



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΚΑΘΑΡΩΝ ΤΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΙΟΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΔΗΜΟΝΙΤΣΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

~ 1 ~

ΛΟΥΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΦΙΛΙΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΟΥΝΙΟΣ 2008

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική ανασκόπηση

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2 Γενικά στοιχεία για την κομποστοποίηση.

Η κομποστοποίηση είναι μια φυσική διαδικασία αξιοποίησης της πλεονάζουσας βιομάζας (πρωτογενούς οργανικής ουσίας) και μετατροπή της σε ενεργό οργανικό λίπασμα, το «κόμποστ». Η διαδικασία της κομποστοποίησης στηρίζεται στην ύπαρξη

και την βιολογία των μικροοργανισμών του εδάφους (μύκητες, βακτήρια, ακτινομύκητες) οι όποιοι και αποδομούν τα οργανικά υλικά του σωρού κομποστοποίησης. Η κομποστοποίηση έχει ιδιαίτερη οικολογική βαρύτητα καθώς αποτελεί έναν άμεσο και αποτελεσματικό τρόπο ανακύκλωσης. Σχετικές έρευνες απέδειξαν πως το 35 % των οικιακών απορριμμάτων μπορούν να κομποστοποιηθούν.

1.2.1 Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την κομποστοποίηση και πως τους ελέγχουμε.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση είναι οι ακόλουθοι :

Το σωστό μείγμα.

Για να επιτύχει η κομποστοποίηση πρέπει τα υλικά που χρησιμοποιούνται να είναι αναλυόμενα όσον αφορά κάποιους συγκεκριμένους παράγοντες οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω.

Η υγρασία.

Είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας κατά την κομποστοποίηση. Οι μικροοργανισμοί μπορούν να αποδομήσουν μόνο υγρά υλικά. Αν τα υλικά είναι σχετικά ξερά τότε οι μικροοργανισμοί πέφτουν σε αδράνεια. Από την άλλη υπερβολική υγρασία στον σωρό συμβάλλει στην απώλεια θρεπτικών για τους μικροοργανισμούς ουσιών, περιορισμό του αερισμού, παράγωγη δυσάρεστων οσμών, παράγοντες οι οποίοι επιβραδύνουν την όλη διαδικασία. Η κατάβρεξη του σωρού με νερό συντελεί στην αύξηση της υγρασίας, αντίθετα η προσθήκη στον σωρό ξερών υλικών όπως φύλλα, πριονίδια κ.α. βοηθούν σημαντικά στην μείωση της υγρασίας. Το άριστο επίπεδο της υγρασίας είναι διάφορο για κάθε κατηγορία υλικού και συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητες του.

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 για κομποστοποίηση, κυμαίνεται από 45% (λεπτόκοκκα υλικά) μέχρι και 60% (χονδρόκοκκα υλικά) σε υγρή βάση.

Ο αερισμός.

Οι περισσότεροι οργανισμοί που παίρνουν μέρος στην κομποστοποίηση είναι αερόβιοι και χρειάζονται οξυγόνο για να δράσουν άρα ο αερισμός του σωρού είναι απαραίτητος.

Εάν για κάποιο λόγο εξαντληθούν τα αποθέματα οξυγόνου στον σωρό τότε αρχίζει η αναερόβια ζύμωση κατά την οποία εκλύονται δυσάρεστες οσμές ενώ παράγονται και ορισμένα οξέα και αλκοόλες που μπορεί να είναι επικίνδυνα για τα φυτά.

Ο σωστός αερισμός του σωρού μπορεί να επιτευχτεί είτε με την βελτίωση του πορώδους του σωρού με την χρήση σχετικά ογκωδών υλικών ή με το συχνό ανακάτωμα του σωρού.

Η θερμοκρασία.

Αμέσως μετά την διαμόρφωση του σωρού με το προετοιμασμένο υλικό, αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση θερμικής ενέργειας και εξ' αυτής άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού. Έτσι κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στην θερμοκρασία του σωρού. Οι ενεργοί οργανισμοί που παίρνουν μέρος στην κομποστοποίηση μπορούν να ανεβάσουν την θερμοκρασία εντός του σωρού σε μεγέθη της τάξης των 70°C. Έτσι στα πρώτα δύο ή και τρία 24/ωρα η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί τους 70°C, θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 65°C μπορούν να είναι επιβλαβείς για τους μικροοργανισμούς και η διαδικασία να επιβραδυνθεί. Ως άριστη θερμοκρασία για τη μικροβιακή δραστηριότητα θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65°C. Όταν η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει κάτω από τα επιθυμητά όρια αυτό μας παραπέμπει στην εξάντληση του διαθέσιμου οξυγόνου ή τη μείωση της υγρασίας, σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η επέμβαση οξυγόνωσης του υλικού που μπορεί να γίνει είτε με το γύρισμα του σωρού και το κατάβρεγμά του με νερό, είτε με την παροχή αέρα υπό πίεση στη βάση του σωρού, είτε ακόμα και με την αναρρόφηση των εγκλωβισμένων αερίων από την μάζα του υλικού και την αντικατάστασή τους με ατμοσφαιρικό αέρα και προσθήκη νερού εάν απαιτείται. Η θερμοκρασία μπορεί εύκολα να υπολογιστεί με τη χρήση θερμόμετρων.

Μέγεθος τεμαχιδίων (κοκκομετρία)

Ένας από του σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει σημαντικά την μικροβιακή δραστηριότητα είναι το μέγεθος των τεμαχιδίων λόγω του ότι ο πολυτεμαχισμός του υλικού σε μικρά τεμάχια αυξάνει μεν την επιφάνεια την οποία δύναται να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των αποδημητικών μικροοργανισμών, αλλά ταυτόχρονα μειώνει τα κενά του αέρα με αποτέλεσμα την επικράτηση των ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών. Το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού κόμποστ και μας είναι γνωστό πως δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων κατά την έναρξη της κομποστοποίησης είναι μεταξύ των 1,5 και 7,5 cm.

Σχέση C/N

Οι μικροοργανισμοί κατά την αποδόμηση των οργανικών ενώσεων αφομοιώνουν περίπου το 1/3 του αφομοιώσιμου άνθρακα (C) και τον υπόλοιπο τον ελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα ως CO₂. Για να γίνει όμως αυτή η διεργασία απαιτείται επαρκής ποσότητα αζώτου. Από πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι η άριστη τιμή της σχέσης C/N, στο προς χώνευση υλικό, είναι εκείνη του 30/1. Επομένως στην περίπτωση όπου η αρχική σχέση C/N στο υλικό είναι πάνω από 30/1, είναι αναγκαία η προσθήκη αζώτου (N) και σε τέτοια ποσότητα που να μπορεί να διορθώσει την παραπάνω σχέση στο 30/1. Το N που θα προστεθεί μπορεί να είναι σε δυο μορφές: α) ανόργανη μορφή (προτιμάται η ουρία ή νιτρική αμμωνία) και β) οργανική μορφή ενός υλικού. π.χ η κοπριά των ορνίθων.

pH

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την αποδόμηση του υλικού είναι το pH του, δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του Ph του υλικού δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελεύθερης αμμωνίας και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη από την ίδια τη διαδικασία.

Υλικά κατάλληλα για την κομποστοποίηση:

- Οργανικά υπολείμματα κουζίνας όπως: Φλούδες, φύλλα, κοτσάνια, χαλασμένοι καρποί, υπολείμματα από σαλάτες, τσόφλια αυγών, κόκκαλα και ψάρια κατά προτίμηση κομμένα και κοπανισμένα. Τα κατακάθια του καφέ και των αφεψημάτων, εκχυλισμάτων κλπ. από αρωματικά βότανα. Χώμα από γλάστρες. Μαραμένα λουλούδια και άλλα φυτά. Στάχτη από καυσόξυλα.
- Φυτικά υπολείμματα από λαϊκές αγορές, λαχαναγορές, συνεταιρισμούς, υπολείμματα λαχανικών (φύλλα και στελέχη).
- Υπολείμματα καλλιεργειών και γεωργικών εκμεταλλεύσεων.
- Ροκανίδια, πριονίδια και φλοιός από κατεργασία ξυλείας.
- Φυτική υλη από πάρκα, κήπους, θαμνόφυτα, κλαδιά δέντρων, κομμένη χλόη, αγριόχορτα, φύλλα από δέντρα.
- Οργανικά υπολείμματα από στάβλους και οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες (κοπριά και άχυρο).
- Αφυδατωμένη λυματολάσπη από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων.

Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση:

- Ανόργανα υλικά (πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί).
- Τυπωμένο χαρτί (εν μέρει), υπολείμματα τροφών που περιέχουν υλικά καθαρισμού, απορρυπαντικά κλπ.
- Συνίσταται να αποφεύγεται η χρήση πευκοβελόνων και άλλων πευκωδών σε μεγάλες ποσότητες γιατί επηρεάζουν αρνητικά τα ποσοστά της υγρασίας στο παραγόμενο κόμποστ.

1.2.2 Η διαδικασία της κομποστοποίησης.

Αν και στο εσωτερικό του σωρού λαμβάνουν χώρα πολύπλοκες βιοχημικές και βιολογικές διαδικασίες, η κομποστοποίηση σαν διαδικασία είναι πολύ απλή και εύκολη ακόμα και για ανειδίκευτους καλλιεργητές ή και για εκείνους που επιθυμούν να εφαρμόσουν την τεχνική ερασιτεχνικά σαν χόμπι ή σε μικρή κλίμακα (οικιακή).

Το μόνο που πρέπει να γίνει είναι ο τεμαχισμός των υλικών, η ομογενοποίηση του μείγματος και η δημιουργία του σωρού ή των σειραδίων.

Ωστόσο δεν πρέπει να παραλείπονται οι λοιπές εργασίες και ο συχνός έλεγχος των παραμέτρων που επηρεάζουν την κομποστοποίηση όπως αυτές παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Κατά την κομποστοποίηση παρατηρούμε ότι το μέγεθος του σωρού μικραίνει καθώς οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά υλικά ενώ καθώς η διαδικασία ολοκληρώνεται η θερμοκρασία του σωρού θα μειωθεί σημαντικά και θα αγγίξει εκείνη του περιβάλλοντος.

Μόλις η διαδικασία της κομποστοποίηση ολοκληρωθεί τα περισσότερα υλικά δεν θα είναι πλέον αναγνωρίσιμα και το τελικό προϊόν, το «ώριμο κόμποστ» θα είναι έτοιμο για χρήση, θα έχει βαθύ σκούρο χρώμα και τη χαρακτηριστική μυρωδιά του γήινου βρεγμένου χώματος.

Κατά την διαδικασία είναι δυνατό να παρατηρηθούν πολλοί μικροοργανισμοί με την μορφή λεύκων εξωθήσεων ή στιγμάτων καθώς επίσης γαιοσκώληκες και μυριόποδα.

Όριμο κόμποστ και τα χαρακτηριστικά του

Με τον ορό «ώριμο κόμποστ» χαρακτηρίζουμε το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης. Το προϊόν αυτό είναι εκείνο που θα εφαρμόσουμε ως λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό ή υπόστρωμα σε διάφορες καλλιέργειες.

Εκτός από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω ένα κόμποστ θα πρέπει, για να χαρακτηριστεί ώριμο και έτοιμο για χρήση ή για εμπορική εκμετάλλευση, να έχει και μια σειρά από φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Προτεινόμενα κριτήρια εμπορευσιμότητας και χρήσης των κόμποστ

Στήλη1	Στήλη2	Στήλη3	Στήλη4
Παράμετροι	Μονάδες Μέτρησης	Κατηγορία Α	Κατηγορία Β
Πυκνότητα (φανόμενο ειδικό βάρος)	(1b/cu yd)	600-800	400-1000
C.E.C	(meq/100 gr)	>100	>100
Ξένες ύλες	(Μέγιστο %)	2	5
Υγρασία	(%)	40-60	30-50
Οσμή		Γήινη	Μηδαμινή
Οργανική ουσία	(Ελάχιστο %)	50	40
PH		5,5-6,5	5-Αυγ
Μέγεθος τεμαχιδίων	(ίντσες)	<1/2	<7/8
Υδατοικανότητα	(Ελάχιστο %)	150	100
C:N	(Μέγιστο)	15	20
Άζωτο	(Ελάχιστο %)	1	0,5
Αγωγιμότητα (διαλυτά άλατα)	(mmhow/cm)	<2	<3
Βλάστηση σπόρων	(Ελάχιστο %)	95	90
Ζώντα σπέρματα ζιζανίων		κανένα	κανένα

Πηγή: Washington Department of Ecology, 1990.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην περιεκτικότητα του κόμποστ σε θρεπτικά στοιχεία η όποια είναι θεμιτό να παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη ενώ χαμηλή πρέπει να είναι η περιεκτικότητα του σε βαρέα μέταλλα. Τέλος το κόμποστ δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να παρουσιάζει φαινόμενα φυτοτοξικότητας. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται κυρίως στη ύπαρξη ορισμένων ουσιών που παρουσιάζουν φυτοτοξική δράση όπως: διάφορα οργανικά οξέα, αλκοόλες, φαινόλες και φαινολικά παράγωγα. Οι ουσίες αυτές είναι δυνατόν να προϋπάρχουν στα οργανικά υπολείμματα ή να δημιουργηθούν κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης κυρίως κατά την φάση της ταχείας αποδόμησης τους.

Η ασφαλής χρήση του κόμποστ πρέπει να συνοδεύεται και από μια σειρά βιολογικών ιδιοτήτων του όπως αυτές παρουσιάζονται παρακάτω :

- Η απουσία ανθρωπογενών παθογόνων μικροοργανισμών: καθορίζει την ασφάλεια ενός τέτοιου προϊόντος για την υγεία τόσο του χρήστη όσο και του καταναλωτή των παραγόμενων προϊόντων.
- Η απουσία ζωικών ή φυτικών παθογόνων μικροοργανισμών καθορίζει την ασφαλή χρήση του υλικού σε διάφορες καλλιέργειες χωρίς τον κίνδυνο μεταφοράς και διάδοσης ασθενειών.
- Η παρουσία μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών δημιουργεί ένα πλούσιο οικοσύστημα στο οποίο οι διάφοροι μικροοργανισμοί προσφέρουν προστασία από διάφορες ασθένειες κυρίως του ριζικού συστήματος.

Εφαρμογές του Ωριμου κόμποστ.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω και εάν κριθεί κατάλληλο για χρήση το ώριμο κόμποστ μπορεί να εφαρμοστεί ως οργανικό λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό και ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών σε διαφορές καλλιέργειες. Αναλυτικά :

- Ως **οργανικό ή οργανοχουμικό λίπασμα** αλλά και **εδαφοβελτιωτικό** στις διαφορές καλλιέργειες εδάφους.
- Ως **συστατικό** για την ανάπτυξη φυτών σε διαφορές καλλιέργειες (λαχανοκομίες, ανθοκομικές, κ.λπ.).
- Ως **συστατικό υποστρώματος** για την ανάπτυξη φυτών , κυρίως ανθοκομικών, εκτός εδάφους (γλάστρες)

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Κατά τα έτη 2006 και 2007 πραγματοποιήθηκε κομποστοποίηση του συνόλου των φυτικών υπολειμμάτων (κλαδοκάθαρων) του πρασίνου του Δήμου Ηρακλείου , στην πιλοτική μονάδα κομποστοποίησης (Π.Μ.Κ) του ΤΕΙ Κρήτης μετά από σχετική Προγραμματική Σύμβαση Συνεργασίας μεταξύ του Ιδρύματος και του Δήμου .

Σκοπός αυτής της Συνεργασίας ήταν :

- για το Δήμο η απαλλαγή του από τον όγκο των κατ' έτος παραγόμενων κλαδοκαθάρων και το κόστος μεταφοράς τους στο χώρο ταφής των απορριμμάτων, η εξοικονόμηση του χώρου που αυτά καταλαμβάνουν στο χώρο ταφής και ακόμη η παραγωγή ενός χρήσιμου υλικού, του κόμποστ, για την ανάπτυξη του πρασίνου στην πόλη, και
- για το ΤΕΙ και ιδιαίτερα για τη Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας , που είχε την ευθύνη της επεξεργασίας, η εκπαίδευση των φοιτητών πάνω στο αντικείμενο της κομποστοποίησης και ακόμη η παραπέρα μελέτη της όλης διαδικασίας και η κατά το δυνατόν βελτίωσή της σε επίπεδο εφαρμογής.

Στην παρούσα Έκθεση παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των δύο χρόνων εφαρμογής της κομποστοποίησης ως προς :

- την όλη διαδικασία κομποστοποίησης των κλαδοκαθάρων και την ωρίμανση του παραγόμενου κόμποστ,
- την εργαστηριακή και αγρονομική αξιολόγηση της ποιότητας του κόμποστ και
- τις οδηγίες χρησιμοποίησης του κόμποστ.

Ταυτόχρονα διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας αυτής της προσπάθειας, με σκοπό τη μόνιμη απαλλαγή του Δήμου από τον όγκο αυτών των υπολειμμάτων.

Ακόμη διατυπώνονται δυο νέες προτάσεις. Η πρώτη αναφέρεται στη συγκέντρωση και κομποστοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων των **οικογενειακών κήπων** μαζί με τα κλαδοκάθαρα του Δήμου και η δεύτερη στην αντιμετώπιση του προβλήματος της **Λυματολάσπης του βιολογικού καθαρισμού** με τη συνκομποστοποίησή της με τα κλαδοκάθαρα .

Ποσότητα και ποιότητα επεξεργασθέντων κλαδοκαθάρων

Με βάση την κατά προσέγγιση καταγραφή των εισαχθέντων ατεμάχιστων κλαδοκαθάρων στην Π.Μ.Κ του ΤΕΙ , η κατ' έτος ποσότητά τους, σε κυβικά μέτρα, υπολογίστηκε ως ακολούθως :

- Έτος 2006.....6.000 m³
- Έτος 2007.....6.500 m³

Σύνολο ατεμάχιστων κλαδοκαθάρων.....12.500 m³

Από τις μετρήσεις που έγιναν ως προς τη σχέση μεταξύ ατεμάχιστων προς τεμαχισμένα κλαδοκάθαρα, κατ' όγκον, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Όταν τα κλαδοκάθαρα είναι λεπτοί κλαδίσκοι με πολύ φύλλωμα, (π.χ. φίκι μικρόφυλλοι) η σχέση είναι περίπου 2:1.
- Όταν τα κλαδοκάθαρα είναι με χοντρούς κλάδους και λίγο φύλλωμα (π.χ. πεύκα) η σχέση είναι 3:1.

Με βάση τα παραπάνω και τη βοτανική σύνθεση των κλαδοκαθάρων , που παρατίθεται παρακάτω, θεωρούμε ότι η σχέση, κατ' όγκον , των ατεμάχιστων προς τα τεμαχισμένα, είναι κατά μέσον όρο 2,5:1. Ακόμη το Ειδικό Βάρος των ατεμάχιστων κλαδοκαθάρων, κατά μέσον όρο είναι γύρω στα 100 kg/m³ και επομένως των τεμαχισμένων γύρω στα 250 kg/m³ Συνεπώς τα 12.500 m³ κλαδοκαθάρων που μεταφέρθηκαν στην Π.Μ.Κ., θεωρούμε ότι έδωσαν περίπου 5.000 m³ τεμαχισμένων κλαδοκαθάρων και το βάρος τους ήταν γύρω στα 1250 τόνοι.

Τα κλαδοκάθαρα που μεταφέρθηκαν στην Π.Μ.Κ υπολογίζεται, εντελώς χονδρικά , ότι είχαν την ακόλουθη σύνθεση κατ' όγκο , ως προς τα είδη των δέντρων και θάμνων, από τα οποία προερχόταν.

Πίνακας 2. Βοτανική σύνθεση κλαδοκαθάρων Δήμου Ηρακλείου.

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

2.2. Διαδικασία επεξεργασίας και αναγκαίες βελτιώσεις

Τεμαχισμός κλαδοκαθάρων

Ο τεμαχισμός των κλαδοκαθάρων γινόταν με σφυρόμυλο μεσαίου μεγέθους, με μεταφορική ταινία εισαγωγής των κλαδοκαθάρων και μεταφορική ταινία μεταφοράς του θρυμματισμένου υλικού στην πίστα κομποστοποίησης. (φωτογραφίες 1, 2 και 3)

Κατά το πρώτο έτος (2006) η τροφοδοσία του μύλου γινόταν χειρονακτικά, με αποτέλεσμα η απόδοσή του να είναι εξαιρετικά μειωμένη. Κατά το δεύτερο έτος (2007) μεταφέρθηκε στο χώρο της Π.Μ.Κ. γερανοφόρο όχημα με αρπάγη για τη μηχανική τροφοδοσία του μύλου, με αποτέλεσμα να αυξηθεί κατακόρυφα η απόδοσή του.

Κομποστοποίηση

Κατά το πρώτο έτος (2006) για την κομποστοποίηση των θρυμματισμένων κλαδοκαθάρων διαμορφώνονταν επί της πίστας δίδυμα σειράδια πλάτους 2.5 m, ύψους 1.30 m και μήκους 25 m το καθένα και σε απόσταση μεταξύ τους γύρω στα 50 cm. Μεταξύ των δίδυμων σειραδίων υπήρχε κενός χώρος (διάδρομος) πλάτους 2.5 m.

Η αναστροφή των σειραδίων γινόταν με ρυμουλκούμενο από τρακτέρ αναστροφέα , ανά δεύτερη περίπου εβδομάδα. Το τρακτέρ περνούσε από τους διαδρόμους των 2.5 m που χώριζαν τα δίδυμα σειράδια, αναστρέφοντας διαδοχικά τα δύο σειράδια των δίδυμων σειραδίων. Η διάταξη όμως αυτή απαιτεί μεγάλο χώρο κομποστοποίησης που όπως αποδείχτηκε ο υπάρχων δεν μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες λόγω των μεγάλων ποσοτήτων κλαδοκαθάρων που μεταφέρονταν στην Π.Μ.Κ. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε, κυρίως κατά το δεύτερο έτος (2007) , με την κατάργηση των σειραδίων και το σχηματισμό αντ' αυτών μεγάλων σωρών πλάτους 4-5 m και ύψους 3-4 m περίπου τόσο επί της πίστας όσο και **σε παρακείμενο δρόμο του Αγροκτήματος του οποίου το κατάστρωμα ήταν από 3 Α.** Η αναστροφή των σωρών αυτών γίνεται πλέον με φορτωτή. (φωτογραφία 5)

Τα μειονεκτήματα αυτής της αλλαγής είναι τα ακόλουθα :

- α. Η αδυναμία χρησιμοποίησης του αναστροφέα έχει ως αποτέλεσμα να στερείται η κομποστοποίηση του θρυμματισμού των μεγάλων τεμαχίων ξύλου που ο αναστροφέας προκαλεί στα προχωρημένα στάδια βιοαποδόμησής τους .
- β. Η χρησιμοποίηση του δρόμου σαν πίστα κομποστοποίησης μειώνει την ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ λόγω της πρόσμιξης σ' αυτό χώματος και χαλικιών.
- γ. Η μη ύπαρξη ιδανικών συνθηκών βιοαποδόμησης στους μεγάλους σωρούς είχε ως αποτελέσματα την επιμήκυνση του χρόνου κομποστοποίησης από 8-10 εβδομάδες που ήταν με τα σειράδια, στις 15 εβδομάδες περίπου.
- δ. Το ασφαλτοστρωμένο τμήμα της πίστας καταστράφηκε , σε μεγάλη έκταση, λόγω της χρήσεως του φορτωτή και των μεγάλων θερμοκρασιών (70⁰c) κομποστοποίησης

Ωρίμανση κόμποστ

Μετά την ταχεία φάση της κομποστοποίησης και την πτώση της θερμοκρασίας σταθερά κάτω των 50⁰ C, το κόμποστ συγκεντρώνονταν σε μεγάλους σωρούς και παρέμενε σε αυτή τη θέση για 8-10 εβδομάδες ,για την ωρίμανση του. Κατά την

διάρκεια της ωρίμανσης και όταν η υγρασία του κόμποστ έπεφτε σε χαμηλά επίπεδα, στη διάρκεια του καλοκαιριού, γινόταν γύρισμα των σωρών και ταυτόχρονα προσθήκη νερού, επιτυγχάνοντας την εξασφάλιση της άριστης υγρασίας 60%, σε υγρή βάση. (φωτογραφία 5)

Το κόμποστ εκκρίνεται τελικά ως ώριμο όταν οι ακόλουθες εργαστηριακές αναλύσεις έδιδαν τα αναφερόμενα αποτελέσματα :

- Το pH του κόμποστ, με τη μέθοδο 1:1,5 v/v, έπεφτε στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή (κάτω του 8) από το pH των πρώτων ημερών της ωρίμανσης που ήταν συνήθως πάνω από 8.
- Η σχέση C/N έπεφτε κάτω του 20/1.
- Η βλάστηση σπόρων καρδάμου και η ανάπτυξη των φυταρίων του στο κόμποστ ήταν πολύ καλή, γεγονός που σήμαινε ότι το κόμποστ δεν ήταν πλέον φυτοτοξικό.

Ραφινάρισμα κόμποστ

Το Συνεργείο του Δήμου, με τις υποδείξεις μας, κατασκεύασε ένα αξιόλογο μηχανικό ηλεκτροκίνητο κόσκινο για το ραφινάρισμα του τελικού κόμποστ. Η τροφοδοσία του γίνεται με φορτωτή και απαιτεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ένα εργάτη για τη συγκέντρωση του ραφιναρισμένου κόμποστ. (φωτογραφία 6)

Σε περίπτωση χρησιμοποίησης κοσκίνου με οπές 19 mm μειώνεται σημαντικά ο όγκος των χονδροειδών υλικών και αυξάνεται αντίστοιχα η ποσότητα του ραφιναρισμένου κόμποστ. Αυτό όμως δεν μπορεί να χαρακτηριστεί πρώτης ποιότητας.

(φωτογραφία 7)

Μετά την ολοκλήρωση της ωρίμανσης και εφόσον η Υπηρεσία πρασίνου του Δήμου ήθελε ραφιναρισμένο το τελικό προϊόν, γινόταν κοσκίνισμα του κόμποστ στο ηλεκτροκίνητο κόσκινο με οπές διαμέτρου 10 mm. (φωτογραφίες 8 και 9)

Εργαστηριακή αξιολόγηση κόμποστ

Η εργαστηριακή αξιολόγηση του τελικού κόμποστ γινόταν με βάση τα αποτελέσματα των ακόλουθων αναλύσεων:

- pH και E.C. με τη μέθοδο 1:1,5 v/v
- Ολικό C % ξ.ο.
- Ολικό N % ξ.ο.
- Σχέση C/N
- NO₃-N % ξ.ο.
- Οργανική ουσία % ξ.ο.
- Φυτοτοξικότητα

Τα αποτελέσματα αξιολόγησης του τελικού κόμποστ που είναι έτοιμο να παραδοθεί παρουσιάζονται στο επόμενο Κεφάλαιο παράθεσης των αποτελεσμάτων.

Αγρονομική αξιολόγηση του κόμποστ

Η αγρονομική αξιολόγηση του κόμποστ γίνεται συνεχώς με την πραγματοποίηση των ακόλουθων πειραματικών καλλιεργειών .

- Ανάπτυξη χλοοτάπητα (γκαζόν) σε έδαφος που έχει υποστεί βελτίωση με την προσθήκη κόμποστ. (φωτογραφία 10)
- Βλάστηση σπόρων καρδάμου και ανάπτυξη σποροφύτων στο κόμποστ και σε υποστρώματα στα οποία συμμετέχει και το κόμποστ (φωτογραφίες 11 και 12)
- Ανάπτυξη σποροφύτων καλλωπιστικών φυτών σε υποστρώματα με τη συμμετοχή του κόμποστ. (φωτογραφίες 13,14,15 και 16)
- Ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών σε υποστρώματα με τη συμμετοχή του κόμποστ. (φωτογραφίες 17,18,19 και 20)
- Πραγματοποίηση θερμοκηπιακών λαχανοκομικών καλλιεργειών στο έδαφος με την προσθήκη κόμποστ σε διάφορα επίπεδα.
(φωτογραφίες 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32 και 33)

Τα αποτελέσματα για την αγρονομική αξιολόγηση του κόμποστ παρουσιάζονται στο επόμενο Κεφάλαιο παράθεσης των αποτελεσμάτων.

Ενσάκκιση κόμποστ

Μια πιθανή εξέλιξη, ως προς την αξιοποίηση του παραγόμενου κόμποστ είναι η προώθησή του και προς τους Δημότες Ηρακλείου προκειμένου να συμβάλλουν στην αύξηση του πρασίνου της πόλης αλλά και στην ενδυνάμωση της περιβαλλοντικής συνείδησής τους. Σ' αυτή την περίπτωση είναι πιθανόν η διακίνησή του να απαιτήσει την ενσακκισή του.

Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκε σε κατάλληλους σάκους ποσότητα ώριμου κόμποστ προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά του και πιθανές μεταβολές του στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του και οι αναγκαίες διορθωτικές παρεμβάσεις.

Αποτελέσματα θα υπάρξουν μετά από 3-5 μήνες.

Αξιοποίηση του κόμποστ ως βιοφίλτρου

Μια από τις δυνατότητες αξιοποίησης του κόμποστ των κλαδοκαθάρων είναι και η χρησιμοποίησή του ως βιοφίλτρου απόσπησης δύσοσμων αερίων. Γίνονται σχετικές δοκιμές και σύντομα υπολογίζεται να υπάρχουν αποτελέσματα.

2.3 Οι μέθοδοι αξιολόγησης των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στα δείγματα του κόμποστ

Για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων σχετικά με τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου κόμποστ αλλά και για να προσδιορίσουμε την καταλληλότητα του κόμποστ για χρήση ήταν απαραίτητη η υποβολή των δειγμάτων σε συνεχείς ελέγχους όλων εκείνων των χαρακτηριστικών που εκφράζουν την φυσιολογία του κόμποστ και το χαρακτηρίζουν κατάλληλο για χρήση (θερμοκρασία , υγρασία , pH , E.C. , C , οργανική ουσία , N , C/N , NO⁻³ , κοκκομετρία και υποτονικότητα).

Αναλυτικά :

Θερμοκρασία : η μεταβολή της θερμοκρασίας παίζει μεγάλο ρόλο στη διαδικασία της κομποστοποίησης και η μέτρηση της γινόταν σε καθημερινή βάση με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού θερμομέτρου με ράμφος. Οι μετρήσεις καταγραφόταν σε σχετικό πίνακα και με βάση αυτόν των πίνακα σχηματίστηκε στο τέλος οι γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας .

Υγρασία : ο προσδιορισμός της υγρασίας αποσκοπεί στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσια νερού αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία κομποστοποίησης καθώς είναι γνωστό πως υγρασία κάτω από 45% δημιουργεί πρόβλημα στους μικροοργανισμούς που υποδομούν την οργανική ουσία ενώ η υγρασία πάνω από 70% δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες . ο προσδιορισμός της υγρασίας περιλαμβάνει της παρακάτω συσκευές και διαδικασία :

- Συσκευές : φούρνος ξήρανσης στους 105°C , πυρίμαχες κάψες , ζυγαριά .
- Διαδικασία : η διαδικασία προσδιορισμού υγρασίας περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:
 - ✓ Τεμαχίζουμε το υλικό μας σε όσο το δυνατόν μικρότερα τεμάχια με προσοχή να μην αλλοιώσουμε τα χαρακτηριστικά του.
 - ✓ Ζυγίζουμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές (τιμή Α)
 - ✓ Τοποθετούμε μικρή ποσότητα δείγματος στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώνουμε με κάποιο κωδικό τιλο υλικό που μετράμε.
 - ✓ Επαναρχίζουμε τις κάψες (τιμή Β)
 - ✓ Τοποθετούμε την κάψα στο φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες
 - ✓ Βγάζουμε τις κάψες από το φούρνο και τις αφήνουμε σε ειδικά δοχεία για όση ώρα χρειαστεί ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
 - ✓ Ζυγίζουμε τις κάψες (τιμή Γ)

Η υγρασία υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο: **Y (%)= Γ-A/B-A X 100**

pH και E.C. : Με το pH αποδίδετε η συγκέντρωση ιόντων H^+ και OH^- ενώ με την ηλεκτρική αγωγιμότητα αποδίδετε η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό ή στο υπόστρωμα το οποίο θέλουμε να μελετήσουμε. Για τον προσδιορισμό των pH και E.C είναι απαραίτητο να πάρουμε διήθημα από το υπό μελέτη υλικό, αυτό το επιτυγχάνουμε ως εξής:

- Με την προσθήκη απιονισμένου νερού στο υλικό φέρνουμε μακροσκοπικά την υγρασία του σε $pF= 1,5$.
- Γεμίζουμε τον κάτω κύλινδρο, της συσκευής εφαρμογής της μεθόδου, και μέχρι την μέση του επάνω κυλίνδρου με το υλικό.
- Τοποθετούμε το βαρίδιο της συσκευής και μετά κόβουμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάζουμε σε ποτήρι ζέσης.
- Προσθέτουμε 150 ml απιονισμένου νερού και ανακατεύουμε επί 15 λεπτά. Αφήνουμε το δείγμα στο νερό για 2 ώρες
- Δηθούμε όλη νύχτα και στο διήθημα μετρούμε το pH και την E.C με ειδικά ηλεκτρονικά μηχανήματα.

C και οργανική ουσία : ο προσδιορισμός του C γίνεται με την παρακάτω διαδικασία

- Το οργανικό υλικό ξεραίνεται για 48 ώρες στη θερμοκρασία $75^{\circ}C$
- Το ξηρό δείγμα αλέθεται στο εργαστηριακό μύλο .
- προσθέτουμε σε κάψα δείγμα 2-3 go και ταυτόχρονα προσδιορίζεται ακριβώς η υγρασία του αλεσμένου υλικού στους $105^{\circ}C$
- Καίγεται στο φούρνο καύσης στους $600^{\circ}C$ για 16 ώρες περίπου ή μέχρι σταθερού βάρους
- Ζυγίζεται η τέφρα και προσδιορίζετε % σε ξηρή ουσία .

Για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα εφαρμόζετε ο παρακάτω τύπος :

$$C\% = 100 - \text{Τέφρα \%} / 1,8$$

Η οργανική ουσία προσδιορίζετε από τον ακόλουθο τύπο :

$$\text{Οργανική ουσία \%} = \text{οργανικός C\%} * 1,724$$

Άζωτο N : ο προσδιορισμός του αζώτου περιλαμβάνει δυο στάδια την πέψη και την απόσταξη

Αναλυτικά :

Πέψη

1. Ζυγίζουμε 50-100 mg λεπτό –αλεσμένου υλικού ή τόση ποσότητα που το άζωτο που θα περιέχει να είναι γύρω στο ένα mg N , και το μεταφέρουμε με προσοχή στη φιάλη πέψης χωρίς να επικαθίσει στα τοιχώματα της φιάλης .

- Ταυτόχρονα σε ξεχωριστό δείγμα προσδιορίζουμε στους 105 °ο την υγρασία του υλικού.
2. Προσθέτουμε περί τα 100 mg καταλύτη στη φιάλη πέψης . μπορεί να χρησιμοποιηθώ μικρομεζούρα χωρητικότητας 100mg καταλύτη.
 3. Προσθέτουμε 1,5 ml πυκνό H₂SO₄ και θερμάνουμε σταδιακά επί 4 περίπου ώρες . ρυθμίζουμε κατά τέτοιο τρόπο τη θέρμανση ώστε οι ατμοί του H₂SO₄ να συμπυκνώνεται στο πρώτο τρίτο του μήκους του λαιμού της φιάλης πέψης. θεόρατοι ότι η πέψη ολοκληρώθηκε όταν το περιεχόμενο της φιάλης πάρει το χρώμα του πράσινου μήλου.

Απόσταξη

1. Αφού κρυώσει η φιάλη πέψης , μεταφέρουμε το περιεχόμενο της στη φιάλη απόσταξης , ξεπλένοντάς την 2-3 φορές με μικροποσότητες απιονισμένου νερού και μεταγγίζοντας τα ξεπλύματα στη φιάλη απόσταξης .
2. Προσαρμόζουμε τη φιάλη απόσταξης στην αποστακτική μηχανή.
3. Σε κωνική φιάλη των 50 ml μεταφέρουμε 20 ml από το διάλυμα του H₃BO₃ 2% με λίγες σταγόνες δείκτη και την τοποθετούμε κάτω από τον συμπυκνωτή με το ράμφος του συμπυκνωτή μέσα στο διάλυμα του βορικού οξέος .
4. Συνδέουμε την συσκευή απόσταξης με τη φιάλη παραγωγής ατμού.
5. Προσθέτουμε στο χωνί συσκευής 10 ml διαλύματος NaOH 40%
6. Αφήνουμε σταδιακά να περάσει το NaOH στη φιάλη απόσταξης. Στο τέλος ξεπλύνουμε το χωνί με λίγο νερό που και αυτό το αφήνουμε να περάσει τη φιάλη απόσταξης . συνεχίζουμε την απόσταξη μέχρι το απόσταγμα στη κωνική φιάλη να φτάσει περίπου στα 50 ml
7. Απομακρύνουμε την κωνική φιάλη και αποσυνδέουμε τη συσκευή από τη φιάλη παράγωγης ατμού
8. Αναδεύουμε το απόσταγμα με το 0,01 N H₂SO₄ μέχρι που το χρώμα να γίνει ροζέ .

Ο τύπος που μας δίνει την περιεκτικότητα σε ολικό N είναι ο ακόλουθος :

$$N\% = (A-B)14 / \text{ξηρό βάρος (mg)}$$

Νιτρικό άζωτο : (NO₃ – N) : κατά την μέθοδο προσδιορισμού του νιτρικού αζώτου τοποθετούμε σε γυάλινο δοχείο 50 gr δείγματος, 100 ml διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂) μαζί με την προσθήκη μικρής ποσότητας άνθρακα (C), εφόσον καλύψουμε την επάνω επιφάνεια του δοχείου με παραφίλμ τοποθετείται σε μηχανήμα ανάδευσης για μια ώρα. Μετά την πάροδο της μιας ώρας παίρνουμε το υγρό διάλυμα και το φιλτράρουμε έτσι ώστε να πάρουμε καθαρό διάλυμα χωρίς τις προσμίξεις στερεών τεμαχιδίων. Το διάλυμα αυτό τοποθετείται σε αντιδραστήριο και η μέτρηση του νιτρικού αζώτου(NO₃ –N) γίνεται φωτομετρικά

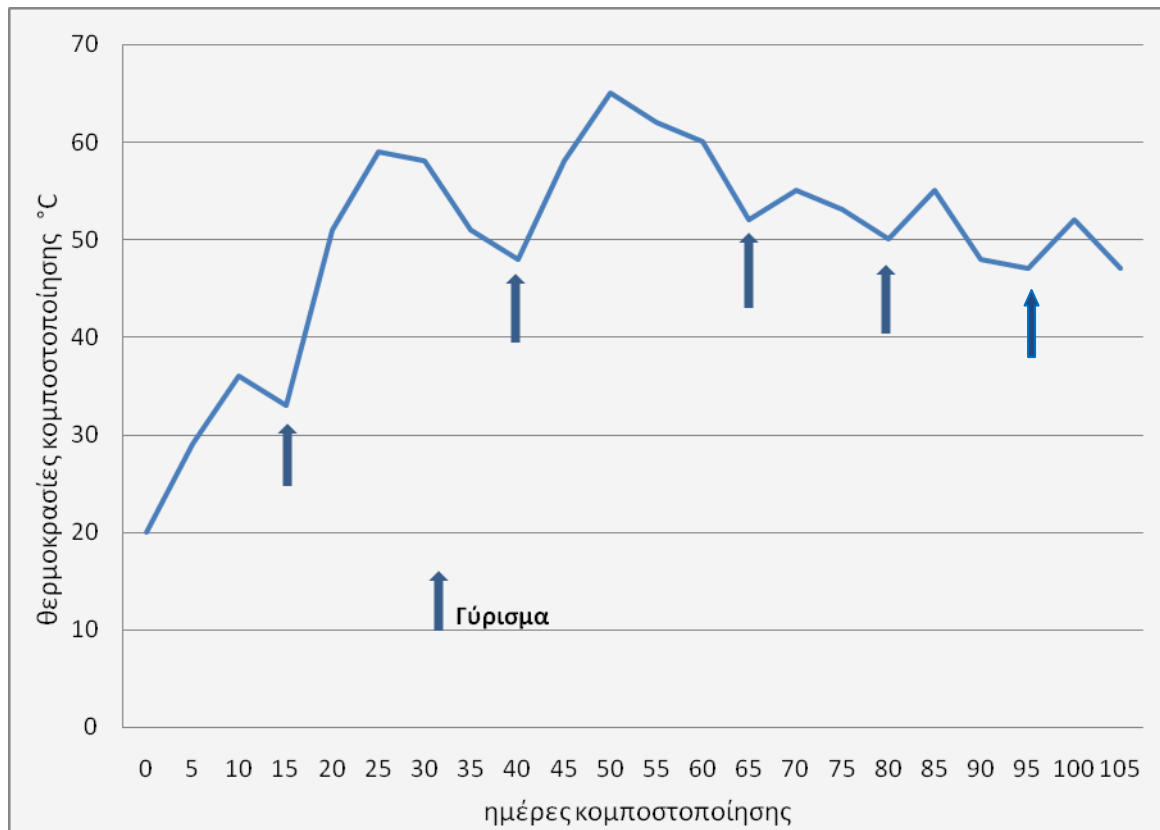
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποτελέσματα κομποστοποίησης, ωρίμανσης και ραφινάρισματος του κόμποστ.

Κομποστοποίηση

Από την κομποστοποίηση των κλαδοκαθάρων του Δήμου Ηρακλείου, στη διάρκεια των δύο χρόνων (2006 και 2007) μπορούν, συμπερασματικά, να σημειωθούν τα ακόλουθα :

- α. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των κλαδοκαθάρων και της αυξημένης παρουσίας εύκολα βιοαποδομήσιμων υλικών (φύλλων, χόρτων κλπ.) με αυξημένη περιεκτικότητα σε N, στις περισσότερες των περιπτώσεων (παρτίδων) δεν απαιτείται η προσθήκη N για τη διόρθωση της σχέσης C/N στο 30/1.
- β. Ο χρησιμοποιούμενος μύλος δεν μπορεί να τεμαχίσει ικανοποιητικά τα κλαδοκάθαρα των Μουριών και Φοινίκων με αποτέλεσμα να παρατείνεται ο χρόνος κομποστοποίησης τους.
- γ. Στη διάρκεια της Άνοιξης και του Καλοκαιριού, λόγω υψηλής εξάτμισης και ξήρανσης των κλαδοκαθάρων, αλλά και λόγω μειωμένων έως ανύπαρκτων βροχοπτώσεων, δεν εξασφαλίζεται η απαιτούμενη υγρασία του 60%, σε υγρή βάση, για την ομαλή πορεία της κομποστοποίησης. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση συστήματος διαβροχής των σειραδίων. Γι' αυτό το λόγο και προτείνεται αυτή η βελτίωση.
- δ. Βασικός παράγοντας για την ομαλή πορεία της κομποστοποίησης αποδείχτηκαν τα γυρίσματα των σωρών. Κάθε καθυστέρηση στην πραγματοποίησή τους παράτεινε το χρόνο κομποστοποίησης. Ακόμη οι αναστροφές με το φορτωτή, όπως αναφέρθηκε ήδη, έχουν το μειονέκτημα ότι δεν συμβάλλουν στο θρυμματισμό των ξυλωδών τμημάτων στα προχωρημένα στάδια αποδόμησης τους.
- ε. Από την καταγραφή σε ημερήσια βάση της θερμοκρασίας κομποστοποίησης, που αποτελεί και την κυριότερη παράμετρο εκτίμησης της πορείας της κομποστοποίησης, προέκυψε ότι οσάκις εξασφαλίζεται η παραπάνω σημειωθείσα υγρασία του 60% και γίνονται και τα γυρίσματα των σειραδίων, τουλάχιστο ανά 15/νθήμερο, τότε η θερμοκρασία κομποστοποίησης ακολουθεί την τυπική πορεία και σε διάστημα τριών μηνών περίπου σταθεροποιείται κάτω των 40 °C, οπότε και θεωρείται ότι ολοκληρώθηκε η ταχεία φάση της κομποστοποίησης. Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική καμπύλη της θερμοκρασίας κομποστοποίησης μέσω των όρων από διάφορα σειράδια κομποστοποίησης των κλαδοκαθάρων του Δήμου Ηρακλείου.



Διάγραμμα 1. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά την κομποστοποίηση των κλαδοκαθάρων του Δήμου Ηρακλείου.

Από την καμπύλη αυτή φαίνεται ότι με τα διαδοχικά γυρίσματα η θερμοκρασία ανεβαίνει σταδιακά και φτάνει κοντά στους 70 °C. Στη συνέχεια ακολουθεί σταδιακά μια καθοδική πορεία, παρά την πραγματοποίηση και πάλι των γυρισμάτων, για να πέσει τελικά κάτω των 40 °C όπως αναφέρθηκε μετά από τρεις περίπου μήνες από την έναρξη της διαδικασίας.

Ωρίμανση

Η ωρίμανση του κόμποστ απαιτεί δύο περίπου μήνες. Σε κάθε περίπτωση (παρτίδα) όμως επιβάλλεται να γίνονται οι φυσικοχημικές και βιολογικές αναλύσεις που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο για να καθορίζεται ο βαθμός ωριμότητας του κόμποστ και η χρήση του.

Μετά την ταχεία φάση της κομποστοποίησης, όπως αποδείχτηκε στην πράξη, αν εφαρμόσουμε θρυμματισμό του κόμποστ που προέρχεται από μεγάλους σωρούς στους οποίους η αναστροφή γίνεται με φορτωτή που χρησιμοποιείται για τον αρχικό θρυμματισμό των κλαδοκαθάρων, τότε η θερμοκρασία σημειώνει νέα σημαντική άνοδο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι θρυμματίζονται τα ημιαποδομημένα μεγάλα

ξυλώδη τεμάχια με αποτέλεσμα να προσφέρεται νέο κατάλληλο υπόστρωμα για την επαναδραστηριοποίηση των αποδημητικών μικροοργανισμών. Ουσιαστικά αυτό το θρυμματισμό των ξυλωδών τεμαχίων τον κάνει ο αναστροφέας στην περίπτωση που χρησιμοποιείται για τα γυρίσματα και ως εκ τούτου δεν χρειάζεται νέος θρυμματισμός πριν από την ωρίμανση.

Ραφινάρισμα

Το κοσκίνισμα του κόμποστ σε μηχανικό ηλεκτροκίνητο κόσκινο, με οπές 10 mm, έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα :

- α. Στην περίπτωση που το προς ραφινάρισμα κόμποστ προερχόταν από σειράδια με τη χρήση του αναστροφέα τότε το ποσοστό του κόμποστ που περνούσε από το κόσκινο έφτανε περίπου το 80 % κατ' όγκον.
- β. Στην περίπτωση που το προς ραφινάρισμα κόμποστ προερχόταν από μεγάλους σωρούς όπου οι αναστροφές γινόταν με φορτωτή, αλλά πριν από την ωρίμανση θρυμματίστηκε στο μύλο, τότε το ποσοστό του κόμποστ που περνούσε από το κόσκινο έφτανε και πάλι περίπου το 80% κατ' όγκον.
- γ. Στην περίπτωση που το προς ραφινάρισμα κόμποστ προερχόταν από μεγάλους σωρούς, όπως στην προηγούμενη περίπτωση και δεν γινόταν θρυμματισμός του πριν από το ραφινάρισμα, τότε το ποσοστό του κόμποστ που περνούσε από το κόσκινο έφτανε περίπου το 60% κατ' όγκον.

Συμπερασματικά από τα παραπάνω προκύπτει ότι με την χρήση του αναστροφέα για το γύρισμα των σειραδίων, δεν απαιτείται ο θρυμματισμός του κόμποστ μετά το πέρας της ταχείας φάσης κομποστοποίησης, αφού το ποσοστό του καθαρού κόμποστ που παράγεται φτάνει στο 80% του όγκου του κόμποστ που οδηγείται στο κόσκινο, όπως δηλαδή και στην περίπτωση του θρυμματισμού του κόμποστ που προέρχεται από μεγάλους σωρούς.

Αποτελέσματα ποσοτικών μεταβολών

Από τις μέχρι στιγμής μετρήσεις που έχουν γίνει, ως προς τις μεταβολές του όγκου και του βάρους των κλαδοκαθάρων, καθ' όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας τους, μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα :

- α. Κατά μέσον όρο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, 2,5m³ ατεμάχιστων ή αθρυμμάτιστων κλαδοκαθάρων δίδουν 1m³ θρυμματισμένων.
- β. Το βάρος των 2,5m³ αθρυμμάτιστων κλαδοκαθάρων και επομένως και το βάρος του 1m³ θρυμματισμένων, με μέση υγρασία γύρω στο 40% , είναι γύρω στα 250kg.
- γ. Το 1m³ θρυμματισμένων κλαδοκαθάρων κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης τους θα χάσουν περίπου το 70% του όγκου τους και το 30% του βάρους τους.

Επομένως το μη ραφινρισμένο κόμποστ που θα παραχθεί από 2,5m³ αθρυμμάτιστων κλαδοκαθάρων ή από το 1 m³ θρυμματισμένων θα είναι 0,3m³ (300 lt) και θα έχει βάρος 175 kg, με υγρασία γύρω στο 35% σε υγρή βάση. Δηλαδή το ειδικό βάρος του θα είναι γύρω στα 580 kg/ m³

δ. Τα 175 kg ή τα 300 lt κόμποστ κατά το ραφινάρισμα τους με κόσκινο των 10 mm θα χάσουν το 20% περίπου του όγκου και του βάρους τους. Δηλαδή το τελικό ραφινρισμένο κόμποστ από 2,5m³ αθρυμμάτιστων κλαδοκαθάρων ή 1m³ θρυμματισμένων θα δώσουν 240 lt ή 140 kg κόμποστ πρώτης ποιότητας. Σε περίπτωση που το ραφινάρισμα θα γίνει με κόσκινο 19 mm η απώλειες θα είναι γύρω στο 10% και θα παραχθούν 270 lt ή 158 kg κόμποστ.

Σημείωση : τα παραπάνω αποτελέσματα προέρχονται από τις πρώτες μετρήσεις και για τρεις παρτίδες κλαδοκαθάρων. Ενδεχομένως σε επόμενες μετρήσεις, λόγω διαφορετικών κλαδοκαθάρων να υπάρξουν διαφοροποιήσεις.

Με βάση τα παραπάνω (προσωρινά) στοιχεία τα 12.500 m³ κλαδοκαθάρων που επεξεργάστηκαν στα δύο χρόνια θα δώσουν 1500 m³ ή 870 τόνους περίπου Α' ποιότητας κόμποστ με υγρασία γύρω στο 35 %.

Αποτέλεσμα κοκκομετρίας ραφινρισμένου κόμποστ με κόσκινο οπών 10mm.

Η κοκκομετρική σύνθεση ραφινρισμένου κόμποστ με κόσκινο οπών 10mm παρουσιάζεται στον Πίνακα 2

Πίνακας 3. Κοκκομετρική σύνθεση ραφινρισμένου κόμποστ με κόσκινο των 10mm και με ελαφρά συμπίεση*.

Κλάσματα	Βάρος (g)	Όγκος (ml)
10,0 mm> κλ.> 6,3 mm	107,7	165
6,3 mm> κλ.> 4,0 mm	98,5	170
4,0 mm> κλ.> 2,8 mm	66,0	120
2,8 mm> κλ.> 2,0 mm	67,0	130
2,0 mm> κλ	368,0	620
Σύνολο	708,1	1205 ml

* Στοιχεία δείγματος : όγκος 1lt, βάρος 709,1g και υγρασίας 45% .

Από τα στοιχεία του παραπάνω Πίνακα 2 φαίνονται τα ακόλουθα :

α. Η μείωση του βάρους του δείγματος κατά 1,3 g είναι μέσα στα όρια του πειραματικού λάθους.

β. Η αύξηση του ολικού όγκου κατά 205 ml είναι σημαντική και οφείλεται στην ξεχωριστή ογκομέτρηση των λεπτών κλασμάτων που στο συνολικό δείγμα είναι εγκλωβισμένο στα κενά των μεγάλων τεμαχιδίων (κλασμάτων).

γ. Το μεγαλύτερο μέρος του όγκου και βάρους του κόμποστ, 62 και 52% αντίστοιχα, αποτελούνται από τεμαχίδια με διάμετρο μικρότερη των 2 mm.

3.2 Αποτελέσματα εργαστηριακής αξιολόγησης του τελικού ώριμου κόμποστ.

Στον Πίνακα 4 Που ακολουθεί παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες τριών τελικών κόμποστ με διαφορετική ηλικία.

Πίνακας 4. Φυσικοχημικές ιδιότητες τριών τελικών κοσκινισμένων κόμποστ.

Κόμποστ	Υγρασία (%)	Μέθοδος 1:15 v/v		C (%ξ.ο)	Οργανική ουσία (%ξ.ο)	N (%ξ.ο)	Σχέση C/N	NO ₃ -N (ppm)
		pH	E.C (ms/cm)					
Παλαιό ώριμο κόμποστ (15 μήνες από έναρξη κομποστοποίησης)	35,7	7,61	2,41	19,11	34,39	1,11	17,2	230
Νεότερο ώριμο κόμποστ (12 μήνες από έναρξη κομποστοποίησης)	33,8	7,64	1,99	22,16	39,9	1,21	18,3	130
Ακόμη νεότερο κόμποστ (10 μήνες από έναρξη κομποστοποίησης)	41,7	7,69	2,24	23,52	42,34	1,30	18,1	130

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 4 μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα :

α. Με την εξέλιξη της ωριμότητας του κόμποστ το pH του διαμορφώνεται στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή κάτω του 8 .

β. Η Ε.С. διαμορφώνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα και δεν αποτελεί πρόβλημα για τη συμμετοχή του στην παρασκευή υποστρωμάτων μέχρι και σε ποσοστό 50% v/v , με δεύτερο οργανικό υλικό την ξανθιά τύρφη.

γ. Η οργανική ουσία του διαμορφώνεται σε χαμηλά σχετικά επίπεδα (κάτω του ορίου 50%) και αυτό μπορεί να αποδοθεί στην πρόσμιξη του με χώμα από το χώρο κομποστοποίησης

δ. Η σχέση C/N είναι σαφώς κατά του ανώτερου ορίου 20/1

3.3 Αποτελέσματα Αγρονομικής αξιολόγησης του τελικού ώριμου κόμποστ.

Για την αγρονομική αξιολόγηση του ώριμου κόμποστ, από τα κλαδοκάθαρα του Δήμου Ηρακλείου, έγιναν οι ακόλουθες πειραματικές καλλιέργειες με τη χρήση του κόμποστ :

α. Ως βελτιωτικό εδάφους για την εγκατάσταση γλοοτάπητα (γκαζόν)

(Υπεύθυνος Δρ. Μιχάλης Παπαδημητρίου, Καθηγητής)

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί φαίνονται οι ποσότητες του κόμποστ των κλαδοκαθάρων και της τύρφης που προστέθηκαν ανά στρέμμα στο έδαφος και η ποσότητα του χόρτου (βιομάζα) που κόπηκε (παράχθηκε) από κάθε επέμβαση. (φωτογραφία 10)

Πίνακας 5. Επίδραση του κόμποστ κλαδοκαθάρων Δήμου Ηρακλείου στην παραγωγή βιομάζας έτοιμου γλοοτάπητα της ποικιλίας φεστούκας sport master.

Επέμβαση	Βάρος βιομάζας (g/m ²)
1. 20 m ³ τύρφης / στρέμμα	266,6 d
2. 15 m ³ τύρφης / στρέμμα 5 m ³ l κόμποστ / στρέμμα	265,9 d
3. 10 m ³ τύρφης / στρέμμα 10 m ³ κόμποστ / στρέμμα	266,1 d
4. 20 m ³ κόμποστ / στρέμμα	296,2 α

Σημείωση: Τα αποτελέσματα με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους.

Από τα στοιχεία του πίνακα 5 Φαίνεται ότι η 4^η επέμβαση με την προσθήκη 20 m³ κόμποστ στο στρέμμα, έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα.

β. Ως συστατικό υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων καλλωπιστικών φυτών.

Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί φαίνεται η σύνθεση των υποστρωμάτων που παρασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τη βλάστηση σπόρων των καλλωπιστικών φυτών Κάσσιας, Λαγκουνάριας και Σινενάριας και την πρώτη ανάπτυξη των φυταρίων τους. (φωτογραφίες 13,14,15 και 16)

Πίνακας 6. Σύνθεση υποστρωμάτων βλάστησης σπόρων Κάσσιας, Λαγκουνάριας και Σινενάριας και πρώτης ανάπτυξης των φυταρίων τους.

Υλικά	Υποστρώματα (κατ' όγκον)				
	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο
1. Τύρφη	85%	75%	65%	55%	45%
2. Κόμποστ κλαδοκαθάρων Δήμου	15%	25%	35%	45%	55%
3. Περλίτης (150 l/ m ³)	+	+	+	+	+
	Αποτελέσματα βλάστησης				
Κάσσια	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
Λαγκουνάρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Σινενάρια	Δεν βλάστησε	Δεν βλάστησε	Δεν βλάστησε	Δεν βλάστησε	Δεν βλάστησε

Πίνακας 7. Βλάστηση και ανάπτυξη σπορόφυτων καλλωπιστικών φυτών σε διάφορα υποστρώματα

α/α	Υπόστρωμα	Κάσσια		Λαγγουνάρια		Σινενάρια	
		Αριθμός φυταρίων	Συνολικό ύψος φυταρίων (cm)	Αριθμός φυταρίων	Συνολικό ύψος φυταρίων (cm)	Αριθμός φυταρίων	Συνολικό ύψος φυταρίων (cm)
1	-Ξανθιά τύρφη 85% -Κόμποστ 15% -Περλίτη 150 l/m ³	6,0	8,2	5,0	13,0	–	–
2	-Ξανθιά τύρφη 75% -Κόμποστ 25% -Περλίτη 150 l/m ³	5,0	4,0	2,0	6,0	–	–
3	-Ξανθιά τύρφη 65% -Κόμποστ 35% -Περλίτη 150 l/m ³	7,0	14,0	2,0	6,0	–	–
4	-Ξανθιά τύρφη 55% -Κόμποστ 45% -Περλίτη 150 l/m ³	9,0	14,4	1,0	4,0	1,0	0,5
5	-Ξανθιά τύρφη 45% -Κόμποστ 55% -Περλίτη 150 l/m ³	13,0	19,5	3,0	7,8	1,0	1,0

Από τα στοιχεία των Πινάκων 6 και 7 προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- α. Η Κάσσια βλάστησε πολύ καλά σε όλα τα υποστρώματα συμπεριλαμβανομένου και του 5^{ου} στο οποίο το κόμποστ των κλαδοκαθάρων συμμετείχε σε ποσοστό 55%, κατ' όγκον.
- β. Η Λαγκουνάρια ομοίως βλάστησε σε όλα τα υποστρώματα, αλλά εμφανίστηκε μικρός αριθμός σποροφύτων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε μειωμένη βλαστικότητα του σπόρου.
- γ. Η Σινενάρια δεν βλάστησε σε κανένα υπόστρωμα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μη βλαστικότητα του σπόρου.
- δ. Συγκρίνοντας τα πέντε υποστρώματα μεταξύ τους διαπιστώνεται ότι το 5^ο υπόστρωμα με το μεγαλύτερο ποσοστό κόμποστ (55 %) έδωσε για την Κάσσια τα καλύτερα αποτελέσματα (13 φυτάρια και 19.5 cm συνολικό ύψος) και για την Λαγκουνάρια τα δεύτερα κατά σειρά καλύτερα αποτελέσματα

γ. Ως βελτιωτικό εδάφους σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες λαχανοκομικών φυτών

(Υπεύθυνη Δρ. Ελένη Γουμενάκη, Επίκουρος Καθηγήτρια)

Οι αναλογίες που το κόμποστ προστέθηκε στο έδαφος ήταν : 5, 10 και 20m³ στο στρέμμα. Σε όλες τις περιπτώσεις εγκαταστάθηκαν φυτά : Αγγουριάς, Τομάτας, Πιπεριάς και Μελιτζάνας.

Μέχρι στιγμής η ανάπτυξη των φυτών σε όλες τις περιπτώσεις είναι πολύ καλή, δεν υπάρχουν όμως ακόμη αποτελέσματα παραγωγής. (φωτογραφίες 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 και 33).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά και για κάθε επιμέρους αντικείμενο του παρόντος έργου, μπορούν να σημειωθούν συνοπτικά τα ακόλουθα:

α. Θρυμματισμός κλαδοκαθάρων

Ο χρησιμοποιούμενος μύλος, μαζί με τη μηχανική τροφοδοσία του, καλύπτει τις σημερινές ανάγκες για την ετήσια ποσότητα των 6.000 m³ περίπου κλαδοκαθάρων. Σε περίπτωση όμως αύξησής τους, όπως μπορεί να συμβεί με τη συγκέντρωση και των κλαδοκαθάρων των οικογενειακών κήπων, θα πρέπει να γίνει προμήθεια μεγαλύτερου μύλου.

β. Κομποστοποίηση – ωρίμανση κόμποστ

Η υπάρχουσα πίστα κομποστοποίησης είναι εντελώς ανεπαρκής και η εγκατάσταση σωρών σε χωματόδρομους του αγροκτήματος μειώνει την ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ. Απαιτείται η βελτίωση της υπάρχουσας πίστας σε έκταση 300 m² περίπου και η επέκτασή της σε παρακείμενη έκταση 700m². Ακόμη η προμήθεια αυτοκινούμενου αναστροφέα είναι εντελώς απαραίτητη προκειμένου: α) να επαρκέσει η πίστα μετά την επέκτασή της, β) να διαμορφώνονται σειράδια και όχι σωροί με τα προς κομποστοποίηση κλαδοκάθαρα, γ) να μειωθεί ο χρόνος κομποστοποίησης και δ) να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ.

γ. Ραφινάρισμα του κόμποστ

Για την αυτόματη τροφοδοσία του κοσκίνου, χωρίς το φορτωτή απαιτείται η κατασκευή σχετικού αναβατορίου και ακόμη μικροβελτίωσης του κοσκίνου προκειμένου να μη χρειάζεται ούτε η παρουσία εργάτη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

δ. Εργαστηριακή αξιολόγηση κόμποστ.

Όπως αναφέρθηκε στο σχετικό κεφάλαιο, το κόμποστ έχει όλα τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μιας καλής ποιότητας κόμποστ, η οποία μπορεί να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο με την υλοποίηση των προτεινόμενων βελτιώσεων.

ε. Αγρονομική αξιολόγηση κόμποστ

Από πειραματικές καλλιέργειες που πραγματοποιήθηκαν προέκυψαν αξιολογα θετικά αποτελέσματα, τα οποία και αποτελούν τη βάση για τις οδηγίες χρησιμοποίησης του κόμποστ, που ακολουθούν.

5. Οδηγίες χρησιμοποίησης του κόμποστ

α. Ως βελτιωτικό εδάφους

Μια από τις πιο σημαντικές χρήσεις του κόμποστ των κλαδοκαθάρων του Δήμου Ηρακλείου, είναι εκείνη της προσθήκης του στο έδαφος, ως εδαφοβελτιωτικού. Η ποσότητα του κόμποστ που μπορεί να προστεθεί στο έδαφος μπορεί να κυμαίνεται από 5 έως και 20m³/στρ. Οι παράγοντες που θα καθορίσουν την ποσότητα του κόμποστ κατά στρέμμα, μέσα στα παραπάνω όρια, είναι: α) η ποιότητα του εδάφους και κυρίως η αλατότητα του, β) η προσθήκη αδρανών εδαφοβελτιωτικών (π.χ. άμμου) και γ) οι προηγούμενες προσθήκες στο έδαφος οργανοχημικών εδαφοβελτιωτικών.

Ως προς τη διαδικασία προσθήκης του κόμποστ στο έδαφος η πλέον ορθή είναι η ακόλουθη:

- Γίνεται όργωμα του εδάφους όταν αυτό βρίσκεται στο ρώγο του, από πλευράς υγρασίας.
- Ακολουθεί η προσθήκη του κόμποστ με ισομερή κατανομή, της ποσότητας που έχει υπολογιστεί, σε όλη την έκταση του προς βελτίωση εδάφους .
- Ακολουθεί φρεζάρισμα για ενσωμάτωση του κόμποστ στο έδαφος. Αμέσως μετά μπορεί να γίνει η εγκατάσταση των φυτών ή η σπορά.
- Σε περίπτωση προσθήκης μεγαλύτερων ποσοτήτων κόμποστ από τη μέγιστη προτεινόμενη των 20m³/στρ., τότε καλό θα είναι μετά την ενσωμάτωσή του στο έδαφος να ακολουθεί άρδευση και όταν το έδαφος έρθει στο ρωγό του να γίνεται νέο φρεζάρισμα, προκειμένου να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή ισορροπία στο εδαφικό οικοσύστημα.

β. Ως συστατικό υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων

Οι ποσότητες του κόμποστ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή υποστρωμάτων για ανάπτυξη σποροφύτων καλλωπιστικών και ανθοκομικών φυτών, είναι σχετικά μικρές. Όμως λόγω της ευαισθησίας των νεαρών φυτωρίων, τα υποστρώματα αυτά θα πρέπει να παρασκευάζονται με ιδιαίτερη προσοχή.

Μια καλή σύνθεση ενός τέτοιου υποστρώματος μπορεί να είναι η ακόλουθη:

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Κόμποστ με υγρασία γύρω στο 35% σε υγρή βάση : | 30% κατ'όγκον. |
| 2. Τύρφη ξανθιά με υγρασία 30% σε υγρή βάση : | 70 % κατ'όγκον. |
| 3. Περλίτης ή άμμος : | 150 lt / m ³ |

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα ακόλουθα:

- α. Στην υγρασία του κόμποστ και της τύρφης που όπως αναφέρθηκε θα πρέπει να είναι γύρω στο 35% και 30% αντίστοιχα ,σε υγρή βάση.
- β. Στην καλή ανάμειξη των υλικών
- γ. Στο βάθος σποράς των σπόρων. Οι σπόροι πρέπει να καλύπτονται με υπόστρωμα πάχους διπλάσιο περίπου της διαμέτρου τους
- δ. Στο πότισμα που θα ακολουθήσει και στη διατήρηση της υγρασίας σε ενδιάμεσα επίπεδα, μέχρι και την εμφάνιση των φυταρίων

γ. Ως συστατικό υποστρωμάτων ανάπτυξης καλλωπιστικών θάμνων, δένδρων και γαστρικών φυτών

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

Ένα υπόστρωμα γενικής χρήσης μπορεί να έχει την ακόλουθη σύνθεση:

- | | |
|--|----------------|
| 1. Κόμποστ με υγρασία γύρω στο 35%, σε υγρή βάση : | 40% κατ'όγκον. |
| 2. Τύρφη ξανθιά με υγρασία γύρω στο 30% σε υγρή βάση : | 35% κατ'όγκον. |
| 3. Περλίτης ή άμμος : | 25% κατ'όγκον. |

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

6. ΠΡΟΤΑΣΗ

Πρόταση για κομποστοποίηση των κλαδοκαθάρων των οικογενειακών κήπων και τη συγκομποστοποίηση της λυματολάσπης με τα κλαδοκάθαρα.

Τα θετικά αποτελέσματα της κομποστοποίησης των κλαδοκαθάρων του Δήμου στην Πιλοτική Μονάδα Κομποστοποίησης του ΤΕΙ, δίδουν το περιθώριο για την ακόλουθη επέκταση αυτής της προσπάθειας:

- α)** Τη διαμόρφωση συγκεκριμένου προγράμματος και διαδικασίας για τη συγκέντρωση και κομποστοποίηση μαζί με τα κλαδοκάθαρα του Δήμου και των κλαδοκαθάρων των οικογενειακών κήπων της πόλης του Ηρακλείου.

Αυτό θα ελευθερώσει τους κάδους από τα κλαδοκάθαρα (φωτογραφίες 34,35,36 και 37), θα απαλλάξει το Δήμο από το κόστος μεταφοράς τους στους Πέρα Γαλήνους και θα εξοικονομηθεί ο χώρος τον οποίο καταλαμβάνουν για την ταφή τους.

Η κομποστοποίησή τους μπορεί να γίνει στην Π.Μ.Κ. του ΤΕΙ με τη μόνη αναγκαία προϋπόθεση τη βελτίωση της υποδομής και του εξοπλισμού της μονάδας.

β) Τη συγκομποστοποίηση μέρους της λυματολάσπης του βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου, με μέρος των κλαδοκαθάρων, σε κλειστό χώρο που θα διαμορφωθεί σε υπάρχοντα μεταλλικό θερμοκήπιο του ΤΕΙ.

Η συγκομποστοποίηση αυτή θα δώσει την απαραίτητη τεχνογνωσία και εμπειρία για την κατασκευή στο άμεσο μέλλον μονάδας συγκομποστοποίησης του συνόλου της λυματολάσπης του βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου και ακόμη την εκτίμηση των επιμέρους δυνατοτήτων χρησιμοποίησης του τελικού κόμποστ σε καλλιέργειες, στην ανάπτυξη του πρασίνου, στην απόσπηση δύσοσμων αερίων στην κάλυψη απορριμμάτων κ.λ.π. (φωτογραφίες 35,36 και 37).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cappaert, I. V., O. and Boodt, M. (1976a). Composting of bark from pulp mills and the use of bark compost as a substrate for plant breeding. *Compost 'Sci.*, 17 (4): 6-9.
- Cappaert, I. V., O. and Boodt, M. (1976b). Composting of bark from pulp mills and the use of bark compost as a substrate for plant breeding. *Compost 'Sci.*, 17 (5): 18-20.
- Chang, Y. and Hudson, H.J (1976). The fungi of wheat straw compost. *Trans, Br. Mycol. Soc*, 50 (4):649-666.
- Diaz et al.,1993. Composting and Recycling Municipal Solid Waste. *Lewis Publishers, London*.
- Eggerth, L. L., and L. F. Diaz. “ Compost Marketing in the United States, “ presented at *biowaste '92*, Herning, Denmark June (1990)
- Golueke, C. G.(1971). <<Composting>>. *A study of the process and its principles*. Rodate Press, Emmaus, Pennsylvania.
- Gotaas, H. B.(1956). <<Composting>>. *Sanitary disposal and rectamation of organic wastes*. World Health Organization No 31.
- Μανιός, Β.(1979). Διερεύνηση δυνατότητας παρασκευής φυτοχώματος από την εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα. *Διδακτορική διατριβή*.
- Manios, T.(2004). The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete. *Environment International*, 29 (8), 1079-1089.
- Μανιός, Θ. (2006). Χουμοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων.