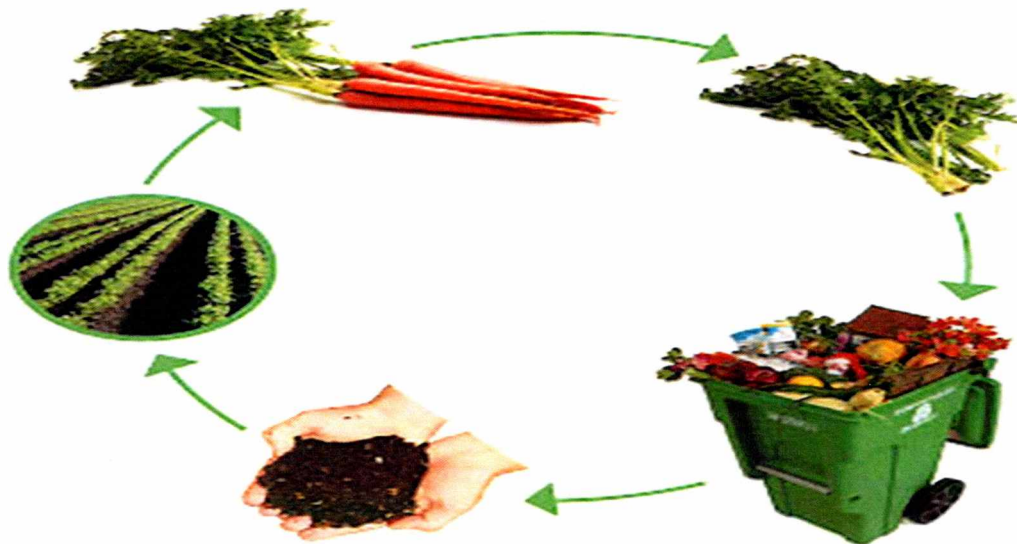


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη των χαρακτηριστικών εδάφους και φυτικών ιστών μετά τη χρήση κομπόστας υπολειμμάτων τροφίμων σε πορτοκαλεώνα**



Όνομα Φοιτητή: Γιαννόπουλος Παναγιώτης

Επιβλέπων Καθηγήτρια: Δημήρκου Ανθή

Βόλος 2014



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 13875/1  
Ημερ. Εισ.: 05/06/2015  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ  
2014  
ΓΙΑ

Εισηγητική επιτροπή

Δημήρκου Ανθή, Καθηγήτρια, Επιβλέπουσα.

Αντωνιάδης Βασίλειος, Καθηγητής, Μέλος.

Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κ. Ανθή Δημήρκου για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους Β. Αντωνιάδης και Ν. Δαναλάτος, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συμπαράσταση που μου έδειξαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής και τη δυνατότητα που μου πρόσφεραν να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου με κάθε πολυτέλεια.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1.Κομποστοποίηση.....	10
1.2.Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης.....	12
1.3.Οι φάσεις της κομποστοποίησης.....	17
1.4.Υλικά που μπορούν να κομποστοποιηθούν.....	18
1.5.Οικιακή κομποστοποίηση.....	20
1.6.Δυνατότητες διάθεσης του κομπόστ.....	21
1.7.Συστήματα κομποστοποίησης.....	23
1.8.Θεσμικό Πλαίσιο.....	26
1.9.Πλεονεκτήματα.....	27
1.10.Μειονεκτήματα.....	29
1.11.Σκοπός της εργασίας.....	29
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	30
2.1.Αναλύσεις εδάφους.....	31
2.1.1.Προετοιμασία δειγμάτων.....	31
2.1.2.Μέτρηση pH.....	32
2.1.3.Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	33
2.1.4.Προσδιορισμός ολικού CaCO <sub>3</sub> στο έδαφος.....	33
2.1.5.Προσδιορισμός οργανικής ουσίας εδάφους.....	34
2.1.6.Προσδιορισμός φωσφόρου με τη μέθοδο Olsen.....	35
2.1.7.Προσδιορισμός ανταλλάξιμων K <sup>+</sup> ,Na <sup>+</sup> ,Ca <sup>+</sup> ,Mg <sup>++</sup> .....	36
2.1.8.Προσδιορισμός μικροθρεπτικών Fe <sup>++</sup> ,Mn <sup>++</sup> ,Cu <sup>++</sup> ,Zn <sup>++</sup> .....	37
2.2.Αναλύσεις φυτικών ιστών.....	38
2.2.1.Προετοιμασία φυτομάζας.....	38

2.2.2.Προσδιορισμός μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων.....	38
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	39
3.1.Αποτελέσματα ανάλυσης εδάφους.....	39
3.2.Αποτελέσματα ανάλυσης φυτικών ιστών.....	46
3.3.Φυτρωτική ικανότητα σπόρων.....	47
4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη διαχείριση οικιακών αποβλήτων τροφίμων, τα οποία με τη διαδικασία της κομποστοποίησης μπορούν να μετατραπούν σε πρώτης ποιότητας κομπόστ, που θα συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος, με τη μείωση των αστικών απορριμάτων και τη βελτίωση του εδάφους, και θα μειώσει την προσθήκη λιπασμάτων στον κήπο μας.

Υπολείμματα τροφίμων ενσωματώθηκαν στο έδαφος σε πορτοκαλεώνα και το κομπόστ που προέκυψε αξιολογήθηκε με εδαφολογικές αναλύσεις και αναλύσεις φυτικών ιστών που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο. Στη συνέχεια, τα εδάφη που αναλύθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για καλλιέργεια κόκκινου ρεπανιού.

Παρατηρήθηκε ότι η κομποστοποίηση των τροφικών υπολειμμάτων μείωσε την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την περιεκτικότητα Cu, Fe και Mg, ενώ αύξησε την περιεκτικότητα P, K, Na, Ca, Zn, Mn και της οργανικής ουσίας. Από τις αναλύσεις των φυτικών ιστών προέκυψε ότι στις πορτοκαλιές αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε P, K, Na, Mg, Fe, Mn και Cu, ενώ μειώθηκε η περιεκτικότητα σε Ca και Zn. Τέλος, η εφαρμογή του κομπόστ στην καλλιέργεια ραπανιού, αύξησε την φυτρωτική ικανότητα των σπόρων και την ανάπτυξη των φυτών.

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή, η μείωση των βροχοπτώσεων και η επέκταση της ερημοποίησης είναι μερικά σοβαρά προβλήματα που γεωργικές χώρες, όπως η Ελλάδα, αντιμετωπίζουν (Manios, 2003). Επίσης, το αγροτικό εισόδημα έχει μειωθεί σημαντικά, ενώ η διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων περιορίζει τη γεωργική παραγωγή. Όμως, παρά τη χρόνια έλλειψη οργανικής ύλης του εδάφους, η ανακύκλωση των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών αποβλήτων στη γη είναι ελάχιστα ανεπτυγμένη και δεν είναι τυπική γεωργική πρακτική, όπως είναι σε άλλες Μεσογειακές χώρες. Η προσπάθεια αύξησης του γεωργικού εισοδήματος μπορεί να προέλθει από την επέκταση ολοκληρωμένων συστημάτων παραγωγής και της βιολογικής γεωργίας. (Manios, 2004) Με αυτόν τον τρόπο θα παρέχονται πιστοποιημένα γεωργικά προϊόντα, τα οποία από τη μία πλευρά θα είναι ευεργετικά για την υγεία του καταναλωτή, ενώ την ίδια στιγμή η τιμή τους θα είναι αυξημένη, με αποτέλεσμα ένα ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα (Αρβανιτογιάννης, 2001).

Ωστόσο, αυτό θα απαιτήσει σταδιακή αντικατάσταση των χημικών λιπασμάτων, που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα στην γεωργική παραγωγή, με οργανικές τροποποιήσεις του εδάφους (de Bertoldi, 1984). Αυτές αυξάνουν την οργανική ύλη και την συγκέντρωση νερού, ενώ μειώνουν την απορροή και τη διάβρωση του εδάφους. Επιπλέον, αυξάνοντας την περιεκτικότητα του εδάφους με οργανική ύλη, έχουμε μείωση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη χρήση υφάλμυρου νερού για την άρδευση των καλλιεργειών, τα οποία είναι συχνά σε αρκετές περιοχές της χώρας (Manios, 2004).



Γενικά, η παραγωγή συμβατικής κοπριάς από την κτηνοτροφία στη χώρα μας δεν είναι αρκετή, επομένως η παραγωγή κομπόστας μπορεί να γίνει από άλλα οργανικά κατάλοιπα. Οι πρώτες ύλες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υψηλής ποιότητας λιπασματοποίησης είναι κυρίως τα υπολείμματα τοπικών καλλιεργειών και γεωργικών βιομηχανιών. Δευτερεύουσα πηγή, τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητα, είναι η οργανική ύλη των αστικών στερεών αποβλήτων και λυματολάσπη, όταν αναμιγνύεται με πράσινα απόβλητα ή άλλα ογκώδη οργανικά υλικά. (Aggelides, 2000) Ωστόσο, δεδομένης της φύσης αυτών των υλικών και του μεγάλου κόστους μεταφοράς, η κομποστοποίηση θα πρέπει να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν εγγύτερα στον τόπο παραγωγής των αποβλήτων για να εξασφαλιστεί ότι αυτή είναι μία οικονομικά βιώσιμη και προσιτή επιλογή για τους καλλιεργητές. (Bass et al.)

Οι μεγαλύτερες ποσότητες των ανωτέρω υπολλειμάτων επί του παρόντος διατίθενται σε χωματερές, με αποτέλεσμα την ταχεία εξάντληση του χώρου υγειονομικής ταφής, ή καίγονται επί τόπου δημιουργώντας πυρκαγιές που είναι υπεύθυνες για την πλήρη καταστροφή από μεγάλες δασικές περιοχές. Η Ευρωπαϊκή οδηγία για την υγειονομική ταφή (ΕΕ 1999/31), επιβάλλει τη σταδιακή μείωση της υγειονομικής ταφής των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών υλικών. (Manios, 2004)

Χώρα	Ανακύκλωση και κομποστοποίηση	Καύση	Ταφή
Ελβετία	29	59	12
Δανία	23	48	29
Σουηδία	19	47	34
Γαλλία	13	42	45
Ολλανδία	19	35	45
Γερμανία	18	36	46
Αυστρία	24	11	65
Νορβηγία	11	22	67
Φιλανδία	15	2	83
Βέλγιο	3	54	43
Ιταλία	10	16	74
Ισπανία	30	6	65
Ιρλανδία	3	0	97
Λουξεμβούργο	3	75	22
Πορτογαλία	15	0	85
Αγγλία	2	10	88
Καναδάς	12	8	80
ΗΠΑ	17	16	67
Ελλάδα	0	0	100

Μέθοδοι διαχείρισης των απορριμάτων στην Ευρώπη (% των ΑΣΑ)

Η κομποστοποίηση είναι μία εναλλακτική μέθοδος διαχείρισης των απορριμάτων, πέρα από την καύση και την ταφή, που έχει προσελκύσει τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη. (Αρβανιτογιάννης, 2001) Η κομποστοποίηση έχει επίσημα αναγνωριστεί ως μια μορφή ανακύκλωσης και αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μέλλον της διαχείρισης αποβλήτων (Chazirakis et al. 2011). Παρ'όλο που η κομποστοποίηση γίνεται όλο και πιο σημαντική διεργασία με αυξημένο ενδιαφέρον, η περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας συνεχίζει να εξαρτάται από την εμπειρία με αποτέλεσμα η κομποστοποίηση να πρέπει να περάσει από το στάδιο της τέχνης σταδιακά στην καθιέρωση της ως τεχνολογία. Στη χώρα μας δεν έχει αναδειχθεί λόγω έλλειψης κινήτρων παρά το σημαντικό γεγονός, ότι τα εδάφη της Ελλάδας είναι πολύ φτωχα σε οργανική ουσία και πραγματοποιούνται εισαγωγές κομπόστ σε μεγάλες ποσότητες για κάλυψη των αναγκών σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, αλλά και ανθοκομικές,

καλλιέργειες λαχανικών, οπωροφόρων καθώς επίσης και βιολογικές.  
(Αρβανιτογιάννης, 2001)

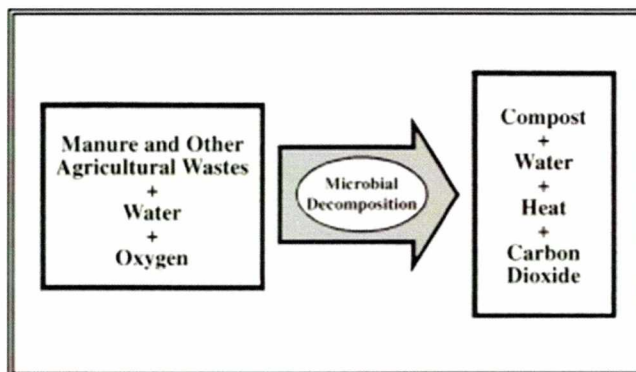
### **1.1.Κομποστοποίηση**

Η βιολογική αποσύνθεση είναι μία διαδικασία που ξεκίνησε με τα πρώτα φυτά στη γη και συνεχίζεται έως τώρα. Όπως η βλάστηση πέφτει στο έδαφος, γίνεται αργή διάσπαση της, παρέχοντας μέταλλα και θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για τα φυτά, τα ζώα και τους μικροοργανισμούς. Η κομποστοποίηση συχνά χρησιμοποιείται ως συνώνυμη με τη βιολογική αποσύνθεση, όμως η κομποστοποίηση αναφέρεται στην ελεγχόμενη αποσύνθεση της οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς (κυρίως βακτήρια και μύκητες) σε ένα σταθερό χούμο. Κομποστοποίηση είναι ένας τρόπος απόκτησης ενός σταθερού προϊόντος από βιολογικές, οξειδωτικές μετατροπές, παρόμοιες με εκείνες που εμφανίζονται φυσικά στο χώμα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αγρότες, καλλιεργητές κήπων ή ιδιοκτήτες ακινήτων, ώστε να τροποποιήσουν το έδαφος, για να ενισχύσουν την υφή και την εμφάνιση του εδάφους, τη γονιμότητα, τη δομή, αλλά και τη μείωση της διάβρωσης (de Bertoldi et al. 1984).

Οι διεργασίες της κομποστοποίησης βοηθούν στη δημιουργία, σε μικρό σχετικά διάστημα και με μικρό κόστος, ενός μίγματος επιθυμητής ποιότητας. Όλες οι διεργασίες πρέπει να γίνονται κάτω από συνθήκες που διασφαλίζουν την ασφάλεια του περιβάλλοντος (Monnet, 2003). Η κομποστοποίηση ορίζεται ως μία αυτοθερμαινόμενη, αερόβια επεξεργασία οργανικών απορριμάτων και βιομηχανικών οργανικών υλικών με σκοπό τη μετατροπή τους σε ένα ώριμο και εύφορο υπόστρωμα. Αν ένα υλικό θεωρείται κατάλληλο για κομποστοποίηση ή είναι αποικοδομήσιμο, πρέπει να μετατραπεί σε κομπόστα. Κάτω από ιδανικές συνθήκες

αποικοδόμησης, η κομποστοποίηση μπορεί να ολοκληρωθεί σε τρεις μήνες, ενώ σε κανονικές συνθήκες εντός 1-2 ετών. Το τελικό προϊόν της κομπόστας είναι πλούσιο σε οργανική ύλη αλλά η συγκέντρωσή της σε βασικά θρεπτικά στοιχεία είναι συνήθως πολύ χαμηλή σε σχέση με τα εμπορικά λιπάσματα. Ωστόσο βελτιώνει τη δομή του εδάφους καθώς το εμπλουτίζει με χουμικές ουσίες. (Bass et al.)

Η βασική αντίδραση της κομποστοποίησης αφορά την οξείδωση της οργανικής ύλης από το οξυγόνο σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό παρουσία θερμοφίλων μικροοργανισμών. Σε φυσιολογική θερμοκρασία η χημική οξείδωση είναι σχεδόν ασήμαντη, ενώ παράλληλα, υπάρχει απελευθέρωση θερμότητας, με αποτέλεσμα τη θερμοκρασιακή αύξηση των απορριμάτων. Κατά την επεξεργασία απελευθερώνεται αέριο και θερμότητα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση ενέργειας ενώ ταυτόχρονα μειώνεται ο όγκος των απορριμάτων κατά 40%. Επιπλέον, η επεξεργασία αυτή θεωρείται 'φιλική προς το περιβάλλον' και είναι οικονομικά βιώσιμη, μόνο με την κατάλληλη λειτουργία και διαχείριση.



**Figure 1 The Basic Composting Process**

Μόλις ολοκληρώνεται η κομποστοποίηση, η σωρός που χρησιμοποιήθηκε είναι μειωμένη σε όγκο κατά 20% έως και 60%, η περιεκτικότητα σε υγρασία κατά λιγότερο από 40%, και το βάρος μειώνεται κατά 50%. Το τελικό pH του κομπόστ, είναι κοντά στο ουδέτερο και η αναλογία άνθρακα προς άζωτο πρέπει να είναι κάτω

από 20:1. Οι ανεπιθύμητες οσμές που συνήθως προέρχονται από το αρχικό υλικό, γενικά αντικαθίστανται από κανονική οσμή εδάφους. (Cooperband, 2002)

Η διεργασία απαιτεί την δημιουργία ενός μίγματος υλικού με κατάλληλες φυσικές και χημικές ιδιότητες καθώς και οργάνωση που θα εξασφαλίσει ότι θα τηρηθούν οι κατάλληλες συνθήκες. Η επεξεργασία των απορριμάτων γίνεται σε θερμοκρασίες, αρκετά υψηλές για την καταστροφή των παθογόνων. Τα προγράμματα κομποστοποίησης μπορούν να σχεδιαστούν για να διαχειριστούν απορρίματα κήπου (π.χ. φύλλα, κομμένο γρασίδι, χαμόκλαδα, και κλαδευτικά) ή λιπασματοποιήσιμο τμήμα σύμμεικτων στερεών αποβλήτων (π.χ. απορρίματα κήπου, υπολείμματα τροφών, απορρίματα χαρτιού, και άλλα αποσυντιθέμενα οργανικά υλικά). (Richard, 1992) Αυτά τα υλικά είναι η πρώτη ύλη για την διαδικασία κομποστοποίησης. Άλλα προγράμματα κομποστοποίησης, επίσης, έχουν σχεδιαστεί για βιοστερεά λύματα, γεωργικά υπολείμματα, κοπριές, επεξεργασία υποπροϊόντων τροφίμων και υποπροϊόντα δασικής βιομηχανίας.

## **1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης**

Οι κυριότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι:

- Η σχέση άνθρακα προς άζωτο C/N: Οι ενώσεις του άνθρακα (C) και του αζώτου (N) είναι τα συστατικά που είναι πιθανότερο να περιορίσουν σοβαρά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, είτε εάν υπάρχουν σε υπερβολικές ποσότητες, είτε σε ανεπαρκείς ή αν η

αναλογία είναι εσφαλμένη (Richard, 1992). Οι μικροοργανισμοί στο κομπόστ χρησιμοποιούν τον άνθρακα ως πηγή ενέργειας και το άζωτο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών (Chen et al. 2011). Η αναλογία αυτών των δύο στοιχείων θα πρέπει να είναι από 25:1 έως 40:1 για να υπάρχει ένα καλό αποτέλεσμα. (Richard, 1992) Όταν ο λόγος C/N είναι πολύ υψηλός, τότε σημαίνει ότι υπάρχει πολύ λίγο άζωτο και η αποσύνθεση επιβραδύνεται. Όταν ο λόγος C/N είναι πολύ χαμηλός, τότε υπάρχει πολύ άζωτο και κατά πάσα πιθανότητα θα χάνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή αέριας αμμωνίας (Chen et al. 2011). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για κομποστοποίηση συνήθως δεν καλύπτουν την επιθυμητή αναλογία γι' αυτό γίνεται προσθήκη άλλων υλικών για τη διόρθωση της σχέσης C/N (Chazirakis et al. 2011). Καλές πηγές άνθρακα για κομπόστ θεωρούνται τα ροκανίδια, πριονίδια και άχυρο, αλλά και τα αστικά απόβλητα.

- Το μέγεθος των σωματιδίων: Η μικροβιακή δραστηριότητα λαμβάνει χώρα μεταξύ των σωματιδίων και του αέρα. Το εμβαδόν επιφάνειας του υλικού που πρόκειται να γίνει λίπασμα, μπορεί να αυξηθεί με το σπάσιμο σε μικρότερα κομμάτια. Αυξημένη επιφάνεια επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να αφομοιώσουν περισσότερο υλικό και να παράγουν περισσότερη θερμότητα. Γενικά, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος και πιο ευθραυστο των σωματιδίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική ενεργότητα και ο ρυθμός της κομποστοποίησης. (Richard, 1992)
- Αερισμός: Με τον κατάλληλο αερισμό, γίνεται αντικατάσταση οξυγόνου με φρέσκο αέρα, όταν υπάρχει ανεπάρκεια οξυγόνου στο

κέντρο της σωρού κομπόστ (Chen et al. 2011). Ο αερισμός συμβαίνει φυσικά, όταν ο αέρας θερμαίνεται από το λίπασμα και ανεβαίνει μέσα από τη σωρό, όπου αντικαθίσταται με φρέσκο αέρα από το περιβάλλον. Οι απαιτήσεις σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερες κατά τις πρώτες εβδομάδες που είναι πιο έντονη η δραστηριότητα (de Bertoldi et al. 1984). Η κίνηση του αέρα μέσα στο κομπόστ επηρεάζεται από το πορώδες και την περιεκτικότητα σε υγρασία. Η ανάμειξη ενισχύει τον αερισμό ακόμα περισσότερο (Chen et al. 2011).

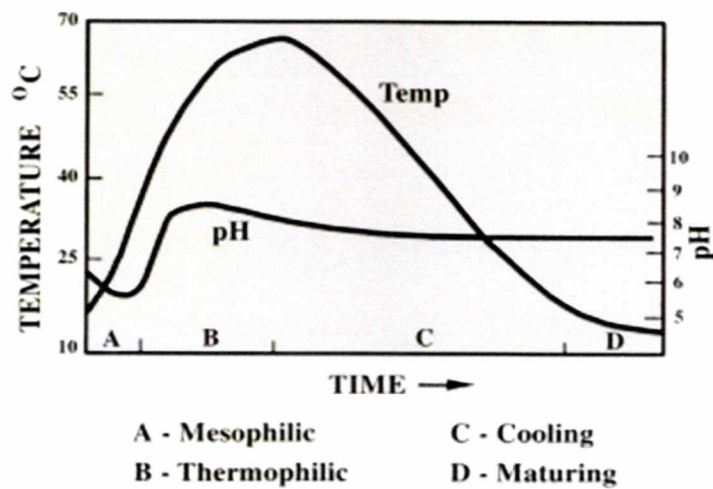
- **Πορώδες:** Αναφέρεται στα κενά μεταξύ των σωματιδίων του κομπόστ. Εάν το υλικό δεν είναι κορεσμένο με νερό, αυτά τα διαστήματα που είναι γεμάτα με αέρα που παρέχει οξυγόνο στους αποικοδομητές, δημιουργούν μία διαδρομή για την κυκλοφορία του αέρα. Με την συμπίκνωση της σωρού, μειώνεται το πορώδες. Η υπερβολική τεμάχιση των υλικών μπορεί επίσης να μειώσει το πορώδες και να παρεμποδίσει την κυκλοφορία του αέρα. Ωστόσο, για να αυξήσουμε το πορώδες μπορούμε να προσθέσουμε χονδροειδή υλικά, όπως άχυρο ή ροκανίδια. Καθώς η διαδικασία της κομποστοποίησης προχωρά, το πορώδες μειώνεται, περιορίζοντας τον αερισμό (Epstein, 1997).
- **Υγρασία:** Η υγρασία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των μικροοργανισμών, και έμμεσα στην παροχή οξυγόνου, καθώς αυτοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν μόνο οργανικά μόρια που διαλύονται σε νερό (de Bertoldi et al. 1984). Η υγρασία ιδανικά, θα πρέπει να κυμαίνεται στο 40-60% χωρίς να περιορίζεται ο αερισμός (Epstein, 1997). Κάτω από 40% η βακτηριακή δραστηριότητα επιβραδύνεται, ενώ σταματάει πλήρως στο 15% (Chen et al. 2011).

Αντίθετα, πάνω από 60% υγρασία, μειώνεται η επίδραση του αέρα, παράγονται οσμές, και επιβραδύνεται η αποσύνθεση. Σε περίπτωση πλεονάζουσας υγρασίας, συνήθως προστίθενται στο κομποστοποιημένο λίπασμα ξηρά υλικά όπως άχυρο.(Chazirakis et al. 2011).

- **Θερμοκρασία:** Η θερμότητα παράγεται από τους μικροοργανισμούς, καθώς αποσυνθέτουν τα οργανικά υλικά. Η θερμοκρασία έχει άμεση σχέση με τον ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η πρόσληψη οξυγόνου και ταχύτερος ο ρυθμός της αποσύνθεσης (Epstein, 1997). Η βέλτιστη θερμοκρασία είναι μεταξύ 32<sup>0</sup> και 60<sup>0</sup> C. Ο όγκος της οργανικής ύλης και οι μονοτικές ιδιότητες, όμως, δημιουργούν εσωτερικές θερμοκρασίες που μπορεί να ανέλθουν στους 55<sup>0</sup> έως 60<sup>0</sup> C μέσα σε λίγες μέρες αφού ξεκινήσει η κομποστοποίηση. Η άριστη θερμοκρασία είναι βασική παράμετρος παρακολούθησης της διαδικασίας της κομποστοποίησης, αλλά και μέσο απαλλαγής του τελικού προϊόντος από παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο και τα φυτά (Epstein, 1997). Η θερμοκρασία παρακολουθείται με θερμόμετρο και πρέπει να προσαρμόζεται καθ'όλη τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Η προσαρμογή της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αερισμό, με αλλαγή του επιπέδου υγρασίας και με αλλαγή του μεγέθους των υλικών (Richard, 1992).
- **Το pH των υλικών:** Η διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να προχωρήσει αποτελεσματικά σε ένα εύρος pH. Άριστο pH θεωρείται 6,5-7,5, δεδομένου ότι ευνοεί την δραστηριότητα των βακτηρίων



(Chen et al. 2011). Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, το pH των υλικών αλλάζει καθώς αυτά αποσυνθέτονται. Ωστόσο, όποια κι αν είναι η τιμή του pH στο αρχικό υλικό, η κομποστοποίηση θα αποδώσει ένα τελικό προϊόν με σταθερό pH συνήθως ουδέτερο. Για τον λόγο αυτό, δεν χρειάζεται να γίνει διόρθωση του pH στην αρχή. (Sundberg et al. 2004)



Διακύμανση pH και θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

- Θρεπτικά συστατικά: Τα επίπεδα φωσφόρου και καλίου είναι επίσης σημαντικά στη διαδικασία της κομποστοποίησης (Epstein, 1997).
- Τοξικές ουσίες: Ορισμένα οργανικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κομποστοποίηση μπορεί να περιέχουν ουσίες που είναι τοξικές στα αερόβια θερμοφιλά βακτήρια, όπως μαγγάνιο, χαλκός, ψευδάργυρος, νικέλιο, χρώμιο και μόλυβδος. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να απομακρυνθούν με χημικά μέσα πριν την έναρξη της κομποστοποίησης (Lasaridi, 2006).

### 1.3.Οι φάσεις της κομποστοποίησης

Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, βακτήρια και μύκητες διασπών την οργανική ύλη σε απλούστερα υλικά, μέσω ενζυματικών διεργασιών (Chen et al. 2011). Με τη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών η οργανική ύλη, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια, κυτταρίνη και λιγίνη μετατρέπονται σε CO<sub>2</sub>, νερό, μέταλλα, χούμο και θερμότητα (Epstein, 1997). Η κομποστοποίηση διακρίνεται σε τέσσερις φάσεις.

Πρώτη είναι η μεσοφιλική φάση, κατά την οποία οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται μέσα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα μεσόφιλα βακτήρια πολλαπλασιάζονται πολύ γρήγορα σε θερμοκρασίες 25 έως 45<sup>0</sup> C και αποσυνθέτουν κυρίως σάκχαρα, πρωτεΐνες, άμυλο και λίπη απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες θερμότητας (Monnet, 2003).

Δεύτερη φάση είναι η θερμοφιλική, κατά την οποία η θερμοκρασία φτάνει μέχρι και τους 75<sup>0</sup> C. Σε αυτό το στάδιο καταστρέφονται πολλοί σπόροι ζιζανίων και ορισμένοι παθογόνοι μικροοργανισμοί, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας (Epstein, 1997). Οι βακτηριακοί μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται είναι τα θερμόφιλα βακτήρια *Bacillus*, *Clostridium*, *Thermus*, τα οποία πολλαπλασιάζονται ταχύτερα από τους μεσόφιλους μικροοργανισμούς, παράγοντας ακόμη μεγαλύτερα ποσά θερμότητας και αντέχουν σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας. Καθώς εξαντλούν την υπόλοιπη οργανική ύλη, σταδιακά οι θερμόφιλοι οργανισμοί πεθαίνουν, η θερμοκρασία μειώνεται και επανέρχονται οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί. (Ryckeboer et al. 2003)

Τρίτη φάση είναι η κρυοφιλική, κατά την οποία η θερμοκρασία έχει μειωθεί, όπως και η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Σε αυτό το στάδιο θα επανέλθουν τα βακτήρια των χαμηλότερων θερμοκρασιών και θα οδηγήσουν τη διαδικασία στο τελικό της στάδιο, αυτό της ωρίμανσης (Chen et al. 2011).

Στην τελική φάση της κομποστοποίησης, τα οργανικά υλικά εξακολουθούν να αποσυντίθενται και να μετατρέπονται σε βιολογικές σταθερές, χουμικές ουσίες, δηλαδή ώριμο κομπόστ. Αυτό το στάδιο είναι πολύ σημαντικό. Μία μακρά φάση ωρίμανσης είναι απαραίτητη εάν το λίπασμα είναι ημιτελές. Τα ογκώδη υλικά που βοηθούσαν στην παροχή καλού αερισμού, χρειάζονται περισσότερο χρόνο για τη διάσπαση τους. Τέλος, σε αυτό το στάδιο εισέρχονται μέσα στη σωρό διάφοροι γεοσκώληκες που βοηθούν στη μετατροπή των βαρύτερων υλικών σε ώριμο κομπόστ. (Cooperband, 2002)

#### **1.4.Υλικά που μπορούν να κομποστοποιηθούν**

Τα παρακάτω οργανικά υπολείμματα είναι άφθονα σε επαρχιακές περιοχές και μπορούν να κομποστοποιηθούν (Bass et al.):

- Υπολείμματα καλλωπιστικών φυτών (κλαδιά, βλαστοί)
- Διάφορα αγριόχορτα (να μην έχουν ώριμους σπόρους)
- Φύλλα
- Χώμα από γλάστρες
- Κλαδιά δένδρων και θάμνων, τα οποία πρώτα πρέπει να τεμαχιστούν σε μικρά κομμάτια
- Κομμένο γρασίδι και χλοοτάπητες

- Υπερώριμα ή χαλασμένα φρούτα
- Τσόφλια από αυγά και υπολείμματα από μαλάκια μειώνουν την οξύτητα του κομπόστ.
- Υπολείμματα του καφέ και υπολείμματα τσαγιού
- Υπολείμματα λαχανικών από το καθάρισμα τους στην κουζίνα (πατατόφλουδες, βολβοί από φασόλια, αρακά, κουκιά κ.α.)
- Υπολείμματα βρασμένων φαγητών στα οποία δεν έχει προστεθεί λάδι
- Λουλούδια από τα ανθοδοχεία
- Ροκανίδια και πριονίδια ξύλου σε μικρές ποσότητες
- Στάχτες από ξύλο σε μικρές ποσότητες χρησιμεύουν ως πηγή ασβέστη. Μεγάλες ποσότητες όμως, μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια αζώτου.

Μαζί με τα παραπάνω υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κομποστοποίηση και άλλα υλικά που είναι εύκολο να εντοπιστούν, όπως:

- Άχυρο από καλλιέργειες ή από ενσταυλισμό ζώων
- Φύκια
- Ελαιόφυλλα

Μερικά από τα παραπάνω υλικά μπορούν να γίνουν ένα σύνθετο μείγμα υλικών, με την προϋπόθεση ότι η αναλογία άνθρακα προς άζωτο θα είναι ισορροπημένη. Η ιδανική αναλογία είναι 25:1 με 40:1 (Richard, 1992).

Υλικά τα οποία μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία ή να μην αποσυντίθενται εύκολα ή καθόλου (ανόργανα), ή μπορεί να προκαλούν δυσάρεστες οσμές κατά την αποσύνθεσή τους, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για

κομποστοποίηση, ειδικά σε οικιακή κομποστοποίηση. Τέτοια υλικά είναι: πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί, τυπωμένο χαρτί, υπολείμματα φαγητών που περιέχουν λίπη, κρέας, κόκκαλα, καθώς και τα υλικά καθαρισμού (de Bertoldi, 1984).

Υπολείμματα συμβατικών καλλιεργειών όπως τομάτας, αγγουριού κλπ, καλό είναι να αποφεύγονται, γιατί είναι πολύ πιθανό να είναι προσβεβλημένα από μύκητες (πχ. Ωίδιο) και υπάρχει κίνδυνος να μολύνουν με σπόρια το λίπασμα που θα παραχθεί (Epstein, 1997). Επίσης, αν στα υλικά που χρησιμοποιούνται για κομπόστ, υπάρχουν μεγάλα υπολείμματα φυτοφαρμάκων, τότε εμποδίζεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών της αποσύνθεσης και ως εκ τούτου ο χρόνος της κομποστοποίησης.

Επίσης, πρέπει να αποφεύγονται οι φλούδες εσπεριδοειδών σε μεγάλες ποσότητες διότι μπορεί λόγω της οξύτητας τους να εμποδίζουν τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται για τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Πευκοβελώνες και κλαδιά από όλα τα πευκοειδή χωνεύονται πολύ δύσκολα. Τέλος, απαγορεύεται η χρήση υλικών που έχουν σχέση με την ανθρώπινη σωματική δραστηριότητα (ούρα, κόπρανα), ή και με κατοικίδια ζώα, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης με επικίνδυνα παθογόνα. (Bass et al.)

### **1.5.Οικιακή κομποστοποίηση**

Η οικιακή κομποστοποίηση αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης 70-80% των οργανικών της κουζίνας (υπολείμματα τροφών, οικιακά κλαδέματα κ.α.) και του κήπου (κλαδέματα, γκαζόν κτλ.) (Giannis et al. 2012). Η διαδικασία της οικιακής κομποστοποίησης περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών κάδων – κομποστοποιητών σε κατοικίες, πολυκατοικίες και μπαλκόνια, στους οποίους

τοποθετούνται τα οργανικά υλικά της κουζίνας και μετατρέπονται σε πολύ καλής ποιότητας λίπασμα – κομπόστ, που μπορεί να διατεθεί στο ίδιο το νοικοκυριό. Το κομπόστ παράγεται μέσα από την αποσύνθεση των οργανικών υλικών, έχει πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε είδους καλλιέργεια. (Adhikari et al. 2012)

Η διαδικασία της οικιακής κομποστοποίησης είναι απλή. Ρίχνοντας στον κομποστοποιητή τα οργανικά υλικά που μαζεύονται, μαζί με φύλλα, κλαδιά και λίγο χώμα, ενώ τροφοδοτούμε συνεχώς τον κάδο με ποικιλία υλικών και ανακατεύουμε για να εμπλουτίζεται το μίγμα με οξυγόνο. Εάν το μίγμα είναι πολύ στεγνό, πρέπει να καταβρέχεται με νερό, ενώ εάν είναι πολύ υγρό, τότε πρέπει να προστεθούν υλικά και να ανακατευτεί (Adhikari et al. 2012). Το κομπόστ από οικιακή κομποστοποίηση μπορεί να ωριμάσει σε περίπου 4 μήνες, και αν χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα υλικά, δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος για την υγεία, αφού το σύνολο των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδέχεται να υπάρχουν στο κομποστοποιημένο μίγμα, δεν επιβιώνει από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης. (Bass et al.)

## **1.6. Δυνατότητες διάθεσης του κομπόστ**

Είναι βέβαιο ότι η προσθήκη κομπόστ στο έδαφος μπορεί να έχει θετική επίδραση στις ιδιότητές του. Η γεωργία και οι διάφορες δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτήν, συνιστούν την καλύτερη αξιοποίηση των υλικών κομπόστ, που μάλιστα εφαρμόζονται διεθνώς σε πολύ μεγάλα ποσοστά για τα ελληνικά δεδομένα. Για τη διάθεση του κομπόστ στον τομέα της γεωργίας, πρέπει να λαμβάνονται

υπ' όψη και να διενεργούνται έλεγχοι σχετικά με την ποιότητα και τη χρήση του (ποσότητα εφαρμογής, περιεκτικότητα σε θρεπτικά, ιχνοστοιχεία, βαρέα μέταλλα, παθογόνα, επίπεδο ωρίμανσης, περίοδος και συχνότητα εφαρμογής, τύπος εδάφους κλπ.) (Lasaridi, 2006).

Οι χρήσεις του κομπόστ εξαρτώνται από τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά και ποικίλουν, από τη χρήση τους σε καλλιέργειες παραγωγής τροφής και ζωοτροφών, έως τη χρήση για αποκατάσταση εδαφών. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν νομοθετικοί περιορισμοί για τη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος (Λαζαρίδη και συν.). Πιο συγκεκριμμένα οι χρήσεις του κομπόστ μπορεί να είναι:

- σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας π.χ. τεύτλα, πατάτες και διάφορα λαχανικά αγρού
- σε σιτηρά
- σε λειβαδικές εκτάσεις, έχοντας εξασφαλίσει πρώτα ότι το κομπόστ είναι απαλλαγμένο από ξένα σώματα που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στα ζώα
- σε δενδρώδεις καλλιέργειες, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, συκιές κλπ
- σε αμπέλια, κυρίως την περίοδο μεταξύ του τρυγητού και της έναρξης της βλάστησης
- σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες
- σε ανθοκομικές καλλιέργειες, όπου χρησιμοποιείται και για την παρασκευή υποστρωμάτων

- για τη διαμόρφωση περιβάλλοντος και επιφανειών πρασίνου σε αστικές περιοχές και αποτροπή φαινομένων διάβρωσης σε επικλινείς επιφάνειες
- ως υλικό κάλυψης Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων

### 1.7.Συστήματα κομποστοποίησης

Δύο βασικές διεργασίες χρησιμοποιούνται σε ευρείας χρήσης κομποστοποίηση και σκοπός τους είναι η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για την υγεία του ανθρώπου και των καλλιεργούμενων φυτών. Αυτές είναι η τεχνολογία *windrows* (συστήματα αναστρεφόμενων σωρών) και *in-vissel* (κλειστά συστήματα) (Roger, 1993) :

- Windrows

Στο πρώτο σύστημα, τα απορρίματα τοποθετούνται σε ανοιχτούς χώρους σε μία κεντρική εγκατάσταση που βασίζεται σε μηχανικό αερισμό και σχηματίζονται σωροί που έχουν 3-4 μέτρα ύψος. Αυτά αναστρέφονται συστηματικά με ειδικό αναστροφέα ώστε να έχουμε σταθερή θερμοκρασία και ρυθμό αποικοδόμησης. Για να ελεγχθεί η απελευθέρωση των οσμών, όταν τα υπολείμματα τροφίμων είναι φρέσκα, δημιουργούνται πρώτα οι σωροί και μετά από λίγες ημέρες ή εβδομάδες αρχίζει η πρώτη αναστροφή. Οι σωροί καλύπτονται με ένα στρώμα από ροκανίδια ή πριονίδια, το οποίο ενεργεί ως βιολογικό φίλτρο κατά τη διάρκεια του αρχικού σταδίου. Με την εισαγωγή οξυγόνου στις σωρούς, επιταχύνεται η φυσική υποβάθμιση των πρώτων υλών και παρέχεται η ευκαιρία για την προσαρμογή της



περιεκτικότητας σε υγρασία στο βέλτιστο επίπεδο. Επιπλέον, προστίθεται νερό γιατί είναι απαραίτητη η διατήρηση της υγρασίας σε σταθερά επίπεδα. Σε γενικές γραμμές, ο συνολικός χρόνος κομποστοποίησης είναι ανάλογος με την ταχύτητα που κινείται ο αναστροφέας. Η λιπασματοποίηση διαρκεί περίπου 20 ημέρες και στη συνέχεια ακολουθεί στάδιο ωρίμανσης, όπου οξειδώνονται τα διάφορα οργανικά οξέα, και βελτιώνεται η τελική σύσταση. Μετά την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου αποικοδόμησης, το προϊόν είναι έτοιμο για μεταφορά και χρήση του από τους τελικούς αποδέκτες (Richard, 1992).

Στο δεύτερο σύστημα, χρησιμοποιούνται πιο προηγμένες και πολύπλοκες τεχνολογίες. Αυτές οι τεχνολογίες προσφέρουν ένα υψηλά ελεγχόμενο, κλειστό περιβάλλον που επηρεάζει την βιολογική αποικοδόμηση που απαιτείται για την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντος. Η εισαγωγή ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί μεγαλύτερο κόστος αρχικής εγκατάστασης και ειδικευμένο προσωπικό (Roger, 1993):

- Modular In-Vissel Containers

Είναι κλειστά συστήματα κομποστοποίησης τα οποία είναι ελεγχόμενα. Αυτή η κατηγορία των εντός δοχείου συστημάτων χρησιμοποιεί μία στατική μέθοδο κομποστοποίησης, δηλαδή, δεν υπάρχει καμία μηχανική ανάδευση, ενώ το υλικό είναι μέσα στο δοχείο. Οι ανεμιστήρες παρέχουν οξυγόνο και απομακρύνουν την υγρασία και τη θερμότητα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εισάγεται αέρας στη βάση του υλικού και ρέει προς τα πάνω μέσω της κομποστοποιημένης μάζας. Σε άλλα παραδείγματα, ο αέρας έλκεται μέσω του υλικού. Σε κάθε λειτουργία αερισμού, ο

αέρας διαπερνάει μέσα στο δοχείο μέσω ενός βιοφίλτρου, που συχνά στεγάζεται σε ξεχωριστό δοχείο. Τα δοχεία κομποστοποίησης βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για εγκαταστάσεις για έλεγχο των οσμών. Ωστόσο, οι περισσότεροι που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνολογία, έχουν ένα κτίριο όπου γίνεται η εκφόρτωση των δοχείων. (Roger, 1993)

- Modular In-Vissel Tunnels

Αυτά τα συστήματα κομποστοποίησης είναι ουσιαστικά αεριζόμενα δοχεία που έχουν αερισμό, μέσω ενός συλλέκτη οροφής, γίνεται εσωτερική κυκλοφορία του αέρα και συνήθως με βιοφίλτρο. Όπως και με τα άλλα στατικά συστήματα, δεν γίνεται μηχανική ανάδευση. Ως εκ τούτου, προκειμένου να επιταχυνθεί ο συνολικός χρόνος κομποστοποίησης και η αύξηση της απόδοσης, οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν μηχανική ανάδευση κατά τη διάρκεια των τελικών φάσεων της κομποστοποίησης. Το προϊόν από αυτές τις σήραγγες δεν είναι σταθερό προϊόν λιπασματοποίησης. Εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη για ένα στάδιο σκλήρυνσης, το οποίο γίνεται σε ξεχωριστή εγκατάσταση λιπασματοποίησης. (Roger, 1993)

Σε όλο τον κόσμο αλλά και ιδιαίτερα στη Β.Δ. Ευρώπη, η συντριπτική πλειοψηφία των εγκαταστάσεων πραγματοποιεί την κομποστοποίηση σε ανοιχτά συστήματα. Ένα συνηθισμένο πρόβλημα στα συστήματα In-Vissel, είναι ότι επειδή δεν υπάρχει μηχανική ανάδευση, παρουσιάζεται το φαινόμενο της πρόωρης ξήρανσης του υλικού, η οποία περιορίζει τη μικροβιακή δραστηριότητα πριν αυτό καταστεί πλήρως σταθεροποιημένο, με όλα τα δυσμενή αποτελέσματα που θα προκύψουν από την χρησιμοποίησή του. Ωστόσο, στα κλειστά συστήματα γίνεται καλύτερος έλεγχος των οσμών και ο χρόνος κομποστοποίησης είναι μικρότερος. (Roger, 1993)

## 1.8.Θεσμικό Πλαίσιο

Το πρόβλημα της διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), παγκοσμίως γίνεται όλο και πιο αισθητό, και οι έως τώρα πρακτικές διαχείρισης που εφαρμόζονται ποικίλουν. Συνήθως γίνεται ένας συνδυασμός μεθόδων όπως η υγειονομική ταφή, η καύση, η ανακύκλωση, η πυρόλυση κ.α. Η σχετική νομοθεσία, όσον αφορά τα κράτη μέλη της ΕΕ, γίνεται όλο και πιο αυστηρή, έχοντας ως προτεραιότητα την εναλλακτική διαχείριση, αφενός μεν για εξοικονόμηση χώρου, αφετέρου δε για εξοικονόμηση χρήσιμων υλικών και ενέργειας (Φλεμετάκη και συν. 2009).

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει κάποια επίσημη Ευρωπαϊκή Οδηγία για την κομποστοποίηση, αλλά αναμένεται να βγει στα επόμενα χρόνια. Ήδη έχει διαμορφωθεί ένα κείμενο εργασίας που μπορεί να θεωρηθεί ως πρόταση Οδηγίας (ΚΥΑ 114218/97: «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων»). Καθώς σήμερα δεν υπάρχουν θεσμοθετικές ποιοτικές προδιαγραφές για το κομπόστ, υπάρχει μεγάλη διακύμανση από χώρα σε χώρα και πολύ διαφορετικές προσεγγίσεις στη διαχείριση των στερεών απόβλητων (Lasaridi, 2006). Οι ποιοτικές προδιαγραφές έχουν στόχο τη προστασία της δημόσιας υγείας του περιβάλλοντος και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επαναχρησιμοποίηση οργανικών αποβλήτων. Σε πολλές χώρες η νομοθεσία προβλέπει την κατάταξη των κομπόστ σε ποιοτικές κατηγορίες, ανάλογα με τις προδιαγραφές που πληρούν και κάθε κατηγορία μπορεί να έχει συγκεκριμένες χρήσεις. Μάλιστα σε ορισμένες χώρες, όπως Γερμανία, Αυστρία, Βέλγιο, Μεγάλη Βρετανία και Ολλανδία, υπάρχουν συστήματα πιστοποίησης του κομπόστ, τα οποία ελέγχουν τη διαδικασία και την ποιότητα του προϊόντος (Λαζαρίδη και συν.).

Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο δεν προβλέπει αδειοδότηση για κομποστοποίηση που γίνεται επί τόπου, δηλαδή σε μία κατοικία. Άδεια απαιτείται για μεταφορά και κομποστοποίηση των υλικών εκτός χώρου παραγωγής και αφορά μεγάλες μονάδες. Στην πρόταση Οδηγίας της ΕΕ για την κομποστοποίηση, ή αλλιώς βιολογική επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων, προβλέπεται ότι κομπόστ μπορούν να ονομαστούν μόνο τα προϊόντα που παράχθηκαν από διαδικασία κομποστοποίησης του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών απόβλητων και πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας (Monnet, 2003). Η ποιοτική παράμετρος που ενσωματώνεται στον ορισμό του κομπόστ, βρίσκεται σε διάσταση με την προσέγγιση των χωρών εκείνων που δεν έχουν προχωρήσει σε εκτεταμένα προγράμματα διαλογής στην πηγή (δηλ. διαχωρισμός οργανικού κλάσματος από υπόλοιπα απορίμματα) όπως η Ελλάδα. Στη χώρα μας σήμερα βρίσκονται υπό λειτουργία μόνο δύο Εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ). Για την ίδρυση και λειτουργία μιας μονάδας κομποστοποίησης, ανάλογα με την ποσότητα και το είδος των αποβλήτων που διαχειρίζεται, αρμόδιες αδειοδοτικές αρχές είναι το ΥΠΕΚΑ, η Αποκεντρωμένη Διοίκηση και η Περιφέρεια.

## **1.9.Πλεονεκτήματα**

Από τη φύση της μεθόδου, η κομποστοποίηση έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες, γεγονός που την καθιστά αναντικατάστατη επιλογή στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων. Παρακάτω παραθέτονται αυτά τα πλεονεκτήματα.

1. Έχει μικρό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες.
2. Έχει μεγάλη κοινωνική αποδοχή, γιατί δεν προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις, με αποτέλεσμα να γίνεται με μεγαλύτερη συνέπεια.
3. Δεν παράγει επικίνδυνα τοξικά αέρια και στερεά κατάλοιπα, όπως άλλες τεχνολογίες και οι όποιες οσμές αντιμετωπίζονται εύκολα.
4. Ευνοείται και ενθαρρύνεται η μείωση και ανακύκλωση όλων των βασικών υλικών.
5. Η συνολική διαχείριση με κομποστοποίηση έχει καλύτερες επιδόσεις σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με άλλες μεθόδους διαχείρισης.
6. Είναι πολύ απλούστερη τεχνολογία και με μικρή εξάρτηση από τους προμηθευτές.
7. Θέλει τους πολίτες ενημερωμένους και ενεργούς για να γίνεται η διαλογή στην Πηγή των οργανικών και έτσι να λειτουργεί με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα η μονάδα κομποστοποίησης.
8. Το παραγόμενο προϊόν μπορεί να είναι εξαιρετικά ποιοτικό γιατί προσομοιάζει τη φυσική σύσταση του εδάφους και προωθεί την ανάπτυξη των φυτών. Με αυτές τις ιδιότητες μπορεί να αντικαταστήσει έως και εξ ολοκλήρου τη χρήση συνθετικών χημικών λιπασμάτων και να αξιοποιηθεί στις βιολογικές καλλιέργειες.

## **1.10.Μειονεκτήματα**

1. Μία μονάδα κομποστοποίησης καταλαμβάνει περισσότερο χώρο από μονάδες άλλων τεχνολογιών, όμως υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι χώροι για τη δημιουργία τέτοιων μονάδων και πολύ εύκολα θα μπορούσαν να συναινέσουν οι τοπικές κοινωνίες.
2. Απαιτεί να τοποθετηθεί ξεχωριστός κάδος για την Διαλογή στην Πηγή των οικιακών οργανικών και να γίνεται ξεχωριστή αποκομιδή.

## **1.11.Σκοπός της εργασίας**

Η εργασία αφορά στο πρόγραμμα κομποστοποίησης στο σπίτι με καθημερινά υπολείμματα τροφίμων και φαγητά που περισσεύουν στην κουζίνα. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν πως με ελάχιστη καθημερινή ενασχόληση και κόστος μηδέν θα μπορούσαμε να εξασφαλίσουμε την λίπανση του κήπου μας και παράλληλα να συμβάλλουμε στην προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας κατά τα τέσσερα πέμπτα τον καθημερινό όγκο σκουπιδιών ενός νοικοκυριού και την μείωση έως κατάργηση της προσθήκης χημικών λιπασμάτων στα δένδρα και τα λουλούδια του σπιτιού μας.

Στην Ελλάδα, αυτή τη στιγμή υπάρχει ένα κενό σε παρόμοια θέματα, παρ'όλο που η κομποστοποίηση είναι η πλέον φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος διαχείρισης οργανικών υλικών, και μέρος αυτού του κενού επιχειρεί να καλύψει η παρούσα εργασία.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε περιοχή της Αττικής σε πορτοκαλεώνα, από όπου λήφθηκαν τρία δείγματα εδάφους από διαφορετικά σημεία και δύο δείγματα από κομπόστα υπολειμμάτων τροφίμων που παρασκευάστηκε στο χωράφι. Επίσης, ακολούθησε συλλογή φύλλων από πορτοκαλιές με το υπάρχον έδαφος και μετά από πορτοκαλιές στις οποίες χρησιμοποιήθηκε κομπόστα. Το compost που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν το προϊόν κομποστοποίησης διαφόρων υπολειμμάτων τροφίμων κάθε ημέρας, όπως υπολείμματα από φασολάκια, μπάμιες, φλούδες φρούτων, κρεμμυδιών, πατάτας, κουκούτσια, τσόφλια από αυγά κ.α. , καθώς και έτοιμα μαγειρεμένα φαγητά τα οποία περίσσευαν από προηγούμενες ημέρες. Τα υλικά τοποθετούνταν στο χωράφι από αρχές Αυγούστου σε τάφρο μήκους ενός μέτρου, βάθους πενήντα εκατοστών και πλάτους ενός μέτρου και καλύπτονταν από στρώμα εδάφους της τάφρου. Ακολουθούσε καλή διαβροχή του χώματος και αναμόχλευση χώματος και υπολειμμάτων κάθε δύο ημέρες. Πολύ γρήγορα μετά από διάστημα τεσσάρων μηνών τα υπολείμματα είχαν πλήρως ενσωματωθεί στο έδαφος. Το υλικό που προέκυψε πήρε την ονομασία κομπόστ.

Ακολούθησε προσδιορισμός των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τόσο του εδάφους, όσο και της κομπόστας που προέκυψε από τις θέσεις λήψης των εδαφικών δειγμάτων X1, X2, X3 και από τις πορτοκαλιές που χρησιμοποιήθηκε η κομπόστα KX1, KX2 (περίπου 4 κιλά/δέντρο), μετά έξι μήνες από την τοποθέτηση της κομπόστας περιφερειακά κάθε δέντρου.

Μετά τις αναλύσεις, τα εδάφη συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για σπορά κόκκινου ρεπανιού (*Rhapanus sativus*) μέσα σε φυτοδοχεία με οπές, όπου τοποθετήθηκε ίδια ποσότητα χώματος σε όλες τις γλάστρες. Σε κάθε φυτοδοχείο τοποθετήθηκαν τρεις σπόροι ρεπανιού, με απόσταση μεταξύ τους και με βάθος σποράς 1,5-2 cm.



Η διάρκεια του πειράματος από την εγκατάσταση μέχρι τη λήξη της καλλιέργειας ήταν 45 ημέρες (1/7/2013 έως 15/8/2013). Πιο συγκεκριμμένα, χρησιμοποιήθηκαν 10 γλάστρες, από δύο δηλαδή για κάθε δείγμα (5 δείγματα). Στο τέλος της καλλιέργειας, μετρήθηκε η φυτρωτική ικανότητα, ο αριθμός φύλλων για κάθε φυτό, το μήκος του υπέργειου τμήματος των φυτών και το μήκος της ρίζας.

## **2.1.Αναλύσεις εδάφους**

### **2.1.1.Προετοιμασία δειγμάτων**

Τα εδαφικά δείγματα μετά την άφιξη τους στο εργαστήριο τοποθετήθηκαν σε αλουμινένιους δίσκους και αφέθηκαν για αεροξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου για μία βδομάδα, με συχνή αναμόχλευση του χώματος. Μετά την ξήρανση τους ακολούθησε κοσκίνισμα σε κόσκινο με ανοίγματα 2mm, ώστε να αφαιρεθούν τα φυτικά υπολείμματα και οι πέτρες. Τέλος τα κοσκινισμένα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε χαρτονένια κουτιά.



### 2.1.2.Μέτρηση pH

Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίστηκαν 10g εδάφους και τοποθετήθηκαν σε μπουκαλάκια τύπου falcon 50mL. Έπειτα προστέθηκαν 25mL απιονισμένου νερού και ακολούθησε ανακίνηση για 20 λεπτά. Στην συνέχεια αφέθηκαν σε ηρεμία για 30 λεπτά και μετρήθηκε το pH με ηλεκτρικό πεχάμετρο Crison.



**Εικόνα 1.** Το ηλεκτρικό πεχάμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

### 2.1.3. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Σε μπουκαλάκια τύπου falcon 50mL ζυγίσθηκαν 10g εδάφους. Έπειτα προστέθηκαν 50mL απιονισμένου νερού και ακολούθησε ανακίνηση για περίπου 20 λεπτά. Μετά έγινε η μέτρηση των δειγμάτων με το αγωγιμόμετρο.



**Εικόνα 2.** Το όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας (αγωγιμόμετρο) του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

### 2.1.4. Προσδιορισμός ολικού $\text{CaCO}_3$ στο έδαφος

Η ποσότητα του εδάφους που χρησιμοποιείται για αυτή τη μέτρηση εξαρτάται από το  $\text{CO}_2$  που εκλύεται, επομένως πριν αρχίσει η μέτρηση ρίξαμε μερικές σταγόνες οξύ σε λίγο έδαφος, το οποίο είχε τοποθετηθεί σε πλαστικό ποτήρι. Το έδαφος άφρισε πολύ έντονα, οπότε χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη ποσότητα εδάφους, 0,5g για κάθε

δείγμα, μέσα σε κωνική φιάλη. Κατόπιν προστέθηκε HCl 2,098M και με τη βοήθεια του ασβεστόμετρου Bernard μετρήθηκε η ποσότητα του εκλυόμενου CO<sub>2</sub> από το οποίο υπολογίσθηκε το ολικό CaCO<sub>3</sub> του εδάφους.



**Εικόνα 3.** Το ασβεστόμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

### **2.1.5. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας εδάφους**

Σε ποτήρι ζέσεως 50mL ζυγίσθηκαν περίπου 0,5g εδάφους (ακριβώς καταγεγραμμένα) και προστέθηκαν 10mL 0,166 M K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> και 10 mL πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Στη συνέχεια έγινε ελαφρά ανακίνηση και το διάλυμα αφέθηκε σε ηρεμία για 30 λεπτά ώστε να γίνει η οξείδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Κατόπιν, έγινε διήθηση του αιωρήματος μέσα από διηθητικό χαρτί σε κωνική φιάλη των 500mL με

την προσθήκη 200mL νερού. Μετά την ολοκλήρωση της διήθησης προστέθηκαν 10mL  $H_3PO_4$  στο διαυγές διήθημα. Στη συνέχεια, έγινε ογκομέτρηση του διχρωμικού καλίου που περίσσεψε από την οξείδωση της οργανικής ουσίας με διάλυμα 0,5 M  $FeSO_4$  αφού πρώτα προστέθηκαν πέντε σταγόνες δείκτη διφαινυλαμίνης στην κωνική. Οι μετρήσεις έγιναν μόλις το χρώμα έγινε πράσινο.

### **2.1.6. Προσδιορισμός φωσφόρου με τη μέθοδο Olsen**

Σε πλαστικά μπουκαλάκια falcon των 50 mL ζυγίσθηκαν 1g εδάφους και προστέθηκαν 20 mL 0,5 M  $NaHCO_3$ . Το μίγμα ανακινήθηκε για μισή ώρα σε μηχανικό αναδευτήρα. Μετά το τέλος της ανάδευσης, το μίγμα αφέθηκε σε ηρεμία για μερικά λεπτά και ακολούθησε διήθηση με αργό διηθητικό χαρτί σε πλαστικά δοχεία.

#### Αντιδραστήριο Α:

Όξινο ανθρακικό νάτριο ( $NaHCO_3$ )

Διαλύονται 84,01g σε περίπου 1800mL απιονισμένου νερού. Ρυθμίζεται το pH σε τιμή 8.5 είτε με 0,2098 M HCl είτε με 0,3 M NaOH. Το αντιδραστήριο μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη 2L και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό, όπου διατηρείται σε δροσερό και σκοτεινό μέρος.

Σε ογκομετρικές φιάλες των 25mL λαμβάνονται 5mL εκχυλίσματος και προσθέτονται 2,5mL Αντιδραστήριου Β (ασκορβικό οξύ) και συμπληρώνονται οι φιάλες μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό. Κατόπιν, αφέθηκε το διάλυμα σε ηρεμία για 30 λεπτά για την ανάπτυξη κυανού χρώματος και στη συνέχεια έγινε

φασματοφωσφορικός προσδιορισμός με φασματοφωτόμετρο στα 882nm και με την καμπύλη βαθμολόγησης έγινε ο υπολογισμός της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο εκχύλισμα (ppm ή mg/L).



**Εικόνα 4.** Το φασματοφωτόμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

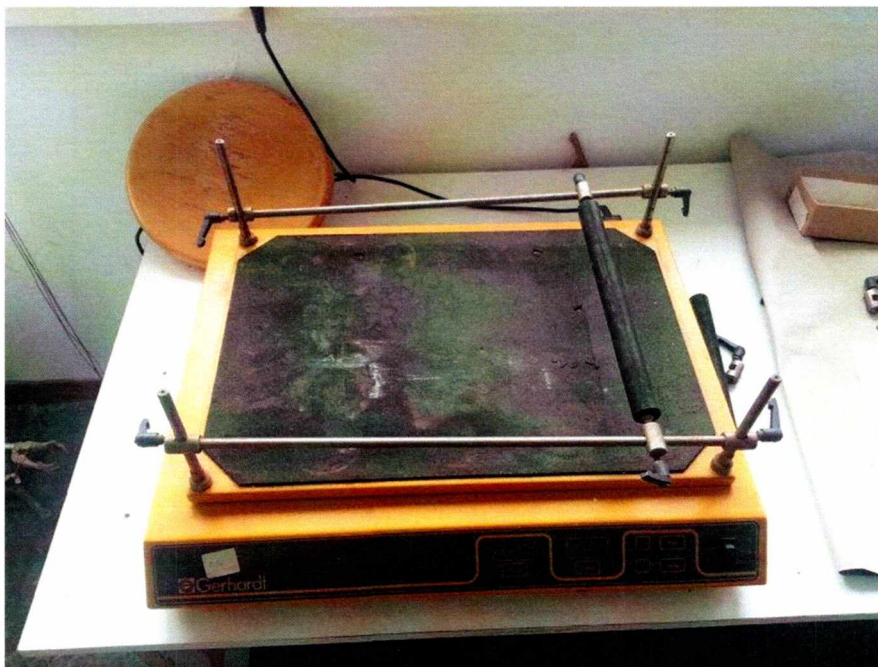
#### **2.1.7. Προσδιορισμός ανταλλάξιμων $K^+$ , $Na^+$ , $Ca^+$ , $Mg^{++}$**

Σε πλαστικές φιάλες τύπου falcon ζυγίσθηκαν 3g εδάφους και προστέθηκε 30mL οξικό αμμώνιο ( $CH_3COONH_4$  1 M pH 7). Στη συνέχεια, έγινε μηχανική ανάδευση για μία ώρα και διηθήθηκε το υπερκείμενο διαυγές σε ογκομετρικές φιάλες. Χρειάστηκε να γίνει αραιώση 1000 φορές για τη μέτρηση Ca και Mg. Τα K και Na μετρήθηκαν στο φλογοφωτόμετρο, ενώ τα Ca και Mg στην ατομική

απορρόφηση. Μετά τις κατάλληλες αναγωγές, η συγκέντρωση των ιόντων εκφράστηκε σε  $\text{cmol/kg}$  εδάφους.

### 2.1.8. Προσδιορισμός μικροθρεπτικών $\text{Fe}^{++}, \text{Mn}^{++}, \text{Cu}^{++}, \text{Zn}^{++}$

Σε πλαστικά μπουκαλάκια falcon των 30mL ζυγίσθηκαν 10g εδάφους και αναμίχθηκαν με 20mL διαλύματος DTPA. Το διάλυμα DTPA παρασκευάζεται με την ανάμιξη 9,835 g DTPA, 7,4 g  $\text{CaCl}_2$  και 74.5 g τριαιθανολαμίνης σε 5 L  $\text{H}_2\text{O}$ . Το pH του διαλύματος γίνεται 7,3 με λίγες σταγόνες HCl. Ακολουθεί ανακίνηση για δύο ώρες σε μηχανικό αναδευτήρα, φυγοκέντρωση και διήθηση. Το εκχύλισμα κατόπιν μετρήθηκε σε ατομική απορρόφηση για ιχνοστοιχεία. Η συγκέντρωση των ιόντων εκφράστηκε σε  $\text{mg/kg}$  εδάφους.



Εικόνα 5. Ο μηχανικός αναδευτήρας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

## **2.2.Αναλύσεις φυτικών ιστών**

### **2.2.1.Προετοιμασία φυτομάζας**

Μετά την άφιξη των δειγμάτων στο εργαστήριο, έγινε καθαρισμός του φυτικού υλικού με ένα ελαφρύ ξέπλυμα με απιονισμένο νερό για να απομακρυνθούν οι σκόνες και άλλες ξένες ύλες που τυχόν υπήρχαν. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες σε φούρνο στους 70 °C για δύο μέρες και μετά την πλήρη ξήρανση τους ακολούθησε κονιορτοποίηση σε μύλο άλεσης. Το κονιορτοποιημένο δείγμα αποθηκεύτηκε σε πλαστικές σακούλες.

### **2.2.2.Προσδιορισμός μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων**

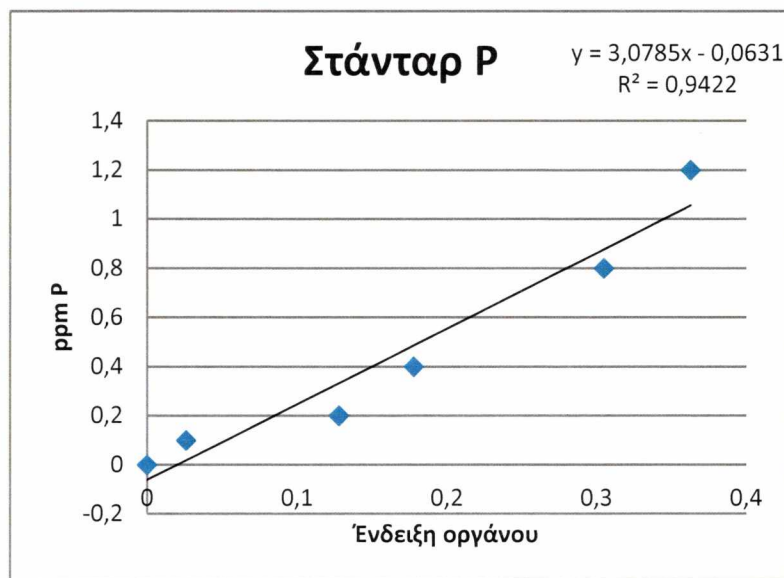
Ζυγίσθηκαν 0,5g από τον κονιορτοποιημένο φυτικό ιστό σε κάψα πορσελάνης και τοποθετήθηκαν σε ηλεκτρικό φούρνο σε θερμοκρασία 500 °C για 4 ώρες. Στη συνέχεια, αφού αφέθηκαν οι κάψες για λίγη ώρα να κρυώσουν, στην τέφρα του φυτικού ιστού προστέθηκαν 20mL HCl και έγινε διήθηση από διηθητικό χαρτί σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL. Το εκχύλισμα χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση P, μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων, αφού έγιναν οι κατάλληλες αραιώσεις.

### 3.Αποτελέσματα - Συζήτηση

#### 3.1.Αποτελέσματα ανάλυσης εδάφους

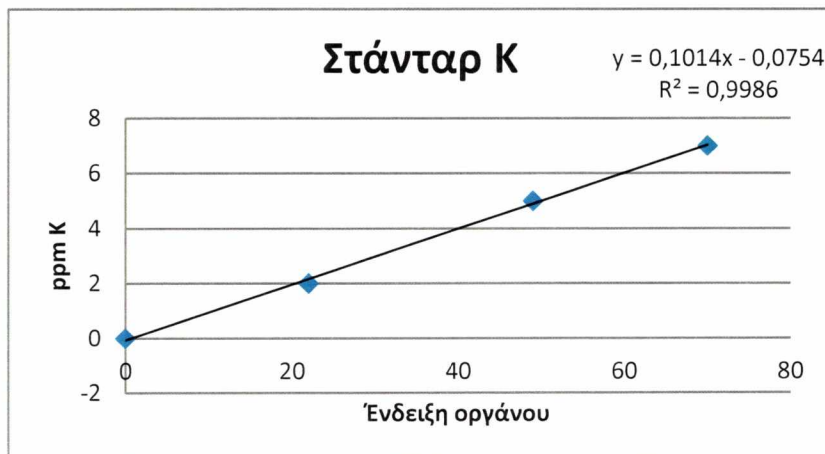
Παρακάτω φαίνονται οι καμπύλες βαθμολόγησης με τις οποίες υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις των στοιχείων.

Στάνταρ P	
Ένδειξη οργάνου	ppm P
0	0
0,026	0,1
0,128	0,2
0,178	0,4
0,305	0,8
0,363	1,2



**Διάγραμμα 1.** Καμπύλη βαθμολόγησης φασματοφωτόμετρου με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του φωσφόρου.

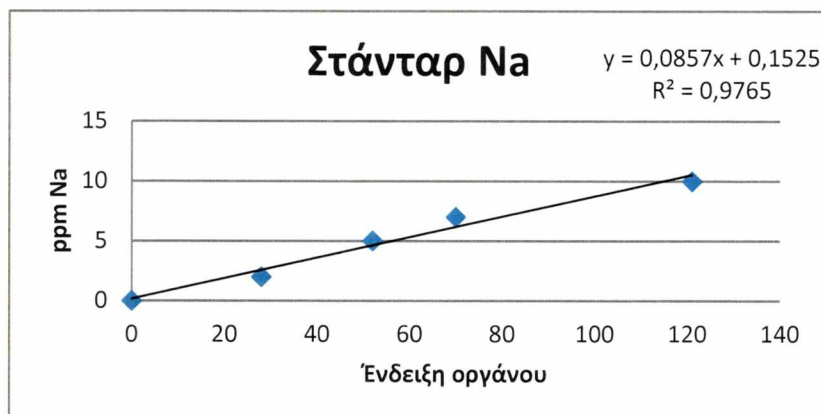
Στάνταρ K	
Ένδειξη οργάνου	ppm K
0	0
22	2
49	5
70	7



**Διάγραμμα 2.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του καλίου

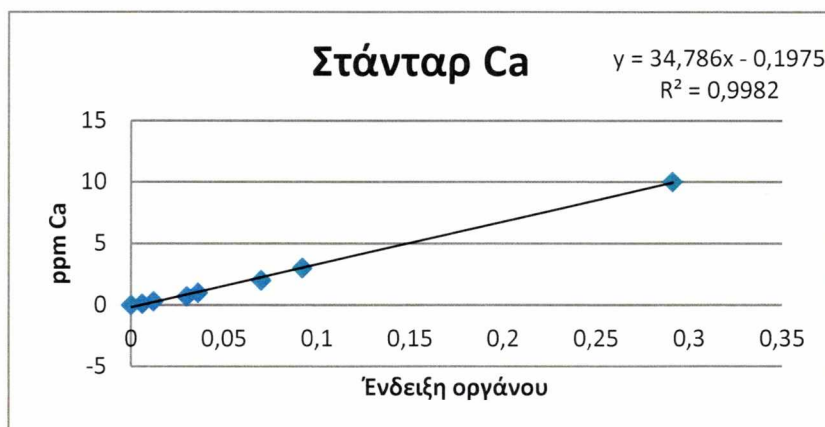


Στάνταρ Na	
Ένδειξη οργάνου	ppm Na
0	0
28	2
52	5
70	7
121	10



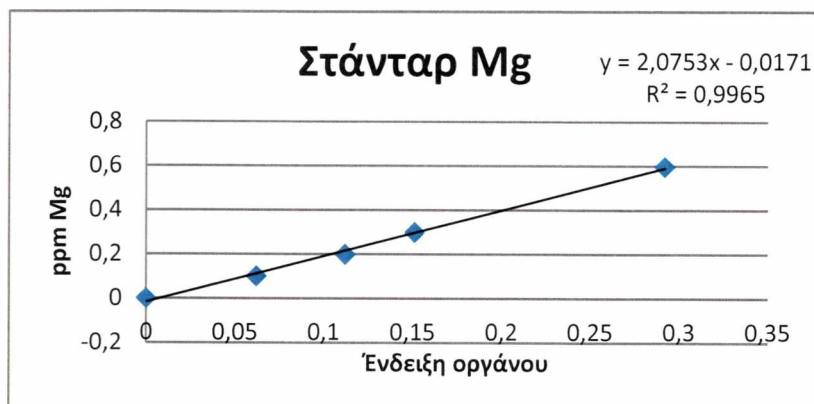
**Διάγραμμα 3.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του νατρίου.

Στάνταρ Ca	
Ένδειξη οργάνου	ppm Ca
0	0
0,006	0,1
0,012	0,3
0,03	0,7
0,036	1
0,07	2
0,092	3
0,291	10



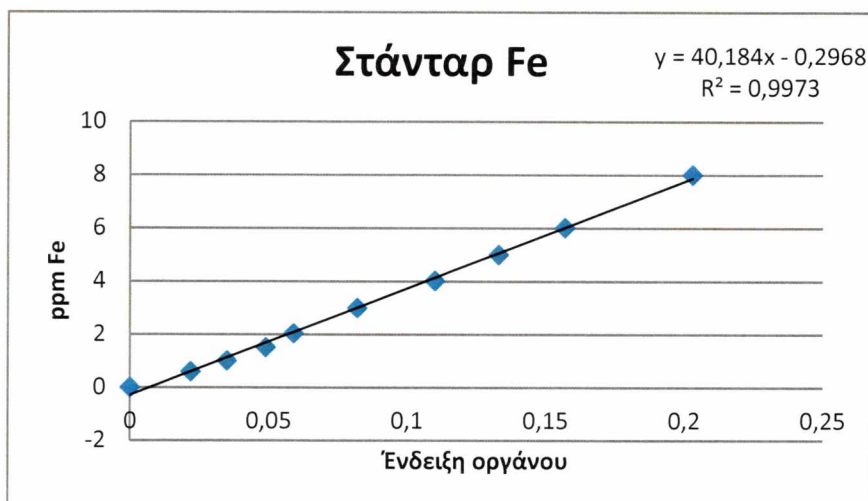
**Διάγραμμα 4.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του ασβεστίου.

Στάνταρ Mg	
Ένδειξη οργάνου	ppm Mg
0	0
0,062	0,101
0,112	0,199
0,151	0,299
0,292	0,596



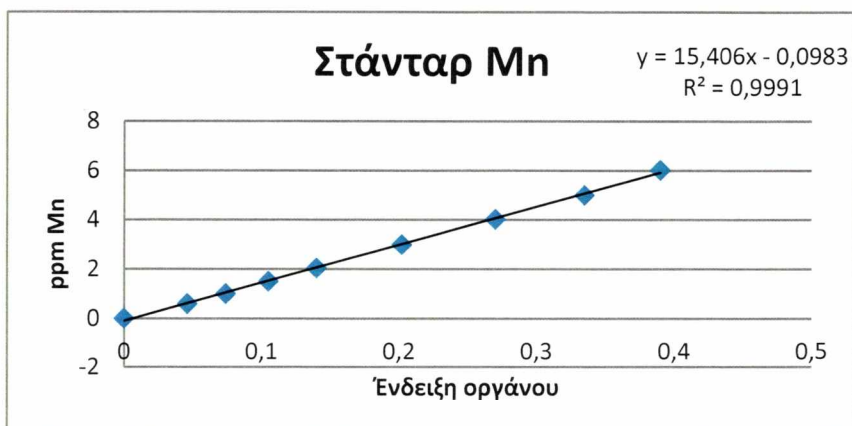
**Διάγραμμα 5.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του μαγνησίου.

Στάνταρ Fe	
Ένδειξη οργάνου	ppm Fe
0	0
0,022	0,596
0,035	1
0,049	1,503
0,059	2,04
0,082	3
0,11	4,02
0,133	5
0,157	6,02
0,203	8,01



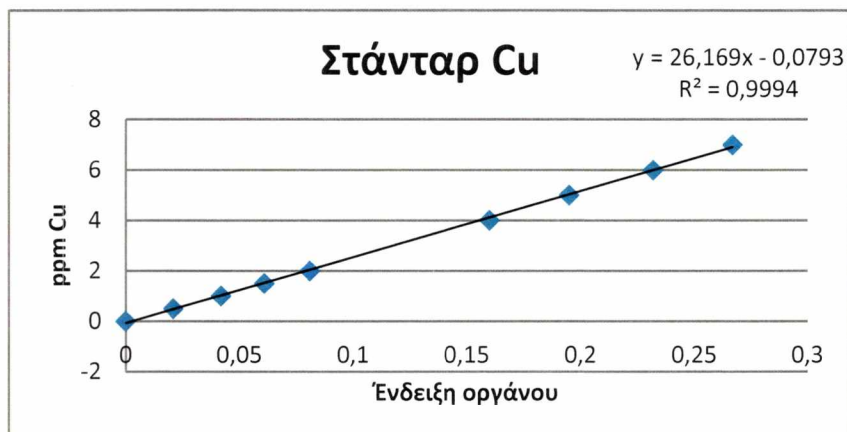
**Διάγραμμα 6.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του σιδήρου.

Στάνταρ Mn	
Ένδειξη οργάνου	ppm Mn
0	0
0,046	0,596
0,074	1
0,105	1,503
0,14	2,04
0,202	3
0,27	4,02
0,335	5
0,39	6,02



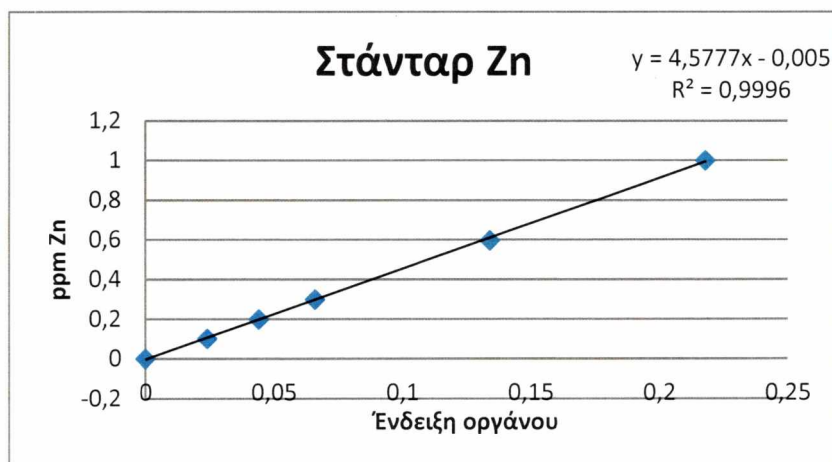
**Διάγραμμα 7.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του μαγγανίου.

Στάνταρ Cu	
Ένδειξη οργάνου	ppm Cu
0	0
0,021	0,5
0,042	1
0,061	1,5
0,081	2
0,16	4
0,195	5
0,232	6
0,267	7



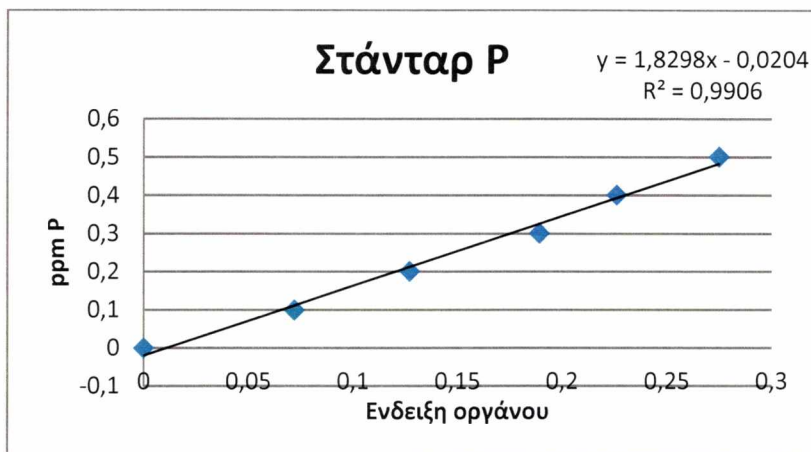
**Διάγραμμα 8.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του χαλκού.

Στάνταρ Zn	
Ένδειξη οργάνου	ppm Zn
0	0
0,024	0,101
0,044	0,199
0,066	0,299
0,134	0,596
0,218	1



**Διάγραμμα 9.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του ψευδαργύρου

Φυτικά δείγματα	
Στάνταρ P	
Ένδειξη οργάνου	ppm P
0	0
0,072	0,1
0,127	0,201
0,189	0,301
0,226	0,401
0,275	0,501



**Διάγραμμα 10.** Καμπύλη βαθμολόγησης με την οποία υπολογίζεται η συγκέντρωση του φωσφόρου για τα φυτικά δείγματα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του εδάφους και των φυτικών ιστών παραθέτονται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας Ι.** Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του κανονικού χώματος.

Φυσικοχημικές ιδιότητες εδάφους				
Δείγμα	X1	X2	X3	μ.ο.
pH	8,15	8,34	8,45	8,31
E.C.	262,9	98,26	161	174,05
CaCO <sub>3</sub>	25%	23,0%	22,8%	23,6%
Οργ.ουσία	0,63%	0,403%	0,67%	0,57%
Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών				
P (mg/kg)	11,2	4,7	21	12,30
K (cmol/kg)	0,12	0,063	0,102	0,10
Na (cmol/kg)	0,2	0,061	0,139	0,13
Ca (cmol/kg)	52,644	69,959	54,341	58,98
Mg (cmol/kg)	6,581	10,201	8,802	8,53
Fe (mg/kg)	9,774	4,872	4,872	6,51
Mn (mg/kg)	7,288	4,176	5,594	5,69
Cu (mg/kg)	1,672	1,358	5,23	2,75
Zn (mg/kg)	0,786	0,484	0,95	0,74

**Πίνακας II.** Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του κομποστοποιημένου χώματος

Φυσικοχημικές ιδιότητες compost			
Δείγμα	KX1	KX2	μ.ο.
pH	8,37	8,31	8,34
E.C.	154,3	180,6	167,45
CaCO <sub>3</sub>	21,8%	22,8%	22,3%
Οργ.ουσία	1,47%	1,546%	1,508%
Περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμες μορφές θρεπτικών			
P (mg/kg)	20,1	23,5	21,8
K (cmol/kg)	0,122	0,172	0,147
Na (cmol/kg)	0,127	0,137	0,132
Ca (cmol/kg)	64,77	66,516	65,643
Mg (cmol/kg)	7,404	8,308	7,856
Fe (mg/kg)	6,64	5,434	6,037
Mn (mg/kg)	6,888	4,886	5,887
Cu (mg/kg)	1,724	1,672	1,698
Zn (mg/kg)	0,96	0,73	0,845

Από τους πίνακες I και II προκύπτει ότι υπάρχουν οι εξής διαφορές ανάμεσα στο κανονικό έδαφος και την κομπόστα:

- Το pH της κομπόστας είναι κατά 0,36% μεγαλύτερο από του κανονικού εδάφους. Sig = 0,832 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) της κομπόστας είναι κατά 3,8% μικρότερη από του εδάφους. Sig = 0,923 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Το ανθρακικό ασβέστιο ( CaCO<sub>3</sub> ) της κομπόστας είναι κατά 5,5% μικρότερο από του εδάφους. Sig = 0,277 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά

- Η οργανική ουσία της κομπόστας είναι κατά 164,56% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,03 < 0,05 άρα υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του φωσφόρου της κομπόστας είναι κατά 77,2% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,226 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του καλίου της κομπόστας είναι κατά 47% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,167 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του νατρίου της κομπόστας είναι κατά 1,53% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,981 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του ασβεστίου της κομπόστας είναι κατά 11,3% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,420 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του μαγνησίου της κομπόστας είναι κατά 7,9% μικρότερη από του εδάφους. Sig = 0,664 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του σιδήρου της κομπόστας είναι κατά 7,26% μικρότερη από του εδάφους. Sig = 0,842 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του μαγγανίου της κομπόστας είναι κατά 3,46% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,893 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά

- Η περιεκτικότητα του χαλκού της κομπόστας είναι κατά 38,25% μικρότερη από του εδάφους. Sig = 0,557 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά
- Η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου της κομπόστας είναι κατά 14,2% μεγαλύτερη από του εδάφους. Sig = 0,629 > 0,05 άρα δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά

### 3.2.Αποτελέσματα ανάλυσης φυτικών ιστών

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται τα αποτελέσματα των δύο δειγμάτων φυτικών ιστών, Φ1 που συλλέχθηκαν από πορτοκαλιές χωρίς την εφαρμογή κομπόστ και Φ2 που συλλέχθηκαν από πορτοκαλιές με την εφαρμογή του κομπόστ.

**Πίνακας III.** Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των φυτικών ιστών.

Ιδιότητες φυτικών ιστών		
Δείγμα	Φ1	Φ2
P (mg/kg)	3550	3600
K (cmol/kg)	31,171	55,896
Na (cmol/kg)	3,083	3,452
Ca (cmol/kg)	438,42	351,69
Mg (cmol/kg)	44,881	54,087
Fe (mg/kg)	100	260
Mn (mg/kg)	18	36
Cu (mg/kg)	15,4	20,6
Zn (mg/kg)	56,6	49,4

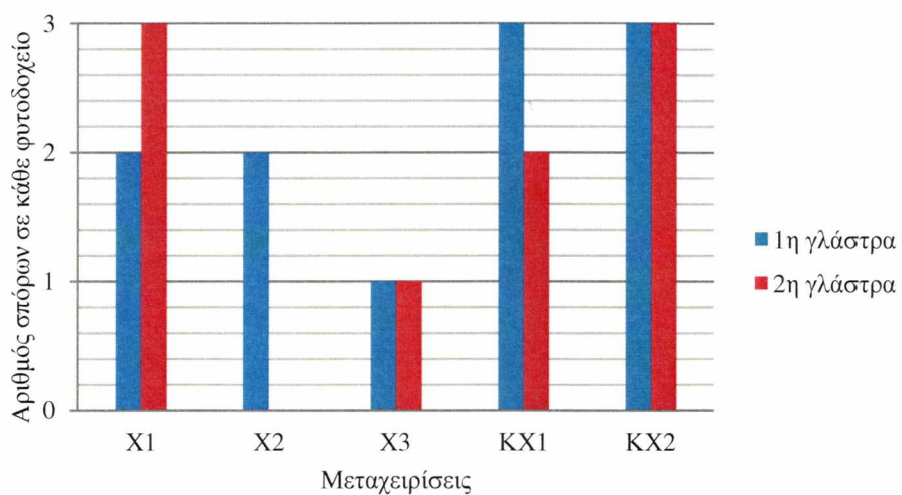
Από τον πίνακα III προκύπτει ότι υπάρχουν οι εξής διαφορές ανάμεσα στους φυτικούς ιστούς χωρίς και με την εφαρμογή κομπόστας:

- Η περιεκτικότητα του φωσφόρου είναι κατά 1,4% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του καλίου είναι κατά 79,3% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του νατρίου είναι κατά 12% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του ασβεστίου είναι κατά 19,7% μειωμένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του μαγνησίου είναι κατά 20,5% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του σιδήρου είναι κατά 160% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του μαγγανίου είναι κατά 100% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του χαλκού είναι κατά 33,7% αυξημένη με την εφαρμογή κομπόστας.
- Η περιεκτικότητα του ψευδαργύρου είναι κατά 12,7% μειωμένη με την εφαρμογή κομπόστας.

### **3.3.Φυτρωτική ικανότητα σπόρων**

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων ρεπανιού σε κάθε εδαφικό δείγμα, δηλαδή ο αριθμός των σπόρων που τελικά αναπτύχθηκαν από τους τρεις σε κάθε γλάστρα που τοποθετήθηκαν.





**Διάγραμμα 1:** Αριθμός σπόρων που φύτρωσε σε κάθε γλάστρα. X1, X2, X3 τα τρία εδάφη και KX1, KX2 οι δύο κομπόστες.



**Εικόνα 1:** Α)φυτοδοχεία που περιείχαν το δείγμα χώματος X1. Β)φυτοδοχείο που περιείχε το δείγμα χώματος X2. Γ)φυτοδοχεία που περιείχαν το δείγμα χώματος X3.

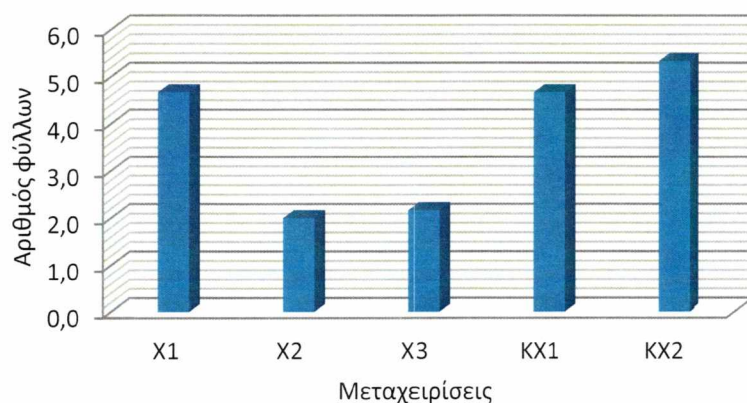


**Εικόνα 2:** Δ)φυτοδοχεία που περιείχαν το δείγμα κομπόστας KX1. Ε)φυτοδοχεία που περιείχαν το δείγμα κομπόστας KX2.

Από το Διάγραμμα 1 φαίνεται ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων στα ΚΧ1, ΚΧ2 είναι μεγαλύτερη από τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων στα Χ1, Χ2, Χ3. Συγκεκριμένα, στα δύο φυτοδοχεία που περιείχαν το Χ1 φύτεψαν 2 και 3 σπόροι αντίστοιχα, σε αυτά που περιείχαν το Χ2 φύτεψαν 2 σπόροι μόνο στο ένα φυτοδοχείο και σε αυτά που περιείχαν το Χ3 φύτεψαν από 1 σπόρος στο κάθε φυτοδοχείο, ενώ στα φυτοδοχεία που περιείχαν την κομπόστα ΚΧ1 και ΚΧ2 φύτεψαν 3 και 2 σπόροι, και 3 και 3 σπόροι αντίστοιχα.

**Πίνακας IV.** Αριθμός φύλλων που αναπτύχθηκαν σε κάθε φυτό

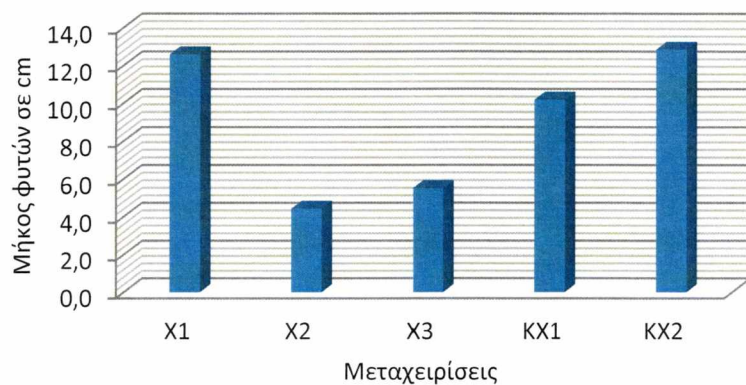
Μεταχειρίσεις	Αρ. φύλλων			
	φυτό 1	φυτό 2	φυτό 3	
Χ1	A	6	5	-
	B	5	7	5
Χ2	A	6	6	-
	B	-	-	-
Χ3	A	5	-	-
	B	8	-	-
ΚΧ1	A	7	3	5
	B	8	5	-
ΚΧ2	A	7	2	3
	B	7	7	6



**Διάγραμμα 2.** Ο αριθμός φύλλων (μ.ο.) για κάθε μεταχείριση.

**Πίνακας V.** Το μήκος του υπέργειου τμήματος για κάθε φυτό

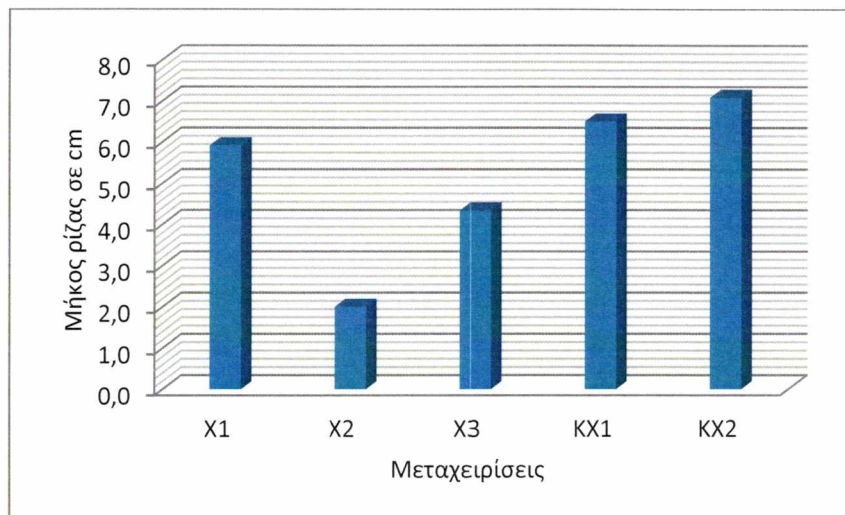
Μεταχειρίσεις	μήκος στελέχους (cm)			
	φυτό 1	φυτό 2	φυτό 3	
X1	A	17	9	-
	B	15	14,5	20
X2	A	12,5	14	-
	B	-	-	-
X3	A	16	-	-
	B	17	-	-
KX1	A	15	9	6
	B	15	16	-
KX2	A	11,5	10	22
	B	11	9,5	13



**Διάγραμμα 3.** Το μήκος των υπέργειων τμημάτων των φυτών (μ.ο.) για κάθε δείγμα.

**Πίνακας VI.** Το μήκος της ρίζας (μ.ο.) για κάθε φυτό.

	μήκος ρίζας (cm)			
	φυτό 1	φυτό 2	φυτό 3	
X1	A	7	4,5	-
	B	4	6	14
X2	A	5	7	-
	B	-	-	-
X3	A	8	-	-
	B	18	-	-
KX1	A	12	14	2
	B	6	5	-
KX2	A	6	10	8
	B	3,5	4	11



**Διάγραμμα 4.** Το μήκος της ρίζας των φυτών (μ.ο.) για κάθε δείγμα.

## 4.Συμπεράσματα

Από την τοποθέτηση των καθημερινών τροφικών υπολειμμάτων (όπως οι φλούδες από φρούτα πατάτες κολοκυθάκια, υπολείμματα από καρότα μαρούλια διάφορα χόρτα, λάχανο, πράσο, φασολάκια, αρακά, τσόφλια αυγών κα)σε τάφρο στον κήπο κάθε σπιτιού ,την επικάλυψη με χώμα, την διαβροχή και την αναμόχλευση του σωρού προκύπτει ένα είδος κομπόστας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση της γονιμότητας και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους.

Η κομποστοποίηση των τροφικών υπολειμμάτων με την χρήση του συγκεκριμένου εδάφους μείωσε την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την περιεκτικότητα του Cu, Fe και Mg , ενώ αύξησε την περιεκτικότητα του P, K, Na, Ca, Zn , Mn και της οργανικής ουσίας του συγκεκριμένου εδάφους. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η

οργανική ουσία του εδάφους και του κομποστοποιημένου χώματος παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά. Η εφαρμογή της κομπόστας σε πορτοκαλιές αύξησε την περιεκτικότητα του P, K, Na, Mg, Fe, Mn και Cu ενώ μείωσε την περιεκτικότητα του Ca και Zn στους φυτικούς ιστούς των πορτοκαλιών σε σύγκριση με τους φυτικούς ιστούς των πορτοκαλιών όπου δεν τοποθετήθηκε κομπόστα.

Η προσθήκη της κομπόστας στην καλλιέργεια του ρεπανιού, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της φυρτωτικής ικανότητας των σπόρων ρεπανιού, τον αριθμό των φύλλων και το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αρβανιτογιάννης Σ. Ιωάννης (2001).** Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- Manios T. (2004).** The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete. *Environment International* 29: 1079-1089
- U.S. Environmental Protection Agency. (1994).** Solid Waste and Emergency Response. Composting of yard Trimmings and Municipal solid Waste. 2: 16-20
- Richard, T.L. (1992).** Municipal solid waste composting. Physical and biological processing. *Biomass & Bioenergy*. 3: 163-180
- Chen L., de Haro Marti M., Moore A., Falen C. (2011).** The Composting Process. Dairy Compost Production and Use in Idaho. pp: 1-6. University of Idaho.
- de Bertoldi M., Vallini G., Pera A. (1984).** Technological Aspects of Composting including Modelling and Microbiology. Composting of Agricultural and other Wastes. J.K.R. Gasser. pp: 27-38
- Ryckeboer J., Mergaert J., Coosemans J., Deprins K., Swings J.. (2003).** Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology*. 94: 127-137
- Chazirakis P., Giannis A., Gidarakis E., Wang J-Y., Stegmann R. (2011).** Application of Sludge, Organic Solid Wastes and Yard Trimmings in Aerobic Compost Piles. *Global NEST Journal*, Vol 13, No 4, pp: 405-411

**Sundberg C., Smars S., Jonsson H. (2004).** Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*. 95: 145-150

**Φλεμετάκη Μ., Δοκιανάκης Σ., Μανιός Θ., Καλογεράκης Ν., Νικολαΐδης Ν., Κοπάσης Α., Φουντουλάκης Μ., Μυλωνάκη Θ., Κονταξάκης Μ., Πατεράκης Κ.** Βελτιστοποίηση Ανάκτησης & Κομποστοποίησης του Οργανικού Κλάσματος των Στερεών Αστικών Αποβλήτων & Αποτελεσματική Αξιοποίηση του Κομπόστ σε Αγροτικές και Περιβαλλοντικές Εφαρμογές. 3<sup>ο</sup> διεθνές συνέδριο, Αθήνα, 30-31/10/2009. Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Στοχεύοντας σε μία κοινωνία μηδενικών αποβλήτων

**Cooperband L. (2002).** The Art and Science of Composting. A resource for farmers and compost producers. University of Wisconsin-Madison

**Adhikari B.K., Tremier A., Martinez J., Barrington S. (2012).** Home composting of organic waste – Part 1: Effect of home composter design. *International Journal of Environmental Technology and Management*. 15: 417-437

**Adhikari B.K., Tremier A., Martinez J., Barrington S. (2012).** Home composting of organic waste – Part 2: Effect of management practices. *International Journal of Environmental Technology and Management*. 15: 438-464

**Manios T., Maniadakis K., Frantzeskaki N., Stentiford E.I., Manios V., Kritsotakis I., Dialynas G. (2003).** Suwage sludge composting on the island of Crete. *BioCycle*. 44: 53-55

**Monnet F. (2003).** An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes. Remade Scotland. pp: 5-9

**Epstein E. (1997).** The Science of Composting. CRC Press 1 edition. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, PA. USA. pp: 19-54

**Themelis N.J. (2005).** Control of heat generation during composting. *BioCycle*. 46: 28-30

**Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., Kyriacou A. (2006).** Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management*. 80: 58-65

**Aggelides S.M., Londra P.A. (2000).** Effects from compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*. 71: 253-259

**Sanchez-Monedero M.A., Roig A. (2001).** Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*. 78: 301-308

**Roger T. Haug. (1993).** The Practical Handbook of Compost Engineering. CRC Press. Lewis Publishers. Chapter 2: Composting Systems. pp: 21-40

**Giannis A., Chen M., Stegmann R., Wang J-Y. (2012).** Effect of sodium acetate as pH amendment on the co-composting of food and horticultural waste.



## Πηγές από Διαδίκτυο

**Composting Council of Canada.** Composting Processing Technologies.

[http://www.compost.org/pdf/compost\\_proc\\_tech\\_eng.pdf](http://www.compost.org/pdf/compost_proc_tech_eng.pdf)

**L. Bass, T.E. Bildrerback, M.A. Powell.** A Guide to Managing Organic Yard Wastes. <http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/pdf/ag-467.pdf>

**Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης.** <http://ecorec.gr>

**Κ. Λαζαρίδη, Π. Κουλουμπής, Σ. Σκουλάξινου, Δ. Κανακόπουλος, Γ. Λώλος.** (2002). Προδιαγραφές Ποιότητας και Διάθεση Κομπόστ: Η Ελληνική και Διεθνής Εμπειρία <http://www.agrostrat.gr/?q=el/node/404>

**Σύνδεσμος Επιχειρήσεων Κομποστοποίησης** <http://sek-hellas.gr/>

**Ministry of Agriculture and Food.** (1996). *Composting Factsheet.* The Composting Process. <http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/300Series/382500-2.pdf>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000123190