΟΜΠΟΣΤ

12.1.ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ ΠΡΟΣ ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ

Ένα από τα μεγάλα προβλήματα της γεωργίας, είναι η απώλεια της εδαφικής γονιμότητας, δηλ. η απώλεια της οργανικής ουσίας των εδαφών. Μπροστά στο πρόβλημα αυτό η συμβατική γεωργία κλείνει τα μάτια, πράγμα που δεν είναι άσχετο με την ξεπερασμένη φιλοσοφία της για την ανόργανη λίπανση. Η απάντηση είναι σαφής: αν τα φυτά τρεφόταν με ανόργανα στοιχεία, με την έκπλυση των εδαφών η γονιμότητά τους θα μειώνονταν. Μακάρι να έρθει γρήγορα η εποχή, όπου η γεωργική δραστηριότητα θα έχει πραγματικά έναν ήπιο χαρακτήρα, με τη φύση να λειτουργεί «από μόνη της», χωρίς την εντατικοποίηση που ο άνθρωπος της επιβάλλει. Όπως φαίνεται, η εποχή αυτή θα αργήσει. Μέχρι τότε, με τη χρήση του κομπόστ μπορούμε να βοηθήσουμε τα ταλαιπωρημένα εδάφη να ξαναγίνουν οργανικά εδάφη. Το κομπόστ δεν είναι πανάκεια, είναι όμως πολύ χρήσιμο. Εκμεταλλευόμαστε οργανικά υλικά που θα έμεναν ούτως ή άλλως ανεκμετάλλευτα, για να βοηθήσουμε τη φύση. Από τη μια παράγουμε ένα προϊόν εξαιρετικά χρήσιμο και από την άλλη αποφεύγουμε τον ευτροφισμό των νερών και τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

12.2.ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΩΡΙΣ ΣΚΑΨΙΜΟ

Δεν είναι απαραίτητο ότι ο γεωργός πρέπει να σκάβει, να φτυαρίζει και να ανακατεύει περισσότερο χώμα από ότι τα σκουλήκια, αν θέλει να έχει ένα υγιές έδαφος. Υπάρχουν μάλιστα καλλιεργητές, που ξέρουν πολύ καλά τι λένε και τι κάνουν, που είναι οπαδοί μιας «γεωργίας χωρίς σκάψιμο». Είναι πολύ απλό. Αρχίζουμε να μαζεύουμε τα κάθε είδους οργανικά απόβλητα (φύλλα, γρασίδι, απορρίμματα κουζίνας, κλαδιά και κλαδέματα, αγριόχορτα) και θρυμματίζουμε αν χρειάζεται. Το υλικό που θα προκύψει το απλώνουμε στο έδαφος. Μπορούμε από πάνω να ρίξουμε άλλο αζωτούχο υλικό κι αν ο καιρός είναι ξηρός, ίσως και να βρέχουμε περιοδικά με ένα ποτιστήρι. Μετά μπορούμε να «ανοίξουμε» το χώμα με μια πιρούνα ή να σκάψουμε λίγο επιφανειακά και το αφήνουμε να σαπίσει. Αυτή η πρακτική είναι πολύ καλή για αργιλώδη εδάφη. Μπορούμε πρώτα να δουλέψουμε το χώμα ώστε να στραγγίζεται και μετά ας αφήσουμε να κάνει το θαύμα της η φύση και τα σκουλήκια. Άλλοι ούτε καν πειράζουν το έδαφος. Αφήνουν το ενεργό κομπόστ στο έδαφος και μόνο προσθέτουν υλικά σε σειρές ή κατά περιοχές. Κάνουν τις σπορές, φυτεύσεις ή μεταφυτεύσεις σ' αυτές τις περιοχές και τις σκεπάζουν με ώριμο κομπόστ.

12.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ

Η κομπόστα αποτελεί ιδανικό οργανικό λίπασμα που αξιοποιείται καλύτερα όσο πιο γρήγορα χρησιμοποιηθεί, μετά το πέρας της διαδικασίας κομποστοποίησης. Άλλως, θα πρέπει η κομπόστα να προστατεύεται από τον ήλιο και τη βροχή, με τη βοήθεια κάποιου υλικού. Η

περιεκτικότητά της σε θρεπτικά στοιχεία εξαρτάται από τα υλικά της κομποστοποίησης και κυμαίνεται συνήθως από 1-2% άζωτο, 0,5-1% φώσφορο και 0,5-1% κάλιο. Επίσης, περιέχει και ιχνοστοιχεία σε αξιόλογες ποσότητες. Η χρήση της κομπόστας στη βιολογική γεωργία, έχει επίσης συμβολή και στην αντιμετώπιση και τον έλεγχο ορισμένων ασθενειών, λόγω της περιεκτικότητας σε συγκεκριμένα λιπαρά οξέα, τα οποία είναι τοξικά για ορισμένους φυτοπαθογόνους μύκητες και βακτήρια. Επίσης, έχουν ανιχνευθεί διάφορες φυσικές ορμόνες, όπως οι κυτοκινίνες, οι οποίες συνεπικουρούν την αντίσταση των φυτών απέναντι σε συγκεκριμένους τύπους νηματωδών. Η ήδη χωνεμένη κομπόστα έχει pH περίπου ουδέτερο, γεγονός που της επιτρέπει να εφαρμοστεί τόσο σε όξινα όσο και σε αλκαλικά εδάφη. Η ικανότητα αυτή της κομπόστας, σε συνδυασμό με τη διόρθωση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, συμβάλει ουσιαστικά στην ομαλότερη και ικανοποιητικότερη πρόσληψη υπό των φυτών, των θρεπτικών στοιχείων του εδαφικού διαλύματος. Επίσης, η βελτίωση της δομής του εδάφους, είναι ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης της κομπόστας, το οποίο έχει θετική συμβολή στην αποσυμπίεση του εδάφους, τη βελτίωση του πορώδους και του αερισμού του και γενικότερα των δομικών εκείνων χαρακτηριστικών του εδάφους που επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη και απόδοση των φυτών.

12.4. ΤΙ ΠΕΤΥΧΑΙΝΟΥΜΕ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

1) Αξιοποιούμε πολύτιμη οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών. Επειδή αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων, μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών που στη χώρα μας ως γνωστόν είναι μεγάλος. Για τον ίδιο λόγο συντελούμε στον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αποδεδειγμένα το κλάδεμα των δέντρων από την επικίνδυνη περίοδο για τις πυρκαγιές (απαγόρευση καύσης από Μάιο μέχρι Οκτώβριο).

2) Εξοικονομούμε ενέργεια, χρήμα και εργασία (ενεργειακές εισροές), γιατί με τη σωστή εφαρμογή του κομπόστ διευκολύνονται ή περιορίζονται ορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις όπως βοτανίσματα, σκαλίσματα, άρδευση. 3) Εξοικονομούμε πολύτιμο νερό. 4) Συντελούμε στην προστασία των υπόγειων νερών, των υδάτινων αποδεκτών και της θάλασσας από τον ευτροφισμό. 5) Συντελούμε στην εξυγίανση της φύσης μέσα από την προστασία των εδαφών (αναδημιουργία χούμου/φυσικής οργανικής ουσίας) και τις λιγότερες αρρώστιες στις καλλιέργειες. 6) Συντελούμε στον περιορισμό του προβλήματος της διάθεσης των οργανικών απορριμμάτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής, επειδή η κομποστοποίηση συνιστά τον βέλτιστο τρόπο αξιοποίησής τους (περιορίζεται η διαφυγή των θρεπτικών σε έδαφος και ατμόσφαιρα).

12.5. ΠΟΙΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΕΙ ΚΟΜΠΟΣΤ

Κομπόστ μπορεί να παρασκευάσει ο καθένας. Αυτοί που έχουν λίγα τετραγωνικά μέτρα ανθόκηπου ή λαχανόκηπου μπορούν να συγκεντρώνουν τα υλικά σε σωρούς ή μικρά

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

12.6. ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Το ώριμο κομπόστ είναι ένα ευέλικτο υλικό που μπορεί ελεύθερα να εφαρμοστεί σε κάθε έδαφος κάθε εποχή του χρόνου και χωρίς κίνδυνο να καούν τα φυτά ή να μολυνθούν τα νερά. Γενικά για τον κήπο, ρίχνουμε το κομπόστ όταν είναι καλά ώριμο, όταν δηλαδή η διαδικασία της αποσύνθεσης έχει ολοκληρωθεί. Το ανώριμο κομπόστ καθυστερεί την αναπαραγωγή και την αύξηση μερικών φυτών, ενώ μερικά άλλα, π.χ. το σιτάρι και μερικά κολοκύθια, δείχνουν να αυξάνουν γρηγορότερα.

Λαχανικά και ετήσια φυτά: ενσωματώνουμε το κομπόστ επιφανειακά, πριν τη σπορά ή τη μεταφύτευση. Στην αυξητική περίοδο, το απλώνουμε ως εδαφοκάλυψη. Το ενσωματώνουμε μαζί με τις καλλιέργειες εδαφοκάλυψης.

Δέντρα και θάμνοι: σε φτωχό έδαφος, δεν γεμίζουμε το λάκκο φύτευσης με πλούσιο κομπόστ, γιατί οι ρίζες δεν θα απλώσουν για να βρουν θρεπτικά στοιχεία. Ρίχνουμε κομπόστ στην περιοχή του ριζικού συστήματος και γεμίζουμε με κομπόστ λάκκους.

Χλοοτάπητες: Απλώνουμε το κομπόστ όταν δημιουργούμε μια νέα θέση ή ανανεώνουμε τον

τάπητα την άνοιξη. Ρίχνουμε λεπτό κομπόστ στα αραιά σημεία, για να φτάσει τις ρίζες.

Φυτώρια: το κομπόστ είναι εξαιρετικό για τα φυτώρια. Δεν χρειάζεται καμιά απολύμανση (π.χ. θέρμανση) και προτιμότερο είναι το αργό (ψυχρό) κομπόστ. Αν το απολυμάνουμε, σκοτώνουμε τα επιθυμητά μικρόβια και έτσι τα παθογόνα που προέρχονται από την ατμόσφαιρα αναπτύσσονται πολύ. Κοσκινίζουμε το κομπόστ για να φύγουν οι σβώλοι και το ανακατεύουμε με άμμο, τύρφη, χώμα κλπ. Οι σβώλοι μπορούν να μπουκωθούν σε ένα νέο σωρό.

Έκχυμα κομπόστ: φυτά που χρειάζονται άμεση ενίσχυση ξαναζωντανεύουν με νερό πλούσιο σε θρεπτικά, που γίνεται με την εμβάπτιση μιας τρύπιας σακούλας με κομπόστ σε έναν κουβά για 2-3 μέρες. Διαλύουμε το υγρό που προκύπτει μέχρι να έρθει στην απόχρωση του τσαγιού. Μπορούμε να ξαναχρησιμοποιήσουμε την ίδια «σακούλα» μερικές φορές κι ότι απομείνει μπαίνει πάλι στο σωρό του κομπόστ.

12.7. ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ ΕΤΟΙΜΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

Στη γεωργία (εκτατική λίπανση των εδαφών, φύτευση δέντρων κλπ.). Σε κάθε γεωργική ή κηπουρική εργασία, όπου μάς ενδιαφέρει η βελτίωση της εδαφικής γονιμότητας. Από τους δήμους και κοινότητες σε πάρκα και άλση. Σε αναδασώσεις. Από ιδιώτες σε ανθοκομικές εργασίες, κήπους κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΥΓΕΙΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Καμία βακτηριακή, προερχόμενη από ιό, ή παρασιτική ασθένεια δεν έχει αναφερθεί στους εργαζομένους που συμμετέχουν στη κομποστοποίηση, ούτε έχει αναφερθεί ή έχει τεκμηριωθεί από στοιχεία λόγω αποτελεσμάτων της δημόσιας υγείας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Αυτές οι εγκαταστάσεις αντιπροσωπεύουν τα πιο εκτεθειμένα άτομα, αξιολογώντας τα στοιχεία που παρέχουν τη πιθανή μόλυνση των εργαζομένων κατά την κομποστοποίηση των ακατέργαστων αποβλήτων που παρέχουν παθογόνα.

Το πιθανό αντίκτυπο στη υγεία των εργαζομένων στις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης, είναι υψηλότερο μεταξύ της λήψης και την παράδοση των ακατέργαστων υλικών πριν την κομποστοποίηση. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί κατά το χειρισμό του ακατέργαστου υλικού ή κατά την αφομοίωση των οργανικών υπολειμμάτων κατά τη διάρκεια της μετακίνησης και μίξης ή από τη σκόνη και τα αερολύματα γύρω από τις ζώνες μεταφοράς, στους ανάμικτες και σε άλλο εξοπλισμό. Οι εργαζόμενοι στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης MSW, εκτίθενται στα παθογόνα κατά τη διάρκεια διαχωρισμού, λειτουργίας, και συντήρησης του εξοπλισμού.

Ο Clark και οι συνεργάτες του το 1994, μελέτησαν τη βιβλιογραφία σχετικά με την επικινδυνότητα των εργαζομένων από ασθένειες μικροβίων που σχετίζονται με τα λύματα. Οι συντάκτες ανέφεραν μια αξιολόγηση των υπονόμων του Βερολίνου και δεν βρέθηκε κανένας με τυφοειδή και παρατυφοειδή πυρετό.

Αν και τα βακτηρίδια και οι ιοί, απομονώθηκαν από τα δείγματα αποβλήτων, τα απόβλητα αποχέτευσης, και τον αέρα, η Sekla και οι συνεργάτες της (1980) σημείωσαν σημαντικά συμπεράσματα κατά την εξέταση 77 εργαζομένων σε λύματα σε δύο δευτερεύοντες εγκαταστάσεις, στον Καναδά. Κανένας παθογόνο βακτηρίδιο ή ιός δεν απομονώθηκε.

Διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για να μελετηθούν τα αποτελέσματα στην υγεία των πληθυσμών που περιβάλλουν τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων. Οι μελέτες έγιναν σε διάφορες πολιτείες της Αμερικής. Κανένα από τα στοιχεία των μελετών αυτών, δεν παρουσίασαν σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεων στην υγεία των πληθυσμών. Κάποια στοιχεία βρέθηκαν στη μελέτη του Σικάγου όπου ανήλικοι ασθένειες παρουσίασαν ασθένειες στο δέρμα, ναυτία, αδυναμία, διάρροια, και αναπνευστικά προβλήματα στους εργαζομένους (Johnson και συν., 1978).

Καμία ασθένεια δεν έχει αναφερθεί από την εξέταση εργαζομένων σε στερεά απόβλητα σε διαφορετικούς τύπους εγκαταστάσεων κομποστοποίησης. Εργαζόμενοι σε εγκαταστάσεις κομποστοποίησης οργανικών υπολειμμάτων και ειδικά εκείνοι που ασχολούνταν με τα ακατέργαστα οργανικά υπολείμματα, θα πρέπει να ακολουθούν συνέχεια κάποιες υγιεινές

πρακτικές ώστε να μειωθεί η πιθανή μόλυνση. Άτομα που συμμετέχουν στους παρακάτω χειρισμούς, συλλογή και μετακίνηση εξοπλισμού, δραστηριότητες σχετικές με την ανακύκλωση υλικών, δραστηριότητες σχετικές με τις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης στερεών αποβλήτων, κλπ θα πρέπει

- να εμβολιαστούν για τον τέτανο,
- να εμβολιαστούν για την ηπατίτιδα Β,
- να γίνει έλεγχος της σκόνης,
- το προσωπικό να έχει προστατευτικό εξοπλισμό (μάσκες σκόνης, γάντια, κ.λπ.)
- να καθαρίζονται οι εγκαταστάσεις
- το εποπτικό προσωπικό πρέπει να ελέγχει την καθαριότητα των περιοχών εργασίας,
- το προσωπικό πρέπει να ακολουθεί πρακτικές υγιεινής και να είναι αποθαρρυνθεί η κατανάλωση τροφίμων και καπνίσματος εκτός από τις περιοχές όπου μπορούν να πλύνουν τα χέρια τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ

Η επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων θα συνεχιστεί ως αποτέλεσμα της φιλοσοφίας της USEPA (United States Environmental Protection Agency) η οποία ενθαρρύνει την ευεργετική χρήση του υλικού αυτού.

Το κοινό πλέον έχει κατανοήσει την έννοια της ευεργετικής επαναχρησιμοποίησης τους. Οι πιέσεις από την αγορά κομπόστ να παραχθούν προϊόντα υψηλής ποιότητας, θα οδηγήσουν μελλοντικά σε σχέδια μεγάλων δυνατοτήτων και προτύπων. Το οργανικά υπολείμματα έχουν βελτιωθεί επίσης ποιοτικά. Η USEPA, στους πρόσφατους κανονισμούς 400CFR303 (USEPA, 1993) έχει γίνει πιο αυστηρή σχετικά με τη μείωση των παθογόνων το οποίο σκοπό έχει τον έλεγχο και την δημιουργία καλύτερων συνθηκών εργασίας.

Συνοψίζοντας, η κομποστοποίηση ως τεχνολογία διαχειρίσεις αποβλήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες και οπουδήποτε αλλού μπορεί να επεκταθεί και να παίξει έναν πολύ σημαντικό ρόλο. Σήμερα, η περιβαλλοντική ενημέρωση δίνει έμφαση στην κομποστοποίηση, ως μέσο να αποτραπεί ή να μειωθεί η περιβαλλοντική ρύπανση αλλά και να ρυθμιστούν και να ανακυκλωθούν τα απόβλητα που παράγονται (Epstein, 1997).

Στις Η.Π.Α. η κομποστοποίηση των απορριμμάτων αυξάνεται και θα συνεχίσει να αυξάνεται και στο μέλλον. Η ανάπτυξη των εγκαταστάσεων κομποστοποίησης MSW θα εξαρτηθεί από τις σύγχρονες εγκαταστάσεων κομποστοποίησης και τα οικονομικά της επιχείρησης. Τα κράτη θα πρέπει να ρυθμίσουν ή να παρέχουν συγκεκριμένες διαδικασίες ώστε να εξασφαλίσουν τις κατάλληλες εγκαταστάσεις που να μπορούν να καλύψουν τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις όσον αφορά τις μυρωδιές.

Οι χρηματοδοτικοί οργανισμοί πρέπει να κατανοήσουν ότι η τεχνολογία είναι αξιόπιστη και ότι τα συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν και να χρησιμοποιηθούν κατά τρόπο περιβαλλοντικό και οικονομικό. Χωρίς χρηματοδότηση, δεν θα υπάρξει ανάπτυξη. Τέλος, τα πρότυπα πρέπει να βασιστούν να αφορούν τη δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος (Epstein, 1997).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη σύντομη εξέταση των προδιαγραφών και των συστημάτων πιστοποίησης ποιότητας κομπόστ στις χώρες της ΕΕ, προκύπτει ότι η χώρα μας βρίσκεται ακόμη στα αρχικά στάδια. Σήμερα οι χρήστες έχουν μια θετική προδιάθεση απέναντι στο κομπόστ, καθώς γνωρίζουν τα προβλήματα των Ελληνικών εδαφών και δεν είναι ακόμη εξοικειωμένοι με τους πιθανούς κινδύνους. Η Πολιτεία και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς θα πρέπει να καταβάλλουν σημαντική προσπάθεια ώστε να μην καταστραφεί αυτό το θετικό κλίμα από την ανεξέλεγκτη διάθεση στην αγορά χαμηλής ποιότητας προϊόντων.

Ο ενδεικτικός κατάλογος χρήσεων που παρατέθηκε υποδεικνύει ότι μεγάλες ποσότητες κομπόστ, μέτριας και χαμηλής ποιότητας, όπως αυτό που παράγεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής, θα μπορούσαν να απορροφηθούν σε έργα αποκατάστασης, οδοποιίας και αναδασώσεις. Τέτοιοι χώροι υπάρχουν και στο Ν. Αττικής, όπου θα παράγεται η μεγαλύτερη ποσότητα κομπόστ από ΑΣΑ στη χώρα μας, και με κατάλληλο σχεδιασμό και επενδύσεις θα μπορούσε το κομπόστ από το εργοστάσιο των Α. Λιοσίων να αξιοποιηθεί για την περιβαλλοντική αναβάθμιση του Νομού. Αντίθετα, σκέψεις για τη γεωργική αξιοποίηση του, ειδικά σε καλλιέργειες παραγωγής τροφής και ζωοτροφών, θα συναντήσουν πολλαπλές δυσχέρειες – από το κόστος μεταφοράς σε αγροτικές περιοχές και την εύλογη δυσπιστία των αγροτών, έως νομοθετικούς περιορισμούς από την ΕΕ (π.χ. αναθεώρηση της Οδηγίας για την γεωργική αξιοποίηση της ιλύος και η πρόταση Οδηγίας για την κομποστοποίηση).

Από την άλλη μεριά, στη χώρα μας παράγονται τεράστιες ποσότητες αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων, με πολύ χαμηλά ποσοστά σε τοξικές ουσίες, που σήμερα καίγονται ή διατίθενται με μεθόδους περιβαλλοντικά επιζήμιες και τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν (συχνά και σε συνδυασμό με την παραγωγή ενέργειας) για την παραγωγή υψηλής ποιότητας οργανικών εδαφοβελτιωτικών, τα οποία είναι απαραίτητα για τα φτωχά σε οργανικά εδάφη της χώρας μας. Η παραγωγή κομπόστ πιστοποιείται από πρότυπα που είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στην Ευρώπη, αλλά και από το σύστημα κομποστοποίησης HACCP το οποίο πιστοποιεί το κομπόστ στα πιο επικίνδυνα σημεία ελέγχου. Έτσι υπάρχει πιστοποίηση της ποιότητας του κομπόστ σε κάθε στάδιο του.

Στο πρώτο στάδιο εξετάζεται η ποιότητα της κοπριάς. Με άλλα λόγια θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από παθογενείς μικροοργανισμούς και επίσης ελέγχεται η άνοδος της θερμοκρασίας μέχρι κάποιο όριο.

Στο δεύτερο στάδιο κομποστοποίησης ελέγχεται η σταθερότητα της θερμοκρασίας. Στο στάδιο αυτό το κομπόστ παραμένει σε σταθερή θερμοκρασία για κάποιο χρονικό διάστημα. Ουσιαστικά σε αυτό το στάδιο σκοτώνεται η σαλμονέλλα. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία δεν είναι η επιθυμητή και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα επιζεί στο κομπόστ.

Στο τρίτο στάδιο εξετάζεται αν επέζησε η σαλμονέλλα και λόγω πτώσης της θερμοκρασίας στο στάδιο αυτό ο πολλαπλασιασμός της.

Στο τέταρτο στάδιο εξετάζεται η χρονική διάρκεια κατανάλωσης του τελικού ώριμου κομπόστ έτσι ώστε να μην υπάρχουν προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς. Είναι γεγονός ότι το κομπόστ αν αφεθεί στις εγκαταστάσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα υπάρχει κίνδυνος μετάδοσης μικροοργανισμών. Και φυσικά το ανοιγμένο κομπόστ χάνει την «δύναμη» του ως οργανικό λίπασμα όταν δεν καταναλωθεί σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Έτσι ο μέγιστος χρόνος χρήσης του μετά το άνοιγμα είναι ο ένας χρόνος.

Τέλος, θα ήθελα να κάνω μια πρόταση σχετικά με τα οργανικά υλικά που συγκεντρώνονται στις κοινότητες και δεν αξιοποιούνται. Τέτοια μπορεί να είναι:

- Υπολείμματα από πάρκα και δέντρα. Μπορεί να είναι από φύλλα ως κλαδιά δέντρων που μπορούν με τον τεμαχισμό τους να χρησιμοποιηθούν σε κομπόστ.
- Υπολείμματα από ιδιωτικούς κήπους
- Υπολείμματα κουζίνας.
- Υπολείμματα επεξεργασίας εργοστασίων. Αυτά μπορεί να είναι στέμφυλα, υπολείμματα ελιάς, από εκκοκκιστήρια βάμβακος, από εργοστάσια ζάχαρης, υπολείμματα φρούτων από εργοστάσια παραγωγής κονσερβών.

Τα παραπάνω υλικά μπορούν με την βοήθεια των συνεταιρισμών και φυσικά με την συμβουλή ενός γεωπόνου ειδικευμένου στη βιολογική γεωργία να κομποστοποιηθούν και να εμπλουτίσουν το έδαφος με χούμο. Έτσι, μειώνονται τα έξοδα για παραγωγή βιολογικού λιπάσματος, μειώνονται τα απορρίμματα και προστατεύουμε το περιβάλλον.

Αειφόρες δράσεις που βελτιώνουν τη ζωή Μετατρέπουν τις φλούδες από φρούτα και λαχανικά, το χαρτί κουζίνας, τις χαρτοπετσέτες, τα κατακάθια καφέ και τσαγιού, τη στάχτη από το τζάκι, τα πεσμένα φύλλα και το κομμένο γρασίδι σε πρώτη τάξεως φυσικό λίπασμα, έτοιμο για χρήση στον κήπο και στις γλάστρες. Και στους Δήμους και στους Αγροτικούς Συνεταιρισμούς που διαθέτουν απεριόριστα οργανικά συστατικά, περιμένουμε να συμβάλλουν στην παραγωγή φυσικού λιπάσματος για τα πάρκα, τις δενδροστοιχίες, τους λαχανόκηπους και τα περιβόλια.

Με τη παραγωγή φυσικού λιπάσματος :

- 1) Αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων από τις καλλιέργειες και τα κλαδέματα. Έτσι μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών.
- 2) Αξιοποιείται πολύτιμη οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών.
- 3) Εξοικονομείται νερό και προστατεύονται από τον ευτροφισμό τα υπόγεια νερά, οι υδάτινοι αποδέκτες και η θάλασσα.

4) Περιορίζεται το πρόβλημα της διάθεσης των οργανικών αποβλήτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής, καθώς και η διαφυγή των ισχυρών ρυπογόνων συστατικών τους στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα.

5) Περιορίζεται η ατμοσφαιρική ρύπανση.

6) Εξυγιαίνεται η φύση μέσα από την προστασία των εδαφών.

7) Εξοικονομείται και ενέργεια και χρήματα.

Οι ωφέλειες από την κομποστοποίηση:

Με την κομποστοποίηση:

α. Μειώνεται η χρήση των χημικών λιπασμάτων.

β. Μειώνεται ο όγκος των απορριμμάτων μιας γεωργικής εκμετάλλευσης, ή μιας γεωργικής ή άλλης βιομηχανίας.

γ. Μειώνεται ο όγκος των αστικών αποβλήτων που καίγονται ή θάβονται στις χωματερές προκαλώντας ρύπανση στο περιβάλλον, σπατάλη ενέργειας και υλικών.

δ. Εμπλουτίζεται το έδαφος με οργανικά και μεταλλικά στοιχεία.

ε. Εξοικονομούμε χρήματα.

στ. Προστατεύεται η υγεία μας, διότι η κομποστοποίηση συμβάλλει στην παραγωγή βιολογικών προϊόντων.

Με την κομποστοποίηση απ' ό,τι φαίνεται έχουμε μόνο οφέλη. Με λίγη προσπάθεια και καλή διάθεση μπορούμε ο καθένας μόνος του αλλά και όλοι μαζί να την αξιοποιήσουμε για ένα λιγότερο επιβαρημένο περιβάλλον για ένα καλύτερο μέλλον.

(Φραγγελάκη,2003)

Συμπερασματικά μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα:

1. Οι ανάγκες της ελληνικής γεωργίας σε composts και ιδιαίτερα στη νότια και νησιωτική Ελλάδα είναι αυξημένες λόγω του ξηροθερμικού κλίματος αυτών των περιοχών και των απαιτητικών, σε οργανική ουσία καλλιεργειών, που γίνονται σε αυτές.

2. Στις παραπάνω περιοχές συνήθως δεν υπάρχει αρκετή ζωική κοπριά για να καλύψει αυτές τις ανάγκες. Αυτό το έλλειμμα μπορεί να καλυφθεί με την παρασκευή composts από τα πάσης φύσεως οργανικά υπολείμματα αυτών των περιοχών όπως είναι, υπολείμματα καλλιεργειών, γεωργικών βιομηχανιών, αστικών απορριμμάτων και ιλύος βιολογικών καθαρισμών.

3. Η ποιότητα των composts και ιδιαίτερα η περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία (πρέπει να είναι αυξημένη) και η περιεκτικότητά τους σε βαριά μέταλλα (πρέπει να είναι περιορισμένη) παίζει καθοριστικό ρόλο τόσο στην αναλογία προσθήκης τους στο έδαφος όσο και σε ποιά

καλλιέργεια μπορούν να προστεθούν ή όχι.

4. Τα composts αυτά από τη χρήση τους ως βελτιωτικών εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως συστατικά υποστρωμάτων για ανάπτυξη φυτών εκτός εδάφους.

5. Είναι ανάγκη να γίνεται πιστοποίηση του προϊόντος ιδιαίτερα εάν χρησιμοποιείται πρώτη ύλη σκουπίδια η λάσπη βιολογικών και η διακίνηση να συνοδεύεται από στοιχεία ποιότητας ώστε να χρησιμοποιείται με την μέγιστη δυνατή ασφάλεια και ωφέλεια.

Ως γενικό συμπέρασμα μπορεί να σημειωθεί ότι η επαναφορά των οργανικών υπολειμμάτων με την διαδικασία του composting στη γεωργία, αποτελεί μια οικολογική και συγχρόνως αναγκαία πράξη, απαλλάσσοντας ταυτόχρονα το περιβάλλον από τα προβλήματα που δημιουργούν τα οργανικά υπολείμματα.

ΞΕΝΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Aitken, A., Brownson, C., Cameron, C., Greenwood, M., Labossiere, C., Gunnick, Jim., Ramsden, C., Stadnek, G. (2005). *Red River College Wide Composting initiative*. U.S.A.
- Anderson, M. S. (1956). *Compost as a means of garbage disposal*. *The Soil and Crop Sci. Soc. Of Florida Proc.*, 16, 134-144.
- Anonymous (1985) Merkblatt 10: *Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Müll/Klärschlamm*. *Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)*, Nr. 8, Erich Schmidt Verlag, 39 Seiten.
- Anonymous (2000) 'The Composting Association Standards for Composts – Working Document', The Composting Association, UK, ISBN 0-9532546-3-1.
- Balis C., Fluori F., and Kleidona A. (1994). [Composting of Cotton Gin Trash Fines. In The Bio-Refinery: Contribution to the systematic valorization of agricultural wastes with case study the cotton ginning waste]. [in Greek] Report to the General Secretariat of research and Technology.
- Baumgarten A. et al. (1993) *Kompostanwendung*. In: *Handbuch der Kompostierung, Ein Leitfaden für Praxis-Verwaltung-Forschung*, Amlinger, F. (wiss. Koord. & Red.), 289-337, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Beccari, G. (1922). *Apparatus for working garbage and refuse of towns*. Patent 1, 329,105 January 27, 1920, Reissue 15, 417, July 25, 1922. U.S.
- Berset, J and Holzer, R. (1993). *Organic Micropollutants in Swiss Agriculture*. Distribution of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAH) and Polychlorinated Biphenyls (PCB) IN Soil, Liquid Manure, Sewage 'Sludge and Compost Samples, A Comparative Study. *Intern. J. Environ. Anal. Chem* 59, 145-165.
- Bishop, P. L. and Godfrey, C. (1983) Nitrogen transformation during sludge composting. *BioCycle* 24, 34-39.
- BodSch (1998). Bundes – Bodenschutzverordnung. (Federal Soil Rule) in *Bodenschutz (Soil Protection)* Erich Schmidt Verlag Berlin.
- Breidenbach, A. W (1971). *Composting of Municipal Solid Wastes in the United States*. Pub. SW-47r. Environmental Protection Agency. U.S.
- Brinton W.F. (2000) 'Compost Quality Standards and Guidelines', Final report to New York State Association of Recyclers (NYSAR), Woods End Research Laboratory, USA, 42 pp. (www.cfe.cornell.edu/wmi/compost/Brinton.pdf)
- Brinton, F. W. (2000). *Compost quality standards & guidelines: An International View*. Final Report. New York State Association of Recycles. U. S. A.

- Caballero, R. (1984). *Experience at a Windrow Composting Facility*: Los Angeles Country Site. Technology Transfer, Municipal Environ. Res. :Cincinnati, OH. U.S. EPA.
- Canarutto, S., Pera, A., LaMarca, M. & Vailini, G. (1996). *Effects of Humic Acids from Compost-Stabilized Green Waste or Leonardite on Soil Shrinkage and Microaggregation*. Compost Science and Utilization 4, 40-46.
- Carnes, R.A. and Lossin, R.D (1970). *An investigation of the pH characteristics of compost* Compost Sci 11, 18-21.
- CCC (1999). *Compost Standards Review*. Compost Council of Canada.
- Cegarra, J., Paredes, C., Roig, A., Bernal, M. P. & Garcia, D. (1997). *Use of Olive Oil Mill Wastewater Compost for Crop Production*. International Biodeterioration Biodegradation, 193-203.
- Chang, Y. and Hudson, H.J. (1967). The fungi of wheat straw compost. I. Ecological studies. Trans. Br. Mycol. Soc 50, 649-665.
- Chen Y., Avnimelech Y. (1986). *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture* Martinus Nijhoff Publishers a member of the Kluwer Academic Publishers Group Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Cole, M. A., Zhang, L. & Liu, X. (1995). *Remediation of Pesticide Contaminated Soil by Planting and Compost Addition*. Compost Science & Utilization 3, 20-30. Cooney, D. G. and Emerson, R. (1964), *Thermophilic Fungi, Eumycota*. W. H. Freeman Publ. Co., San Francisco.
- Cooney, D. G. and Emerson, R. (1964), *Thermophilic Fungi, Eumycota*. W. H. Freeman Publ. Co., San Francisco.
- Coppola, S., Dumontet, S. and Marino, P. (1983). *Composting raw sewage sludge in mixture with organic or inert bulking agents*, pp.125-147. In E. I. Stentiford (ed). Proc. Of the Int'l. Conf. on Composting of Soil Waste and Slurries. The Unit, of Leeds, England.
- Diaz L. F., Savage M. G., Eggerth I. I., Golueke G. C. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. PP 110-116. Lewis Publishers. Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.
- Duple, F. (1992). *Bundestutegemeinschaft Kompost. Aufgaben und Ziel* (Tasks and Purpose of the Compost Quality Association) in Abfall Wirtschaft 9. Kassel
- E&A Environmental Consultants, Inc. (1993). *Composting Produce Waste and Wax .. Coated Cardboard Using a Low Technology Approach*: Pilot Study Results. Final report. The Clean Washington Center, Seattle, WA.

- E&A Environmental Consultants, Inc. (1993). *Food Waste Collection and Composting Demonstration Project for Cith of Seattle Solid Waste Utility*. Final report. Seattle, WA.
- EC (2001) 'Working Document: Biological treatment of biowaste', DG ENV.A.2/LM/biowaste/2nd draft, 12/2/2001.
- Epstein, E. (1997). *The science of composting*. Technomic publishing. 1-16, 19-50, 53-74, 213-241. U.S.A.
- Epstein, E., G. B. Willson, W. D. Burge, D.C. Mullen, and Enkiri, N. K. (1976) *A forced aeration system for composting wastewater sludge*. J. Water Pollut. Control Fed 48,688-694.
- Epstein, E., Willson, G. B and Parr, J. F. (1977). *The Beltsville aerated pile method for composting sewage sludge*, pp. 201 -213. In *New Processes of Waste Water Treatment and Recovery*. Soc. of Chem. Ind. London.
- Favoino E. et. al. (personal communication) (2001) 'Survey of compost standards', commissioned by the UK Government (under preparation)
- Finstein, M. S. (1992). *Composting in the Context of Municipal Soil Waste Management*. In *Environmental Microbiology* (ed. R. Mitcefl), pp. 355-374. John Wiley & Sons.
- Finstein, M. S. and Morris, M. L. (1975). *Microbiology of solid waste composting*, pp. 113-149. In Perlman, D. (ed.). *Advances in Applied Microbiology*. Academic Press, New York.
- Finstein, M. S. and Morris., M. L. (1975). *Microbiology of soil waste composting*. *Advances in Applied Microbiology* 19, 113-149.
- Gray, K. R., Biddlestone, A. J. and Clark, R. (1973). *Review of composting*, Parts. Processes and products. *Process Biochem.* 8,11-30.
- Gray, K. R., Sherman, K., and Biddleston, A. J. (1971). *A review of composting*. Part 1. *Process Biochemistry* 6, 32-36.
- Griffin, D. M. (1972). *Ecology of soil Fungi*. Chapman and Hall, London.
- Griffin, W. D. & Long, P. E. (1981). *Water and Microbial Stress*. *Adv. In Microbial Ecology* 5, 91-137.
- Gulueke, C. G., Card, B. J., and McGauhey, P. H. (1954). *A critical evaluation of inoculums in composting*. *Appl. Microbiol* 2, 45-53.
- Hankin, L., Poincelot, R. P. and Anagnostakis, S. L. (1976). *Microorganisms from composting leaves: ability to produce extracellular degradative enzymes*. *Microbial Ecol* 2, 296-308.

- Haug, R. T. (1980). *Compost Engineering, Principles and practice*. Technomic Publishing Company Inc 851 New Holland Avenue Lancaster Pennsylvania 17604 U. S. A.
- Haug, T. R. (1993). *The Practical Handbook of composting engineering*. Lewis publishers. 2-17, 21-93, 129-147. U.S.A.
- Hoitink H.A.J.(1980). Composted bark, a lightweight growth medium. *Plant Disease* 64:142-147.
- Hoitink, H. A. L. & Kuter, G.A. (1986). Role of Composts in Suppression of soilborne Plant Pathogens of Ornamental Plants. *BioCycle* 40-42.
- Howard, A. (1935). The manufacture of humus by the Indore process. L. of the Royal Society of Arts., 84, 26-29.
- Howard, A. (1943). *An Agricultural Testament*. Oxford University Press. London.
- Hyatt, G. W. (1995). *Economic, scientific, and infrastructure basis for using municipal composts in agriculture. In Agriculture utilization of urban and industrial byproducts*. Amer. Soc.of Agronomy Special Pub. No. 58. Mdison, WI.
- Jenkinson, D.S. (1981). *The Fate of Plant and Animal Residues in Soil. In The Chemistry of Soil Processes* (ed. D. J. Greenland and M. H. B. Hayes). John Wiley & Sons Ltd.
- Jeris, J. S. and Regan., R. W. (1973). *Controlling environmental parameters for optimal composting*. Part I. *Compost Sci* 14,10-15.
- Keeling, A. A., Paton, I.K. & Mullet, A. J. (1994). *Germination and Growth of Plants in Media Containing Unstable Refuse-Derived Compost*. *Soil Biol. Biochem* 26, 767-772.
- Knuth, D.T. (1970). *Nitrogen-cycle ecology of solid waste composting*. *Develop. Ind. Microbiol* 11,387-395.
- Kononova M.M. (1961). *Soil Organic matter*. Pergamon Press, Oxford, London.
- Krueger, R. G., Gillham, N. W., and Coggin, J. H. (1973). *Introduction to Microbiology*. The Macmillan Co., New York.
- Manios, V. L, Tsikaias P.E., Siminis, H. I., and Verdonck, O. (1987). *Phytotoxicity of olive tree leaf compost*, pp. 296-308. In .De Bertoldi, M. et al. (ed.). *Compost: Production Quality and Use*. Elsevier Applied Sci. London.
- Marsh, P. B. and Simpson, M. E. (1976). *The Limiting Effects of Temperature and Moisture on the Growth of Fungi and Bacteria*. Unpublished report. USDA. Agr. Res. Serv., Beltsville, MD.

- Martin, D.L. and Gershuny, G. (1992). *The Rodale Book of Composting*. Rodale Press, Emmaus, PA.
- Maynard, A. A. (1994). *Seventy years of research on waste composting and utilization at the Connecticut Agricultural Experiment Station*. *Compost Sci.& Util* 2, 13-21.
- McConnell, D. B., Shiralipour, A- & Smith, W. H. (1993). *Compost Application Improves Soil Properties*. *BiocycSe* 61-63.
- McKinley, V, L, Vestal, J. R. and Eralp, A. E. (1985). Microbial activity in composting. *BioCycle* 26, 39-43.
- Miller, F. C. (1993). *Composting as a Process Based on the Control of Ecologically Selective Factors*. In *Soil Microbial Ecology* (ed. F. B. Meeting). Dekker, In Marcel.
- OJ (1998) Establishing ecological criteria for the award of the Community Eco-Label to soil-improvements. Official Jnl. European Communities, L 219/39 Brussels. (www.europa.eu.int/eur-lex/eu/oj/index.html).
- OMRI (1988). *Organic Materials Review Institute. Draft Standards, Compost Quality*. Manuscript. Eugene Oregon.
- Poicelot, R. P. (1975). *The Biochemistry and Methology of Composting*. The Connecticut Agr. Expt. Station, New Haven, CT.
- RAL (1998) Environment Label. *Blue Angel Product Requirements- Soil Ameliorants-Adjuvants made from Compost*, (www.biauer-enqel.de).
- Regan, R. W. and Jeris, J. S. (1970) *A review of the decomposition of cellulose and refuse*. *Compost Sci* 11, 17-20.
- Serra-Wittling C.(1996). Increased soil suppressiveness to Fusarium wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. 28:9:1207-1214. *Soil Biology & biochemistry*.
- Schultz, K. L. (1960). *Rate of oxygen consumption and respiratory quotients during aerobic decomposition of a synthetic garbage*. *Compost Sci* 1, 36-40.
- Schultz, K. L. (1961). *Aerobic Decomposition of Organic Waste Material*. Final report. Project RG-4180 (C5R1). National Institutes of Health, Washington, DC.
- Shanks J.B. and Guin F,R. (1984). Using compost in the root medium for roses. *Biocycle* 25(8)29-31.
- Singley, M. E., Higgins, A. J. and M.Frumkin -Rosengaus. (1982). *Sludge Composting and Utilization: A Design and Operation Manual*. N.L. Agric. Expt. Sta., Cook College, Rutgers, New Brunswick, NJ.

- Singley, M. E., Higgins, A. J., and Frumkin -Rosengaus, M. (1982). *Sludge Composting and Utilization- A Design and Operation Manual*. New Jersey Agr. Expt. Sta., Rutgers U., New Brunswick, NJ.
- Stevenson, F. J.(1991) *Organic matter-micronutrient reactions in soil*, pp. 145-186. In Mortvedt, J. J. et al. (ed.)- *Micronutrients in Agriculture*. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.
- Strom, P. E. (1985). *Identification of Thermophilic Bacteria in Soil- Waste Composting*. Applied and Environmental Microbiology 50, 906-913.
- Tansey, M. R. and Brock, T. D. (1978). *Microbial life at high temperatures: Ecological aspects*, pp. 160-216. In Kushner, F. J. (ed.). *Microbial Life in Extreme Environments*. Academic Press, New York.
- Tchobanoglou, g., Theisen, H. & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management* McGraw-Hill Series, Lnc.
- Thompson, J. (1984). *Experiences at Static Pile Composting Operations*. Technology Transfer, U.S. EPA, Municipal Environ. Res., Cincinnati, OH.
- USEPA. (1993), *The standards for the use or disposal of sewage sludge*. Title 40 of the Code of Federal Regulation (CFR) 503. Federal Register 58FR9248 to 9404. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Van Vuren, J. P. J. (1949). *Soil Fertility and Sewage*. Faber and Faber Ltd., London.
- Verhagen J.B.G.M. (1999). Effect of non peat components on the physical behaviour of peat based media. International symposium "Growing Media and Hydroponics". August 31-September 6, 1999, Sani Bech Holiday Resort- Kassandra Halkidiki Macedonia Greece.
- Viel, M., Sayag, D. and Andre, L. (1987). *Optimization of agricultural industrial wastes management through in-vessel composting*, pp. 231-237. In De Bertoldi, M. et al. (ed.). *Compost: Production Quality and Use*. Elsevier Applied Sci., London.
- Waksman, S. A. and Cordon, T. C. (1939). *Thermophilic decomposition of plant residues in composts by pure and mixed cultures of microorganisms*. Soil Sci 47, 217-225.
- Waksman, S. A., Umbreit, W. W. and Cordon, T. C. (1939). *Thermophilic actinomycetes and fungi in soils and composts*. Soil Sci 47, 37-61 .
- Walke, R. (1975). *The preparation, characterization and agricultural use of bark-sludge compost* Ph. D. Dissertation. U. of New Hampshire, Durham, NH.
- Walke, R. H. (1995). *The preparation, characterization and agricultural use of bark-sewage compost*. Ph. D. Dissertation, Univ, of New Hampshire, Durham, NH.

- Webley, D. M. (1947). *The microbiology of composting* The behaviour of the aerobic mesophilic bacterial flora of compost and its relation to other changes taking place during composting. Proc. Soc. Appl. Bact 2, 83-89.
- Willey, J. S. and Pierce, G. W. (1955). *A preliminary study of high rate composting*. Proc. Am. Soc. Civil Eng. Paper No 846, 81, 1-28.
- Willey, J. S. and Spillan, J. T. (1962) *Refuse-sludge composting in windows and bins*. Compost Sci., 2, 18-25.
- Wilson G.C.S. (1984). The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. Acta Horticulturae 150:19-32.
- Witter, E. and Lopez-Real, J. M. (1987). *Monitoring the composting process using parameters for compost stability*, pp. 351-358. In De Bertoldi, M. et al. (ed.). *Compost: Production Quality and Use*. Elsevier Applied Sci., London.
- Wong, M. H. & Chu, L. M. (1985). *The Responses of Edible Crops Treated with Extracts of Refuse Compost of Different Ages*. Agricultural Wastes 14, 63-74.

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Άλκιμος, Α. (1990). Βιοκαλλιέργειες χωρίς χημικά λιπάσματα και φάρμακα. Εκδ. Ψυχαλού. σ: 47-52. Αθήνα.
- Άλκιμος, Α. (2000). Κομπόστ. Οικολογικό εργαστήριο χουμοποίησης της βιομάζας. Εκδ. Ψυχαλού. σ: 24-67, Αθήνα.
- Ανώνυμος (1997) 'Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων' ΚΥΑ 114218, 1016/Β/17-11-97.
- Βλοντάκης, Γ., Δεαύλλας, Μ. και Μπίση, Μ. (1999). Στοιχεία βιολογικής γεωργίας. Τομέας γεωπονίας τροφίμων και περιβάλλοντος .σ: 63, 110-122, ΟΕΔΒ. Αθήνα.
- Δαναλάτος, Γ. (2002) *Σημειώσεις μαθήματος διασφάλισης ποιότητας και πιστοποίησης βιολογικών προϊόντων*. ΤΕΙ Ιονίων νήσων Τμήμα Βιολογικής Γεωργίας . σ :203- 210. Αργοστόλι.
- Επιτροπάκης, Ε. Τ. (2000). *Βιολογική γεωργία*, 15-17, 178-183, Βιβλιοεκδοτικά Α.Ε. Αθήνα.
- Ζωϊόπουλος, Π., Παπαθεοδώρου, Α. (2000). *Βιολογική κτηνοτροφία*. Εκδ. Αγρότυπος. σ: 108-126. Αθήνα.
- Καρυπίδης, Χ. (2008) *Η ολοκληρωμένη βιολογική γεωργία και κτηνοτροφία*. Διδακτική ενότητα το κομπόστ ΤΕΙ Ηπείρου. Άρτα.

- Κιούση Γεωργίου, Κουτέπα Νικολάου, Ταμβάκη Νικολάου “ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ – ΚΗΠΟΤΕΧΝΙΑΣ” Τεύχος Πρώτο, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα(1992). Κριτσωτάκης Ι. Κ., Μανιός Β. Ι., (1984). Επίδραση αερισμού και σχέσης C/N στη βιολογική αποδόμηση φύλλων ελιάς σε περιστρεφόμενους εργαστηριακούς ζυμωτήρες. Γεωργική Έρευνα 8(3):249-262.
- Κριτσωτάκης Ι. Κ., Μανιός Β. Ι., (1987). Composting φύλλων ελιάς σε στατικούς σωρούς με τεχνικό αερισμό. Πρακτικά 4ης:39-40 Επιστημονικής Συνάντησης για τα κηπευτικά και άνθη υπό κάλυψη. Ηράκλειο.
- Μανιός Β. (1979). Διερεύνηση δυνατότητας παρασκευής φυτοχώματος από την εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα. Διδακτορική διατριβή. Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.
- Μανιός Β. Ι., Κριτσωτάκης Ι. Κ. (1982). Αξιολόγηση οργανικών υπολειμμάτων (φυτικά υπολείμματα, σκουπίδια πόλης) περιοχής Κρήτης για την παρασκευή οργανοχουμικών υλικών (composts). Πρακτικά 2ης:14-16 Επιστημονικής Συνάντησης για τα κηπευτικά και άνθη υπό κάλυψη. Ηράκλειο.
- Μανιός Β. Ι., Κριτσωτάκης Ι. Κ., Παπαδημητρίου Μ. Δ. 1985. Κάθετη καλλιέργεια φράουλας στο θερμοκήπιο σε υποστρώμα ελαφρόπετρας με διάφορα είδη composts. Γεωργική Έρευνα 9(1):51-63.
- Μανιός Β. Ι., Συμινής Χ. Ι., (1986). Συστήματα και υποστρώματα καλλιέργειας κηπευτικών, ανθοκομικών και καλλωπιστικών φυτών στα θερμοκήπια με χώμα και χωρίς χώμα. Ινστιτούτο Αμπέλου Λαχανοκομίας και Ανθοκομίας. Αδημοσίευτη.
- Μανιός Β. Ι., Συμινής Χ. Ι. Κριτσωτάκης Ι. Κ.(1987). Υποστρώματα για την ανάπτυξη σποροφύτων τομάτας. Γεωργική Έρευνα 11:149-163.
- Μανιός Β. (1987α). Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά composts. Αδημοσίευτη εργασία.
- Μανιός Β. (1987β). Υποστρώματα γαρδένιας. Αδημοσίευτη εργασία.
- Μανιός Β. (1993). Υποστρώματα και Συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. ΤΕΙ Ηρακλείου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.
- Μάρη, Σ. Ι. (2000). *Αναπνευσμετρική εκτίμηση της πορείας σταθεροποίησης οργανικών υποστρωμάτων αερόβιας θερμοφιλικής χώνευσης (Composting)*. Αθήνα. Διδακτορική διατριβή.
- Μπαλής Κ. (1992). Θερμόφιλη Βιοαποικοδόμηση Οργανικών Υλικών. Εργαστήριο Μικροβιολογίας - Γενικής & Γεωργικής, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.
- Πανάγος, Γ. (1999). Κομπόστ. *Το εμβόλιο γονιμότητας του εδάφους*. Εκδ. Καλλιεργητής. σ: 6-43. Αθήνα
- Παπαϊωάννου, Χ. (2002) *Σημειώσεις μαθήματος υγείας ζώων και περιβάλλον*. ΤΕΙ Ιονίων

νήσων, σ: 18-25. Αργοστόλι.

- Παπανικολάου Ε.Π. (1968). Οργανική Ουσία Εδάφους. Αφοί Τζάκα, Αθήνα.
- Παρλαβάντζα Μ., Μπαλής Κ., Μπελιβάνης Ν., Χατζηπαυλίδης Ι., Φλουρή Φ., Βλυσίδης Α., (1994). Κομποστοποίηση αποβλήτων ελαιουργείων στη Σητεία Κρήτης. Πρακτικά διεθνούς διημερίδας Σητεία 16-17 Ιουνίου. 1994. Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Παράρτημα Κρήτης. Οργανισμός ανάπτυξης Σητείας.
- Πολυζόπουλος Ν.Α. (1971). Μαθήματα εδαφολογίας. Θεσσαλονίκη.
- Πολυράκης, Γ. (2002). *Περιβαλλοντική γεωργία*. Εκδ. Ψυχαλού. σ: 206-223.
- Σκούφος, Ι (2002). *Σημειώσεις θεωρίας λοιμωδών νοσήματα και υγιεινή των ζώων*. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα ζωικής παραγωγής, σ: 187-196. Άρτα.
- Σκούφος Ι, Τζώρα Α (2003) *Υγεία των ζώων και περιβάλλον*. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα ζωικής παραγωγής. Άρτα.
- Τζώρα, Α. (1997). *Σημειώσεις εργαστηρίου Μικροβιολογίας-Ανοσολογίας*. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα ζωικής παραγωγής. σ:37-39. Άρτα.
- Τζώρα, Α. (2001) *Σημειώσεις εργαστηρίου Μικροβιολογίας-Ανοσολογίας*. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα ζωικής παραγωγής., 8-18, 52, 74-77, 101-102. Άρτα.
- Υφαντής Σ & Generali S , (2003). Καθημερινή οικολογία. Εκδ. Οικοτοπία κ.ά, σελ. 69, Αθήνα.
- Φραγγελάκη, Α. *Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας / ΤΕΙ Κρήτης, Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.*
Πρόγραμμα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης “Βιολογική Γεωργία” Διαθέσιμο στο:
<http://www.chania.teicrete.gr/bio geo, 2/12/2003>.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

(Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 28 – 10 – 2008)

<http://www.ekke.gr/estia>

ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Μαρσέλου Παναγιώτη, Νεκτάριου Παναγιώτη, Σπαντιδάκη Ιωάννη “ΚΗΠΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ”, ΥΠ.Ε.Π.Θ., Π.Ι.
2. Ένθετο εφημερίδας τα ΝΕΑ-ΣΑΒΒΑΤΟΚΥΡΙΑΚΟ με θέμα “ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ – Πώς θα κάνουμε χρήσιμα τα... σκουπίδια μας”. Αθήνα 2003.
3. Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Νάουσας “Αντιγράφοντας τη φύση” (ενημερωτικό έντυπο).
4. Περιβαλλοντική Πρωτοβουλία Μαγνησίας “Η κομποστοποίηση”, Διαθέσιμο στο <http://www.oikoen.gr/selides-compost.htm>, 18/11/2003.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
(ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1

Κοπριά, ένα ανεκτίμητο προϊόν για τη γονιμότητα του εδάφους

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2

Χωνεμένη κοπριά

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 3

Χώμα και ζωική κοπριά, έτοιμα για ενσωμάτωση

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4

Θρυμματισμός κλαδιών ελαιοδέντρων, για την παρασκευή κομπόστ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 5

Δημιουργία κομπόστ από βιοκαλλιεργητές

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 6

Παραγωγή κομπόστ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 7

Παραγωγή κομπόστ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 8

Προφύλαξη κοπριάς από καιρικές συνθήκες

Φωτ. 1. Κοπριά, ένα ανεκτίμητο προϊόν για τη γονιμότητα του εδάφους



Φωτ. 2. Χωνεμένη κοπριά



Φωτ. 3. Χώμα και ζωική κοπριά, έτοιμα για ενσωμάτωση



Φωτ. 4. Θρυμματισμός κλαδιών ελαιοδέντρων, για την παρασκευή κομπόστ



Φωτ. 5. Δημιουργία κομπόστ από βιοκαλλιεργητές



Φωτ. 6. Παραγωγή κομπόστ



Φωτ. 7. Παραγωγή κομπόστ



Φωτ. 8. Προφύλαξη κοπριάς από καιρικές συνθήκες

