

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

Τμήματα Θε.Κ.Α – Φ.Π.

(Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας – Φυτικής Παραγωγής)

Σε συνεργασία με την

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ – ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΥΠΕΡΓΟΛΑΒΟΣ – ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ του Τ.Ε.Ι.ΚΡΗΤΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος:

Επεξεργασία υλής του βιολογικού καθαρισμού με ανάμειξη με κλαδοκάθαρα του δήμου Ηρακλείου για την παραγωγή οργανικού λιπάσματος – κόμποστ.

Εισηγητής - Καθηγητής : Μανιός Βασίλειος

Σπουδαστές:

- **Λαμπράκης Μιχαήλ**
- **Μαρκάκης Αντώνιος**
- **Σπανάκης Νικόλαος**



**ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2002**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
 - 2.1. Πρώτες ύλες
 - 2.2. Μεθοδολογία και μέσα κομποστοποίησης
 - 2.3. Μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων
 - 2.4. Πειραματικές – Πιλοτικές κομποστοποιήσεις
 - 2.5. Αγρονομική Αξιολόγηση κόμποστ
 - 2.6. Μέθοδος αξιολόγησης των κόμποστ ως πληρωτικού υλικού βιοφίλτρων
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ
 - 3.1. Θερμοκρασίες και δυσοσμία κομποστοποίησης
 - 3.2. Μεταβολές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια των κομποστοποιήσεων
 - 3.3. Μεταβολές υγρασίας κατά την διάρκεια των κομποστοποιήσεων
 - 3.4. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και παθογόνα των ώριμων κόμποστ
 - 3.5. Περιεκτικότητα ώριμων κόμποστ σε μακροστοιχεία και βαριά μέταλλα
 - 3.6. Κοκκομετρία ώριμων κόμποστ
 - 3.7. Αγρονομική αξιολόγηση ώριμων κόμποστ
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη του ανθρώπου για αναβάθμιση του βιοτικού του επιπέδου έχει συντελέσει σημαντικά, αν όχι ολοκληρωτικά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Η τεχνολογική ανάπτυξη όμως, με την σειρά της, μας δίδει σήμερα την δυνατότητα να επεξεργαζόμαστε τα διάφορα απορρίμματα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην μολύνουμε το περιβάλλον ή καλύτερα, να μολύνουμε το περιβάλλον όσο το δυνατόν λιγότερο.

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 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 γονιότητά τους. Επίσης στα φυσικά υδατικά συστήματα τα θρεπτικά θα αυξάνονταν συνεχώς (ευτροφισμός), πράγμα που δεν συμβαίνει (αυτό συμβαίνει 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 ωφέλη, 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 κρίσιμότερος 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 (κλαδοκάθαρα δήμου Ηρακλείου), 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 γονιότητας 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 (*ενεργός θρεπτική αξία*) 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 υδατοδιακρατικότητα 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 (κλίμα), όσο και από την κακή κατάσταση των εδαφών, τα οποία χάρη στην φτωχή οργανική ουσία που περιέχουν, απαιτούν πολλές αρδεύσεις. Επίσης στη χώρα μας αντιμετωπίζουμε 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.

2. COMPOST (κομπόστα)

Η Μικροβιακή αποσύνθεση διαφόρων ουσιών συντελεί στην δημιουργία λιπάσματος γνωστού ως COMPOST. Η δημιουργία της κομπόστας αυξάνει στην οργανική μάζα την περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία (N P K) διαθέσιμα στα φυτά, καθιστά αβλαβή την παθογόνο μικροπανίδα και τα αυγά των έλμινθων που περιλαμβάνονται στο λίπασμα μειώνει την ποσότητα της κυτταρίνης, ημικυτταρίνης και πυκτινικών ουσιών οι οποίες αλλάζουν τις διαλυτές μορφές του αζώτου N και φωσφόρου P στο έδαφος σε λιγότερο αφομοιώσιμες οργανικές μορφές και κάνει πιο χαλαρό το λίπασμα, διευκολύνοντας έτσι την εφαρμογή του στο έδαφος.

Τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την προπαρασκευή της κομπόστας είναι κοπριά ζώων, τύρφη, ούρα ζώων, κοπριά πτηνών και υπολείμματα του λιναριού και καναβιού, φύλλα στελέχη ηλιάνθου, στελέχη αραβόσιτου, αχρησιμοποίητες κτηνοτροφές, διάφορα σκουπίδια από πόλεις, κοπρώδεις ουσίες, ιζήματα αποχετεύσεων και απορρίμματα δέρματος, φυτών και σφαγείων. Κοινή τύποι κομπόστας είναι : τύρφη-κοπριά (η σχέση των συστατικών είναι 1 : 0.25 – 1), τύρφη-υγρή κοπριά και τύρφη-κοπρώδεις ουσίες (1 : 0,5 – 1), κοπριά εδάφους (ως 30%) και κοπριά-φωσφορίτης (1 – 2% χονδράλευρο φωσφορίτης).

Οι κομπόστες χρησιμοποιούνται για όλες τις καλλιέργειες περίπου στην ίδια με την κοπριά δόση (15-40 τόνοι / εκτάριο). Εφαρμόζονται σε αγραναπαυόμενο χωράφι πριν το φθινόπωρο ή το δεύτερο όργωμα και στις οπές φύτευσης όταν γίνεται φύτευση σπορόφυτων. Από πλευράς ιδιοτήτων λίπανσης εξίσου καλά λιπάσματα με την κοπριά είναι και οι κομπόστες και μερικοί τύποι όπως οι κομπόστα τύρφης με χονδράλευρο φωσφορίτη, είναι ανώτερη. Την διαδικασία με την οποία παράγουμε κομπόστ την ονομάζουμε κομποστοποίηση (composting).

3. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Είναι η βιολογική, αερόβια, θερμόφιλη και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων που οδηγεί στην παραγωγή **κομπόστ**, δηλ. ενός οργανικού εδαφοβελτιωτικού που προσομοιάζει στο χούμους του εδάφους και προωθεί την ανάπτυξη των φυτών.

Η κομποστοποίηση είναι μια φαινομενικά απλή διεργασία, αν και η εντύπωση της απλότητας αυτή είναι μάλλον απατηλή, καθώς οδηγεί συχνά σε ακριβά λάθη αν αγνοηθούν οι βασικές αρχές και παράμετροι της διεργασίας. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η αποτυχία ακόμη και ακριβών συστημάτων κομποστοποίησης οφείλεται συνήθως στην παράβλεψη βασικών λειτουργικών, τροφικών, και περιβαλλοντικών παραγόντων.

Μια πληθώρα οργανικών αποβλήτων μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να μετατραπούν σε ένα πλούσιο φυτόχωμα, το κομπόστ, το οποίο μπορεί να βρει πολλές εφαρμογές στη γεωργία, στα πάρκα, και στην ανάπτυξη και αναδάσωση προβληματικών εκτάσεων

(εγκαταλειμμένα λατομεία., πρηνή δρόμων κλπ). Η κομποστοποίηση μιμείται και επιταχύνει τις διεργασίες αποδόμησης των οργανικών που συμβαίνουν αυθόρμητα στη φύση.

Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν φυσιολογικά στα οργανικά απόβλητα, χρησιμοποιούν τα οργανικά συστατικά των απόβλητων ως τροφή για την ανάπτυξή τους. Η διαδικασία αυτή είναι αερόβια (δηλ. χρειάζεται την παρουσία οξυγόνου) και εξώθερμη (δηλ. απελευθερώνει θερμότητα). Καθώς οι μικροοργανισμοί «τρώνε» τα απόβλητα, αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται, το pH αλλάζει, η θερμοκρασία του σωρού των αποβλήτων αυξάνει, και τα απόβλητα μετασχηματίζονται σε πιο πολύπλοκες και σταθερές οργανικές ενώσεις, που μοιάζουν με το φυσικό χούμους των εδαφών. Κατά την ενεργή φάση της κομποστοποίησης η θερμοκρασία, αν δεν ελεγχθεί, μπορεί να ξεπεράσει τους 70 °C, να αδρανοποιήσει ή και να σκοτώσει τους μικροοργανισμούς, και να γίνει απαγορευτική για την ομαλή και γρήγορη ολοκλήρωση της διεργασίας. Η βέλτιστη θερμοκρασία κομποστοποίησης είναι γύρω στους 55 °C.

4. ΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διαδικασία. Ως τέτοια, έχει όλα τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των βιολογικών διεργασιών. Ο πρωταρχικός περιορισμός, είναι ότι οι επιδόσεις και το δυναμικό των συστημάτων κομποστοποίησης καθορίζονται από αυτά των μικροβιολογικών στοιχείων του συστήματος. Έτσι, η κομποστοποίηση δεν μπορεί να εξαφανίσει ανόργανα συστατικά που τυχόν υπάρχουν στα απόβλητα, όπως για παράδειγμα τα βαρέα μέταλλα. Η ποιότητα των αποβλήτων που τροφοδοτούν το σύστημα καθορίζει και την ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ.

Ακόμη πιο σημαντικοί είναι οι περιορισμοί που θέτει η βιολογική φύση του συστήματος στον χρόνο περάτωσης της διεργασίας. Οι βιολογικές διαδικασίες δεν μπορούν να επιταχυνθούν πέρα από τα φυσιολογικά τους όρια, ενώ αντίθετα μια σειρά κακών χειρισμών μπορεί να τις επιβραδύνει πολύ. Υπάρχουν περιπτώσεις ακριβών συστημάτων που ισχυρίζονται ότι μπορούν να περατώσουν τη διεργασία σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος κυμαίνεται γύρω στις 3-6 εβδομάδες, ανάλογα και με το είδος των αποβλήτων. Συχνά τα συστήματα που ισχυρίζονται πολύ σύντομους χρόνους περάτωσης (έτσι ώστε τα οικονομικά τους να φανούν πιο ελκυστικά) χρειάζονται μια μακριά περίοδο ωρίμανσης σε ανοικτό χώρο. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη μεγάλης έκτασης στις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης, και μπορεί να πλησιάσει τις απαιτήσεις σε χώρο ενός συστήματος χαμηλότερης τεχνολογίας και κόστους.

Για να μην υπάρξουν προβλήματα στην κομποστοποίηση και να προχωρήσει η διεργασία με τον βέλτιστο τρόπο πρέπει να εξετάζονται οι τροφικές (άνθρακας C, άζωτο N, αναλογία C / N, άλλα θρεπτικά στοιχεία) και περιβαλλοντικές παράμετροι (αερισμός, υγρασία, θερμοκρασία) του συστήματος και να λαμβάνονται μέτρα ώστε να παραμένουν μέσα σε όρια κατάλληλα για την κομποστοποίηση. Αυτή η βασική αρχή ισχύει για όλα τα υλικά και συστήματα κομποστοποίησης, αν και οι συνέπειες από την αγνόησή της είναι ανάλογες του μεγέθους της εγκατάστασης.

5. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΑΜΜΕΣΑ ΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στην κομποστοποίηση οι μικροοργανισμοί «τρώνε» τα οργανικά απόβλητα και έτσι πολλαπλασιάζονται και αναπτύσσονται και επιταχύνεται η διεργασία. Πρέπει λοιπόν η «τροφή» τους να είναι ισορροπημένη, και όλα τα απαραίτητα για τους μικροοργανισμούς θρεπτικά συστατικά να βρίσκονται στα οργανικά απόβλητα στην κατάλληλη αναλογία.

5.1 Άνθρακας C

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

Εκτός από το ποσοστό του άνθρακα στα απόβλητα, σημασία για την κομποστοποίηση έχει και η χημική του μορφή. Αυτή καθορίζει τη διαθεσιμότητα του άνθρακα, δηλ. τη δυνατότητα των μικροοργανισμών να τον αφομοιώσουν. Κάποια φυσικά υλικά είναι πιο ανθεκτικά στη μικροβιακή

αποσύνθεση (πολύπλοκες μορφές κυτταρίνης, λιγνίνη) και χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να διασπαστούν σε σχέση με απλούστερες οργανικές ενώσεις (σάκχαρα, πρωτεΐνες, τα περισσότερα λίπη). Ο άνθρακας π.χ. στα ξυλώδη υλικά δεν αποδομείται εύκολα, σε αντίθεση με τις κοπριές.

Από πρακτική σκοπιά, η διαθεσιμότητα του άνθρακα καθορίζει

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

5.2 Άζωτο N

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

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

5.3 Σχέση Άνθρακα προς Άζωτο C / N

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) είναι μια από τις σημαντικότερες τροφικές παραμέτρους. Η βέλτιστη αναλογία για την κομποστοποίηση κυμαίνεται από 20 έως 30 μέρη **διαθέσιμου** άνθρακα προς 1 μέρος **διαθέσιμου** αζώτου.

Όσον αφορά τον άνθρακα C μας ενδιαφέρει ο διαθέσιμος στους μικροοργανισμούς άνθρακας και όχι ο συνολικός. Ο άνθρακας C αποδίδεται στην μικροβιακή κοινότητα από την αποσύνθεση φυτών και απορριμμάτων από ζώα και ανθρώπους, ενώ χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των κυττάρων τους. Κάποια μικροβιακή βιομάζα επιστρέφει τον άνθρακα στον κύκλο. Κατά την διάρκεια της μικροβιακής δραστηριότητας, μια ποσότητα άνθρακα, αποδίδεται στο περιβάλλον μέσω αναπνοής (CO₂). Αρχικά χρησιμοποιείται ο διαθέσιμος άνθρακας. Καθώς συνεχίζεται η διαδικασία του composting ο ρυθμός εξέλιξης μειώνεται ως αποτέλεσμα της μειωμένης μεταβολικής δραστηριότητας και της μείωσης του διαθέσιμου άνθρακα.

Εκτός από άνθρακα οι μικροοργανισμοί χρειάζονται N άζωτο για την σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Τα βακτήρια περιέχουν 7 έως 11 % N άζωτο στο ξηρό τους βάρος και οι μύκητες 4 έως 6 %. Το ποσό του αζώτου διαφέρει από υλικό σε υλικό. Έτσι για παράδειγμα τα υπολείμματα από τροφές και τα βιολύματα έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε N άζωτο από ότι τα υπολείμματα καλλιεργειών.

Εδώ βάζουμε ένα πίνακα από σημειώσεις Μανιού C/N σελίδα 5

Οι μικροοργανισμοί κατά τη αποδόμηση των οργανικών ενώσεων αφομοιώνουν το 1/3 περίπου του μεταβολισμένου C άνθρακα και τον υπόλοιπο των ελευθερώνουν ως διοξείδιο (CO₂). Η περιεκτικότητα κατά μέσο όρο του μικροβιακού κυττάρου σε άνθρακα και άζωτο C-N είναι 50 % και 5 % αντίστοιχα, που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο η σχέση άνθρακα προς αζώτου C/N στον μικροβιακό κύτταρο είναι 10/1. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι η άριστη τιμή της σχέσης C / N στο προς χώνευση υλικό είναι εκείνη του 30/1 .

Χαμηλή αναλογία C/N στα υλικά έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή του αζώτου σε αμμωνία. Πρακτικά αυτό γίνεται σε αλκαλικές συνθήκες. Αναερόβιες ή μερικά αερόβιες συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν απελευθέρωση αμμωνίας προς την ατμόσφαιρα. Η απώλεια N αζώτου μειώνει, όπως

είναι φυσιολογικό, την αξία του κόμποστ ως λίπασμα. Σε υψηλή αναλογία C / N όπως 50 / 1 η διαδικασία του κομπόστιγκ καθυστερεί εξαιτίας της γρήγορης ανάπτυξης των κυττάρων και εξάντλησης του διαθέσιμου αζώτου N, οδηγώντας σε μείωση της κυτταρικής αύξησης. Καθώς τα κύτταρα πεθαίνουν το αποθηκευμένο σε αυτά άζωτο N διατίθεται στα ζωντανά κύτταρα.

5.4 Άλλα θρεπτικά συστατικά.

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

6. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΕΜΜΕΣΑ ΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

6.1 ΡΗ.

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού είναι το pH του, δεδομένου ότι αυτό ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί την δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού πριν από την έναρξη εφαρμογής του composting δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας NH_3 .

Εδώ βάζω σχεδιάγραμμα σελ. 50 σημειώσεις Μανιού

6.2 Περιβαλλοντικές Παράμετροι

Οι τρεις παράμετροι-κλειδιά για την κομποστοποίηση είναι ο αερισμός (για οξυγόνωση και απαγωγή θερμότητας), το ποσοστό υγρασίας και η θερμοκρασία. Η κατανόηση των μεταξύ τους σχέσεων και της επίδρασής τους στη διεργασία, και η κατάλληλη ρύθμισή τους είναι απαραίτητες για τη γρήγορη και σωστή κομποστοποίηση και την παραγωγή καλής ποιότητας κομπόστ. Οι τρεις αυτές παράμετροι συνδέονται άμεσα μεταξύ τους, και η μεταβολή οποιασδήποτε από τις τρεις μεταβάλλει αντίστοιχα και τις υπόλοιπες.

6.2.1 Αερισμός και Οξυγόνο O_2

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία και ως τέτοια χρειάζεται παροχή αέρα για αναπλήρωση του οξυγόνου μέσα στη μάζα των αποβλήτων που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς. Για να είναι αποτελεσματικός ο αερισμός πρέπει τα απόβλητα να έχουν «δομή» ώστε να υπάρχουν κενά ανάμεσα στα σωματίδια της μάζας που κομποστοποιείται, όπου να μπορεί να εισχωρήσει εύκολα ο φρέσκος αέρας. Για το σκοπό αυτό συχνά προστίθενται διογκωτικά υλικά (άχυρο, τεμάχια ξύλου κ.α.), ιδίως όταν τα απόβλητα δεν έχουν από μόνα τους μια δομή (π.χ. λάσπη βιολογικών καθαρισμών, κομμένο γρασίδι). Ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της διαδικασίας του κομπόστιγκ, έχουμε τρεις μεθόδους να επιτυγχάνουμε αερισμό.

1. Αναποδογύρισμα του σωρού (Physical turning off the mass)
2. Το μεταφερόμενο ρεύμα αέρα (Connective Air Flow) και
3. Μηχανικός αερισμός.

Πολλές μελέτες έδειξαν ότι στους μη αεριζόμενους σωρούς το Οξυγόνο O_2 εξαντλείται στα χαμηλότερα σημεία σε πολύ λιγότερο χρόνο από ότι στα υψηλότερα μετά το αναποδογύρισμα. Σε

τέτοιες περιπτώσεις, έλλειψη οξυγόνου οδηγεί σε αναερόβιες συνθήκες κάτω από τις οποίες έχουμε αποσύνθεση υλικών και ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών κατά το αναποδογύρισμα.

Ο Caballero έδειξε ότι η απαίτηση οξυγόνου είναι διπλάσια αμέσως μετά την αναστροφή του σωρού. Αυτό αποδίδεται στην αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας σαν αποτέλεσμα του τεμαχίσματος των σωματιδίων και την δημιουργία μεγαλύτερης επιφάνειας είτε την μείωση της υγρασίας με ταυτόχρονη αύξηση των κενών περιοχών. Το ίδιο καταγράφηκε και σε στατικούς σωρούς με ενεργητικό αερισμό το οξυγόνο έφτασε σε πολύ χαμηλά επίπεδα 20 λεπτά που έκλεισαν οι ανεμιστήρες (σε τέτοια συστήματα οι ανεμιστήρες ρυθμίζονται σε σχέση με την θερμοκρασία και τον χρόνο και το ενδιάμεσο διάστημα μεταξύ ανοίγματος κλεισίματος είναι περίπου 15 λεπτά).

Σε μια άλλη μελέτη composting σκουπιδιών οι Jeris & Regan κατέγραψαν ότι το οξυγόνο αυξανόταν με την θερμοκρασία από τους 30 στους 66 °C όταν το υλικό του composting είχε υγρασία 45%. Σε υψηλότερη υγρασία το μέγιστο σημειώθηκε στους 45 °C. Ο Kaibuchi (1961) κατέγραψε ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του composting σκουπιδιών σε δοχείο με δυναμικό αερισμό εξασφαλίστηκαν με ένα ρυθμό αερισμού 4,3 mgr O₂ / hr/gr. Τελικά ο Viel et al (1987) έδειξε ότι ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου για 3 διαφορετικά υποστρώματα αυξάνονταν την πρώτη μέρα και μετά μειωνόταν για τους επόμενους 9 ημέρες.

Είναι προφανές από αυτές τις μελέτες ότι η κατανάλωση οξυγόνου και ο ρυθμός αερισμού διαφέρει πολύ με τα υποστρώματα και την μέθοδο επεξεργασίας.

Η απορρόφηση του οξυγόνου επηρεάζεται από την υγρασία εξαιτίας της επίδρασης στην μικροβιακή δραστηριότητα. Οι Jeris & Regan (1970) βρήκαν ότι η μεγαλύτερη απορρόφηση οξυγόνου ήταν σε υγρασία 56% από ότι στο 85%. Η υψηλότερη απαίτηση σε οξυγόνο στη χαμηλότερη περιεκτικότητα υγρασίας είναι πιθανόν το αποτέλεσμα της υψηλότερης μικροβιακής δραστηριότητας λόγω του ότι μεγαλύτερη περιοχή ελεύθερου αέρα (free air space, FAS) στη χαμηλότερη υγρασία είναι ευνοϊκή για το composting. Ο όρος περιοχή ελεύθερου αέρα (FAS) προτάθηκε από τον Schultz βασισμένος στις έννοιες του αερισμού του εδάφους της περιοχής του ελεύθερου πορώδους.

Το πορώδες επιτρέπει στον αέρα να διαχέεται στο υλικό και να προμηθεύει οξυγόνο τους μικροοργανισμούς. Επειδή τα διάφορα υλικά έχουν διαφορετική πυκνότητα και μέγεθος τεμαχιδίων η σχέση μεταξύ υγρασίας και FAS διαφέρει. Η άριστη υγρασία κυμαίνεται από 53 – 65 % και η αντίστοιχη FAS από 32 – 36 %. Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου, συμβαίνει σε 65% υγρασία και πορώδες 30 %. Αυτή η υγρασία είναι υψηλότερη από αυτή που βρέθηκε ότι είναι η άριστη σε πειράματα αγρού. Γενικά όσο εξελίσσεται το composting η κατανάλωση οξυγόνου μειώνεται. Για βιολύματα η άριστη υγρασία είναι κοντά στο 55 % και δεν πρέπει να ξεπεράσει το 60%, όμως αυτό εξαρτάται κάθε φορά, από το προς κομποστοποίηση υλικό και από το σύστημα composting που χρησιμοποιείται.

6.2.2 Υγρασία

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

Η βέλτιστη υγρασία εξαρτάται εν μέρει από τη σύνθεση και τη φυσική δομή των υλικών προς κομποστοποίηση. Το επίπεδο υγρασίας είναι διαφορετικό για κάθε κατηγορία υλικού και συνδέεται άμεσα με της υδατικές του ιδιότητες. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι το 30 % των πόρων μεταξύ των τεμαχιδίων πρέπει να καταλαμβάνεται από αέρα για την διατήρηση των αερόβιων συνθηκών γίνεται αντιληπτό ότι η περιεκτικότητα του υλικού σε νερό δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 70% του νερού που απαιτείται για τον κορεσμό του. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία για τα περισσότερα οργανικά υλικά η άριστη υγρασία κυμαίνεται από 45 % (λεπτόκοκκα υλικά) μέχρι και 60 % (χονδρόκοκκα υλικά) σε υγρή βάση (Schulze, 1965, Μανιός και Balis, 1983).

Μια συνέπεια της έλλειψης νερού είναι ότι, καθώς εμποδίζεται η μικροβιακή δραστηριότητα, το υλικό δίνει μια ψευδή εικόνα σταθεροποίησης. Έτσι μπορεί να διατεθεί ως έτοιμο κομπόστ στην

αγορά. Όταν όμως ξαναβραχεί, στο χωράφι ή τον κήπο, η μικροβιακή δραστηριότητα επανακάμπτει και μπορεί να «κάψει» τα φυτά ή να απελευθερώσει δυσάρεστες οσμές.

6.2.3 Θερμοκρασία

Η διαδικασία του Composting συχνά απεικονίζεται σε στάδια σχέσης χρόνου-θερμοκρασίας. Καθώς οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά συστατικά στα απορρίμματα παράγεται θερμότητα η οποία εγκλωβίζεται στη μάζα του σωρού και ανεβάζει τη θερμοκρασία. Αρχικά η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι παράγουν περισσότερη θερμότητα και αυξάνουν και άλλο τη θερμοκρασία, σε έναν αλληλο-ενισχυόμενο κύκλο.

Πιθανά η πλέον σπουδαία επίδραση της θερμοκρασίας είναι στην μικροβιακή κοινότητα. Επιπλέον άλλες ζωτικές αντιδράσεις και στοιχεία της διαδικασίας του Composting επηρεάζονται και αλλάζουν με την θερμοκρασία. Επίσης επηρεάζει την υγρασία που με την σειρά της επηρεάζει την μικροβιακή δραστηριότητα. Η αλληλεπίδραση της Θερμοκρασίας με διάφορες παραμέτρους συχνά κάνει δύσκολο τον διαχωρισμό αιτίας και αποτελέσματος.

Αμέσως μετά την διαμόρφωση του σωρού με το προετοιμασμένο υλικό αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει σαν αποτέλεσμα, με την ελευθέρωση ενέργειας την άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού, αφού τα εξωτερικά στρώματά του επενεργούν θερμομονωτικά στα εσωτερικά. Η θερμοκρασία, σε κάθε σύστημα, σπάνια είναι ομοιόμορφη σε όλο τον σωρό. Το κέντρο του σωρού τείνει να είναι θερμότερο και το εξωτερικό ψυχρότερο. Μεγαλύτερη επιφάνεια έχει ως συνέπεια μεγαλύτερη απώλεια θερμοκρασίας.

Στα πρώτα δυο ή τρία 24ωρα η θερμοκρασία, ανάλογα με το προς Κομποστοποίηση υλικό, μπορεί να υπερβεί και τους 70 °C και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για αρκετές ημέρες. Συνήθως όμως μετά από την πάροδο 10 περίπου ημερών η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει εξαιτίας της εξάντλησης του διαθέσιμου οξυγόνου (O₂). Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η επέμβαση οξυγόνωσης του υλικού. Ως άριστη θερμοκρασία για την μικροβιακή δραστηριότητα στους σωρούς του Composting έχει βρεθεί, μετά από επανειλημμένα πειράματα και θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65 °C.

Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τις επιθυμητές, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών αρχίζει να ελαττώνεται και πάνω από τους 75 °C πρακτικά μηδενίζεται. Έτσι για να πετύχουμε το μέγιστο ρυθμό βιο-αποδόμησης των οργανικών υλικών, πρέπει να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία σε ευνοϊκά για τους μικρο-οργανισμούς επίπεδα.

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

7. ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (COMPOSTING).

Στην διαδικασία του composting οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά υλικά και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) νερό (H₂O), θερμότητα και χούμο, το σχετικά σταθερό τελικό οργανικό προϊόν. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες η κομποστοποίηση περνάει 3 φάσεις.

- την φάση με τις χαμηλές θερμοκρασίες που διαρκεί μερικές μέρες
- την φάση με τις υψηλές θερμοκρασίες η οποία διαρκεί από μερικές μέρες έως και κάποιους μήνες.
- την φάση ωρίμανσης που διαρκεί κάποιους μήνες και η θερμοκρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα

Βάζω το σχήμα της σελίδας 1 σχήμα 1 αυτό με της θερμοκρασίες

Διαφορετικές κοινωνίες μικροοργανισμών επικρατούν στην διάρκεια των διαφόρων φάσεων του composting. Η αρχική αποσύνθεση πραγματοποιείται από τους μεσόφιλους μικροοργανισμούς

οι οποίοι ταχύτατα αποσαθρώνουν τις ευδιάλυτες, ευκολα υποβιβάσιμες ενώσεις. Η θερμοκρασία που παράγουν προκαλεί ταχύτατη αύξηση της θερμοκρασίας στο composting.

Καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει περίπου στους 40 βαθμούς C οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί γίνονται λιγότερο ανταγωνιστικοί και αντικαθίστανται από άλλους οι οποίοι είναι θερμοφιλικοί. Σε θερμοκρασίες 55 °C και πάνω πολύ μικροοργανισμοί που αποτελούν παθογόνα για τον άνθρωπο ή για τα φυτά καταστρέφονται. Επειδή θερμοκρασίες πάνω από 65 °C σκοτώνουν πολλά είδη μικροβίων και περιορίζουν την διαδικασία της αποσύνθεσης γίνεται ανακάτωμα ώστε να κρατηθεί η θερμοκρασία σ' αυτά τα επίπεδα. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν την αποσάθρωση των πρωτεϊνών και των περίπλοκων υδρογονανθράκων HC όπως κυτταρίνης και ημικυτταρινών των βασικών δομικών μορίων στα φυτά. Κατόπιν η θερμοκρασία του κόμποστ σταδιακά ελατώνεται και η μεσαοφιλικό μικροοργανισμοί εμφανίζονται ξανά και παίρνουν μέρος στην τελική φάση της ωρίμανσης.

8. ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤ ΒΑΚΤΗΡΙΑ

8.1 Βακτήρια (Bacteria)

Είναι οι πιο μικροί ζωντανοί οργανισμοί και οι περισσότεροι αριθμητικά στο κόμποστ. Κυμαίνονται στο 80-90% των δισεκατομμυρίων μικροοργανισμών που τυπικά βρίσκονται σε ένα γραμμάριο κόμποστ. Τα βακτήρια είναι υπεύθυνα για τις περισσότερες αποσυνθέσεις και γενιές θερμοκρασιών στο κόμποστ. Είναι μονοκύτταρα και δομημένα σαν ραβδόμορφους βάκηλους, σφαιρικούς κόκκους ή ελικοειδή σπειρίλια. Αρκετά από αυτά έχουν την δυνατότητα να κινούνται κάτω από τη δική τους δύναμη. Στο ξεκίνημα του κομπόστιγκ τα μεσόφιλα βακτήρια επικρατούν.

Καθώς η θερμοκρασία του κόμποστ ανεβαίνει περίπου στους 40 °C εμφανίζονται και θερμοφιλικά βακτήρια. Οι μικροβιακοί πληθυσμοί που κυριαρχούν στην διάρκεια αυτής της φάσης αποτελούν μέλη του γένους βάκηλου. Οι ποικιλία των βακίλομορφων ειδών είναι δίκαια υψηλότερη σε θερμοκρασίες από 50 – 55 °C αλλά ελατώνονται δραματικά στους 60 °C και πάνω. Όταν οι συνθήκες γίνονται δυσμενής οι βάκιλοι επιβιώνουν παίρνουν σχήμα ενδοσπορίων, λεπτότοιχων σπορίων τα οποία έχουν μεγάλη αντίσταση στην θερμοκρασία, το κρύο, την υγρασία ή την έλλειψη φαγητού. Είναι ανενεργά στο περιβάλλον και γίνονται δραστήρια όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές.

8.2 Ακτινομύκητες (Actinomycetes)

Η χαρακτηριστική μυρωδιά του χώματος προκαλείται από τους ακτινομύκητες, οργανισμούς που μοιάζουν με μύκητες αλλά στην πραγματικότητα είναι νηματώδεις βακτήρια. Όπως άλλα βακτήρια τους λείπουν νουκλεοτίδια αλλά αναπτύσσουν πολυκύτταρα νύματα σαν μύκητες. Στην διαδικασία του κομπόστιγκ συντελούν ένα σημαντικό ρόλο στην απλωποίηση σύνθετων ενώσεων όπως της κυτταρίνης, λιγνίνης, χυτίνης και πρωτεϊνών. Τα ένζυμά τους, τους δίνουν την δυνατότητα χημικά να χαλάνε σκληρά υλικά όπως ξυλοποιημένους βλαστούς, φλοιούς ή εφημερίδες. Κάποια είδη εμφανίζονται κατά την διάρκεια της θερμοφιλικής φάσης και άλλα γίνονται σημαντικά στην ψυχρότερη φάση όταν μόνο η περισσότερο συνθετικές ενώσεις παραμένουν στα τελευταία στάδια διαμόρφωσης του χούμου. Οι ακτινομύκητες έχουν στενόμακρη μορφή νηματοειδή και μοιάζουν με ιστούς αράχνης ανάμεσα στο κόμποστ. Αυτά τα νήματα είναι περισσότερο εμφανή προς το τέλος της διαδικασίας σε απόσταση 10 – 15 cm από την κορηφή του σωρού. Μερικές φορές εμφανίζονται κυκλικές αποικίες που βαθμιαία εξαπλώνονται διαμετρικά.

8.3 Μήκυτες. (Fungi)

Είναι υπεύθυνοι για την αποσύνθεση πολλών φυτικών πολυμερών στο χώμα και στο κόμποστ. Στο κόμποστ οι μύκητες είναι σημαντικοί επειδή χαλούν σκληρά συστατικά και έτσι δίνουν την δυνατότητα στα βακτήρια να συνβελίσουν την διαδικασία της αποσύνθεσης μιας και η περισσότερη κυτταρίνη έχει εξαντληθεί. Απλώνονται και αναπτύσσονται ρωμαλέα παράγοντας πολλά κύτταρα και νήματα και μπορούν να επιτεθούν σε οργανικά υπολύματα τα οποία είναι αρκετά σκληρά όξυνα ή χαμηλής περιεκτικότητας σε άζωτο N για την βακτηριακή αποσύνθεση.

Τα περισσότερα βακτήρια χαρακτηρίζονται σαν σαπρόφυτα επειδή ζουν σε νεκρά υλικά και απορροφούν ενέργεια από το χάλασμα της οργανικής ουσίας στα νεκρά φυτά και ζώα. Τα είδη των μυκήτων είναι πολυάριθμα στην διάρκεια τόσο της μεσοφιλικής όσο και της θερμοφιλικής φάσης του κομπόστιγκ.

Οι περισσότεροι μύκητες ζούν στα εξωτερικά στρώματα του κόμποστ όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές. Οι μούχλα του κόμποστ είναι αυστηρά αερόβια και αναπτύσσεται τόσο σαν αδιάκριτα νήματα όσο και σαν γκρίζα ή άσπρα **θαμπές αποκέτες** στην επιφάνεια του compost.

8.4 Πρωτόζωα. (Protozoa)

Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταρα μικροσκοπικά ζώα, βρίσκονται στα σταγονίδια του νερού στο κόμποστ αλλά παίζουν ένα σχετικά κύριο λόγο στην αποσύνθεση. Τα πρωτόζωα προσλαμβάνουν την τροφή του από την οργανική ουσία με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως τα βακτήρια αλλά επίσης ασκούν σαν δευτερεύοντες υπερκαταναλωτές τροφής.

8.5 Τροχόζωα (Rotifers)

Είναι μικροσκοπικοί ολιγοκύτταροι οργανισμοί που επίσης βρίσκονται στο φίλμ του νερού στο κόμποστ. Τρέφονται με οργανική ουσία και υπερτρέφονται-παρασιτούν σε βακτήρια και μύκητες.

9. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Τα παρακάτω υλικά αξιολογούνται πάντοτε κατά περίπτωση αναφορικά με διάφορα κριτήρια (προέλευση, λόγος C/N, σταθερότητα δομής, περιεκτικότητα σε υγρασία, περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα και τοξικές και επικύνδινες ουσίες κλπ) που μπορούν να επηρεάζουν τη δυνατότητα και τις σχετικές αναλογίες χρησιμοποίησής των.

Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα

- Φύλλα ελιάς, κληματίδες
- Άχυρα
- Υπολείμματα καλλιέργειας και επεξεργασίας βάμβακος
- Υπολείμματα καλλιέργειας αραβόσιτου
- Υπολείμματα άλλων καλλιεργειών
- Κοπριά αγελάδων
- Κοπριά πουλερικών
- Κοπριά αιγοπροβάτων
- Κοπριά και στρωμνή αλόγων
- Υπολείμματα λαχανικών
- Βελόνες κωνοφόρων
- Δασικά υπολείμματα
- Υγρά απορρίμματα κτηνοτροφίας (ούρα, υγρά καθαρισμού, κλπ)

Οργανικά απόβλητα

- Υπολείμματα κουζίνας και υπολείμματα φαγητών
- Οργανικό κλάσμα απορριμμάτων
- Υπολείμματα κατοικίδιων ζώων
- Υπολείμματα εμπορίας φρούτων και λαχανικών
- Φυτικά απορρίμματα από κήπους, άλση δρόμους
- Φύλλα
- Υπολείμματα καλλιέργειας και εμπορίας ανθέων
- Απορρίμματα κλάδευσης δένδρων και θάμνων
- Φυτικά προϊόντα καθαρισμού καναλιών, λιμνών, ποταμών, θαλασσών, κλπ

Βιομηχανικά απόβλητα φυτικής προέλευσης

- Πυρηνόξυλο, ελαιοπυρήνα, στέμφυλα
- Υπολείμματα έκθλιψης άλλων οπωροκηπευτικών
- Υπολείμματα ζυθοποιίας
- Υπολείμματα βιομηχανίας ζάχαρης
- Υπολείμματα βιομηχανίας καπνού
- Υπολείμματα αρτοποιιών
- Υγρά απόβλητα οينوπνευματοποιίας

Βιομηχανικά απόβλητα ζωικής προέλευσης

- Υπολείμματα σφαγείων
- Υπολείμματα πτηνοτροφείων
- Αίμα
- Υπολείμματα ψαριών

Απόβλητα αστικών δραστηριοτήτων

- Ιλύς αστικών λυμάτων
- Υλικά εσχαρισμού εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων

Άλλης φύσης υπολείμματα, απόβλητα ή απορρίμματα

- Απόβλητα ή απορρίμματα χαρτοβιομηχανίας
- Πριονίδια, ροκανίδια, θρύψαλα ξύλου, ξυλώδη μέρη
- Τύρφεις
- Άλγη από θαλάσσιες αποθέσεις
- Φύκια
- Λάσπη καθαρισμού καναλιών

10 ΔΙΟΓΚΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Όπως έχει είδη αναφερθεί η ιλύς των βιολογικών καθαρισμών είναι ένα υλικό με πολύ χαμηλό πορώδες εξαιτίας της πολύ μικρής διαμέτρου των τεμαχιδίων του. Αυτό άλλωστε του δίνει τη δυνατότητα, ο χρόνος χώνευσης του να είναι πολύ μικρότερος από ότι σε άλλα υλικά. Παράλληλα όμως, αυτό το χαρακτηριστικό συντελεί στην δημιουργία αναερόβιων συνθηκών κατά τη διάρκεια της χώνευσης επειδή δεν υπάρχει αρκετός όγκος πόρων για αποθήκευση οξυγόνου κατά το αναποδογύρισμα. Ακόμη, ένα άλλο πρόβλημα είναι η υψηλή υγρασία της ιλύος όπως αυτή παράγεται από την εκάστοτε μονάδα βιολογικού καθαρισμού.

Έτσι, για την ομαλή κομποστοποίηση-χώνευση του συγκεκριμένου υλικού απαιτητέ η διόγκωση του με διάφορα υλικά.

10.1 Κλαδοκάθαρα δενδροστοιχιών δήμων

Σε όλους σχεδόν τους δήμους της Ελλάδας υπάρχουν δένδρα τα οποία προσφέρουν σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων κατά το κλάδεμα τους. Αυτά τα υπολείμματα συλλέγονται και πετιούνται ενώ μπορούν να αποτελέσουν ένα αξιόλογο διογκωτικό υλικό. Το μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι η ανάγκη άλεσης τους πριν τη ανάμιξη με την λάσπη.

Αξίζει να αναφερθεί ότι με τον ίδιο τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν, γενικά τα υπολείμματα κλαδέματος δενδροκομικών καλλιεργειών, όμως κάτι τέτοιο είναι αντιοικονομικό εξαιτίας του υψηλού κόστους μεταφοράς που κανένας καλλιεργητής δεν προτίθεται να υποστεί.

10.2 Φύλλα ελιάς

Τα φύλλα ελιάς που συγκεντρώνονται στα ελαιουργεία παρέχονται χωρίς χρήματα μέχρι σήμερα και αποτελούν αξιόλογο υλικό για κομποστοποίηση. Είναι υλικό με αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων και κυρίως αζώτου ενώ κατά την αποσύνθεση τους αυξάνουν περισσότερο την θερμοκρασία του μίγματος από ότι άλλα υλικά (Μανιός). Παρουσιάζουν το μειονέκτημα του υψηλού κόστους μεταφοράς λόγω του μεγάλου όγκου τους

10.3 Ροκανίδια λευκής ξυλείας

Στα ξυλουργεία παράγονται μεγάλες ποσότητες από αυτό το υλικό. Όπως και τα φύλλα ελιάς παρουσιάζει το μειονέκτημα του υψηλού κόστους μεταφοράς εξαιτίας του μεγάλου όγκου. Είναι όμως υλικό με μικρότερη θερμογόνο επίδραση στο κόμποστ

10.4 Ελαιοπυρήνα

Η ελαιοπυρήνα των φυγοκεντρικών ελαιουργείων έχει υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, κάτι που δεν ευνοεί την συνκομποστοποίηση με λάσπη βιολογικού καθαρισμού (Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αποτρέπει την διαδικασία). Πλεονέκτημα της ελαιοπυρήνας θεωρείται η μεγάλη διάρκεια παρουσίας της στο έδαφος εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας της σε λιγνινοκυτταρινικό σύμπλοκο (πυρήνα ελαιοκάρπου).

10.5 Κληματίδες αμπέλου

Οι κληματίδες αμπέλου έχουν το μειονέκτημα της μεγάλης διασποράς και την ανάγκη άλεσης τους πριν από την χώνευση. Το παραγόμενο όμως κόμποστ είναι υψηλής ποιότητας με μεγάλο πορώδες.

10.6 Φλοιοί δασικών δένδρων

Οι φλοιοί των δασικών δένδρων που συγκεντρώνονται στα εργοστάσια χαρτοπολτού, παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον και έχουν γίνει μέχρι σήμερα πολυάριθμες μελέτες ανά τον κόσμο πάνω στην παρασκευή κόμποστ από αυτούς και στις δυνατότητες αξιοποίησής τους κυρίως σε αντικατάσταση της τύρφης στα διάφορα υποστρώματα.

10.7 Λέπυρα ρυζιού και υπολείμματα εκκοκκιστηρίων βάμβακος

Από τα υλικά αυτά υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες στην Ελλάδα και παρουσιάζει ενδιαφέρον η αξιοποίησή τους, στην παραγωγή κόμποστ. Για την Κρήτη όμως δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον.

11 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΤΟΥ COMPOSTING

11.1 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή compost περιέχουν παθογόνους οργανισμούς για τον άνθρωπο, όπως η λάσπη βιολογικών καθαρισμών. Στα υπολείμματα καλλιεργειών η κύρια πηγή παθογόνων είναι τα κόπραντα των κατοικίδιων ζώων. Στα υπολείμματα τροφών τα αυγά, κομμάτια από κοτόπουλο και άλλες μολυσμένες πηγές μπορεί να συντελέσουν στην ύπαρξη παθογόνων σε σημαντικά επίπεδα.

Το composting, εάν πραγματοποιηθεί κατάλληλα, είναι πολύ αποτελεσματικό στην καταστροφή παθογόνων. Αυτό είναι πρώτα από όλα το αποτέλεσμα της σχέσης θερμοκρασίας-χρόνου. Εντούτοις και άλλοι παράγοντες συνεισφέρουν στην θανάτωση των παθογόνων όπως οι ανταγωνιστικοί οργανισμοί και η αμμωνία.

Το composting ως φυσική βιολογική διεργασία δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, ενώ αντίθετα το προστατεύει από πιθανή υποβάθμιση που μπορούν να προκαλέσουν τα διάφορα στερεά οργανικά υπολείμματα της ανθρώπινης δραστηριότητας.

11.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ COMPOSTS

Η προσθήκη των ώριμων composts στο έδαφος, όπως και κάθε βιοσταθεροποιημένου οργανικού υλικού, οδηγεί στα θετικά αποτελέσματα που προκαλεί η αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους που είναι η βελτίωση ορισμένων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το πορώδες, η υδατοχωρητικότητα, η σχέση νερού-αέρα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (CEC), το pH, η διαθέσιμη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων(πίνακας 3.2.1) κ.α.

Θετικές μεταβολές στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά πηλώδους εδάφους, με τη προσθήκη compost απορριμμάτων αναφέρουν οι Duggan and Wiles(1976) ενώ οι Guidi et al.,(1983) σημειώνουν ότι μετά την ενεργειακή κρίση και την αύξηση της τιμής των χημικών λιπασμάτων, η λάσπη βιολογικών καθαρισμών λυμάτων (ΛΒΚΛ) μπορεί να θεωρηθεί ως αξιόλογη πηγή εφοδιασμού των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία, για αναβάθμιση άγονων εδαφών και για βελτίωση δασικών εκτάσεων.

Πίνακας 3.2.1: Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων διαφόρων compost.
Τα μακροστοιχεία εκφράζονται σε %ξηρής ουσίας και τα ιχνοστοιχεία σε ppm.

Στοιχεία	Compost απορριμμάτων Jonson city 1	Compost Λ.Β.Κ.Λ. Bowery 2	Compost Cofuna3	Compost Φύλλων ελιάς4	Compost κληματίδων αμπελιού4	Compost Φλοιού κωνοφόρων5
N	0,91	-	217	2,876	3,026	1,606
P	0,22	0,7	0,23	0,189	0,286	0,079
K	0,33	2,7	0,51	0,692	1,404	1,606
Ca	1,91	1,6	1,94	8,534	3,168	1,080
Mg	1,92	0,84	0,13	0,635	0,611	0,128
Na	0,41	-	0,13	0,142	0,425	0,017
Fe	11000	32000	1400	2490	50	2530
Mn	500	480	20	130	87,7	1003
Zn	50	2900	100	40,9	106	268

1 Golueke (1972)

2 Mcintyre D.R.et.al (1997)

3 Bunt (1998)

4 Μανιός Β και συνεργάτες (1987)

5 Sukmana (1993)

11.3 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ COMPOSTS

Με τον όρο "υπόστρωμα" εννοούμε κάθε υλικό ή σκεύασμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη φυτών εκτός εδάφους. Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα, μπορούν να χωρισθούν σε τρεις κατηγορίες

- Υποστρώματα για την ανάπτυξη σποροφύτων
- Υποστρώματα για την ανάπτυξη ανθοκομικών και κηπευτικών φυτών
- Υποστρώματα για την ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών και θάμνων σε δοχεία

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στην παρασκευή υποστρωμάτων χωρίς έδαφος, είναι η ξανθιά και η μαύρη τύρφη. Τόσο η ξανθιά όσο και η μαύρη τύρφη προέρχονται κυρίως (90% περίπου) από βρύα του γένους *Sphagnum*.

Τα τελευταία χρόνια καταβάλλεται προσπάθεια από πολλούς ερευνητές σε διάφορα μέρη του κόσμου να χρησιμοποιήσουν στην σύνθεση των υποστρωμάτων για την ανάπτυξη κηπευτικών και ανθοκομικών υλικά και κυρίως composts φυτών εκτός εδάφους διάφορα οργανικά σε αντικατάσταση ή μείωση του ποσοστού χρήσης της δαπανηρής τύρφης.

Οι Shnanks and Gouin (1984) σε πειράματα τους με υποστρώματα από composts ΛΒΚΛ, πηλώδες έδαφος, τύρφη, αλεσμένο φλοιό κωνοφόρων και περλίτη, για την καλλιέργεια φυτών τριανταφυλλιάς, σε δοχεία από μαύρο πλαστικό, 12 λίτρων το καθένα, βρήκαν πως το υπόστρωμα από compost ΛΒΚΛ, έδαφος και φλοιό κωνοφόρων, στην αναλογία 1/1/1 έδωσε καλά αποτελέσματα.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΣ.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Στο στάδιο αυτό γίνεται η συγκράτηση χονδροκοκκων στερεών (στερεά κομμάτια, πλαστικά, ξύλα, πέτρες, κτλ). Χρησιμοποιούνται σχάρες με διάκενα 5-50 mm. Οι σχάρες αυτές καθαρίζονται αυτόματα ή χειρονακτικά με ειδικές τσουγκράνες.

ΑΜΜΟΣΥΛΕΚΤΗΣ ΛΙΠΟΣΥΛΕΚΤΗΣ

Η αφαίρεση της άμμου και των λιπαρών ουσιών είναι πολύ σοβαρή υπόθεση για τους παρακάτω λόγους.

1. Η άμμος και τα λίπη αν δεν αφαιρεθούν στην προκαταρκτική επεξεργασία συσσωρεύονται σε κάποια στάδια παρακάτω και δημιουργούν προβλήματα.
2. Η άμμος συγκεντρώνεται στις δεξαμενές αερισμού στα αντλιοστάσια (προκαλώντας ζημιά στις αντλίες) και στις μεγαλύτερες μονάδες στους χωνευτές λάσπης.
3. Τα λίπη συγκεντρώνονται στην επιφάνια των δεξαμενών αερισμού και καθίζησης και ευνοούν τη δημιουργία και συντήρηση των *filamentous* με δυσάρεστες συνέπειες, όπως η διόγκωση λάσπης.

3. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Κατόπιν τα λύματα διοχετεύονται σε δεξαμενή επιλογής, όπως ονομάζετε. Η δεξαμενή αυτή χρησιμοποιείται πολύ την τελευταία δεκαετία στα θερμά κλίματα για τον έλεγχο της διόγκωσης λάσπης που οφείλετε στα νηματοειδή βακτήρια *filamentous*. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στον εμπλουτισμό της ανακυκλοφορούμενης λάσπης με τροφή 'ώστε να αναπτυχθεί εγκαίρως η υγιής βιομάζα σε βάρος των νηματοειδών βακτηριδίων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2 τα *filamentous*

αναπτύσσονται περίπου με τον ίδιο ρυθμό σε περιβάλλοντα φτωχά και πλούσια (αντίστοιχα στις θέσεις Α και Β στο διάγραμμα 1)

Μπαίνει σχήμα 2,10 σελ 24

Δεν ισχύει όμως το ίδιο με τη βιομάζα της ενεργοποιημένης λάσπης που αναπτύσσεται πολύ ευκολότερα με επάρκεια τροφής. Όμως η ανακυκλοφορούμενη λάσπη περιέχει υγρό εξαντλημένο σε τροφή και μετά την επαναφορά της στη δεξαμενή αερισμού (συνθήκες έντονης οξυγόνωσης) η βιομάζα δεν βρίσκει αμέσως τροφή για να αναπτυχθεί.

Μέσα στη δεξαμενή επιλογής η ανακυκλοφορούμενη λάσπη αναμιγνύεται με φρέσκα λύματα για 15-20 min και γίνεται ο απαραίτητος εμπλουτισμός της βιομάζας σε τροφή. Έτσι όταν εισαχθεί στη δεξαμενή αερισμού η βιομάζα, αναπτύσσεται με μεγάλους ρυθμούς σε βάρος των *filamentous*. Με τον τρόπο αυτό μειώνετε δραστικά η πιθανότητα διόγκωσης λάσπης

4. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Θεωρείται η «καρδιά» του συστήματος ενεργοποιημένης λάσπης. Στις δεξαμενές αυτές τα λύματα αναμιγνύονται με την ενεργοποιημένη λάσπη που ανακυκλοφορείται από την δεξαμενή καθίζησης ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτούνται με αέρα ή οξυγόνο για τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών. Ο καλός αερισμός του ανάμικτου υγρού εξυπηρετεί δύο σκοπούς

- Την πλήρη ανάμιξη βιομάζας (λάσπης) και τροφής (λυμάτων), ώστε οι μικροοργανισμοί να συναντήσουν τα σωματίδια της τροφής.
- Την εξασφάλιση του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται για την επιβίωση (μεταβολισμό και πολλαπλασιασμό) των μικροοργανισμών. Συνήθως όταν εξασφαλίζετε επαρκές οξυγόνο τότε και η ανάμιξη είναι επαρκής.
- Ο χρόνος παραμονής στον αερισμό μπορεί να είναι από μισή έως 36 ώρες ή και παραπάνω. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την πηγή των λυμάτων (βιομηχανικά, οικιακά, κτλ) όμως αξιοσημείωτο είναι ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος αυτός τόσο καλύτερα χωνεύεται η λάσπη. Επίσης το σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται σαφώς και επηρεάζει το χρόνο παραμονής των λυμάτων στη δεξαμενή αναμονής.

5. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Μετά την δεξαμενή αερισμού το ανάμικτο υγρό οδηγείται στη δεξαμενή καθίζησης. Στη δεξαμενή αυτή παραμένει από 2 έως 4 ώρες και η λάσπη καθιζάνει, αφήνοντας διαυγές το υπερκείμενο υγρό. Οι μικροοργανισμοί συσσωματώνονται σε αποικίες-μεγαλύτερα σωματίδια, με μηχανισμούς βιολογικής συσσωμάτωσης-κροκίδωσης και κατακάθονται στο πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης, συμπαρασύροντας και άλλα αιωρούμενα στέρεα. Τα συσσωματώματα βιομάζας, λυμάτων και αιωρούμενων σωματιδίων αποτελούν την ενεργοποιημένη λάσπη που μετά την συμπύκνωση της ανακυκλοφορείται προς την δεξαμενή αερισμού. Το σύστημα δεξαμενών αερισμού και καθίζησης με τις κύριες γραμμές ροής λυμάτων και ανακυκλοφορίας λάσπης είναι ο βιολογικός αντιδραστήρας. Από το κύκλωμα αυτό σε τακτά χρονικά διαστήματα απομακρύνετε περίσσεια λάσπης.

6. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΖΩΤΟΥ (Νιτροποίηση Απονιτροποίηση)

Δύο πολύ σημαντικές χημικές διεργασίες που γίνονται στο σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα είναι η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση. Η νιτροποίηση μετατρέπει το οργανικό και το αμμωνιακό άζωτο σε NO₂ κατά το πρώτο στάδιο με τη βοήθεια μιας ομάδας βακτηρίων, των *nitrobacter*. Κατόπιν τα νιτρώδη αυτά με την βοήθεια μιας άλλης ομάδας βακτηριδίων των *nitrosomonas*, μετατρέπονται σε NO₃

ΝΑ ΓΡΑΦΟΥΝ ΕΔΩ ΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Με δεδομένη τη νιτροποίηση στα δεδομένα της Μεσογείου, πρέπει να υπάρχει επαρκής αερισμός ώστε να καλύπτετε και η νιτροποίηση. Σε στιγμές όμως που ο αέρας είναι ανεπαρκής τα απονιτροτικά βακτήρια καταναλώνουν το οξυγόνο των νιτρικών ελευθερώνοντας το άζωτο. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στις δεξαμενές καθίζησης.

Σε αυτή την περίπτωση όμως το παραγόμενο μοριακό άζωτο εγκλωβίζεται μέσα στη λάσπη που καθιζάνει και συχνά η λάσπη γίνεται πιο ελαφριά από το υπερκείμενο υγρό και ανεβαίνει στην επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης σαν επιπλέουσα λάσπη. Η επιπλέουσα αυτή λάσπη αν δεν απομακρυνθεί εγκαίρως με ειδικά συστήματα συλλογής, όπως προαναφέραμε, δημιουργεί διάφορα προβλήματα (διαρροή της λάσπης στην εκροή που θολώνει και μυρίζει, δυσοσμία και έντομα στην καθίζηση κτλ)

Για το λόγο αυτό η απονιτροποίηση γίνεται ελεγχόμενα πριν από την εισαγωγή των λυμάτων στην δεξαμενή καθίζησης.

Η ελεγχόμενη απονιτροποίηση συντελεί

- Στην αφαίρεση αζώτου και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της εκροής.
- Στην ελάττωση των απαιτήσεων σε οξυγόνο κατά 10-15%(εξοικονόμηση ενέργειας).
- Στην αποφυγή προβλημάτων επίπλευσης λάσπης στην καθίζηση.

7. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΑΦΗΣ ΧΛΩΡΙΟΥ

Η διαυγές εκροή μετά την καθίζηση οδηγείται στη δεξαμενή επαφής χλωρίου όπου γίνεται απολύμανση με Cl₂. Το ενεργό Cl₂ παρέχεται με μορφή αερίου Cl₂, υγροποιημένο σε οβίδες ή σαν διάλυμα ενώσεων του χλωρίου. Η απολύμανση αυτή επιβάλλεται όταν πρόκειται να διατεθεί η εκροή σε αρδεύσεις καλλιεργειών που έρχονται σε επαφή με τον άνθρωπο. Η χρησιμοποιούμενη δοσολογία είναι 4-8 γρ ενεργού χλωρίου ανά κυβικό μέτρο επεξεργασμένων λυμάτων, με στόχο η εκροή να έχει υπολείμματα χλωρίου σε συγκέντρωση 0,4-0,8 ppm.

Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια η χλωρίωση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι υπό αμφισβήτηση λόγω των χλωροοργανικών ουσιών που σχηματίζονται κατά την χλωρίωση. Έτσι στην περίπτωση διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων σε υδατικό αποδέκτη (θάλασσα, χερσαία ύδατα κτλ) επιβάλλεται η αφαίρεση υπολείμματος χλωρίου (αποχλωρίωση) που γίνεται συνήθως με SO₂.

Σε ορισμένες περιπτώσεις βέβαια χρησιμοποιείται διοξείδιο του χλωρίου (ClO₂) που δεν δημιουργεί χλωροπαράγωγα και είναι ασφαλέστερο. Θεωρείται όμως ακριβότερη σαν λύση.

Παράλληλα έχει χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά, σε ορισμένες περιπτώσεις η απολύμανση με συσκευές υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Η μέθοδος αυτή είναι αναπαράσταση της ηλιακής ακτινοβολίας και δεν παράγει χλωροπαράγωγα. Θεωρείται πολύ καλή μέθοδος, ιδιαίτερα μετά από αμμοδιάλυση, δηλαδή μετά από φιλτράρισμα της εκροής σε αμμοφίλτρα. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής που ίσως αποτρέπει την εφαρμογή της είναι το υψηλό αρχικό κόστος. Όμως το λειτουργικό κόστος είναι συγκρίσιμο με την χλωρίωση. Ιδιαίτερα όταν η εκροή είναι φιλτραρισμένη η μέθοδος αυτή είναι οικονομικότερη της χλωρίωσης. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος παραμονής στις συσκευές UV είναι μόνο μερικά δευτερόλεπτα.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΩΝ

1.ΒΙΟΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

Όταν αερισμός κατά την επεξεργασία των λημμάτων στον βιολογικό αντιδραστήρα είναι παρατεταμένος (16 – 36 Ωρες) Η παραγόμενη λάσπη είναι μικρή σε ποσότητα και θεωρείτε σχετικά βιοσταθεροποιημένη. Πρόσθετη σταθεροποίηση, αν κριθεί αναγκαίο μπορεί να γίνει

- Με προσθετό αερισμό(Αερόβια σταθεροποίηση)
- Σε αποθήκη – σηπτική δεξαμενή (Αναερόβια σταθεροποίηση)
- Με προσθήκη υδρασβέστου (Χημική σταθεροποίηση)

2. ΠΑΧΥΝΣΗ ΛΑΣΠΗΣ

Η βιοσταθεροποιημένη λάσπη οδηγείται στον παχυντή λάσπης. Τα συνήθη χαρακτηριστικά της λάσπης όπως απομακρύνεται από την δεξαμενή καθίζησης είναι

Ειδικό βάρος: 1,015g/cm³
Περιεκτικότητα σε στερεά:

- Πριν τον παχυντή 0,2-1,5%
- Μετά τον παχυντή 2-3%

Οι παχυντές βαρύτητας όπως ονομάζονται είναι συνήθως κυκλικού τύπου ταραχτρο και διευκολύνουν την συμπύκνωση της λάσπης και την συγκέντρωση της σε κωνική χοάνη στο κέντρο του πυθμένα του παχυντή. Η συνηθισμένη φόρτιση στερεών για τους παχυντές είναι 25-35kg/m³ –d (σε περιεχόμενη ξηρή ουσία σαν λάσπη)

3. ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΛΑΣΠΗΣ

Εφαρμόζονται δύο μέθοδοι

- Φυσικές μέθοδοι (κλίνες ξήρανσης)
- Μηχανικές μέθοδοι

Στις μικρές μονάδες εξετάζεται πάντα η δυνατότητα εφαρμογής φυσικών μεθόδων οι οποίες είναι απλές στην λειτουργία, με μικρό κόστος επένδυσης.

Σκοπός της αφυδάτωσης είναι η μείωση του όγκου της λάσπης έτσι ώστε να διευκολύνετε η μεταφορά της. Η τελική υγρασία της αφυδατωμένης λάσπης είναι 70-80%κ.β.

4. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΛΑΣΠΗΣ

Αφορά την βιολογική αποδόμηση της λάσπης μετά από ανάμιξη της, με κατάλληλα διογκωτικά υλικά. Με τον τρόπο αυτό παράγεται συνήθως compost πολύ καλής ποιότητας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

1. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ (ΛΑΣΠΗΣ)

Στην ιλύ έχει διαπιστωθεί ότι απαντούν μεγάλες ποσότητες αφομοιώσιμων θρεπτικών στοιχείων καθώς επίσης και οργανικές ουσίες που έχουν αποδομηθεί σε μικρό βαθμό. Από τα ποσοστά των μακροστοιχείων του πίνακα προκύπτει ότι σε όλους τους τύπους της ιλύος η ποσότητα του P₂O₅ βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με το N. Μάλιστα στις λάσπες που υπέστησαν αφυδάτωση, το P₂O₅ ξεπερνά εμφανώς την ποσότητα του N. Η ιλύς είναι φτωχή σε κάλιο, ενώ οι ποσότητες ασβεστίου βρίσκονται σε τέτοια επίπεδα ώστε με αυτές να επιτυγχάνεται ακόμη και διόρθωση της οξύτητας των υποβαθμισμένων εδαφών.

Πίνακας : Μέση οργανική και ανόργανη σύσταση των βιολογικών λασπών οι οποίες είναι κατάλληλες για γεωργική αξιοποίηση (σύμφωνα με έρευνες της LUFA του Augustenderg και του Κρατικού Σταθμού Γεωργικής Χημείας, Stuttgart – Hohenheim, 1980 - 1984

	Υγρές λάσπες 12% ξηρά ουσία	Εν αποστραγγισμένη 13-30 % ξηρά ουσία.	Αποστραγγισμένες λάσπες 30% ξηρά ουσία
Μακροστοιχεία (ποσοστά στη φρέσκια ουσία)			
Άζωτο N (Kg/m ³)	2,2	5,00	8,50
Φωσφόρος P ₂ O ₅ (Kg/m ³)	2,0	5,60	11,40
Κάλιο K (Kg/m ³)	0,3	0,70	1,20
Ασβέστιο CaO (Kg/m ³)	4,2	16,60	71,00
Μαγνήσιο MgO (Kg/m ³)	0,6	1,90	4,20
Βαρέα μέταλλα (ποσοστό σε ξηρά ουσία)			
Μόλυβδος Pb (mg/Kg)	176,0	188,00	198,00
Κάδμιο Cd (mg/Kg)	4,1	4,20	4,00
Χρώμιο Cr (mg/kg)	73,8	89,20	103,80
Χαλκός Cu (mg/Kg)	343,0	330,00	353,00
Νικέλιο Ni (mg/Kg)	33,6	35,70	36,40
Υδράργυρος Hg (mg/Kg)	2,7	2,80	2,80
Ψευδάργυρος Zn (mg/Kg)	1448,0	1419,00	1249,00

Ανάλογα με τον βαθμό αφυδάτωσης, όπως φαίνεται στον πίνακα, τόσο τα μακροστοιχεία όσο και τα βαρέα μέταλλα, αυξάνονται σημαντικά. Η σημασία της ιλύος ως λίπασμα, οφείλεται κυρίως στον φώσφορο και στο άζωτο που ως γνωστό αποτελούν τα 2 από τα 3 βασικά στοιχεία (μακροστοιχεία) θρέψης που λαμβάνει το φυτό από το έδαφος.

2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Όπως είναι φυσικό, η χημική σύσταση της ιλύος επηρεάζεται σημαντικά από την περιοχή προέλευσης των λυμάτων. Έτσι ανάλογα με την περιοχή αυτή, η ιλύς, μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο περιεκτική σε ορισμένα βαρέα μέταλλα και παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης σημαντικές διαφορές, όσον αφορά την περιεκτικότητα της ιλύος στους παραπάνω παράγοντες, προκύπτουν και από τις εγκαταστάσεις της εκάστοτε μονάδας επεξεργασίας λυμάτων καθώς και από τις ποσότητες λυμάτων που δέχονται οι χώροι αυτοί.

Οι προβληματισμοί που προκύπτουν για την εκμετάλλευση της ιλύος εντοπίζονται κυρίως:

- A. Επίπεδο της μόλυνσης από παθογόνους μικροοργανισμούς
- B. Επίπεδο των ισχυρών τοξικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων
- C. Σταθερότητα του οργανικού κλάσματος της ιλύος

3. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Η ιλύς είναι δυνατόν να περιέχει διάφορους παθογόνους οργανισμούς οι οποίοι αδρανοποιούνται αφενός μεν λόγω του χρόνου και αφετέρου εξαιτίας της επαφής τους με το έδαφος. Μια βιολογική λάσπη είναι υγιείς και απαλλαγμένη από παθογόνους μικροοργανισμούς μόνο όταν έχει υποστεί φυσική ή χημική μεταχείριση (π.χ. ζήρανση, θέρμανση, χημική επεξεργασία με ασβέστιο κλπ) ή μετά από κομποστοποίηση. Με τις παραπάνω διαδικασίες οι παθογόνες εστίες εξουδετερώνονται ή νεκρώνονται.

Έτσι έχει εφαρμοστεί νομικά σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. ότι οι γεωργοί δεν μπορούν να εφαρμόσουν ιλύ βιολογικών καθαρισμών σε λειμώνες και βοσκότοπους εάν αυτή δεν είναι πιστοποιημένη για την απαλλαγή της από παθογόνα.

3.1 ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ – ΜΟΛΥΝΣΕΙΣ

Μερικά από τα κυρίως διαδιδόμενα με το νερό παθογόνα και οι ασθένειες που προκαλούν αναφέρονται στον πίνακα . Πολλά έχουν γίνει ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο το δυναμικό μετάδοσης των παθογόνων μειώνοντας την μολυσματικότητα της ιλύος διαμέσου μιας αποδοτικής διαδικασίας για απομάκρυνση των παθογόνων με λειτουργικούς περιορισμούς στις τεχνικές εφαρμογής και χρησιμοποίησης της γης.

Για το λόγο αυτό η οδηγία της Ε.Ε. για την χρήση της ιλύος στην γεωργία επιτρέπει μόνο κατάλληλα επεξεργασμένες λάσπες να εφαρμοστούν στη γεωργική γη. Ακατέργαστη ιλύς πρέπει να εγχυθεί ή να δουλέψει αμέσως μέσα στο έδαφος εξασφαλίζοντας ένα εμπόδιο για την μόλυνση. Ένας άλλος περιορισμός, δεν επιτρέπει την βοσκή των ζώων για το ελάχιστο διάστημα των 3 εβδομάδων, για να εξασφαλισθεί ότι τα επίπεδα οποιουδήποτε παθογόνου έχουν μειωθεί σε σημαντικό βαθμό πριν τα ζώα εισαχθούν στο χωράφι που έγινε η εφαρμογή της ιλύος.

Οι παραπάνω κανονισμοί εφαρμόζονται στην Αγγλία με βάση το <<The sludge Regulation>>. Ωστόσο υπάρχει αναπόφευκτα ένα στοιχείο κινδύνου για μόλυνση όταν η ίλη εφαρμόζεται στην γεωργική γη, γιατί δεν είναι οικονομικά αλλά ούτε και πρακτικά εφικτό να επιτύχουμε ένα απόλυτο μη επικίνδυνο επίπεδο, παρόλο που μπορεί να είναι τεχνολογικά δυνατόν.

Πίνακας Βακτήρια - Παράσιτα των λυμάτων και ασθένειες που προκαλούν

ΟΜΑΔΑ	ΟΝΟΜΑ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥ	ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗ ΑΣΘΕΝΕΙΑ
ΒΑΚΤΗΡΙΑ	Σαλμονέλα (2000 τύποι) Συγκέλα (4 είδη) Εντεροπαθογόνα Escherichia coli Γερσίνια εντεροκωλητική Καμπυλοβακτηρίδιο Vibrio χολέρας Leptospira	Τυφοειδής, παρατυφοειδής σαλμονέλωση Βακτηριακή δυσεντερία Γαστρεντερίτιδα Γαστρεντερίτιδα Γαστρεντερίτιδα Χολέρα Νόσος του Weil
ΠΡΩΤΟΖΩΑ	Ιστολυτική εντερική αμοιβάδα Giardia lamblia Balantidium Coli κρυπτοσπορίδιο	Αμοιβαδοειδής δυσεντερία, απόστημα ήπατος, αποικιακό έλκος Διάρροια, δισ- απορρόφηση Ήπια διάρροια, αποικιακό έλκος Διάρροια
ΕΛΜΙΝΘΕΣ	Ascaris lumbricoides (στρογγυλό σκουλίκι) Ancylostoma duodenale (εντεροσκώλη) Necator αμερικάνικος (εντεροσκώληξ) Ταινία saginata Τριχιούρις (μαστιγοειδής σκώληξ) Toxocara (στρογγυλό σκουλήκι) Στρογγυλλοειδές (νηματοειδής σκουλήκι)	Ασκαρίαση Αναιμία Αναιμία Ταινίαση Υπογάστριος πόνος, διάρροια Πυρετός , υπογάστριος πόνος Υπογάστριος πόνος, ναυτία, διάρροια

3.2 ΒΑΚΤΗΡΙΑ, ΙΟΙ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΗ ΝΩΠΗ ΛΑΣΠΗ

Παθογενή βακτήρια και ιοί με την μεγαλύτερη σημασία είναι αυτά τα οποία διαδίδονται με τα περιττώματα χωρίς εναλλασσόμενους ξενιστές στον κύκλο διασποράς, από άνθρωπο σε άνθρωπο. Οι επιπτώσεις τους στην νωπή ιλύ μελετήθηκαν από πολλούς ερευνητές Lund (1975), Pahres et al (1977), Burge and Marsh (1978), Carrington (1978), Engelberg (1978).

Από τα παθογενή βακτήρια με σημασία στην εφαρμογή της ιλύος, η Salmonella sp. είναι μεγάλου ενδιαφέροντος στην Αγγλία, αλλά μόνο από την άποψη του κινδύνου για τα ζώα που βόσκουν. Η Leptospirosis είναι μια ασθένεια που μπορεί να προσβάλει όσους δουλεύουν στην γεωργία. Παρόλα αυτά, αναφορές μόλυνσεων, μεταξύ των ανθρώπων που έρχονται σε άμεση επαφή με την λάσπη, είναι σπάνιες. Μεταξύ των ιών και των εντεροϊών, συμβαίνει ευρύτατα στα νερά των αποχετεύσεων ένα μεμονωμένο είδος ιού να μπορεί να δημιουργήσει μια ποικιλία συμπτωμάτων στον άνθρωπο. Ο ιός της Ηπατίτιδας Α ανάμεσα στους εργάτες που εφαρμόζουν λάσπη εμφανίστηκε σε ελάχιστες περιπτώσεις, και όπως διαπιστώθηκε οφειλόταν στην κακή υγιεινή και στα ανεπαρκή μέτρα προστασίας που πάρθηκαν. Επίσης δεν υπάρχουν αναφορές αλλά και στοιχεία ότι ο ιός της Ηπατίτιδας Β μεταφέρεται από μολυσμένα νερά και δεν είναι σημαντικό βιολογικό μόλυσμα της ιλύος.

3.3 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα βαρέα μέταλλα, σαν στοιχεία του περιοδικού συστήματος, ονομάζονται έτσι γιατί έχουν πυκνότητα (d) μεγαλύτερη από 5g/cc

Ομάδα περιοδικού συστήματος	Βαρέα μεταλλα	Πυκνότητα (d)	Ατομικό βάρος
IB	Cu	8,96	63,54
IB	Ag	10,5	107,87
IB	Au	19,3	196,967
IIB	Zn	7,14	65,37
IIB	Cd	3,65	112,4
IIB	Hg	13,6	200,59
IVA	Pb	11,4	207,19
IVA	Sn	7,3	118,69
VIII	Fe	7,86	55,847
VIII	Co	8,9	58,93
VII	Ni	8,9	58,7
VIB	Cr	7,19	5
VIIIB	Mn	7,43	54,938

Τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται στο επιφανειακό έδαφος σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις, σαν συστατικά ανόργανων ή οργανικών ενώσεων και σαν προσροφημένα ιόντα στα κolloειδή του.

Έτσι για παράδειγμα το Cd και ο Hg σε τυπικά εδάφη υπάρχουν σε μικρές ποσότητες ενώ το Ni και ο Pb κυμνούνται από 10-100mg/kg και 16-50 mg/kg αντίστοιχα (πίνακας

Πίνακας: Περιεκτικότητα διαφόρων εδαφών σε βαρέα μέταλλα και ανώτατα όρια ανοχής σε mg/kg ξηρού εδάφους .(De Haan, Wiersma et al 1986, Lutz).

Στοιχεία	Αργιλώδη		Αμμώδη		Γερμανικά		Επιφανειακό έδαφος	Ανεκτά όρια επιφανειακού εδάφους
	1	2	1	2	1	2		
Zn	117	151	44	14	-	-	10-50	300
Cu	23	77	11	2	-	-	5-20	100
Cr	78	69	26	19	-	-	10-50	100
Ni	33	42	5	8	-	-	10-50	50
Pb	43	56	31	17	20	40	0,1-20	100
Cd	0,5	1,1	0,3	0,3	0,21	0,78	0,1-1	5
Hg	0,2	0,1	0,2	0,1	0,11	0,12	0,1-1	5

Οι Chang et al (1984) και ο Barbor (1987) προσδιόρισαν μια συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στο επιφανειακό έδαφος η οποία οφείλονταν στις επανειλημμένες εφαρμογές λάσπης και

compost. Εξάλλου οι Fleisher, Williams and David αναφέρουν επίσης ότι σημαντικές πηγές Cd στο έδαφος είναι τα φωσφορικά λιπάσματα και η Λάσπη Βιολογικών Καθαρισμών Λυμάτων (ΛΒΚΛ).

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η περιεκτικότητα των εδαφών σε βαρέα μέταλλα εξαρτάται από τη γεωλογική τους προέλευση, τη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών, τις συγκεντρώσεις στον αέρα και κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (απόθεση βιομηχανικών αποβλήτων, προσθήκη διαφόρων υλικών όπως ΛΒΚΛ κτλ). Εφόσον υπάρχουν τέτοια στοιχεία στο έδαφος, είναι φυσικό να προσλαμβάνονται από τις ρίζες των φυτών, με την μορφή ιόντων όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία.

Η κατηγορία ότι τα βαρέα μέταλλα είναι τοξικά είναι εσφαλμένη, από τη στιγμή που αρκετά από αυτά είναι απαραίτητα στην διατροφή του ανθρώπου και των ζώων και στην ανάπτυξη των φυτών. Επειδή όμως χρησιμοποιούνται σε πάρα πολύ μικρές ποσότητες, η ελάχιστη αυξημένη συγκέντρωσή τους προκαλεί τοξικά προβλήματα κάνοντας πολλούς να πιστεύουν ότι τα ίδια είναι τοξικά.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση των βαρέων μετάλλων είναι:

- I. Το είδος του φυτού: έχει αποδειχτεί ότι η ικανότητα απορρόφησης διαφέρει μεταξύ των φυτών. Έτσι το ρύζι και το τριφύλλι συγκέντρωσαν μικρές ποσότητες Cd, ενώ το σπανάκι πολύ μεγαλύτερες, όταν καλλιεργήθηκαν στο ίδιο έδαφος (Pendias)
- II. Το ΡΗ: Η διαλυτότητα και η διαθεσιμότητα των περισσότερων βαρέων μετάλλων μειώνεται σε υψηλές τιμές του pH (Dehaan et al 1985, Louchi and Bielecki 1983). Σύμφωνα με τον Lutz, τιμές pH μεγαλύτερες του 6,5 εξασφαλίζουν μια ελάχιστη απορρόφηση.
- III. Η οργανική ουσία και η τιμή της ικανότητας ανταλλαγής ιόντων (CEC)
- IV. Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα
- V. Η προσθήκη ορισμένων χημικών ουσιών που έχουν την ικανότητα να αδρανοποιούν τα βαρέα μέταλλα και έτσι να παρεμποδίζεται η απορρόφηση τους από τα φυτά.
- VI. Περιβατολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός κτλ) Pendias (1985)

Υπερβολική συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στους φυτικούς ιστούς προκαλεί μείωση της απόδοσης της εκάστοτε καλλιέργειας ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει στην τελική καταστροφή τους. Το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται από το είδος του φυτού, την ηλικία του καθώς και από το είδος του βαρέου μετάλλου. Έτσι για διάφορα φυτικά είδη το Ni είναι σημαντικά πιο τοξικό από το Co, το Cu και τον Zn (Louchi και Bielecki 1983).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρασκευή και αξιολόγηση κόμποστ

Η παρασκευή της αναγκαίας ποσότητας κομπόστ για το Πρόγραμμα από την ιλύ του βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου, βασίστηκε στην εμπειρία από προηγούμενα ερευνητικά προγράμματα και στις τελευταίες εξελίξεις, διεθνώς, επί του αντικειμένου. Ταυτόχρονα δόθηκε η ευκαιρία να δοκιμαστούν και διάφορες παράμετροι ή επεμβάσεις, όπως είναι η αναλογία της ιλύος προς τα διογκωτικά υλικά, οι διάφορες κατηγορίες διογκωτικών υλικών, οι μεταβολές της υγρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, ο αριθμός των αναγκαίων αναστροφών, η προκαλούμενη δυσσομία κ.λ.π. Αποτέλεσμα αυτών των διερευνητικών προσεγγίσεων είναι οι προτάσεις – οδηγίες που διατυπώνονται στο τέλος της παρούσας έκθεσης, με τις οποίες είναι δυνατόν να παρασκευαστεί με ασφάλεια η εκάστοτε επιθυμητή ποιότητα κόμποστ, με την κομποστοποίηση των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν ή παρόμοιων τους, χωρίς την πρόκληση περιβαλλοντικών προβλημάτων κατά το στάδιο της επεξεργασίας τους. Το τελευταίο θεωρείται ως ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένου ότι θα είναι δυνατόν αυτή η επεξεργασία να γίνεται μέσα στο χώρο των ΔΕΥΑ, χωρίς πρόσθετες δαπάνες μεταφοράς της ιλύος.

Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ

Η αγρονομική αξιολόγηση των κόμποστ που παρασκευάστηκαν βασίστηκε στον εργαστηριακό προσδιορισμό ορισμένων βασικής σημασίας φυσικοχημικών παραμέτρων τους, και στην ανάπτυξη σποροφύτων διαφόρων λαχανοκομικών φυτών σε υποστρώματα με τη συμμετοχή σ'αυτά και των κόμποστ. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά και η αξιοποίηση, στον αγροτικό τομέα, των κόμποστ που παράχθηκαν κρίνεται ως δυνατή και αποτελεσματική.

Περιγραφή Πειράματος – υλικά και μέθοδοι

Η παραγωγή του κομπόστ και η όλη διαδικασία παραγωγής και αξιολόγησης του, έγινε στον χώρο του αγροκτήματος του ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας και την επίβλεψη του πειράματος την είχε το εργαστήριο Υποστρωμάτων με υπεύθυνο τον Καθ. κ. Μανιό Βασίλειο.

Για την δουλειά αυτήν εργάστηκαν τα παρακάτω άτομα :

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Τ.Ε.Ι.

Επιστημονικός Υπεύθυνος και Συντονιστής:

Δρ. Βασίλης Μανιός, Γεωπόνος, Ειδικός στην Κομποστοποίηση,
Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Κρήτης

Κώστας Μανιαδάκης, Τεχνολόγος Γεωπονίας και έκτακτος Εργαστηριακός Συνεργάτης του Τ.Ε.Ι.
Κρήτης

Σπουδαστές για πτυχιακή εργασία:

- ♦ **Μιχάλης Λαμπράκης**
- ♦ **Αντώνης Μαρκάκης**
- ♦ **Νικόλαος Σπανάκης**

Επίσης εργάστηκαν το τεχνικό προσωπικό του αγροκτήματος λειτουργώντας τα μηχανήματα που χρειάζονταν για τον σκοπό της κομποστοποίησης όπως για παράδειγμα γεωργικοί ελκυστήρες.

Η τοποθέτηση των πρώτων υλών και οι διεργασίες που έλαβαν χώρα για την διαδικασία της κομποστοποίησης έγιναν πάνω σε τάρτασα από μπετόν που ρίχτηκε για τον σκοπό αυτό μεγέθους @@@@ . φαίνεται παρακάτω.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την διαδικασία της κομποστοποίησης και την παραγωγή του κόμποστ ήταν:

- Γεωργικοί Ελκυστήρες (τρακτερ), ιδιοκτησίας ΤΕΙ.
- Αναστροφέας , ιδιοκτησίας ΔΕΥΑΗ
- Θρυμματιστής – μύλος , ιδιοκτησίας ΔΕΥΑΗ
- Το δίκτυο ύδρευσης του αγροκτήματος
- Φορητά αυτοκίνητα

- Τσαπάκι και τρακτέρ με Φαγάνα μπροστά

Σε όλη την διάρκεια της διαδικασίας παίρνονταν οι Θερμοκρασίες του σωρού – σειραδίου από διάφορα βάθη 20 – 40 – 60 cm περίπου και τα αποτελέσματα αυτά ήταν κριτήριο για το εάν ο σωρός χρειαζόταν αναστροφή – γύρισμα ή όχι. Αν η θερμοκρασία ήταν σχεδόν ίδια ή χαμηλή στα διάφορα βάθη από όπου μετριόταν τότε σήμαινε ότι οι μικροοργανισμοί είχαν σταματήσει να δουλεύουν και χρειαζόταν επείγοντως γύρισμα.

Κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, σε κάθε γύρισμα λαμβάνονταν όσον το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα (τόσο από όλο το μήκος του σειραδίου όσο και από διάφορα βάθη αυτού) και γινόντουσαν αναλύσεις για την παρακολούθησή του έτσι ώστε να μπορούμε να επέμβουμε εάν κάτι δεν πήγαινε καλά κατά την διάρκεια της διαδικασίας αυτής.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις οι οποίες γινόντουσαν σε κάθε τέτοιο δείγμα που λαμβανόταν σε κάθε γύρισμα από τους σπουδαστές της πτυχιακής αυτής εργασίας ήταν:

- Μέτρηση Υγρασίας: πριν το γύρισμα από 3 βάθη 20-40-60 cm και μετά το γύρισμα στο αντιπροσωπευτικό δείγμα.
- Μέτρηση pH με την μέθοδο στο δείγμα μετά από το γύρισμα.
- Μέτρηση EC ηλεκτρικής αγωγιμότητας.
- Μέτρηση άνθρακα C και οργανικής ουσίας.

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τις παραπάνω μετρήσεις ήταν ιδιοκτησίας του εργαστηρίου υποστρωμάτων και χρησιμοποιήθηκαν από τους σπουδαστές της πτυχιακής άσκησης αυτής για την παραγωγή των αποτελεσμάτων.

Συσκευές :

- **Ψηφιακό Μεταλλικό Ηλεκτρικό Θερμόμετρο** με τον αισθητήρα στην άκρη μιας μεταλλικής ράβδου για να μπορεί να λαμβάνει την θερμοκρασία από πολλά βάθη του σωρού και άμεσα καρφώνοντάς το στο βάθος το οποίο θέλουμε και αφήνοντάς το για λίγο μέχρι να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία που μας δείχνει η οθόνη της συσκευής αυτής.
- **Πυριαντήριο:** Συσκευή όπου τοποθετούνται δείγματα στους 105 βαθμούς κελσίου για κάποιο χρονικό διάστημα 24 ή 48 ώρες έτσι ώστε να φύγει όλη η υγρασία τους.

- **P_H-μετρο.** Συσκευή μέτρησης p_H διαλύματος. Βάζοντας το ηλεκτρόδιο με το θερμόμετρο στο αναδευμένο(όσο το δυνατόν πιο ομογενοποιημένο) διάλυμα που θέλουμε να κάνουμε την μέτρηση που περιμένοντας λίγο μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο (μπιπ – μπιπ) για να πάρουμε την ένδειξη από την ψηφιακή οθόνη του μηχανήματος. Η συσκευή χρειάζεται: 1.Καλιμπράρισμα (ρύθμιση) από διαλύματα με γνωστό p_H (4 – 7 – 10) και 2. ζέσταμα του ηλεκτροδίου για ακριβείς σωστές ενδείξεις .
- **Ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο.** Συσκευή μέτρησης EC του ίδιου διαλύματος που μετρήθηκε το p_H. Επίσης τοποθέτηση του ηλεκτροδίου στο διάλυμα μαζί με το θερμόμετρο της συσκευής και με ελαφριά ανάδευση του διαλύματος περιμένουμε την ένδειξη της συσκευής να σταθεροποιηθεί σε κάποιον αριθμό-ένδειξη και να καταγραφεί. Κατόπιν η ένδειξη της EC διορθώνεται με βάση την θερμοκρασία που έχει το διάλυμα και με πίνακα που υπάρχει για την διόρθωση αυτή. Η συσκευή χρειάζεται ρύθμιση στην αρχή με το που την ανοίγουμε και ηρεμία κατόπιν για κάμπωση ώρα έτσι ώστε να ζεσταθεί το ηλεκτρόδιο της .
- **Φούρνος** στον οποίο μπαίνουν δείγματα προς ανάλυση και καίγονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 600 βαθμών κελσίου για την μέτρηση του C άνθρακα και της οργανικής ουσίας.
- **Αναλυτικός ζυγός** υψηλής ακριβείας (0,000γρ) και απλός ζυγός ακριβείας (0.0γρ) για τον προσδιορισμό του βάρους των δειγμάτων προς ανάλυση.
- **Ηλεκτρονικός υπολογιστής** για την βοήθεια επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων.

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για τις εργαστηριακές αναλύσεις, τόσο των ενδιάμεσων δειγμάτων όσο και των τελικών κόμποστ, είναι οι ακόλουθες:

- ♦ **Υγρασία %**, σε υγρή βάση, στους 105° C

ΠΑΙΡΝΕΤΑΙ ΜΙΚΡΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ Η ΟΠΟΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ ΣΕ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΨΑ ΑΠΟ ΠΟΡΣΕΛΑΝΗ ΚΑΙ ΖΥΓΙΖΕΤΑΙ ΒΔΑ (ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΚΑ). ΚΑΤΟΠΙΝ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΦΟΥΡΝΟ ΓΙΑ 48 ΩΡΕΣ ΕΤΣΙ ΩΣΤΕ ΝΑ ΧΑΣΕΙ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΙΤΑ ΖΥΓΙΖΕΤΑΙ ΞΑΝΑ ΒΔΤ (ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΕΛΙΚΑ). Η ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΔΑ – ΒΔΤ ΜΑΣ ΔΙΔΕΙ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ. ΚΑΤΟΠΙΝ ΜΕ ΑΠΛΗ ΜΕΘΟΔΟ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ

Η %ΚΒ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ. ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ %ΚΒ ΞΗΡΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΑΦΑΙΡΟΥΜΕ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΒΡΙΣΚΟΥΜΕ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΔΑ – ΒΔΤ ΜΕ ΤΟ ΒΔΑ ΚΑΙ ΒΡΙΣΚΟΥΜΕ ΤΗΝ ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ ΣΕ ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΤΟ ΑΡΧΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΒΔΑ ΒΑΡΟΥΣ. ΚΑΤΟΠΙΝ ΜΕ ΑΠΛΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ ΟΜΟΙΩΣ Η % ΚΒ ΞΗΡΗΣ ΟΥΣΙΑΣ.

- ♦ **pH**, σε υδατικό εκχύλισμα με τη μέθοδο 1:1,5 κατ'όγκο.

Ποσότητα δείγματος περίπου 0,5Kg αναπλάθεται με αρκετή ποσότητα απιονισμένου νερού μέχρι το δείγμα να έρθει στο ρώγο του (εμπειρικά αν μέσα στο δοχείο όπου αναπλάθεται το δείγμα ανασηκωθεί από την μια πλευρά και τρέξει τότε από το δείγμα μια σταγόνα τότε είναι έτοιμο να μπει στους πλαστικούς ανοικτούς κυλίνδρους) . Έπειτα μεταφέρεται στους ειδικούς πλαστικούς ανοικτούς κυλίνδρους οι οποίοι είναι τοποθετημένοι, ο ένας πάνω στον άλλο, αρκετή ποσότητα ώστε να γεμίσουν χωρίς όμως να ασκηθεί πίεση στο μείγμα. Οι πλαστικοί αυτοί κύλινδροι είναι μέρος μιας συσκευής που ονομάζεται @@@@ και χρησιμοποιείται για την παραγωγή υγρού διαλύματος από το υπόστρωμα προς ανάλυση .

Κατόπιν τοποθετείται ο κύλινδρος από χυτοσίδηρο της συσκευής αυτής συγκεκριμένων διαστάσεων και βάρους ώστε να εξασκηθεί η συγκεκριμένη πίεση στο μείγμα για ένα λεπτό περίπου. Μετά αφαιρείται ο επάνω πλαστικός κύλινδρος μαζί με το μείγμα που περιέχει με ένα μαχαίρι από εκεί που χωρίζονται οι δύο κύλινδροι, προσεκτικά να μην ασκηθεί παραπάνω πίεση και το μείγμα του κάτω κυλίνδρου (που είναι σε διαστάσεις (ύψος) πιο μικρός από τον πάνω τοποθετείται σε ποτήρι το οποίο περιέχει 120ml απιονισμένου νερού. Ομογενοποιείται το μείγμα και αφήνεται σε ηρεμία για δύο ώρες. Μετά τοποθετείται σε χωνί και αφήνεται να αποστραγκισεί για 24 ώρες.

Τελικά στο υγρό που έχει αποστραγγίσει, αφού αναδευτεί καλά (με μαγνητικό αναδευτήρα),μετριέται το pH την ειδική συσκευή (πεχάμετρο).

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

Αμέσως μετά την μέτρηση του pH και την καταγραφή της ένδειξης που δίνει η συσκευή του ρημετρου το διάλυμα τοποθετήτε στην συσκευή του αγωγιμομέτρου. Με μικρή ανάδευση και αφού πρώτα το όργανο έχει ζεσταθεί (ηλεκτρόδιο) και ρυθμιστή περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη και με αναγωγή από τον πίνακα διόρθωσης του αποτελέσματος με βάση την θερμοκρασία καταγράφουμε την EC του διαλύματος.

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

Το πείραμα αυτό είναι απλό και χρησιμοποιείται ο ζυγός υψηλής ακριβείας.

Σε ειδικά πορσελάνινα καψάκια τοποθετείται αλεσμένο δείγμα κόμπποστ από τα διάφορα γυρίσματα που έχουν γίνει. Αυτή η σκόνη (αλεσμένο κόμπποστ) φυλάσσεται σε ειδικά πλαστικά που κλίνουν καλά. Στα καψάκια τοποθετείται δείγμα βάρους περίπου 2,000 γραμμαρίων ενώ μετράται και το βάρος (απόβαρο) της πορσελάνινης κάψας. Κατόπιν ζυγίζεται το βάρος κάψας με το δείγμα του κόμπποστ μέσα (μεικτό βάρος) και το καψάκι τοποθετείται στον φούρνο των 600°C . Σε κάθε αλεσμένο δείγμα κάνουμε 2 επαναλήψεις στον φούρνο και τοποθετούμε και μια πορσελάνινη κάψα στο πυριαντήριο (105°C) για τον υπολογισμό της υγρασίας του δείγματος, που μας είναι απαραίτητο για τον προσδιορισμό του C άνθρακα και οργανικής ουσίας. Μετά από της 16 ώρες στον φούρνο τα καψάκια βγαίνουν και τοποθετούνται σε πλαστικό δοχείο στο οποίο υπάρχει υλικό που κρατάει την υγρασία έτσι ώστε τα δείγματα μας να μην πάρουν ή να δεσμεύσουν όσον το δυνατόν λιγότερη υγρασία από το περιβάλλον κατά την διάρκεια της μεταφοράς τους στον αναλυτικό ζυγό υψηλής ακριβείας έτσι ώστε να μετρήσουμε το πραγματικό βάρος της ξηρής ουσίας – τέφρας και όχι και κάποιας υγρασίας που ίσως δεσμεύσει και μας αλλιώσει το τελικό αποτέλεσμα.

Επίσης βγάζουμε τα δείγματα από το πυριαντήριο και υπολογίζουμε με τον γνωστό τρόπο προσδιορισμού την υγρασία του δείγματος.

uuuuuππππππποoooo@@@@@λογισμοι και EXEL.

- ♦ **Ολικό N%**, με τη συσκευή mikrokjeldahl (χώννευση και απόσταξη).
- ♦ **Σχέση C/N.**
- ♦ **NO₃-N**, με ειδικό ηλεκτρόδιο και τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων 0,1M KNO₃, 1000 ppm NO₃ – και I.S.A. (Ionic Stength Adjustor) με βάση τη σχέση ppm NO₃ – N: ppm NO₃/4,4.

- ♦ Τα μακροστοιχεία **Ca, Mg, P**, προσδιορίστηκαν με ατομική απορρόφηση, ενώ το **K** και **Na** με φλωγοφωτόμετρο.
- ♦ Η **κοκκομετρική κατανομή** του μεγέθους των τεμαχιδίων των τελικών κόμποστ, προσδιορίστηκε, μετά την ωρίμανση και έγινε με εδαφολογικά κόσκινα των 31,55 – 19,0 – 10,0 – 6,3 – 2,0 – και 1,0mm.
- ♦ Τα **ιχνοστοιχεία (βαρειά μέταλλα) Mn, Zn, Fe, Cu**, προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης.

Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών , υγρασίας , pH , EC , Άνθρακα και Οργανικής ουσίας του κόμποστ καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν από τους σπουδαστές αυτής της πτυχιακής ενώ οι υπόλοιπες έγιναν από άλλους συντελεστές του πειράματος.

Πρώτες ύλες και χαρακτηριστικά τους:

Πρώτες ύλες

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του προγράμματος ήταν οι ακόλουθες:

- ♦ **Ιλύς του βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου.** Η ιλύς αυτή ήταν ενεργός και είχε υποστεί αναερόβιο χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου. Δεν έγινε καμιά άλλη επέμβαση πριν την χρησιμοποίησή της.
- ♦ **Κλαδοκάθαρα Δήμου Ηρακλείου.** Τα κλαδοκάθαρα αυτά προέρχονταν από τους θάμνους και τα δένδρα των πάρκων και των δενδροστοιχιών του Δήμου Ηρακλείου και πριν από τη χρησιμοποίησή τους θρυμματίστηκαν με τον θρυμματιστή του προγράμματος.(εικ.2.1.1)
- ♦ **Ροκανίδια λευκής ξυλείας.** Τα ροκανίδια που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από ξυλουργικά εργοστάσια του Ηρακλείου και δεν έγινε σ'αυτά καμιά πρόσθετη επέμβαση.

Στους παρακάτω Πίνακες , παρουσιάζεται η κοκκομετρική κατανομή, κατ'όγκον και κατά βάρος των κλαδοκάθαρων, μετά το θρυμματισμό τους, και των ροκανιδιών ως είχαν, χωρίς καμιά πρόσθετη επέμβαση.

Πίνακας : Κοκκομετρική κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων θρυμματισμένων κλαδοκάθαρων

Υγρασία: 10,2 %, **Όγκος δείγματος:** 500 cm³, **Βάρος δείγματος:** 114,8gr, **Ειδικό βάρος:** 0,229 g/cm³

Κλάσματα σε mm	ΌΓΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
	Μl	%	Gr	%
Κλ>31,55	0	0	0	0
31,55>Κλ>19,00	10	1,72	2,8	2,43
19,00>Κλ>10,00	80	13,77	12,2	10,63
10,00>Κλ> 6,30	210	36,15	31,6	27,53
6,30>Κλ> 2,00	250	43,02	61,1	53,22
2,00>Κλ> 1,00	30	5,17	6,6	5,75
Κλ< 1,00	1	0,17	0,5	0,44
Σύνολον	581	100,0	114,8	100,0
Κλάσμα<10,00mm		84,51%		86,94%
Κλάσμα< 2,00mm		5,34%		6,19%

Μεταβολή όγκου δείγματος με το κοσκίνισμα

ΑΡΧΙΚΟ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ	%
500 cm ³	581 cm ³	16,2

Πίνακας : Κοκκομετρική κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων από ροκανίδια ξύλου

Υγρασία:6,3 %, **Όγκος δείγματος:** 500 cm³, **Βάρος δείγματος:** 29,9 gr, **Ειδικό βάρος:** 0,06g/cm³

Κλάσματα σε mm	ΌΓΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
	ml	%	Gr	%
Κλ>31,55	0	0	0	0

31,55>Κλ>19,00	0	0	0	0
19,00>Κλ>10,00	280	50,82	6,6	43,14
10,00>Κλ> 6,30	200	36,30	5,7	37,25
6,30>Κλ> 2,00	70	12,70	2,8	18,30
2,00>Κλ> 1,00	1	0,18	0,2	1,31
Κλ< 1,00	0	0	0	0
Σύνολον	551	100,0	15,3	100,0
Κλάσμα<10,00mm	49,18%		56,86%	
Κλάσμα< 2,00mm	0,18%		1,31%	

Μεταβολή όγκου δείγματος με το κοσκίνισμα

ΑΡΧΙΚΟ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ	%
500 cm ³	551 cm ³	10,2

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία των προηγούμενων Πινάκων το μεγαλύτερο μέρος (90% και άνω) του όγκου των τεμαχιδίων έχουν μέγεθος μεταξύ των 2 και 19 mm. Η υγρασία επίσης αυτών των δειγμάτων είναι πολύ χαμηλή.

Τα στοιχεία αυτά και ιδιαίτερα η υγρασία, είναι απαραίτητα για την ορθή προετοιμασία των μειγμάτων κομποστοποίησης και επιβάλλεται σε κάθε περίπτωση ο προσδιορισμός της, προκειμένου να αποφασιστεί η προσθήκη ή όχι νερού κατά την εγκατάσταση των σειραδίων.

Σημειώνεται ακόμη ότι, κατά την κλασμάτωση των διογκωτικών υλικών για τον προσδιορισμό της κοκκομετρίας τους, το άθροισμα των όγκων των επιμέρους κλασμάτων παρουσιάζεται σημαντικά αυξημένο ως προς τον αρχικό ολικό όγκο του δείγματος. Αυτό φυσικά οφείλεται στην ογκομέτρηση και μικρών τεμαχιδίων που στον αρχικό ολικό όγκο του δείγματος βρίσκονται μέσα στους πόρους των μεγάλων τεμαχιδίων.

Πίνακας Βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ιλύος και υπολοίπων πρώτων υλών.*

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PH	E.C. (MS/CM)	ΟΛΙΚΟΣ C (%)	ΟΛΙΚΟ N (%)	ΣΧΕΣΗ C/N	ΣΤΕΡΕΑ ΠΤΗΤΙΚΑ(%)
Ιλύς βιολογικού καθαρισμού	75,9	8,19	1,16	32,63	3,66	8,91	58,73
Ροκανίδια	6,3	6,40	0,23	50,69	0,65	77,98	91,24
κλαδοκάθαρα	12,1	7,02	0,75	48,43	1,45	33,40	87,17

Σ' αυτόν τον πίνακα παρουσιάζονται τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

- ◆ Η αυξημένη **υγρασία** της ιλύος και η χαμηλή υγρασία των διογκωτικών υλικών, δίδουν τη δυνατότητα για την παρασκευή μειγμάτων που η υγρασία τους να μπορεί να κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα για την κομποστοποίηση, που είναι γύρω στο 60%, σε υγρή βάση, χωρίς την προσθήκη νερού. Αυτό όμως θα πρέπει να ελέγχεται σε κάθε διαφοροποίηση της αναλογίας της ιλύος προς τα διογκωτικά υλικά και βάσει αυτού να αποφασίζεται η προσθήκη ή όχι νερού κατά την εγκατάσταση των σειραδίων.
- ◆ Το **pH** όλων των πρώτων υλών κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα (όχι απαγορευτικά για την έναρξη της κομποστοποίησης) και ως εκ τούτου δεν απαιτείται καμιά διορθωτική παρέμβαση.
- ◆ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) όλων των πρώτων υλών, κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και ως εκ τούτου και στα τελικά κόμποστ των μειγμάτων τους η E.C. δεν μπορεί να διαμορφωθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα.
- ◆ Η περιεκτικότητα των πρώτων υλών σε C και N και η μεταξύ τους σχέση, δίδουν το περιθώριο στη διαμόρφωση μειγμάτων κομποστοποίησης με τη σχέση C/N να κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα δηλαδή γύρω ή κάτω του 30/1.
- ◆ Η περιεκτικότητα των πρώτων υλών σε στερεά πτητικά (οργανική ουσία) κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα και προδικάζει την παρασκευή κόμποστ με καλά αγρονομικά χαρακτηριστικά.

Για την παραγωγή των σποριόφυτων και την αξιολόγηση του κόμπποστ που παράχθηκε χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

1. μικρά πλαστικά γλαστράκια με δίσκους (χωρητικότητας 5 γλαστρών) στους οποίους βάζαμε τα γλαστράκια και τα ποτίζαμε γεμίζοντας τους δίσκους αυτούς με νερό (300 ml περίπου) και με την βοήθεια του τριχοειδούς φαινομένου από τις τρύπες που είχαν οι γλάστρες στην βάση τους γινόταν το πότισμα.
2. Δίχτυ για την ελαφρά σκίαση των σποριόφυτων διότι η περίοδος του πειράματος ήταν καλοκαιρινή και χρειαζόταν μέσα στο θερμοκήπιο για την προστασία των σποριόφυτων.
3. Τραπέζια στα οποία βρίσκονταν οι γλάστρες για ευκολία των εργασιών από τους ανθρώπους και προστασία από διάφορους κινδύνους που μπορεί να είχαν στο έδαφος (π.χ. κάποιο τρωκτικό ή ζώο να τα σπάσει)
4. Ποτιστήριο ή λάστιχο με χαμηλή ροή νερού για το πότισμα (γέμισμα των δίσκων με νερό) των φυτών.
5. Τριβλία για την προβλάστηση των σπόρων.
6. Υδατοδιαλυτό Λίπασμα 12-12-17-2 που η εφαρμογή του έγινε στα ποτίσματα δυο εκ των 6 υποστρωμάτων.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των υποστρωμάτων ήταν τρία (3). Άμμος, Ξανθιά τύρφη και το κομπόστ που αξιολογείται στις διάφορες αναλογίες. Το κομπόστ που έγινε η αξιολόγηση ήταν αυτό του πρώτου σωρού, δηλαδή της υλής με κλαδοκάθαρα του δήμου σε αναλογία 1:2. Το κομπόστ πέρασε από κόσκινο πριν την εφαρμογή του στο υπόστρωμα για να φύγουν τα χονδρόκοκκα τεμαχίδια που είναι ανεπιθύμητα στο συγκεκριμένο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των σποριόφυτων. Το λίπασμα εφαρμόσθηκε σε δυο τύπους υποστρωμάτων από τα 6 που παρασκευάσθηκαν για την αξιολόγηση (στο μάρτυρα και στην αναλογία 15% κόμπποστ). Αναφέρεται παρακάτω.

Μεθοδολογία και μέσα κομποστοποίησης.

Για την κομποστοποίηση των μειγμάτων της ιλύος με τα διογκωτικά οργανικά υλικά που περιγράφηκαν προηγουμένως, εφαρμόστηκε η μέθοδος των αναστρεφόμενων σειραδίων. Οι διαστάσεις της τριγωνικής διατομής των σειραδίων ήταν:

Βάση: 2,5m (περίπου)

Υψος: 1,0m (περίπου)

Η εγκατάσταση των πειραματικών – πιλοτικών σειραδίων έγινε πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένη πίστα από μπετόν και το μήκος τους ήταν γύρω στα 25m. Ταυτόχρονα όμως με την ίδια σύνθεση και την ίδια μεταχείριση εγκαθίσταντο, πάνω σε πίστα από συμπιεσμένο έδαφος, μεγάλα σειράδια για την παραγωγή της αναγκαίας ποσότητας κόμποστ. Η αναστροφή των σειραδίων γινόταν με τον αναστροφέα του προγράμματος, ρυμουλκούμενο από τρακτέρ.

Τα κριτήρια για την εφαρμογή των αναστροφών των σειραδίων ήταν η εμφάνιση δυσσομίας (κυρίως κατά τις πρώτες ημέρες) και η πτώση της θερμοκρασίας κομποστοποίησης στο εσωτερικό του σειραδίου. Τα δυο αυτά κριτήρια – προβλήματα, αποτελούν απόδειξη επικράτησης αναερόβιων συνθηκών και αντιμετωπίζονταν και τα δυο με την αναστροφή των σειραδίων και την παροχή επομένως οξυγόνου. Κατά την πραγματοποίηση των αναστροφών και εφόσον η υγρασία των σειραδίων είχε μειωθεί, κάτω του επιθυμητού ορίου, προστίθετο νερό υπό μορφή ψεκασμού, με τη βοήθεια αντλητικού συγκροτήματος που είχε συνδεθεί με κατάλληλη διαμόρφωση στον αναστροφέα, όπως επίσης και με λάστιχο συνδεδεμένο στο υδρευτικό δίκτυο του ΤΕΙ κρατώντας το από άνθρωπο και ρίχνοντάς το μέσα στο σημείο-πυρήνα, που γινόταν η αναστροφή.

Η θερμοκρασία κομποστοποίησης καταγράφονταν σε ημερήσια βάση με το ηλεκτρονικό θερμόμετρο, σε διάφορα βάθη του σειραδίου, ενώ για την εκτίμηση της δυσσομίας καταγράφονταν η απόσταση (μέτρα) από το σειράδιο που γινόταν αντιληπτή η δυσσομία.

Αξίζει να αναφεθεί, ότι κατά τις πρώτες ημέρες εγκατάστασης των σωρών εξαιτίας της αυξημένης δυσσομίας, παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση του πλυθισμού των μυγών. Για τον λόγο αυτό, έγινε εφαρμογή εντομοκτόνου με ψεκασμό (K-Otrine 2.5WP).

Αμέσως μετά από κάθε γύρισμα γινόταν λήψη αντιπροσωπευτικού δείματος, για την εργαστηριακή εκτίμηση των μεταβολών βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των κομποστοποιούμενων

υλικών (μειγμάτων), από αναστροφή σε αναστροφή και τον έλεγχο επομένως της πορείας της κομποστοποίησης.

Η ταχεία φάση της κομποστοποίησης εθεωρείτο ότι είχε ολοκληρωθεί όταν μετά από αναστροφή του σειραδίου η θερμοκρασία διαμορφωνόταν περίπου στο επίπεδο της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος ή ελαφρώς υψηλότερη.

Μετά την ολοκλήρωση της ταχείας φάσης της κομποστοποίησης το σειράδιο αφηνόταν σε ηρεμία, για 45-60 ημέρες, για ωρίμανση.

Μετά την ωρίμανση γινόταν η λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος κόμποστ για την εργαστηριακή αξιολόγησή του.

2.2. Πειραματικές – Πιλοτικές κομποστοποιήσεις

Τα στοιχεία των πειραματικών – πιλοτικών κομποστοποιήσεων που πραγματοποιήθηκαν, εμφανίζονται στους Πίνακες 2.4.1. και 2.4.2. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία αυτά οι αναλογίες της ιλύος προς τα διογκωτικά, που εφαρμόστηκαν, ήταν στην αναλογία περίπου 1:2 κατόγκον. Οι λόγοι επιλογής αυτής της αναλογίας, με την αυξημένη προσθήκη διογκωτικών, ήταν δύο. Ο πρώτος ήταν η παρεμπόδιση της γρήγορης επικράτησης αναερόβιων συνθηκών και επομένως η αποφυγή της πρόκλησης δυσοσμίας και η γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας και επομένως η ανάγκη συχνών αναστροφών και ο δεύτερος η βελτίωση της ποιότητας των κόμποστ για γεωργική χρήση. Αυτονόητο είναι ότι αυτά τα χονδρόκοκκα τεμαχίδια του κόμποστ, όταν αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή υποστρωμάτων ανάπτυξης φυτών απομακρύνονται με κοσκίνισμα.

Ακόμη, όπως προκύπτει από τα στοιχεία των παρακάτω Πινάκων, η υγρασία των μειγμάτων που έγιναν ήταν κοντά στα επιθυμητά επίπεδα (60%) και δεν χρειάστηκε η προσθήκη νερού,

κατά την εγκατάσταση των σειραδίων, όπως αυτό σημειώθηκε και στην περιγραφή των πρώτων υλών, ότι ήταν αναμενόμενο.

Σημειώνεται ακόμη ο σημαντικά μικρότερος όγκος του μείγματος, σε σχέση με το άθροισμα του όγκου των πρώτων υλών, γεγονός το οποίο φυσικά οφείλεται στην πλήρωση με ιλύ των μεγάλων πόρων που σχηματίζονται μεταξύ των τεμαχιδίων των κλαδοκάθαρων, ή γενικά των διογκωτικών υλικών.

Κρίνεται ακόμη αναγκαίο να σημειωθεί ότι ο όγκος και το βάρος των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν, στα πειραματικά – πιλοτικά σειράδια προέκυψαν υπολογιστικά με βάση το βάρος ενός συγκεκριμένου όγκου από αυτά και του όγκου που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε σειράδιο. Είναι επομένως δικαιολογημένη η μικρή απόκλιση ως προς το ειδικό βάρος που παρουσιάζεται σ' αυτούς του Πίνακες και του εργαστηριακού προσδιορισμού που παρουσιάζεται στους Πίνακες 2.1.1. και 2.1.2.

Πίνακας 2.4.1.: Στοιχεία πρώτου σειραδίου από ιλύ και θρυμματισμένα κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκον.

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΜΕΙΓΜΑ	ΟΓΚΟΣ (M³)	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ (KG)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (KG/L)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ (KG)
1. Ιλύ βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου	15,0	13.500	0,900	75,9	3.253,5
2. Κλαδοκάθαρα Δήμου Ηρακλείου	33,6	10.460	0,311	35,0	6.799
3. Μείγμα πριν την έναρξη της κομποστοποίησης	34,5	23.960	0,694	58,04	10.052,5

Πίνακας 2.4.2.: Στοιχεία δευτέρου σειραδίου από ιλύ, θρυμματισμένα κλαδοκάθαρα και ροκανίδια ξύλου στην αναλογία 1 : 1 : 1 κατ' όγκον.

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΜΕΙΓΜΑ	ΟΓΚΟΣ (M³)	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ (KG)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (KG/L)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ (KG)
1. Ιλύς βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου	16,8	15.120	0,900	75,9	3.643,92
2. Κλαδοκάθαρα Δήμου Ηρακλείου	16,8	5.230	0,311	12,1	4.597,17
3. Ροκανίδια ξύλου	16,8	1008	0,060	6,3	944,49
4. Μείγμα πριν την έναρξη της κομποστοποίησης	29,2	21.358	0,731	56,99	9.185,58

2.5. Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ

Η αγρονομική αξιολόγηση των κόμποστ βασίζεται πάντα στην Εργαστηριακή Αξιολόγηση και στην Αξιολόγηση Εφαρμογής.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η Εργαστηριακή αξιολόγηση έγινε με τον προσδιορισμό των βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ώριμων compost και με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο (να βρω πιο παραπάνω).

Για την αξιολόγηση εφαρμογής παρασκευάστηκαν διάφορα υποστρώματα με τη συμμετοχή των κόμποστ σε διάφορες αναλογίες και αξιολογήθηκε η ανάπτυξη σ'αυτά διαφόρων λαχανοκομικών φυτών.

Τα πειράματα αυτά έγιναν με τη μέθοδο των πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων και συγκρίθηκαν μεταξύ τους οι μέσοι όροι χωρίς στατιστική επεξεργασία, για μια πρώτη προσέγγιση.

2.5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Τα φυτά που μελετήθηκαν ήταν το πεπόνι, το αγγούρι και η τομάτα. Για κάθε ένα από τα φυτά αυτά παρασκευάστηκαν 6 διαφορετικά υποστρώματα με τη συμμετοχή σε αυτά άμμου, τύρφης και compost (IBK και κλαδοκάθαρων) σε διάφορες αναλογίες μεταξύ τους (βλ πίνακα.). Ειδικά στο compost έγινε κοσκίνισμα πριν την εφαρμογή του ώστε να απομακρυνθούν τεμαχίδια μεγάλου μεγέθους.

Στους σπόρους, πριν από τη φύτευση έγινε προβλάστηση (σπάσιμο ληθάργου). Για κάθε υπόστρωμα, σε κάθε είδος φυτού, φτιάχτηκαν 18 γλαστράκια στα οποία φυτεύτηκαν οι σπόροι (2-3 σπόροι ανά γλαστράκι).

Πίνακας Υποστρωμάτων σποριόφυτων : Περιεκτικότητα σε %κ.β των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στα διάφορα υποστρώματα.

	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 1ο	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 2ο	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 3ο	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 4ο	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 5ο	ΥΠΟΣΤΡΩ- ΜΑ 6ο
Ξανθιά τύρφη	95 %	95%	80 %	65 %	35 %	80 %
Άμμος	5%	5%	5 %	5 %	5 %	5 %
Compost	-	-	15 %	30 %	60 %	15 %
Λίπασμα 12-12-17- 2	-	6 cm ³	-	-	-	6 cm ³

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ

3.1. Θερμοκρασίες και δυσσομία κομποστοποίησης.

Στις Εικόνες 3.1.1. και 3.1.2, παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας κομποστοποίησης των πειραματικών – πιλοτικών σειραδίων. Από την πορεία των θερμοκρασιών αυτών, σε συνδυασμό και με την πολύ περιορισμένη δυσσομία που παρουσιάστηκε σε όλα τα σειράδια, μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα:

- ◆ Η αναλογία 1:2 κατ'όγκον της ιλύος, προς όλα τα διογκωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, εξασφάλισε αφενός μεν την ικανοποιητική άνοδο της θερμοκρασίας, σε ύψος και διάρκεια, για την ταχεία ολοκλήρωση της κομποστοποίησης και την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και αφετέρου περιόρισε στο ελάχιστο τη δυσσομία και τον αριθμό των αναγκαίων γυρισμάτων.
- ◆ Τα κλαδοκάθαρα (εικόνα 3.1.1.) συμβάλλουν στη γρήγορη και σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας κομποστοποίησης, σε σχέση με τα ροκανίδια (εικόνα 3.1.2.). Όμως το γεγονός ότι τα ροκανίδια είναι ένα πολύ χαμηλού κόστους υλικό και υπάρχει σε σχετική αφθονία μπορεί να χρησιμοποιείται αλλά πάντα με ένα άλλο διογκωτικό υλικό (κλαδοκάθαρα, φύλλα ελιάς κ.λ.π.) για την ενίσχυση της θερμογόνου δύναμης του μείγματος. Αυτό επιβεβαιώνεται από τις θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν στο τρίτο σειράδιο (εικόνα 3.1.3.). Όπως φαίνεται παρά το ότι τα θερμογόνα διογκωτικά υλικά (φύλλα ελιάς και ελαιοπυρήνα) χρησιμοποιήθηκαν σε μικρές ποσότητες (0,5 μέρη) εντούτοις η θερμοκρασία ανέβηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα και ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή του πρώτου γυρίσματος.
- ◆ Από τις μεταβολές της θερμοκρασίας κομποστοποίησης που παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.1.4. φαίνεται ότι το κάλυμα Torptex συμβάλλει στη διαμόρφωση ελαφρώς υψηλότερων θερμοκρασιών. Αυτό μπορεί να αποδοθεί κυρίως στην επίδραση που έχει στη διατήρηση της υγρασίας των κομποστοποιούμενων υλικών.

- ◆ Η συνολική διάρκεια της ταχείας φάσης της κομποστοποίησης είναι γύρω στις 8 εβδομάδες (2 μήνες).
- ◆ Ο συνολικός αριθμός των γυρισμάτων φαίνεται ότι μπορεί να κυμαίνεται από 4-6.

3.2 Μεταβολές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια των κομποστοποιήσεων.

Στους Πίνακες 3.2.1., 3.2.2. και 3.2.3., παρουσιάζονται οι μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των κομποστοποιούμενων μειγμάτων στα αντίστοιχα πειραματικά – πιλοτικά σειράδια. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

- ◆ Ο όγκος των σειραδίων, κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης συνεχώς μικραίνει και η τελική σμίκρυνσή του, σε σχέση με τον όγκο κατά την εγκατάσταση φτάνει στο 40%, περίπου.
- ◆ Η υγρασία των σειραδίων κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης πέφτει σε χαμηλά επίπεδα, γεγονός που επιβάλλει την παρακολούθησή της δεδομένου ότι η χαμηλή υγρασία περιορίζει τη δράση των ωφέλιμων αποδομητικών μικροοργανισμών. Η διόρθωσή της με το σύστημα προσθήκης νερού που εφαρμόστηκε κρίνεται ως ικανοποιητική.
- ◆ Το pH ακολούθησε την καθιερωμένη πορεία της ανόδου και πτώσης γεγονός που επιβεβαιώνει την ομαλή πορεία της κομποστοποίησης.
- ◆ Η Ε.Σ. αγωγιμότητα ακολούθησε τη γνωστή πορεία της συνεχούς ανόδου αλλά τελικά περιορίστηκε σε φυσιολογικά επίπεδα.
- ◆ Η περιεκτικότητα σε C σημείωσε φυσιολογική πτώση και οι απώλειές του έφτασαν στο 24% περίπου. Την ίδια πορεία, όπως ήταν φυσικό ακολούθησαν και τα στερεά πτητικά.

- ♦ Η σχέση C/N ακολούθησε τη φυσική μείωση και η σμίκρυνσή της κυμάνθηκε στο 40% περίπου της αρχικής τιμής και είναι το αποτέλεσμα της μείωσης του άνθρακα και της αύξησης του N. Η αύξηση φυσικά της περιεκτικότητας του κόμποστ σε N οφείλεται στη μείωση της ξηρής ουσίας των κομποστοποιούμενων υλικών και στη μη απώλεια N, κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

3.3. Μεταβολές υγρασίας κατά τη διάρκεια των κομποστοποιήσεων

Στον Πίνακα 3.3.1. παρουσιάζονται οι μεταβολές της υγρασίας των κομποστοποιούμενων υλικών στο δεύτερο σειράδιο κομποστοποίησης. Όπως φαίνεται από τα στοιχεία αυτά οι μεγαλύτερες απώλειες σε υγρασία σημειώνονται στα πρώτα 20cm από την επιφάνεια του σειράδιου και αυτές μειώνονται σε χαμηλότερα βάθη. Ακόμη φαίνεται ότι παρά την προσθήκη νερού σε κάθε γύρισμα και τη διόρθωση της υγρασίας, οι απώλειες γίνονται όλο και μεγαλύτερες από γύρισμα σε γύρισμα, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως στις εξωτερικές συνθήκες (αύξηση θερμοκρασίας περιβάλλοντος από Ιούλιο σε Αύγουστο).

Στον Πίνακα 3.3.2 παρουσιάζονται οι μεταβολές της υγρασίας σε τμήμα του προηγούμενου σειράδιου το οποίο όμως μετά από κάθε γύρισμα καλύπτονταν με το ειδικό κάλυμμα Torplex. Συγκρίνοντας τα στοιχεία του πίνακα 3.3.1. με εκείνα του 3.3.2 φαίνεται ότι το παραπάνω κάλυμμα περιορίζει τις απώλειες της υγρασίας.

Πίνακας 3.3.1.: Υγρασία (%) σε διάφορα βάθη πριν από κάθε γύρισμα, του δεύτερου σειραδίου από ιλύ με κλαδοκάθαρα και ροκανίδια ξύλου, στην αναλογία 1: 1: 1 κατ' όγκο.

Ημερονησίες και αριθμός γυρίσματος	Ημέρες κομποστοποίησης	Βάθη από το ανώτερο σημείο του σειραδίου		
		20cm	40cm	60cm
4 - 7 - 01 1 ^ο Γύρισμα	26	47,0	61,2	66,1
23 -7- 01 2 ^ο Γύρισμα	19	37,6	42,1	46,5
8 - 8 - 01 3 ^ο Γύρισμα	17	36,1	39,1	45,1
Τελικό κόμποστ	20	35,1	36,6	44,2

Πίνακας 3.3.2.: Υγρασία (%) σε διάφορα βάθη πριν από κάθε γύρισμα, του τέταρτου σειραδίου από ιλύ με κλαδοκάθαρα και ροκανίδια ξύλου, με χρήση **Toptex** στην αναλογία 1: 1: 1 κατ' όγκο.

Ημερονησίες και αριθμός γυρίσματος	Ημέρες κομποστοποίησης	Βάθη από το ανώτερο σημείο του σειραδίου		
		20cm	40cm	60cm
4 - 7 - 01 1 ^ο Γύρισμα	26	47,0	61,2	66,1
23 -7- 01 2 ^ο Γύρισμα	19	41,6	50,9	55,1
8 - 8 - 01 3 ^ο Γύρισμα	17	37,7	40,6	47,1
Τελικό κόμποστ	20	36,7	37,6	45,4

3.4. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και παθογόνα των ώριμων κόμποστ

Στον Πίνακα 3.4.1. παρουσιάζονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ώριμων κόμποστ που προέκυψαν από τις αντίστοιχες πειραματικές – πιλοτικές κομποστοποιήσεις. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

- ♦ Το pH τους διαμορφώνεται γύρω από την ουδέτερη περιοχή. Αυτό, από αγρονομικής πλευράς, κρίνεται ως πολύ ικανοποιητικό.
- ♦ Η Ε.С. τους δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένη και επιτρέπει τη χρήση αυξημένων ποσοτήτων στην εδαφοβελτίωση και αυξημένη συμμετοχή σε υποστρώματα ανάπτυξης φυτών εκτός εδάφους, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η αυξημένη παρουσία της οργανικής ουσίας.
- ♦ Η σχέση C/N στα κόμποστ που παρασκευάστηκαν βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν μπορεί να προκαλέσει κανένα τροφοπενικό πρόβλημα αζώτου.
- ♦ Τα Στερεά πτητικά τους (οργανική ουσία) βρίσκονται σε ικανοποιητικό επίπεδο για κόμποστ για γεωργική χρήση.

Γενικά τα κόμποστ που παράχθηκαν μπορούν να χαρακτηριστούν, από αγρονομικής πλευράς, ως καλής ποιότητας, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις καλλιέργειες που η Κοινωνική και Εθνική νομοθεσία επιτρέπουν τη χρήση των κόμποστ που προέρχονται από την κομποστοποίηση της ιλύος των βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων.

Από πλευράς παθογόντων για τον άνθρωπο στα κόμποστ που παράχθηκαν, θεωρείται σχεδόν βέβαιο ότι δεν θα υπάρχουν. Αυτό προκύπτει από τις θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν και τη διάρκειά τους και από προηγούμενους εργαστηριακούς ελέγχους που έχουν γίνει στο παρελθόν σε παρόμοια κόμποστ.

Επιβάλλεται όμως, σε κάθε κόμποστ αυτής της προέλευσης, ο σχετικός έλεγχος πριν από τη χρήση του και γι' αυτό το λόγο έχουν σταλεί δείγματα των παραπάνω κόμποστ στο Κτηνιατρικό Εργαστήριο Αθηνών.

Πίνακας 3.4.1: Βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των τελικών ώριμων κόμποστ

Ημερ/νια Δειγμ/ψιας	Στοιχεία σειραδίου	Υγρασία (%)	PH mS/cm	EC	ΟλικόςC (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά πτητικά (%)	NO₃-N ppm
9-7-01	Ιλύ βιολ/κού με κλαδ/ρα (1:2,2 v/v)	43,9	6,99	5,35	30,68	2,92	10,50	55,24	2,650
9-10-01	Ιλύ βιολ/κού με κλαδ/ρα και ροκ/δία (1:1:1 v/v)	35,1	7,27	5,48	31,66	3,41	9,28	56,99	2,240

3.5. Περιεκτικότητα ώριμων κόμποστ σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία (βαριά μέταλλα).

Στον Πίνακα 3.4.2. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των ώριμων κόμποστ σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία (βαριά μέταλλα). Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

- ♦ Η περιεκτικότητά τους σε μακροστοιχεία (Ca, Mg, P, K) βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα και είναι μέσα στα όρια που συνήθως διαμορφώνονται για τα κόμποστ αυτού του τύπου. Από αγρονομικής πλευράς επομένως δεν πρόκειται να προκαλέσουν κανένα τοξικό πρόβλημα στις καλλιέργειες που θα χρησιμοποιηθούν.
- ♦ Η περιεκτικότητά τους, στα σημειούμενα ιχνοστοιχεία (βαριά μέταλλα), διαμορφώνεται μέσα στα συνήθη όρια για τα κόμποστ αυτού του τύπου.

Πίνακας 3.4.2: Περιεκτικότητα τελικών κόμποστς σε μακροστοιχεία και βαρεία μέταλλα

Στοιχεία δείγματος	Ca %	Mg %	Mn %	Zn %	Fe %	Cu %	P %	K %
Ιλύ βιολ/κού με κλαδ/ρα	4,48	0,634	2,960	0,49	134	1008	11,155	185
Ιλύ βιολ/κού με κλαδ/ρα και ροκ/δια	4,49	0,711	4,067	0,38	150	1145	11,899	216

3.6. Κοκκομετρία ώριμων κόμποστ.

Στους Πίνακες 3.6.1. και 3.6.2. παρουσιάζεται η κοκκομετρία των ώριμων κόμποστ που παράχθηκαν από τις αντίστοιχες πειραματικές – πιλοτικές κομποστοποιήσεις και στους Πίνακες 3.6.3. και 3.6.4. παρουσιάζεται η κοκκομετρία του πληρωτικού υλικού των βιοφίλτρων της ΔΕΥΑΗ. Από τα στοιχεία αυτά μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα:

- ♦ Το κόμποστ του πρώτου σειραδίου της ιλύος με τα θρυμματισμένα κλαδοκάθαρα (1:2,2 κατ'όγκον) είναι περισσότερο λεπτόκοκκο από εκείνο των βιοφίλτρων της ΔΕΥΑΗ.
- ♦ Το κόμποστ του δεύτερου σειραδίου της ιλύος με τα κλαδοκάθαρα και τα ροκανίδια (1:1:1 κατ'όγκον) είναι περισσότερο χονδρόκοκκο από το προηγούμενο και η κοκκομετρία του πλησιάζει σημαντικά την κοκκομετρία του πληρωτικού υλικού των βιοφίλτρων της ΔΕΥΑΗ.
- ♦ Η διαφορά των ειδικών βαρών μεταξύ του κόμποστ του πρώτου σειραδίου με τα κλαδοκάθαρα και του δεύτερου με κλαδοκάθαρα και ροκανίδια θα πρέπει να αποδοθεί στα ροκανίδια (είναι ελαφρότερα) και στη διαφορά υγρασίας.

Πίνακας 3.6.1: Κοκκομετρική κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων του ώριμου κόμπποστ του πρώτου σειραδίου από ιλύ με κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.

Υγρασία: 43,9 %, Όγκος δείγματος: 500ml, Βάρος δείγματος: 274,9gr, Ειδικό βάρος: 0,549g/cm³

		ΌΓΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
Κλάσματα σε mm	ml	%	gr	%	
Κλ>31,55	0	0	0	0	
31,55>Κλ>19,00	30	5,17	11,8	4,29	
19,00>Κλ>10,00	70	12,06	29,9	10,88	
10,00>Κλ> 6,30	80	13,80	39,6	14,41	
6,30>Κλ> 2,00	260	44,83	122,9	44,71	
2,00>Κλ> 1,00	100	17,25	44,7	16,26	
Κλ< 1,00	40	6,89	26	9,45	
Σύνολον	580	100,0	274,9	100,0	
Κλάσμα>10mm		17,23%		15,17%	
10mm>Κλάσμα>2mm		58,63%		59,12%	
Κλάσμα< 2mm		24,14%		25,80%	

Μεταβολή όγκου δείγματος με το κοσκίνισμα

ΑΡΧΙΚΟ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ	%
500	580	16

Πίνακας 3.6.2.: Κοκκομετρική κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων του ώριμου κόμπποστ του δευτέρου σειραδίου ιλύς με ροκανίδια ξύλου και κλαδοκάθαρα στη αναλογία 1 : 1 : 1 κατ' όγκο.

Υγρασία: 35,1 %, Όγκος δείγματος: 500 ml, Βάρος δείγματος: 175,1 gr, Ειδικό βάρος: 0,350 g/cm³

		ΌΓΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
Κλάσματα σε mm	ml	%	gr	%	
Κλ>31,55	40	6,83	13,7	7,82	
31,55>Κλ>19,00	140	23,89	37,9	21,65	
19,00>Κλ>10,00	90	15,36	34,8	19,87	
10,00>Κλ> 6,30	95	16,21	30,3	17,30	
6,30>Κλ> 2,00	180	30,72	45,7	26,10	
2,00>Κλ> 1,00	29	4,95	7,4	4,23	
Κλ< 1,00	12	2,04	5,3	3,03	
Σύνολον	586	100,0	175,1	100,0	
Κλάσμα>10mm		46,08%		49,34%	
10mm>Κλάσμα>2mm		46,93%		43,40%	
Κλάσμα< 2mm		6,99%		7,26%	

Μεταβολή όγκου δείγματος με το κοσκίνισμα

ΑΡΧΙΚΟ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ	%
500	586	17,2

3.7. Αγρονομική αξιολόγηση ώριμων κόμποστ

Στους Πίνακες 3.7.1., 3.7.2. και 3.7.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αγρονομικής αξιολόγησης των ώριμων κόμποστ με την ανάπτυξη σποροφύτων λαχανοκομικών φυτών σε υποστρώματα που παρασκευάστηκαν με τη συμμετοχή των κόμποστ.

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν οι ακόλουθες ενδείξεις:

- ◆ Τα κόμποστ της ιλύος, με τη χρήση αυξημένης ποσότητας διογκωτικών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή υποστρωμάτων για ανάπτυξη σποροφύτων λαχανοκομικών φυτών.
- ◆ Όταν το ποσοστό συμμετοχής του κόμποστ είναι χαμηλό (15%), τότε τα αποτελέσματα είναι καλύτερα αν το υπόστρωμα θα ενισχυθεί και με σύνθετο χημικό λίπασμα, στην αναλογία των 1,5 Kg/m³ υποστρώματος.
- ◆ Όταν το ποσοστό συμμετοχής του κόμποστ διπλασιαστεί (30%), τότε τα αποτελέσματα να είναι ικανοποιητικά και χωρίς την προσθήκη χημικού λιπάσματος, ενώ όταν τετραπλασιαστεί (60%) τότε αρχίζουν να σημειώνονται αρνητικά αποτελέσματα. Το τελευταίο μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της E.C. των υποστρωμάτων από την αυξημένη προσθήκη του κόμποστ.

Ακόμη στον Πίνακα 3.7.4. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών των προηγούμενων σποροφύτων σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία (βαριά μέταλλα).

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν οι ακόλουθες ενδείξεις:

- ◆ Η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών των σποροφύτων σε μακροστοιχεία (θρεπτική κατάσταση) φαίνεται να μειώνεται ελαφρώς με την αύξηση της συμμετοχής του κόμποστ. Αυτή η μείωση μπορεί να αποδοθεί στη μείωση της ανάπτυξης γενικά των φυτών με την αυξημένη παρουσία του κόμποστ. Γενικά όμως η περιεκτικότητα φυτικών ιστών σε μακροστοιχεία ήταν μέσα στα φυσιολογικά όρια.

- ♦ Η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων (βαρέων μετάλλων) στους φυτικούς ιστούς των σποροφύτων φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά από την αύξηση της συμμετοχής του κόμποστ. Αυτό μπορεί, κατά κύριο λόγο, να αποδοθεί στην αντίστοιχη αύξηση του pH του υποστρώματος το οποίο και παρεμποδίζει την απορρόφηση των βαρέων μετάλλων αλλά και στη μείωση της ανάπτυξης των φυτών που αναφέρθηκε και προηγουμένως. Γενικά όμως η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών, στα ελεγχθέντα βαριά μέταλλα, ήταν μέσα στα φυσιολογικά όρια.

Πίνακας 3.7.1. : Στοιχεία ανάπτυξης σποροφύτων αγγουριού σε υποστρώματα με τη συμμετοχή ώριμων κόμποστ.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΧΡΩΜΑ ΦΥΛΛΩΝ	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ (CM)	ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΡΩΤΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΦΥΛΛΟΥ (CM)	ΑΝΟΙΓΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΦΥΛΛΟΥ (CM)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Αμμος (70l/m ³) Λίπασμα**	Κιτρινοπρα- σινο	18,2	5,3	7,8	3 - 4
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Αμμος (70l/m ³)	Πρασινοκί- τρινο	7,4	4	4,5	2
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Αμμος (70lt/m ³) Λίπασμα**	Πρασινοκί- τρινο	20,3	6,5	8,5	4
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Αμμος (70l/m ³)	Πρασινοκί- τρινο	17,2	5,5	8	3 - 4
Κόμποστ* (30 %) Ξανθιά τύρφη (70 %) Αμμος (70l/m ³)	Πρασινοκί- τρινο	22,7	6	9	4- 5
Κόμποστ* (60 %) Ξανθιά τύρφη (40 %) Αμμος (70l/m ³)	Πράσινο	17,7	5,5	9	4

* Το κόμποστ που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από το πρώτο σειράδιο με ιλύ προς κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.

** Το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το complasal 12-12-17-2 και στην αναλογία των 1,5 kg/m³ υποστρώματος.

Πίνακας 3.7.2.: Στοιχεία ανάπτυξης σποροφύτων τομάτας σε υποστρώματα με τη συμμετοχή ώριμων κόμποστ.

Σύνθεση υποστρώματος	Χρώμα φύλλων	Ύψος φυτών (cm)	Αριθμός φύλλων
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Άμμος (70l/m ³) Λίπασμα**	Κιτρινοπράσινο	10,4	5 - 4
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Άμμος (70l/m ³)	Πρασινοκίτρινο	4,4	Πολλά στο στάδιο κοτ/νας. Και άλλα με 3 φύλλα
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Άμμος (70lit/m ³) Λίπασμα**	Πράσινο	18	6 - 7
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Άμμος (70l/m ³)	Πράσινο	15	5
Κόμποστ* (30 %) Ξανθιά τύρφη (70 %) Άμμος (70l/m ³)	Πράσινο	13,5	5 - 4
Κόμποστ* (60 %) Ξανθιά τύρφη (40 %) Άμμος (70l/m ³)	Πράσινο	9,5	3 - 4

* Το κόμποστ που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από το πρώτο σειράδιο με ιλύ προς κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.

** Το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το complesal 12-12-17-2 και στην αναλογία των 1,5 kg/m³ υποστρώματος.

Πίνακας 3.7.3.: Στοιχεία ανάπτυξης σποροφύτων πεπτονίου σε υποστρώματα με τη συμμετοχή ώριμων κόμποστ.

Τύπος υποστρώματος	Χρώμα φύλλων	Υψος φυτών (cm)	Ανοιγμα πρώτου πραγματικού φύλλου (cm)	Ανοιγμα δεύτερου πραγματικού φύλλου (cm)	Αριθμός φύλλων
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Αμμος (70l/m ³) Λίπασμα**	Πράσινο	20,33	7	7,5	4
Μάρτυρας Ξανθιά τύρφη (100 %) Αμμος (70l/m ³)	Πράσινο	6	4,6	4,4	2
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Αμμος (70l/m ³) Λίπασμα**	Πράσινο	18	7,3	6,1	3 - 2
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Αμμος (70l/m ³)	Πράσινο	18,21	6,9	6,9	3 - 4
Κόμποστ* (30 %) Ξανθιά τύρφη (70 %) Αμμος (70l/m ³)	Πράσινο	11,5	5,7	6	2 - 3
Κόμποστ* (60 %) Ξανθιά τύρφη (40 %) Αμμος (70l/m ³)	Πράσινο	12,64	5,6	6,6	2 - 3

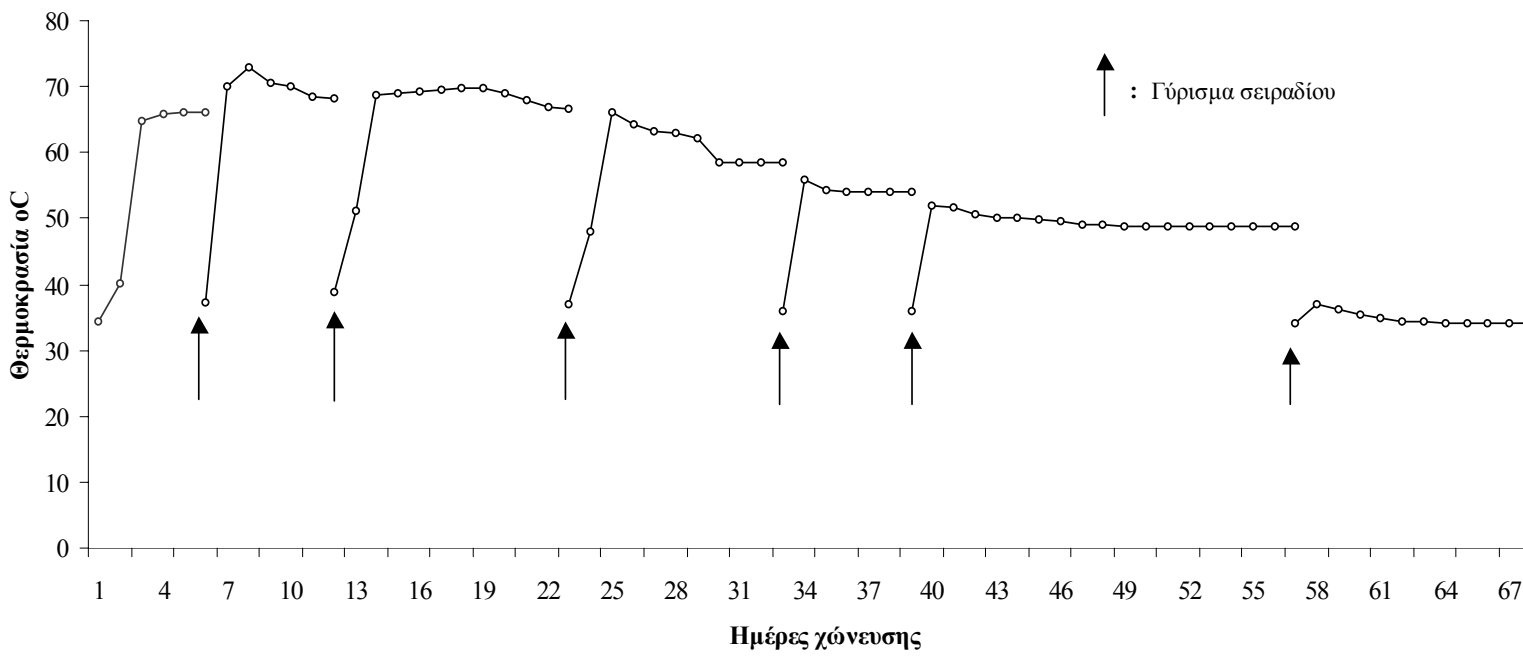
* Το κόμποστ που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από το πρώτο σειράδιο με ιλύ προς κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.

** Το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το complesal 12-12-17-2 και στην αναλογία των 1,5 kg/m³ υποστρώματος.

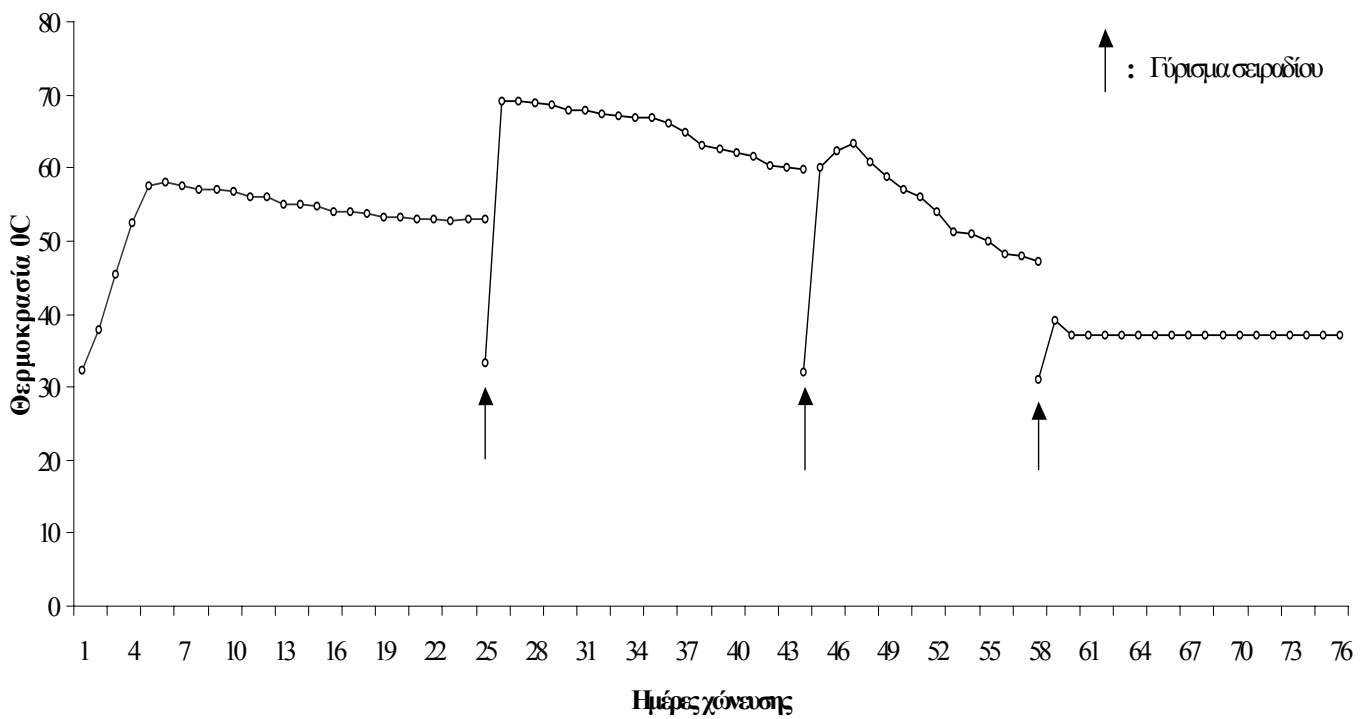
Πίνακας 3.7.4. : Περιεκτικότητα φυτικών ιστών σποροφύτων τομάτας σε μακροστοιχεία και βαρέα μέταλλα, μετά την ανάπτυξη τους σε υποστρώματα με την προσθήκη διαφόρων ποσοτήτων κόμποστ.

Στοιχεία Δείγματος	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
Κόμποστ* (15 %) Ξανθιά τύρφη (85 %) Αμμος (70l/m ³)	2,363	0,624	1,171	5,288	74	123	343	11
Κόμποστ (30 %) Ξανθιά τύρφη (70 %) Αμμος (70l/m ³)	2,423	0,807	0,77	5,098	52	118	289	12
Κόμποστ (60 %) Ξανθιά τύρφη (40 %) Αμμος (70l/m ³)	2,160	0,642	0,999	4,579	85	96	171	5

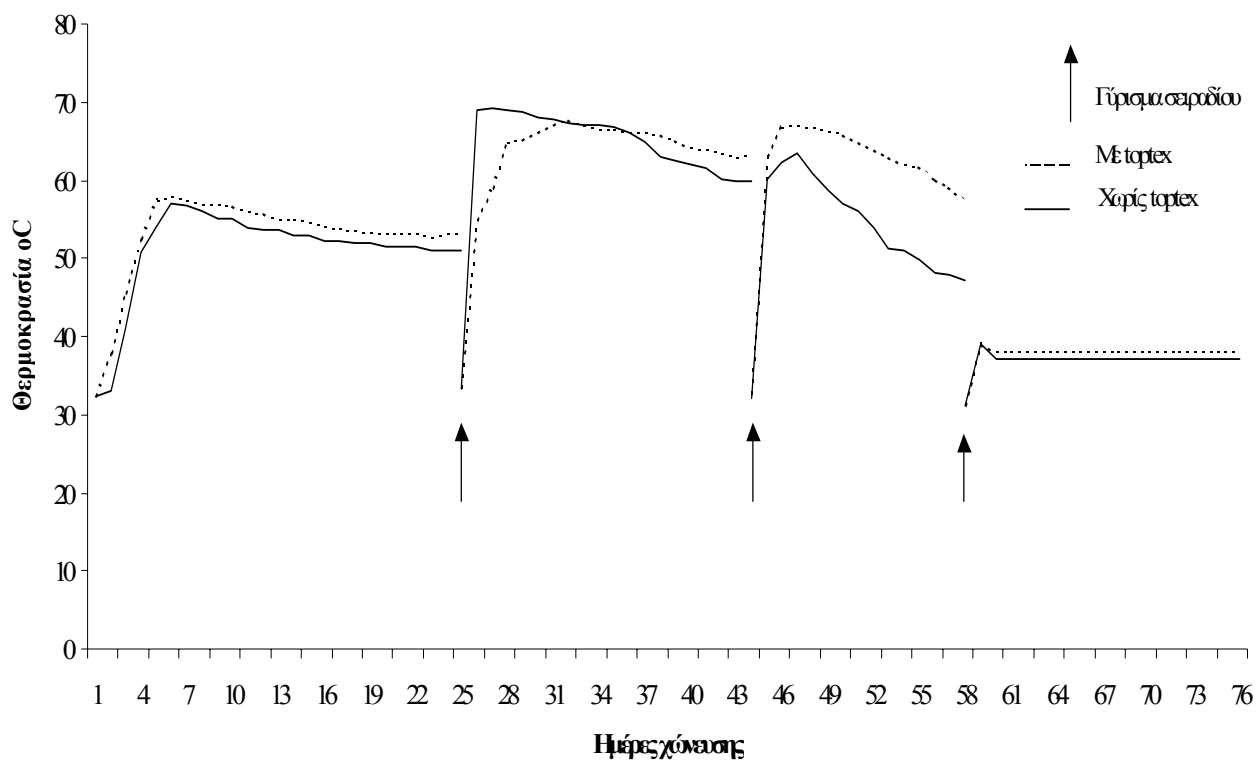
* Το κόμποστ που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από το πρώτο σειράδιο με ιλύ προς κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.



Εικόνα 3.1.1. : Μεταβολές της θερμοκρασίας κομποστοποίησης στο πρώτο σειράδιο από ύλ βιολογικού καθαρισμού σε ανάμειξη με κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκον.



Εικόνα 3.1.2 : Μεταβολές της θερμοκρασίας κομποστοποίησης στο δεύτερο σεράδιο από υλώ βιολογικού καθαρισμού σε ανάμειξη με κλαδοκόθρα και ροκανίδια στην αναλογία 1 : 1 : 1 κατ' όγκον



Εικόνα 3.1.4: Σύγκριση μεταβολών των θερμοκρασιών κομποστοποίησης στο τέταρτο σαρβίδιο από γλυ βιολογικού καθαρισμού σε ανάμειξη με κλαδοκόθρα και ροκανίδια στην αναλογία 1 : 1 : 1 κατ' όγκο με τη χρήση Toptex και χωρίς αυτήν

Πίνακας 2.1.5 Βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ιλύος και υπολοίπων πρώτων υλών*

Πρώτες ύλες	Υγρασία (%)	PH	E.C (mS/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά πτητικά (%)
Ιλύς βιολογικού	75,9	8,19	1,16	32,63	3,66	8,91	58,73
Κλαδοκάθαρα	12,1	7,02	0,75	48,43	1,45	33,40	87,17
Ροκανίδια	6,3	6,40	0,23	50,69	0,65	77,98	91,24

*Τελικοί μέσοι όροι των μετρήσεων

Πίνακας 3.2.1. : Μεταβολές βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης του πρώτου σειραδίου από ιλύ βιολογικού καθαρισμού και κλαδοκάθαρα στην αναλογία 1 : 2,2 κατ' όγκο.

Ημερ/νία Δείγματοληψίας	Στάδια κομποστοποίησης	Στοιχεία Σειραδίου		Στοιχεία δειγμάτων								
		Όγκος (m ³)	Νωπό Βάρος (kg)	Υγρασία (%)	PH	E.C (mS/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά πτητικά (%)	NO ₃ -N ppm	
16-3-01	Εγκατάσταση	34,50	23.960	64,1	7,75	2,30	40,37	2,42	16,68	72,67	-	
21-3-01	1° Γύρισμα	29,95	-	63,9	7,62	3,24	40,09	-	-	72,17	-	
28-3-01	2° Γύρισμα	27,93	-	Πριν : 53,1 Μετά: 61,3	7,85	3,68	39,92	-	-	71,87	-	
9 - 4-01	3° Γύρισμα	24,08	-	Πριν : 49,3 Μετά: 59,3	7,45	3,91	37,79	2,58	14,64	68,02	-	
20-4-01	4° Γύρισμα	22,50	-	Πριν : 48,3 Μετά: 59,1	7,41	4,95	35,09	-	-	63,17	-	
27-4-01	5° Γύρισμα	21,90	-	Πριν : 44,3 Μετά: 58,7	7,27	4,71	33,47	-	-	60,26	-	
16-5-01	6° Γύρισμα	20,80	-	Πριν : 43,1 Μετά: 58,1	7,58	4,66	31,96	-	-	57,54	-	
9 - 7-01	Τελικό compost	20,50	8.500	43,9	6,99	5,35	30,68	2,92	10,50	55,24	2.650	
Απώλειες μεταξύ έναρξης και ολοκλήρωσης της χώνευσης		40,5	64,52	-	-	-	24	-	39,50	23,98		

* Πριν : Υγρασία πριν το γύρισμα και πριν την προσθήκη νερού.

Μετά : Υγρασία μετά το γύρισμα και μετά την προσθήκη νερού.

Παρατήρηση : 2 - 3 μέρες πριν από κάθε γύρισμα γινόταν μερική διαβροχή του σειραδίου βελτιώνοντας την υγρασία του σε ποσοστό 3,5 - 4,5%.

Πίνακας 3.2.2.: Μεταβολές βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης του δευτέρου σειραδίου από ιλύ βιολογικού καθαρισμού, κλαδοκάθαρα και ροκανίδια ξύλου στην αναλογία 1 : 1 : 1 κατ' όγκο.

Ημερ/νία Δείγματο ληψίας	Στάδια κομποστοποίησης	Στοιχεία Σειραδίου		Στοιχεία δειγμάτων							
		Όγκος (m ³)	Νωπό Βάρος (kg)	Υγρασία (%)	PH	E.C (mS/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά πτητικά (%)	NO ₃ -N ppm
8 - 6-01	Εγκατάσταση	29,26	21.358	62,9	7,93	3,73	39,58	2,74	14,44	71,24	-
4 - 7-01	1 ^ο Γύρισμα	25,37	-	61,2	8,24	4,71	36,71	-	-	66,07	-
23-7-01	2 ^ο Γύρισμα	20,32	-	60,1	7,51	4,47	34,56	2,98	11,59	62,20	-
8 - 8-01	3 ^ο Γύρισμα	18,15	-	57,9	7,49	5,91	33,97	-	-	61,14	-
9-10-01	Τελικό compost	17,52	6.950	35,1	7,27	5,48	31,66	3,41	9,28	56,99	2.240
Απώλειες μεταξύ έναρξης και ολοκλήρωσης της χώνευσης		40,10	67,45	-	-	-	20,00	-	-	20,25	-

Παρατήρηση : 2 - 3 μέρες πριν από κάθε γύρισμα γινόταν μερική διαβροχή του σειραδίου βελτιώνοντας την υγρασία του σε ποσοστό 3,5 - 4,5%

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία των αναστρεφόμενων σειραδίων που εφαρμόστηκε για την κομποστοποίηση της ιλύος με την πρόσμειξη διαφόρων διογκωτικών υλικών, φυτικής προέλευσης και η μεταξύ τους αναλογία, απέδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα, τόσο ως προς αυτή καθαυτή τη διαδικασία όσο και ως προς την ποιότητα του τελικού κόμποστ.

Διαδικασία κομποστοποίησης

Ως βασικό συμπέρασμα, επί της διαδικασίας που εφαρμόστηκε, μπορεί να αναφερθεί ότι η αυξημένη συμμετοχή των διογκωτικών υλικών, που κυμάνθηκε γύρω στο 65% κατ'όγκον, είχε ως αποτέλεσμα να επιμηκυνθεί ο χρόνος διατήρησης των αερόβιων συνθηκών στα σειράδια και αυτό με τη σειρά του να ελαχιστοποιήσει τη δυσοσμία και να περιορίσει εξαιρετικά τον αριθμό των αναγκαίων αναστροφών των σειραδίων.

Ο περιορισμός της δυσοσμίας δίδει το περιθώριο η κομποστοποίηση της ιλύος να γίνεται μέσα στο χώρο των εγκαταστάσεων των βιολογικών καθαρισμών, μηδενίζοντας έτσι τις δαπάνες μεταφοράς της σε άλλους χώρους περισσότερο απομακρυσμένους και επομένως με αυξημένο κόστος μεταφοράς. Ταυτόχρονα ο περιορισμός των αναστροφών των σειραδίων κατά μέσον όρο γύρω στις πέντε (5) όπως είναι αυτονόητο μειώνει σημαντικά το κόστος της κομποστοποίησης και επομένως δίδει το περιθώριο της ευκολότερης διάθεσης των παραγόμενων κόμποστς σε χαμηλότερες τιμές.

Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα από τη διαδικασία που εφαρμόστηκε είναι ότι, στις τοπικές συνθήκες της Κρήτης, στη διάρκεια των θερινών μηνών, σημειώνεται σημαντική μείωση της υγρασίας του μείγματος ιλύος και διογκωτικών κατά την κομποστοποίηση, γεγονός που θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα δεδομένου ότι μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα αναστολής της δράσης της ωφέλιμης μικροχλωρίδας.

Αγρονομική ποιότητα τελικών κόμποστς

Η αυξημένη συμμετοχή των διογκωτικών υλικών και κυρίως όταν αυτά προέρχονται από φυτικά υπολείμματα της γεωργικής παραγωγής (φύλλα ελιάς κ.λ.π.) ή από κλαδοκάθαρα του Δήμου και λιγότερο όταν πρόκειται για ροκανίδια, 'έχει, ως προς την ποιότητα των παραγόμενων κόμποστ, τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- ◆ Μειώνονται τα μειονεκτήματα της ιλύος και κυρίως το μειονέκτημα της αυξημένης περιεκτικότητάς της σε βαριά μέταλλα, με τη μικρότερη αναλογική συμμετοχή της στο κομποστοποιούμενο μείγμα που θα δώσει και το τελικό κόμποστ.
- ◆ Βελτιώνονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των κόμποστ με την αυξημένη συμμετοχή των φυτικών υπολειμμάτων και γενικά των αγρονομικών χαρακτηριστικών τους.
- ◆ Είναι περισσότερο σίγουρη η παραγωγή κόμποστ χωρίς παθογόνα για τον άνθρωπο εξαιτίας της συμβολής των φυτικών υπολειμμάτων στην άνοδο και διατήρηση, επί μακρόν, της θερμοκρασίας κομποστοποίησης η οποία και προκαλεί την καταστροφή των παθογόνων.

ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα του παρόντος Προγράμματος μπορούν να αξιοποιηθούν από τη ΔΕΥΑ Ηρακλείου ή και από οποιαδήποτε άλλη ΔΕΥΑ, ως ακολούθως:

1. Με την εγκατάσταση μονάδας κομποστοποίησης της ιλύος μέσα στο χώρο του βιολογικού καθαρισμού. Βασικά στοιχεία της μονάδας είναι η πίστα εγκατάστασης των σειραδίων, η έκταση της οποίας μπορεί να υπολογιστεί με βάση την τεχνική και τα δεδομένα της παρούσας εργασίας και ο μηχανολογικός εξοπλισμός που είναι ο θρυμματιστής και ο αναστροφέας πέραν του υπάρχοντος εξοπλισμού του βιολογικού (φορτωτή και φορτηγό αυτοκίνητο).
2. Με την εφαρμογή της τεχνικής που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία και την τεχνογνωσία που προέκυψε απ' αυτήν, και τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα:
 - α. Αυξημένη συμμετοχή διογκωτικών οργανικών υλικών και συγκεκριμένα μεγαλύτερη του 60% του όγκου του μείγματος.
 - β. Εφαρμογή αναστροφών με βάση κυρίως τη θερμοκρασία κομποστοποίησης και συγκεκριμένα όταν αυτή πέφτει κάτω των 50° C.
 - γ. Προσθήκη νερού κατά τις αναστροφές ή και ενδιάμεσα για τη διατήρηση της υγρασίας στο 60%.
 - δ. Ραφινάρισμα του τελικού κόμποστ με κόσκινο των 10mm ώστε το χονδρόκοκκο κλάσμα να χρησιμοποιείται ως πληρωτικό υλικό των βιοφίλτρων της μονάδας και το λεπτόκοκκο υλικό για γεωργική χρήση.