

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ
ΓΕΩΠΟΝΩΝ



TECHNOLOGICAL
EDUCATIONAL
INSTITUTE *of* CRETE
SCHOOL *of* AGRICULTURE
FOOD AND NUTRITION

DEPARTMENT *of*
AGRICULTURE

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΜΕ
ΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ COMPOST ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ
ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟΥ ΚΕΡΙΟΥ

ΑΛΜΑΛΙΩΤΗΣ ΘΟΔΩΡΟΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
2017

*Ευχαριστώ τον Ιωάννη Δερμιτζάκη για την Ευγενή Χορηγία των Υπολειμμάτων του
Μελισσοκομικού Κεριού*

**ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ,
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΟΥ ΤΕΙ
ΚΡΗΤΗΣ**

<< Απλά γαρ εστί της αληθείας έπη >>

Αισχύλος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Θρασύβουλο Μανιό για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ στο εργαστήριο του και να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Βασίλη Μανιό για την πολύτιμη και επιτυχή καθοδήγηση του για την αποπεράτωση του πειράματος και τον κύριο Σαμπαθιανάκη Ιωάννη που πίστεψε και υποστήριξε το εγχείρημα κομποστοποίησης των υπολειμμάτων του μελισσοκομικού κεριού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u>	V
<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u>	VI
<u>ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ</u>	VIII
<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	IX
<u>ABSTRACT</u>	X
<u>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	1
<u>1.1 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ</u>	1
<u>1.1.1 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΜΑΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</u>	1
<u>1.2 Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ</u>	4
<u>1.2.1 Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ - ΠΡΑΣΙΝΗ ΕΚΒΙΟΜΗΧΑΝΙΣΗ</u>	5
<u>1.3 ΜΟΡΦΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>	6
<u>1.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>	8
<u>1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ</u>	10
<u>1.6 ΕΙΔΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΡΟΒΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ</u>	11
<u>1.6.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ</u>	12
<u>1.7 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟΥ ΚΕΡΙΟΥ</u>	14
<u>2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</u>	16
<u>2.1 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟΥ ΚΕΡΙΟΥ</u>	16
<u>2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>	16
<u>2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΠΟΡΟΥΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ PARRIS ISLAND COS</u>	18
<u>2.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ PARRIS ISLAND COS</u>	19
<u>2.4.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ</u>	19
<u>2.4.2 ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ</u>	19
<u>2.4.3 ΟΡΑΝΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΕ ΦΥΤΟ ΜΑΡΟΥΔΙ</u>	19
<u>2.5 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΠΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ PARRIS ISLAND COS</u>	20
<u>2.5.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ ΧΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ PARRIS ISLAND COS</u>	21
<u>3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ</u>	24
<u>3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣΙΟ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟ ΚΕΡΙ, ΜΕΙΓΜΑ ΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟ ΔΕΙΓΜΑ</u>	25
<u>3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΠΟΡΩΝ ΜΕ ΑΕΡΑ, ΟΛΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΤΡΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ</u>	26

4	<u>ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ, ΥΨΟΥΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΣ ΣΕ ΜΑΡΟΥΛΙΑ</u>	28
4.1	<u>ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ</u>	28
5	<u>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u>	29
5.1	<u>ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>	29
5.2	<u>ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ ΧΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ PARRIS ISLAND COS</u>	31
5.3	<u>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣΙΟ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟ ΚΕΡΙ, ΜΕΙΓΜΑ ΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟ ΔΕΙΓΜΑ</u>	31
5.4	<u>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΠΟΡΩΝ ΜΕ ΑΕΡΑ, ΟΛΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΤΡΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ</u>	33
5.5	<u>ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ, ΥΨΟΥΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ ΣΕ ΜΑΡΟΥΛΙΑ</u>	34
5.5.1	<u>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ SPSS</u>	39
5.5.2	<u>ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ</u>	41
6	<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	42
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	43

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 1.</u> ΝΕΡΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΡΟ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ	26
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 2.</u> ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ, ΜΕΙΚΤΟ ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ, ΜΕΙΚΤΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟ ΥΓΡΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	27
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.</u> ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ ΧΩΜΑΤΟΣ	31
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.</u> ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΟΜΠΟΣΤ	32
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 5.</u> ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΓΡΟ ΔΕΙΓΜΑ	32
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 6.</u> ΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΡΩΝ, ΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΡΩΝ ΜΕ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	34
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.</u> ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΚΟ ΚΕΡΙ	38
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 8.</u> ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ, ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΤUΚΕΥ ΣΕ ΑΡΙΘΜΟ ΦΥΛΛΩΝ	39
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 9.</u> ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ, ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΤUΚΕΥ ΣΕ ΥΨΟΣ ΦΥΛΛΩΝ	40
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 10.</u> ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ, ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΤUΚΕΥ ΣΕ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΟΥ	40
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 11.</u> ΤΙΜΗ F ΚΑΙ P ΣΕ ΑΡΙΘΜΟ ΦΥΛΛΩΝ, ΥΨΟΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	41
<u>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.</u> ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	30
<u>ΓΡΑΦΗΜΑ 1.</u> ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΕ ΑΡΙΘΜΟ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΦΥΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ	35
<u>ΓΡΑΦΗΜΑ 2.</u> ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΨΟΥΣ ΣΕ ΦΥΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ	36
<u>ΓΡΑΦΗΜΑ 3.</u> ΔΙΑΦΟΡΑ ΝΩΠΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΕ ΦΥΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ	36

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία πενήντα χρόνια η εντατικοποίηση της γεωργίας ένεκα της αυξημένης ζήτησης για κατανάλωση τροφής οδήγησε στην υπέρμετρη χρήση συμβατικών λιπασμάτων για την ανάπτυξη μονοκαλλιεργειών υψηλών αποδόσεων. Η νέα εποχή οδήγησε στην παραγωγή προϊόντων υποβαθμισμένης ποιότητας και κατ'επέκταση στην κατάρρευση του οικοσυστήματος σε όλους τους τομείς.

Στη συνέχεια ένα σύνολο μεταρρυθμίσεων καθόρισε το μέλλον του αγροτικού τομέα για την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων προστατεύοντας ταυτόχρονα το περιβάλλον από κάθε είδους επιμόλυνση. Σύμφωνα με τους κανόνες που θεσπίστηκαν η κομποστοποίηση καθίσταται να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στο μέλλον για την εφαρμογή της βιολογικής γεωργίας σε ένα πλαίσιο αειφόρου ανάπτυξης.

Το οργανικό λίπασμα από κατάλοιπα μελισσοκομικού κεριού θα μπορούσε να συμβάλει στον ρόλο που ανατέθηκε στην ελεγχόμενη ανακύκλωση εφόσον πρωτίστως ενταχθεί στην Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ορθή διαχείριση των αγροτικών υπολειμμάτων.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η επίτευξη καλλιέργειας φυτών μαρουλιού σε μείγμα χώματος με κομποστοποιημένα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού εν συγκρίσει με την μαύρη τύρφη και κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών. Η λήψη παρατηρήσεων και η συγκέντρωση δειγμάτων φυτικού ιστού συνδυαστικά με τις εργαστηριακές αναλύσεις που ακολούθησαν για τον προσδιορισμό pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας, και υδατοϊκανότητας οδήγησαν σε εκτενέστερα αναλυτικά αποτελέσματα και μεταγενέστερα στα εξαγόμενα συμπεράσματα.

ABSTRACT

In the last fifty years, the intensification of agriculture due to the increased demand for food, lead to the excessive use of conventional fertilizers in order to develop high yield monocultures. The new era has lead to the production of degraded quality products and thus the collapse of the ecosystem in all of its fields.

Subsequently, a set of reforms set the future of the agricultural field to produce safe and quality product, while protecting the environment from any kind of contamination. According to the rules that were set, composting is bound to play a significant role to the future of the application of biological agriculture in a context of sustainable development.

The organic fertilizer from beeswax residues could contribute to the role assigned to controlled recycling after its inclusion in the European legislation on the proper management of agricultural residues.

The aim of this thesis is to achieve the cultivation of lettuce plants in a soil mixture with composting beeswax residues as compared to black peat and quench with bovine manure. Observations and the collection of plant tissue samples combined with the laboratory analyzes followed to determine pH, electrical conductivity, and water-resistance led to more extensive analytical results and later to the conclusions drawn.

1. Εισαγωγή

1.1 Ο κύκλος της φυσικής αποδόμησης

Η φυσική κομποστοποίηση είναι μια διεργασία αποδόμησης οργανικών υλικών φυτικής και ζωικής προέλευσης, η βιολογική αποδόμηση της ύλης συμβαίνει στη φύση από την έναρξη της ζωής στον πλανήτη και συνεχίζεται μέχρι και τις μέρες μας. Ο αέριος κύκλος σύνθεσης και αποσύνθεσης της οργανικής ύλης αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό του οικοσυστήματος για την ανανέωση του. Ο κύκλος της οργανικής ύλης καθίσταται ζωτικής σημασίας για την ύπαρξη ζώντων οργανισμών στη γη καθώς με την διαδικασία της βιοαποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων ως αποτέλεσμα από την δράση των μικροοργανισμών προκύπτει το διαθέσιμο χόμα (Μανιός, 2009).

Η πρώτη μορφή ζωής στον πλανήτη ήταν αυτή των μικροοργανισμών και η παρουσία τους χρονολογείται πριν από τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια με βαθμιαία εξέλιξη μέχρι και σήμερα. Επιπροσθέτως είναι πολύ σημαντικό να επισημανθεί πως οι μικροοργανισμοί ζουν σε κατάσταση συνεχούς πολλαπλασιασμού, ως εκ τούτου η καταγραφή όλων των ειδών καθίσταται αδύνατη (Γκούμας Δημήτριος, Προσωπική επικοινωνία, 2014).

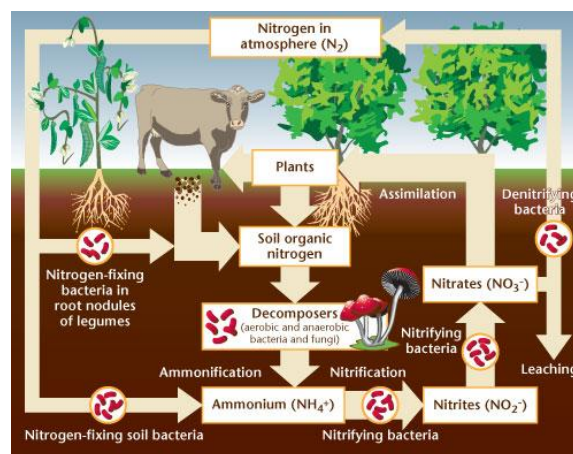
Καταλυτικό ρόλο στην διαδικασία της φυσικής ανακύκλωσης έχουν οι μικροοργανισμοί οι οποίοι αποτελούν το βιολογικό εργαστήριο αποδόμησης, τα είδη των μικροοργανισμών που λαμβάνουν μέρος στην διαδικασία της κομποστοποίησης είναι τα βακτήρια, οι μύκητες, οι ζύμες, οι αντινομύκητες και οι γαιοσκώληκες (Μανιός, 2009). Αυτού του είδους τις μικρές οντότητες τις συναντάμε στην βιόσφαιρα του πλανήτη και σε όλα τα επί μέρους φυσικά στοιχεία του οικοσυστήματος (νερό, αέρας, χόμα), κατ'εξαιρέση τα βακτήρια απαντώνται σε μεγαλύτερο πληθυσμό στο έδαφος (Τζανεδάκη, 2007).

1.1.1 Ο κύκλος μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στοιχείων

Ο κυριότερη επιδίωξη της φύσης είναι η επιβίωση των ζωντανών οργανισμών μέσω της θρέψης, ο ανωτέρω σκοπός επιτυγχάνεται εν μέρει με την διαδικασία της κομποστοποίησης, συνεπώς για την καλύτερη εμπέδωση του κύκλου της φυσικής αποδόμησης θα πρέπει πρωτίστως να γίνει κατανοητός ο βιοχημικός κύκλος των θρεπτικών στοιχείων.

Το άζωτο συναντάται σε αέρια μορφή και αποτελεί το 79% της ατμόσφαιρας, απαραίτητο χημικό στοιχείο για τη ζωή, αφού όντας αποτελεί βασικό δομικό συστατικό των πρωτεϊνών, οι κύριες πηγές αζώτου για τους αυτότροφους οργανισμούς είναι το νερό και

το έδαφος. Τα εδάφη και τα νερά εμπλουτίζονται με άζωτο μέσω της ηλεκτροχημικής, φωτοχημικής δέσμευσης (φυσική δέσμευση) με κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις, στη συνέχεια μεταφέρεται με τη βοήθεια της βροχής στα υδρόβια και χερσαία οικοσυστήματα. Η βιολογική δέσμευση του αζώτου πραγματοποιείται από τα βακτήρια όπου μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα, μέρος των οποίων μεταφέρονται στα φυτά (Εικόνα, 1), δεν υπάρχει η έννοια αζωτοδεσμευτικών φυτών χωρίς την βοήθεια των βακτηρίων (Βερεσόγλου, 2010).



Εικόνα 1. Ο κύκλος του αζώτου

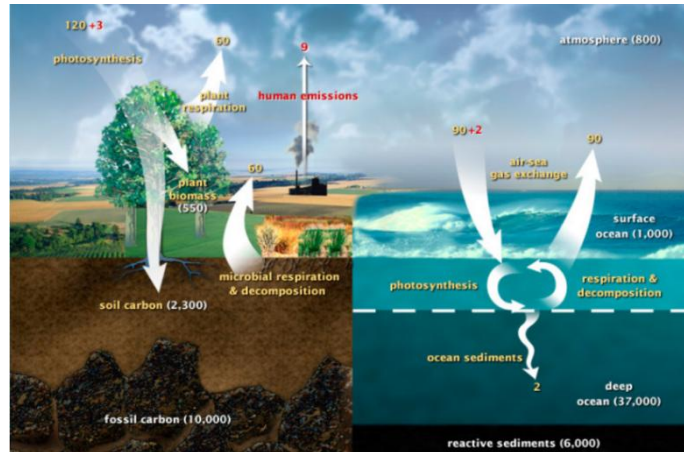
(<http://cahnrs.wsu.edu/alumni/nitrogen-cycle/>).

Στην διαδικασία της αμμωνιοποίησης το άζωτο που έχει προσληφθεί από τους οργανισμούς επιστρέφει στο αβιοτικό περιβάλλον είτε ως παραπροϊόν του μεταβολισμού είτε μέσω των νεκρών οργανισμών. Οι ετερότροφοι οργανισμοί με την σειρά τους διασπώντας τις πρωτεΐνες αποδομούν το πλούσιο σε άζωτο οργανικό υπόστρωμα και το μετατρέπουν σε ανόργανη αμμωνιακή μορφή «φυσική κομποστοποίηση» (Βερεσόγλου, 2010).

Τέλος στην φάση της νιτροποίησης η ανόργανη αμμωνιακή μορφή μετατρέπεται σε νιτρώδη με την βοήθεια του αυτότροφου βακτηρίου *Nitrosomonas* και κατ'έκταση η νιτρώδους ρίζας σε νιτρική με την συμμετοχή του βακτηρίου *Nitrobacter*. Τα νιτρικά ιόντα είναι άμεσα απορροφήσιμα από τα φυτά, μέρος των νιτρικών ιόντων μετατρέπονται από απονιτροποιητικά βακτήρια σε μοριακό άζωτο και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο του αζώτου (Βερεσόγλου, 2010).

Ο άνθρακας με την μορφή του CO₂ ανταλλάσσεται μέσω φυσικών διεργασιών μεταξύ της ατμόσφαιρας, της χερσαίας επιφάνειας της γης και της θάλασσας, η κυριότερη πηγή του άνθρακα είναι το ελεύθερο CO₂ της ατμόσφαιρας και το διαλυμένο στην υδρόσφαιρα

(Εικόνα, 2). Ο άνθρακας προσλαμβάνεται από τους αυτότροφους οργανισμούς μέσω της φωτοσύνθεσης και συμμετέχει σε ποσοστό 45% στην ξηρή βιομάζας τους (Βερεσόγλου, 2010).

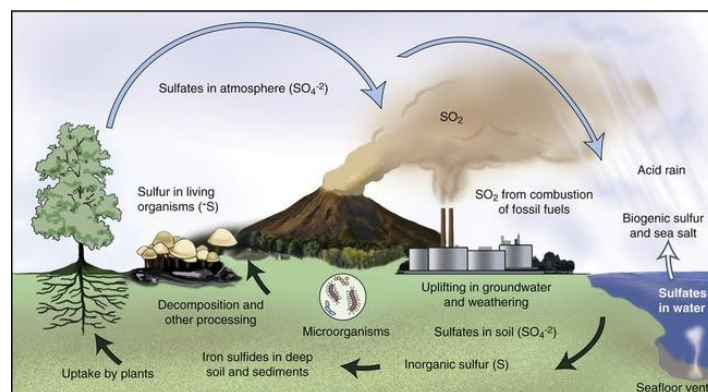


Εικόνα 2. Ο κύκλος του άνθρακα

(<http://www.temporarypost2.org/Principles/Interactions/>).

Με την φυσική αποδόμηση της οργανικής ύλης οι μικροοργανισμοί διασπών τους υδατάνθρακες και αφομοιώνουν το 1/3 του μεταβολισμένου άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο το απελευθερώνουν ως CO₂ στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ σημαντικό να επισημανθεί η σχέση άνθρακα και αζώτου (C/N), δεδομένου ότι κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελεί βασικό παράγοντα για την δόμηση των μικροβιακών κυττάρων (Μανιός, 2009).

Οι βιοχημικοί κύκλοι των υπολοίπων στοιχείων ονομάζονται ιζηματογενής λόγω της μη αέριας μορφής τους, εξαίρεση αποτελεί ο κύκλος του θείου με δεξαμενές αποθήκευσης τόσο στην λιθόσφαιρα όσο και στην ατμόσφαιρα κατά την ανακύκλωση του (Εικόνα, 3).



Εικόνα 3. Ο κύκλος του θείου

(<https://clinicalgate.com/microorganisms-in-the-environment-and-environmental-safety/>).

Σε παλαιότερες εποχές έχουν δημιουργηθεί στον φλοιό της γης δεξαμενές αποθήκευσης πετρωμάτων (ιζήματα) όπου με την διαδικασία της αποσάθρωσης τους στο πέρασμα των χρόνων ελευθερώθηκαν στο οικοσύστημα. Τα χημικά θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε συνεχή κίνηση κυρίως με την συμμετοχή του νερού, επομένως ο υδρολογικός κύκλος συνδέεται άμεσα με όλους τους βιοχημικούς κύκλους ανακύκλωσης (Βερεσόγλου, 2010).

1.2 Η ανθρώπινη παρέμβαση

Ο κύκλος αποδόμησης της οργανικής ύλης για εκατομμύρια χρόνια επηρεαζόταν μόνο από την δραστηριότητα των φυσικών φαινομένων, σε αυτή την φυσική διεργασία ο άνθρωπος ήταν συνοδοιπόρος καθόσον η διαδικασία της κομποστοποίησης ανάγεται στο απώτερο παρελθόν. Στη συνέχεια με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης (18^ο αιώνα) και κατ'επέκταση με την ανάπτυξη και εξάπλωση του δυτικού πολιτισμού, το ανθρώπινο είδος συνέβαλε αρνητικά στην ισορροπία του οικοσυστήματος. Η εσωτερική μετανάστευση του εργατικού δυναμικού, λόγω της εγκαθίδρυσης ενός συμπλέγματος αστικών επιχειρήσεων, οδήγησε την ανθρώπινη κοινωνία στην αστικοποίηση. Η συσσώρευση μεγάλων πληθυσμών στα αστικά κέντρα διατάραξε σε μέγιστο βαθμό το οικοσύστημα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η μείωση του αγροτικού δυναμικού λόγω της εσωτερικής μετανάστευσης όπως προαναφέρθηκε και ταυτόχρονα η αυξημένη ζήτηση για κατανάλωση τροφής στις μεγαλουπόλεις, οδήγησαν στην εντατικοποίηση της καλλιέργειας με κάθε μέσο. Η επιτάχυνση της καλλιέργειας προκάλεσε την απομάκρυνση των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος μέσω των φυτών χωρίς να αναπληρώνονται με την διαδικασία της φυσικής αποδόμησης (Μανιός, 2009). Η εκβιομηχάνιση και η ανάπτυξη αναμφίβολα εμπεριέχουν "θυσίες", καθώς η διαρθρωτική μεταβολή απαιτεί συχνά μία απότομη αλλαγή στους καθημερινούς τρόπους ζωής.

Ο δυτικός πολιτισμός με την λεγόμενη "πράσινη επανάσταση" άλλαξε ριζικά το μοντέλο της γεωργίας, οι ανάγκες των πληθυσμών για τροφή μεταπολεμικά (Β' Παγκόσμιος) οδήγησε αποκλειστικά στην ανάπτυξη μονοκαλλιέργειας υψηλών αποδόσεων. Η αύξηση της παραγωγής προέκυψε από την άφθονη χρήση συνθετικών λιπασμάτων, είναι γνωστό ότι η απόδοση μιας καλλιέργειας δεν μπορεί να αυξηθεί πάνω από ένα ορισμένο όριο· συνεπαγομένου η συνεχής αύξηση των εισροών κρίθηκε αναγκαία.

Η δεύτερη πράσινη επανάσταση ξεκίνησε το 1967, πολλά υποσχόμενη για υψηλά οικονομικά οφέλη στον αγροτικό τομέα. Η αλόγιστη χρήση των συμβατικών λιπασμάτων συνεχίστηκε με αποτέλεσμα την μείωση της γονιμότητας των εδαφών, την ποιοτική

υποβάθμιση των τροφίμων και των υπόγειων υδάτων εξαιτίας της ρύπανσης τους από τις αζωτούχες ενώσεις. Επιπροσθέτως σημαντικό μειονέκτημα για τις αναπτυσσόμενες χώρες ένεκα της αστυφιλίας και της υπερκατανάλωσης των αγαθών, ήταν τα αστικά απόβλητα και η παραγωγή των τοξικών ουσιών που διοχετεύονταν στο περιβάλλον. Η νέα εποχή οδήγησε στην συσσώρευση πλαστικών, μεταλλικών και γυάλινων απορριμμάτων επιδεινώνοντας το πρόβλημα στον πλανήτη γη.

1.2.1 Η ανθρώπινη επέμβαση - Πράσινη εκβιομηχάνιση

Το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο η διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη, γνωστότερη ως συνάντηση κορυφής για την προστασία της γης οδήγησε στην υιοθέτηση της Agenda 21, η κλιματική αλλαγή αποτελεί πλέον μια παγκόσμια περιβαλλοντική και αναπτυξιακή πρόκληση, οι επιδράσεις της οποίας έχουν επιπτώσεις σε πολλούς τομείς. Οι βασικοί στόχοι της διάσκεψης ήταν η εξασφάλιση της ανανεωμένης πολιτικής δέσμευσης για θέματα βιώσιμης ανάπτυξης (πράσινη οικονομία), η αξιολόγηση της πραγματοποιηθείσας προόδου και η αντιμετώπιση νέων προκλήσεων (United Nations, 1992). Στην 3ή διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών το 1997 υιοθετήθηκε το πρωτόκολλο του Κυότο, σ' αυτό ορίστηκαν συγκεκριμένοι στόχοι συνολικής μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για ορισμένες ανεπτυγμένες χώρες με σκοπό να εφαρμοστούν τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος (Υπουργείο Εξωτερικών, 2017). Πιο συγκεκριμένα σε ένα πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, μέσω της εφαρμογής επιδοτούμενων περιφερειακών προγραμμάτων, θεσμοθετήθηκαν και νομοθετήθηκαν δεσμεύσεις που αφορούν τους τομείς της ενέργειας, της βιώσιμης γεωργίας, της δασοκομίας και της διαχείρισης αποβλήτων (United Nations, 1997).

Η μεταρρύθμιση σταθμός που καθόρισε το μέλλον του αγροτικού τομέα Ατζέντα 2000 ή αλλιώς «πράσινη βίβλος» όρισε την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων. Στόχος της νέας πολιτικής είναι η στροφή στην ποιότητα και όχι στην ποσότητα μέσω ενός ολοκληρωμένου χαρακτήρα της τροφικής αλυσίδας (Μπουνάκης, 2016). Η οικονομική κρίση που παρουσιάστηκε στη νέα χιλιετία σε παγκόσμια κλίμακα δεν επηρέασε την ζήτηση των πολιτών για κατανάλωση βιολογικών προϊόντων, η βιολογική και η βιοδυναμική γεωργία σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία (834/2007) απαιτεί κατηγορηματικά την μη χρήση συμβατικών λιπασμάτων και ορμονών για την παραγωγή ασφαλών αγροτικών προϊόντων προστατεύοντας ταυτόχρονα το περιβάλλον από κάθε είδους επιμόλυνση (European Union Law, 2007).

Εν κατακλείδι σύμφωνα με όλους τους προαναφερθέντες κανόνες που θεσπίστηκαν γίνεται αντιληπτό πως η μέθοδος της εντατικής κομποστοποίησης διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο για την ανακύκλωση των αστικών, γεωργικών υπολειμμάτων και την αποφυγή οικολογικής κατάρρευσης. Ο ρυθμός της βιολογικής αποδόμησης που λαμβάνει χώρα στη φύση είναι πολύ αργός σε σύγκριση με τον ρυθμό παραγωγής απορριμμάτων που προκύπτουν από τον άνθρωπο καθημερινά. Με την μέθοδο της εντατικής αερόβιας κομποστοποίησης ο άνθρωπος δρα συνεργατικά με την φύση επιταχύνοντας τις διαδικασίες της βιοαποδόμησης με φυσικές μεθόδους. Το πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία εδαφοβελτιωτικό υλικό που προκύπτει από την ανωτέρω βιοχημική επεξεργασία επονομαζόμενο από την διεθνή κοινότητα με τον όρο compost έχει εφαρμογή στην βιολογική γεωργία για την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών αγροτικών προϊόντων.

Επιτυχημένα πιλοτικά προγράμματα βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων που εφαρμόστηκαν σε Ευρωπαϊκές χώρες δεικνύουν την υπευθυνότητα που απαιτείται από την εκάστοτε τοπική αυτοδιοίκηση και την εθελούσια συμμετοχή των ίδιων των πολιτών. Ο κύριος στόχος των εν λόγω δράσεων είναι η πώληση του τελικού προϊόντος (compost) το οποίο ενδέχεται να παρέχει έσοδα για την συγχρηματοδότηση των Ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Στην Barayme της Γαλλίας οι εμπλεκόμενοι διοργανωτές του προγράμματος τυποποίησαν και πιστοποίησαν το παραγόμενο κομπόστ και το κατέστησαν ικανό για χρήση στις εγχώριες αγροτικές καλλιέργειες. Οι αγρότες με την σειρά τους με μικρότερο οικονομικό κόστος και μηδενική επιβάρυνση στο περιβάλλον παρήγαγαν ασφαλή προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας διοχετεύοντας τα στις τοπικές βιομηχανίες με δικά τους πιστοποιητικά ποιότητας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001).

1.3 Μορφές κομποστοποίησης

➤ Η κομποστοποίηση σε Δήμους - Μείωση στην πηγή

Η κομποστοποίηση σε χώρους της τοπικής αυτοδιοίκησης απαιτεί την εκπόνηση σχετικής οικονομοτεχνικής μελέτης για την διεκδίκηση σχετικών επιδοτήσεων καθώς θα πρέπει να κατασκευαστεί μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας υπολειμμάτων. Υποχρεωτικά ή εθελοντικά προγράμματα για την μεθοδική διαλογή των τροφικών οικιακών υπολειμμάτων απαιτούν την συμμετοχή των πολιτών. Τα προγράμματα αποκαλούνται "συλλογή από το πεζοδρόμιο" και ο καίριος στόχος τους είναι η ανακύκλωση και μείωση απορριμμάτων στην πηγή (Κουτουζίδης & Παπασπύρος, 2014' Κούγκολος, Καραγιαννίδης, & Σαμαράς, 2010).

➤ Συνεταιριστική κομποστοποίηση

Η συνεταιριστική μορφή κομποστοποίησης αποτελείται από μια συστηματική μονάδα οργανικής αποδόμησης όπου τα μέλη του συνεταιριστικού φορέα προσκομίζουν τα υπολείμματα τους και λαμβάνουν την ανάλογη ποσότητα παραγόμενου κομποστ. Η διεκδίκηση δανείων και επιδοτήσεων για την συνέχιση ύπαρξης του συνεταιρισμού είναι απαραίτητη (Κουτουζίδης & Παπασπύρος, 2014).

➤ Η επιχειρηματική κομποστοποίηση

Η επιχειρηματική μονάδα κομποστοποίησης ανήκει στον ιδιωτικό τομέα με σκοπό το οικονομικό όφελος. Η ιδιωτική δραστηριότητα είναι διαθέσιμη κατόπιν αδειοδότησης από τον δημόσιο φορέα. Η βιωσιμότητα της επιχείρησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ευνοϊκές οικονομικές ρυθμίσεις που προβλέπονται για τις συναλλαγές μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Σε μερικές περιπτώσεις δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες λειτουργούν συνεργατικά διατηρώντας το κλίμα ανταγωνισμού στην ελεύθερη αγορά (Κουτουζίδης κ.α., 2014' Κούγκολος, κ.α., 2010).

➤ Η αγροτική κομποστοποίηση

Η αγροτική κομποστοποίηση μπορεί να εκπληρωθεί από τον ίδιο τον παραγωγό χρησιμοποιώντας τόσο τα δικά του φυτικά υπολείμματα όσο και των όμορων περιοχών. Οι υποδομές και ο εξοπλισμός που απαιτούνται είναι η επάρκεια χώρου για την διαμόρφωση του σωρού, ένας τεμαχιστής κλαδιών και ένας φορτωτής για τον αερισμό των υπολειμμάτων· εναλλακτικά η χρήση τρακτέρ με προσθήκη σχετικής χούφτας είναι αποτελεσματική (Κουτουζίδης κ.α., 2014).

➤ Η ερασιτεχνική κομποστοποίηση - Μείωση στην πηγή

Για την εφαρμογή ερασιτεχνικής κομποστοποίησης πρωτίστως είναι απαραίτητη η εκπαίδευση των καταναλωτών, με την συνειδητότητα των πολιτών είναι εφικτή η μείωση των αποβλήτων κατά 30%. Οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες που λαμβάνουν μέρος στην κομποστοποίηση είναι φυτική μάζα προερχόμενη από τους οικογενειακούς κήπους και τροφικά υπολείμματα της κουζίνας. Η κομποστοποίηση των υλικών πραγματοποιείται συνήθως μέσα σε ειδικούς κομποστοποιητές που διατίθενται στην αγορά (Εικόνα, 4). Το παραγόμενο κόμποστ που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρής έκτασης λαχανόκηπους (Κούγκολος, κ.α., 2010).



Εικόνα 4. Οικιακός κομποστοποιητής

1.4 Τεχνικές κομποστοποίησης

Με την μηχανοποίηση της κομποστοποίησης (Εικόνα, 5) και με την κατάρτιση της τεχνογνωσίας κατέστη δυνατή η ανακύκλωση ταχείας αποδόμησης σε μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης. Οι σύγχρονες μέθοδοι κομποστοποίησης εκτελούνται με μηχανοκίνητους αναστροφείς σειραδίων, με ηλεκτροκίνητους ανεμιστήρες και με αυτοματοποιημένους, ελεγχόμενους κλειστούς χώρους (Μανιός, 2009).



Εικόνα 5. Μηχανικός κομποστοποιητής.

<http://www.ecovrs.com/products/in-vessel-composting/rocket-composter-a900/>

➤ Αναστροφή σειραδίων

Τα υπολείμματα τοποθετούνται σε μακρόστενους σωρούς (Εικόνα, 6) και σε ένα μόνιμο πρόγραμμα καταγραφής και ελέγχου συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή η επίβλεψη γίνεται απλούστερη, από την στιγμή που όλη η διαδικασία της αποσύνθεσης κατέστη σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα.



Εικόνα 6. Σειράδια σε μονάδα κομποστοποίησης.

(<http://www.ellinikigeorgia.gr/paragogi-poiotikou-kompost-dimotika-sterea-apovlita/>)

Με την άνοδο (>65°C) και πτώση (<55°C) των θερμοκρασιών γίνεται ανάδευση του σωρού για την αποφυγή θανάτωσης και την επαναδραστηριοποίηση των ωφέλιμων μικροοργανισμών αντίστοιχα. Η ανάδευση των σωρών πραγματοποιείται με ρυμουλκούμενους και αυτοκινούμενους αναστροφείς σειραδίων. Οι ρυμουλκούμενοι αναστροφείς σειραδίων μπορούν να πραγματοποιήσουν την αναστροφή των φυτικών υπολειμμάτων και να επανασχηματίσουν την τριγωνική διατομή τους. Αρνητικό χαρακτηριστικό για τους ρυμουλκούμενους αναστροφείς σε αντίθεση με τους αυτοκινούμενους θεωρείται ο ευρύτερος χώρος που απαιτείται για την κίνηση του ελκυστήρα (Μανιός, 2009).

➤ Αερισμός σειραδίων

Τα αεριζόμενα σειράδια προέκυψαν από την ανάγκη μείωσης του ρυθμού αναστροφής των φυτικών υπολειμμάτων. Η ανανέωση του ατμοσφαιρικού αέρα επιτεύχθηκε με την αυτοματοποιημένη προώθηση ή αναρρόφηση που εφαρμόστηκε στους σωρούς με τη βοήθεια των ηλεκτροκίνητων ανεμιστήρων. Η ελεγχόμενη ποσότητα αέρα που περνάει στους σωρούς εξαρτάται από τη θερμοκρασία (Μανιός, 2009).

➤ Κλειστά δοχεία

Η νέα μέθοδος κομποστοποίησης λαμβάνει χώρα σε κλειστούς αυτοματοποιημένους χώρους όπου ένα μέρος της διαδικασίας πραγματώνεται με πλήρη έλεγχο θερμοκρασίας, αερισμού και υγρασίας. Το πλεονέκτημα της νέας εφαρμογής είναι η απόσπηση των δύσσομων αερίων και η μείωση της ενόχλησης των περίοικων (Μανιός, 2009).

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση

➤ Η μικροχλωρίδα

Η μικροχλωρίδα των υπολειμμάτων αντιπροσωπεύει όλους τους μικροοργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, ζύμες, αντινομύκητες, γαιοσκώληκες) που συμμετέχουν στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Οι φυσικοί αποικοδομητές συναντώνται σε όλα τα φυσικά στοιχεία του οικοσυστήματος (νερό, αέρας, χώμα), κατόπιν τούτου υπάρχουν σε ικανοποιητικά επίπεδα στην αρχική πρώτη ύλη και δεν κρίνεται απαραίτητος ο εμβολιασμός με μικροβιακό φορτίο (Μανιός, 2009).

➤ Μέγεθος τεμαχιδίων

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του αρχικού υλικού σχετίζεται με την εμφάνιση αναερόβιων συνθηκών καθώς και με την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού παραγόμενου κομπόστ, το βέλτιστο μέγεθος των τεμαχιδίων κυμαίνεται μεταξύ 1,5 - 7,5cm περίπου. Επίσης το μέγεθος των τεμαχιδίων επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού η κονιορτοποίηση του οργανικού υλικού σε μικρότερα τεμάχια αυξάνει την επιφάνεια και τον κίνδυνο να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών (Μανιός, 2009).

➤ Η υγρασία

Ένας επιπροσθέτως σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διαδικασία της κομποστοποίησης είναι η υγρασία. Η υγρασία συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητες της εκάστοτε οργανικής ύλης. Το 30% των πόρων υφίσταται να καταλαμβάνεται από αέρα για την επικράτηση των αερόβιων συνθηκών, διά τούτο η περιεκτικότητα υδάτινου στοιχείου θα πρέπει να κυμαίνεται στο 70% του νερού που απαιτείται για τον κορεσμό του. Για τα λεπτόκοκκα υλικά η ιδανική υγρασία είναι στο 45% και για τα χονδρόκοκκα υλικά στο 60% σε υγρή βάση (Μανιός, 2009).

➤ Σχέση C/N

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδόμηση της οργανικής ύλης διότι κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελεί βασικό παράγοντα για την δόμηση των μικροβιακών κυττάρων. Ο άνθρακας περιέχεται στους αυτότροφους οργανισμούς μέσω της φωτοσύνθεσης και αποτελεί το 45% της ξηρής βιομάζας τους, στη συνέχεια ο άνθρακας αποδίδεται στην μικροβιακό πληθυσμό από την αποσύνθεση των φυτών. Η περιεκτικότητα του μικροβιακού κυττάρου είναι 50% σε άνθρακα και 5% σε άζωτο, κατά συνέπεια η σχέση C/N στο μικροβιακό κύτταρο είναι 10/1. Με την φυσική αποδόμηση της οργανικής ύλης οι μικροοργανισμοί διασπών τους υδατάνθρακες και αφομοιώνουν από τα 30 μέρη το 1/3 του μεταβολιζόμενου άνθρακα για δόμηση των δικών τους κυττάρων, το υπόλοιπο (2/3) το ελευθερώνουν ως CO₂. Σύμφωνα με τους ανωτέρω υπολογισμούς η βέλτιστη τιμή C/N στο προς χώνευση υλικό είναι 30/1· όταν η αρχική σχέση C/N δεν είναι στα επιθυμητά επίπεδα (>30/1) η προσθήκη ανόργανου αζώτου είναι επιτακτική ανάγκη (Μανιός, 2009).

➤ Η θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έναρξης στο εσωτερικό στρώμα του σωρού για τη μικροβιακή δραστηριότητα είναι μεταξύ 55-65°C βαθμούς κελσίου. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>65°C) παρατηρείται νέκρωση των μικροοργανισμών, αντιθέτως σε χαμηλές θερμοκρασίες (<55°C) οι μικροοργανισμοί αδρανοποιούνται. Η μέτρηση των θερμοκρασιών αποτελεί μέσο παρακολούθησης τόσο για τα στάδια της κομποστοποίησης όσο και για την απαλλαγή του χουμικού προϊόντος από παθογόνους μικροοργανισμούς (Μανιός, 2009).

➤ Αερισμός

Το οξυγόνο εντός του σωρού πρέπει να έχει το επιθυμητό ποσοστό 5% για την διατήρηση αερόβιων συνθηκών. Η παρουσία του οξυγόνου είναι απαραίτητη για την αναπνοή των μικροοργανισμών καθώς και για την οξειδωση των οργανικών υλικών (Μανιός, 2009).

1.6 Είδη υπολειμμάτων για την αερόβια κομποστοποίηση

Η ποιότητα του κομπόστ εξαρτάται από τις πρώτες ύλες ή από το συνδυαστικό μείγμα των πρώτων υλών που θα χρησιμοποιηθούν, επίσης σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη της ποιότητας είναι η τεχνογνωσία που θα πρέπει να διακατέχει το εξειδικευμένο προσωπικό. Με την μηχανοποίηση της κομποστοποίησης κατέστη δυνατή η ανακύκλωση σε μεγάλες

ποσότητες ελαιοπυρήνα των φυγοκεντρικών ελαιουργείων, φύλλα ελιάς, κλαδοκάθαρα, στέμφυλα οινοποιείων, κληματίδες αμπέλου, υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών, ζωικά υπολείμματα, οργανικό κλάσμα αστικών απορριμμάτων και ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων (Μανιός, 2009).

1.6.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπολειμμάτων

➤ Εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα

Νομοθετικοί περιορισμοί που τέθηκαν σε εφαρμογή για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άλλαξαν τον ρόλο της εκχειλισμένης ελαιοπυρήνας από καύσιμη ύλη σε αποδομήσιμη. Η εκτεταμένη διάρκεια παραμονής κομποστοποιημένου ελαιοπυρήνα στο έδαφος λόγω της περιεκτικότητας του σε λιγνινοκυτταρινικό σύμπλοκο αποτελεί πλεονέκτημα, αντιθέτως σημαντικό μειονεκτήματα που παρουσιάζεται σε αυτού του είδους την οργανική ύλη είναι η υψηλή αναλογία άνθρακα και αζώτου, γεγονός που απαιτεί την προσθήκη αζωτούχων ενώσεων (Μανιός, 2009).

➤ Φύλλα ελιάς

Τα φύλλα ελιάς αποτελούν πηγή υψηλής περιεκτικότητας αζώτου, είναι εύκολα αποδομήσιμη ύλη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο διόγκωσης, η επεξεργασία τους συνδυαστικά με άλλα υλικά βελτιώνουν την δομή του παραγόμενου κομποστ. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και η λεπτόκοκκη υφή του περιάγουν το οργανοχουμικό υλικό σε προϊόν περιορισμένης χρήσης (Μανιός, 2009).

➤ Κλαδοκάθαρα

Τα φυτικά υπολείμματα πάρκων και καλλιεργειών αποτελούν άριστης ποιότητας πρώτη ύλη συνδυαστικά με οργανικές ουσίες που περιέχονται από υψηλή υγρασία. Η εμφάνιση υψηλής αλατότητας στο τελικό προϊόν οριοθετεί την ποσότητα χρήσης του, γεγονός που το χαρακτηρίζει μειονεκτικό (Μανιός, 2009).

➤ Στέμφυλα οινοποιείων

Τα στέμφυλα από οινοποιεία (Εικόνα, 7) και οι κληματίδες αμπέλου μπορούν να αποδομηθούν εύκολα ως αυτούσια οργανική ύλη χωρίς προσκόμενα κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης. Αφενός η αρχική πρώτη ύλη περιέχεται από αξιόλογη ποσότητα αζώτου αφετέρου είναι μη διαθέσιμο για τους μικροοργανισμούς λόγω του εγκλωβισμού

εντός των γιγάρτων, εντούτοις το χουμικό προϊόν εκδηλώνει χαμηλές τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Μανιός, 2009).



Εικόνα 7. Σταφυλομάζα από οινοποιεία

(<http://users.sch.gr/gsideirop/fakelosfoto/ampelos/PB040018.gif>).

➤ Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών

Τα υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών με την διαδικασία της κομποστοποίησης μπορούν να αποφέρουν εξαιρετικής ποιότητας κομπόστ. Όλα τα στάδια της οργανικής αποσύνθεσης που θα ακολουθήσουν θα πρέπει να συνοδεύονται με όλες τις απαραίτητες ακριβείς μετρήσεις καθώς ο κίνδυνος εμφάνισης και μετάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών μέσω του τελικού οργανικού λιπάσματος θα πρέπει να εξαλειφθεί πλήρως. Ο όγκος πλαστικών σπάγκων που συγκαταλέγεται με τα θερμοκηπιακά υπολείμματα εμποδίζει την επεξεργασία της φυτικής μάζας στους μύλους άλεσης των μηχανημάτων, για την αποφυγή του προβλήματος ενδείκνυται χρήση μύλου άλεσης με σφυριά (Μανιός, 2009).

➤ Ζωικά υπολείμματα

Στα ζωικά υπολείμματα συναντάται υψηλή περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων γεγονός που κάνει τη χρήση τους ακόμα πιο επιθυμητή, αντίθετα η παρουσία υγρασίας ως φυσικό αρνητικό χαρακτηριστικό οδηγεί τάχιστα σε αναερόβιες συνθήκες. Η αυξημένη αλατότητα και παρουσία παθογόνων, η εκπομπές δύσσομων αερίων και η παρουσία αντιβιοτικών από τα ζώα τα καθιστούν μη χρησιμοποιήσιμα για την βιολογική γεωργία (Μανιός, 2009).

➤ Οργανικό κλάσμα αστικών απορριμμάτων

Το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων είναι χρησιμοποιήσιμο για κομποστοποίηση εφόσον υποστεί την διαδικασία διαχωρισμού στο σύνολο του. Μετά την διαλογή των απορριμμάτων ακολουθεί προσθήκη ιλύς βιολογικών καθαρισμών (απαλλαγμένη από βαρέα μέταλλα) και φυτικών υπολειμμάτων με σκοπό να αποτρέψουν τις αναερόβιες συνθήκες ρυθμίζοντας την υγρασία στα επιθυμητά επίπεδα «65%» (Μανιός, 2009).

➤ Ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων

Η λάσπη των βιολογικών καθαρισμών αντιπροσωπεύει τα αστικά λύματα όπου η διαχείριση τους δημιουργεί προβληματισμό, καθώς ο ενταφιασμός τους προκαλεί περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η συνδυαστική κομποστοποίηση της ιλύος με φυτικά υπολείμματα είναι εύκολη, εν τούτοις απαραίτητη προϋπόθεση για την τελική ποιότητα είναι η ύπαρξη των βαρέων μετάλλων στο χουμικό λίπασμα (Μανιός, 2009).

Υψιστο μειονέκτημα όλων των προαναφερθέντων υπολειμμάτων πλην ελαχίστων εξαιρέσεων είναι το υψηλό οικονομικό κόστος συλλογής και μεταφοράς τους στις κεντρικές μονάδες κομποστοποίησης. Σε μερικές περιπτώσεις ως στρατηγική επίλυσης του προβλήματος επιλέχθηκε η επεξεργασία της κομποστοποίησης των δύσκολα μεταφερόμενων οργανικών υλικών να εφαρμόζετε στους τόπους παραγωγής τους (Μανιός, 2009).

1.7 Υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού

Το μελισσοκομικό κερι παράγεται από τους κυρογόνους αδένες των νεαρών μελισσών και η αρχική του εικόνα είναι σε μορφή διάφανων λευκών νιφάδων, στη συνέχεια πλάθεται από τις μέλισσες για να αποτελέσουν την κηρήθρα. Το κερι μελισσών είναι ένα αδρανές εύπλαστο υλικό, αδιάλυτο στο νερό και ανθεκτικό σε πολλά οξέα, επίσης είναι διαλυτό στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες. Βασικό συστατικό του κεριού είναι οι υδρογονάθρακες και οι εστέρες λιπαρών οξέων (Δέδες, 2013). Το καθαρό κερι που παράγει ο μελισσοκόμος προέρχεται από τα απολείψματα του τρύγου και από την ανακύκλωση παλιών κηρήθρων (Εικόνα, 8), η διαδικασία αντικατάστασης τους επαναλαμβάνεται κάθε τρία ή τέσσερα χρόνια. Ο διαχωρισμός του καθαρού κεριού από το σύνολο των υπολειμμάτων επί το πλείστον γίνεται με την χρήση νερού (Θρασυβούλου, 2012), στη συνέχεια προκύπτει ένα δευτερογενές κολλώδες, σκουρόχρωμο οργανικό απόβλητο «slumgum». Το υψηλό κόστος εξοπλισμού που απαιτείται για την επεξεργασία των μη κατάλληλων κεριών οδήγησε κατά κόρον την συγκέντρωσή τους σε εργαστήρια κηρηθοποιείας όπου διαχειρίζονται όλα τα στάδια στην γραμμή παραγωγής.



Εικόνα 8. Κηρήθρα για ανακύκλωση.

Η προκύπτουσα σκουρόχρωμη κηρώδης μάζα αποτελείται από αραιωμένο μέλι, γύρη (Εικόνα, 9), πρόπολη (Εικόνα, 10), προνύμφες, νεκρές μέλισσες, περιττώματα, μικρές αναλογίες μη εξαγόμενου κεριού και εναπομείναντα κουκούλια εντόμων. Η υπάρχουσα ποσότητα στα κατάλοιπα μελισσοκομικού κεριού από αραιωμένο μέλι και γύρη εμπλουτίζει με κατάλληλους μικροοργανισμούς την αρχική πρώτη ύλη επιταχύνοντας την έναρξη της ζύμωσης. Η παρουσία ρευστοποιημένου μελιού και κόκκων γύρης όντας πλούσια στο κομπόστ λειτουργεί ως φυσικός εμβολιασμός με μικροβιακό φορτίο (Snowdon & Cliver, 1995' Silva, Rabadzhiev, Eller, Plev, Ivanova & Santana, 2017).



Εικόνα 9. Νωπή γύρη.



Εικόνα 10. Ακατέργαστη πρόπολη

(<http://great-beemaster.blogspot.gr/p/propolis-propolis-propolisgreek.html>).

Επί του παρόντος δεν υπάρχει άμεση χρήση αυτού του υλικού στις αγροτικές καλλιέργειες από την στιγμή που δεν υπόκεινται την διαδικασία ανακύκλωσης. Συνηθίζεται να εκφορτώνεται σε δημόσιους χώρους δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στους μελισσοκόμους καθώς αποτελεί εστία μόλυνσης για τις υπάρχουσες μέλισσες. Οι εμπλεκόμενοι με την σειρά τους για την διευθέτηση της κατάστασης απομακρύνουν τα υπολείμματα κεριού μέσω της καύσης μη γνωρίζοντας τις ρυπογόνες ουσίες που απελευθερώνονται στο περιβάλλον (Bradbear, 2009). Η ανωτέρω διαδικασία χρήσης των υπολειμμάτων του μελισσοκομικού κεριού ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας (θέρμανση) θα πρέπει να εξεταστεί ενδελεχώς από τους αρμόδιους φορείς και αν τούτο κριθεί αναγκαίο να συμπεριληφθεί στο νομοθετικό πλαίσιο για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μετατρέποντας τον ρόλο των υπολειμμάτων από καύσιμη σε αποδομήσιμη ύλη, ομοίως με την εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα (European Union Law, 2008).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Προμήθεια υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού

Τα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού (1m³) χορηγήθηκαν από τον ιδιοκτήτη καταστήματος μελισσοκομικού εξοπλισμού Ιωάννη Δερμιτζάκη. Το πείραμα έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου Κρήτης στην μονάδα κομποστοποίησης και παράλληλα στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων. Η έναρξη του πειράματος ήταν στις 10 Οκτωβρίου 2015 και η ολοκλήρωση του ήταν στις 30 Απριλίου 2016.

2.2 Μέθοδος πειραματικής κομποστοποίησης

Τοποθετήθηκαν 35Lt υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού (Εικόνα, 11) μέσα σε χειροκίνητο κάδο κομποστοποίησης, στη συνέχεια ακολούθησε διαβροχή με νερό και ανάδευση με σκοπό την ενεργοποίηση των μικροοργανισμών· η υγρασία και το οξυγόνο είναι απαραίτητα στοιχεία για την έναρξη της κομποστοποίησης (Μανιός, 2009). Μετά το πέρας των τριών ημερών τοποθετήθηκε στην "καρδιά" των υπολειμμάτων ψηφιακό θερμομέτρο DTM Ni-Cr. Η διαδικασία μέτρησης των θερμοκρασιών επαναλαμβάνονταν καθημερινά, όταν οι θερμοκρασίες ήταν πολύ υψηλές (>65°C) ή πολύ χαμηλές (<55°C) εφαρμόζονταν διαβροχή και αερισμός (ανάδευση) αφού οι βέλτιστες συνθήκες για την αποδόμηση της οργανικής ύλης είναι 55-65°C (Μανιός, 2009). Οι επαναλαμβανόμενες

μετρήσεις με το ψηφιακό θερμομέτρο ολοκληρώθηκαν όταν το εσωτερικό στρώμα των υπολειμμάτων παρουσίαζε θερμοκρασίες ίδιες με αυτές του περιβάλλοντα χώρου.

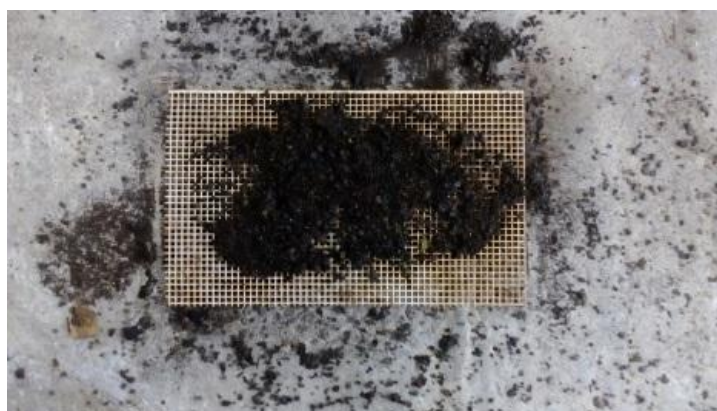


Εικόνα 11. Υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού σε σωρό στο Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης το οργανικό υλικό αφέθηκε "ελεύθερο" για περίπου οκτώ εβδομάδες σε στεγανό χώρο με σκοπό την πλήρη ωρίμανση του. Η διαδικασία της ωρίμανσης απαλλάσσει το κομπόστ από φυτοτοξικές ουσίες με συνέπεια να το καθιστά ακίνδυνο για την χρήση του ως οργανική λίπανση (Μανιός, 2009).

Στη συνέχεια με την βοήθεια του μηχανικού θρυμματιστή το κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό κονιορτοποιήθηκε σε μικρότερα τεμάχια (Εικόνα, 12) και κοσκινίστηκε (Εικόνα, 13Α) με σκοπό να απομακρυνθεί το αχώνευτο χονδροειδές υλικό (Εικόνα, 13Β) για την καλύτερη αποδόμηση του (Μανιός, 2016).

Η τελική καθαρή ποσότητα των υπολειμμάτων του μελισσοκομικού κεριού μετά την διαδικασία της κομποστοποίησης και κοσκινίσματος ήταν 25Lt.



Εικόνα 12. Θρυμματισμός κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού.



Εικόνα 13. (Α) Κοσκίνισμα μελισσοκομικού κεριού, (Β) Απομάκρυνση του αχώνευτου χονδροειδές υλικού.

2.3 Έλεγχος φυτοτοξικότητας σε σπόρους μαρουλιού *Parris Island Cos*

Ακολούθησε ο έλεγχος της φυτοτοξικότητας σε σπόρους μαρουλιού τύπου *Parris Island Cos*. Ο σκοπός του ελέγχου φυτοτοξικότητας σε εν δυνάμει ζωντανούς οργανισμούς, κοινός ευαίσθητους προδίδει την οργανοχημική κατάσταση του κομπόστ, δηλονότι την απουσία ή παρουσία φυτοτοξικών και οργανικών οξέων στο τελικό προϊόν. Αρχικά εφαρμόστηκε διαβροχή σε 1Lt ώριμου κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού με 300ml νερό με σκοπό την συλλογή του διαλύματος στράγγισης μετά το πέρας των είκοσι τεσσάρων ωρών. Για τον έλεγχο της φυτοτοξικότητας χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα τριβλία και σε κάθε τριβλίο τοποθετήθηκαν δέκα σπόροι μαρουλιού. Στο πρώτο τριβλίο (Μάρτυρας) προστέθηκε απιονισμένο νερό, στο δεύτερο και τρίτο τριβλίο προστέθηκε διάλυμα στράγγισης κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού αραιωμένο με 5% και 10% νερό αντίστοιχα. (Σαμπαθιανάκης Ιωάννης, Προσωπική επικοινωνία, 2015). Μετά το πέρας των τριών ημερών οι σπόροι μαρουλιού τύπου *Parris Island Cos* παρουσίασαν έκπτυξη σε όλα τα τριβλία. Η διαδικασία ελέγχου φυτοτοξικότητας ολοκληρώθηκε δεικνύοντας την πλήρη ωρίμανση του κομπόστ καθώς τα νεαρά φυτά ήταν εύρωστα και υγιή.

2.4 Ιστορικό ποικιλίας μαρουλιού *Parris Island Cos*

Η ποικιλία μαρουλιού τύπου *Cos* επονομάστηκε έτσι λόγω της καλλιέργειας του στη νήσο Κω, είναι φυτό όρθιο, ψηλό (20-25cm), με λεπτή μικρή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό μέρος και λεπτά μακριά φύλλα κυματοειδούς σχήματος. Το χρώμα του είναι σκούρο πράσινο και πρασινοκίτρινο στα ενηλικιωμένα και τρυφερά φύλλα αντίστοιχα, υπάρχουν καλλιεργούμενες ποικιλίες σε διάφορες αποχρώσεις του πράσινου χρώματος. Χαρακτηρίζεται ως μεσοπρώιμη ποικιλία ενδεδειγμένη για φθινοπωρινή και χειμερινή παραγωγή και απαιτούνται εβδομήντα ημέρες μέχρι την συγκομιδή τους. Το μαρούλι τύπου *Cos* προτιμάται σε Ελλάδα, Μέση Ανατολή και Β. Αφρική (Ολύμπιος, 2015).

2.4.1 Απαιτήσεις σε κλίμα και σε έδαφος

Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής και παρουσιάζει άριστη ανάπτυξη όταν επικρατούν θερμοκρασίες ημέρας 19-23°C και κατά την διάρκεια της νύχτας 7-11°C, σε γενικές γραμμές είναι ανθεκτικό σε δύσκολες καιρικές συνθήκες. Η παρατεταμένη ένταση φωτισμού και οι υψηλές θερμοκρασίες (>30°C) συντομεύει το χρονικό διάστημα από την σπορά μέχρι και την συγκομιδή σχηματίζοντας ταυτόχρονα ανθικά στελέχη.

Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο φυτό όσον αφορά τις τυχόν δυσμενείς εδαφικές συνθήκες, τα στραγγιζόμενα αμμοπηλώδη πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία εδάφη με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας θεωρούνται καταλληλότερα για την καλλιέργεια του. Τα όξινα (<pH 6) και αλκαλικά (>pH 7,5) εδάφη με υψηλή συγκέντρωση αλάτων προκαλούν χλώρωση και καθυστέρηση στην ανάπτυξη του φυτού (Ολύμπιος, 2015).

2.4.2 Άρδευση και ποιότητα νερού

Το αβαθές ριζικό σύστημα στο φυτό μαρούλι απαιτεί ομοιόμορφη άρδευση σε τακτά χρονικά διαστήματα, με την αποφυγή στέρησης και υπερβολικής παροχής νερού επιτυγχάνεται άριστη ανάπτυξη· οι πραγματικές ανάγκες σε νερό ανέρχονται σε 252m³/στρ. Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της καλλιέργειας μαρουλιού είναι η ποιότητα του νερού καθώς η επιθυμητή συγκέντρωση αλάτων για την υγιή ανάπτυξη των φυτών θα πρέπει να είναι EC=0,9dSm⁻¹ (Ολύμπιος, 2015).

2.4.3 Οργανική λίπανση σε φυτό μαρούλι

Τα οργανικά λιπάσματα είναι πλήρη λιπάσματα που απελευθερώνουν βαθμιαία τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχουν εξισορροπώντας την βλάστηση, την παραγωγή ανθέων και καρπών. Η περιεκτικότητα της κοπριάς σε θρεπτικά στοιχεία δεν είναι σταθερή και

εξαρτάται από την πηγή προέλευσης και τον βαθμό αποσύνθεσης της. Το φυτό μαρούλι χαρακτηρίζεται ως μέτρια απαιτητικό σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο (Κανάκης, 2003).

Ενδεικτικά το εμπορικό σκεύασμα βιολογικής λίπανσης (AGROBIOSOL) συνιστώμενο για την βιολογική καλλιέργεια του μαρουλιού περιέχει οργανικό άζωτο 6-8%, φώσφορο 0,5% και κάλιο 0,5% (Ζούμη, 2009).

2.5 Προετοιμασία σπορίου για την παραγωγή φυτών μαρουλιού *Parris Island Cos*

Σε μείγμα οργανικής ουσίας (Potgrond) με πρόσθετη λίπανση (N14:P10:K18) εφαρμόστηκε διαβροχή (Εικόνα, 14A) με σκοπό να αποκτηθεί η κατάλληλη υγρασία χώματος (στο ρώγο του).



Εικόνα 14. (A) Διαβροχή μείγματος, (B) Σπόροι ποικιλίας μαρουλιού (*Parris Island Cos*).

Στη συνέχεια οι σπόροι μαρουλιού τοποθετήθηκαν στα πλαστικά δοχεία σποράς (Εικόνα, 14B) με το κατάλληλο μείγμα χώματος και μεταφέρθηκαν για τρεις ημέρες σε σκοτεινό θάλαμο με σταθερές θερμοκρασίες (22°C), ο τρόπος ποτίσματος που εφαρμόστηκε ήταν με την τριχοειδή άνοδο σε καθημερινή βάση. Ο φωτισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν ήπιος και επαρκής για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, οι θερμοκρασίες παρέμειναν σταθερές στους 22°C και το πότισμα συνεχίστηκε με τον ίδιο ρυθμό και τρόπο. Μετά το πέρας των τριών ημερών οι σπόροι μαρουλιού τύπου *Parris Island Cos* παρουσίασαν έκπτυξη, σε είκοσι ημέρες τα φυτά εμφάνισαν ικανοποιητική ανάπτυξη και μεταφέρθηκαν στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις για την μεταφύτευσή τους.

2.5.1 Προετοιμασία τριών διαφορετικών μειγμάτων χώματος για την μεταφύτευση φυτών μαρουλιού *Parris Island Cos*

Προετοιμάστηκαν τρία διαφορετικά μείγματα χώματος στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις για την μεταφύτευση νεαρών φυτών μαρουλιού ποικιλίας *Parris Island Cos* (Εικόνα, 15A). Σε όλα το κομποστοποιημένα υλικά για την δημιουργία των μειγμάτων προστέθηκε ξανθιά τύρφη και ποταμίσις άμμος (Εικόνα, 15B). Ο σκοπός της πειραματικής διαδικασίας είναι η σύγκριση των κομποστοποιημένων υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού με την μαύρη τύρφη και με την οργανική λίπανση από κλαδιά και βοοειδή, η μαύρη τύρφη ορίστηκε ο μάρτυρας του πειράματος.

Τα πλαστικά δοχεία χωρητικότητας 7Lt που επιλέχθηκαν για την μεταφύτευση των φυτών μαρουλιού ήταν στο σύνολο τους τριάντα (δέκα πλαστικά δοχεία για το κάθε οργανικό λίπασμα).



Εικόνα 15. (A) Τρία διαφορετικά μείγματα χώματος, (B) Προσθήκη άμμου και ξανθιάς τύρφης.

Ακολούθησε η μεταφύτευση των φυτών μαρουλιού (Εικόνα, 16) όταν τα φυτά είχαν αποκτήσει δύο με τρία φυλλάρια, τα πλαστικά δοχεία τοποθετήθηκαν αρχικά σε σκιερό χώρο για την αποφυγή εγκαυμάτων στα νεαρά φύλλα των φυτών από την ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 16. Μεταφύτευση των φυτών μαρουλιού σε πλαστικά δοχεία χωρητικότητας 7Lt.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε πότισμα από την κάτω πλευρά του δοχείου με την βοήθεια των πλαστικών πιάτων (πιάτα συγκράτησης νερού) καθώς με την τριχοειδή άνοδο του νερού αποφεύγεται η υπερχειλίση χώματος και το νερό διεισδύει με πιο αργό και ουσιαστικό ρυθμό στους πόρους του μείγματος χωρίς να δημιουργούνται απώλειες του υγρού στοιχείου. Σημαντικό μειονέκτημα με τον τρόπο ποτίσματος που προαναφέρθηκε είναι η εμφάνιση φυτοτοξικότητας ένεκα της συγκέντρωσης αλάτων στην επιφάνεια του χώματος (Εικόνα, 17).



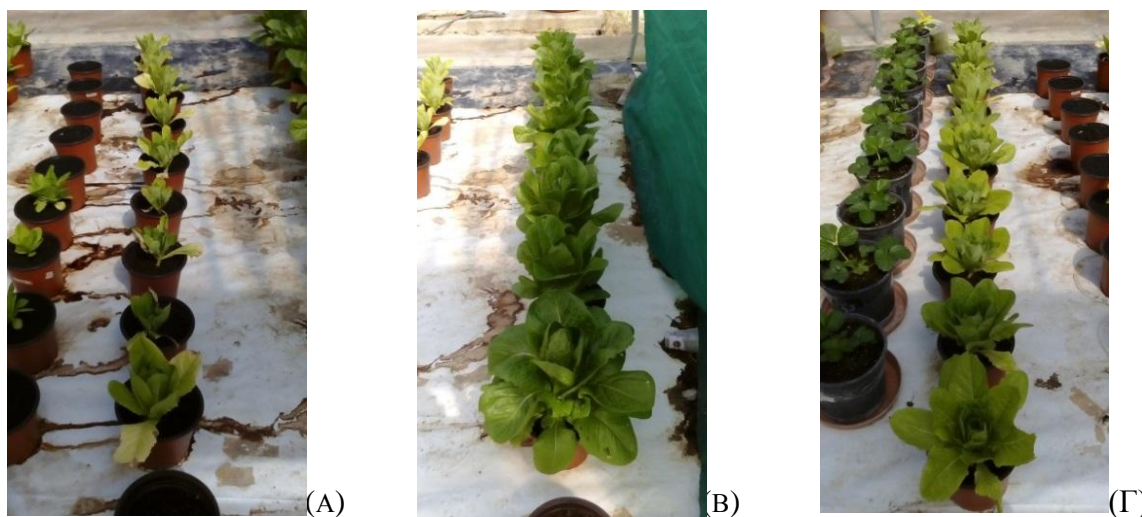
Εικόνα 17. Εμφάνιση συγκέντρωσης αλάτων από την τριχοειδή άνοδο του νερού.

Μετά το πέρας δέκα ημερών αφαιρέθηκαν τα πλαστικά πιάτα και εφαρμόστηκε πότισμα στο υπέργειο τμήμα του φυτού με σκοπό να απομακρυνθούν τα άλατα (ξέπλυμα αλάτων). Επιπροσθέτως τα φυτά εκτέθηκαν στην ηλιακή ακτινοβολία για την σταδιακή σκληραγώγηση τους (Εικόνα, 18).



Εικόνα 18. Έκθεση των φυτών στην ηλιακή ακτινοβολία για την σταδιακή σκληραγώγηση τους.

Μετά από εξήντα ημέρες η ανάπτυξη των φυτών μαρουλιού ολοκληρώθηκε (Εικόνα, 19Α, Β, Γ) με "θεαματικά" αποτελέσματα όσον αφορά το κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κερι (Εικόνα, 20).



Εικόνα 19. Ολοκληρωμένη ανάπτυξη φυτών μαρουλιού μετά από εξήντα ημέρες σε τρία διαφορετικά μείγματα χρώματος [(Α) Μάρτυρας, (Β) Μελισσοκομικό κερι, (Γ) Κλαδιά & Βοοειδή].



Εικόνα 20. Αριστερά τοποθετημένο το compost από μελισσοκομικό κεριό, στο κέντρο το οργανικό λίπασμα από κλαδιά και βοοειδή και στην δεξιά θέση η μαύρη τύρφη (Μάρτυρας).

3. Μετρήσεις Παραμέτρων Παραγόμενου Compost

Στις μεθόδους παραμέτρων παραγόμενου κομπόστ συμπεριλαμβάνονται το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (φυσικοχημικές ιδιότητες) και οι υδατικές, φυσικές ιδιότητες των υποστρωμάτων. Άριστο pH για το κομποστοποιημένο οργανικό υλικό θεωρείται αυτό που βρίσκεται σε αλκαλική περιοχή καθώς ευνοεί την δράση των μικροοργανισμών κατά την βιοαποδόμηση. Η διόρθωση του pH στο τελικό προϊόν δεν ενδείκνυται καθώς με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει από την όξινη περιοχή προς την αλκαλική λόγω της ελεύθερης αμμωνίας.

Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για την διαδικασία της κομποστοποίησης, αντίθετα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα χρήσης του κομποστοποιημένου οργανικού υλικού στις καλλιέργειες (Μανιός, Μανιαδάκης, Δοκιανάκης & Φουντουλάκης, 2009).

Τέλος ο ολικός όγκος πόρων με αέρα και ο ολικός όγκος πόρων στα κομποστοποιημένα υλικά εκφράζει τον όγκο ενός υποστρώματος μη λαμβάνοντας υπόψη τον όγκο οργανικών και ανόργανων τεμαχιδίων. Η υγρασία υποστρώματος με την σειρά της δείχνει κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσεια νερού θα αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα για την φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών (Μανιός, X.X.).

3.1 Προσδιορισμός pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε αυτούσιο κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κερί, μείγμα χώματος και υγρό δείγμα

Για τον προσδιορισμό του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αρχικά προστέθηκε απιονισμένο νερό σε ξηρό δείγμα υποστρώματος με σκοπό να "έρθει" η υγρασία του σε επιθυμητά επίπεδα. Οι δυο κύλινδροι τοποθετήθηκαν στη βάση τους και μεταφέρθηκε υπόστρωμα πρώτα στον κάτω μικρό και μετέπειτα μέχρι την μέση στον επάνω μεγάλο, το υπόστρωμα συμπιέστηκε με βαρίδιο (1385gr). Με την βοήθεια της λεπίδας κόπηκε ο κάτω μικρός κύλινδρος και μεταφέρθηκε το υπόστρωμα σε ποτήρι ζέσεως, προστέθηκαν 120ml απιονισμένο νερό και αναδεύτηκε το διάλυμα για δεκαπέντε λεπτά. Το δείγμα αφέθηκε για δυο ώρες μέσα στο νερό για την αποτελεσματικότερη διαλυτοποίηση του, στη συνέχεια τοποθετήθηκε διηθητικό χαρτί σε πορσελάνινο χωνί Buchner και η διήθηση συνεχίστηκε για είκοσι τέσσερις ώρες. Τέλος στο εκχύλισμα μετρήθηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αυτούσιου κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού με την βοήθεια του πεχάμετρου και του αγωγιμόμετρου. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για το μείγμα χώματος με μελισσοκομικό κερί μετά την ομογενοποίηση του με την ξανθιά τύρφη και ποταμίσια άμμο (Μανιός κ.α., 2009).

Τα εργαστηριακά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι τα εξής :

Εργαστηριακά όργανα

- Κύλινδρος (Διάμετρο 42mm, Ύψος 58mm, Χωρητικότητα 80cm³)
- Βαρίδιο 1385gr
- Πορσελάνινο χωνί Buchner
- Ποτήρι ζέσεως
- Πεχάμετρο - Αγωγιμόμετρο

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας σε φυτά μαρούλι τα πλαστικά πιάτα συγκράτησης νερού αφαιρέθηκαν όπως προαναφέρθηκε για την απομάκρυνση των αλάτων. Στη συνέχεια μετά την απομάκρυνση του κινδύνου εμφάνισης της φυτοτοξικότητας επανατοποθετήθηκαν με σκοπό να προσδιοριστεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH σε υγρό δείγμα. Εφαρμόστηκαν τρεις μετρήσεις για τον υπολογισμό ηλεκτρικής αγωγιμότητας και pH ανά είκοσι ημέρες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα υποστρώματα από το νερό στράγγισης που συσσωρεύτηκε στα πλαστικά πιάτα (Εικόνα, 21).



Εικόνα 21. Νερό στράγγισης που συσσωρεύτηκε στα πλαστικά πιάτα.

3.2 Προσδιορισμός ολικού όγκου πόρων με αέρα, ολικού όγκου πόρων και υγρασίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα

Αρχικά με την χρήση ογκομετρικού κύλινδρου μεταφέρθηκαν 80cm³ βρεγμένου υποστρώματος σε ένα ποτήρι ζέσεως (Ο.Π.), στη συνέχεια στο ποτήρι ζέσεως προστέθηκε σταδιακά νερό βρύσης έως ότου σχηματιστεί λεπτό φίλμ πάνω από το δείγμα, η ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε υπολογίστηκε ως νερό προσθήκης κορεσμού (Ν.Π.Κ.). Έπειτα το ποτήρι ζέσεως καλύφθηκε με τουλουπάνι και τοποθετήθηκε λοξά με το ράμφος προς το εσωτερικό ενός πλαστικού δοχείου με σκοπό την στράγγιση της περίσσειας νερού (Εικόνα, 22). Η προαναφερθείσα διαδικασία διήρκεσε δυο ώρες και το νερό που προέκυψε ογκομετρήθηκε ως νερό στράγγισης (Ν.Σ.), το πείραμα εφαρμόστηκε σε όλα τα δείγματα για τον μετέπειτα υπολογισμό ολικού όγκου πόρων αέρα «Ο.Ο.Π.Α.» (Μανιός, Φουντουλάκης & Τερζάκης, 2009).

Πίνακας 1. Νερό προσθήκης κορεσμού (Ν.Π.Κ.) και νερό στράγγισης (Ν.Σ.) σε τρία διαφορετικά κομποστοποιημένα υλικά.

Υποστρώματα	Ν. Π. Κ. (ml)	Ν. Σ. (ml)
Μάρτυρας-Μαύρη τύρφη	35	1
Μελισσοκομικό κερι	40	3
Κλαδιά & Βοοειδή	39	1

Τύπος υπολογισμού Ο.Ο.Π.Α. %

$$\text{Ο.Ο.Π.Α. \%} = \frac{\text{Ν.Σ.} \times 100}{\text{Ο.Π.}}$$



Εικόνα 22. Στράγγιση της περίσσειας νερού σε τρία διαφορετικά υποστρώματα.

Τα εργαστηριακά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό ολικού όγκου πόρων με αέρα, ολικού όγκου πόρων και υγρασίας είναι τα εξής :

Εργαστηριακά όργανα

- Ποτήρι ζέσεως
- Ογκομετρικός κύλινδρος
- Τουλουπάνι
- Ηλεκτρονικός ζυγός
- Πυρίμαχες κάψες
- Φούρνος ξήρανσης

Για τον προσδιορισμό ολικού όγκου πόρων (Ο.Ο.Π.) είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το νερό υγρασίας υποστρώματος (Ν.Υ.Υ.). Οι πυρίμαχες κάψες ζυγίστηκαν άδειες (Α) και στη συνέχεια γεμάτες με το τεμαχισμένο οργανικό υλικό (Β), έπειτα μεταφέρθηκαν σε φούρνο ξήρανσης στους 105°C για είκοσι τέσσερις ώρες. Οι κάψες επαναζυγίστηκαν παρουσία ξηρού δείγματος (Γ).

Πίνακας 2. Βάρος κάψας (Α), μεικτό νωπό βάρος (Β), μεικτό ξηρό βάρος (Γ) και νερό υγρού υποστρώματος (Ν.Υ.Υ.) σε τρία διαφορετικά κομποστοποιημένα υλικά.

Βάρος (gr)	Υποστρώματα		
	Μάρτυρας-Μαύρη τύρφη	Μελισσοκομικό κερί	Κλαδιά & Βοοειδή
Βάρος κάψας (Α)	2,11	2,16	2,21
Μεικτό νωπό βάρος (Β)	25,62	25,87	25,09
Μεικτό ξηρό βάρος (Γ)	14,60	18,45	18,52
Ν. Υ. Υ.	11,02	7,42	6,56

Τύπος υπολογισμού Ο.Ο.Π.%

$$\text{Ο.Ο.Π.}\% = \frac{(\text{Ν.Υ.Υ.} + \text{Ν.Π.Κ.}) \times 100}{\text{Ο.Π.}}$$

Ο προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας των τριών διαφορετικών οργανικών υποστρωμάτων υπολογίστηκε με την βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης (Καλαντζής, 2010).

Τύπος υπολογισμού Υ.%

$$Y. (\%) = (Γ-A/B-A) \times 100$$

4. Μέτρηση Αριθμού Φύλλων, Ύψους και Βάρους σε Μαρούλια

Πριν την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας παραγωγής λαχανοκομικών φυτών (μαρούλι τύπου Parris Island Cos) σε τρία διαφορετικά υποστρώματα μετρήθηκε ο αριθμός φύλλων και το ύψος τους (τέσσερις μετρήσεις στο σύνολο) ανά πέντε ημέρες. Μετά το πέρας των εξήντα ημερών όταν το πείραμα ολοκληρώθηκε μετρήθηκε το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών· προηγήθηκε διαχωρισμός του ριζικού συστήματος. Στη συνέχεια τα νωπά μαρούλια μεταφέρθηκαν σε φούρνο ξήρανσης σε 40°C όπου και παρέμειναν για σαράντα οκτώ ώρες με σκοπό την πλήρη αφυδάτωση τους.

4.1 Οργανοληπτικός έλεγχος

Ακολούθησε οργανοληπτική εξέταση τόσο για το χρώμα και την υφή των φυτών όσο και για την γεύση. Τα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε μείγμα χώματος με κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό εμφάνισαν έντονο, ζωηρό πράσινο χρώμα (Εικόνα, 23) με τραγανή υφή και άριστη γεύση. Τα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε μείγμα χώματος με μαύρη τύρφη (Εικόνα, 24) και κομποστοποιημένα κλαδιά με υπολείμματα βοοειδών (Εικόνα, 25) παρουσίασαν τροφopenίες, η ανάπτυξη τους ήταν ελλιπής και δεν ήταν εύγευστα και υδαρή (Καραμαλάκη Ειρήνη, Προσωπική επικοινωνία, 2015).



Εικόνα 23. Μαρούλι σε κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό



Εικόνα 24. Μαρούλι σε μαύρη τύρφη.



Εικόνα 25. Μαρούλι σε κομποστοποιημένα κλαδιά και υπολείμματα βοοειδών.

5. Αποτελέσματα - Συζήτηση

5.1 Μέθοδος πειραματικής κομποστοποίησης

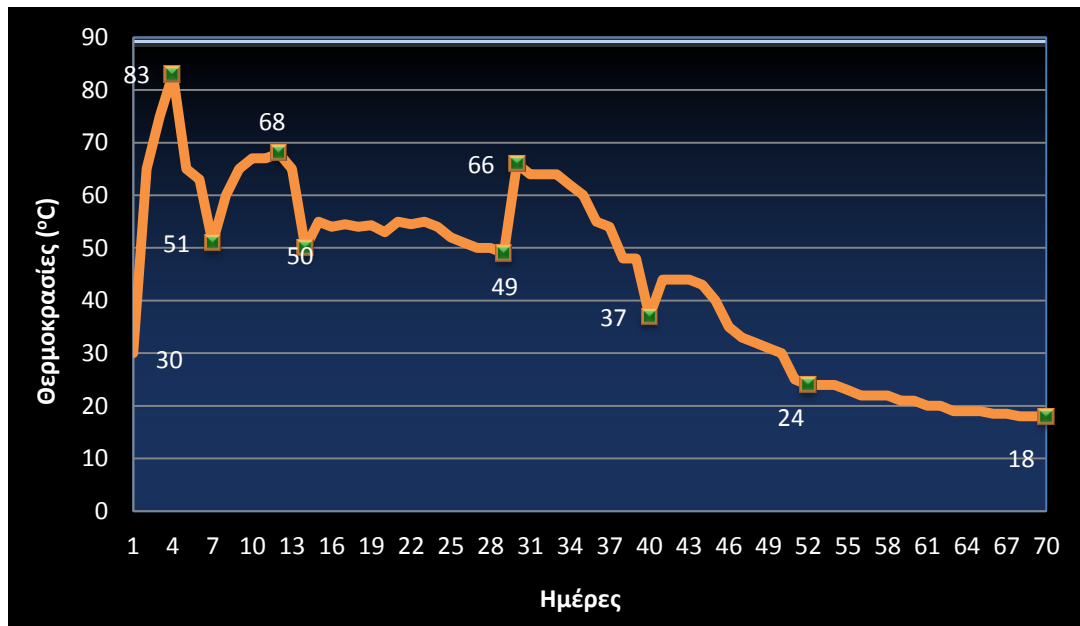
Η θερμοκρασία που παρατηρείται κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης παράγεται από τους ίδιους τους μικροοργανισμούς, καθότι διασπών μεγαλομόρια σε απλούστερες οργανικές ενώσεις και απελευθερώνουν θερμική ενέργεια (Μανιός, 2009).



Η θερμοκρασία είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αποδόμηση της οργανικής ύλης καθώς οι μικροοργανισμοί που λαμβάνουν μέρος σε αυτή την διαδικασία είναι οι ψυχρόφιλοι (15-35°C), οι μεσόφιλοι (35-55°C) και οι θερμόφιλοι (55-65°C). Η διάρκεια δράσης της πρώτης και της δεύτερης κατηγορίας είναι πολύ μικρή σε σχέση με

αυτή των θερμοφίλων μικροοργανισμών. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες για την βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης είναι 55-65°C, κατόπιν τούτου στη φάση των θερμοφίλων μικροοργανισμών κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού όταν οι θερμοκρασίες υπερέβαιναν το όριο των 65°C εφαρμόζονταν ανάδευση και διαβροχή του υλικού. Με την προαναφερθείσα τακτική επιτυγχάνεται καλός αερισμός (οξυγόνωση) και προσθήκη υγρασίας με συνέπεια την πτώση των θερμοκρασιών στις βέλτιστες συνθήκες. Είναι γνωστό ότι το οξυγόνο και η ύπαρξη νερού είναι ζωτικής σημασίας στοιχεία για την ύπαρξη των μικροοργανισμών. Επιπροσθέτως πρέπει να επισημανθεί ότι σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>65°C) ακολουθείται νέκρωση τόσο των βακτηρίων όσο και των μυκήτων (Μανιός, 2009).

Στις περιπτώσεις που η θερμοκρασία ήταν κάτω από τους 55°C εφαρμόζονταν η ίδια τακτική, ανάδευση→αντικατάσταση ατμοσφαιρικού αέρα, επαναπροσθήκη θρεπτικού υλικού και προσθήκη υγρασίας. Όταν οι θερμοκρασίες δεν αυξάνονταν τότε η θερμοφιλή φάση είχε ολοκληρωθεί και ξεκινούσε η ολιγοήμερη μεσόφιλη φάση στις θερμοκρασίες που προαναφέρθηκαν. Στο προτελευταίο στάδιο της κομποστοποίησης οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί ουσιαστικά αποδομούν τα δύσκολα οργανικά μόρια (Μανιός, 2009).



Διάγραμμα 1. Μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με τον χρόνο κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης των υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού σε εβδομήντα ημέρες.

Η κομποστοποίηση υπολειμμάτων μελισσοκομικού κεριού διήρκεσε εβδομήντα ημέρες με εννέα επεμβάσεις συνολικά, στη συνέχεια ακολούθησε η φάση ωρίμανσης (τελευταία

φάση). Στην τελευταία φάση δεν παρατηρείται άνοδος της θερμοκρασίας παρά μόνο αποδόμηση των κυτοτοξικών ουσιών με αργούς ρυθμούς (Μανιός, 2009).

5.2 Προετοιμασία τριών διαφορετικών μειγμάτων χώματος για την μεταφύτευση φυτών μαρουλιού Parris Island Cos

Τόσο η ξανθιά τύρφη όσο και η ποταμίσια άμμος που προστέθηκαν στις τρεις διαφορετικές οργανικές ουσίες ήταν στις ίδιες αναλογίες (Πίνακας 3.). Η ξανθιά τύρφη χρησιμοποιήθηκε ως διογκωτικό υλικό και η ποταμίσια άμμος ως μέσο συγκράτησης της υγρασίας βελτιώνοντας την δομή του μείγματος. Αντίθετα τα κομποστοποιημένα υλικά μαύρη τύρφη, μελισσοκομικό κερί και κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών "ανέλαβαν" τον ρόλο της οργανικής λίπανσης.

Πίνακας 3. Τρία διαφορετικά κομποστοποιημένα υλικά με ξανθιά τύρφη και ποταμίσια άμμο στις ίδιες αναλογίες.

Κομποστοποιημένα υλικά		
Μάρτυρας-Μαύρη τύρφη 15Lt	Μελισσοκομικό κερί 15Lt	Κλαδιά 14Lt & Βοοειδή 1Lt
22,5Lt Ξανθιά Τύρφη	22,5Lt Ξανθιά Τύρφη	22,5Lt Ξανθιά Τύρφη
2,7 Lt Ποταμίσια Άμμο	2,7 Lt Ποταμίσια Άμμο	2,7 Lt Ποταμίσια Άμμο

Τα πλεονεκτήματα των μειγμάτων χώματος είναι η καλύτερη ομογενοποίηση των επί μέρους υλικών, το χαμηλό κόστος παρασκευής και αποφυγή αποστείρωσης τους. Στα μείγματα απουσιάζει η ικανότητα ρύθμισης δεδομένου ότι κανένα από τα εμπεριέχοντα συστατικά υλικά δεν έχει τις ιδιότητες των κολλοειδών του εδάφους. Το αποτέλεσμα του εν λόγω αρνητικού χαρακτηριστικού σε τυχόν παρεκκλίσεις από προκαθορισμένες τιμές διαφόρων παραμέτρων οδηγεί σε προβληματική ανάπτυξη των φυτών (Κανάκης, 2003).

5.3 Προσδιορισμός pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε αυτόσιο κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κερί, μείγμα χώματος και υγρό δείγμα

Η προσθήκη του κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού με ξανθιά τύρφη και ποταμίσια άμμο περιορίζει την αύξηση ή μείωση του πιθανόν ακατάλληλου pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς λειτουργούν αμφότερα διορθωτικά. Σύμφωνα με τα δεδομένα (Πίνακας 4.) το κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κερί παρουσίασε ικανοποιητικό pH (σχεδόν αλκαλικό) για την καλλιέργεια μαρουλιού και στις δύο μετρήσεις. Πολύ υψηλή

ηλεκτρική αγωγιμότητα εμφάνισε το μελισσοκομικό κεριό ως αυτούσιο υλικό τόσο για τα ευαίσθητα όσο και για τα μέτρια ευαίσθητα φυτά (Μανιός, Χ.Χ.).

Πίνακας 4. Προσδιορισμός pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) σε κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό και μείγμα χώματος με μελισσοκομικό κεριό.

Μετρήσεις	Μελισσοκομικό κεριό	Μείγμα χώματος με μελισσοκομικό κεριό
pH	7,4	7,7
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)	2,15mS/cm	1,48mS/cm

Όταν το κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό ομογενοποιήθηκε με την ξανθιά τύρφη και την ποταμίσια άμμο η ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώθηκε σε επιθυμητά επίπεδα (μέτρια αλατότητα). Η ξανθιά τύρφη ως οργανικό και η άμμος ως ανόργανο υλικό επηρεάζουν τις φυσικοχημικές και τις φυσικές ιδιότητες των μειγμάτων (Μανιός, Χ.Χ.).

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα από το νερό στράγγισης στο σύνολο των οργανικών μειγμάτων κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας προδίδουν την αποδοτικότητα των τριών υποστρωμάτων στη καλλιέργεια μαρουλιού (Πίνακας 5.) Τα οργανικά λιπάσματα αφενός απελευθερώνουν βαθμιαία τα πολύτιμα χημικά στοιχεία αφετέρου παραμένει άγνωστο το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο θα αποδοθούν τα θρεπτικά συστατικά στο φυτό (Σαμπαθιανάκης Ιωάννης, Προσωπική επικοινωνία, 2017).

Πίνακας 5. Μεταβολή pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) υγρού δείγματος σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανά δεκαπέντε ημέρες.

Μάρτυρας-Μαύρη τύρφη	Μελισσοκομικό κεριό	Κλαδιά & Βοοειδή
pH 7,5 – EC 1,73ms/cm	pH 7,8 – EC 3,43ms/cm	pH 8,4 – EC 8,09ms/cm
pH 7,9 – EC 0,94ms/cm	pH 7,6 – EC 1,68ms/cm	pH 8,1 – EC 2,79ms/cm
pH 8,1 – EC 0,93ms/cm	pH 7,7 – EC 0,59ms/cm	pH 8,3 – EC 0,98ms/cm

Το αρχικό χαμηλό επίπεδο ορυκτών αλάτων στην περίπτωση της τύρφης (1,73ms/cm) οφείλεται στην απουσία αζώτου «0,5-2,5% N» (Μανιός, Χ.Χ.). Σύμφωνα με το πείραμα που διεξήχθη η πτώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας προήλθε από την απόπλυση των λιγροστών οργανικών συστατικών με την διαδικασία ποτίσματος και όχι με την επιθυμητή απορρόφηση τους στο ριζικό σύστημα του φυτού. Η αύξηση του pH κατά έξι μονάδες προφανώς δεν σχετίζεται με την αλατότητα προερχόμενη από τις θρεπτικές ουσίες αλλά από τα ανόργανα

στοιχεία του νερού επηρεάζοντας την απορρόφηση των εναπομεινάντων ιόντων (Θέριος, 1996).

Στο μείγμα χώματος με κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κεριό η αρχική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι πολύ υψηλή, μετέπειτα η βαθμηδόν πτώση στις δύο τελευταίες μετρήσεις είναι άκρως ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών λαμβάνοντας υπόψη την επιτυχούσα πειραματικής εφαρμογής στην καλλιέργεια μαρουλιών. Η απόδοση των χουμικών ουσιών στο μείγμα χώματος με μελισσοκομικό κεριό ταυτίζεται με τον σχηματισμό της ολικής μάζας του φυτού, διότι το 75% της φυτικής μάζας του μαρουλιού σχηματίζεται τις τελευταίες εβδομάδες πριν την συγκομιδή του (Ολύμπιος, 2015).

Στο τελευταίο υπόστρωμα κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών η αλατότητα είναι σε μη ανεκτά επίπεδα για τα φυτά (8,09ms/cm) με απότομες καθοδικές διακυμάνσεις. Η υπερβολική λίπανση, παρουσία διαλυτών αλάτων οδηγεί στην μείωση διαθεσιμότητας του νερού προς το φυτό λόγω της ωσμωτικής πίεσης (Μανιός, Χ.Χ.). Οι μεταβολές στο pH τόσο στην περίπτωση του μείγματος με μελισσοκομικό κεριό όσο και στα κλαδοκάθαρα με βοοειδή κρίθηκαν μικρές ως αμελητέες, η σταθερότητα τους σε αλκαλικό επίπεδο οφείλεται συνδυαστικά στην προσθήκη αλάτων από το υγρό στοιχείο και στον μικρό βαθμό έκπλυσης τους. Το μελισσοκομικό κεριό παρουσίασε την καλύτερη κατιονική και ανιονική εναλλακτική ικανότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα οργανικά υποστρώματα συγκρατώντας την απαραίτητη και αποβάλλοντας ταυτόχρονα την περίσσεια αλατότητα την κατάλληλη χρονική στιγμή που απαιτούνταν για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των φυτών.

5.4 Προσδιορισμός ολικού όγκου πόρων με αέρα, ολικού όγκου πόρων και υγρασίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα

Ο ολικός όγκος πόρων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των φυτών εξασφαλίζοντας τις απαιτούμενες ποσότητες νερού και αέρα στο ριζικό σύστημα. Σε λανθάνων ολικό όγκο πόρων παρεμποδίζεται η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων και αυξάνεται η συγκέντρωση του CO₂ (αναερόβιες συνθήκες) στο ριζικό σύστημα. Η παρουσία του οξυγόνου στα οργανικά υλικά τα οποία τείνουν να αποδομηθούν θα πρέπει να είναι σε υψηλό επίπεδο, καθώς ένα μέρος αυτού χρησιμοποιείται για την μικροβιακή αποδόμηση, επομένως ο ολικός όγκος πόρων στα οργανικά εδάφη θα πρέπει να κυμαίνεται άνω του 50% (Μανιός, Χ.Χ.).

Ως εκ τούτου το ποσοστό ολικού όγκου πόρων τόσο για τα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού όσο και για την μαύρη τύρφη και τα κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών ήταν ικανοποιητικό (Πίνακας 6.). Στη συνέχεια η στράγγιση των κορεσμένων

δειγμάτων απο νερό δίδει τα αποτελέσματα ολικού όγκου πόρων αέρα με υψηλότερη καθοριστική τιμή αυτή του μελισσοκομικού κεριού (3,75%), η μαύρη τύρφη και τα κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών περιορίστηκαν μόλις στο 1,25%. Η συγκέντρωση του εδαφικού οξυγόνου είναι απαραίτητη για την εκτέλεση της διαπνοής στο ριζικό σύστημα, με την διεργασία της διαπνοής στις ρίζες του φυτού εφαρμόζεται η πρόσλυση των θρεπτικών στοιχείων. Στον αντίποδα αυτής της κατάστασης επηρεάζεται η φάση οξείδωσης ορισμένων θρεπτικών στοιχείων και κατ' ακολουθίαν η δέσμευση τους απο τις ρίζες (Τσικαλάς, 2003).

Πίνακας 6. Αποτελέσματα ολικού όγκου πόρων (Ο.Ο.Π.), ολικού όγκου πόρων με αέρα (Ο.Ο.Π.Α.) και υγρασίας (Υ.) σε τρία διαφορετικά κομποστοποιημένα υλικά.

Υποστρώματα	Ο.Ο.Π.%	Ο.Ο.Π.Α.%	Υ.%
Μάρτυρας-Μαύρη τύρφη	57,52%	1,25%	53,1%
Μελισσοκομικό κεριό	59,27%	3,75%	68,7%
Κλαδιά & Βοοειδή	56,95%	1,25%	71,2%

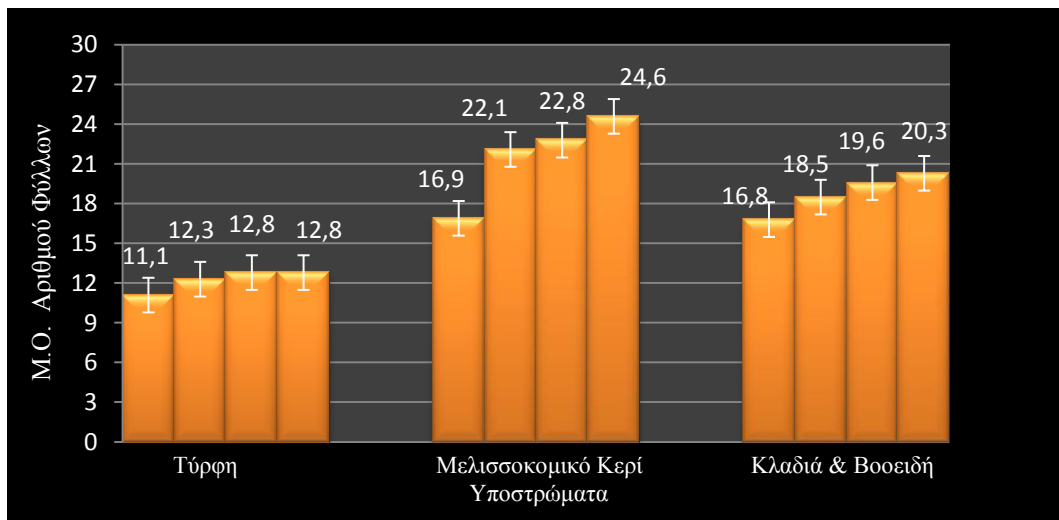
Η υγρασία των υποστρωμάτων θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 45% και 70%, σε διαφορετική περίπτωση σε χαμηλό ποσοστό υγρασίας επηρεάζεται η μικροβιακή αποδόμηση των υποστρωμάτων και σε υψηλό ποσοστό δημιουργούντε αναερόβιες συνθήκες (Μανιος, 2009). Σύμφωνα με τα δεδομένα (Πίνακας 6.) η χαμηλότερη και ασφαλέστερη υγρασία για την αποφυγή εμφάνισης αναερόβιων συνθηκών παρουσιάστηκε στη μαύρη τύρφη, εν αντιθέσει στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού και κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών εμφανίστηκε οριακό ποσοστό επικινδυνότητας εδαφικής υγρασίας.

Η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία στο οργανικό υπόστρωμα με υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού δεν επηρέασε επ' ουδενί αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών καθόσον ελαχιστοποίησε την ηλεκτρική αγωγιμότητα και βελτίωσε την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Από την άλλη πλευρά στο υπόστρωμα με υπολείμματα κλαδοκάθαρων και κοπριά βοοειδών η περίσσεια υγρασία περιορίσε την αφομοιωσιμότητα νιτρικού αζώτου λόγω της έκπλυσης του και παράλληλα συνέβαλε δυσμενώς στην βιοαποδόμηση μακροστοιχείων (Τσικαλάς, 2003).

5.5 Μέτρηση αριθμού φύλλων, ύψους και βάρους σε μαρούλια

Στόχος των μετρήσεων είναι η παρατήρηση ανάπτυξης των φυτών ως προς τον αριθμό φύλλων, ύψος και βάρος. Η εκτέλεση του πειράματος έχει τοξικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά καθώς τα φυτά που τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα

αναπτύχθηκαν σε βαθμό ανάλογο και προκλήθηκαν διαταραχές ανάλογες στις ζωτικές τους λειτουργίες.

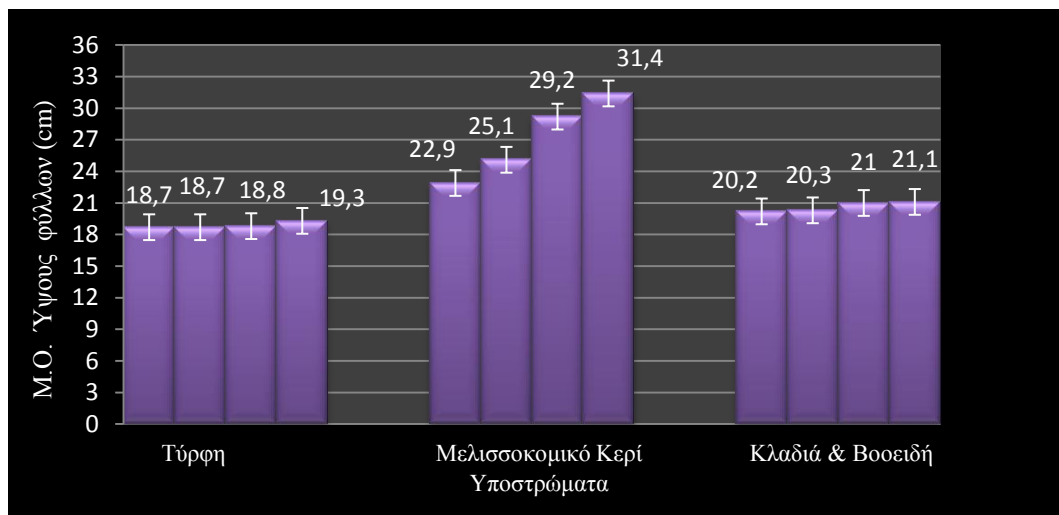


Γράφημα 1. Μεταβολή αριθμού φύλλων σε φυτό μαρούλι (Parris Island Cos) μετά από τέσσερις μετρήσεις σε διάστημα δεκαπέντε ημερών.

Ο αριθμός φύλλων μαρουλιού ποικιλίας Parris Island Cos επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα οργανικής ουσίας κατά την λήξη της καλλιέργειας (Γράφημα 1.). Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μαύρη τύρφη σημείωσαν τον μικρότερο αριθμό σχηματισμού φύλλων συγκριτικά με τα φυτά που παρευρίσκονταν στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού και κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών. Ο ρυθμός σχηματοποίησης φύλλων στην περίπτωση της μαύρης τύρφης παρουσίασε εκτεταμένη στασιμότητα από την έναρξη μέχρι και την λήξη των μετρήσεων.

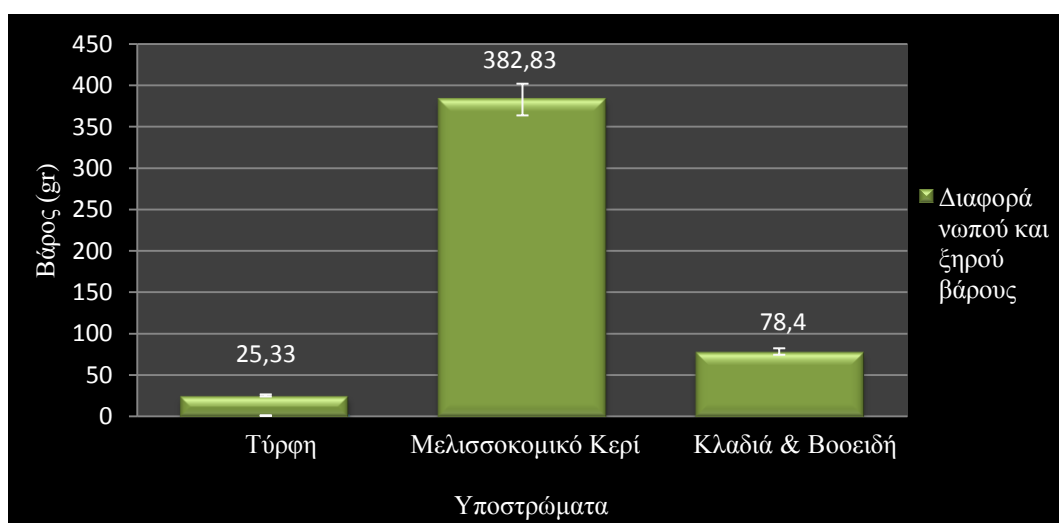
Στον αντίποδα αυτού του φαινομένου τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού παρουσίασαν τον μεγαλύτερο αριθμό φύλλων. Ο ραγδαίος ρυθμός έκπτυξης φυλλωμάτων στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού εμφανίζεται στα τελευταία στάδια διαμόρφωσης της ολικής μάζας του φυτού προφανώς λόγω της ορθολογικής απόδοσης των θρεπτικών στοιχείων από το κομπόστ.

Στη δεύτερη θέση κατατάσσονται τα υπολείμματα από κλαδιά και βοοειδή με προοδευτικό σχηματισμό φύλλων, περίπου κατά μια αυξανόμενη μονάδα ανά μέτρηση. Η αρχική υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα με τις απότομες καθοδικές διακυμάνσεις όπως επισημάνθηκε στις ανωτέρω μετρήσεις δεν προκάλεσαν προσκόμματα για των δημιουργία φύλλων σε φυτό μαρούλι.



Γράφημα 2. Μεταβολή ύψους σε φυτό μαρούλι (Parris Island Cos) μετά από τέσσερις μετρήσεις σε διάστημα δεκαπέντε ημερών.

Στις μετρήσεις που ακολούθησαν για το ύψος των φυτών, τα μαρούλια που αναπτύχθηκαν τόσο στη μαύρη τύρφη όσο και στα κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών σημείωσαν το μικρότερο ύψος φύλλων (Γράφημα 2.). Η αποδοτικότητα τους αξιολογείται λιγοστή σε σχέση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού, καθώς η τελική αριθμητική διαφορά τους καταγράφεται στις δέκα μονάδες κατά προσέγγιση έκαστος. Ο ταχύς ρυθμός αύξησης στα φύλλα μαρουλιού που τοποθετήθηκαν σε κομποστοποιημένο μελισσοκομικό κερί παρατηρήθηκε μετά το πέρας της δεύτερης μέτρησης, γεγονός που επιβεβαιώνει την εύστοχη απόδοση των οργανικών αλάτων από το χουμικό προϊόν προς το φυτό.



Γράφημα 3. Διαφορά νωπής και ξηρής φυτικής μάζας σε φυτό μαρούλι (Parris Island Cos) μετά την αποπεράτωση της καλλιέργειας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα.

Αναμφίβολα στην μέτρηση καθαρού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού το κομπόστ από μελισσοκομικό κερί εμφανίζει συντριπτικά αποτελέσματα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα οργανικά υλικά (Γράφημα 3.). Η διαφορά νωπού και ξηρού βάρους στο κομπόστ από μελισσοκομικό κερί ανέρχεται στα 382,83gr, στην μαύρη τύρφη 25,33gr και στα κλαδοκάθαρα με κοπριά βοοειδών αγγίζει τα 78,4gr φυτικής μάζας. Η διαφορά αρχικού και τελικού βάρους δεικνύει την ικανότητα του ριζικού συστήματος δέσμησης και απορρόφησης των ωφέλιμων θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στο μείγμα χώματος.

Η πολύ χαμηλή σύσταση σε βασικά στοιχεία θρέψης στην μαύρη τύρφη (Μανιος, Χ.Χ.) επηρεάζει αρχικά την ανάπτυξη της ρίζας μετέπειτα του βλαστού και των φύλλων και τέλος το συνολικό υπολειπόμενο βάρος των φυτών. Η περιεκτικότητα αζώτου, φωσφόρου και καλίου στο συγκεκριμένο οργανικό υπόστρωμα χαρακτηρίζεται φτωχή σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτικών οργανισμών (Μαντζώρου, 2007).

Η υφιστάμενη υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα στα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού δεν λειτούργησε ως ανασταλτικός παράγοντας για το παραγόμενο βάρος σε φυτά μαρουλιού, είναι γενικά αποδεκτό ότι η ύπαρξη ορυκτών αλάτων υποδηλώνει την παρουσία θρεπτικών στοιχείων στο κομπόστ. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται κυρίως στον τρόπο επεξεργασίας του ακατέργαστου κεριού στα εργαστήρια κηρηθοποιίας και δευτερευόντως στην ύπαρξη αλάτων στο μέλι (Αδαμοπούλου, 2009). Ο διαχωρισμός του καθαρού κεριού γίνεται με την μέθοδο του ήπιου βρασμού σε νερό (Θρασυβούλου, 2012), είναι γενική παραδοχή ότι με την διαδικασία βρασμού απομακρύνεται το νερό και αυξάνεται η συγκέντρωση αλάτων. Το μελισσοκομικό κερί έχει την ιδιότητα της απορροφητικότητας το οποίο αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα στην συγκεκριμένη περίπτωση καθότι λειτουργεί σαν "σφουγγάρι" σε ένα πυκνό διάλυμα με άλατα κατά την διάρκεια του βρασμού. Η υψηλή συγκέντρωση των αλάτων θα μπορούσε να αποφευχθεί με την χρήση του ηλιακού κηροτήκτη, με τον ηλιακό κηροτήκτη δεν χρησιμοποιείται καθόλου το στοιχείο του νερού και ο διαχωρισμός του κεριού γίνεται με την ηλιακή ενέργεια, άκρως φιλική επεξεργασία προς το περιβάλλον (Θρασυβούλου, 2012).

Η πλούσια ανάπτυξη των φυτών σε όλους τους μετρήσιμους παράγοντες στο μείγμα χώματος με μελισσοκομικό κερί οφείλεται κατεξοχήν στο υψηλό ποσοστό οργανικής ύλης (89%) και στην ικανοποιητική συγκέντρωση κυρίως μακροθρεπτικών ουσιών (Πίνακας 7.) όπως το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το θείο και το ασβέστιο (Corts, Sanchez & Sanchez, 2014).

Οι αζωτούχες ενώσεις προκύπτουν από την χημική σύνθεση των ώριμων και ανώριμων μελισσών με παρουσία πρωτεΐνης στα έντομα (Μ.Ο. 40%) η οποία απορρέει από τον μυϊκό ιστό του θώρακα· είναι παρόμοια σε σύνθεση με τις πρωτεΐνες του λευκού μέρους του αυγού.

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα κομποστοποιημένου μελισσοκομικού κεριού σε θρεπτικά στοιχεία (mg kg⁻¹).

N%	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	B	Mn	Pb	Ni
5,42	3900	5000	2448	5709	4824	1739	265	165	228	12	76

Επίσης είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί η ύπαρξη υδατανθράκων στο πεπτικό σύστημα των μελισσών λόγω της παρουσίας του μελιού (Krell, 1996). Η δεύτερη και ίσως η σημαντικότερη πηγή προέλευσης αζώτου είναι η γύρη όπου οι ολικές αζωτούχες ουσίες κυμαίνονται κατά μέσο όρο στο 20,5%, το ποσοστό αζωτούχων στοιχείων της συλλεγούσης από μέλισσες γύρης παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω της πλούσιας ή φτωχής χλωρίδας που χαρακτηρίζει την εκάστοτε περιοχή (Ζήσης, 2005). Στη γύρη επίσης συναντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις τα μικροστοιχεία Fe, Cu, Zn και Mn , εν αντιθέσει τα μακροστοιχεία δευτερευούσης σημασίας P, K, Ca, Cl και S συναντώνται εξίσου σε υψηλές συγκεντρώσεις στο μέλι. (Αδαμοπούλου, 2009' Τσαντηράκη, 2012).

Για την υγιή ανάπτυξη των φυτών σημαντική συμβολή είχε και η πρόπολη, μια σκουρόχρωμη ρητινώδης, κολλώδης γόμμα η οποία συλλέγεται από τους οφθαλμούς και φλοιούς διαφόρων φυτών και στη συνέχεια επεξεργάζεται από τις μέλισσες. Η μεγάλη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή και η αυξημένη συγκέντρωση σε αρωματικά συστατικά αποτελούν τη βάση της αντιβακτηριακής δράσης της πρόπολης. Οι αντιβακτηριακές και μυκητοκτόνες ουσίες που περιέχονται στην πρόπολη επιδρούν επιλεκτικά και καταλυτικά στους παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να επηρεάζουν προφανώς αρνητικά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Η αντιμικροβιακή δράση της οφείλεται στην ιδιαίτερη σύσταση της από φλαβονοειδή, κινναμικό οξύ, και εστέρες των φαινολικών οξέων (Τσαντηράκη, 2012).

Το εκτεταμένο μειωμένο βάρος των φυτών που παρατηρήθηκε στο οργανικό υπόστρωμα κλαδοκάθαρων και βοοειδών οφείλεται στις μεγάλες απώλειες νερού λόγω της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων καθώς και στη συνολική κατάρρευση μηχανισμών που είναι υπεύθυνοι για την ομαλή και φυσιολογική λειτουργία του φυτικού οργανισμού. Επίσης γνωρίζουμε, ότι στις συνθήκες αυτές, κατά τις οποίες τα φυτά έρχονται αντιμέτωπα με την αλατότητα, διαταράσσεται η ωσμωτική και ιοντική ομοιοστασία των κυττάρων αρχικά της ρίζας και στη συνέχεια του υπόλοιπων ιστών και οργάνων του φυτού. Στη συνέχεια

δημιουργείται εξαιρετικά χαμηλό ωσμωτικό δυναμικό στο έδαφος παρακρατώντας το διαθέσιμο νερό, οπότε τα φύλλα υπό το καθεστώς στρεσογόνων συνθηκών αναγκάζονται να αποκτήσουν ακόμη χαμηλότερο ωσμωτικό δυναμικό για να διατηρήσουν τη διαβάθμιση υδατικού δυναμικού στο σύστημα έδαφος-ρίζα-φυτό, επιπρόσθετα η υψηλή συγκέντρωση ιόντων αδρανοποιεί τα ένζυμα και εμποδίζει την πρωτεϊνική σύνθεση. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα φυτά έχουν μηχανισμούς ώστε να αντεπεξέρχονται τις δύσκολες συνθήκες τις οποίες καλούνται να αντιμετωπίσουν ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη τη στατική τους φύση, γεγονός που εξηγεί την επαρκή ανάπτυξη των φυτών στο κομποστοποιημένο υπόστρωμα κλαδιών και βοοειδών όσον αφορά μόνο το ύψος και τον σχηματισμό φύλλων.

5.5.1 Αποτελέσματα στο SPSS

Όλες οι μετρήσεις αριθμός φύλλων, ύψους και βάρος σε φυτό μαρούλι μεταφέρθηκαν στο SPSS (Superior Performance Software System) πρόγραμμα για την στατιστική ακριβή ανάλυση των δεδομένων (Μαρκάκης Γεώργιος, Προσωπική επικοινωνία, 2017).

Πίνακας 8. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και tukey σε αριθμό φύλλων φυτού μαρούλι (Parris Island Cos) μετά απο τέσσερις μετρήσεις σε διάστημα δεκαπέντε ημερών.

Επεμβάσεις - Αριθμός φύλλων		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Tukey
(α) Μαύρη τύρφη	1ή μέτρηση	11,11	1,05	α
(α) Μαύρη τύρφη	2ή μέτρηση	12,33	0,86	α
(α) Μαύρη τύρφη	3ή μέτρηση	12,88	1,90	α
(α) Μαύρη τύρφη	4ή μέτρηση	12,88	1,36	α
(β) Μελισσοκομικό κερι	1ή μέτρηση	16,9	2,55	β, γ
(β) Μελισσοκομικό κερι	2ή μέτρηση	22,1	4,35	β
(β) Μελισσοκομικό κερι	3ή μέτρηση	22,8	2,97	β
(β) Μελισσοκομικό κερι	4ή μέτρηση	24,6	3,16	β
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	1ή μέτρηση	16,8	1,47	γ, β
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	2ή μέτρηση	18,5	1,35	γ
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	3ή μέτρηση	19,6	1,26	γ
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	4ή μέτρηση	20,3	1,33	γ

Τα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού παρουσίασαν στην τέταρτη μέτρηση την μέγιστη μέση τιμή σε αριθμό φύλλων σε σχέση με τα υπόλοιπα κομπόστ. Η μεγαλύτερη τυπική απόκλιση εμφανίζεται στο δεύτερο και τέταρτο στάδιο των υπολειμμάτων του μελισσοκομικού κεριού λόγω της ορθολογικής απόδοσης των θρεπτικών στοιχείων όπως προλέχθηκε.

Το tukey δεικνύει ελάχιστη διαφορά όπως παρατηρήθηκε στην πρώτη μέτρηση ανάμεσα στα κλαδοκάθαρα και βοοειδή με το κομπόστ απο μελισσοκομικό κερι. Στις υπόλοιπες μετρήσεις σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπολειμμάτων.

Πίνακας 9. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και tukey σε ύψος φύλλων φυτού μαρούλι (Parris Island Cos) μετά απο τέσσερις μετρήσεις σε διάστημα δεκαπέντε ημερών.

Επεμβάσεις -Υψος φύλλων		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Tukey
(α) Μαύρη τύρφη	1ή μέτρηση	18,7	3,34	α, γ
(α) Μαύρη τύρφη	2ή μέτρηση	18,7	2,86	α, γ
(α) Μαύρη τύρφη	3ή μέτρηση	18,8	3,05	α, γ
(α) Μαύρη τύρφη	4ή μέτρηση	19,3	3,08	α, γ
(β) Μελισσοκομικό κερι	1ή μέτρηση	22,9	2,99	β, γ
(β) Μελισσοκομικό κερι	2ή μέτρηση	25,1	2,72	β
(β) Μελισσοκομικό κερι	3ή μέτρηση	29,2	5,55	β
(β) Μελισσοκομικό κερι	4ή μέτρηση	31,4	2,59	β
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	1ή μέτρηση	20,2	1,68	γ, α, β
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	2ή μέτρηση	20,3	1,94	γ, α
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	3ή μέτρηση	21	1,88	γ, α
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	4ή μέτρηση	21,1	1,72	γ, α

Η τέταρτη και σημαντικότερη μέση τιμή ύψους φύλλων στο μελισσοκομικό κερι είναι και η μεγαλύτερη συγκριτικά με τα υπόλοιπα οργανικά υλικά. Η μεγαλύτερη τυπική απόκλιση εμφανίζεται στο τρίτο στάδιο των υπολειμμάτων του μελισσοκομικού κεριού λόγω της εύστοχης απόδοσης των οργανικών αλάτων.

Το tukey δεικνύει ότι δεν υπάρχουν γενικότερα σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπολειμμάτων όσον αφορά την πρώτη μέτρηση, ελάχιστη διαφορά παρατηρήθηκε ανάμεσα στην τύρφη και στο κομπόστ απο μελισσοκομικό κερι. Στην τέταρτη και τελευταία μέτρηση το μελισσοκομικό κερι κατατάσσεται μόνο του στην κατηγορία tukey.

Πίνακας 10. Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και tukey σε βάρος φυτού μαρούλι (Parris Island Cos) μετά την αποπεράτωση της καλλιέργειας.

Επεμβάσεις - Βάρος		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Tukey
(α) Μαύρη τύρφη	Τελική μέτρηση	25,33	16,39	α, γ
(β) Μελισσοκομικό κερι	Τελική μέτρηση	382,8	126,1	β
(γ) Κλαδιά & Βοοειδή	Τελική μέτρηση	78,4	34,1	γ, α

Το μελισσοκομικό κερύ εμφανίζει την υψηλότερη μέση τιμή βάρους και τυπική απόκλιση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα οργανικά υλικά. Το tukey επισημαίνει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον μάρτυτρα και στα κλαδοκάθαρα με βοοειδή, τουναντίον με τα υπολείμματα απο μελισσοκομικό κερύ.

Πίνακας 11. Τιμή F και p (Sig.) σε αριθμό φύλλων, ύψος και βάρος ανάμεσα στις επεμβάσεις σε φυτό μαρούλι (Parris Island Cos).

Αριθμός φύλλων	F	Sig.
1ή μέτρηση	30,417	<0,001
2ή μέτρηση	30,836	<0,001
3ή μέτρηση	50,771	<0,001
4ή μέτρηση	70,666	<0,001
Ύψος φύλλων (cm)	F	Sig.
1ή μέτρηση	5,580	<0,001
2ή μέτρηση	16,444	<0,001
3ή μέτρηση	19,463	<0,001
4ή μέτρηση	65,867	<0,001
Βάρος (gr)	F	Sig.
Τελική μέτρηση	60,454	<0,001

Η τιμή του p (Sig.) είναι πάρα πολύ μικρή σε σχέση με το προτεινόμενο όριο 0,05 (5%), αντιθέτως το F είναι πάρα πολύ μεγάλο, κατ' ακολουθίαν και το πειραματικό σφάλμα είναι μηδαμινό. Συμπερασματικά οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στα δείγματα, ανάμεσα στις επεμβάσεις είναι σημαντικές και όχι τυχαίες.

5.5.2 Οργανοληπτικός έλεγχος

Η απουσία θρεπτικών στοιχείων στα φυτά έχει ως αποτέλεσμα να εκδηλώνονται χαρακτηριστικές ανωμαλίες στην αύξηση τους (τροφοπενίες), ενώ τις περισσότερες φορές δεν καταφέρνουν να ολοκληρώσουν τον κύκλο της ζωής τους κανονικά. Αντίστοιχα η συσσώρευση κάποιου στοιχείου στους φυτικούς ιστούς πέρα κάποιων ορίων γίνεται επιβλαβής και εκδηλώνεται με χαρακτηριστικές ανωμαλίες. Σε πολλούς φυτικούς ιστούς αντανακλάται η θρεπτική κατάσταση του φυτού, στα φύλλα όμως οι αναπτυξιακές διαταραχές είναι πιο εμφανής καθόσον λειτουργεί ως τόπος αφετηρίας για τον μεταβολισμό και την αφομοίωση του άνθρακα (Τσικαλάς, 2003).

Το άζωτο είναι θεμελιώδες θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών, τουλάχιστον ένα άτομο αζώτου εμπεριέχεται στην αλυσίδα αμινοξέων, αυτοί οι βασικοί

δομικοί λίθοι με την σειρά τους συνιστούν τις πρωτεΐνες, κύριο συστατικό των φυτικών ιστών. Οι πρωτεΐνες στους χλωροπλάστες επηρεάζονται από την έλλειψη αζώτου προκαλώντας το χαρακτηριστικό ανοιχτό πράσινο χρώμα στα φύλλα. Τα συμπτώματα τροφοπενίας εκδηλώνονται προοδευτικά από τα παλαιότερα φύλλα προς τα νεότερα, στη συνέχεια τα φυτά γερνούν γρήγορα και η ποιότητα τους υποβαθμίζεται (Τσικαλάς, 2003).

Η τροφοπενίες θειικού στοιχείου στα φύλλα των φυτών μοιάζουν με αυτές του αζώτου, εντούτοις η ελλείψεις παρουσιάζονται πρώτα στα νεότερα και μετέπειτα στα παλαιότερα φύλλα. Επομένως οι τροφοπενίες που παρουσιάστηκαν στα καλλιεργούμενα μαρούλια από μείγμα χόματος με μαύρη τύρφη και κομπόστ από κλαδοκάθαρα και κοπριά βοοειδών οφείλεται στην απουσία αζώτου και στην μη πρόσληψη του από το ριζικό σύστημα αντιστοίχως (Τσικαλάς, 2003).

6. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν γίνεται απολύτως κατανοητό πως τα υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού φέρουν μια άριστη ποιότητα πρώτη ύλη για την ανακύκλωση οργανικών απορριμμάτων. Το νέο ανερχόμενο και πολλά υποσχόμενο οργανικό λίπασμα με ικανοποιητικά αποτελέσματα σε φυλλώδη λαχανικά (μαρούλι) δίδει το έναυσμα για την πειραματική διερεύνηση και αξιολόγηση του σε περαιτέρω καλλιέργειες.

Είναι σκόφρων να αναφερθεί η ύπαρξη ελαχίστης ποσότητας των υπολειμμάτων σε παγκόσμια κλίμακα, η ετήσια παραγωγή του στη δεύτερη μεγαλύτερη πληθυσμιακά χώρα στον κόσμο, στις Ινδίες ανέρχεται μόλις σε 15,333 τόνους (Corts, et al., 2014). Εντούτοις η πολυδιάστατη χρήση-μεταποίηση του υλικού ως συμπληρωματική οργανική ουσία σε λίπασμα στέρεης ή υδατοδιαλυτής μορφής ξεπερνά όλους τους γεννώμενους προβληματισμούς. Αναμφίβολα η πλαστικότητα και η αλατότητα που προβλήθηκαν στην εν λόγω ερευνητική εργασία ως αρνητικοί παράγοντες στο πρωτογενές υλικό προσπίπτουν στις προσφερόμενες τεχνολογικές λύσεις από την μηχανοποίηση της κομποστοποίησης και τον εναλλακτικό τρόπο επεξεργασίας του ακατέργαστου μελισσοκομικού κεριού. Το υψηλό οικονομικό κόστος μεταφοράς και συγκέντρωσης των αποβλήτων στις κεντρικές μονάδες οργανικής αποδόμησης δεν υφίσταται στην συγκεκριμένη περίπτωση καθώς η συλλογή τους τελείται στα εργαστήρια κρηθοποίησης.

Η άνθιση της βιολογικής γεωργίας υπό την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για την παραγωγή ασφαλών προϊόντων από τους καταναλωτές αναδεικνύει τον δυτό ρόλο της στον

κοινωνικό τομέα για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του περιβάλλοντος σε τοπικό και σε περιφερειακό επίπεδο. Οι προοπτικές διάδοσης των βιολογικών καλλιεργειών εξαρτώνται άμεσα από την χρήση οικολογικών λιπασμάτων· το συνεπακόλουθο "κυνήγι" αναζήτησης και εύρεσης θρεπτικών στοιχείων στη φύση επιφέρει άσκηση πίεσης στην διεθνή επιστημονική κοινότητα. Καταληκτικά το κομπόστ από υπολείμματα μελισσοκομικού κεριού θα μπορούσε να συμβάλλει στην προσπάθεια επίλυσης των προβλημάτων ανοίγοντας νέους ορίζοντες στις μελισσοκομικές και καλλιεργητικές τεχνικές.

Αρχής γενησομένης η μελλοντική ένταξη του μελισσοκομικού κεριού στην Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ορθή διαχείριση των αγροτικών υπολειμμάτων θα ανοίξει τον δρόμο για την πολυμορφική του χρήση στον αγροτικό τομέα. Επιπροσθέτως η ετυμηγορία των παραγωγών για την άσκηση της βιολογικής μελισσοκομίας σύμφωνα με τις αρχές που διέπει ο νόμος Καν.1804/99 (European Union Law, 1996) συνδυαστικά με την **απαγόρευση νόθευσης** του μελισσοκομικού κεριού με υδρογονάνθρακες πετρελαίου από παραφίνες χαμηλής τήξης (Krell, 1996) θα αποτελέσει το εναρκτήριο λάκτισμα για την κομποστοποίηση ενός πλήρους βιολογικού χουμικού προϊόντος.

Βιβλιογραφία

- Bradbear, N., 2009. "Bees and their role in forest livelihoods" Publisher FAO : Italy, pp.111
- Corts, R.M., Sanchez A.G. & Sanchez, R.P., 2014. "Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slungum compost and their mixes as growing media for horticultural production" Scientia Horticulturae, pp.157
- European Union law, 1996. "For the Purpose of Supplementing, for Livestock Products, Regulation (EEC) No 2092/91 on Organic Production of Agricultural Products and Indications Referring Thereto on Agricultural Products and Foodstuffs" Available from : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex:31999R1804>, Accessed : 19/8/2017
- European Union law, 2007. "On Organic Production and Labelling of Organic Products and Repealing Regulation" Available from : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0834>, Accessed : 21/8/2017
- European Union law, 2008. "On the Management of Bio-Waste in the European Union" Available from : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0811>, Accessed : 20/8/2017

- Krell, R., 1996. "Value added products from bee keeping" FAO Agricultural Services Available from : <http://www.fao.org/docrep/w0076e/w0076e19.htm#8.2>, Accessed : 13/8/2017
- Krell, R., 1996. "Value added products from bee keeping" FAO Agricultural Services Available from : <http://www.fao.org/docrep/w0076e/w0076e12.htm>, Accessed : 19/8/2017
- Silva, M.S., Rabadzhiev, Y., Eller, M.R., Iliev, I., Ivanova I. & Santana, W.C., 2017. "Microorganisms in Honey" Publisher InTech : Toledo, pp.240
- Snowdon, J.A. & Cliver, D.O., 1995. "Microorganisms in Honey" Scientia Horticulturae, pp.6-7
- United Nations, 1992. "Sustainable Development" Available from : <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>, Accessed : 21/8/2017
- United Nations, 1997. "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change" Available from : http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/1678.php, Accessed : 22/8/2017
- Αδαμοπούλου, Κ., 2009. "Σύσταση και Φυσικοχημικές Ιδιότητες του Μελιού" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, σελ.20, σελ.37
- Βερεσόγλου, Σ.Δ., 2010. "Οικολογία" Εκδόσεις Άγιος-Σάββας Δ. Γαρταγάκης : Θεσσαλονίκη, σελ.248, σελ.257, σελ.260-261, σελ.287-289
- Δέδες, Κ., 2013. "Έλεγχος Ποιότητας Προϊόντων Κυψέλης" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, σελ.53-54
- Ελληνική Δημοκρατία Υπουργείο Εξωτερικών, 2017. "Περιβάλλον και Κλιματική Αλλαγή" Διαθέσιμο on line : <http://www.mfa.gr/exoteriki-politiki/pagkosmia-zitimata/periballon-klimatike-allage.html>, Τελευταία πρόσβαση 10/8/2017
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001. "Επιτυχημένες Περιπτώσεις Κομποστοποίησης και Διαλογής στην Πηγή" Εκδόσεις Ευρωπαϊκές Κοινοτήτες : Λουξεμβούργο, σελ.10
- Ζήσης, Τ., 2005. "Χημική Σύσταση της Γύρης και Διερεύνηση των Δυνατοτήτων Αξιοποίησης της στη Διατροφή των Αγροτικών Ζώων" Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Ζωικής Παραγωγής : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ.8, σελ.24

- Ζούμη, Μ., 2009. "Βιολογική Καλλιέργεια Μαρουλιού (*LACTUCA SATIVA L.*) στην Κρήτη" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, σελ.44
- Θέριος, Ν.Ι., 1996. "Ανόργανη Θρέψη & Λιπάσματα" Εκδόσεις Γαρταγάκη : Θεσσαλονίκη, σελ.96, σελ.192
- Θρασυβούλου, Α., 2012. "Πρακτική Μελισσοκομία" Εκδόσεις Μελισσοκομική Επιθεώρηση : Θεσσαλονίκη, σελ.287-289
- Καλαντζής, 2010 "Οικονομική Εκτίμηση Πραγματικού Κόστους Διαχείρισης και Κομποστοποίησης Κλαδοκάθαρων Δήμου Ηρακλείου στο Τ.Ε.Ι. Κρήτης " Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, σελ.40
- Κανάκης, Γ.Α., 2003. "Γενική Λαχανοκομία" Εκδόσεις ΑγροΤύπος : Αθήνα, σελ.73, σελ.170
- Κούγκολος, Α., Καραγιαννίδης, Α., & Σαμαράς, Π., 2010. "Εγχειρίδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων" Εκδόσεις Τζιόλα : Θεσσαλονίκη, σελ.265-269, σελ.340-345
- Κουτουζίδης, Ι., & Παπασπύρος, Σ., 2014. "Παρασκευή Κομπόστ από Οργανικά Υπολείμματα της Περιοχής της Άρτας" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Ανθοκομίας Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου, σελ.22-25
- Μανιός, Β., Χ.Χ. "Υποστρώματα και Συστήματα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών Εκτός Εδάφους" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.12-13, σελ.29-33, σελ.41, σελ.65
- Μανιός, Θ., 2009. "Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.1-4, σελ.6-10, σελ.12, σελ.17-22
- Μανιός, Θ., Μανιαδάκης, Κ., Δοκιανάκης Σ., & Φουντουλάκης, Μ., 2009. "Προσδιορισμός pH και της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας σε Οργανικό Υλικό Compost" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.1-2
- Μανιός, Θ., Φουντουλάκης, Μ., & Τερζάκης Σ., 2009. "Προσδιορισμός Ολικού Όγκου Πόρων" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.1
- Μανιός, Θ., 2016. "Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.32
- Μαντζώρου, Α., 2007. "Η Λίπανση στη Βιολογική Γεωργία" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, σελ.22

- Μπουνάκης, Ν., 2016. "Διασφάλιση και Ποιότητα Τροφίμων" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.7
- Ολύμπιος, Μ.Χ., 2015. "Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Υπαίθριων Κηπευτικών" Εκδόσεις Σταμούλη : Αθήνα, σελ.489-491, σελ.500-505
- Τζανεδάκη, Α., 2007. "Μικροβιακή Ποιότητα Επιφανειακών Νερών Συναρτήσει Βροχόπτωσης και των Χρήσεων Γης" Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας : Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σελ-21
- Τσαντηράκη, Ε., 2012. "Οικονομοτεχνική Μελέτη για την Παραγωγή και Τυποποίηση της Πρόπολης" Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων : Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σελ.8, σελ.31
- Τσικαλάς, Π., 2003. "Θρέψη Φυτών-Γονιμότητα Εδαφών" Εκδόσεις, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Κρήτη, Ελλάδα, σελ.19, σελ.24, σελ.34, σελ.42

