

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

«Διερεύνηση της δυνατότητας αποκατάστασης ΧΥΤΑ με χρήση αυτοπαραγόμενου κομπόστ αστικών απορριμμάτων και μελέτη της επίδρασής του σε ποώδη φυτά και χλοοτάπητες»

ΝΥΔΡΙΩΤΗ ΕΥΘΥΜΙΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2010

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

«Διερεύνηση της δυνατότητας αποκατάστασης ΧΥΤΑ με χρήση αυτοπαραγόμενου κομπόστ αστικών απορριμμάτων και μελέτη της επίδρασής του σε ποώδη φυτά και χλοοτάπητες»

ΝΥΔΡΙΩΤΗ ΕΥΘΥΜΙΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπων Καθηγητής: Νεκτάριος Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μέλη: Παπαφωτίου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Σκούλλος Μιχαήλ, Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α.

ΑΘΗΝΑ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος της Επιστήμης της Φυτικής Παραγωγής.

Κατ' αρχήν θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Νεκτάριο Παναγιώτη, τόσο για την ανάθεση της παρούσας μελέτης, όσο και για την κριτική επίβλεψη και τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά τη διεξαγωγή του πειράματος και τη συγγραφή.

Επίσης, Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη διευθύντρια του Εργαστηρίου Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Παπαφωτίου Μαρία για την επίβλεψη και την πολύτιμη συνεισφορά της κατά την εκπόνησης της μελέτης τόσο στο πειραματικό όσο και στο συγγραφικό της μέρος.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθυντή του Εργαστηρίου Χημείας Περιβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α. Καθηγητή κ. Μιχαήλ Ι. Σκούλλο για τη συμμετοχή του στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή και την προσεκτική ανάγνωση της μεταπτυχιακής μου μελέτης.

Ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω τη συνάδελφο Γιαννοπούλου Μαριλένα για την άψογη συνεργασία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος και τον συνάδελφο και φίλο Λαμπρόπουλο Παναγιώτη για την πολύτιμη βοήθειά του όπου αυτή χρειάστηκε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1

1. ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

4

1.1. Σύνθεση και παραγόμενες ποσότητες Αστικών Απορριμμάτων

4

1.2. Διαχείριση Στερεών Αστικών Απορριμμάτων

11

1.3. Νομοθετικό Πλαίσιο σχετικά με τη Διαχείριση των Αστικών Απορριμμάτων

14

2. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

19

2.1. Ιστορική αναδρομή

19

2.2. Ορισμός και στόχοι κομποστοποίησης αστικών απορριμμάτων

21

2.3. Αστικά απορρίμματα που μπορούν να κομποστοποιηθούν

23

2.4. Στάδια και μέθοδοι κομποστοποίησης

25

2.5. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης των αστικών στερεών απορριμμάτων

30

2.6. Βαρέα μέταλλα στα κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα

36

2.7. Προδιαγραφές ποιότητας κόμποστ αστικών απορριμμάτων

39

2.8. Επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και τη μικροβιακή δραστηριότητα

42

2.9. Επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στην ανάπτυξη και τη φυτοπροστασία των φυτών

45

3. ΣΚΟΠΟΣ

50

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

51

4.1. Συνοπτική περιγραφή του πειράματος

51

4.2. Χαρακτηριστικά κομπόστ

53

4.3. Μελέτη ανάπτυξης χλοοταπίτων

56

4.3.1. Κατασκευή λυσιμέτρων

56

4.3.2. Κατασκευή υποστρωμάτων και Πλήρωση των λυσιμέτρων	59
4.3.3. Άρδευση, λίπανση και φυτοπροστασία	62
4.3.4. Φυτικό υλικό	64
4.3.5. Μετρήσεις	64
4.4. Ανάπτυξη θαμνωδών φυτών	66
4.4.1. Εδαφικά μείγματα	66
4.4.2. Φυτικό υλικό, λίπανση και φυτοπροστασία	67
4.4.3. Μετρήσεις	67
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	69
5.1. Μελέτη χλοοτάπητα (<i>Cynodon dactylon</i>)	69
5.1.1. Ανάπτυξη χλοοτάπητα	69
5.1.1.1. Μελέτη χωρίς λίπανση	69
5.1.1.2. Μελέτη με λίπανση	70
5.1.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος	72
5.1.3. Οπτική ποιότητα χλοοτάπητα	73
5.2. Μελέτη Θαμνωδών Φυτών	77
5.2.1. Σενεράρια (<i>Senecio maritima</i> L.)	77
5.2.1.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος	77
5.2.1.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος	85
5.2.1.3. Επίδραση του ΚΑΑ στην άνθιση της Σενεράριας	89
5.2.2. Δεντρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	93
5.2.2.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος	93
5.2.2.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος	101
5.2.3. Λιγούστρο (<i>Ligustrum japonicum</i>)	106
5.2.3.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος	106
5.2.3.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος	113
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	117
6.1. Χρήση του κομπόστ αστικών απορριμμάτων στην αποκατάσταση των ΧΥΤΑ	117
6.2. Επίδραση N και P στην ανάπτυξη των φυτών	118
6.3. Ανάπτυξη χλοοτάπητα	119

6.4.	Ανάπτυξη θαμνωδών φυτών	121
6.4.1.	Ανάπτυξη Σενεράριας	121
6.4.2.	Ανάπτυξη Δεντρολίβανου	125
6.4.3.	Ανάπτυξη Λιγούστρου	127
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	130
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	132
8.1.	Διαγράμματα	132
8.2.	Πίνακες	133
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξάντληση των παραδοσιακών εδαφοβελτιωτικών όπως η τύρφη, καθώς και η σύγχρονη αντιμετώπιση της κηποτεχνίας και της αρχιτεκτονικής τοπίου ως τομείς αποκατάστασης και προστασίας του περιβάλλοντος οδηγούν στην εξεύρεση εναλλακτικών υλικών με εδαφοβελτιωτικές ιδιότητες για την προώθηση της ανάπτυξης των φυτών. Η χρήση των διαφόρων προϊόντων κομποστοποίησης στην κηποτεχνία δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης άχρηστων υλικών ως εδαφοβελτιωτικά με πολλαπλά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) σε ποώδη φυτά και χλοοτάπητα, με στόχο την αξιοποίηση του αυτοπαραγόμενου κομπόστ στην αποκατάσταση ΧΥΤΑ. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πειραματική μελέτη η οποία αφορούσε δύο υπομελέτες εκ των οποίων η μία διερεύνησε την επίδραση της ΚΑΑ στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα *Cynadon dactylon* 'Princess 77', ενώ η δεύτερη την επίδρασή της στην ανάπτυξη των φυτών *Senecio maritima*, *Rosmarinus officinalis* και *Ligustrum japonicum*. Για την πρώτη υπομελέτη χρησιμοποιήθηκαν 24 κυλινδρικά λυσίμετρα αγρού στα οποία τοποθετήθηκαν η αποστραγγιστική διάταξη και τα κατάλληλα υποστρώματα που αποτελούνταν από ΚΑΑ και αμμοπηλώδες έδαφος στις εξής αναλογίες: α) Έδαφος 100% (E_1) το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, β) $E_7:ΚΑΑ_1$ σε αναλογία 85,5:12,5% γ) $E_3:ΚΑΑ_1$ σε αναλογία 75:25% και δ) $E_1:ΚΑΑ_1$ σε αναλογία 50:50%. Τα λυσίμετρα σπάρθηκαν με *C. Dactylon* και η ανάπτυξη του χλοοτάπητα προσδιορίστηκε από το ξηρό βάρος των υπολειμμάτων κοπής και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος. Για τη δεύτερη υπομελέτη χρησιμοποιήθηκαν 80 γλάστρες χωρητικότητας 1300 mL για κάθε είδος στις οποίες τοποθετήθηκαν τα τρία διαφορετικά μείγματα ΚΑΑ με τύρφη (Τ) και περλίτη (Π) και το υπόστρωμα του μάρτυρα που αποτελείτο από 50%Τ και 50%Π (κ.ο.). Τα μείγματα αποτελούνταν από 12,5%ΚΑΑ-37,5%Τ-50%Π, 25%ΚΑΑ-25%Τ-50%Π και 37,5%ΚΑΑ-12,5%Τ-50%Π (κ.ο.). Για κάθε υπόστρωμα φυτεύτηκαν 20 φυτά από το κάθε είδος από τα οποία τα μισά λιπαίνονταν κάθε εβδομάδα με υδροδιαλυτό λίπασμα 20N-20P-20K. Για τον προσδιορισμό της ανάπτυξης των θαμνωδών φυτών μετρήθηκε η διαφορά του

τελικού από το αρχικό ύψος, το πάχος του λαιμού, το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος και ο αριθμός και το μήκος των πλαγίων βλαστών. Επιπλέον στο *S. maritima* μετρήθηκε ο αριθμός των ταξιανθιών και ο αριθμός των ανθοκεφαλών ανά ταξιανθία. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εντελώς τυχαιοποιημένο και η σύγκριση των μέσων έγινε με τη μέθοδο LSD σε $P=0.05$.

Το κομπόστ σε ότι αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του και τη συμβολή του στη θρέψη των φυτών, κρίθηκε κατάλληλο για χρήση στην αποκατάσταση ΧΥΤΑ. Σε ότι αφορά το χλοοτάπητα παρουσίασε ικανοποιητική ανάπτυξη και οπτική ποιότητα στο υπόστρωμα $E_3:KAA_1$ που περιείχε 25% ΚΑΑ. Το κομπόστ από αστικά απορρίμματα υποκατέστησε τη λίπανση στην ανάπτυξη και την άνθηση του *S. maritima* όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25%. Με ταυτόχρονη εφαρμογή λίπανση το ΚΑΑ μπόρεσε να αντικαταστήσει μέχρι και το 50% της τύρφης χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών του *R. Officinalis* και μέχρι το 25-50% της τύρφης χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών του *L. Japonicum*. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το ΚΑΑ ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών.

ABSTRACT

The depletion of traditional soil improvers such as peat and the modern treatment of gardening and landscape architecture in the fields of rehabilitation and environmental, lead in finding alternative materials with soil improvement properties to promote plant growth. The use of composted municipal wastes in gardening gives the opportunity of using waste materials as soil improvers with multiple environmental and economic benefits.

In this study the possibility of landfill restoration using composted municipal waste (CMW) and the effect of compost on herbaceous plants and turfgrass were investigated. For this purpose, an experimental study with two substudies was carried out. In the first substudy the effect of CMW in the development of turfgrass *Cynodon dactylon* 'Princess 77' was investigated and in the second substudy the effect of CMW on the growth of *Senecio maritima*, *Rosmarinus officinalis* and *Ligustrum japonicum* was evaluated. For the first substudy, 24 outdoor lysimeters were used which were filled with the drainage system and the appropriate substrates. The substrates consisted of CMW and sandy loam soil in the following proportions: a) Soil 100% (S1) which was used as the control substrate, b) S₇:CMW₁ in proportion 85,5:12,5% c) S₃: CMW₁ in proportion 75:25% d) S₁: CMW₁ in proportion 50:50%. The lysimeters were seeded with *Cynodon dactylon* and the growth of grass was determined by the dry weight of the clipping yield and the dry weight of the root system. For the second substudy, 80 pots of 1300 ml capacity were used for each species. The pots were filled (at 20 for each species) with three different mixtures of CMW with peat (P) and perlite (PER) and the control substrate consisted of 50%T and 50%P (v/v). The mixtures were 12.5% CMW-37.5% P-50% PER, 25% CMW-25% P-50% PER and 37.5% CMW-12.5% P-50% PER (v/v). 20 plants for each species were used for each substrate half of which were fertilized weekly with water-soluble fertilizer 20N-20P-20K. Plant growth was evaluated by the difference in the final from the initial plant height, the number and length of lateral shoots, the thickness of the main stem at the ground level, the dry weight of above-ground part of plants and the dry weight of plants root system. To study the effect of compost on

flowering of *S. maritima*, the number of inflorescences and the number of floral heads per inflorescence were measured. To carry out the study, the completely randomized design was used and means were compared using LSD at $P = 0.05$.

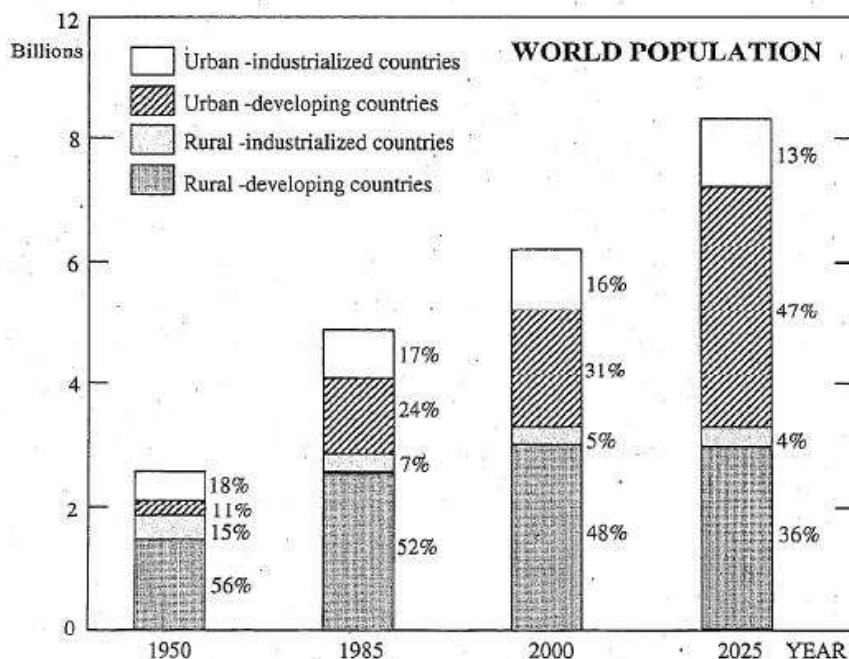
The compost, in terms of physicochemical characteristics and its contribution to the nutrition of plants, was suitable for use in the restoration of landfills. Turfgrass growth and visual quality was promoted mostly in substrate $S_3:CMW_1$ which contained 25% CMW. As for the growth and the flowering of *S. maritima*, the composted municipal waste substituted fertilization when added to the substrate at a rate of 25%. Under fertilization, the CMW was able to replace up to 50% of peat without any problems in the development of plants of *R. officinalis* and up to 25-50% of peat without problems in plant growth of *L. japonicum*. Compost enhanced the development of non fertilized plants.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Η αειφόρος ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να υπονομεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες»

Miller T., 1999

Την τελευταία εικοσαετία έχει γίνει αντιληπτό ότι η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων αποτελεί ένα από τα πιο άμεσα και σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν τόσο τα ανεπτυγμένα όσο και τα υπό ανάπτυξη κράτη (Schertenleib and Bartone, 1990). Το ζήτημα αυτό απαιτεί μεγάλη προσοχή και υπευθυνότητα, καθώς η κακή διαχείριση οδηγεί σε άμεση υποβάθμιση του περιβάλλοντος που σχετίζεται με ρύπανση των εδαφών, του υδροφόρου ορίζοντα και της ατμόσφαιρας, σε διατάραξη των αστικών και περιαστικών οικοσυστημάτων και εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Οι συνεχώς αυξανόμενες ποσότητες αστικών απορριμμάτων οφείλονται κατά κύριο λόγο στην αύξηση του πληθυσμού που εγκαταλείπει τις αγροτικές περιοχές και μετακινείται στα αστικά κέντρα προκειμένου να εξασφαλίσει εργασία και ένα καλύτερο βιοωτικό επίπεδο. Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί φαίνεται τόσο η αριθμητική αύξηση του πληθυσμού της γης όσο και η αύξηση του ποσοστού του αστικού πληθυσμού. Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζεται επίσης η πρόβλεψη για το έτος 2025 σύμφωνα με την οποία το 36% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε γεωργικά αναπτυσσόμενες χώρες, το 4% σε γεωργικο-βιομηχανικές χώρες, το 47% σε αστικά αναπτυσσόμενες χώρες και το 13% σε αστικές χώρες με βιομηχανική ανάπτυξη.



Διάγραμμα 1. Παγκόσμιος πληθυσμός αστικών και μη αστικών περιοχών. Οι λευκές περιοχές αφορούν τις αστικές χώρες με βιομηχανική ανάπτυξη, οι περιοχές με διαγώνια διαγράμμιση τις αστικά αναπτυσσόμενες χώρες, οι περιοχές με τις κουκίδες τις γεωργικο-βιομηχανικές χώρες και γκριζές περιοχές τις αγροτικά αναπτυσσόμενες χώρες. Πηγή: Schertenleib and Meyer, 1992.

Η εξεύρεση αποδεκτής στρατηγικής για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων θεωρείται ιδιαίτερα δύσκολο έργο εξαιτίας της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης γύρω από περιβαλλοντικά θέματα τόσο των πολιτών όσο και των κυβερνήσεων των περισσότερων κρατών. Η σύγχρονη τάση για αειφόρο ανάπτυξη με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη τεχνολογιών ελέγχου της ρύπανσης και στη θέσπιση πιο αυστηρής νομοθεσίας σχετικά με τη διαχείριση και τη διάθεση των απορριμμάτων. Ιδιαίτερα η Ευρωπαϊκή νομοθεσία (Οδηγία Πλαίσιο 2008/98/EK) συνιστά την ανάπτυξη ολοκληρωμένων τοπικών σχεδιασμών διαχείρισης που δίνουν προτεραιότητα στην πρόληψη της παραγωγής απορριμμάτων και στην ανάκτηση των υλικών, ενώ επιτρέπει την απόθεση σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής μόνο υλικών που δε μπορούν να ανακτηθούν (Fiorucci et al., 2003).

Ταυτόχρονα με το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων η

κηποτεχνία και η αρχιτεκτονική τοπίου αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της εξάντλησης των παραδοσιακών εδαφοβελτιωτικών όπως η τύρφη καθώς τα τυρφώδη οικοσυστήματα έχουν υποστεί σημαντική υποβάθμιση η οποία σε αρκετές περιπτώσεις θεωρείται ως ολική καταστροφή. Τα υποστρώματα ανάπτυξης φυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο και περιέχουν τύρφη είναι πλέον πολύ δαπανηρά ενώ ταυτόχρονα αποτελούν υλικά που δε μπορούν να επανχρησιμοποιηθούν από τη φυτωριακή βιομηχανία (Wilson et al., 2001). Έτσι έχει προκύψει η ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών υλικών κατάλληλων για την ανάπτυξη φυτών τα οποία θα έχουν και μικρό κόστος. Επιπλέον η έρευνα τέτοιων υλικών κατευθύνεται προς την αξιοποίηση οργανικών μέσων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά η χρήση των οποίων ενδεχομένως να μειώσει τη συχνότητα λίπανσης και άρδευσης (Wilson et al., 2001).

Η αξιολόγηση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων ως εδαφοβελτιωτικών στην ανάπτυξη των καλλωπιστικών φυτών μπορεί να εξυπηρετήσει τις σύγχρονες ανάγκες της κηποτεχνίας και της αρχιτεκτονικής τοπίου, συνδράμοντας ταυτόχρονα στη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων. Μέσω της κομποστοποίησης αρκετά θρεπτικά συστατικά που εμπεριέχονται στα αστικά απορρίματα και διαφορετικά θα κατέληγαν στους Χ.Υ.Τ.Α. επιστρέφουν στη φύση (Renkow and Rubin, 1998). Επιπλέον το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κομποστοποίηση των αστικών απορριμμάτων είναι αποτέλεσμα της επιθυμίας για ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων που αποθέτονται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής η οποία σχετίζεται τόσο με την επίτευξη των στόχων που ορίζει κάθε νομοθεσία για τη μείωση των απορριμμάτων όσο και με την παράταση της ζωής των Χ.Υ.Τ.Α. (Dunning et al., 1993). Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση τα πρότυπα ποιότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα απορρίματα που μπορούν να κομποστοποιηθούν δεν θεωρούνται απόβλητα.

1. ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

1.1. Σύνθεση και παραγόμενες ποσότητες Αστικών Απορριμμάτων

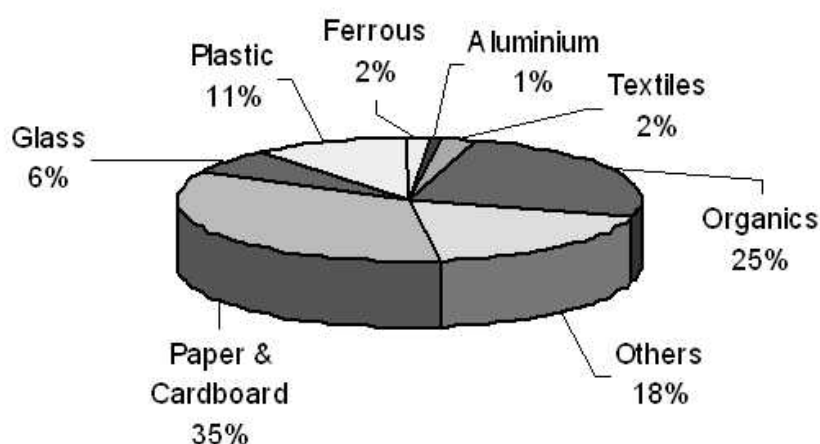
Τα αστικά απορρίμματα δημιουργούνται από τα νοικοκυριά, τις εμπορικές δραστηριότητες και άλλες πηγές των οποίων οι δραστηριότητες είναι παρόμοιες με εκείνες των νοικοκυριών και των εμπορικών επιχειρήσεων και δεν περιλαμβάνουν άλλα απορρίμματα που προκύπτουν, π.χ. από εξορυκτικές, βιομηχανικές ή κατασκευαστικές δραστηριότητες. Γενικά στα αστικά απορρίμματα περιλαμβάνονται (Δ2):

- Κατάλοιπα κάθε φύσης, όπως οικιακά απορρίμματα, φύλλα, προϊόντα σάρωσης, χαρτί
- Απορρίμματα από εμπορικές εγκαταστάσεις και βιοτεχνίες, κτίρια γραφείων που τοποθετούνται επίσης σε σακούλες ή κάδους όπως τα οικιακά
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύες, προϊόντα από καθαρισμούς δρόμων και δημοσίων χώρων, που συγκεντρώνονται σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους
- Κατάλοιπα από χώρους εκθέσεων, αγορές, εορτές, κ.ά., που συγκεντρώνονται επίσης σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους
- Απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία (πλην των μολυσματικών) που συγκεντρώνονται σε ειδικούς χώρους
- Ογκώδη αντικείμενα.

Δεν περιλαμβάνονται στα αστικά απορρίμματα (Δ2):

- Αδρανή και κατάλοιπα δημοσίων έργων
- Βιομηχανικές στάχτες
- Σκουριές
- Μολυσματικά νοσοκομείων
- Υπολείμματα σφαγείων
- Πολύ ογκώδη αντικείμενα που απαιτούν ειδικό τρόπο μεταφοράς.

Τα αστικά απορρίμματα αντιπροσωπεύουν περίπου το 14% του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων (Δ1) και ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, την κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και ανάλογα με τις εποχές του έτους αφού για παράδειγμα τους θερινούς μήνες υπάρχουν στα αστικά απορρίμματα μεγαλύτερες ποσότητες υπολειμμάτων από φρούτα και λαχανικά ενώ το χειμώνα υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα στάχτης (Δ2). Παρόλα αυτά τα αστικά απορρίμματα αποτελούνται κυρίως από υλικά όπως χαρτί, χαρτόνι, μέταλλα, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, βιολογικά προϊόντα (τρόφιμα και απορρίμματα κήπων) και ξύλο (Δ1). Στο Διάγραμμα 2 απεικονίζεται η τυπική σύνθεση των αστικών απορριμμάτων, όπως αυτή έχει καταγραφεί στις Ευρωπαϊκές χώρες. Όπως φαίνεται, το μεγαλύτερο τμήμα είναι το χαρτί και χαρτόνι στο 35% των απορριμμάτων και ακολουθεί η οργανική ύλη στο 25%.



Διάγραμμα 2. Τυπική σύνθεση αστικών απορριμμάτων των Ευρωπαϊκών χωρών.
 Πηγή: European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production (Δ1)

Εκτός από την ποιοτική σύσταση των αστικών απορριμμάτων βασικό ρόλο στη διαχείρισή τους έχουν και οι παραγόμενες ποσότητες. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι συνολικές ποσότητες των αστικών απορριμμάτων που παρήγαγαν 27 Ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2003 (Δ1).

Πίνακας 1. Παραγόμενες ποσότητες αστικών απορριμμάτων στις Ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2003. Πηγή: Eurostat/OECD Joint Questionnaire 2004 (Δ1)

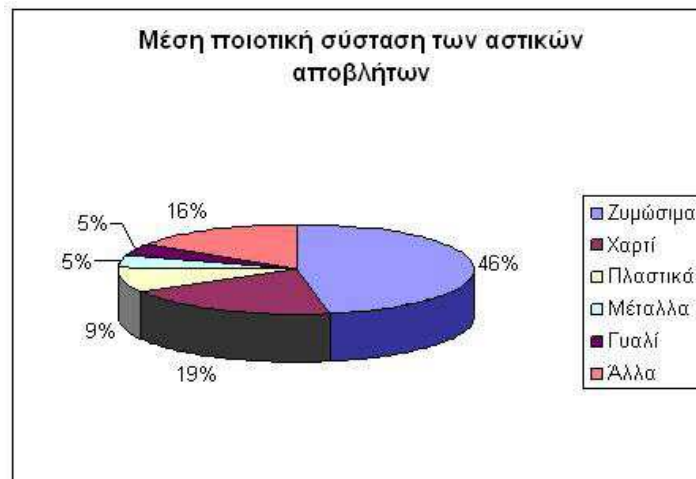
Χώρα	Μονάδα	Ποσότητα
Βέλγιο	1000 τόνοι	4.615
Βουλγαρία	1000 τόνοι	3.916
Γαλλία	1000 τόνοι	33.467
Γερμανία	1000 τόνοι	52.627
Δανία	1000 τόνοι	3.634
Ελλάδα	1000 τόνοι	4.710
Εσθονία	1000 τόνοι	567
Ιρλανδία	1000 τόνοι	2.900
Ισλανδία	1000 τόνοι	300
Ιταλία	1000 τόνοι	30.000
Κύπρος	1000 τόνοι	518
Λετονία	1000 τόνοι	843
Λιθουανία	1000 τόνοι	909
Λουξεμβούργο	1000 τόνοι	295
Μάλτα	1000 τόνοι	218
Μεγάλη Βρετανία	1000 τόνοι	36.186
Νορβηγία	1000 τόνοι	3.170
Ολλανδία	1000 τόνοι	9.697
Ουγγαρία	1000 τόνοι	4.700
Πολωνία	1000 τόνοι	9.925
Πορτογαλία	1000 τόνοι	4.701
Ρουμανία	1000 τόνοι	7.924
Σλοβακία	1000 τόνοι	1.715
Σλοβενία	1000 τόνοι	899
Σουηδία	1000 τόνοι	4.211
Τσεχία	1000 τόνοι	415
Φιλανδία	1000 τόνοι	2.344

Στον επόμενο Πίνακα 2 παρουσιάζεται η παραγωγή αστικών απορριμμάτων στο διεθνή χώρο σε τόνους ανά άτομο για το έτος 2000. Τα δεδομένα αφορούν το νωπό βάρος των απορριμμάτων ενώ για να υπολογιστεί η συνολική παραγωγή αστικών απορριμμάτων θα πρέπει οι τιμές του πίνακα να πολλαπλασιαστούν με τον πληθυσμό στον οποίο αντιστοιχούν τα απορρίμματα. Στις ανεπτυγμένες χώρες οι τιμές αφορούν μόνο τον αστικό πληθυσμό (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Πίνακας 2. Παραγόμενες ποσότητες στερεών αστικών απορριμμάτων στο διεθνή χώρο για το έτος 2000. Πηγή: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006

Περιοχή	Παραγωγή Στερεών Αστικών Απορριμμάτων (τόνοι/κατά κεφαλήν)
ΑΣΙΑ	
Ανατολική Ασία	0,37
Βόρειο-κεντρική Ασία	0,21
Βορειο-ανατολική Ασία	0,27
ΑΦΡΙΚΗ	0,29
ΕΥΡΩΠΗ	
Ανατολική Ευρώπη	0,38
Βόρεια Ευρώπη	0,64
Νότια Ευρώπη	0,52
Δυτική Ευρώπη	0,56
ΑΜΕΡΙΚΗ	
Καραϊβική	0,49
Κεντρική Αμερική	0,21
Νότια Αμερική	0,26
Βόρεια Αμερική	0,65
ΩΚΕΑΝΙΑ	0,69

Στην Ελλάδα με βάση τα στοιχεία του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Στο Διάγραμμα 3 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα όπως υπολογίστηκε το 2003 από τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ2).



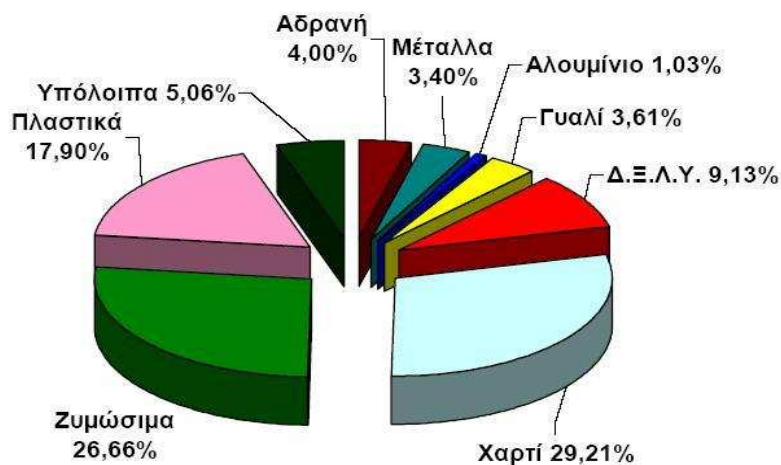
Διάγραμμα 3. Μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα. Πηγή: Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ2)

Από τα στοιχεία του Ε.Σ.Δ.Σ.Α. προκύπτει ότι οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία της δεύτερης έρευνας που διεξάγεται για τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων της Αθήνας και η οποία πραγματοποιείται από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), ενώ έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού και έχει διπλασιαστεί το ποσοστό των πλαστικών (14%). Η περιεκτικότητα των αστικών απορριμμάτων της Αθήνας σε γυαλί, μέταλλα, αδρανή υλικά, δέρμα-ξύλο- λάστιχο και διάφορα άλλα υλικά, εκτιμάται περίπου στα ίδια επίπεδα (Δ2).

Σε ότι αφορά την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αστικών στερεών απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης, σύμφωνα με την τελευταία έρευνα που πραγματοποίησαν ο Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ και ο Σύνδεσμος Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσσαλονίκης και ολοκληρώθηκε το 2000, ο ρυθμός αύξησης των παραγόμενων απορριμμάτων εμφανίζεται σταθερός . Έντονη διαφοροποίηση σε σχέση με παλαιότερες έρευνες παρουσιάζεται στη σύσταση των αστικών απορριμμάτων, όπου έχει αυξηθεί η συμμετοχή των ανακυκλώσιμων υλικών (χαρτί, πλαστικό) ενώ έχει μειωθεί η συμμετοχή των ζυμώσιμων υλικών (Πούλιος και Παπαχρήστου, 2005). Στα επόμενα διαγράμματα φαίνεται η ποσοτική (Διάγραμμα 4) και η ποιοτική (Διάγραμμα 5) σύσταση των αστικών απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης. Για το έτος 2010 προβλέπεται η ποσότητα των στερεών αστικών απορριμμάτων να φτάσει τους 770.000 τόνους.



Διάγραμμα 4. Παραγόμενη ποσότητα αστικών στερεών απορριμμάτων στη Θεσσαλονίκη. Πηγή: Σ.Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσσαλονίκης (Πούλιος και Παπαχρήστου, 2005)



Διάγραμμα 5. Ποιοτική σύσταση αστικών στερεών απορριμμάτων στη Θεσσαλονίκη
 Πηγή: Σ.Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσσαλονίκης (Πούλιος και Παπαχρήστου, 2005)

Εκτός από τα υλικά που προαναφέρονται, στα αστικά απορρίμματα μπορούν να βρεθούν και επικίνδυνες ουσίες και στοιχεία από υλικά που δεν πρέπει να ρίπτονται στους κάδους αποκομιδής των απορριμμάτων αλλά καταλήγουν εκεί εξαιτίας της μειωμένης περιβαλλοντικής συνείδησης ή της έλλειψης ενημέρωσης των πολιτών. Κάποιες από τις κατηγορίες απορριμμάτων που δεν πρέπει αλλά συνήθως ρίπτονται στους κάδους αποκομιδής των σκουπιδιών είναι τα διάφορα χρώματα και βερνίκια που χρησιμοποιούνται στις κατοικίες και αποτελούν ιδιαίτερα εύφλεκτα υλικά, οι κενές συσκευασίες φυτοφαρμάκων ή τα φυτοφάρμακα που έχουν λήξει, τα προϊόντα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης και οι συσκευασίες τους (ληγμένα φάρμακα, υπολείμματα φαρμάκων, σύριγγες, επίδεσμοι). Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένα από τα επικίνδυνα στοιχεία που μπορεί να περιέχονται στα αστικά απορρίμματα και τα προϊόντα που τα περιέχουν (Δ2).

Πίνακας 3. Επικίνδυνα στοιχεία που μπορεί να περιέχονται στα αστικά απορρίμματα και προϊόντα από τα οποία προέρχονται Πηγή: Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ2)

Στοιχείο	Προϊόντα
Υδράργυρος	Μπαταρίες, Ηλεκτρικές συσκευές, Θερμόμετρα, Λαμπτήρες φθορίου, Λυχνίες υδραργύρου
Μόλυβδος	Λαμπτήρες, Γυαλί, Χρώματα, Κράματα
Κάδμιο	Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες
Χρώμιο	Δέρματα
Βρώμιο	Πυρανθεκτικά υλικά

1.2. Διαχείριση Στερεών Αστικών Απορριμμάτων

Η διαχείριση των αστικών στερεών απορριμμάτων είναι ένας τομέας που διαρκώς εξελίσσεται ανάλογα με τις ανάγκες και την τεχνολογική πρόοδο. Στις μέρες μας η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές όπως διαλογή, ανακύκλωση, υγειονομική ταφή, βιολογική ή άλλη επεξεργασία, αποτέφρωση και ανοιχτή καύση (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006). Η επιλογή του κατάλληλου σχεδίου διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων εξαρτάται από την ποιοτική τους σύσταση αλλά και από την ετοιμότητα (βαθμό ανάπτυξης) της αγοράς να απορροφήσει και να αξιοποιήσει τα παραγόμενα προϊόντα (RDF, κομπόστ, ανακυκλώσιμα). Παράμετροι όπως το κόστος της κάθε τεχνικής, η περιβαλλοντική επιβάρυνση ή τα περιβαλλοντικά οφέλη και η τεχνογνωσία που απαιτείται για κάθε μέθοδο διαχείρισης, σαφώς και επηρεάζουν τον τελικό σχεδιασμό της διαχείρισης των στερεών αστικών αποβλήτων.

Γενικά η απόθεση των στερεών αστικών απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής αποτελεί την κύρια επιλογή διαχείρισης αποβλήτων στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης. Ωστόσο ορισμένες χώρες έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην προσέγγιση εναλλακτικών λύσεων όπως είναι η αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας, η κομποστοποίηση και η ανακύκλωση χαρτιού, γυαλιού, μετάλλου, πλαστικού και άλλων υλικών (Δ1).

Σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων,

ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων, περιλαμβάνει την εφαρμογή προγραμμάτων που στόχο έχουν τη βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής, τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων, την διαλογή στην πηγή, την ανακύκλωση των διαχωρισθέντων υλικών, την εφαρμογή συστημάτων μεταφόρτωσης για την αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας του συστήματος, τη χρήση μεθόδων επεξεργασίας με στόχο την ενεργειακή αξιοποίηση ή την επαναχρησιμοποίηση των υλικών και τη διάθεση του τελικού υπολείμματος σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (XYTY) (Δ2). Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά οι βασικότεροι μέθοδοι επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων (Δ2):

1. **Μεταφόρτωση στερεών αποβλήτων:** η μεταφόρτωση των στερεών αποβλήτων, σχετίζεται με την μετακίνηση των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσής τους, προκειμένου στη συνέχεια να μεταφερθούν προς περαιτέρω διαχείριση.
2. **Διαλογή στην πηγή:** Η διαλογή στην πηγή αποτελεί εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων και αποσκοπεί στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγείται προς τελική διάθεση και την παράλληλη αξιοποίηση υλικών. Η διαλογή στη πηγή είναι η μοναδική μέθοδος διαχείρισης που προϋποθέτει τη συμμετοχή των πολιτών και για το λόγο αυτό απαιτεί την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών μέσω της εφαρμογής προγραμμάτων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης.
3. **Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων υλικών:** Είναι οι εγκαταστάσεις όπου τα υλικά που έχουν προκύψει από τη διαλογή στην πηγή διαχωρίζονται, μηχανικά ή χειρονακτικά, σε ομάδες. Μετά την ομαδοποίηση ακολουθεί ποιοτική αναβάθμιση των υλικών και δεματοποίηση.
4. **Μηχανική ανακύκλωση:** αφορά κυρίως τα μεικτά στερεά οικιακά απόβλητα (βιοαποδομήσημα οργανικά, χαρτί, πλαστικό, μείγμα χαρτιού με πλαστικό, σιδηρούχα μέταλλα, αλουμίνιο).

5. **Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας:** περιλαμβάνουν όλες τις διαδικασίες μετατροπής των στερεών αποβλήτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής ενέργειας. Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν την αποτέφρωση, την πυρόλυση και την αεριοποίηση.
6. **Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας:** Αυτές οι μέθοδοι αφορούν μόνο βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα. Σε αυτές τις κατηγορίες αποβλήτων υπάγονται πολλά αγροτικά απόβλητα και υπολείμματα, στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας περιλαμβάνεται η Αερόβια βιολογική επεξεργασία (κομποστοποίηση), η αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια ζύμωση και η βιολογική ξήρανση.
7. **Μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας:** Οι συνδυασμένες μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας (MBE) έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τόσο σύμμεικτων αστικών στερεών αποβλήτων, όσο και επιλεγμένων ρευμάτων για παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών. ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης μπορούν να δώσουν ως τελικό προϊόν RDF, SRF και compost.
8. **Υγειονομική Ταφή:** σε αντίθεση με τις περισσότερες από τις παραπάνω μεθόδους, η υγειονομική ταφή αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Η υγειονομική ταφή προϋποθέτει την εγκατάσταση και λειτουργία χώρων ελεγχόμενης απόθεσης των στερεών αποβλήτων- απορριμμάτων, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα τη διασφάλιση συνθηκών ευστάθειας και διαθέτουν σύστημα αντιπυρικής προστασίας, δίκτυο απορροής όμβριων υδάτων και σύστημα διαχείρισης των στραγγισμάτων, σύστημα μόνωσης και στεγανοποίησης για την αποφυγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων, σύστημα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου και σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης του Χ.Υ.Τ.Α.

1.3. Νομοθετικό Πλαίσιο σχετικά με τη Διαχείριση των Αστικών Απορριμμάτων

Η διαχείριση των απορριμμάτων άρχισε να απασχολεί τις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μόλις από το 1991 και μετά, όταν στα πλαίσια της Κοινοτικής πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε το πρόγραμμα για τη διαχείριση των αποβλήτων προτεραιότητας στα οποία περιλαμβάνονταν απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, απόβλητα από κατασκευές και καταδαφίσεις, οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, συσσωρευτές, ελαστικά, συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασιών, χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, νοσοκομειακά απόβλητα, PCB's (Δ2). Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και προτεραιότητες μέχρι το τέλος του 2010.

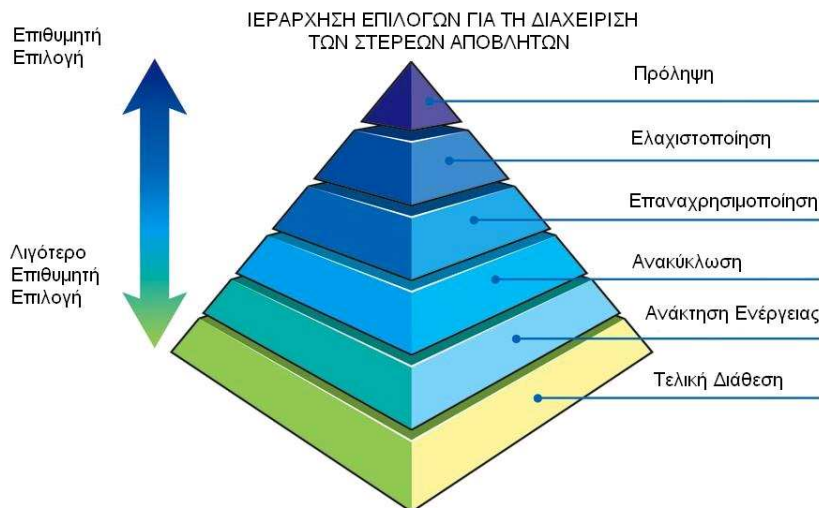
Γενικά η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε ότι αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων στηρίζεται σε τέσσερις βασικές αρχές (Palacio et al., 2002):

1. **Η Αρχή της Πρόληψης:** Η παραγωγή πρέπει να μειωθεί όσο είναι δυνατόν
2. **Η Ευθύνη του παραγωγού και η Αρχή «ο Ρυπαίνων Πληρώνει»**
3. **Η Αρχή της Προφύλαξης:** Θα πρέπει να προβλεφτούν τα πιθανά προβλήματα
4. **Η Αρχή της Εγγύτητας:** Αφορά την επεξεργασία και την τελική διάθεση των απορριμμάτων όσο το δυνατόν κοντύτερα στο χώρο παραγωγής.

Τον Ιούλιο του 1996 η Ευρωπαϊκή Στρατηγική Διαχείρισης των Απορριμμάτων ιεράρχησε τις παραπάνω αρχές με την εξής σειρά προτεραιότητας (Palacio et al., 2002):

1. **Πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων και της επικινδυνότητάς τους:**
Προώθηση των καθαρών τεχνολογιών και προϊόντων, της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης και των οικολογικών συστημάτων ελέγχου. Η αρχή αυτή περιλαμβάνει συμπληρωματικές δράσεις για την ενημέρωση και την εκπαίδευση των καταναλωτών-παραγωγών.
2. **Επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση υλικών (ανακύκλωση) και ανάκτηση ενέργειας.** Άμεση προτεραιότητα δίνεται στην επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση υλικών, λιγότερο επιθυμητή είναι η ανάκτηση ενέργειας, ενώ η τελευταία επιλογή είναι η θερμική καταστροφή των απορριμμάτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη Διαλογή στην Πηγή όπου απαιτείται η συμμετοχή των πολιτών.
3. **Διάθεση:** Η διάθεση των απορριμμάτων πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Στο Διάγραμμα 6 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ιεράρχηση των επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.



Διάγραμμα 6. Οι επιλογές για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων με σειρά προτεραιότητας. Πηγή: Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ2).

Η τελευταία Οδηγία Πλαίσιο 2008/98/ΕΚ που αντικατέστησε την 2006/12/ΕΚ στοχεύει στην αποσαφήνιση εννοιών όπως απόβλητο, διάθεση, αξιοποίηση, στην μείωση παραγωγής απορριμμάτων και στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας και πρέπει να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής ένωσης ως το Δεκέμβριο του 2010. Στην ίδια οδηγία αναφέρεται ο ελάχιστος ποσοτικός στόχος ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων, σύμφωνα με τον οποίο, το 2020 θα πρέπει να ανακυκλώνεται το 50% των οικιακών αποβλήτων με την προϋπόθεση της ξεχωριστής συλλογής τουλάχιστον του χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού και γυαλιού η οποία θα πρέπει να έχει ξεκινήσει μέχρι το 2015 (Δ2). Σχετικά με τη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, η οδηγία προβλέπει την ξεχωριστή διαλογή και την περαιτέρω επεξεργασία τους. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες από τις Κοινοτικές Οδηγίες και Αποφάσεις που αφορούν στη διαχείριση των απορριμμάτων (Δ2):

- Σχετικά με την ταξινόμηση των αποβλήτων: Απόφαση 94/3/ΕΚ., Απόφαση 2000/532/ΕΚ, Οδηγίας 2006/12/ΕΚ.
- Σχετικά με τη διασυνοριακή μεταφορά: Κανονισμός 1013/2006

- Σχετικά με την Υγειονομική Ταφή: Οδηγία 1999/31/EK, Απόφαση 2003/33/EK. Οι Χ.Υ.Τ.Α. ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: επικίνδυνων αποβλήτων, μη επικίνδυνων αποβλήτων και αδρανών αποβλήτων. Επιπλέον η Οδηγία 1999/31/EK θεσπίζει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή και επιβάλλει τη διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής από τα κράτη μέλη, για την προσέγγιση των στόχων αυτών.
- Σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού: Οδηγία 2002/96/EK
- Σχετικά με τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους: Οδηγία 2000/53/EK

Σε ότι αφορά την Ελληνική νομοθεσία, στην ΚΥΑ 29407/3508 «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» που δημοσιεύθηκε το 2002 (Ε.τ.Κ., 2002) ορίζονται ως «αστικά απόβλητα» τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα, που λόγω φύσης ή σύνθεσης είναι παρόμοια με τα οικιακά τα οποία διέπονται από τις διατάξεις της ΚΥΑ 69728/824/1996 και ως «βιοαποδομήσιμα απόβλητα» κάθε απόβλητο που μπορεί να υποστεί αναερόβια ή αερόβια αποσύνθεση, όπως είναι τα απόβλητα τροφών και κηπουρικής, το χαρτί και το χαρτόνι. Επιπλέον στο άρθρο 4 της ίδιας απόφασης περιγράφεται η Εθνική στρατηγική για τη μείωση των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων στους Χ.Υ.Τ.Α.. Με βάση το άρθρο αυτό:

- Μέχρι τη 16^η Ιουλίου 2010 τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν στο 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat.

- Μέχρι τη 16^η Ιουλίου 2013 τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν στο 50% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat.
- Μέχρι τη 16^η Ιουλίου 2013 τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν στο 25% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat.

Τα μέτρα για την επίτευξη των στόχων αυτών αναφέρονται κυρίως στην προώθηση της αξιοποίησης των αποβλήτων και ειδικότερα στην ανακύκλωση, λιπασματοποίηση, παραγωγή βιομεθανίου ή ανάκτηση υλικών/ενέργειας.

Το 2003 δημοσιεύθηκε η ΚΥΑ 50910/2727 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» βασικός σκοπός της οποίας είναι η πλήρης συμμόρφωση με το νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως αυτό ορίζεται στις διατάξεις της οδηγίας 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991 «Τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων» (Ε.τ.Κ., 2003). Το 2006 δημοσιεύτηκε η ΚΥΑ 13588/725/2006 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων» και το 2007 δημοσιεύτηκαν η Υ.Α. 8668/2007 με την οποία εγκρίθηκε ο Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων και ο Ν. 3536/2007 ο οποίος καθορίζει τη νομική μορφή των Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ2).

2. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

2.1. Ιστορική αναδρομή

Η τεχνική της κομποστοποίησης ή πιο αναλυτικά η ελεγχόμενη αποσύνθεση της οργανικής ουσίας σε βαθμό που το παραγόμενο προϊόν να είναι ασφαλές και ωφέλιμο στη βελτίωση της παραγωγικότητας μιας καλλιέργειας, θεωρείται σχεδόν τόσο παλιά όσο και η γεωργία (Stoffella and Kahn, 2000). Η πρώτη γραπτή αναφορά σχετική με την κομποστοποίηση πιστεύεται ότι βρέθηκε σε πήλινες πινακίδες της Ακαδικής Αυτοκρατορίας, που χρονολογούνται το 2700 π.Χ. (Rodale et al., 1960). Πολλούς αιώνες μετά από αυτή την εποχή η κομποστοποίηση παρέμενε μία καθαρά αγροτική τεχνική, αφού οι παραγωγοί που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν κομπόστ έπρεπε να το φτιάξουν μόνοι τους από τα οργανικά υλικά που είχαν στη διάθεσή τους. Επιπλέον τα διαρκή πλεονεκτήματα από τη χρήση του κομπόστ ήταν περισσότερο υποθετικά και δεν αποτελούσαν αποτελέσματα συγκεκριμένων επιστημονικών μελετών αφού η πρώτη επιστημονική μελέτη για την αποδοτικότητα του κομπόστ δημοσιεύτηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα από τους Howard and Wad (1931) με τον τίτλο «The waste products of agriculture». Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν κι άλλες μελέτες που επιβεβαίωναν τα πλεονεκτήματα της χρήσης του κομπόστ, γεγονός που ενθάρρυνε την ανάπτυξη εταιριών και οργανισμών που χρησιμοποιούσαν την τεχνική της κομποστοποίησης με σκοπό την παραγωγή και στη συνέχεια την πώληση του τελικού προϊόντος- κομπόστ.

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα και καθώς αυξανόταν ο ρυθμός της αστικοποίησης, μεγάλωσε και η τάση που ήδη υπήρχε για την κομποστοποίηση, μιας και η συγκέντρωση του πληθυσμού οδηγούσε σε συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων (Stoffella and Kahn, 2000). Οι εταιρίες

κομποστοποίησης κέρδιζαν το εισόδημά τους από την είσπραξη τελών για τη συλλογή των απορριμμάτων και φυσικά από την πώληση του τελικού προϊόντος κομπόστ στους καλλιεργητές. Πολλές εταιρείες δεν ήταν σε θέση να επιτύχουν ή να διατηρήσουν την κερδοφορία τους, εξαιτίας του έντονου ανταγωνισμού που δέχονταν από τους σχετικά ανέξοδους χώρους υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης και σταμάτησαν τη λειτουργία τους (Stoffella and Kahn, 2000). Επιπλέον στο τέλος της δεκαετίας του 1920 η χρήση των διαφόρων προϊόντων κομποστοποίησης σταδιακά μειώθηκε εξαιτίας της ανάπτυξης των συνθετικών λιπασμάτων που προσέφεραν το πλεονέκτημα του ακριβή υπολογισμού της ποσότητας αλλά και της ποιότητας των θρεπτικών στοιχείων (Westover, 1927). Όσες από τις εταιρίες κομποστοποίησης αστικών απορριμμάτων επιβίωσαν, ήρθαν αντιμέτωπες με τη συνεχή πρόκληση για την παραγωγή κομπόστ με σταθερή ποιότητα και ομοιογένεια. Η μεγάλη ποικιλία των υλικών που συνθέτουν τα αστικά απορρίμματα δημιουργεί σημαντική διακύμανση σε βασικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου κομπόστ όπως η φαινόμενη πυκνότητα, το πορώδες, το pH, η περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα και πιθανών η παρουσία φυτοτοξικών ουσιών (Stoffella and Kahn, 2000). Οι εταιρίες ή οι οργανισμοί κομποστοποίησης που δεν έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν και να διαχειριστούν αυτή την ιδιαιτερότητα δε θα μπορέσουν να οδηγηθούν στην παραγωγή ενός σταθερού προϊόντος κατάλληλο για την ανάπτυξη των φυτών.

Το σημερινό ενδιαφέρον για την επιστροφή στη χρήση των προϊόντων κομποστοποίησης έχει συνδεθεί με τη γενικότερη τάση για την αξιοποίηση των στερεών απορριμμάτων από τα επιφανειακά ύδατα και τη γεωργία και την επιθυμία του κοινωνικού συνόλου για φιλική προς το περιβάλλον αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων (Schumann et al., 1993; He et al., 1992). Σύμφωνα με τους Garling and Boehm (2001) η κομποστοποίηση μπορεί να συμβάλει στην αξιοποίηση των στερεών απορριμμάτων και με αυτή τη διαδικασία δημιουργείται μία ανανεώσιμη πηγή από τοπικά διαθέσιμα οργανικά λιπάσματα. Εκτός από την

εφαρμογή κομπόστ από Χ.Υ.Τ.Α. σε αγροτικές καλλιέργειες, οι μελέτες των Alves and Passoni (1997) έδειξαν τη δυνατότητα αξιοποίησης των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων και σε άλλες καλλιέργειες όπως τα ανθοκομικά και καλλωπιστικά φυτά και τα φυτά του αστικού πρασίνου.

2.2. Ορισμός και στόχοι κομποστοποίησης αστικών απορριμμάτων

Ως κομποστοποίηση ορίζεται η βιολογική αποδόμηση και σταθεροποίηση των οργανικών υποστρωμάτων, κάτω από συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ως αποτέλεσμα βιολογικών διεργασιών, προκειμένου να παραχθεί ένα τελικό προϊόν που να είναι σταθερό, στείρο από παθογόνους μικροοργανισμούς και σπόρους ζιζανίων, ικανό να εφαρμοστεί και να ωφελήσει το έδαφος (Haug, 1993). Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς. Προϊόν της κομποστοποίησης είναι το κομπόστ, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο και χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα (ΚΥΑ 114218, 1016/Β/17-11-97).

Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα προϊόντα κομποστοποίησης προέρχονται από αστικά στερεά βιολογικά κατάλοιπα, αστικά απορρίμματα, κοπριές, γεωργικά κατάλοιπα και λάσπη βιομηχανικών αποβλήτων (Haug, 1993). Οι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι οι εξής (Handreck and Black, 2002):

- Ύπαρξη των μικροοργανισμών που θα εμπλακούν στην αποσύνθεση των πρώτων υλών. Συνήθως τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι βακτήρια και μύκητες.

- Επάρκεια οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων για ενέργεια. Κάθε οργανική ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης μπορεί να κομποστοποιηθεί αφού τεμαχιστεί στις κατάλληλες διαστάσεις και ρυθμιστούν τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η αναλογία του άνθρακα προς το άζωτο (C/N).
- Ικανό ποσοστό υγρασίας. Γρήγορος ρυθμός κομποστοποίησης επιτυγχάνεται σε περιβάλλον με 50% υγρασία τουλάχιστον.
- Ύπαρξη ασβεστίου προκειμένου να σταθεροποιηθεί το προϊόν της κομποστοποίησης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των προϊόντων κομποστοποίησης περιλαμβάνουν το βαθμό ωρίμανσης των κομπόστ, τη σταθερότητα της δομής τους, τα επίπεδα του pH, το μέγεθος των συσσωμάτων που αποτελούν το κομπόστ, την περιεχόμενη υγρασία, την αλατότητα και την περιεχόμενη οργανική ουσία (U.S. EPA, 1997).

Σε ότι αφορά τα στερεά αστικά απορρίμματα η κομποστοποίηση είναι μία μέθοδος διαχείρισής τους όπου το οργανικό (ζυμώσιμο) κλάσμα αποδομείται βιολογικά υπό ελεγχόμενες συνθήκες με αποτέλεσμα τη σταδιακή μετατροπή του σε ένα υλικό βιολογικά σταθερό (compost), που μπορεί να χρησιμεύει π.χ. σαν εδαφοβελτιωτικό (Γιδαράκος, 2007). Ο σκοπός της κομποστοποίησης είναι η βιολογική αποσύνθεση της οργανικής ουσίας ώστε να παραχθεί υψηλής ποιότητας τελικό προϊόν (compost) (Guanzon and Jalmer, 2003). Για τη διασφάλιση της ποιότητας του κομπόστ, η κομποστοποίηση πρέπει να στοχεύει στην καταστροφή των παθογόνων και άλλων ανεπιθύμητων οργανισμών και στη διατήρηση των θρεπτικών στοιχείων του οργανικού υλικού σε υψηλά επίπεδα (περιεκτικότητα N, P, K) ώστε το προϊόν που θα προκύψει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους (Γιδαράκος, 2007).

Σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, η κομποστοποίηση είναι αερόβια βιολογική επεξεργασία και βασίζεται στη δράση μικροοργανισμών, οι οποίοι διασπών τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται στο υλικό εισόδου. Το τελικό προϊόν είναι ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό το κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή για άλλες χρήσεις. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα ($\Delta 2$).

2.3. Αστικά απορρίμματα που μπορούν να κομποστοποιηθούν

Τα αστικά απορρίμματα που μπορούν να κομποστοποιηθούν αποτελούν βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα και είναι τα εξής (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006):

1. Υπολείμματα τροφών
2. Υπολείμματα από κήπους και πάρκα
3. Χαρτί και χαρτόνι
4. Ξύλο
5. Ύφασμα
6. Βρεφικές πάνες
7. Ελαστικά και δέρμα
8. Πλαστικό
9. Μέταλλο
10. Γυαλί (κεραμικά και πορσελάνες)

11. Άλλα απορρίμματα όπως στάχτες, σκόνες, χόματα, ηλεκτρονικά απορρίμματα

Τα απορρίμματα που ανήκουν στις κατηγορίες 1-6 έχουν τις μεγαλύτερες ποσότητες αποδομήσιμου οργανικού άνθρακα. Οι στάχτες, οι σκόνες, τα ελαστικά και το δέρμα επίσης περιέχουν σημαντικές ποσότητες μη ορυκτού άνθρακα, ο οποίος όμως αποδομείται δύσκολα. Κάποια υφάσματα, πλαστικά (συμπεριλαμβανομένων και των πλαστικών που περιέχουν οι βρεφικές πάνες), ελαστικά και ηλεκτρονικά απορρίμματα περιέχουν το κυριότερο τμήμα του ορυκτού άνθρακα στα στερεά αστικά απορρίμματα. Το χαρτί (μαζί με το χαρτόνι) και το δέρμα (συνθετικό) μπορούν να περιέχουν μικρές ποσότητες ορυκτού άνθρακα (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006). Έτσι παρόλο που όλα τα παραπάνω υλικά επιδέχονται κομποστοποίησης, δεν είναι όλα κατάλληλα για παραγωγή κομπόστ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ή την κηποτεχνία και την αρχιτεκτονική τοπίου ως εδαφοβελτιωτικό. Τα οργανικά οικιακά απορρίμματα που είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση είναι τα υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, τα τσόφλια από αυγά και καρύδια, τα φύλλα τσαγιού και τα κατακάθια του καφέ (μαζί με το φίλτρο), οι τρίχες, το μαλλί, το βαμβάκι, το δέρμα, οι στάχτες από καύση ξύλων, τα κλαδέματα των κήπων, τα ξερά λουλούδια, οι φλοιοί των δέντρων, τα χαρτιά υγείας και κουζίνας (GTZ, 1998). Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί αναφέρονται τα αστικά απορρίμματα που είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση και εκείνα που είναι ακατάλληλα.

Πίνακας 4. Κατάλληλα και Ακατάλληλα για κομποστοποίηση αστικά απορρίμματα.
Πηγή: GTZ, 1998

Αστικά Απορρίμματα Κατάλληλα για Κομποστοποίηση	Αστικά απορρίμματα Ακατάλληλα για Κομποστοποίηση
Οργανικά απορρίμματα κουζίνας	Ανακυκλώσιμα υλικά
Υπολείμματα από λαχανικά, φρούτα, σαλάτες και ψωμί, τσόφλια αυγών και ξηρών καρπών, κατακάθια από καφέ και φακελάκια αφεψημάτων, χαρτοπετσέτες και χαρτί κουζίνας	Πλαστικό, μέταλλο, πολυεστέρας, συνθετικά υλικά, χρησιμοποιημένο γυαλί, χαρτόκουτα, χαρτί, κουτάκια χυμών και αναψυκτικών, πλαστικοί φάκελοι
Οργανικά απορρίμματα κήπων και πάρκων	Απορρίμματα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
Υπολείμματα κοπής χλοοταπήτων, φύλλα, κλαδιά, φλοιοί, κλαδέματα δέντρων και θάμνων, ρίζες, σπόροι φυτών, λουλούδια, βρύα, ασθενή τμήματα φυτών	Μπαταρίες, χρώματα, λάδια, φαρμακευτικό υλικό, κόλλες, αλκαλικά διαλύματα/οξέα, διαλύτες, φυτοφάρμακα
	Λοιπά αστικά απορρίμματα
	Υπολείμματα κρεάτων και ψαριών, βρεφικές πάνες και είδη ατομικής υγιεινής, φίλτρα τσιγάρων, γυαλιστερό χαρτί

2.4. Στάδια και μέθοδοι κομποστοποίησης

Οι βιολογικές διεργασίες που επιτελούνται κατά την κομποστοποίηση μπορούν να χωριστούν σε δύο φάσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει τη βιοαποδόμηση κατά την οποία λαμβάνουν χώρα οι μικροβιολογικές δραστηριότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδόμηση και την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών και διαρκεί 2-8 εβδομάδες ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται

προς υποστήριξη των βιολογικών διεργασιών (Δ2). Η πρώτη αυτή φάση περιλαμβάνει τρία στάδια:

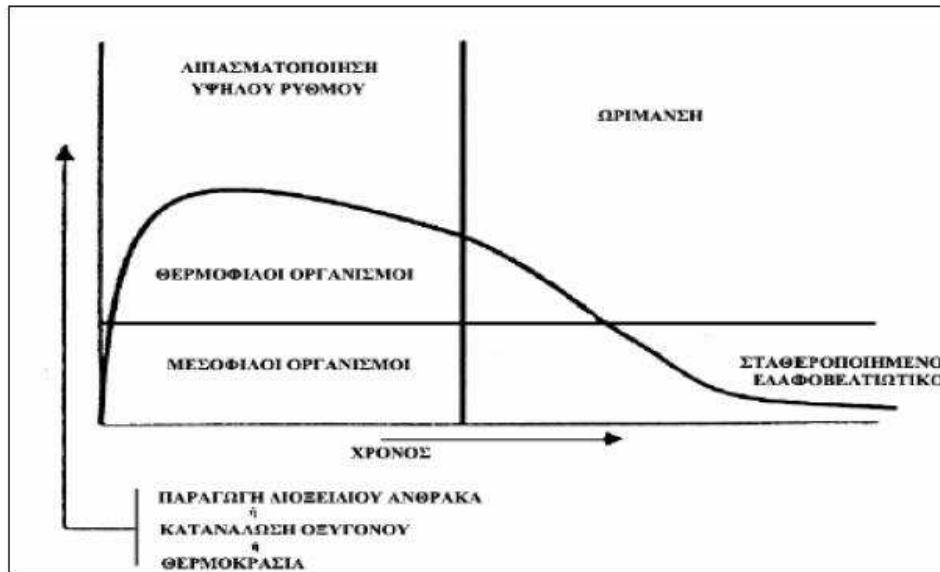
1. Στο πρώτο στάδιο επικρατούν οι μεσόφιλοι οργανισμοί (βακτήρια, μύκητες) που αρχίζουν την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Για την επίτευξη της αποσύνθεσης απαιτείται αρκετός αερισμός, υγρασία και θερμότητα. Σε αυτό το στάδιο σχηματίζονται οργανικά οξέα, με αποτέλεσμα τη μείωση του pH (Γιδαράκος, 2007).
2. Στο δεύτερο στάδιο η δραστηριότητα των μικροοργανισμών είναι τέτοια που η θερμοκρασία φτάνει τους 60-70°C και συνεπώς μόνο τα θερμοφιλά βακτήρια και οι ακτινομύκητες μπορούν να συνεχίσουν την αποδόμηση. Το pH μετατρέπεται σε αλκαλικό και αν στη μάζα που αποδομείται υπάρχει περίσσεια N, μπορεί να ελευθερωθεί NH₃ (Γιδαράκος, 2007).

Η δεύτερη φάση είναι εκείνη της ωρίμανσης του υλικού που έχει προκύψει από την πρώτη φάση. Το υλικό αυτό αφήνεται να ωριμάσει για ικανό χρονικό διάστημα ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν που είναι το ώριμο κομπόστ (Δ2). Και αυτή η φάση μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια:

1. Στο πρώτο στάδιο της δεύτερης φάσης ο ρυθμός αποδόμησης και η θερμοκρασία μειώνονται καθώς έχει καταναλωθεί από τους μικροοργανισμούς μεγάλη ποσότητα του υποστρώματος. Με την πτώση της θερμοκρασίας τα μη θερμοφιλικά βακτήρια και οι μύκητες ξαναγίνονται ενεργά (Γιδαράκος, 2007).
2. Στο δεύτερο στάδιο συμβαίνουν περίπλοκες αντιδράσεις πύκνωσης και πολυμερισμού. Το τελικό προϊόν αποτελείται από ένα σταθεροποιημένο οργανικό υπόλειμμα παρόμοιο με τα χουμικά συστατικά του εδάφους που σχηματίζονται στη φύση με ανάλογη βιολογική διαδικασία (Γιδαράκος,

2007). Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παρατηρείται περαιτέρω σταθεροποίηση του αρχικού κομπόστ (Δ2).

Στο Διάγραμμα 7 που ακολουθεί φαίνονται οι δύο φάσεις και τα στάδια της κομποστοποίησης.

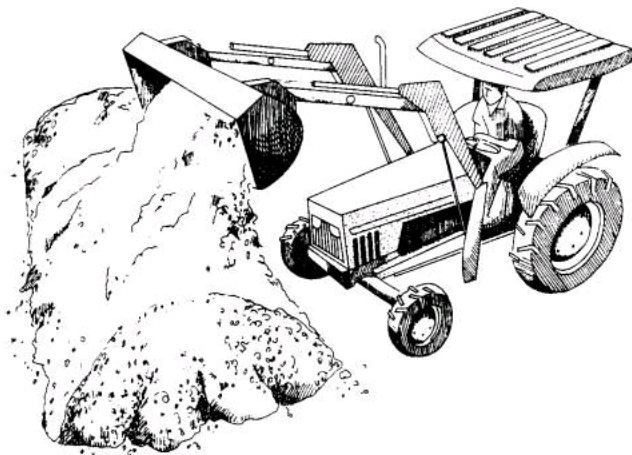


Διάγραμμα 7. Στάδια της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Πηγή: Γιδαράκος, 2007

Οι βασικοί μέθοδοι κομποστοποίησης των αστικών απορριμμάτων είναι τρεις:

1. **Μέθοδος των αναδεδυμένων σωρών.** Είναι η μέθοδος που απαιτεί το λιγότερο εξοπλισμό. Το οργανικό κλάσμα των αστικών στερεών απορριμμάτων τοποθετείται πάνω σε στερεό έδαφος, σε σωρούς (σειράδια) μήκους έως 100m και πλάτους μέχρι 5m. Ο λόγος πλάτος βάσης/ ύψος πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 έτσι ώστε να υπάρχει παραγωγή αρκετής θερμότητας η οποία διατηρείται στο εσωτερικό του σωρού και ο σωρός να είναι αρκετά μικρός ώστε το οξυγόνο να μπορεί να διαχέεται ελεύθερα στο

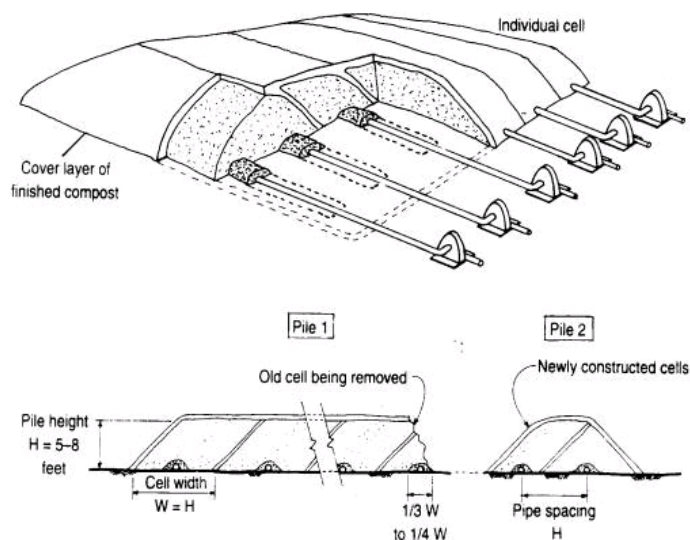
εσωτερικό του (Γιδαράκος, 2007). Ο αερισμός του σωρού γίνεται με την περιοδική ανάδευσή του (Εικόνα 1). Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το μειωμένο κόστος και η χρήση απλού εξοπλισμού, ενώ σε γενικές γραμμές η ποιότητα και η εμπορευσιμότητα του τελικού προϊόντος είναι ικανοποιητικά. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η εντατική εργασία που απαιτείται, η δυσκολία στη συνέπεια της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου κομπόστ και η αδυναμία διαχείρισης των οσμών (Δ3).



Εικόνα 1. Ανάδευση των σωρών. Πηγή: Clean Washington Center, Δ3

- 2. Μέθοδος δυναμικά αεριζόμενων σωρών:** Σε αυτή τη μέθοδο το οργανικό κλάσμα των στερεών αστικών απορριμμάτων τοποθετείται πάλι σε σωρούς, οι οποίοι όμως αερίζονται μηχανικά. Οι σωροί τοποθετούνται πάνω σε ένα δίκτυο αεριστήρων που παρέχουν τον απαραίτητο αέρα για την κομποστοποίηση (Εικόνα 2). Μέσω σωστού προγραμματισμού της συχνότητας και της ποσότητας του αερισμού μπορεί να ελεγχθεί και η θερμοκρασία που αναπτύσσει ο σωρός. Επειδή όμως οι σωροί δεν αναδεύονται, είναι πολύ πιθανό η εξωτερική επιφάνειά τους να μην αποκτήσει τη θερμοκρασία που απαιτείται για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Για το λόγο αυτό, οι σωροί καλύπτονται με

ένα στρώμα έτοιμου κομπόστ που λειτουργεί θερμομονωτικά. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου τα απαέρια μπορούν να καθαριστούν εύκολα από τις οσμές (Γιδαράκος Ε., 2007). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η σχετικά γρήγορη παραγωγή κομπόστ (6-12 εβδομάδες) σε μεγάλες ποσότητες και με λιγότερη εργασία, η βελτίωση του ελέγχου των οσμών και ο καλύτερος έλεγχος της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η συγκριτικά υψηλή επένδυση κεφαλαίου στις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό, η απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού καθώς και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του εξειδικευμένου και συχνά περίπλοκου εξοπλισμού (Δ3).



Εικόνα 2. Δυναμικά αεριζόμενοι σωροί. Πηγή: Clean Washington Center, Δ3

3. **Μέθοδος βιοαντιδραστήρων:** Σε αυτή τη μέθοδο τα αστικά στερεά απορρίμματα που προορίζονται για κομποστοποίηση τοποθετούνται μέσα σε κλειστό σύστημα βιοαντιδραστήρα όπου και βιοαποδομούνται κάτω από

ελεγχόμενες συνθήκες αερισμού, υγρασίας και συνεχούς ανάδευσης. Οι βιοαντιδραστήρες μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός διαμερίσματα, να περιστρέφονται ή να διαθέτουν μηχανισμό περιστροφής και ανάδευσης των υλικών που περιέχουν και συνήθως αποτελούν συστήματα συνεχούς ροής. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι οι ελεγχόμενες συνθήκες που επικρατούν κατά την κομποστοποίηση, η ελάχιστη παραγωγή οσμών και στραγγισμάτων και η μικρή διάρκεια παραγωγής του κομποστ (1-4 εβδομάδες). Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η πολυπλοκότητα του εξοπλισμού που απαιτείται (Γιδαράκος, 2007).

2.5. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης των αστικών στερεών απορριμμάτων

Σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα της κομποστοποίησης είναι η σύσταση του υποστρώματος, το μέγεθος των συστατικών του υποστρώματος, η καθαρότητα του υποστρώματος (ύπαρξη προσμίξεων), η υγρασία, η θερμοκρασία, το pH και ο αερισμός του υποστρώματος (Δ2).

Υγρασία. Η δράση των μικροοργανισμών μειώνεται σημαντικά αν το ποσοστό υγρασίας στο μείγμα που κομποστοποιείται πέσει κάτω από 40%. Αντίθετα αν το ποσοστό αυξηθεί πάνω από το 60% ο αέρας που υπάρχει στους πόρους του μείγματος αντικαθίσταται από νερό με συνέπεια τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Κάτω από αυτές τις συνθήκες γίνεται η αποσύνθεση πολύπλοκων οργανικών ενώσεων που οδηγεί στη δημιουργία δυσάρεστων οσμών, μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα (Γιδαράκος, 2007). Τα περισσότερα

οργανικά υλικά έχουν πολύ χαμηλά ποσοστά υγρασίας ενώ συνήθως κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, εξαιτίας της εξάτμισης υπάρχει έλλειμμα υγρασίας και απαιτείται η προσθήκη νερού για τη συνέχιση της διαδικασίας. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται κάποια από τα αστικά απορρίμματα που κομποστοποιούνται και το επίπεδο υγρασία που περιέχουν (Guanzon and Jalmer, 2003).

Πίνακας 5. Επίπεδα υγρασίας ορισμένων στερεών αστικών απορριμμάτων. Πηγή: Guanzon and Jalmer, 2003

Στερεά Αστικά Απορρίμματα	Επίπεδο υγρασίας
Στάχτη	Πολύ χαμηλό
Υπολείμματα φρούτων (φλούδες, κουκούτσια)	Πολύ χαμηλό
Υπολείμματα λαχανικών	Πολύ υψηλό
Κατακάθι καφέ	Καλό
Απορρίμματα κουζίνας	Πολύ υψηλό
Απορρίμματα κήπου	Μέτριο έως καλό
Φλοιοί δέντρων	Πολύ χαμηλό
Υπολείμματα κοπής χλοοταπήτων	Πολύ υψηλό
Φύλλα	Μέτριο έως πολύ χαμηλό
Κλαδέματα	Πολύ χαμηλό
Πριονίδι	Μέτριο έως πολύ χαμηλό
Χαρτί	Πολύ χαμηλό

Αερισμός. Η ροή του αέρα εξυπηρετεί την απομάκρυνση του CO₂ που παράγεται κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης και τον εμπλουτισμό του μείγματος με το απαραίτητο οξυγόνο. Μία συγκέντρωση οξυγόνου της τάξης του 10-15% θεωρείται επαρκής. Επιπλέον η μεγάλη ροή αέρα πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του μείγματος που κομποστοποιείται και να αυξήσει την εξάτμιση (Γιδαράκος, 2007; Guanzon and Jalmer, 2003).

Θερμοκρασία. Κατά την κομποστοποίηση η πλήρης αποικοδόμιση του οργανικού κλάσματος των στερεών αστικών απορριμμάτων επιταχύνεται όταν η θερμοκρασία βρίσκεται μεταξύ 32-60°C. Ο μεταβολισμός των μικροοργανισμών επιβραδύνεται σε θερμοκρασίες κάτω των 32 °C με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της διαδικασίας της κομποστοποίησης, ενώ αντίθετα σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 60 °C οι περισσότεροι μικροοργανισμοί δεν επιβιώνουν. Στην πράξη προτιμούνται οι θερμοκρασίες που ευνοούν την ανάπτυξη των θερμοφίλων μικροοργανισμών, οι οποίοι επιβιώνουν σε θερμοκρασιακό εύρος 45-75 °C έτσι ώστε να επιταχύνεται ο ρυθμός αποδόμισης (Γιδαράκος, 2007). Επιπλέον η διατήρηση υψηλής θερμοκρασίας εξυπηρετεί και στην καταστροφή των ζιζανίων και κάποιων παθογόνων που δεν επιβιώνουν σε θερμοκρασίες πάνω από τους 55-60°C (Guanzon and Jalmer, 2003).

Στα ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης (σωροί) η θερμοκρασία επηρεάζεται από τη θερμότητα που παράγεται από τις μεταβολικές διαδικασίες των μικροοργανισμών, από τον αερισμό του σωρού και από την ανταλλαγή θερμότητας του καλύμματος του σωρού με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε αυτά τα συστήματα η καταστροφή των ανεπιθύμητων οργανισμών γίνεται με τη διατήρηση της θερμοκρασίας όλου του σωρού στους 53°C για τουλάχιστον 15 ημέρες. Στα κλειστά συστήματα κομποστοποίησης (βιοαντιδραστήρες) η

καταστροφή των παθογόνων και των ζιζανίων επιτυγχάνεται όταν η θερμοκρασία διατηρείται στους 55 °C για τουλάχιστον τρεις ημέρες (Γιδαράκος, 2007).

Λόγος C/N. Έχει μεγάλη σημασία για την παροχή θρεπτικών συστατικών στους μικροοργανισμούς κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Ο άνθρακας είναι αναγκαίος για τον ενεργειακό εφοδιασμό των μικροοργανισμών και το άζωτο απαιτείται για το σχηματισμό των πρωτεϊνών τους (Guanzon and Jalmer, 2003). Έτσι ο λόγος C/N χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της καταλληλότητας των απορριμμάτων για κομποστοποίηση και σύμφωνα με τη μελέτη των Rosen et al. (1993) ένας λόγος C/N μεταξύ 15:1 και 20:1 είναι ικανοποιητικός για κομπόστ έτοιμο προς χρήση. Σήμερα τα μείγματα των απορριμμάτων που έχουν λόγο C/N από 20/1 έως 35/1 θεωρούνται κατάλληλα (Guanzon and Jalmer, 2003). Για παράδειγμα εάν τα απορρίμματα περιέχουν μεγάλο ποσοστό ξυλώδους υλικού ή εφημερίδων ο λόγος που θα προκύψει θα είναι από 35/1 έως 40/1. Αντίθετα τα λεγόμενα «πράσινα» απόβλητα όπως τα φρέσκα αγριόχορτα, τα κλαδέματα, τα απομεινάρια από την κουζίνα, περιέχουν σχετικά μεγάλα ποσοστά αζώτου. Από την ανάμειξη των δύο παραπάνω ειδών απορριμμάτων θα προκύψει ο επιθυμητός λόγος C/N (Γιδαράκος, 2007). Πολύ μεγάλος λόγος C/N (πάνω από 40/1) ή πολύ μικρός (κάτω από 20/1) διαταράσσει τη βιολογική διαδικασία της αποσύνθεσης. Ο λόγος C/N των περισσότερων οργανικών αστικών απορριμμάτων κυμαίνεται μεταξύ 15-30/1 (Guanzon and Jalmer, 2003). Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο λόγος C/N ορισμένων στερεών αστικών απορριμμάτων.

Πίνακας 6. Ο λόγος C/N ορισμένων στερεών αστικών απορριμμάτων. Πηγή: GTZ, 1998

Στερεά αστικά απορρίμματα		Λόγος C/N
Πλούσια σε Άζωτο	Χώμα	10
	Κοπριά πουλερικών	10
	Γρασίδι	12-15
	Υπολείμματα τροφών	15
Πλούσια σε Άνθρακα	Φρούτα	35
	Φύλλα	40-60
	Φλοιοί δέντρων	100-130
	Κλαδέματα θάμνων	100-150
	Πριονίδι	100-500
	Χαρτί και χαρτόνι	200-500

pH. Τα οργανικά υλικά με τιμή pH που κυμαίνεται από 3 έως 11 μπορούν να κομποστοποιηθούν. Οι ιδανικές τιμές του pH θεωρείτε ότι είναι 5.5-8.0. Τα βακτήρια προτιμούν ουδέτερο pH για την ανάπτυξή τους ενώ οι μύκητες αναπτύσσονται καλύτερα σε ελαφρά όξινο pH. Περιβάλλον με πολύ αλκαλικό pH επιφέρει απώλειες αζώτου. Συνήθως με την έναρξη της διαδικασίας της κομποστοποίησης η τιμή του pH ελαφρώς μειώνεται, γεγονός που οφείλεται στη μεταβολική δραστηριότητα των βακτηρίων από την οποία παράγονται οξέα. Στη συνέχεια με την ανάπτυξη και των υπολοίπων μικροοργανισμών στο υλικό που κομποστοποιείται, η τιμή του pH αυξάνει και μετά από μερικές μέρες σταθεροποιείται στις τιμές γύρω από το ουδέτερο pH (Guanzon and Jalmer, 2003).

Μέγεθος τεμαχίων. Η δράση των μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια των τεμαχίων του υλικού που κομποστοποιείται. Τα τεμάχια με μεγαλύτερο αριθμό επιφάνειας ανά μονάδα όγκου επιτρέπουν τη γρηγορότερη ανάπτυξη μικροοργανισμών και την αποικοδόμηση περισσότερου υλικού. Γενικά το υλικό που κομποστοποιείται θα πρέπει να αποτελείται από τεμάχια που έχουν αρκετή επιφάνεια για τη μικροβιακή δράση αλλά αφήνουν αρκετό κενό χώρο για την απαιτούμενη ροή αέρα (Γιδαράκος, 2007). Τεμάχια με μέγεθος 5-10cm είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση που γίνεται με μεθόδους φυσικού αερισμού, ενώ τεμάχια μικρότερου μεγέθους είναι κατάλληλα όταν χρησιμοποιούνται μέθοδοι κομποστοποίησης όπου ο αερισμός γίνεται με τεχνικά μέσα (Guanzon and Jalmer, 2003).

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται συνοπτικά οι βέλτιστες συνθήκες για την επίτευξη της κομποστοποίηση αστικών απορριμμάτων.

Πίνακας 7. Βέλτιστες συνθήκες κομποστοποίησης αστικών απορριμμάτων. Πηγή: GTZ, 1998.

Υγρασία	40-65%
Θερμοκρασία	Ελάχιστη 55-60 °C πάνω από 3 ημέρες
Λόγος C/N	20-40
Ph	5-8
Μέγεθος τεμαχίων	5-10cm με φυσικό αερισμό 1-5cm με τεχνικό αερισμό
Οργανική ουσία	40-70% κ.ο.

2.6. Βαρέα μέταλλα στα κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα

Παρά την ευεργετική δράση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στη βελτίωση των χαρακτηριστικών των εδαφών, η ενδεχόμενη αυξημένη περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας στην εκμετάλευσή τους ως εδαφοβελτιωτικά (Jordao et al., 2006). Τα περισσότερα μέταλλα και μεταλλοειδή είναι παρόντα ως ιχνοστοιχεία στο έδαφος και στο νερό ως αποτέλεσμα της φυσική αποσάθρωσης των πετρωμάτων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να διαλυθούν σε επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα, να απορροφηθούν από τα φυτά, να κυκλοφορήσουν στην ατμόσφαιρα ως αέρια και να δεσμευτούν από συστατικά του εδάφους όπως ο πηλός και η οργανική ουσία. Τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στα αστικά στερεά απορρίμματα από διάφορες πηγές όπως μπαταρίες, ηλεκτρικές συσκευές, κεραμικά, λαμπτήρες, χρώματα, λάδια κινητήρων, πλαστικά, ορισμένα μελάνια και γυαλί. Επιπλέον τα λεγόμενα «πράσινα απορρίμματα» που συλλέγονται από το αστικό περιβάλλον ή την παρόδια βλάστηση είναι δυνατόν να περιέχουν πολλά από τα στοιχεία της χημικής ρύπανσης του περιβάλλοντος. Έτσι, παρά το διαχωρισμό και την επιλογή των αστικών απορριμμάτων, στο προϊόν της κομποστοποίησης αναπόφευκτα θα υπάρχουν κάποιες ποσότητες αυτών των στοιχείων (Whittle and Dyson, 2002). Σε μικρές ποσότητες, πολλά από τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και τη φυτοπροστασία των φυτών ωστόσο υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι καταστροφικές τόσο για την ανάπτυξη των φυτών όσο και για το περιβάλλον. Για παράδειγμα ο ενδεχόμενος κίνδυνος από την παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης μολύβδου στο υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών δεν αφορά στην φυτοτοξικότητά του αλλά στην δέσμευσή του από το έδαφος, στην άμεση πρόσληψή του από τα ζώα ή τα παιδιά και στην εναπόθεσή του στα εδάφιμα μέρη των φυτών (Epstein, 1997). Ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο τόσο για τα φυτά όσο και για τα ζώα, ωστόσο μεγάλες συγκεντρώσεις είναι εξαιρετικά επικίνδυνες για όλους του οργανισμούς. Οι

συγκεντρώσεις του ψευδαργύρου που είναι τοξικές για τα φυτά είναι πολύ μικρότερες από εκείνες που είναι τοξικές για τον άνθρωπο (Epstein, 1997).

Μέχρι σήμερα υπάρχει λίγη έρευνα σχετικά με την «τύχη» και τη μεταφορά τέτοιων ρύπων κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης αστικών απορριμμάτων, ωστόσο το θέμα των βαρέων μετάλλων αφορά στα περισσότερα είδη κομπόστ. Για παράδειγμα οι Hsu and Lo (2001) μελέτησαν την επίδραση της κομποστοποίησης κοπριάς χοίρων στη συγκέντρωση και τη διαλυτότητα του Cu, Mn και Zn και διαπίστωσαν ότι η διανομή των βαρέων μετάλλων σε διαφορετικά χημικά κλάσματα ήταν γενικά ανεξάρτητη από την ηλικία του κομπόστ και από τις αντίστοιχες ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο κομπόστ. Σε ότι αφορά τα αστικά απορρίμματα οι Kaschl et al. (2002) στη μελέτη που πραγματοποίησαν στο Ισραήλ παρατήρησαν ότι υψηλότερες συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας, νιτρικών και των βαρέων μετάλλων Cu, Ni και Zn βρέθηκαν σε αποστραγγίσεις από αμμώδη εδάφη και μικρότερες σε αποστραγγίσεις από αργιλώδη εδάφη. Το γεγονός αυτό πιθανότατα οφείλεται στη δέσμευση των βαρέων μετάλλων στα κolloειδή των αργιλωδών εδαφών που δεν επιτρέπει τη μεταφορά τους στο νερό της αποστράγγισης. Το 2002 οι Whittle and Dyson μελέτησαν τη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης «πράσινων απορριμμάτων» κι διαπίστωσαν ότι οι αρχικές συγκεντρώσεις μολύβδου, χαλκού και βρωμίου μειώθηκαν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, ενώ οι συγκεντρώσεις χρωμίου και καδμίου είχαν μικρότερη τάση να μειωθούν. Σύμφωνα με τη μελέτη των Lasaridi et al. (2006) η περιεκτικότητα των βαρέων μετάλλων σε κομπόστ αστικών στερεών απορριμμάτων της Ελλάδας κυμαίνονταν από επίπεδα που υπερέβαιναν αυτά της ελληνικής νομοθεσίας μέχρι επίπεδα που ήταν χαμηλότερα από τα αυστηρά όρια για κομπόστ κατηγορίας A, ενώ το 25% των δειγμάτων που εξετάστηκαν πληρούσαν τις προϋποθέσεις για οικολογικό σήμα (eco-label) της E.E. Οι Veeken and Hamelers (2002) σε μελέτη τους σχετικά με τις πηγές Cd, Cu, Pb και Zn στα

βιοαπορρίμματα υποστηρίζουν ότι τα όρια που θεσπίζει η νομοθεσία για τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα κομπόστ πρέπει να επανεξεταστούν αφού η προστασία των εδαφικών συστημάτων θα μπορούσε να διασφαλιστεί καλύτερα αν η προσθήκη βαρέων μετάλλων αξιολογούνταν με βάση τις συνολικές προσθήκες των λιπασμάτων και την κατάσταση των εδαφών.

Τέλος σε ότι αφορά την ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών σε υποστρώματα που περιέχουν βαρέα μέταλλα, οι Liu et al. (2008) υποστηρίζουν ότι τα καλλωπιστικά φυτά αποτελούν σημαντική κατηγορία των ανώτερων φυτών που δεν εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα. Έτσι είναι πολύ σημαντικό να διερευνηθεί αν κάποια είδη καλλωπιστικών φυτών έχουν ιδιότητες υπερσυσσώρευσης βαρέων μετάλλων ώστε να μπορέσουν να αξιοποιηθούν σε αποκατάσταση των ήδη ρυπασμένων εδαφών. Έτσι οι Liu et al. μελέτησαν την ανάπτυξη τριών καλλωπιστικών φυτών (*Impatiens balsamina*, *Calendula officinalis*, *Althaea rosa*) σε συνθήκες υψηλών συγκεντρώσεων Cd και Cd-Pb και τα χαρακτηριστικά των φυτών αυτών σε ότι αφορά τη συσσώρευση των μετάλλων. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι και τα τρία καλλωπιστικά φυτά της μελέτης παρουσίασαν πολύ μεγάλη αντοχή στα Cd και Pb και ιδικά στο Cd. Για το *C. officinalis* εκτός από την αντοχή του στο Cd παρατηρήθηκε και μία ισχυρή ικανότητα συσσώρευσης καδμίου, ωστόσο δεν μπορεί να χαρακτηριστεί υπερσυσσωρευτής γιατί η συγκέντρωση του Cd στις ρίζες είναι μεγαλύτερη από αυτή στους ιστούς του φυτού. Παρόλα αυτά το *C. officinalis* μπορεί να αξιοποιηθεί στην αποκατάσταση εδαφών που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου. Το *A. rosa* ήταν πιο αποτελεσματικό όχι μόνο στη συσσώρευση του καδμίου αλλά και στη μεταφορά του από το ριζικό σύστημα του φυτού στους υπέργειους ιστούς, όταν η συγκέντρωση του Cd στο έδαφος ήταν μικρότερη από 100 mg/Kg. Επιπλέον οι Liu et al. (2009) σε μελέτη τους σχετικά με την αντοχή και τη συσσώρευση καδμίου από το αγιόκλημα (*Lonicera japonica*) συμπέραναν ότι το αγιόκλημα παρουσιάζει υψηλή αντοχή και ικανότητα συσσώρευσης καδμίου και

ενδεχομένως αποτελεί υπερσυσσωρευτή καδμίου. Ένα ακόμη καλλωπιστικό φυτό που αναφέρετε ως υπερσυσσωρευτής βαρέων μετάλλων (μολύβδου, καδμίου, χαλκού, νικελίου και χρωμίου) είναι το γεράνι *Geranium sp.* (KrishnaRaj et al., 2001).

2.7. Προδιαγραφές ποιότητας κόμποστ αστικών απορριμμάτων

Μέχρι πρόσφατα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εργαζόταν πάνω στο 2ο σχέδιο για τη «Βιολογική Επεξεργασία των Βιοαποδομήσιμων αποβλήτων» και την ασφαλή εφαρμογή του στο έδαφος. Το σχέδιο αυτό είναι επίσης γνωστό και ως οδηγία κομποστοποίησης. Οι στόχοι αυτής της οδηγίας είναι η προώθηση της βιολογικής επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων με την εναρμόνιση των εθνικών κανονισμών που αφορούν τη διαχείριση τους, προκειμένου να αποφευχθούν ή να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, η προστασία του εδάφους και η ασφαλής χρήση των κομποστοποιημένων αποβλήτων προς όφελος της γεωργίας και η διασφάλιση της δημόσιας υγείας, των ζώων και των φυτών που δεν πρέπει να επηρεάζονται από τη χρήση των κομποστοποιημένων βιολογικών αποβλήτων. Επιπλέον στην οδηγία αυτή θεσπίζονται οι απαραίτητες προϋποθέσεις και οι ποιοτικές προδιαγραφές για το κομπόστ (Palacio et al., 2002). Ο γενικός στόχος της οδηγίας είναι η προστασία του εδάφους, ειδικά των γεωργικών εδαφών, κυρίως από τα βαρέα μέταλλα.

Οι προδιαγραφές ποιότητας του κομπόστ ποικίλουν ευρύτατα στις διάφορες χώρες, ακόμα και μέσα στην Ε.Ε. γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επιστημονικών δεδομένων για την συμπεριφορά, μεταφορά και επικινδυνότητα των διαφόρων ρύπων στο περιβάλλον (Λαζαρίδη et al., 2002). Έτσι χώρες όπως η Δανία και η Ολλανδία υιοθετούν την αρχή της προφύλαξης, θέτοντας συχνά χαμηλότερα όρια περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα από πολλά

φυσικά εδάφη, ενώ οι ΗΠΑ θεσπίζουν όρια με βάση υπάρχουσες μελέτες εκτίμησης επικινδυνότητας για τα πλέον ευάλωτα τμήματα του πληθυσμού, καταλήγοντας σε χαλαρότερα όρια (Λαζαρίδη et al., 2002). Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποιοτικές προδιαγραφές της πρότασης Οδηγίας της ΕΕ για τις διαφορετικές προβλεπόμενες κατηγορίες κομπόστ και οι Ελληνικές προδιαγραφές όπως ορίζονται στην ΚΥΑ 114218. Σε ότι αφορά τη χρήση του κομπόστ κατηγορίας 1 δεν υπάρχουν περιορισμοί, κομπόστ της κατηγορίας 2 μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε ποσότητα που δεν υπερβαίνει τους 3 τόνους ξηρής ουσίας ανά στρέμμα κατά μέσο όρο τριετίας ενώ το ecolabel αφορά στα όρια της Ε.Ε για οικολογικό σήμα. Όρια για οργανικούς ρύπους (PCB, PAH, διοξίνες, υπολείμματα φυτοφαρμάκων) στο κομπόστ αστικών απορριμμάτων έχουν θεσπίσει μόνο η Αυστρία και η Δανία, ενώ η Γερμανία μελετά την αναγκαιότητα θέσπισης τέτοιων ορίων (Λαζαρίδης et al., 2002).

Πίνακας 8. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην προτεινόμενη Οδηγία της ΕΕ και στην Ελλάδα
 Πηγή: Λαζαρίδη et al., 2002

Παράμετρος	Πρόταση Οδηγίας			Σταθεροποιημένα Βιοαπορρίμματα	ΚΥΑ 114218	
	Κομπόστ					Κομπόστ
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	ecolabel			
Cd (mg/kg dm)	0,7	1,5	1	5	10	
Cr (mg/kg dm)	100	150	100	600	510	
Cu (mg/kg dm)	100	150	100	600	500	
Hg (mg/kg dm)	0,5	1	1	5	5	
Ni (mg/kg dm)	50	75	50	150	200	
Pb (mg/kg dm)	100	150	100	500	500	
Zn (mg/kg dm)	200	400	300	1500	2000	
As (mg/kg dm)	-	-	10	-	15	
PCBs (mg/kg dm)	-	-	-	0,4	-	
PAHs (mg/kg dm)	-	-	-	3	-	
Προσμίξεις >2mm	<0,5%	<0,5%	-	<3%	0.8 (πλαστικό και γυαλί)	
Πέτρες >5mm	<5%	<5%	-	-	-	

Τα υγειονομικά κριτήρια ποιότητας του κομπόστ, αφορούν παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά. Τα κριτήρια που αναφέρονται στο κομπόστ απαιτούν απουσία σαλμονέλας και απουσία ή πολύ χαμηλές τιμές εντεροβακτηρίων και περιττωματικών στρεπτόκοκκων. Σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται απουσία νηματοειδών, κυστοειδών και άλλων φυτοπαθογόνων και τίθενται όρια στον αριθμό των ικανών προς βλάστηση σπορών παρασιτικών φυτών (Λαζαρίδη et al., 2002). Στην Ελλάδα απαιτείται απουσία σαλμονέλας και εντεροβακτηρίων, χωρίς άλλη αναφορά σε φυτοπαθογόνα (ΚΥΑ 114218). Οι ξένες προσμείξεις, όπως γυαλί, πλαστικό και πέτρες αναφέρονται στις περισσότερες προδιαγραφές, ως ποσοστό κατά βάρος ξηρής ουσίας, και σε σχέση με τη διάμετρο των σωματιδίων (Brinton 2000).

2.8. Επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και τη μικροβιακή δραστηριότητα

Η χρήση κομπόστ από αστικά απορρίμματα στη γεωργία θα μπορούσε να βοηθήσει στην επίλυση των προβλημάτων των δήμων και κοινοτήτων που συνδέονται με την αύξηση της παραγωγής των αποβλήτων, μόνο εάν το κομπόστ συντελούσε στη βελτίωση των εδαφών και την προστασία του περιβάλλοντος (Bazzaffi et al., 1998). Σύμφωνα με τους Shiralipour et al. (1992) τα περισσότερα γεωργικά οφέλη από την εφαρμογή κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο έδαφος οφείλονται στην βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων που σχετίζονται με την αυξημένη περιεκτικότητα των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων σε οργανική ουσία και όχι στην αξία του κομπόστ σαν λίπασμα. Τα κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα παρέχουν μία σταθεροποιημένη μορφή οργανικής ουσίας που βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους με την αύξηση των θρεπτικών ουσιών, της ικανότητας συγκράτησης νερού, του συνολικού πορώδους, της αντοχής στη διάβρωση και τη μείωση της φαινομενικής

πυκνότητας του εδάφους. Παράλληλα η χρήση κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων βελτιώνει και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους αυξάνοντας το pH σε όξινα εδάφη, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και την περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά (Shiralipour et al., 1992).

Ήδη από το 1989 οι Hernando et al., είχαν μελετήσει την επίδραση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους της περιοχής Toledo στην Ισπανία. Από τη μελέτη τους συμπέραναν ότι εκτός από τη βελτίωση της δομής του εδάφους, η προσθήκη κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων επέδρασε θετικά και στην ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και αλκαλικών διαλυτών ουσιών στο έδαφος.

Οι Giusquiani et al., (1995) στην μελέτη που πραγματοποίησαν για τον καθορισμό της επίδρασης της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των ασβεστολιθικών εδαφών, διαπίστωσαν ότι το συνολικό πορώδες ήταν μεγαλύτερο στα πειραματικά τεμάχια που είχαν δεχτεί κομπόστ σε σχέση με τους μάρτυρες.

Ο Faucette (2004) μελέτησε τα ποσά αποστράγγισης και τις απώλειες θρεπτικών συστατικών σε εδάφη που περιείχαν διάφορα κομπόστ (κομποστοποιημένα απορρίμματα πουλερικών, κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα, κομποστοποιημένα υπολείμματα τροφών, σάπια φύλλα) και παρατήρησε ότι όλα τα εδάφη που περιείχαν κομπόστ, εκτός από αυτά που περιείχαν κομπόστ από απορρίμματα πουλερικών, είχαν μικρότερα ποσά αποστράγγισης σε σχέση με το σκέτο χώμα. Οι Ros et al. (2001) μελέτησαν την επίδραση των οργανικών απορριμμάτων στη διάβρωση των εδαφών. Για τη μελέτη τους χρησιμοποίησαν κομπόστ αστικών απορριμμάτων, μη σταθεροποιημένα αστικά απορρίμματα και λυματολάσπη και διαπίστωσαν ότι και με τις τρεις επεμβάσεις μειώθηκε σημαντικά η διάβρωση του εδάφους σε σχέση

με το μάρτυρα. Επιπλέον η εφαρμογή κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων ήταν η πιο αποτελεσματική αφού μείωσε τη διάβρωση κατά 94% και την απορροή υδάτων κατά 54%.

Οι Perez et al. (2005) μελέτησαν τις χημικές ιδιότητες του εδάφους όταν σε αυτό προστέθηκαν ως εδαφοβελτιωτικό κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα, βιοσταθεροποιημένο κομπόστ και ανόργανο εδαφοβελτιωτικό υλικό και διαπίστωσαν ότι και στις τρεις περιπτώσεις αυξήθηκε το pH του εδάφους και ο συνολικός και υδατοδιαλυτός άνθρακας, ενώ οι συγκεντρώσεις διαλυτών βαρέων μετάλλων μειώθηκαν. Την αύξηση του εδαφικού pH με την προσθήκη κομποστοποιημένων στερεών αστικών απορριμμάτων σε αμμόδες έδαφος διαπίστωσαν και οι Zheljzkov and Warman (2004) σε μελέτη που πραγματοποίησαν σχετικά με την επίδραση του κομπόστ στερεών αστικών απορριμμάτων στην καλλιέργεια παντζαριού και βασιλικού. Στην ίδια μελέτη διαπιστώθηκε ότι με την προσθήκη του κομπόστ στο έδαφος εκτός από το pH αυξήθηκαν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και οι συγκεντρώσεις των Cu, Pb, Zn.

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων για το εδαφικό περιβάλλον. Η παρουσία των βαρέων μετάλλων μπορεί να επηρεάσει ορισμένα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους όπως η δομή των μικροοργανισμών οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τους μετασχηματισμούς των θρεπτικών συστατικών του εδάφους ώστε να είναι διαθέσιμα για τα φυτά (Crecchio et al., 2001). Έτσι οι Giusquiani et al., (1995) στη μελέτη τους για τη χρήση κομπόστ αστικών απορριμμάτων σε ασβεστολιθικά εδάφη, παρατήρησαν ότι στα πειραματικά τεμάχια που είχαν δεχτεί κομπόστ ο συνολικός και ο οργανικός άνθρακας, ο μόλυβδος, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος παρουσίασαν σημαντική αύξηση σε σχέση με τα πειραματικά τεμάχια που δεν είχαν δεχτεί κομπόστ, ενώ η ενζυμική

δραστηριότητα ενισχύθηκε σημαντικά με την προσθήκη κομπόστ στο έδαφος. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων δε λειτούργησαν ανασταλτικά στη λειτουργία των ενζύμων. Την ενζυμική δραστηριότητα των εδαφών που είχαν δεχθεί διάφορα κομπόστ μελέτησαν και οι Albiach et al. (2000) και συμπέραναν ότι τα εδάφη με κομπόστ αστικών απορριμμάτων παρουσίασαν βελτιωμένη ενζυμική δραστηριότητα ενώ ακολουθούσαν τα εδάφη με κοπριά προβάτων και λυματολάσπη.

2.9. Επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στην ανάπτυξη και τη φυτοπροστασία των φυτών

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 είναι γνωστό ότι διάφορα κομπόστ από οργανικά απορρίμματα έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς σαν υποστρώματα ανάπτυξης καλλωπιστικών φυτών όπως Κατιφέδες, Ζήνιες, Πετούνιες, Σκυλάκια και Γεράνια (Chaney et al., 1980; Sanderson, 1980; Wootton et al., 1981). Από τότε έχουν γίνει πολλές έρευνας σχετικά με την επίδραση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στην ανάπτυξη των καλλωπιστών φυτών και των χλοοταπήτων και στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες από αυτές.

Οι Hicklenton et al. (2001) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα και τη συνοχή του κομπόστ από στερεά αστικά απορρίμματα (με διαλογή στην πηγή) και του κομποστοποιημένου φλοιού ελάτης ως συστατικά του μέσου ανάπτυξης του φυτού *Cotoneaster dammeri* cv. 'Coral Beauty'. Τα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών αποτελούνταν από τύρφη και κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα (σε αναλογίες 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 κατ' όγκο) ή από τύρφη και κομποστοποιημένους φλοιούς ελάτης (στις ίδιες αναλογίες) και η διάρκεια του πειράματος ήταν 2 έτη. Η ανάπτυξη των φυτών που καλλιεργήθηκαν στα υποστρώματα με κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα ήταν ίση ή μεγαλύτερη

σε σχέση με εκείνη των φυτών που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα με το κομπόστ του φλοιού και για τα δύο έτη. Μικρότερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε στα υποστρώματα που περιείχαν 100% κομπόστ αστικών απορριμμάτων ή 100% κομπόστ φλοιού ελάτης, ενώ ισχυρή ανάπτυξη παρατηρήθηκε στα υποστρώματα που περιείχαν αναλογία κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων: τύρφη έως και 75:25. Επιπλέον οι Hicklenton et al. (2001) διαπίστωσαν ότι η απορροφητικότητα βαρέων μετάλλων από τα φυτά δεν ήταν μεγαλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ από αστικά απορρίμματα σε σχέση με εκείνα που περιείχαν κομπόστ φλοιού ελάτης και τελικά συμπέραναν ότι παρά τη διακύμανση στην υφή και τη σύνθεση, τα κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο συστατικό υποστρωμάτων για ξυλώδη φυτωριακά φυτά.

Οι Garsaia et al. (1991) μελέτησαν την επίδραση των αστικών απορριμμάτων ως εδαφοβελτιωτικά στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα *Lolium perenne* σε ασβεστούχα εδάφη. Για τη μελέτη τους χρησιμοποίησαν κομποστοποιημένα και μη αστικά απορρίμματα όπου τα κομποστοποιημένα αστικά απορρίμματα είχαν μεγαλύτερα ποσοστά P, K και νιτρικού N από τα μη κομποστοποιημένα καθώς και μεγαλύτερη I.A.K. και πιο σταθερή οργανική ουσία. Η προσθήκη των μη κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο ασβεστώδες έδαφος είχε αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα, η οποία εξαφανίστηκε καθώς τα απορρίμματα «ωρίμασαν» στο έδαφος. Αντίθετα καμία αρνητική επίπτωση δεν παρατηρήθηκε στην ανάπτυξη του φυτού από την προσθήκη των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων. Όταν το κομπόστ των αστικών απορριμμάτων προστέθηκε στο έδαφος σε μεγάλη συγκέντρωση, η ανάπτυξη του *Lolium perenne* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το έδαφος που δεν περιείχε αστικά απορρίμματα.

Οι Soumare et al. (2003) μελέτησαν την επίδραση της χρήσης κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων και ανόργανης λίπανσης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση των ιστών του *Lolium perenne* L. σε δύο είδη τροπικών εδαφών. Η εφαρμογή μόνο κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων σε συγκέντρωση 50 τόνοι/ εκτάριο, αύξησε την παραγωγή ξηρής ουσίας κατά 10% και 17,5% για τα δύο εδάφη, ενώ η εφαρμογή μόνο ανόργανης λίπανσης αύξησε την παραγωγή ξηρής ουσίας κατά 69,7% και 65% αντίστοιχα. Η συνδυασμένη χρήση του κομπόστ και της ανόργανης λίπανσης οδήγησε στις υψηλότερες αποδόσεις σε ξηρή ουσία. Με τη χρήση του κομπόστ παρατηρήθηκε αύξηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους, της διαθεσιμότητας των P, Fe, Mn, Zn, Cu, K και του pH και ως εκ τούτου οι μελετητές συμπέραναν ότι το κομπόστ στερεών αστικών απορριμμάτων φαίνεται να είναι μία καλή πηγή θρεπτικών ουσιών για τα τροπικά εδάφη.

Οι Zheljzkov and Warman (2004) στη μελέτη τους σχετικά με την επίδραση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στην καλλιέργεια του παντζαριού και του βασιλικού εκτός από τις παρατηρήσεις που έκαναν σχετικά με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και αναφέρθηκαν πιο πάνω, μελέτησαν και την παραγωγή των φυτών και παρατήρησαν ότι ο βασιλικός είχε τη μεγαλύτερη ανάπτυξη όταν το κομπόστ βρισκόταν στο υπόστρωμα ανάπτυξης σε ποσοστό 20%, ενώ το παντζάρι εμφάνισε σημαντικά αυξημένη παραγωγικότητα σε όλα τα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ (20%, 40% και 60%) σε σχέση με το υπόστρωμα του μάρτυρα που δεν περιείχε. Επιπλέον τα φυτά του βασιλικού που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα που περιείχαν 20% και 40% κομπόστ άνθισαν νωρίτερα σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα που είχαν 0% και 60% κομπόστ. Τέλος η προσθήκη των στερεών κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο έδαφος μετέβαλλε το αιθέριο έλαιο του βασιλικού το οποίο όμως δεν περιείχε βαρέα μέταλλα (παρόλο που η προσθήκη του κομπόστ αύξησε την περιεκτικότητα του εδάφους σε Cu, Pb, Zn). Το αποτέλεσμα αυτής

της μελέτης δείχνει ότι το ώριμο κομπόστ στερεών αστικών απορριμμάτων (με διαλογή στην πηγή) με συγκεντρώσεις των Cu, Pb, Mo και Zn, 311, 223, 17 και 767 mg / kg αντίστοιχα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό χωρίς φυτοτοξικές επιδράσεις στις καλλιέργειες και χωρίς να αυξάνει τα όρια των βαρέων μετάλλων στους ιστούς των φυτών. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη επίδραση της συσσώρευσης των βαρέων μετάλλων στα εδάφη θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά (Zheljazkov and Warman 2004).

Οι Serra-Wittling et al. (1994) διαπίστωσαν ότι οι προσβολές από *Fusarium oxysporum* μπορούν να ελεγχτούν με τη χρήση κομποστοποιημένων στερεών αστικών απορριμμάτων που περιέχουν ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς όπως *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* και *Pseudomonas*.

Οι Pascual et al. (2002) μελέτησαν τα αποτελέσματα της χρήσης κομπόστ αστικών απορριμμάτων και της χρήσης του υδατοδιαλυτού κλάσματος των χουμικών του, στην καταστολή της επίδρασης του *Pythium ultimum* σε φυτά μπιζελιού και σύγκριναν την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών με την εφαρμογή του χημικού φυτοφαρμάκου metalaxyl. Η προσθήκη των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο έδαφος μείωσε την επίδραση του παθογόνου στα φυτά του μπιζελιού, ενώ σημαντική ήταν η μείωση των ζημιών στις ρίζες, η μείωση του πληθυσμού του *Pythium ultimum* και η αποφυγή της μείωσης της ανάπτυξης των φυτών. Η μεγαλύτερη καταστολή της δράσης του παθογόνου επιτεύχθηκε με τη χρήση του φυτοφαρμάκου. Ωστόσο το φυτοφάρμακο προκάλεσε σημαντική μείωση και στον πληθυσμό των μη στόχων μικροοργανισμών *Trichoderma* και *Pseudomonas*. Αντίθετα η προσθήκη κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων αύξησε τον πληθυσμό των μη στόχων μικροοργανισμών ενώ και το υδατοδιαλυτό κλάσμα των χουμικών είχε παρόμοια αποτελέσματα. Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το metalaxyl έχει αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα του εδάφους οι οποίες θα

μπορούσαν να μειωθούν αν κάποια από την ποσότητα του φυτοφαρμάκου είχε αντικατασταθεί με την προσθήκη κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών.

3. ΣΚΟΠΟΣ

Η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων αποτελεί σύγχρονο πρόβλημα των ανεπτυγμένων χωρών, το οποίο διογκώνεται συνεχώς με την αύξηση του πληθυσμού και της κατανάλωσης (García *et al.*, 1991). Επιπλέον στις μέρες μας παρατηρείται αυξημένη ζήτηση καλλωπιστικών ειδών και τάση μείωσης της χρήσης της τύρφης ως εδαφοβελτιωτικό καθώς θεωρείται μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος ο οποίος πρέπει να διατηρηθεί στο φυσικό του περιβάλλον (Ntoulas *et al.*, 2004; Parafotiou *et al.*, 2005). Η σύγχρονη αντιμετώπιση της κηποτεχνίας και της αρχιτεκτονικής τοπίου, ως τομείς αποκατάστασης και προστασίας του περιβάλλοντος, οδηγεί στην ανάγκη αξιολόγησης των εδαφοβελτιωτικών ιδιοτήτων των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων ώστε να προωθηθούν στην καλλιέργεια των καλλωπιστικών φυτών. Σύμφωνα με τους Khaleel *et al.* (1981) η προσθήκη κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ευνοεί την ανάπτυξή τους εξαιτίας της θετικής επίδρασης του κομπόστ στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και στη διάθεση θρεπτικών στοιχείων.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της επίδρασης του κομπόστ όταν χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό του υποστρώματος ανάπτυξης του χλοοτάπητα *C. dactylon* και η αξιολόγηση της επίδρασης της αντικατάστασης μέρους της τύρφης στα υποστρώματα ανάπτυξης των ποωδών φυτών *S. maritima*, *R. officinalis* και *L. japonicum*. Η αξιολόγηση του κομπόστ ως εδαφοβελτιωτικό του υποστρώματος ανάπτυξης χλοοτάπητα και η επίδρασή του στην ανάπτυξη ποωδών φυτών, σε συνδυασμό με τη μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του κομπόστ, στχεύει στη διερεύνηση της δυνατότητας αποκατάστασης Χ.Υ.Τ.Α. με τη χρήση αυτοπαραγόμενου κομπόστ.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. Συνοπτική περιγραφή του πειράματος

Η πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε χώρο του Γ.Π.Α. και αφορούσε δύο υπομελέτες εκ των οποίων η μία διερεύνησε την επίδραση της ΚΑΑ ως εδαφοβελτιωτικού υποστρώματος στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα *Cynadon dactylon* 'Princess 77', ενώ η δεύτερη την επίδρασή της στην ανάπτυξη των θαμνωδών φυτών *Senecio maritima*, *Rosmarinus officinalis* και *Ligustrum japonicum*. Η υπομελέτη που αφορούσε την ανάπτυξη του χλοοτάπητα πραγματοποιήθηκε από τις 11 Απριλίου 2007 έως τις 29 Οκτωβρίου 2007 και η μελέτη που αφορούσε την ανάπτυξη των θαμνωδών φυτών πραγματοποιήθηκε από τις 17 Φεβρουαρίου 2007 έως τις 25 Μαΐου 2007.

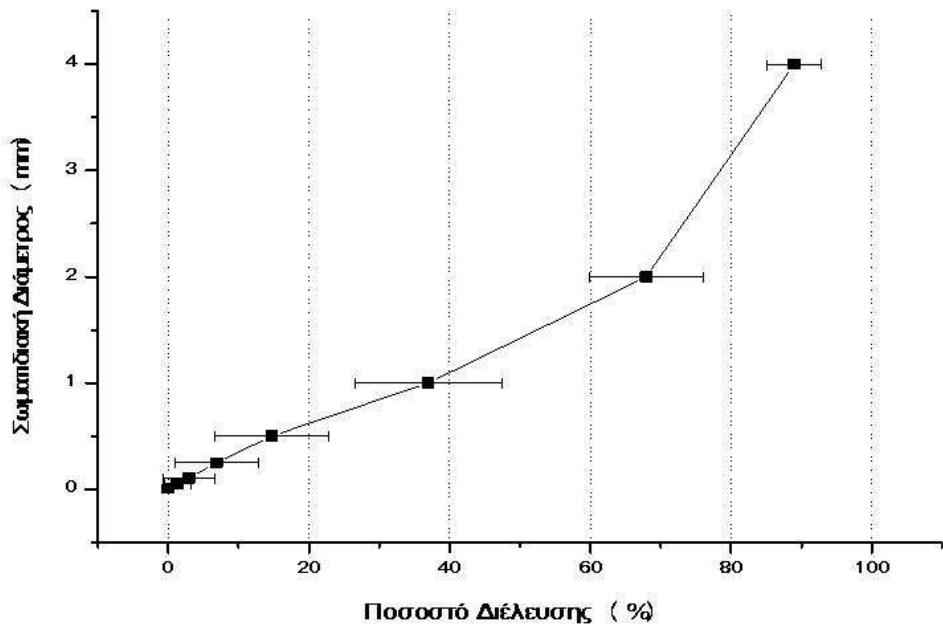
Για τη μελέτη της επίδρασης του κομπόστ στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα κατασκευάστηκαν 24 κυλινδρικά λυσιμέτρα αγρού τα οποία εγκαταστάθηκαν σε πάγκους ρυθμιζόμενου ύψους έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η οριζοντίωσή τους και να αποφευχθεί η συσσώρευση νερού στον πυθμένα του λυσιμέτρου. Στο κέντρο της κατώτερης επιφάνειας των λυσιμέτρων τοποθετήθηκε μεταλλικό σπείρωμα το οποίο χρησίμευε στη συλλογή του νερού της αποστράγγισης. Στη συνέχεια στα λυσιμέτρα τοποθετήθηκε γαρμπίλι σε βάθος 100mm πάνω από το οποίο τοποθετήθηκε άμμος βάθους 50 mm και στη συνέχεια υπόστρωμα βάθους 2500 mm. Το υπόστρωμα αποτελούνταν από ΚΑΑ και αμμοπηλώδες έδαφος στις εξής αναλογίες: α) Έδαφος 100% (E_1) το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, β) $E_7:KAA_1$ σε αναλογία 85,5:12,5% γ) $E_3:KAA_1$ σε αναλογία 75:25% και δ) $E_1:KAA_1$ σε αναλογία 50:50%. Μετά την τοποθέτησή τους στα λυσιμέτρα τα υποστρώματα συμπιέστηκαν και ακολούθησε η σπορά του *C. Dactylon* 'Princess 77'. Για τον προσδιορισμό της ανάπτυξης του χλοοτάπητα μετρήθηκε το ξηρό βάρος των υπολειμμάτων κοπής και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος.

Επιπλέον καταγράφηκε και η οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα ένα και έξι μήνες μετά τη σπορά. Η κοπή του χλοοτάπητα γινόταν κάθε 3 ημέρες με ειδικά ψαλίδια σε ύψος 50 mm και η συλλογή των υπολειμμάτων κοπής με αναρρόφηση. Το *C. dactylon* αφέθηκε χωρίς λίπανση για 3 μήνες προκειμένου να διαπιστωθούν οι διαφορές στην ανάπτυξη λόγω της περιεκτικότητας του κομπόστ σε άζωτο. Στη συνέχεια η μελέτη χωρίστηκε σε δύο υπομελέτες από τις οποίες η μία δεχόταν διαφυλλική λίπανση (Nutrileaf 20-20-20 σε αναλογία 5 g L^{-1}) κάθε 14 ημέρες, ενώ η άλλη παρέμεινε χωρίς λίπανση.

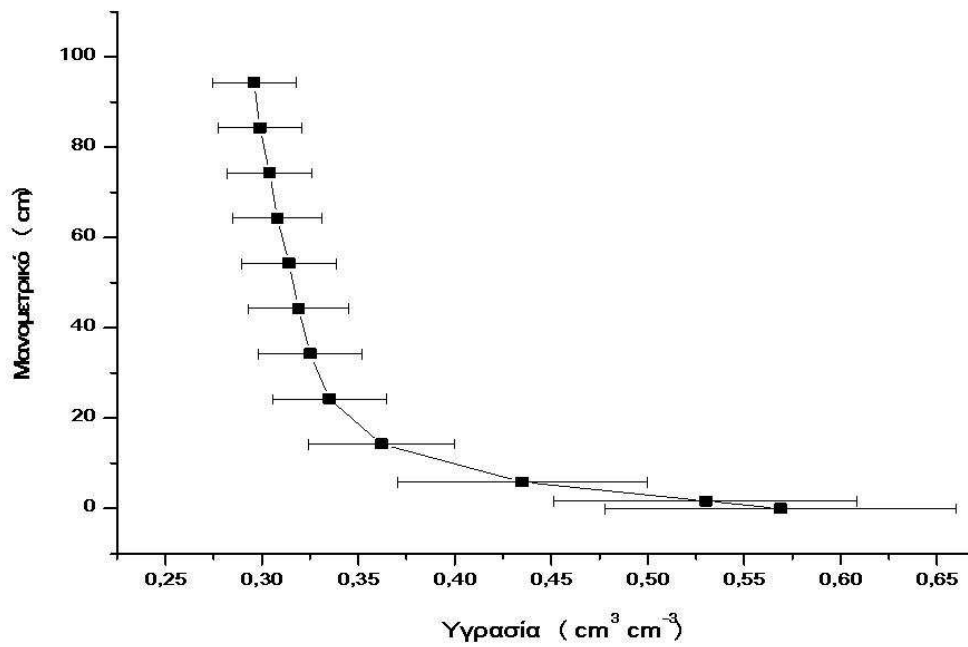
Για τη μελέτη της επίδρασης του compost στην ανάπτυξη των τριών θαμνωδών φυτών χρησιμοποιήθηκαν 80 πλαστικές γλάστρες (εσωτερικής διαμέτρου 14 cm και χωρητικότητας περίπου 1300 mL) για κάθε είδος στις οποίες τοποθετήθηκαν τα τρία διαφορετικά μείγματα κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) με τύρφη (Τ) και περλίτη (Π) και το υπόστρωμα του μάρτυρα που αποτελείτο από 50% Τ και 50%-Π (κ.ο.). Τα μείγματα αποτελούνταν από 12,5%ΚΑΑ-37,5%Τ-50%Π, 25%ΚΑΑ-25%Τ-50%Π και 37,5%ΚΑΑ-12,5%Τ-50%Π (κ.ο.). Ακολούθησε η φύτευση των θαμνωδών φυτών τα οποία ήταν σπορόφυτα ίδιας ηλικίας στις 17 Φεβρουαρίου 2007. Για κάθε υπόστρωμα φυτεύτηκαν 20 φυτά από το κάθε είδος από τα οποία τα μισά αφέθηκαν χωρίς λίπανση και τα υπόλοιπα λιπαίνονταν με ριζοπότισμα κάθε 7 ημέρες με υδατοδιαλυτό λίπασμα 20N-20P-20K. Η άρδευση γινόταν σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών και τις κλιματικές συνθήκες. Για τον προσδιορισμό της ανάπτυξης των θαμνωδών φυτών μετρήθηκε η διαφορά του τελικού ύψους των φυτών (τέλος Μαΐου 2007) από το αρχικό τους ύψος, το πάχος του λαιμού, το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος των φυτών και ο αριθμός και το μήκος των πλαγίων βλαστών που ανέπτυξαν τα φυτά κατά τη διάρκεια της μελέτης. Επιπλέον στη σενεράρια μετρήθηκε ο αριθμός των ταξιανθιών και ο αριθμός των ανθοκεφαλών ανά ταξιανθία.

4.2. Χαρακτηριστικά κομπόστ

Το κομπόστ προήλθε από τη δίμηνη δοκιμαστική λειτουργία του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ.) του ΧΥΤΑ Φυλής. Το κομπόστ αυτό που προήλθε από αστικά απορρίμματα αφού διαχωρίστηκαν υλικά όπως μέταλλο, χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο και άλλα μη οργανικά υλικά, είχε οργανική ουσία 60% κ.β., περιεκτικότητα σε υγρασία 36%, εύκολα διαθέσιμο νερό $0.09 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, φαινόμενο ειδικά βάρος $0.33\text{g}/\text{cm}^3$, πραγματικό ειδικό βάρος $0.79 \text{ g}/\text{cm}^3$, pH 8 (Δεδομένα ΕΚΠΑ). Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται η καμπύλη κοκκομετρίας (Διάγραμμα 8) και η καμπύλη υγρασίας (Διάγραμμα 9)



Διάγραμμα 8. Καμπύλη κοκκομετρίας κομπόστ



Διάγραμμα 9. Καμπύλη υγρασίας κομπόστ

Στον Πίνακα 9 φαίνονται συνοπτικά τα φυσικά χαρακτηριστικά του κομπόστ, ενώ σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο κομπόστ αναφέρονται στον Πίνακα 11 που ακολουθεί. Στον ίδιο πίνακα αναφέρονται και τα όρια των βαρέων μετάλλων που ορίζει η νομοθεσία.

Πίνακας 9. Φυσικές ιδιότητες κομπόστ

Εύκολα διαθέσιμο νερό (cm ³ /cm ³)	Ολικός όγκος πόρων (cm ³ /cm ³)	Περιεκτικότητα σε υγρασία (%)	Φαινόμενο ειδικό βάρος (g/cm ³)	Πραγματικό ειδικό βάρος (g/cm ³)
0.09	0.57	36	0.33	0.79

Πίνακας 10. Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο κομπόστ αστικών απορριμμάτων του ΧΥΤΑ Φυλής. Πηγή: ΕΚΠΑ

Στοιχείο	Όρια συγκεντρώσεων	Συγκέντρωση στο κομπόστ
Cd	1.5 mg/K	0.6 µg/g
Cr	150 mg/K	40 mg/K
Cu	150 mg/K	195 mg/K
Ni	75 mg/K	59 mg/K
Pb	400 mg/K	50 mg/K
Zn	400 mg/K	368 mg/K

Η αυξημένη συγκέντρωση του Cu οφείλεται στις ακραίες τιμές μίας ημερομηνίας και όχι στο σύνολο των δειγματοληψιών. Παρόλα αυτά αν η συγκέντρωσή του στο κομπόστ συνέχιζε να είναι υψηλή, θα απαιτούνταν επιπλέον

έρευνα ώστε να βρεθεί η πηγή των απορριμμάτων που δημιουργούν την αυξημένη αυτή συγκέντρωση ώστε να εξαιρεθούν από τη διαδικασία κομποστοποίησης.

Επιπλέον πριν από τη μελέτη της επίδρασης του κομπόστ στην ανάπτυξη του χλοοτάπητα *C. dactylon* και των θαμνωδών φυτών *S. maritima*, *R. officinalis* και *L. japonicum*, προηγήθηκε έλεγχος φυτοτοξικότητας του κομπόστ ο οποίος έγινε με *in vitro* δοκιμασίες στους βιοδείκτες *A. sativa* (μονοκοτυλήδοιο), *V. faba* (δικοτυλήδοιο) και *L. minor* (υδρόβιος φυτοοργανισμός). Κατά τη δίμηνη λειτουργία του Ε.Μ.Α.Κ. συλλέχθηκαν 36 δείγματα (Ιούλιος- Σεπτέμβριος 2006). Στα αρχικά δείγματα (10 από τα 36) παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της ανάπτυξης του ριζιδίου στο *A. sativa*, η οποία στη συνέχεια εξαλείφθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός 10 ημερών) λόγω της βελτίωσης της λειτουργίας του Ε.Μ.Α.Κ. Το *V. faba* αποδείχθηκε λιγότερο ευπαθές στην εμφάνιση φυτοτοξικών συμπτωμάτων, ενώ το κομπόστ επηρέασε θετικά την ανάπτυξη του ριζιδίου. Τέλος στο *L. minor* δεν παρουσιάστηκαν συμπτώματα φυτοτοξικότητας και το κομπόστ είχε θετική επίδραση στην ανάπτυξή του (Νυδριώτη et al., 2007).

4.3. Μελέτη ανάπτυξης χλοοταπίτων

4.3.1. Κατασκευή λυσιμέτρων

Ως λυσίμετρο ορίζεται το οποιοδήποτε στεγανό δοχείο, στο οποίο ελέγχεται η ποσότητα του νερού που προστίθεται και η ποσότητα του νερού που λαμβάνεται ως προϊόν αποστράγγισης ή εξάτμισης. Για τις ανάγκες της μελέτης κατασκευάστηκαν 24 κυλινδρικά λυσίμετρα από PVC σωλήνες πάχους 7mm οι οποίες στεγανοποιήθηκαν με τη χρήση ακρυλικής σιλικόνης και υγρού PVC (Εικόνα 3). Το κάθε λυσίμετρο αντιστοιχούσε σε ένα πειραματικό τεμάχιο και είχε 450mm ύψος και 300mm εσωτερική διάμετρο.

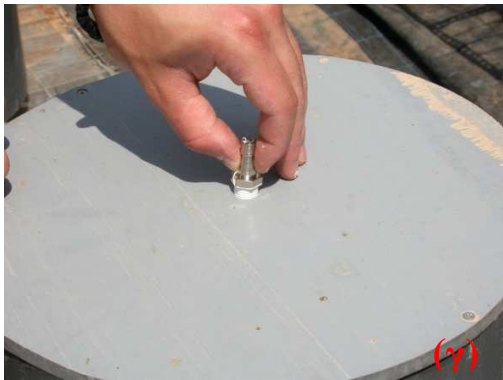


Εικόνα 3. Η διαδικασία τοποθέτησης ακρυλικής σιλικόνης, εσωτερικά (α) και εξωτερικά (β) του λυσίμετρου, για την αποφυγή διαρροών. Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006.

Στο κέντρο της κάτω επιφάνειας των λυσιμέτρων τοποθετήθηκε ανοξείδωτο μεταλλικό σπείρωμα με σήτα, προκειμένου να αποτραπεί η διείσδυση στο εσωτερικό των λυσιμέτρων, υλικών που μπορεί να παρεμποδίσουν την ελεύθερη διέλευση του νερού (Εικόνες 4, 5). Στο σημείο ένωσης του σπειρώματος και του PVC προστέθηκε ακρυλική σιλικόνη για την αποφυγή διαρροών.



Εικόνα 4. Λεπτομέρεια των μεταλλικών σπειρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των λυσιμέτρων. Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006



Εικόνα 5. Η διαδικασία τοποθέτησης του μεταλλικού σπειρώματος
(α). Η δημιουργία ανοίγματος στο λυσίμετρο
(β). Η τοποθέτηση στεγανοποιητικού υλικού στο σπείρωμα
(γ). Το βίδωμα του σπειρώματος στην κάτω επιφάνεια του λυσιμέτρου
(δ). Η τελική μορφή του κάτω μέρους του λυσιμέτρου
Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006

Στην άκρη του σπειρώματος τοποθετήθηκε εύκαμπτος, διάφανος σωλήνας για να είναι δυνατή η συλλογή του νερού αποστράγγισης (Εικόνα 6) και τα λυσίμετρα εγκαταστάθηκαν σε πάγκους ρυθμιζόμενου ύψους, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η τοποθέτησή τους σε οριζόντιο επίπεδο.

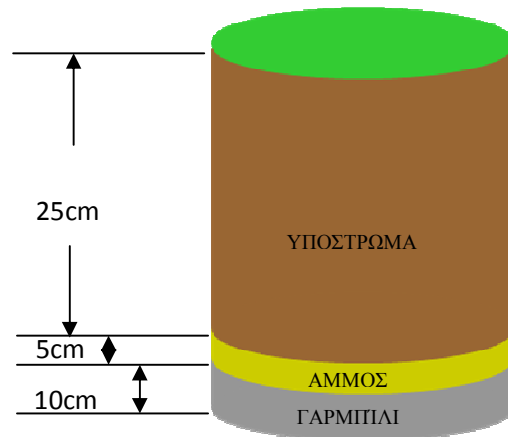


Εικόνα 6. Τοποθέτηση και σταθεροποίηση του εύκαμπτου, διάφανου σωλήνα στην άκρη των σπειρωμάτων. Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006

4.3.2. Κατασκευή υποστρωμάτων και Πλήρωση των λυσιμέτρων

Η κατασκευή των υποστρωμάτων περιελάμβανε την προσθήκη σε αναδευτήρα του εδάφους και του κομπόστ στις σωστές αναλογίες, έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη ομοιογένεια του υπό κατασκευή υποστρώματος. Τα υποστρώματα που κατασκευάστηκαν αποτελούνταν από κομπόστ (ΚΑΑ) και αμμοπηλώδες έδαφος από την περιοχή της Αλιάρτου με σύσταση 78,9% άμμο, 8,0% ιλύ και 13,1% άργιλο (Ε) στις εξής αναλογίες: α) Έδαφος 100% (Ε₁) το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, β) Ε₇:ΚΑΑ₁ σε αναλογία 85,5:12,5% γ) Ε₃:ΚΑΑ₁ σε αναλογία 75:25% και δ) Ε₁:ΚΑΑ₁ σε αναλογία 50:50%.

Στα λυσίμετρα τοποθετήθηκε γαρμπίλι 100mm, άμμος 50mm και υπόστρωμα 250mm (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Απεικόνιση του εσωτερικού των λυσιμέτρων

Μετά την πλήρωση των λυσιμέτρων με τα εδαφικά υποστρώματα ακολούθησε η συμπίεση των υποστρωμάτων με τη χρήση ενός ειδικά κατασκευασμένου συμπιεστήρα (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Συμπίεση υποστρωμάτων

(α). Ο συμπιεστήρας που χρησιμοποιήθηκε

(β). Ο τρόπος λειτουργίας του συμπιεστήρα

(γ). Το μανόμετρο του συμπιεστήρα

Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006

Η διαδικασία της συμπίεσης των υποστρωμάτων πραγματοποιήθηκε ως εξής: αρχικά τοποθετήθηκε μία προέκταση από PVC σωλήνα στα λυσίμετρα, στη συνέχεια τα λυσίμετρα πληρώθηκαν με το υπόστρωμα και ακολούθησε η συμπίεση μέσω του εμβόλου του συμπιεστήρα, σε όλα τα υποστρώματα πραγματοποιήθηκε συμπίεση της τάξεως των 110 bars. Μετά τη συμπίεση αφαιρέθηκε η προέκταση από PVC και η περίσσεια του υποστρώματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 9 (Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006). Τέλος αφαιρέθηκε επιπλέον υπόστρωμα ώστε η τελική επιφάνεια των υποστρωμάτων, να βρίσκεται περίπου 5mm κάτω από την ανώτερη επιφάνεια του λυσιμέτρου.



Εικόνα 9. Η διαδικασία πλήρωσης των λυσιμέτρων με τα υποστρώματα και η συμπίεση των υποστρωμάτων.

(α). Η Τοποθέτηση προέκτασης από PVC στα λυσίμετρα

(β), (γ). Η Πλήρωση του λυσιμέτρου με το υπόστρωμα

(δ), (ε). Η συμπίεση του υποστρώματος μέσω του εμβόλου του συμπιεστήρα

(στ). Η αφαίρεση της προέκτασης

Πηγή: Τσογγαράκης, 2005; Κοτοπούλης 2006

4.3.3. Άρδευση, λίπανση και φυτοπροστασία

Η άρδευση ήταν σχεδόν καθημερινή ανάλογα με τις απαιτήσεις του χλοοτάπητα και τις καιρικές συνθήκες ενώ η ποσότητα άρδευσης ήταν ίδια για

όλα τα λυσίμετρα. Η άρδευση γινόταν με την ογκομέτρηση των κατάλληλων ποσοτήτων νερού και με τη χρήση ειδικής αντλίας η οποία είχε τη δυνατότητα να παρέχει συγκεκριμένες ποσότητες νερού σε κάθε λυσίμετρο με τη μορφή βροχής έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σχετική ομοιομορφία σε όλη την επιφάνεια του λυσίμετρου (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Αντλία που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της άρδευσης

Το *C. dactylon* αφέθηκε χωρίς λίπανση για 3 μήνες προκειμένου να διαπιστωθούν οι διαφορές στην ανάπτυξη λόγω της περιεκτικότητας του κομπόστ σε άζωτο. Στη συνέχεια η μελέτη χωρίστηκε σε δύο υπομελέτες από τις οποίες η μία δεχόταν διαφυλλική λίπανση (Nutrileaf 20-20-20 σε αναλογία 5gL^{-1}) κάθε 14 ημέρες, ενώ η άλλη παρέμεινε χωρίς λίπανση.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος εφαρμόστηκε φυτοπροστασία όταν χρειάστηκε. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το μυκητοκτόνο Daconil (Clorothalonil) στις 30 Οκτωβρίου 2007 για την καταπολέμηση του μύκητα *Rhizoctonia solani*, το εντομοκτόνο Karate (l-cyhalothrin) και το εντομοκτόνο Runner (Methoxyfenozide) στις 24 Σεπτεμβρίου 2007 για την καταπολέμηση των προνυμφών της οικογένειας Noctuidae (αγρότηδες).

4.3.4 Φυτικό υλικό

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το θερμοφιλο είδος χλοοτάπητα *Cynodon dactylon* 'Princess 77'.. Η εγκατάσταση του φυτικού υλικού έγινε με σπορά, χρησιμοποιώντας ποσότητα σπόρου ίση με $9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ενώ πριν από τη σπορά εφαρμόστηκε άρδευση με 200 ml νερό σε όλα τα υποστρώματα. Η σπορά έγινε στις 11 Απριλίου 2007 και αμέσως μετά τοποθετήθηκε πάνω από κάθε λυσιμέτρο λεπτή σίτα ώστε να προστατευτούν οι σπόροι από τα έντομα, τα πουλιά και τον αέρα. Οι σήτες αφαιρέθηκαν στις 10 Μαΐου 2007 όταν ο χλοοτάπητας είχε εγκατασταθεί επιτυχώς.

4.3.5 Μετρήσεις

Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 40 δειγματοληψίες που αφορούσαν τον προσδιορισμό της ανάπτυξης του χλοοτάπητα ο οποίος έγινε μέσω του προσδιορισμού του ξηρού βάρους των υπολειμμάτων κοπής. Η κοπή του χλοοτάπητα γινόταν κάθε τρεις μέρες και μόνο όταν ο χλοοτάπητας ήταν στεγνός, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης μυκήτων. Για τη διαδικασία της κοπής χρησιμοποιήθηκαν ειδικά ψαλίδια και μία σχάρα που εξασφάλιζε σταθερό ύψος κοπής στα 50 mm. Τα υπολείμματα κοπής κάθε λυσιμέτρου συλλέγονταν με αναρρόφηση και τοποθετούνταν στο ξηραντήριο για τρεις ημέρες στους 75°C . Ακολουθούσε το ζύγισμα των υπολειμμάτων κοπής σε ζυγό ακριβείας (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. (α). Διαδικασία κοπής χλοοτάπητα
(β). Το ξηραντήριο που χρησιμοποιήθηκε
(γ). Η ζυγαριά ακριβείας

Ο προσδιορισμός της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος έγινε με τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους τμήματος του ριζικού συστήματος. Οι δειγματοληψίες έγιναν ως εξής: από τα λυσίμετρα αφαιρέθηκαν κυλινδρικά τμήματα (καρότα) του υποστρώματος σε βάθος 25 cm με τη χρήση εδαφικού δειγματολήπτη με εσωτερική διάμετρο 50 mm. Στη συνέχεια από τα εδαφικά δείγματα αφαιρέθηκε με ήπια υδροβολή το υπόστρωμα και το ριζικό σύστημα τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο για τρεις ημέρες στους 75°C και ακολούθησε το ζύγισμα του ριζικού συστήματος σε ζυγαριά ακριβείας. Το σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εντελώς τυχαίο.

Για τη μέτρηση της οπτικής ποιότητας του χλοοτάπητα τα λυσίμετρα βαθμονομήθηκαν με βάση το χρώμα, την πυκνότητα την ομοιομορφία του χλοοτάπητα καθώς και το ποσοστό κάλυψης του λυσιμέτρου. Η κλίμακα

βαθμονόμησης ήταν από το 1 ως το 9 όπου το 1 ήταν ο ξηρός χλοοτάπητας και το 9 η άριστη οπτική ποιότητα.

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση ANOVA και επιλέχθηκε η δοκιμασία του F με επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$. Η σύγκριση των επεμβάσεων έγινε με τη μέθοδο *Student's t test* και η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων απεικονίστηκε στα διαγράμματα με τη χρήση γραμμάτων της Αγγλικής αλφάβητου. Οι μέσοι των επεμβάσεων που δεν ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα είναι διαφορετικοί σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

4.4 Ανάπτυξη θαμνωδών φυτών

4.4.1 Εδαφικά μείγματα

Για τη μελέτη της επίδρασης του compost στην ανάπτυξη των τριών θαμνωδών φυτών τρία διαφορετικά μείγματα κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) με τύρφη (Τ) και περλίτη (Π) συγκρίθηκαν με το υπόστρωμα 50%Τ-50%Π που αποτελούσε το μάρτυρα. Τα μείγματα ήταν: 37,5%Τ-50%Π-12,5%ΚΑΑ, 25%Τ-50%Π-25%ΚΑΑ και 12,5%Τ-50%Π-37,5%ΚΑΑ (κ.ο.). Στο υπόστρωμα που αποτελούσε το μάρτυρα έγινε διόρθωση pH πριν την τοποθέτησή του στις γλάστρες με την προσθήκη 11g CaCO_3 /L μείγματος. Στον Πίνακα 11 φαίνεται το pH των υποστρωμάτων. Μετά την κατασκευή τους τα μείγματα τοποθετήθηκαν σε γλάστρες εσωτερικής διαμέτρου 14cm και χωρητικότητας περίπου 1300 ml, ενώ συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 20 γλάστρες για κάθε υπόστρωμα ανά φυτικό είδος.

Πίνακας 11. Ph υποστρωμάτων

Υπόστρωμα	50%Τ-50%Π		37,5%Τ- 50%Π- 12,5%ΚΑΑ	25%Τ- 50%Π- 25%ΚΑΑ	12,5%Τ- 50%Π- 37,5%ΚΑΑ
	Αρχικό	Μετά τη βελτίωση			
pH	5.1	5.8	6.5	6.85	7.1

4.4.2 Φυτικό υλικό, λίπανση και φυτοπροστασία

Για τη διεξαγωγή του πειράματος επιλέχθηκαν τρία είδη θαμνωδών φυτών: *Senecio maritima*, *Rosmarinus officinalis* και *Ligustrum japonicum*. Τα φυτά αυτά ήταν σπορόφυτα της ίδιας ηλικίας και τοποθετήθηκαν στα εδαφικά μείγματα στις 17 Φεβρουαρίου 2007. Για κάθε υπόστρωμα φυτεύτηκαν 20 φυτά από το κάθε είδος από τα οποία τα μισά αφέθηκαν χωρίς λίπανση και τα υπόλοιπα λιπαίνονταν με ριζοπότισμα κάθε 7 ημέρες με υδατοδιαλυτό λίπασμα 20N-20P-20K (Nutrileaf) σε διάλυμα 4 g L^{-1} και με εφαρμογή 200 mL διαλύματος ανά γλάστρα. Το πότισμα γινόταν σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών και τις κλιματικές συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος εφαρμόστηκε φυτοπροστασία όπου χρειάστηκε, η οποία αφορούσε την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Carbaryl που εφαρμόστηκε στις 22 Μαρτίου 2007 για την καταπολέμηση εντόμων της οικογένειας Cecydomyidae και το Savona που εφαρμόστηκε στις 20 Μαΐου 2007 για την καταπολέμηση εντόμων της οικογένειας Aphididae (Αφίδες).

4.4.3 Μετρήσεις

Για τον προσδιορισμό της ανάπτυξης των θαμνωδών φυτών μετρήθηκε η διαφορά του τελικού ύψους των φυτών (τέλος Μαΐου 2007) από το αρχικό τους ύψος και το πάχος του λαιμού. Για τη μέτρηση της διαφοράς του ύψους χρησιμοποιήθηκε υποδεκάμετρο και για τη μέτρηση του πάχους του λαιμού παχύμετρο. Επιπλέον στο τέλος της μελέτης με καταστροφική δειγματοληψία υπολογίστηκε το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού. Το υπέργειο τμήμα αφαιρέθηκε από το λαιμό και ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια τα υπέργεια τμήματα των φυτών τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο στους 75°C για

τρεις ημέρες ώστε να μετρηθεί και το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.

Για τη μέτρηση του νωπού και ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος, οι ρίζες των φυτών καθαρίστηκαν επιμελώς από το υπόστρωμα, ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο στους 75°C για τρεις ημέρες. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε το ξηρό βάρος των ριζών.

Για τη μελέτη της επίδρασης του compost στην άνθηση της σινεράριας μετρήθηκε ο αριθμός των ταξιανθιών και ο αριθμός των κεφαλών ανά ανθοταξία. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε είναι το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση ANOVA και επιλέχθηκε η δοκιμασία του F με επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$. Η σύγκριση των επεμβάσεων έγινε με τη μέθοδο *Student's t test* και η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων απεικονίστηκε στα διαγράμματα με τη χρήση γραμμών της Αγγλικής αλφάβητου. Οι μέσοι των επεμβάσεων που δεν ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα είναι διαφορετικοί σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$.

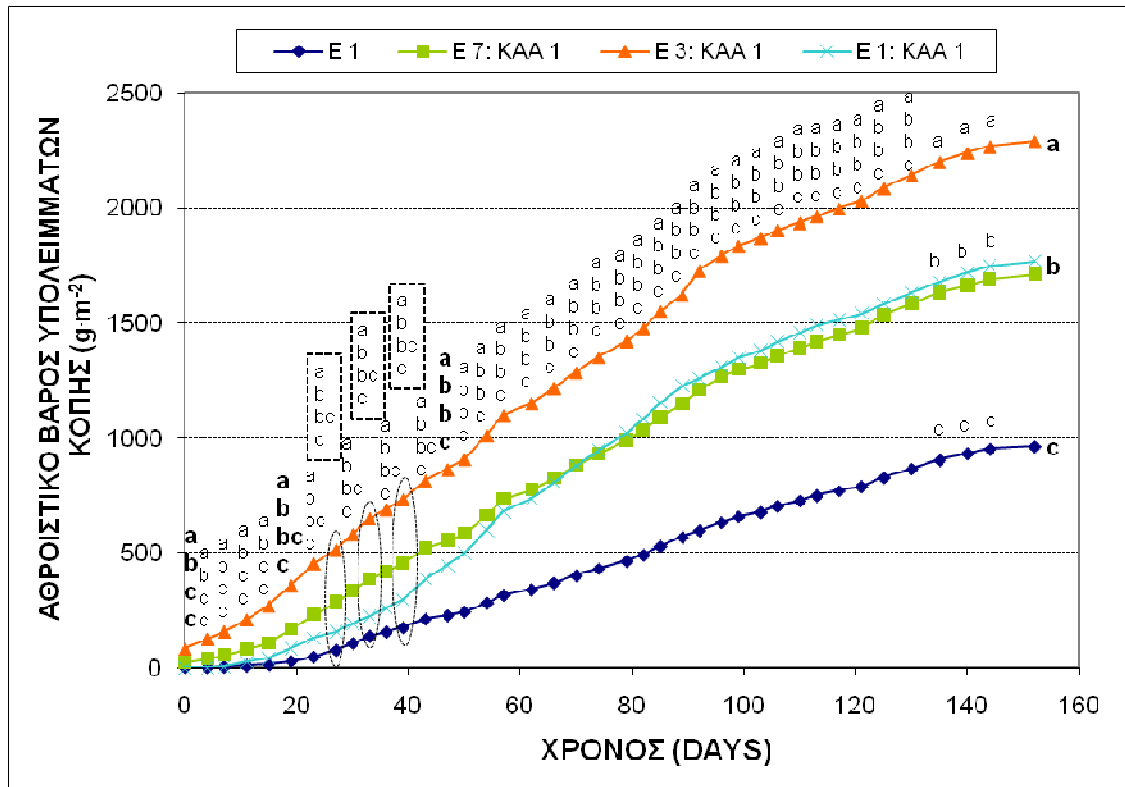
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Μελέτη χλοοτάπητα (*Cynodon dactylon*)

5.1.1. Ανάπτυξη χλοοτάπητα

5.1.1.1. Μελέτη χωρίς λίπανση

Από τις μετρήσεις του ξηρού βάρους των υπολειμμάτων κοπής του χλοοτάπητα κατά τη χρονική περίοδο Μαΐου 2007- Οκτωβρίου 2007 φαίνεται ότι η ανάπτυξη του χλοοτάπητα ήταν μικρότερη στο μάρτυρα και μεγαλύτερη στο υπόστρωμα E₃:KAA₁ που περιείχε κομπόστ σε ποσοστό 25%. Τα υποστρώματα E₇:KAA₁ και E₁:KAA₁ με κομπόστ 12,5% και 50% αντίστοιχα, δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους (Διάγραμμα 10).

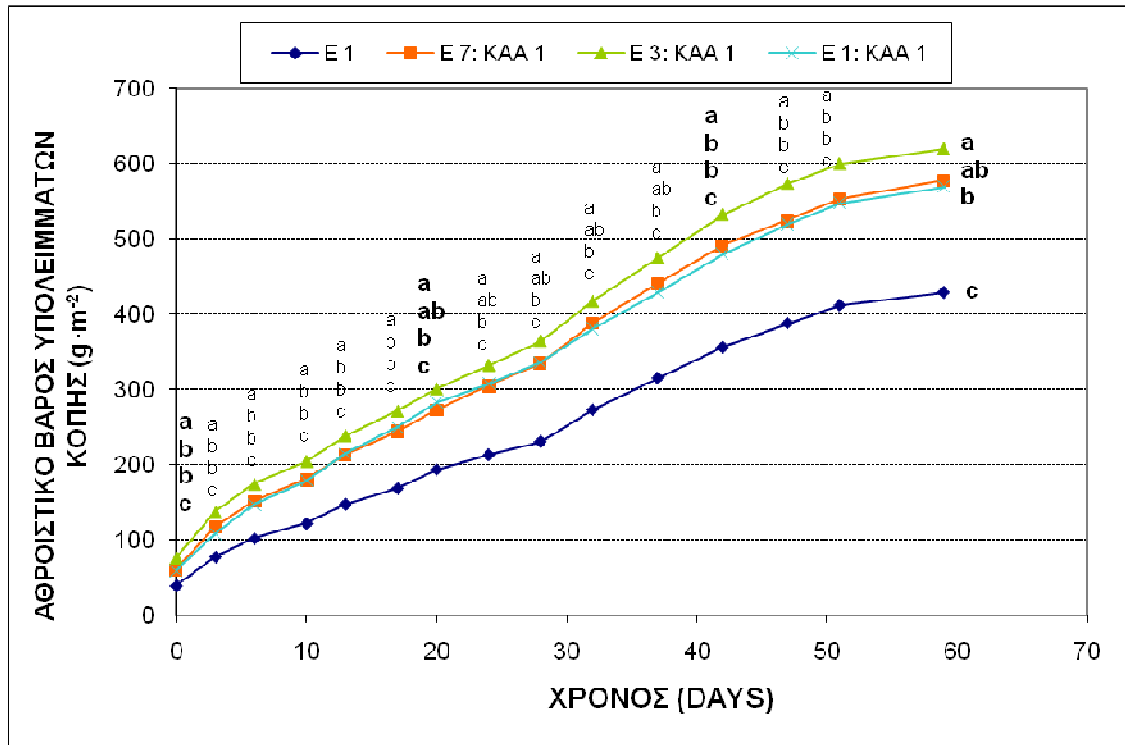


Διάγραμμα 10. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος του χλοοτάπητα *C. dactylon* χωρίς καμία εφαρμογή λίπανσης. E1 = 100% έδαφος, E7:KAA1=87,5%E-12,5% ΚΑΑ, E3:KAA1=75%E-25% ΚΑΑ, E1:KAA1=50%E-50% ΚΑΑ.

Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$.

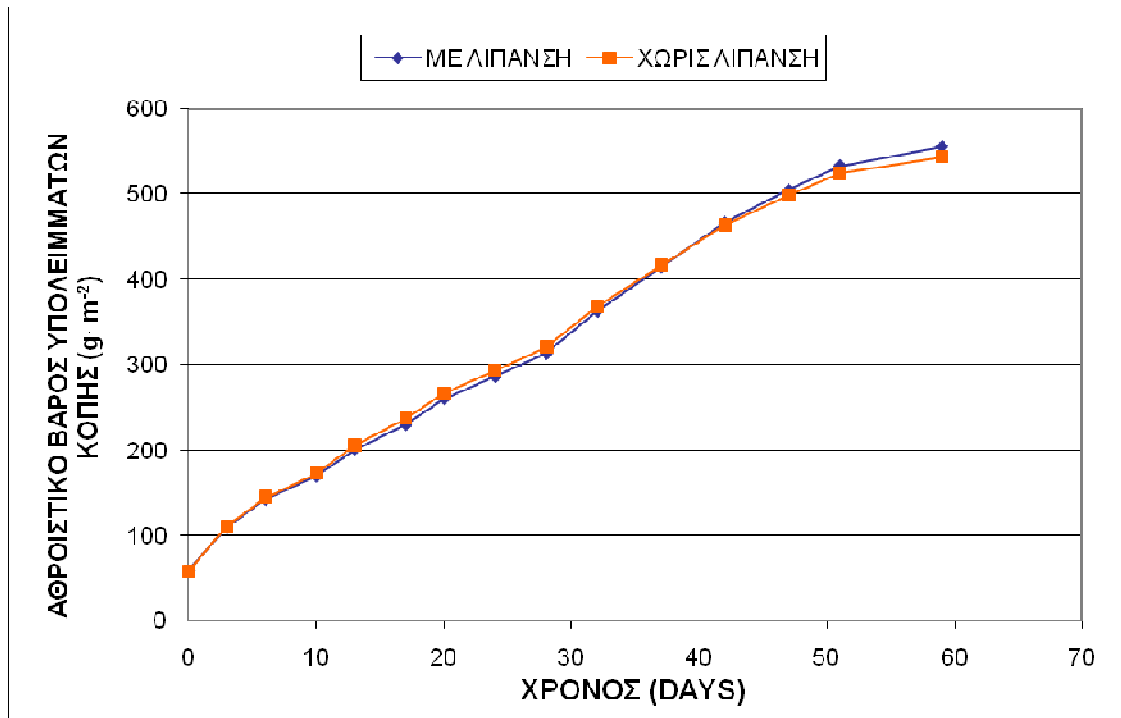
5.1.1.2. Μελέτη με λίπανση

Σε ότι αφορά το ξηρό βάρος των υπολειμμάτων κοπής κατά τη μελέτη όπου εφαρμόστηκε διαφυλλική λίπανσης παρατηρήθηκε ότι τα υποστρώματα με ενσωμάτωση κομποστ είχαν μεγαλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με το μάρτυρα κατά τη χρονική περίοδο Αυγούστου 2007- Οκτωβρίου 2007 (Διάγραμμα 11). Αντίθετα η προσθήκη διαφυλλικής λίπανσης δεν επηρέασε την ανάπτυξη του χλοοτάπητα (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 11. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος του χλοοτάπητα *C. dactylon* με την εφαρμογή λίπανσης. E1 = 100% έδαφος, E7:KAA1=87,5%E-12,5% ΚΑΑ, E3:KAA1=75%E-25% ΚΑΑ, E1:KAA1=50%E-50% ΚΑΑ.

Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$.

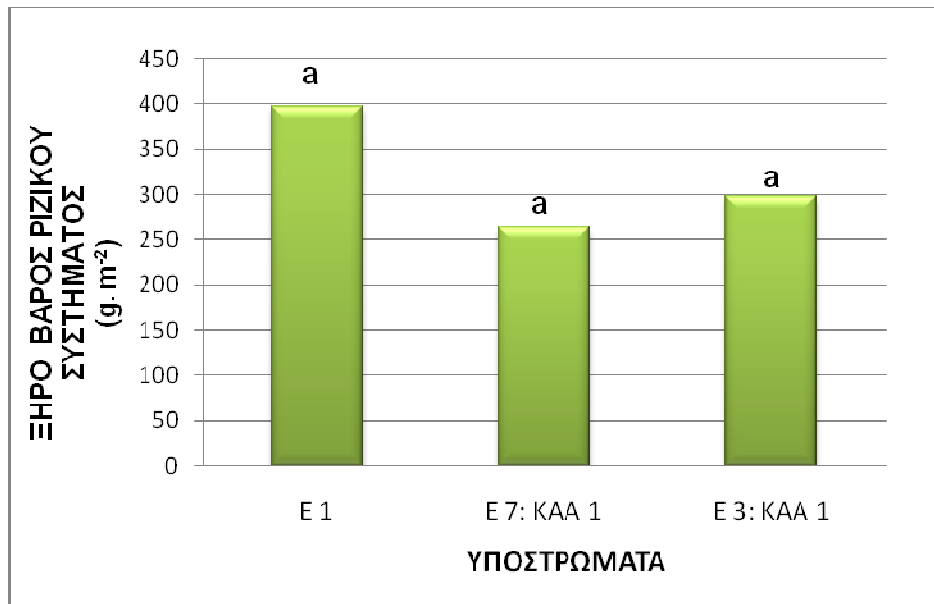


Διάγραμμα 12. Επίδραση της λίπανσης στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος του χλοοτάπητα *C. dactylon*

Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$.

5.1.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος

Η μελέτη για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος περιορίστηκε στα υποστρώματα E_1 , $E_3:KAA_1$ και $E_7:KAA_1$. Το υπόστρωμα $E_1:KAA_1$ δεν συμμετείχε στη μελέτη αφού εξαιτίας της κακής κοκκομετρίας της οργανικής ουσίας μειώθηκε το πορώδες και ταυτόχρονα εμφανίστηκαν φαινόμενα καθίζησης κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και ως εκ τούτου κρίθηκε ακατάλληλο για την ανάπτυξη χλοοτάπητα. Από τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους των ριζών φαίνεται ότι η παρουσία του κομπόστ στα υποστρώματα δεν επηρέασε την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Διάγραμμα 13).

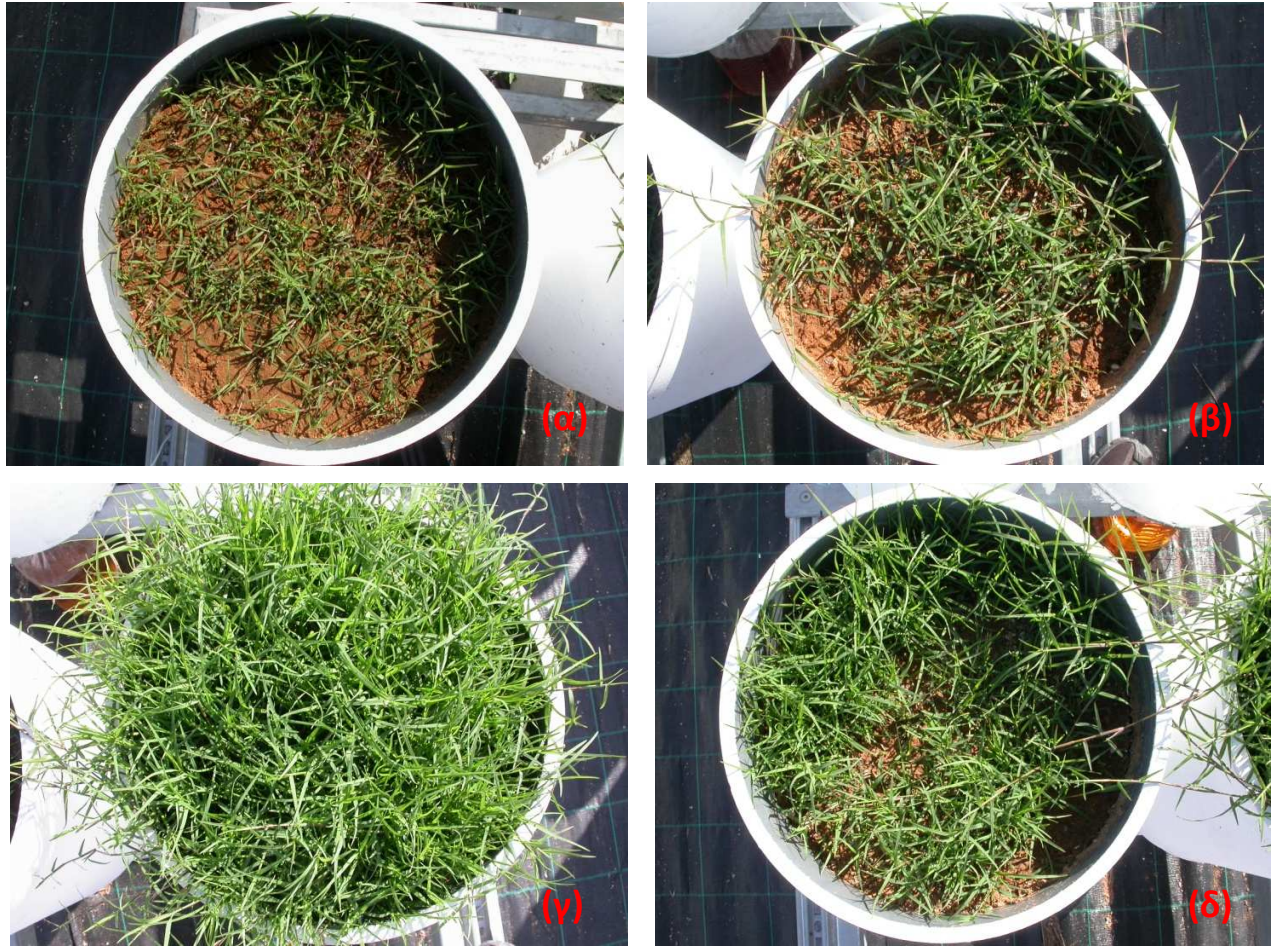


Διάγραμμα 13. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του χλοοτάπητα *C. dactylon*. E1 = 100% έδαφος, E7:ΚΑΑ1=87,5%E-12,5% ΚΑΑ, E3:ΚΑΑ1=75%E-25% ΚΑΑ.

Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$.

5.1.3. Οπτική ποιότητα χλοοτάπητα

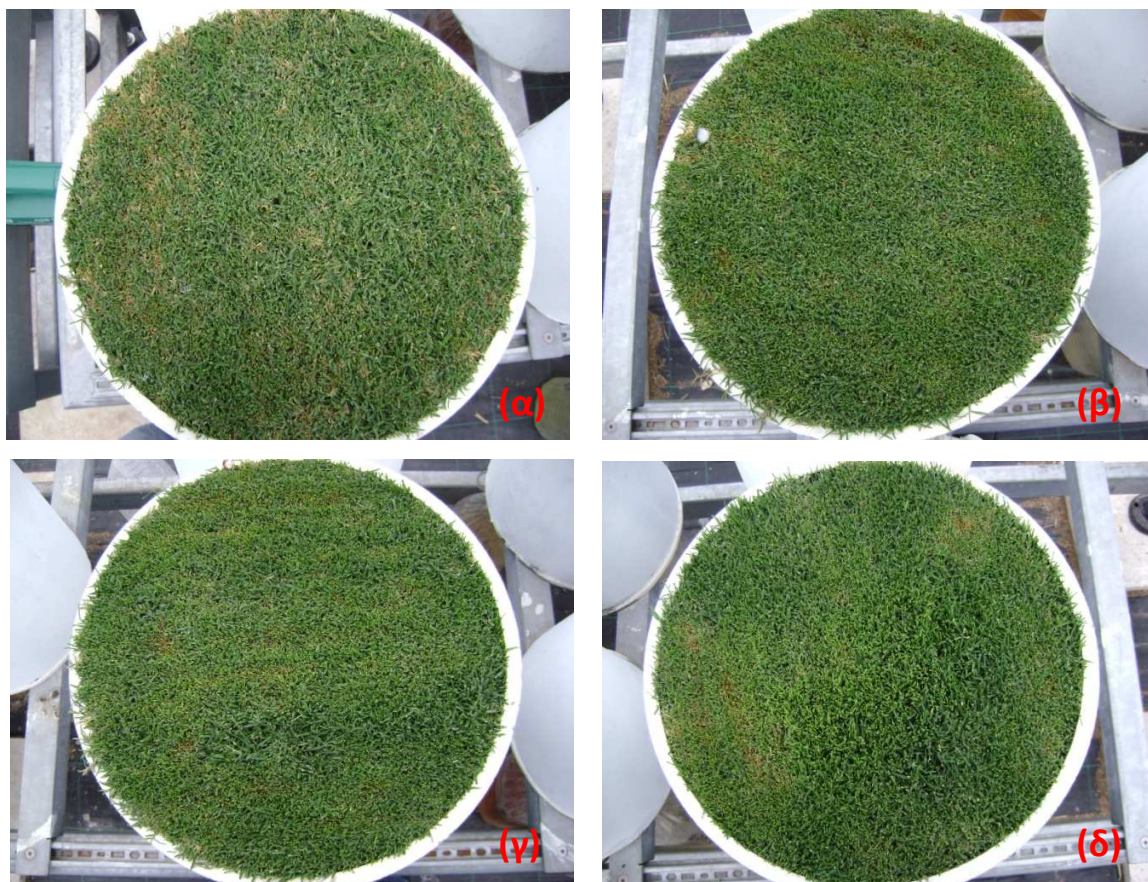
Η οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα ένα μήνα μετά τη σπορά παρουσίασε διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων καθώς ήταν σημαντικά βελτιωμένη στο υπόστρωμα E₃:ΚΑΑ₁ (Εικόνα 12). Γενικά η οπτική ποιότητα κατά την εγκατάσταση των χλοοταπήτων ακολουθούσε τη σειρά 25, 50, 12,5 και 0 (Εικ. 12).



Εικόνα 12. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στην οπτική ποιότητα χλοοτάπητα *C. dactylon* ένα μήνα μετά τη σπορά

- (α) υπόστρωμα E_1 (100% έδαφος)
- (β) υπόστρωμα $E_7:KAA_1$ (87,5%E-12,5%)
- (γ) υπόστρωμα $E_3:KAA_1$ (75%E-25% ΚΑΑ)
- (δ) υπόστρωμα $E_1:KAA_1$ (50%E-50% ΚΑΑ)

Παρόλα αυτά, έξι μήνες μετά τη σπορά του *Cynodon dactylon*, στη μελέτη χωρίς λίπανση, ο μάρτυρας υπολείπετο σε οπτική ποιότητα έναντι των υπολοίπων υποστρωμάτων που περιέχουν compost (Εικόνα 13). Στον Πίνακα 12 φαίνονται οι διαφορές στην οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα ένα και έξι μήνες μετά τη σπορά.



Εικόνα 13. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στην οπτική ποιότητα χλοοτάπητα *C. dactylon* έξι μήνες μετά τη σπορά στη μελέτη χωρίς λίπανση

- (α) υπόστρωμα E_1 (100% έδαφος)
- (β) υπόστρωμα $E_7:KAA_1$ (87,5% E-12,5%)
- (γ) υπόστρωμα $E_3:KAA_1$ (75% E-25% ΚΑΑ)
- (δ) υπόστρωμα $E_1:KAA_1$ (50% E-50% ΚΑΑ)

Πίνακας 12. Επίδραση της προσθήκης του κομποστ αστικών απορριμμάτων (ΚΑΑ) ως εδαφοβελτιωτικού στην οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα *C. dactylon*, ένα και έξι μήνες μετά τη σπορά. E₁ (100% έδαφος), E₇:ΚΑΑ₁ (87,5%E-12,5%), E₃:ΚΑΑ₁ (75%E-25% ΚΑΑ), E₁:ΚΑΑ₁ (50%E-50% ΚΑΑ). Διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας P≤0.05.

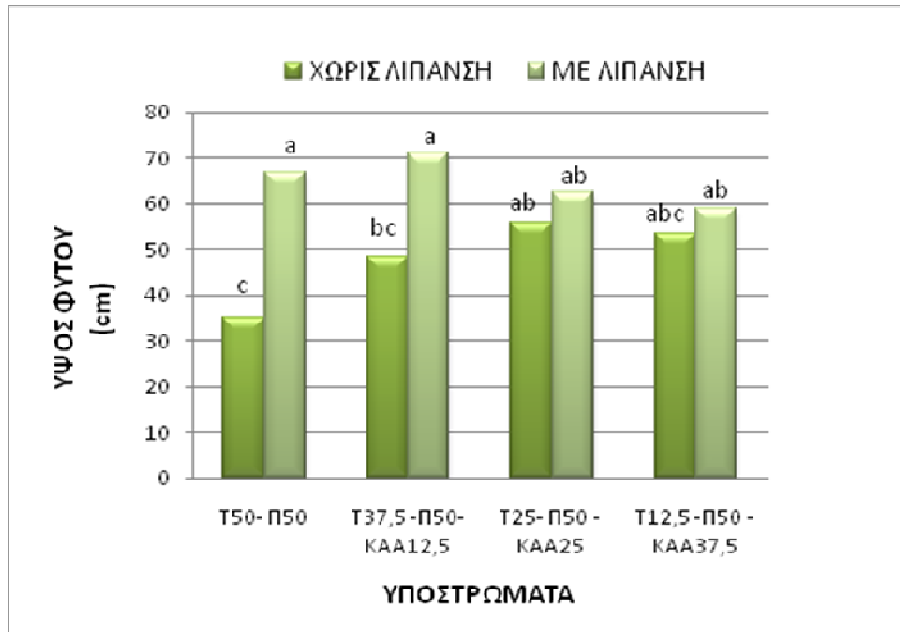
	E1	E7:ΚΑΑ1	E3:ΚΑΑ1	E1:Κ1
1 μήνα μετά τη σπορά	2.2 c	4.5 b	7.1 a	3.3 bc
6 μήνες μετά τη σπορά	6.6 b	7.8 a	8.0a	7.5 a

5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΘΑΜΝΩΔΩΝ ΦΥΤΩΝ

5.2.1. Σενεράρια (*Senecio maritima* L.)

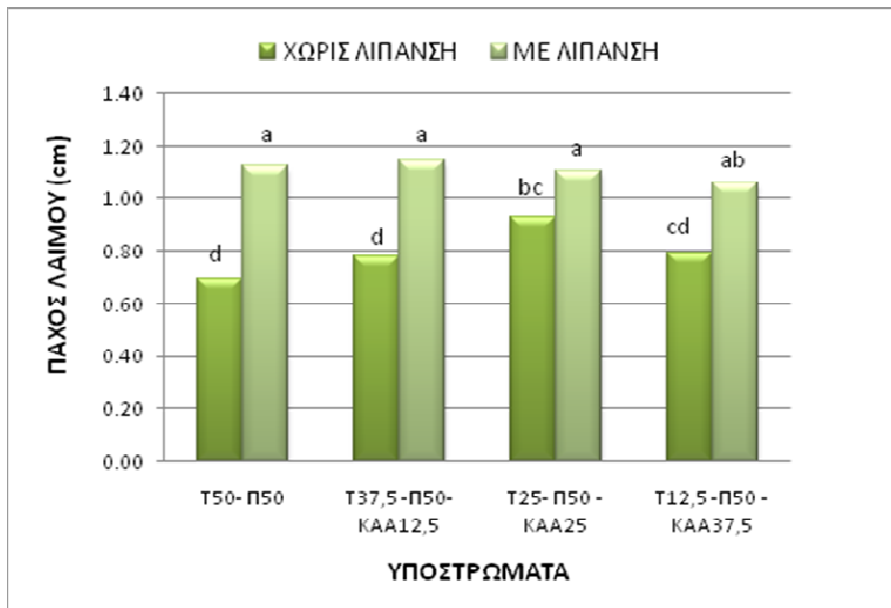
5.2.1.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος

Ύψος φυτών. Σε ότι αφορά την ανάπτυξη σε ύψος των φυτών της σενεράριας (Διάγραμμα 14) τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στα υποστρώματα που περιείχαν 25 και 37,5% ΚΑΑ και δεν λιπαίνονταν ανέπτυξαν σχεδόν το ίδιο ύψος με τα φυτά του μάρτυρα με λίπανση. Επομένως, σε ότι αφορά στο ύψος των φυτών, το κομπόστ υποκατέστησε τη λίπανση όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25%. Σε συνθήκες μη λίπανσης η μερική αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστ ενίσχυσε την ανάπτυξη των φυτών καθώς βρέθηκε ότι το ύψος ήταν μεγαλύτερο σε όλα τα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ και δεν λιπαίνονταν σε σύγκριση με το μάρτυρα. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη σε ύψος στα φυτά που δεν λιπαίνονταν παρατηρήθηκε στα υποστρώματα με 25% και 37,5% ΚΑΑ και ακολούθησαν τα φυτά του υποστρώματος με 12,5% ΚΑΑ. Όταν εφαρμόστηκε λίπανση τα φυτά του υποστρώματος με 12,5% ΚΑΑ απέκτησαν το ίδιο ύψος με τα φυτά του μάρτυρα ενώ μικρή μείωση του ύψους παρατηρήθηκε στα φυτά των υποστρωμάτων με 25% και 37,5% ΚΑΑ.



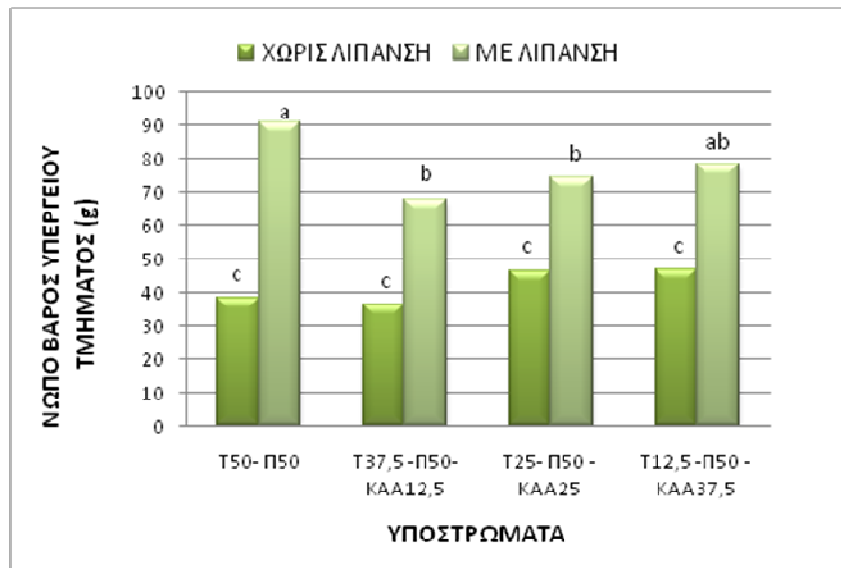
Διάγραμμα 14. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ύψος των φυτών του *S. maritima*. T50-Π50=50%Τύρφη- 50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Πάχος στελέχους στο λαιμό. Τα φυτά που δε λιπαίνονταν ανεξαρτήτως της χρήσης κομπόστ ανέπτυξαν μικρότερο πάχος λαιμού σε σύγκριση με αυτά που λιπαίνονταν (Διάγραμμα 15). Όλα τα υποστρώματα με λίπανση παρουσίασαν την ίδια διάμετρο λαιμού εκτός από το υπόστρωμα με το μεγαλύτερο ποσοστό κόμποστ 37,5% που είχε οριακά μικρότερη διάμετρο λαιμού. Υπό καθεστώς μη λίπανσης η προσθήκη του κομπόστ στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25% άυξησε τη διάμετρο του στελέχους στο λαιμό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μη λιπαινόμενες επεμβάσεις (Διάγραμμα 15).



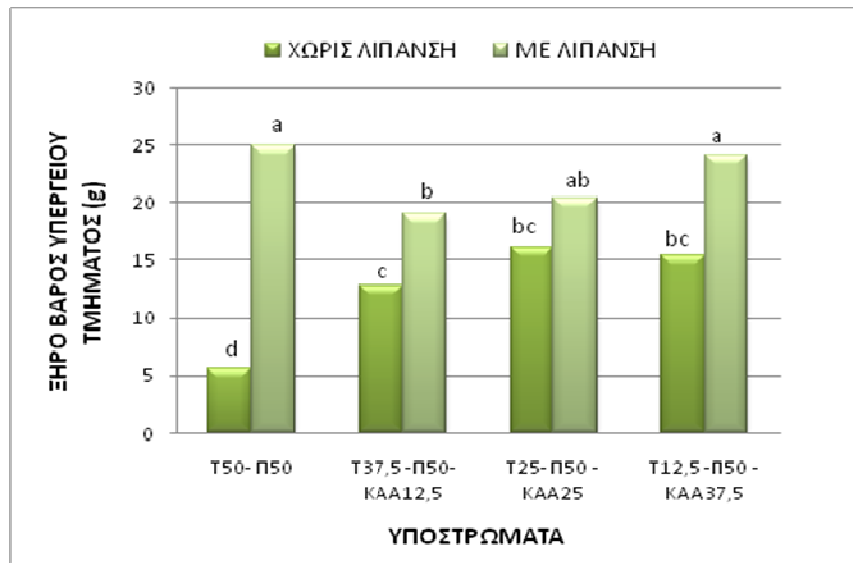
Διάγραμμα 15. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο πάχος του λαιμού του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος. Σε ότι αφορά την επίδραση του ΚΑΑ στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του *S. maritima*, η χρήση του ως εδαφοβελτιωτικού του υπόστρωματος δεν υποκατέστησε τη λίπανση καθώς όλες οι επεμβάσεις χωρίς λίπανση παρουσίασαν μικρότερο νωπό βάρος υπέργειου τμήματος σε σχέση με τις επεμβάσεις που λιπαίνονταν (Διάγραμμα 16). Επιπλέον σε συνθήκες μη λίπανσης η χρήση του κομπόστ δεν επηρέασε το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού. Αντίθετα όταν τα φυτά λιπαίνονταν η χρήση του ΚΑΑ είχε ανασχετική επίδραση στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος. Η μείωση αυτή του νωπού βάρους ήταν μεγαλύτερη για τα υποστρώματα που περιείχαν 12,5% και 25% ΚΑΑ και μικρότερη για το υπόστρωμα με 37,5% ΚΑΑ.



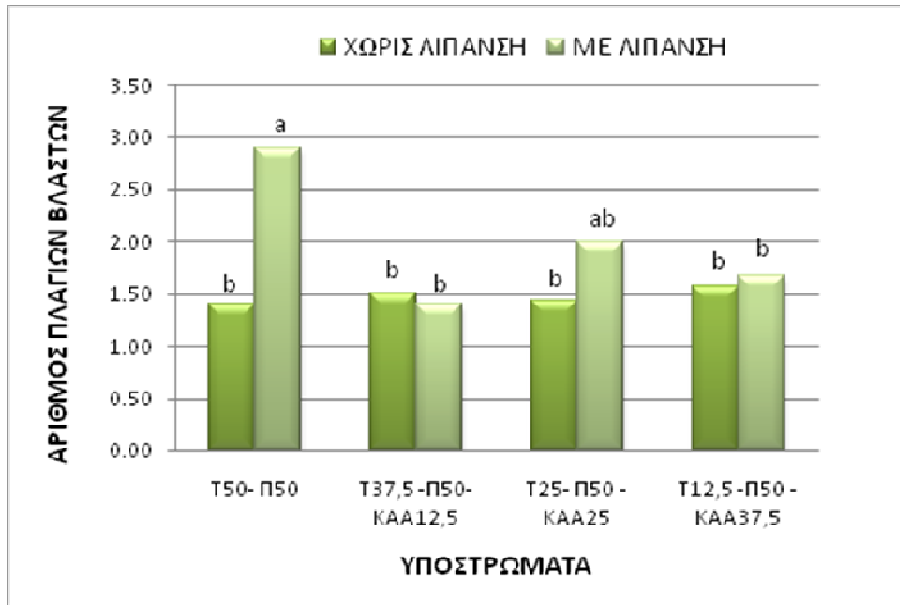
Διάγραμμα 16. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος. Σε ότι αφορά το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού, η χρήση του ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση σε καμία συγκέντρωση. Στις επεμβάσεις όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση η αντικατάσταση μέρους της τύρφης από ΚΑΑ ενόησε την αύξηση του ξηρού βάρους. Η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη για τα υποστρώματα που περιείχαν 25% και 37,5% ΚΑΑ και μικρότερη για το υπόστρωμα με το χαμηλότερο ποσοστό ΚΑΑ 12,5% (Διάγραμμα 17). Υπό καθεστώς λίπανσης ο μάρτυρας και το υπόστρωμα με το μεγαλύτερο ποσοστό ΚΑΑ 37,5% παρουσίασαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος και ακολούθησε το υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ.



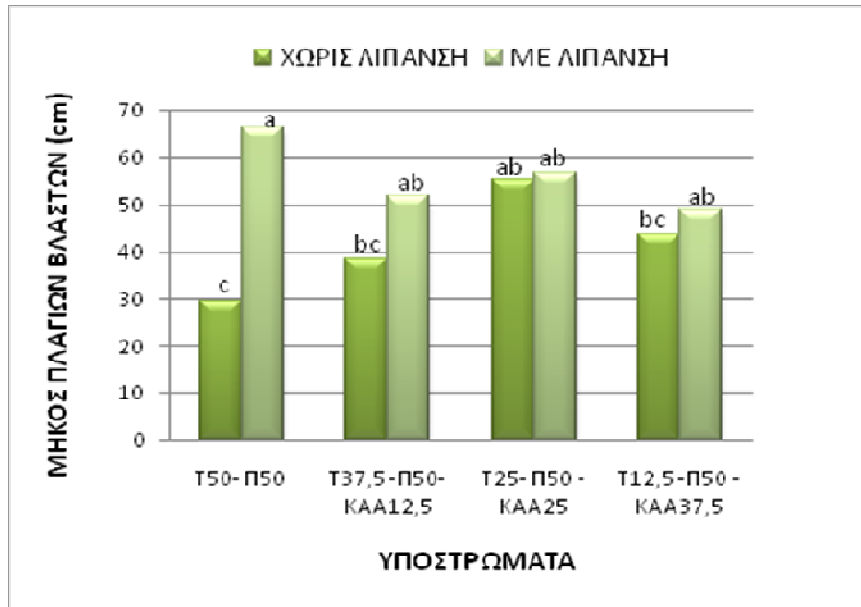
Διάγραμμα 17. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Αριθμός πλαγίων βλαστών. Η χρήση του ΚΑΑ μείωσε τον αριθμό των πλαγίων βλαστών σε σύγκριση με τον μάρτυρα T50-Π50 με λίπανση ανεξάρτητα από το ποσοστό συμμετοχής του στο υπόστρωμα ανάπτυξης ή την εφαρμογή ή μη της λίπανσης (Διάγραμμα 18). Ο μεγαλύτερος αριθμός πλαγίων βλαστών παρατηρήθηκε στο μάρτυρα (T50- Π50) με λίπανση και ακολούθησε το υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και λίπανση ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις δεν διέφεραν μεταξύ τους.



Διάγραμμα 18. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον αριθμό των πλαγίων βλαστών του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Μήκος πλαγίων βλαστών. Σε ότι αφορά το μήκος των πλαγίων βλαστών (Διάγραμμα 19), το ΚΑΑ υποκατέστησε την εφαρμογή της ανόργανης λίπανσης όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25%. Σε συνθήκες μη λίπανσης η χρήση του κομπόστ αύξησε το μήκος των πλαγίων βλαστών ιδιαίτερα στο υπόστρωμα που περιείχε 25% ΚΑΑ, ενώ στο υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ΚΑΑ 37,5% το μήκος των πλαγίων βλαστών μειώθηκε αλλά εξακολούθησε να είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με το μάρτυρα. Όταν εφαρμόστηκε λίπανση, παρατηρήθηκε μικρή μείωση του μήκους των πλαγίων βλαστών σε όλα τα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ.



Διάγραμμα 19. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον μήκος των πλαγίων βλαστών του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στην Εικόνα 14 διακρίνονται τα φυτά της Σενεράριας στην τελική τους ανάπτυξη χωρίς την εφαρμογή λίπανσης στα υπό δοκιμή υποστρώματα. Από την εικόνα των φυτών φαίνεται ότι η χρήση του ΚΑΑ ως εδαφοβελτιωτικού ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών.



Εικόνα 14. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *S. maritima*

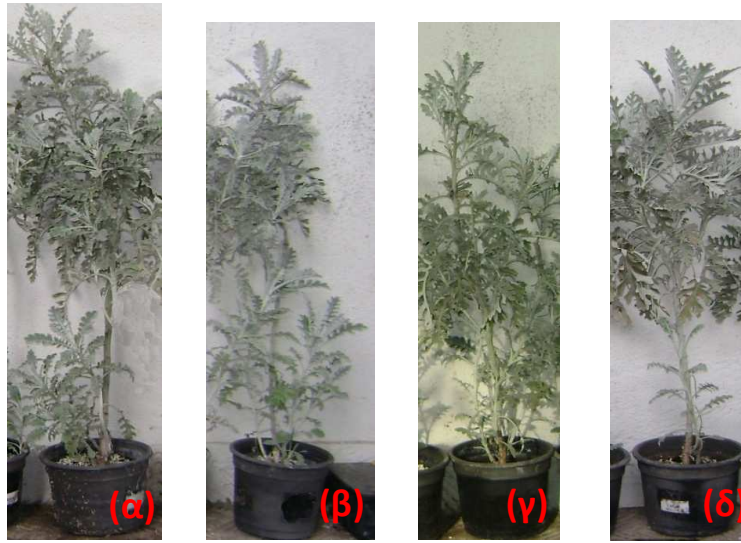
(α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)

(β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)

(γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)

(δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

Στην Εικόνα 15 απεικονίζεται η ανάπτυξης των φυτών της Σενεράριας στα οποία εφαρμόστηκε ανόργανη λίπανση. Η οπτική ποιότητα των φυτών είναι παρόμοια παρότι οι μετρήσεις έδειξαν ότι τα φυτά των υποστρωμάτων που περιείχαν κομπόστ σε αναλογίες 12,5 και 25% υστερούσαν σε αριθμό πλαγίων βλαστών.

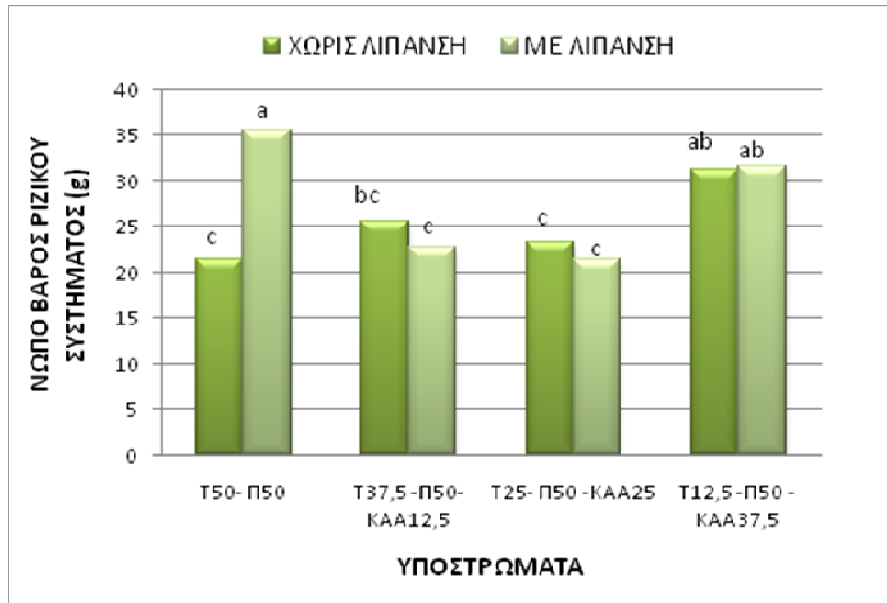


Εικόνα 15. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *S. maritima*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

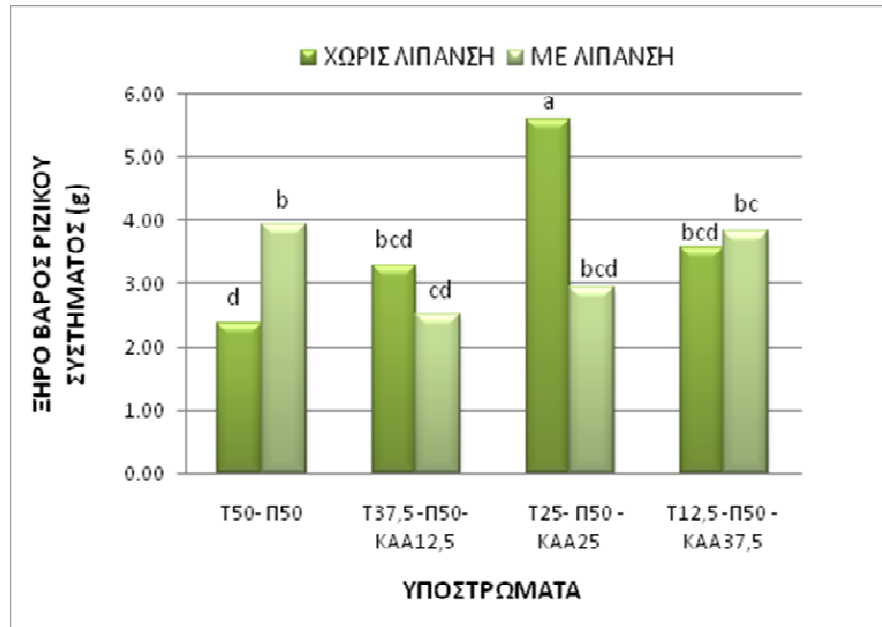
5.2.1.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος

Νωπό βάρος ριζικού συστήματος. Σε ότι αφορά το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος όταν το κομπόστ προστέθηκε στο υπόστρωμα στη μεγαλύτερη συγκέντρωση υποκατέστησε τη λίπανση (Διάγραμμα 20). Υπό καθεστώς λίπανσης οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ΚΑΑ (12,5% και 25%) μείωσαν το νωπό βάρος της ρίζας.



Διάγραμμα 20. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος ριζικού συστήματος. Το μεγαλύτερο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και δεν λιπαίνονταν (Διάγραμμα 21). Όταν εφαρμόστηκε λίπανση η προσθήκη του κομπόστ στο υπόστρωμα σε ποσοστό 12,5% και 25% μείωσε το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος. Τα υποστρώματα με 12,5% ΚΑΑ και 37,5% ΚΑΑ που δεν λιπαίνονταν ανέπτυξαν παρόμοιο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος, μεγαλύτερο από αυτό του μάρτυρα χωρίς λίπανση.



Διάγραμμα 21. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στις Εικόνες 16 και 17 που ακολουθούν φαίνεται το ριζικό σύστημα των φυτών στα διάφορα υποστρώματα με και χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης.



Εικόνα 16. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *S. maritima*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

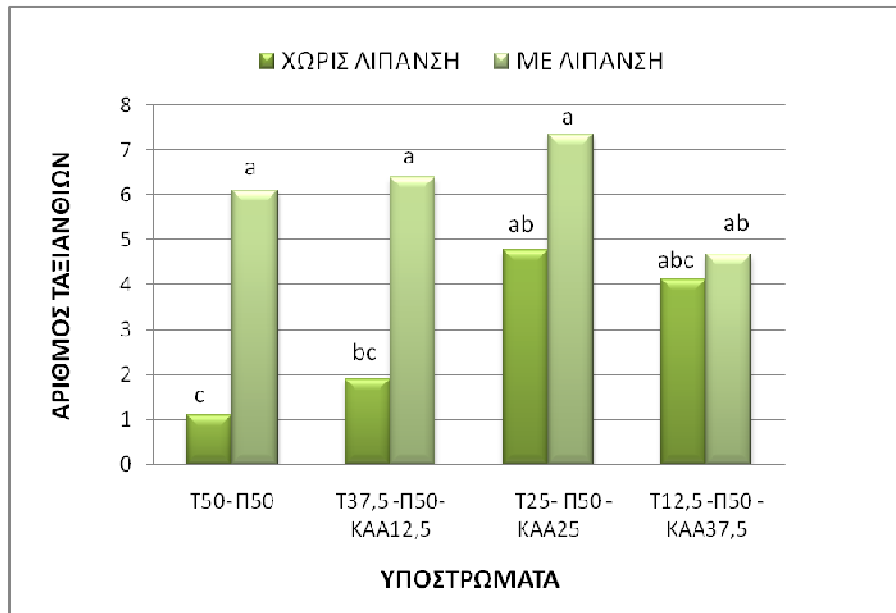


Εικόνα 17. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *S. maritima*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

5.2.1.3. Επίδραση του ΚΑΑ στην άνθιση της Σενεράριας

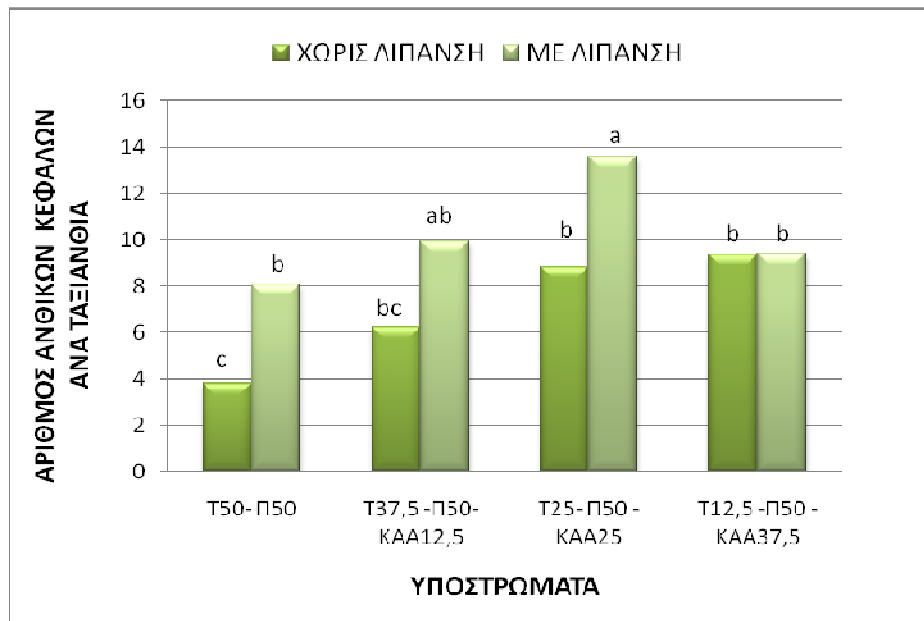
Αριθμός ταξιανθιών. Ο αριθμός των ταξιανθιών ήταν παρόμοιος μεταξύ των διαφόρων υποστρωμάτων που δέχθηκαν ανόργανη λίπανση εκτός από το υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ στη μεγαλύτερη συγκέντρωση 37,5% το οποίο παρουσίασε μικρότερο αριθμό ταξιανθιών (Διάγραμμα 22). Τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ που δεν δέχονταν λίπανση ανέπτυξαν παρόμοιο αριθμό ταξιανθιών με τα φυτά του μάρτυρα που λιπαίνονταν, επομένως σε ότι αφορά τον αριθμό των ταξιανθιών, το κομπόστ υποκατέστησε τη λίπανση όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25%. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η προσθήκη ΚΑΑ στο υπόστρωμα αύξησε τον αριθμό των ταξιανθιών ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα για τα υποστρώματα με συγκέντρωση ΚΑΑ 12,5% και 25%. Η αύξηση ήταν μικρότερη για το υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ 37,5%.



Διάγραμμα 22. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον αριθμό ταξιανθιών του *S. maritima*. T50-P50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-P50-KAA12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-P50-KAA25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-P50-KAA37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Αριθμός ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία. Ο αριθμός των κεφαλών ανά ταξιανθία ήταν ίδιος μεταξύ των υποστρωμάτων που περιείχαν 25% και 37,5% κομπόστ χωρίς λίπανση και του μάρτυρα με λίπανση (Διάγραμμα 23). Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η χρήση του ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών αύξησε τον αριθμό των ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία. Η αύξηση ήταν ανάλογη της συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα για τα υποστρώματα με 12,5% και 25% ΚΑΑ ενώ η αύξηση του αριθμού των ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία στο υπόστρωμα που περιείχε 37,5% ΚΑΑ ήταν ίδια με αυτή του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ. Υπό καθεστώς λίπανσης επίσης η χρήση του ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών αύξησε τον αριθμό των ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία και η αύξηση αυτή ήταν ανάλογη της συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα για τα υποστρώματα με 12,5% και 25% ΚΑΑ, ενώ ο αριθμός των ανθικών

κεφαλών ανά ταξιανθία μειώθηκε στο υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ 37,5%. Ο συνδυασμός της λίπανσης με τη χρήση του ΚΑΑ στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25% έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία.



Διάγραμμα 23. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον αριθμό των ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία του *S. maritima*. T50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στον Πίνακα 13 που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η επίδραση του ΚΑΑ στην ανάπτυξη και την άνθιση του *S. maritima*.

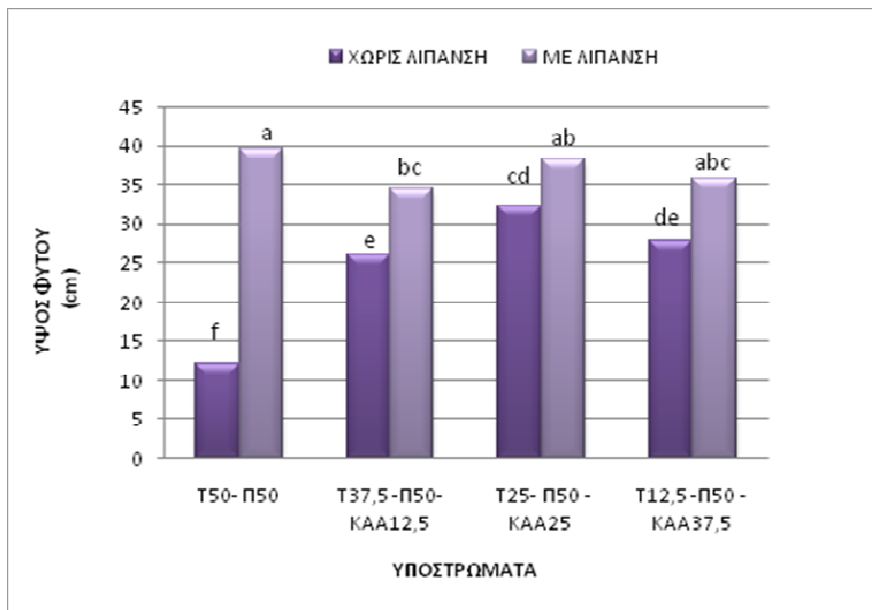
Πίνακας 13. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στην ανάπτυξη και την άβθιση του *S. maritima*. T50-Π50=50%Τύρφη- 50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5%Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Υπόστρωμα	Τελικό – Αρχικό ύψος (cm)	Πάχος λαιμού (cm)	Νωπό βάρος υπέργειου (g)	Ξηρό βάρος υπέργειου (g)	Νωπό βάρος ρίζας (g)	Ξηρό βάρος ρίζας (g)	Αρ. Ταξια νθίων	Αρ. Κεφαλών/ταξιανθία
T50-Π50	35,03 c	0,69d	38,23c	5,64d	21,32c	2,36d	1,11c	3,78c
T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5	48,26 bc	0,78d	36,40c	12,78c	25,58bc	3,28 bcd	1,90b c	6,21b c
T25-Π50-ΚΑΑ25	55,68 ab	0,93bc	46,37c	16,10bc	23,33c	5,58a	4,78a b	8,81b
T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5	53,41 abc	0,79cd	46,98c	15,41bc	31,23ab	3,55 bcd	4,11 abc	9,35b
T50-Π50 Λίπανση	66,85 a	1,12a	90,98a	25,02a	35,55a	3,93b	6,10a	8,08b
T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 Λίπανση	71,05 a	1,14a	67,75b	18,99b	22,65c	2,52cd	6,40a	9,93a b
T25-Π50-ΚΑΑ25 Λίπανση	62,45 ab	1,11a	74,42b	20,37ab	21,44c	2,92 bcd	7,33a	13,59 a
T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 Λίπανση	58,88 ab	1,06ab	78,24ab	24,18a	31,57ab	3,83bc	4,67a	9,37b

5.2.2. Δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*)

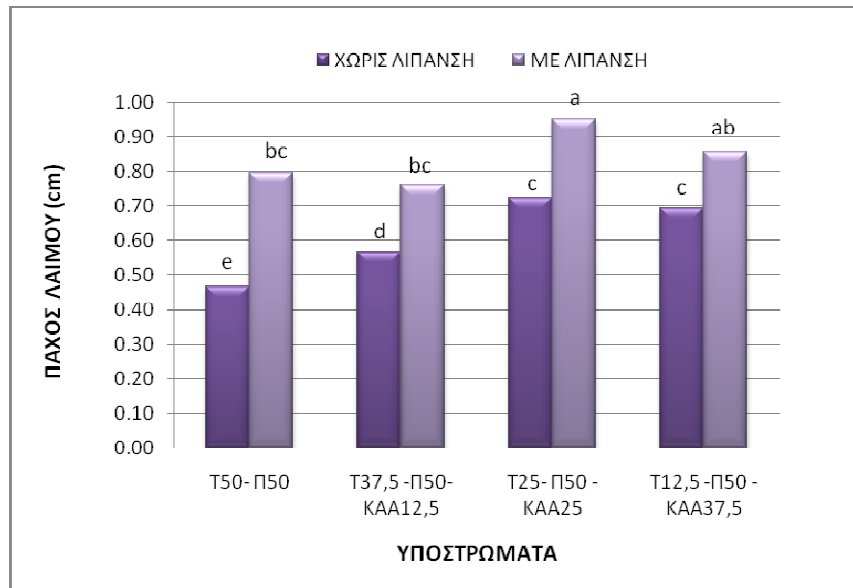
5.2.2.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος

Διαφορά τελικού από το αρχικό ύψος των φυτών. Η συμμετοχή του ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης δεν υποκατέστησε την εφαρμογή λίπανσης, ενώ όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η μερική αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστ ευνόησε την ανάπτυξη σε ύψος των φυτών (Διάγραμμα 24). Η αύξηση του ύψους ήταν ανάλογη της συμμετοχής του ΚΑΑ στο υπόστρωμα εκτός από το υπόστρωμα με το μεγαλύτερο ποσοστό ΚΑΑ 37,5% η αύξηση του οποίου ήταν μικρότερη σε σχέση με αυτή του υποστρώματος με το αμέσως μικρότερο ποσοστό ΚΑΑ 25%. Υπό καθεστώς λίπανσης η χρήση ΚΑΑ μείωσε την ανάπτυξη σε ύψος του φυτού. Η μείωση ήταν μεγαλύτερη στο υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ, μικρότερη στο υπόστρωμα με 37% ΚΑΑ και ακόμα πιο μικρή στο υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ. Γενικά το μεγαλύτερο ύψος φυτών παρατηρήθηκε στο μάρτυρα T50- Π50 με λίπανση και το μικρότερο στο μάρτυρα χωρίς λίπανση.



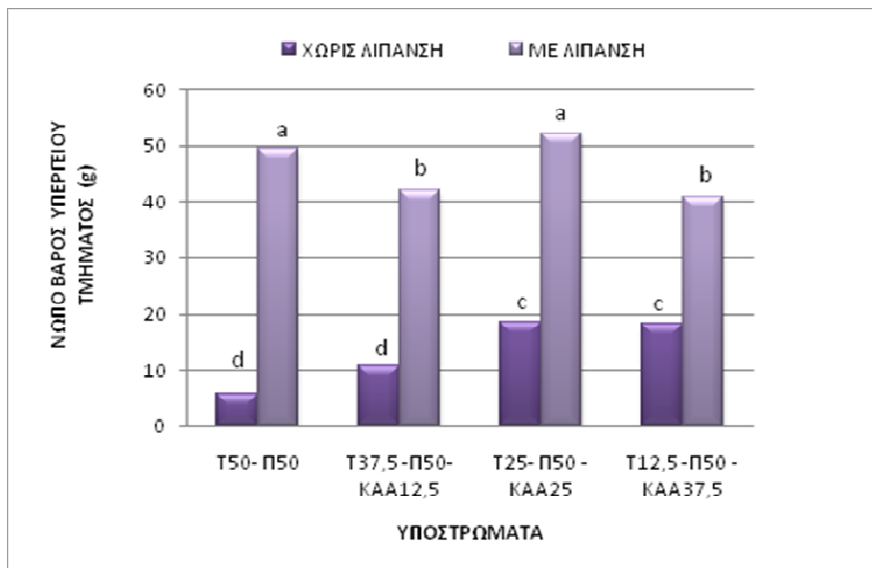
Διάγραμμα 24. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ύψος του *R. officinalis*. T50-Π50=50%Τύρφη- 50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Πάχος στελέχους στο λαιμό. Σε ότι αφορά το πάχος του λαιμού η μεσαία και η υψηλή συγκέντρωση ΚΑΑ υποκατέστησαν τη λίπανση αφού τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε αυτά τα υποστρώματα και δεν λιπαίνονταν ανέπτυξαν παρόμοιο πάχος με τα φυτά του μάρτυρα που λιπαίνονταν (Διάγραμμα 25). Σε συνθήκες μη λίπανσης η χρήση του κομπόστ ενόησε την αύξηση του πάχους του στελέχους στο λαιμό. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ σε ποσοστό 25% και 37,5% και μικρότερη στο υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ. Όταν εφαρμόστηκε λίπανση παρατηρήθηκε αύξηση του πάχους του στελέχους στο λαιμό στα υποστρώματα με 25% και 37,5% ΚΑΑ.



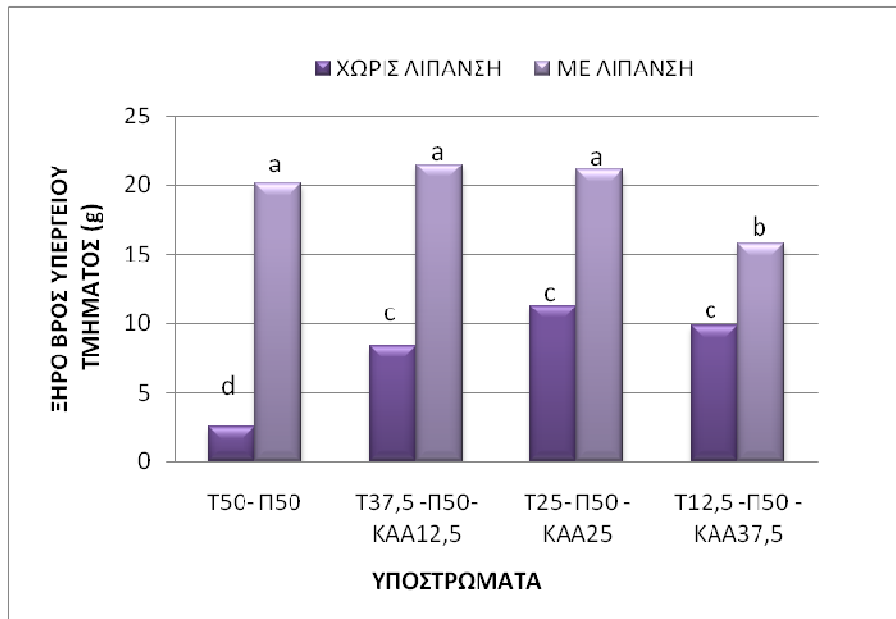
Διάγραμμα 25. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο πάχος του στελέχους στο λαιμό του *R. officinalis*. T50-Π50=50%Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5%Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Νωπό βάρος. Σε ότι αφορά την επίδραση του ΚΑΑ στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του *R. officinalis*, η χρήση του κομπόστ στο υπόστρωμα δεν υποκατέστησε τη λίπανση (Διάγραμμα 26). Αντίθετα παρατηρείται μεγάλη διαφορά στο νωπό βάρος μεταξύ των επεμβάσεων που δέχτηκαν λίπανση και εκείνων που δεν λιπαίνονταν. Υπό καθεστώς λίπανσης τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ σε ποσοστό 25% ανέπτυξαν νωπό βάρος ίδιο με αυτό των φυτών του μάρτυρα, ενώ το νωπό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα με 12,5% και 37,5% ΚΑΑ μειώθηκε. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση τα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ σε ποσοστό 25% και 37,5% αύξησαν το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.



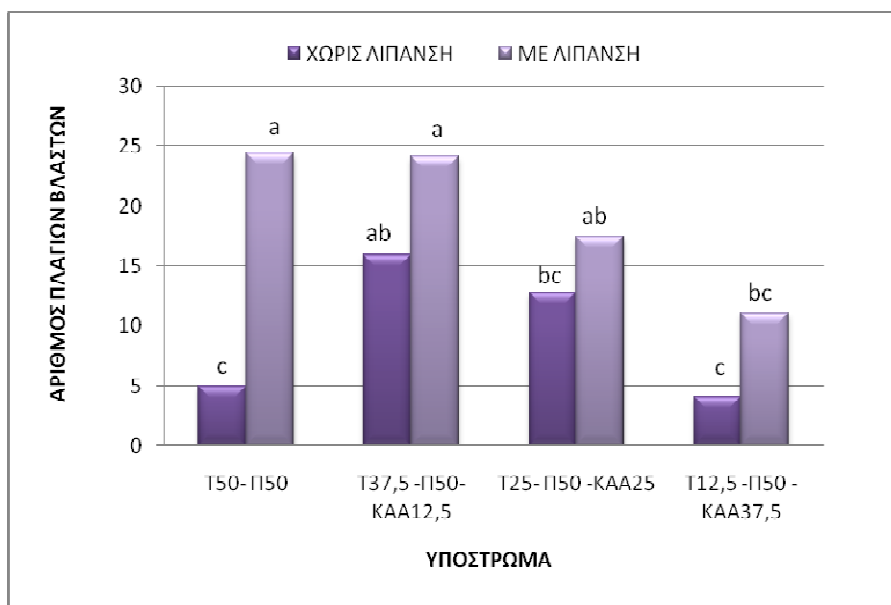
Διάγραμμα 26. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος. Η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση σε ότι αφορά την αύξηση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος του δεντρολίβανου (Διάγραμμα 26). Σε συνθήκες μη λίπανσης η χρήση του ΚΑΑ ευνόησε την αύξηση του ξηρού βάρους ανεξάρτητα από το ποσοστό συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα, αν και υπήρξε η ένδειξη ότι μέχρι του ποσοστού συμμετοχής 25% η επίδραση ήταν ευνοϊκή, ενώ στο ψηλότερο ποσοστό υπήρξε μια μείωση του ξηρού βάρους του υπέργειου. Υπό εφαρμογή λίπανσης τα φυτά δεν εμφάνισαν διαφορές στο ξηρό βάρος υπέργειου, εκτός από αυτά στο υπόστρωμα με την υψηλότερη συγκέντρωση ΚΑΑ, όπου το ξηρό τους βάρος μειώθηκε.



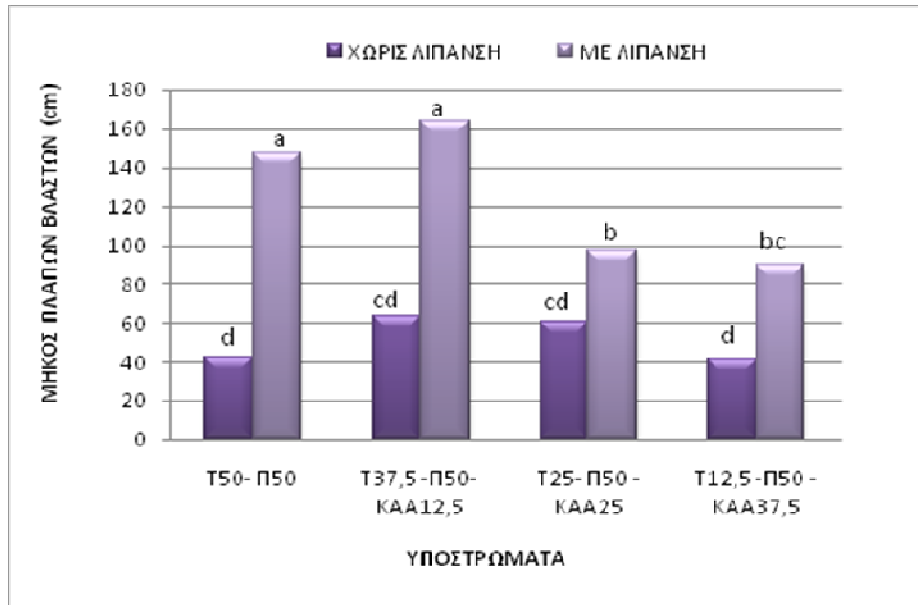
Διάγραμμα 27. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Αριθμός πλαγίων βλαστών. Ο αριθμός των πλαγίων βλαστών παρατηρήθηκε μεγαλύτερος στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του μάρτυρα T50- Π50 και στο υπόστρωμα που περιείχε 12,5% ΚΑΑ υπό καθεστώς λίπανσης (Διάγραμμα 28). Όταν εφαρμόστηκε λίπανση ο αριθμός των πλαγίων βλαστών μειώθηκε καθώς αυξανόταν η συγκέντρωση του ΚΑΑ περισσότερο από 12,5%. Παρόμοια μείωση πλάγιων βλαστών παρατηρήθηκε και στις επεμβάσεις που δεν δέχτηκαν λίπανση, εκτός από τον μάρτυρα χωρίς λίπανση ο οποίος ανέπτυξε ελάχιστους πλάγιους βλαστούς. Σε συνθήκες μη λίπανσης η παρουσία του κομποστ στο υπόστρωμα σε ποσοστό 12,5% και 25% αύξησε τον αριθμό των πλαγίων βλαστών.



Διάγραμμα 28. Επίδραση του ΚΑΑ ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον αριθμό των πλαγίων βλαστών του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Μήκος πλαγίων βλαστών. Η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση σε ότι αφορά το μήκος των πλαγίων βλαστών του *R. officinalis* (Διάγραμμα 29). Υπό καθεστώς λίπανσης οι μεγάλες συγκεντρώσεις ΚΑΑ στο υπόστρωμα (25% και 37,5%) μείωσαν το μήκος των πλαγίων βλαστών. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το μήκος των πλαγίων βλαστών ήταν παρόμοιο σε όλες τις επεμβάσεις και στο μάρτυρα.



Διάγραμμα 29. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον μήκος των πλαγίων βλαστών του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στις Εικόνες 18 και 19 φαίνονται τα φυτά του δεντρολίβανου στην τελική τους ανάπτυξη με και χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης.



Εικόνα 18. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *R. officinalis*

(α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)

(β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)

(γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)

(δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

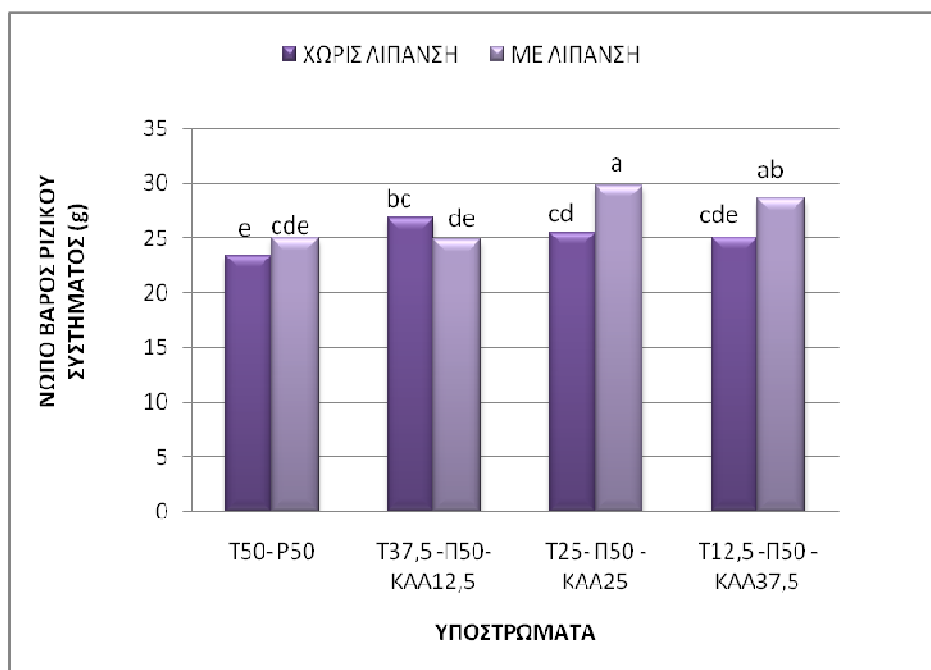


Εικόνα 19. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *L. japonicum R. officinalis*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

5.2.2.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος

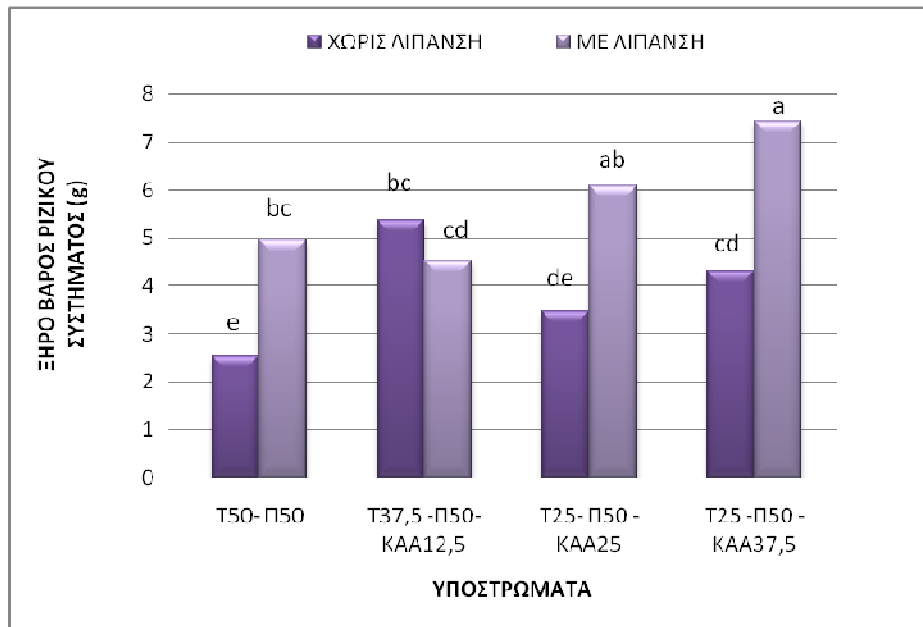
Νωπό βάρος ριζικού συστήματος. Σε ότι αφορά το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος η μερική αντικατάσταση της τύρφη από ΚΑΑ σε οποιαδήποτε συγκέντρωση υποκατέστησε πλήρως την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης (Διάγραμμα 30). Το μεγαλύτερο νωπό βάρος ρίζας παρατηρήθηκε στα φυτά των υποστρωμάτων με 25% και 37,5% ΚΑΑ που δέχονταν λίπανση. Υπό καθεστώς λίπανσης η χρήση ΚΑΑ αύξησε το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος ειδικά στα υποστρώματα με 25% και 37,5% ΚΑΑ. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το κομπόστ ευνόησε την αύξηση του νωπού βάρους του ριζικού συστήματος. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη για το υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ σε ποσοστό 12,5%.



Διάγραμμα 30. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος ριζικού συστήματος. Η χρήση του κομπόστ υποκατέστησε τη λίπανση όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 12,5% (Διάγραμμα 31). Επιπλέον ο συνδυασμός υψηλής συγκέντρωσης ΚΑΑ με λίπανση έδωσε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος ριζών. Υπό καθεστώς λίπανσης η χρήση ΚΑΑ μείωσε το ξηρό βάρος ριζικού συστήματος όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 12,5% και στη συνέχεια το αύξησε όταν προστέθηκε σε ποσοστό 25% και 37,5%. Η αύξηση ήταν ανάλογη του ποσοστού συμμετοχής του ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η χρήση του ΚΑΑ ευνόησε την αύξηση του ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη για το υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ σε ποσοστό 12,5%, μικρότερη για το

υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ σε ποσοστό 37,5% και ακόμα πιο μικρή για το υπόστρωμα που περιείχε ΚΑΑ σε ποσοστό 25%



Διάγραμμα 31. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του *R. officinalis*. T50-Π50=50% Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στις Εικόνες 20 και 21 που ακολουθούν φαίνεται το ριζικό σύστημα των φυτών του δεντρολίβανου στα διάφορα υποστρώματα που δέχτηκαν ή όχι την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης.



Εικόνα 20. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *R. officinalis*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)



Εικόνα 21. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *R. officinalis*.

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

Στον Πίνακα 14 που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η επίδραση του ΚΑΑ στην ανάπτυξη του *R. officinalis*.

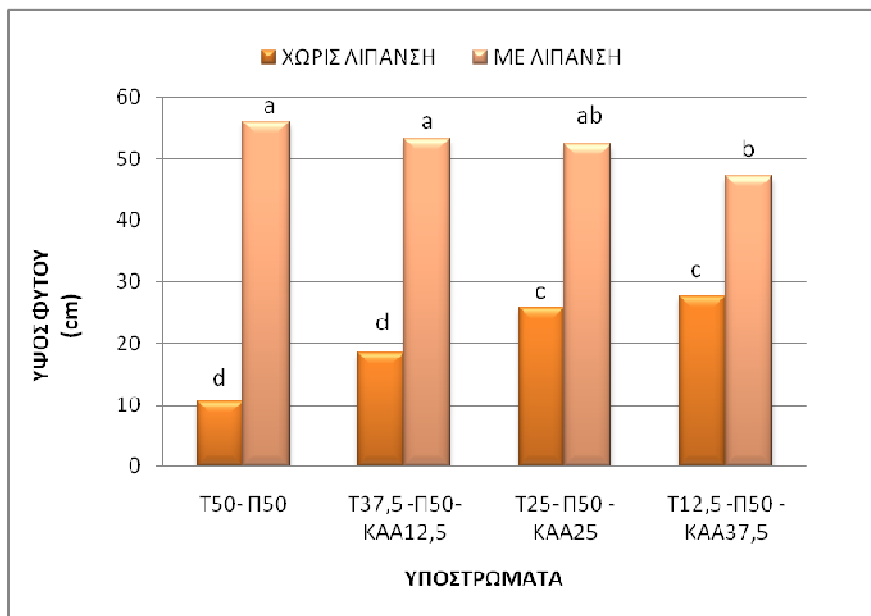
Πίνακας 14. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στην ανάπτυξη του *R. officinalis*. Τ50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, Τ37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, Τ25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, Τ12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Υπόστρωμα	Τελικό – Αρχικό ύψος (cm)	Πάχος λαιμού (cm)	Νωπό βάρος υπέργειου (g)	Ξηρό βάρος υπέργειου (g)	Νωπό βάρος ρίζας (g)	Ξηρό βάρος ρίζας (g)
Τ50-Π50	12,16f	0,47e	5,55d	2,51d	23,35e	2,53e
Τ37,5-Π50-ΚΑΑ12,5	26,02e	0,57d	10,77d	8,43c	26,78bc	5,36bc
Τ25-Π50-ΚΑΑ25	32,31cd	0,72c	18,47c	11,27c	25,48cd	3,47de
Τ12,5-Π50-ΚΑΑ37,5	27,91de	0,69c	18,10c	9,86c	25,03cde	4,32cd
Τ50-Π50 Λίπανση	39,56a	0,79bc	49,47a	20,10a	24,96cde	4,95bc
Τ37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 Λίπανση	34,50bc	0,76bc	41,88b	21,46a	24,80de	4,53cd
Τ25-Π50-ΚΑΑ25 Λίπανση	38,34ab	0,95a	51,99a	21,09a	29,85a	6,09ab
Τ12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 Λίπανση	35,86abc	0,86ab	40,81b	15,75b	28,62ab	7,44a

5.2.3. Λιγούστρο (*Ligustrum japonicum*)

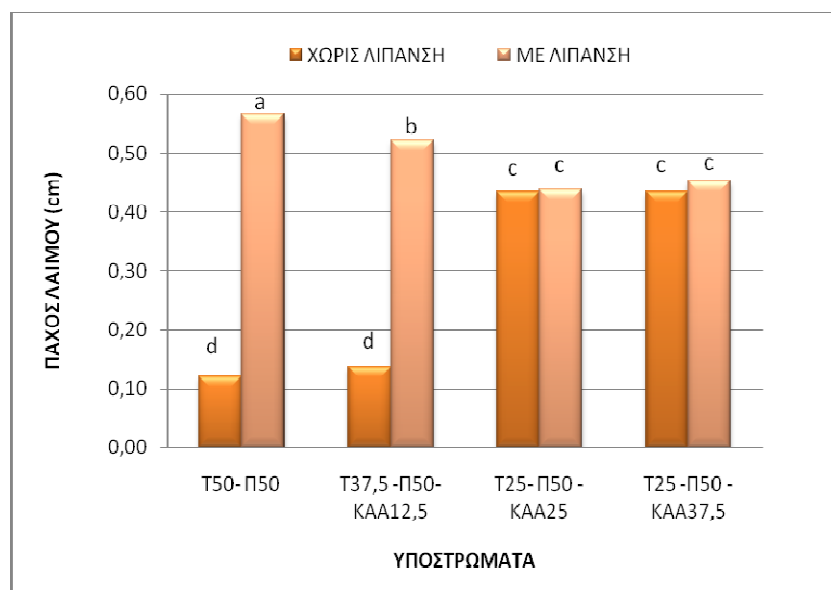
5.2.3.1. Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος

Ύψος φυτών. Η αντικατάσταση μέρους της τύρφης από ΚΑΑ ενίσχυσε το ύψος των φυτών όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση αλλά δεν υποκατέστησε τη λίπανση (Διάγραμμα 32). Ο συνδυασμός της λίπανσης με τη μεγαλύτερη υψηλότερη συγκέντρωση κομπόστ επέφερε μικρή μείωση του ύψους των φυτών. Αντίθετα όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η χρήση ΚΑΑ αύξησε το ύψος των φυτών όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25% και 37,5%.



Διάγραμμα 32. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ύψος του *L. japonicum*. T50-P50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-P50-KAA12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-P50-KAA25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-P50-KAA37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

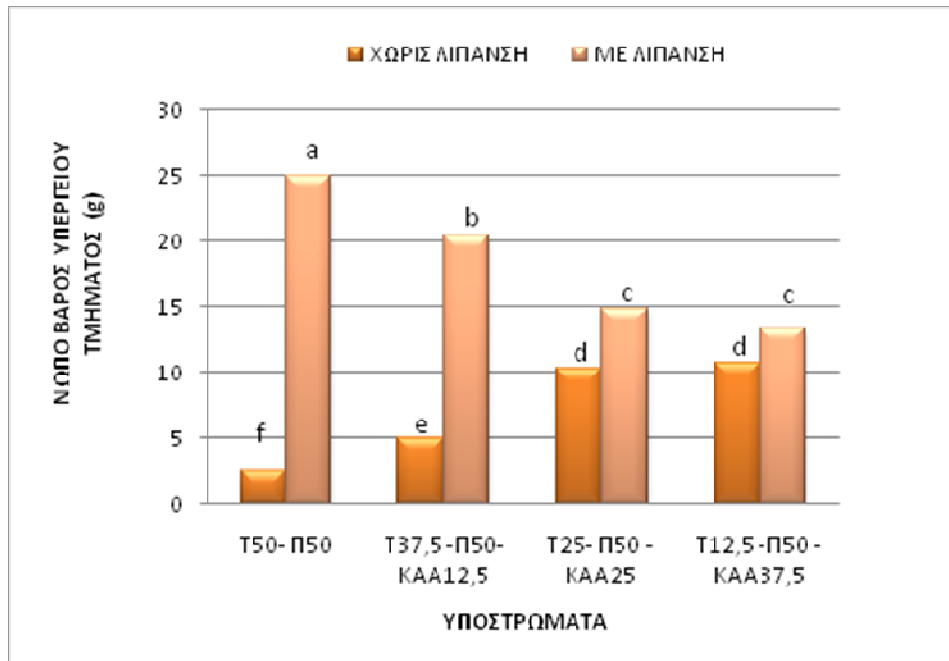
Πάχος στελέχους στο λαιμό. Ο συνδυασμός της λίπανσης με τη χρήση ΚΑΑ μείωσε τη διάμετρο του στελέχους στο λαιμό των φυτών του λιγούστρου (Διάγραμμα 33). Η μείωση ήταν μεγαλύτερη για τα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ σε ποσοστό 25% και 37,5%. Αντίθετα σε συνθήκες μη λίπανσης οι υψηλές συγκεντρώσεις ΚΑΑ (25% και 37,5%) ευνόησαν την αύξηση του στελέχους στο λαιμό. Στα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ σε συγκέντρωση 25% και 37,5% η διάμετρος του λαιμού ήταν ίδια μεταξύ των φυτών που δέχτηκαν λίπανση και εκείνων που δεν λιπαίνονταν.



Διάγραμμα 33. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο πάχος του λαιμού του *L. japonicum*. T50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

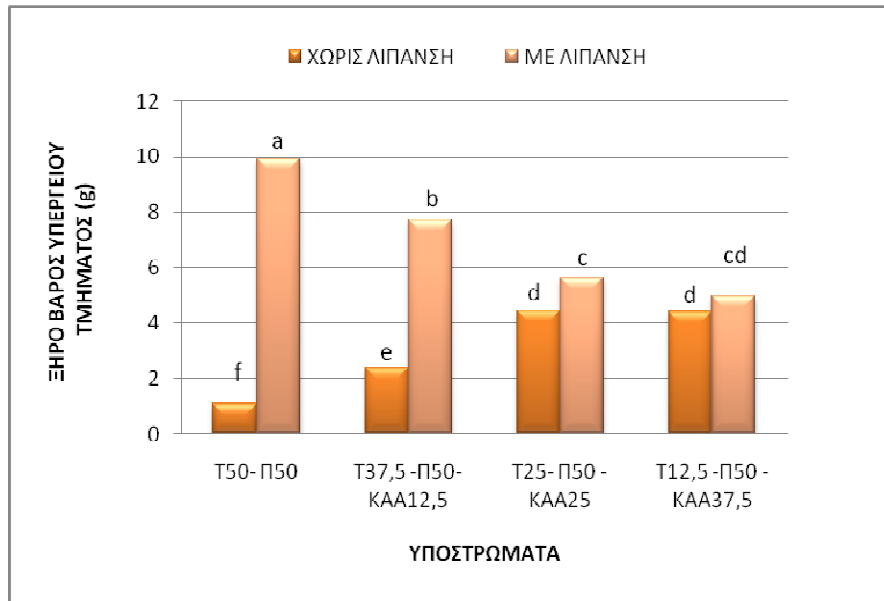
Νωπό βάρος. Ο συνδυασμός της λίπανσης με την συμμετοχή ΚΑΑ στα υποστρώματα μείωσε το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών και η μείωση ήταν ανάλογη της συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών (Διάγραμμα 34). Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση, η προσθήκη του

κομπόστ στο υπόστρωμα αύξησε το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος, ενώ η αύξηση αυτή ήταν ανάλογη της συμμετοχής των ΚΑΑ στο υπόστρωμα.



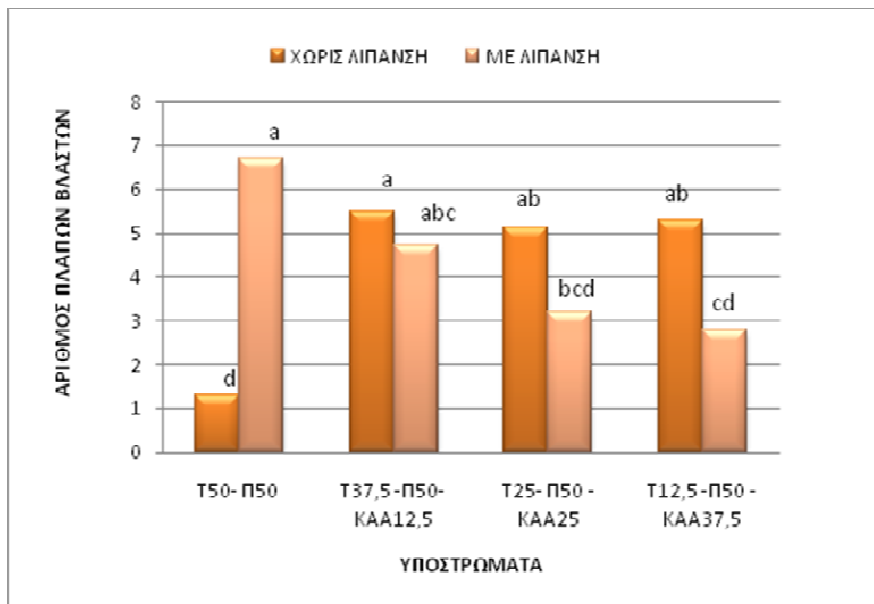
Διάγραμμα 34. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του *L. japonicum*. T50-Π50=50% Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος. Ο συνδυασμός ΚΑΑ με λίπανση μείωσε το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος του λιγούστρου και η μείωση ήταν ανάλογη της συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα (Διάγραμμα 35). Σε συνθήκες μη λίπανσης η χρήση του κομπόστ ευνόησε την αύξηση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού χωρίς όμως να υποκαταστήσει τη λίπανση. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη για τα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ σε ποσοστό 25% και 37,5%.



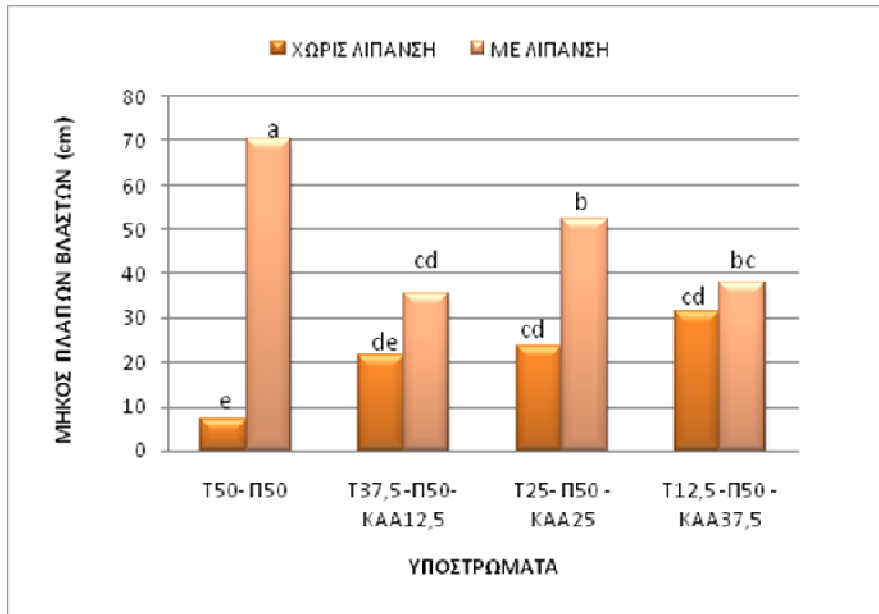
Διάγραμμα 35. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος του *L. japonicum*. T50-Π50=50%Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5%Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Αριθμός πλαγίων βλαστών. Σε ότι αφορά τον αριθμό των πλαγίων βλαστών τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα που περιείχε κομπόστ σε ποσοστό 12,5% και δεν δέχονταν λίπανση παρουσίασαν παρόμοιο αριθμό πλαγίων βλαστών με τα φυτά του μάρτυρα που λιπαίνονταν (Διάγραμμα 36). Υπό καθεστώς λίπανσης η παρουσία του ΚΑΑ μείωσε τον αριθμό των πλαγίων βλαστών και η μείωση ήταν ανάλογη του ποσοστού συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα. Στα υποστρώματα που περιείχαν μεγάλη συγκέντρωση ΚΑΑ (25% και 37,5%) τα φυτά που δεν δέχονταν ανόργανη λίπανση ανέπτυξαν περισσότερους πλάγιους βλαστούς από τα φυτά που λιπαίνονταν. Επιπλέον παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά στον αριθμό των πλαγίων βλαστών μεταξύ των φυτών του μάρτυρα που λιπαίνονταν και του μάρτυρα χωρίς λίπανση.



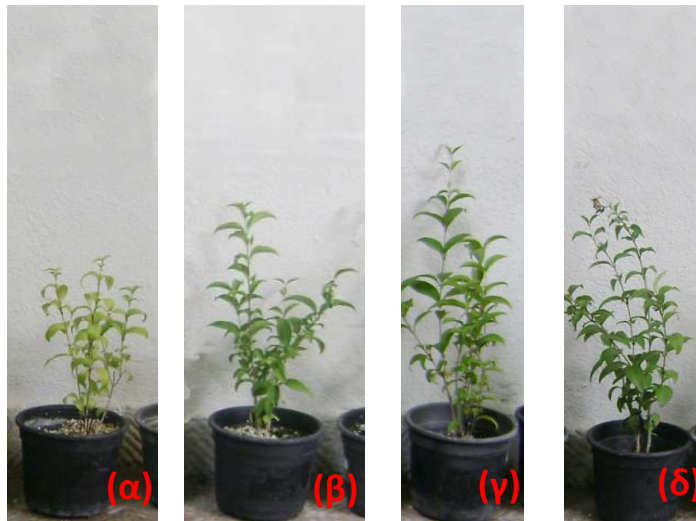
Διάγραμμα 36. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον αριθμό των πλαγίων βλαστών του *L. jaronicum*. T50-Π50=50% Τύρφη-50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Μήκος πλαγίων βλαστών. Η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση σε ότι αφορά το μήκος των πλαγίων βλαστών (Διάγραμμα 37). Υπό καθεστώς λίπανσης η παρουσία του κομπόστ στο υπόστρωμα επέφερε μείωση του μήκους των πλαγίων βλαστών η οποία ήταν μεγαλύτερη για τα υπόστρωμα που περιείχαν 12,5% και 37,5 ΚΑΑ και μικρότερη για το υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το η χρήση ΚΑΑ ευνόησε την αύξηση του μήκους των πλαγίων βλαστών ανάλογα με τη συμμετοχή του κομπόστ στο υπόστρωμα.. Και πάλι η μεγαλύτερη διαφορά στο μήκος των πλαγίων βλαστών παρατηρήθηκε μεταξύ του μάρτυρα με και χωρίς λίπανση όπου το T50-Π50 χωρίς λίπανση ανέπτυξε τους λιγότερους βλαστούς σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις.



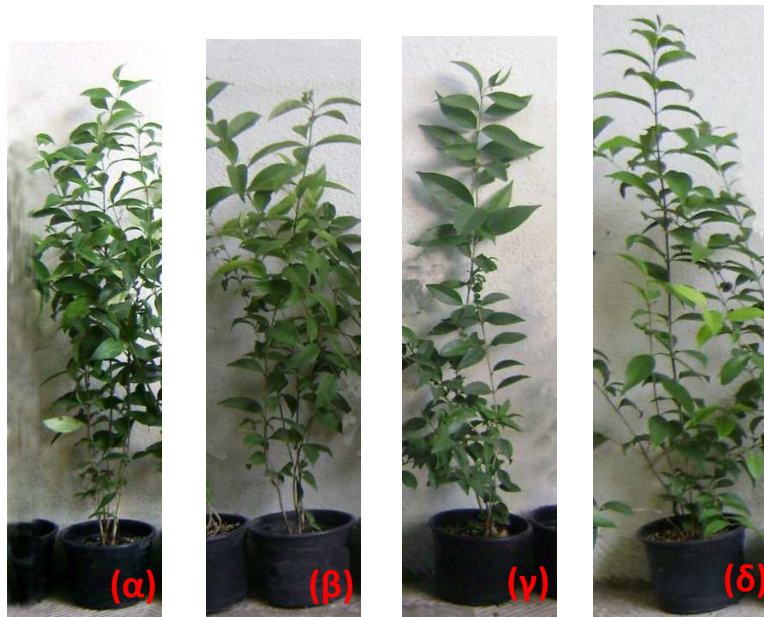
Διάγραμμα 37. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στον μήκος των πλαγίων βλαστών του *L. jaronicum*. T50-Π50=50%Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5%Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στις Εικόνες 22 και 23 που ακολουθούν φαίνονται τα φυτά του λιγούστρου στην τελική τους ανάπτυξη με και χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης.



Εικόνα 22. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *L. japonicum*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

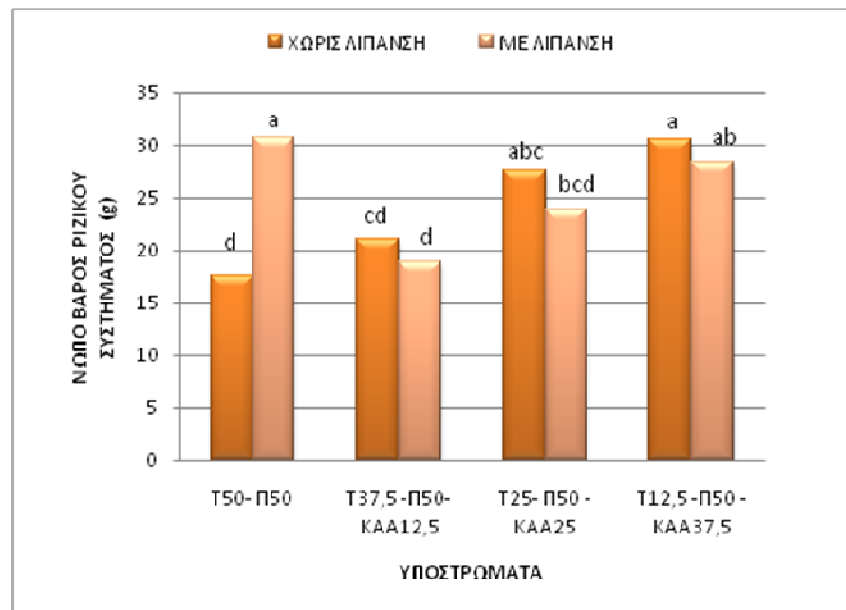


Εικόνα 23. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στην τελική ανάπτυξη του *L. japonicum*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

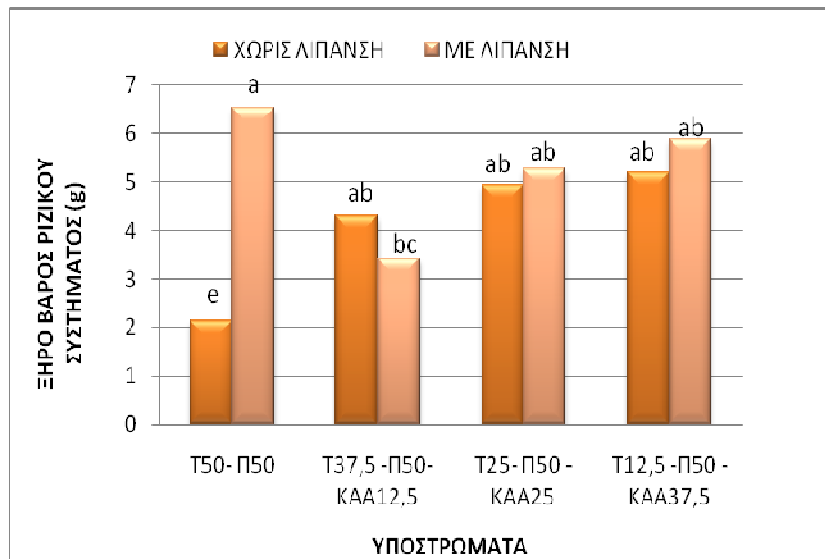
5.2.3.2. Ανάπτυξη ριζικού συστήματος

Νωπό βάρος ριζικού συστήματος. Η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ υποκατέστησε τη λίπανση όταν προστέθηκε στο υπόστρωμα σε ποσοστό 25% και 37,5% (Διάγραμμα 38). Επιπλέον όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η προσθήκη του ΚΑΑ αύξησε το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος και η αύξηση ήταν ανάλογη του ποσοστού συμμετοχής των ΚΑΑ στο υπόστρωμα. Όταν εφαρμόστηκε λίπανση η χρήση του κομπόστ μείωσε το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος, ενώ η μείωση αυτή ήταν μεγαλύτερη για το υπόστρωμα που περιείχε 12,5% ΚΑΑ, μικρότερη για το υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και ακόμα πιο μικρή για το υπόστρωμα με το μεγαλύτερο ποσοστό ΚΑΑ 37,5%.



Διάγραμμα 38. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του *L. japonicum*. T50-Π50=50% Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50%Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50%Περλίτη-37,5% ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Ξηρό βάρος ριζικού συστήματος. Το ξηρό βάρος των ριζών ευνοήθηκε από τη χρήση ΚΑΑ όταν τα φυτά δεν λιπαίνονταν (Διάγραμμα 39). Η αύξηση του ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος σε συνθήκες μη λίπανσης ήταν παρόμοια για όλα τα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ. Ο Συνδυασμός της λίπανσης με τη χρήση ΚΑΑ στη μικρότερη συγκέντρωση 12,5%, επέφερε μείωση στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος.



Διάγραμμα 39. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του *L. japonicum*. T50-Π50=50%Τύρφη-50%Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25%Τύρφη-50%Περλίτη-25%ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5%Τύρφη-50%Περλίτη-37,5%ΚΑΑ. Διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

Στις Εικόνες 24 και 25 που ακολουθούν φαίνεται το ριζικό σύστημα των φυτών του λιγούστρου στα διάφορα υποστρώματα με την εφαρμογή ή όχι ανόργανης λίπανσης.



Εικόνα 24. Επίδραση του ΚΑΑ χωρίς την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *L. jaronicum*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)



Εικόνα 25. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ανόργανης λίπανσης στο ριζικό σύστημα του *L. jaronicum*

- (α) T50-Π50 (50% Τύρφη- 50% Περλίτη)
- (β) T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 (37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (γ) T25-Π50-ΚΑΑ25 (25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ)
- (δ) T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 (12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ)

Στον Πίνακα 15 που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η επίδραση του ΚΑΑ στην ανάπτυξη του *L. jaronicum*.

Πίνακας 15. Επίδραση του ΚΑΑ και της εφαρμογής ή μη της ανόργανης λίπανσης στην ανάπτυξη του *L. jaronicum*. T50-Π50=50% Τύρφη- 50% Περλίτη, T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5=37,5% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T25-Π50-ΚΑΑ25=25% Τύρφη-50% Περλίτη-25% ΚΑΑ, T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5=12,5% Τύρφη-50% Περλίτη-37,5% ΚΑΑ.

Υπόστρωμα	Τελικό – Αρχικό ύψος (cm)	Πάχος λαμού (cm)	Νωπό βάρος υπέργειου (g)	Ξηρό βάρος υπέργειου (g)	Νωπό βάρος ρίζας (g)	Ξηρό βάρος ρίζας (g)
T50-Π50	10,54d	0,12d	2,45f	1,08f	17,46d	2,14e
T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5	18,46d	0,14d	5,01e	2,37e	21,00cd	4,30ab
T25-Π50-ΚΑΑ25	25,91c	0,43c	10,31d	4,42d	27,44abc	4,93ab
T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5	27,58c	0,44c	10,76d	4,39d	30,54a	5,21ab
T50-Π50 Λίπανση	55,99a	0,56a	24,94a	9,93a	30,70a	6,53a
T37,5-Π50-ΚΑΑ12,5 Λίπανση	53,27a	0,52b	20,38b	7,70b	18,87d	3,43bc
T25-Π50-ΚΑΑ25 Λίπανση	52,36ab	0,44c	14,86c	5,64c	23,88bcd	5,28ab
T12,5-Π50-ΚΑΑ37,5 Λίπανση	47,20b	0,45c	13,34c	4,97cd	28,33ab	5,89ab

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1. Χρήση του κομπόστ αστικών απορριμμάτων στην αποκατάσταση των ΧΥΤΑ

Η αποκατάσταση Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων με τη χρήση αυτοπαραγόμενου κομπόστ εκτός από την αξιοποίηση των προϊόντων κομποστοποίησης των αστικών απορριμμάτων, θα μπορούσε να συμβάλει ουσιαστικά και στη μείωση του κόστους της αποκατάστασης αφού ανάλογα με την προσθήκη του προϊόντος στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών θα βελτιωνόταν και το χρησιμοποιούμενο έδαφος. Έτσι θα εξοικονομούνταν αρκετά χρήματα που θα έπρεπε να διατεθούν τόσο για την αγορά όσο και για τη μεταφορά ενός καλού και γόνιμου εδάφους. Ήδη στην Πολωνία στην περιοχή Kalisz όπου γίνεται προσπάθεια εξυγίανσης των ΧΥΤΑ έχει προβλεφτεί ότι η αποκατάσταση των ήδη κορεσμένων ΧΥΤΑ θα εκτελεστεί από τις τοπικές αρχές με τη χρήση βελτιωτικού εδάφους που θα προμηθεύονται δωρεάν από την εγκατάσταση επεξεργασίας των απορριμμάτων (Δ4). Επιπλέον οι χώροι αυτοί αποτελούν ήδη χώρους περιβαλλοντικά επιβαρημένους, οπότε η χρήση του κομπόστ θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τη νομοθεσία για την προστασία των εδαφών. Από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κομπόστ που μελετήθηκε στην παρούσα μελέτη φαίνεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αποκατάσταση των ΧΥΤΑ αφού οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων βρίσκονται εντός των ορίων της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας αλλά και οι φυσικές ιδιότητες του κομπόστ (Κοκκομετρία, υγρασία, πορώδες, εύκολα διαθέσιμο νερό) είναι παρόμοιες με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των εδαφοβελτιωτικών (Τελική έκθεση ΕΚΠΑ-ΓΠΑ, 2007). Πιο συγκεκριμένα με βάση τις ποιοτικές προδιαγραφές της πρότασης Οδηγίας της ΕΕ για τις διαφορετικές προβλεπόμενες κατηγορίες κομπόστ και τις Ελληνικές προδιαγραφές όπως ορίζονται στην ΚΥΑ 114218 (Πίνακας 8, σελ. 41) το κομπόστ που μελετήθηκε στην παρούσα μελέτη εντάσσεται στην κατηγορία 2 και μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε ποσότητα που δεν υπερβαίνει τους 3 τόνους ξηρής ουσίας ανά στρέμμα κατά μέσο όρο τριετίας, ενώ αν μειωθούν οι συγκεντρώσεις Cu και Ni, το

κομπόστ που μελετήθηκε θα μπορέσει να ενταχθεί στην κατηγορία ecolabel που αφορά στα όρια της Ε.Ε για οικολογικό σήμα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι αυξημένες δυγκεντρώσεις των Cu και Ni οφείλονται στις ακραίες τιμές μίας ημερομηνίας και όχι στο σύνολο των δειγματοληψιών.

6.2. Επίδραση N και P στην ανάπτυξη των φυτών

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο από το έδαφος κυρίως ως ανόργανο νιτρικό ιόν (NO_3^-) το οποίο ανάγουν σε αμμωνιακό ιόν (NH_4^+) ενώ κάποιες φορές τα φυτά προσλαμβάνουν κατευθείαν NH_4^+ . Στη συνέχεια το άζωτο ενσωματώνεται ως αμμωνιακό ιόν στις οργανικές ενώσεις των φυτών (αμινοξέα, αμίδια, πρωτεΐνες). Το άζωτο απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες από τα φυτά και είναι ιδιαίτερα ευκίνητο μέσα στο φυτό. Σε τροφοπενία αζώτου εμφανίζεται χλώρωση η οποία ξεκινά από τα κατώτερα και πιο παλιά φύλλα και αν η τροφοπενία συνεχίζεται η χλώρωση επεκτείνεται και στην κορυφή του φυτού. Σε μεγάλη συγκέντρωση αζώτου στο περιβάλλον του φυτού ενισχύεται η ανάπτυξη, μεγαλώνει ο λόγος βλαστός/ ρίζα και επιβραδύνεται η άνθιση η οποία σε περίπτωση έλλειψης αζώτου επισπεύδεται (Nobel, 1991).

Ο φώσφορος απορροφάται από τα φυτά με τη μορφή ανιόντων H_2PO_4^- και HPO_4^- . Ο φώσφορος των οργανικών ενώσεων δεν είναι διαθέσιμος για τα φυτά και η πρόσληψή του είναι δυνατή μόνο μετά την ανοργανοποίησή του, διεργασία που συντελείται από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Ο φώσφορος είναι επίσης ευκίνητος μέσα στο φυτό και επαναδιανέμεται από τα παλιότερα προς τα νεώτερα φύλλα. Σε τροφοπενία φωσφόρου τα φύλλα αποκτούν σκούρο πράσινο χρώμα καθώς αυξάνεται η χλωροφύλλη των φύλλων, τα ώριμα φύλλα ξηραίνονται και πέφτουν και η παραγωγή του φυτού μειώνεται. Αντίθετα από την περίσσεια αζώτου, όταν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση φωσφόρου παρατηρείται μείωση του λόγου βλαστός/ ρίζα (Nobel, 1991).

6.3. Ανάπτυξη γλοοτάπητα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η ανάπτυξη του γλοοτάπητα ήταν μεγαλύτερη στο υπόστρωμα E₃:KAA₁ που είχε περιεκτικότητα σε κομπόστ 25% και μικρότερη στο υπόστρωμα του μάρτυρα, ενώ η λίπανση δεν επηρέασε την ανάπτυξη του *C. dactylon*. Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις των εδαφών και των φυτικών ιστών που διεξήχθησαν στο εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α. το έδαφος (μάρτυρας) θεωρείται πτωχότατο σε οργανική ουσία (TOM) ≤ 1%. Η προσθήκη κομπόστ ακόμα και στη χαμηλότερη αναλογία (12%), αναβάθμισε το οργανικό περιεχόμενο του εδάφους σε επίπεδα συνήθη για τα γεωργικά εδάφη (1,7-2,0%). Το κομπόστ εμπλούτισε εμφανώς το φτωχό και αμμώδες εδαφικό υπόστρωμα σε N και P, και αυτό με τη σειρά του επηρέασε θετικά, αλλά σε μικρότερο βαθμό, την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε N και P (Δημητριάδης 2009, Παράρτημα Διαγράμματα Π1, Π2).

Σχετικά με τα επίπεδα του αζώτου στους ιστούς του *C. dactylon* οι Trenholm et al. (2000) αναφέρουν ότι υπό συνθήκες καλή θρέψης και μετά από φθορά κυμαίνονται από 40 g.Kg⁻¹ έως 44 g.Kg⁻¹ (4-4.4%). Ειδικά για την περιοχή της Μεσογείου οι Utrillas et al. (1995) σε μελέτη τους σχετικά με την εποχική διακύμανση των θρεπτικών στους ιστούς του *C. dactylon* υπό συνθήκες έλλειψης νερού αναφέρουν ότι το ολικό άζωτο στα καλά αρδευόμενα φυτά αυξήθηκε κατά τον Νοέμβριο όταν ξεκίνησαν οι βροχές, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τα λιγότερο αρδευόμενα φυτά παρουσίασαν υψηλότερες τιμές αζώτου σε σχέση με τα καλά αρδευόμενα. Η κοπή του γλοοτάπητα γινόταν κάθε τέσσερις εβδομάδες στα 30 mm από την επιφάνεια του εδάφους και τα υπολείμματα κοπής αφαιρούνταν. Η χαμηλότερη τιμή αζώτου 27 g.Kg⁻¹ (2,7%) ήταν ίδια για τα καλώς αρδευόμενα και για τα υπό καταπόνηση φυτά και παρουσιάστηκε στα μέσα Σεπτεμβρίου. Η μεγαλύτερη τιμή για τα καλά αρδευόμενα φυτά ήταν 44 g.Kg⁻¹ (4,4%) στις αρχές Νοεμβρίου και την ίδια εποχή για τα λιγότερο αρδευόμενα φυτά ήταν 42 g.Kg⁻¹ (4,2%).

Σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις του φωσφόρου στους ιστούς του *C. dactylon* οι Trenholm et al. (2000) αναφέρουν ότι υπό συνθήκες καλή θρέψης και μετά από καταπόνηση από φθορά κυμαίνονται από 3,9 g.Kg⁻¹ έως 4,1 g.Kg⁻¹ (0,39%-0,41%). Για την περιοχή της Μεσογείου οι Utrillas et al. (1995) αναφέρουν ότι στα καλά αρδευόμενα φυτά η συμπεριφορά του φωσφόρου είναι παρόμοια με αυτή του αζώτου, ενώ στα λιγότερο αρδευόμενα φυτά παρουσιάζεται μία πτώση του φωσφόρου κατά τους ξηρούς μήνες. Οι χαμηλότερες τιμές φωσφόρου παρατηρήθηκαν στα μέσα Σεπτεμβρίου και ήταν για τα καλά αρδευόμενα φυτά 3,5 g.Kg⁻¹ (0,35%) και για τα λιγότερο αρδευόμενα 2,8 g.Kg⁻¹ (0,28%). Οι υψηλότερες τιμές φωσφόρου παρατηρήθηκαν στις αρχές Νοεμβρίου και ήταν για τα μεν καλά αρδευόμενα φυτά 6,0 g.Kg⁻¹ (0,6%) για τα δε λιγότερο αρδευόμενα 5,5 g.Kg⁻¹ (0,55%).

Στην παρούσα μελέτη το υπόστρωμα που παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανάπτυξη χλοοτάπητα E₃:KAA₁ με 25% KAA εμφάνισε μαζί με το υπόστρωμα E₇:KAA₁ με 12,5% KAA, που παρουσίασε την αμέσως μικρότερη ανάπτυξη, τη μεγαλύτερη επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε N και το μεγαλύτερο λόγο N/P στα υπολείμματα κοπής του χλοοτάπητα *C. dactylon*. Ο μάρτυρας όπου ο χλοοτάπητας αναπτύχθηκε λιγότερο, είχε και τις μικρότερες συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου στα υπολείμματα κοπής. Το υπόστρωμα E₁:KAA₁ δεν συμμετείχε στη μελέτη της περιεκτικότητας σε N και P των υπολειμμάτων κοπής του *C. dactylon* αφού εμφανίστηκαν φαινόμενα καθίζησης κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας στον αγρό που οφείλονταν στην κακή κοκκομετρία του υποστρώματος. Ακόμα και ο χλοοτάπητας που αναπτύχθηκε στο υπόστρωμα του μάρτυρα χωρίς λίπανση εμφάνισε επαρκείς ποσότητες αζώτου και φωσφόρου. Η προσθήκη κομπόστ αύξησε τις περιεκτικότητες των ιστών του *C. dactylon* σε άζωτο και φώσφορο, οι οποίες όμως δεν έφτασαν σε επίπεδο κορεσμού για κανένα από τα δύο στοιχεία (Δημητριάδης 2009, Παράρτημα Πίνακας Π1).

Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ήταν παρόμοια σε όλα τα υποστρώματα, ενώ η οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα ένα μήνα μετά τη σπορά ήταν καλύτερη για το

χλοοτάπητα που αναπτύχθηκε στο υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ, ακολούθησε ο χλοοτάπητας του υποστρώματος με 50% ΚΑΑ, στη συνέχεια λιγότερο καλή οπτική ποιότητα παρουσίασε ο χλοοτάπητας του υποστρώματος με 12,5% ΚΑΑ και τέλος τη χειρότερη οπτική ποιότητα παρουσίασε ο μάρτυρας. Η διαφορά αυτή στην οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα πιθανότατα οφείλεται στην επίσπευση της βλάστησης των σπόρων με τη χρήση του compost αστικών απορριμμάτων είτε λόγω της αύξησης της εδαφικής υγρασίας είτε/και της αύξησης της θερμοκρασίας του υποστρώματος.

6.4. Ανάπτυξη θαμνωδών φυτών

6.4.1. Ανάπτυξη Σενεράριας

Στη μελέτη της Σενεράριας η αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ υποκατέστησε τη λίπανση σε ότι αφορά το ύψος των φυτών, το μήκος των πλάγιων βλαστών και το βάρος του ριζικού συστήματος, ενώ ο συνδυασμός λίπανσης και ΚΑΑ σε ποσοστό 37,5% παρουσίασε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος και ο συνδυασμός λίπανσης με ΚΑΑ σε ποσοστό 25% παρουσίασε τον μεγαλύτερο αριθμό ανθικών κεφαλών ανά ταξιανθία. Αντίθετα σε ότι αφορά τον αριθμό των πλαγίων βλαστών, η παρουσία του κομπόστ επέφερε τη μείωσή του ανεξάρτητα από το ποσοστό συμμετοχής του στο υπόστρωμα και από το αν τα φυτά δέχονταν ή όχι λίπανση. Ο συνδυασμός ΚΑΑ και λίπανσης είχε ανασχετική επίδραση σε ότι αφορά την αύξηση του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών. Από τη μελέτη της περιεκτικότητας N και P στους φυτικούς ιστούς της Σενεράριας προέκυψε ότι η τύρφη χωρίς την υποστήριξη ανόργανης λίπανσης οδήγησε σε ελλιπή περιεκτικότητα των ιστών σε N και P (0,95 % και 0,11% αντίστοιχα). Η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστ στο υπόστρωμα που το ΚΑΑ είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση δεν διόρθωσε ουσιαστικά τη χαμηλή περιεκτικότητα των ιστών σε P, η συνολική όμως πρόσληψη P αυξήθηκε λόγω αυξημένης φυτικής παραγωγής (Δημητριάδης 2009). Σύμφωνα με τους Qasem and Hill (1995) τα επίπεδα

αζώτου και φωσφόρου στους ιστούς του φυτού *Senecio vulgaris* είναι για το άζωτο 12-30,5 mg/g (1,2%-3%) και για το φώσφορο 2-7,3 mg/g (0,2%-0,7%).

Στην παρούσα μελέτη όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η συγκέντρωση του Ν στους ιστούς των φύλλων ήταν μικρή για το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ, μεγαλύτερη για το μάρτυρα και το υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και ακόμα πιο μεγάλη για το υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ 37,5% (Δημητριάδης 2009, Παράρτημα Πίνακας Π2). Η ανάπτυξη σε ύψος των φυτών φαίνεται να σχετίζεται με τη συγκέντρωση του Ν στους ιστούς αλλά όχι μόνο με αυτή καθώς η μεγαλύτερη ανάπτυξη σε ύψος παρατηρήθηκε στα υποστρώματα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κομπόστ 25% και 37,5% ενώ η μικρότερη παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα του μάρτυρα. Υπό καθεστώς λίπανση η συγκέντρωση Ν στους ιστούς των φύλλων των φυτών φαίνεται να είναι παρόμοια για τα διάφορα υποστρώματα (Δημητριάδης 2009, Παράρτημα Πίνακας Π2). Ωστόσο η ανάπτυξη σε ύψος των φυτών που δέχονταν λίπανση δεν φαίνεται να είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση του αζώτου στους ιστούς αφού τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του μάρτυρα και στο υπόστρωμα που περιείχε 12,5% ΚΑΑ ανέπτυξαν μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με τα φυτά των υποστρωμάτων με 25% ΚΑΑ και 37,5% ΚΑΑ. Πιθανόν τα υποστρώματα με 25% και 37,5% ΚΑΑ να έχουν μειωμένο ολικό πορώδες και εύκολα διαθέσιμο νερό, παράγοντες που τελικά εμποδίζουν την ανάπτυξη σε ύψος των φυτών. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί σε φυτά *F. benjamina* (Siminis and Manios, 1990), *D. grandiflora*, *N. oleander* και *L. camara* (Papafotiou et al., 2001) όταν καλλιεργήθηκαν σε υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ. Σε μελέτη των Papafotiou et al. (2004) σχετικά με την ανάπτυξη της ποϊνσέτίας σε υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ από υπολείμματα ελαιουργίας, παρατηρήθηκε ότι τα υποστρώματα που περιείχαν κομπόστ σε ποσοστό 25% και 37,5% είχαν μειωμένο πορώδες και εύκολα διαθέσιμο νερό παράγοντες που πιθανόν να σχετίζονται με τη μειωμένη ανάπτυξη των φυτών της ποϊνσέτίας σε αυτά τα υποστρώματα.

Το νωπό και το ξηρό βάρος των φυτών παρουσιάζουν παρόμοιες διαφορές σε όλα τα υποστρώματα, οι οποίες είναι πιο ευδιάκριτες στο ξηρό βάρος. Από τις μετρήσεις του

ξηρού βάρους της Σενεράριας προέκυψε ότι η προσθήκη ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης δεν υποκατέστησε τη λίπανση αλλά όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το κομπόστ αύξησε το ξηρό βάρος. Από την ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων στους ιστούς της Σενεράριας φαίνεται πως τα επίπεδα του αζώτου στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα κομπόστ 37,5% και δεν δέχτηκαν λίπανση ήταν μεγαλύτερα σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα χωρίς λίπανση αλλά αρκετά μικρότερα σε σχέση με τα επίπεδα του αζώτου στα φυτά που λιπαίνονταν. Σε ότι αφορά τα φυτά που δέχονταν λίπανση, το ξηρό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν στα διάφορα υποστρώματα είναι ανάλογο των συγκεντρώσεων του Ν στους ιστούς. Στα φυτά που αναπτύχθηκαν χωρίς λίπανση η αύξηση του ξηρού βάρους είναι παρόμοια με την ανάπτυξη σε ύψος των φυτών και φαίνεται να σχετίζεται με την περιεκτικότητα τις συγκεντρώσεις του Ν στους ιστούς αλλά και με άλλους παράγοντες (πορώδες, εύκολα διαθέσιμο νερό). Στην ανάπτυξη των φυτών εκτός από το Ν σημαντικό ρόλο έχουν και τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία. Σε μελέτη που έγινε από τους Strivastava and Bagchi (2006) σχετικά με την αύξηση της βιομάζας του *C. maritima* η καλλιέργεια του οποίου γινόταν σε αμμώδες έδαφος, βρέθηκε ότι οι υψηλές δόσεις βορείου (1,0 ml/l) και ψευδαργύρου (0,1 ml/l) ευνόησαν την ανάπτυξη της βιομάζας, ενώ χαμηλές δόσεις Fe, Mn, Zn και B μείωσαν τη βιομάζα των φυτών της Σενεράριας.

Ο αριθμός των πλαγίων βλαστών ήταν ίδιος για τα φυτά που δεν δέχτηκαν λίπανση ενώ στα φυτά που λιπάνθηκαν ο αριθμός των πλαγίων βλαστών ήταν μικρός στα υποστρώματα που περιείχαν 12,5 και 37,5% ΚΑΑ, ακολούθησαν τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ και ο μεγαλύτερος αριθμός πλαγίων βλαστών παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα του μάρτυρα. Η έκπτυξη των πλαγίων βλαστών εξαρτάται από ενδογενείς ορμονικούς παράγοντες (Γαλάτης et al., 2003), ωστόσο φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ του αριθμού των πλαγίων βλαστών και της συγκέντρωσης P. Οι Bass et al. (1995) αναφέρουν ότι φυτά γερανιών και σάλβιας που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες έλλειψης P παρουσίασαν μειωμένο αριθμό πλάγιων βλαστών. Στην παρούσα μελέτη τα φυτά του μάρτυρα που λιπαίνονταν και ανέπτυξαν

τους περισσότερους πλάγιους βλαστούς, είχαν και τη μεγαλύτερη συγκέντρωση P στα φύλλα. Αντίστοιχα τα φυτά που δεν λιπαίνονταν, ανεξάρτητα από τη συμμετοχή του κομπόστ στο υπόστρωμα ανάπτυξης, παρουσίασαν τον ίδιο αριθμό πλαγίων βλαστών και μικρές συγκεντρώσεις P στους ιστούς των φύλλων.

Το νωπό και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος παρουσίασε παρόμοιες διαφορές στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του μάρτυρα και στο υπόστρωμα που περιείχε 12,5% ΚΑΑ. Τα φυτά του μάρτυρα χωρίς λίπανση παρουσίασαν μικρότερο νωπό και ξηρό βάρος από αυτά που λιπαίνονταν. Αντίθετα τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ και λιπαίνονταν ανέπτυξαν μικρότερο νωπό και ξηρό βάρος από τα φυτά του ίδιου υποστρώματος που δεν δέχονταν λίπανση. Τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ παρουσίασαν το ίδιο νωπό βάρος ανεξάρτητα με το αν λιπαίνονταν ή όχι, ενώ εκείνα που δεν λιπαίνονταν ανέπτυξαν μεγαλύτερο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος από εκείνα που λιπαίνονταν. Τέλος τα φυτά του υποστρώματος που περιείχε 37,5% ΚΑΑ παρουσίασαν το ίδιο νωπό βάρος ριζικού συστήματος ανεξάρτητα με το αν λιπαίνονταν ή όχι ενώ εκείνα που δεν λιπαίνονταν ανέπτυξαν μικρότερο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος από εκείνα που δέχονταν λίπανση. Το μεγαλύτερο νωπό βάρος ριζικού συστήματος παρατηρήθηκε στα φυτά του μάρτυρα που δέχονταν λίπανση, ενώ το μεγαλύτερο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος παρατηρήθηκε στα φυτά του υποστρώματος που περιείχε 25% ΚΑΑ και δεν δέχονταν λίπανση.

Η άνθιση επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων και η υδατική κατάσταση (Γαλάτης et al., 2003). Επιπλέον σύμφωνα με τη θεωρία των Sachs and Hackett (1983) (Γαλάτης et al., 2003) για την παράκαμψη θρεπτικών στοιχείων η μετατροπή των βλαστικών μεριστωμάτων σε ανθικά προκαλείται από τη συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων. Οι Bass et al. (1995) αναφέρουν ότι φυτά πετούνιας και σάλβιας που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες φωσφορικού στρες εμφάνισαν μειωμένο αριθμό μπουμπουκιών και ανθέων. Στην παρούσα μελέτη τα φυτά που λιπαίνονταν παρουσίασαν παρόμοιο αριθμό ανθικών ταξιανθιών εκτός από τα φυτά του υποστρώματος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ 37,5% που είχαν μικρότερο

αριθμό ανθικών κεφαλών. Η μείωση αυτή στον αριθμό των ταξιανθιών του υποστρώματος με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα κομπόστ, ίσως να οφείλονται στα φυσικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος που πιθανών μειώνουν το εύκολα διαθέσιμο νερό για τα φυτά. Στα φυτά που δεν δέχτηκαν λίπανση ο μεγαλύτερος αριθμός ταξιανθιών παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα με 25% ΚΑΑ και ο αμέσως μικρότερος στο υπόστρωμα με 37,5% ΚΑΑ, ενώ ακολούθησε το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ και το υπόστρωμα του μάρτυρα.

6.4.2. Ανάπτυξη Δεντρολίβανου

Στη μελέτη που αφορούσε την ανάπτυξη του δεντρολίβανου η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση παρά μόνο σε ότι αφορά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Η παρουσία του κομπόστ σε συνθήκες μη λίπανσης ευνόησε την ανάπτυξη του δεντρολίβανου αλλά ο συνδυασμός της λίπανσης με την υψηλότερη συγκέντρωση του κομπόστ επέφερε μείωση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών, του αριθμού των πλαγίων βλαστών και του μήκους των βλαστών. Αντίθετα ο συνδυασμός της λίπανσης με τη συμμετοχή του κομπόστ στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών σε ποσοστό 25% παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές σε ότι αφορά τη διάμετρο του λαιμού και το νωπό και ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος. Έτσι με σύγχρονη εφαρμογή λίπανσης μπορεί να αντικατασταθεί μέχρι και το 50% της τύρφης από ΚΑΑ χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών.

Για το δεντρολίβανο δεν έχει ολοκληρωθεί η μελέτη σχετικά με την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών των φύλλων και του ριζικού συστήματος σε Ν και Ρ, ωστόσο η βιβλιογραφία αναφέρει ότι ο φώσφορος ενισχύει την ανάπτυξη σε ύψος του δεντρολίβανου και την αύξηση της διαμέτρου στο λαιμό του φυτού (Sardans et al., 2005). Στην παρούσα μελέτη, υπό καθεστώς λίπανσης, τα φυτά του μάρτυρα απέκτησαν το μεγαλύτερο ύψος και ακολούθησαν με μικρές διαφορές το υπόστρωμα που περιείχε

25% ΚΑΑ, το υπόστρωμα με 37,5% ΚΑΑ και τέλος το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ. Ενδεχομένως η λίπανση να οδήγησε σε επάρκεια P και οι διαφορές στην ανάπτυξη να οφείλονται στα φυσικά χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ απέκτησαν το μεγαλύτερο ύψος, ακολούθησαν τα φυτά των υποστρωμάτων με 37,5% και 12,5% ΚΑΑ και τέλος το μικρότερο ύψος απέκτησαν τα φυτά του μάρτυρα. Σε ότι αφορά τη διάμετρο του λαιμού, όταν εφαρμόστηκε λίπανση η μεγαλύτερη διάμετρος παρατηρήθηκε στα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ και η μικρότερη στα φυτά του μάρτυρα και του υποστρώματος με 12,5% ΚΑΑ, ενώ στα φυτά που δεν λιπάνθηκαν η μεγαλύτερη διάμετρος παρατηρήθηκε στα υποστρώματα με 25% και 37,5% ΚΑΑ και ακολούθησε το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ και τέλος ο μάρτυρας.

Οι Cala et al. (2005) μελέτησαν την παραγωγή βιομάζας του δεντρολίβανου που αναπτύχθηκε σε έδαφος βελτιωμένο με οργανικά απορρίμματα και παρατήρησαν ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα με 20 mg/ha αστικών στερεών απορριμμάτων αύξησαν την παραγωγή βιομάζας σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα που αναπτύχθηκαν σε χόμα, ενώ σημαντική αύξηση δεν παρατηρήθηκε για τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα με 40 mg/ha αστικών στερεών απορριμμάτων. Την αύξηση της βιομάζας στο υπόστρωμα με τη μικρότερη συγκέντρωση αστικών στερεών απορριμμάτων οι μελετητές την απέδωσαν στη βελτίωση των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Στην παρούσα μελέτη υπό καθεστώς λίπανσης τα φυτά όλων των υποστρωμάτων παρουσίασαν το ίδιο ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος, εκτός από αυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ 37,5%, τα οποία εμφάνισαν μείωση του ξηρού βάρους. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση τα φυτά των υποστρωμάτων που περιείχαν κομπόστ ανέπτυξαν το ίδιο ξηρό βάρος υπέργειου που ήταν μεγαλύτερο από το νωπό βάρος υπέργειου του μάρτυρα.

Σε ότι αφορά τους πλάγιους βλαστούς όταν εφαρμόστηκε λίπανση, τα φυτά του μάρτυρα και του υποστρώματος με τη μικρότερη συγκέντρωση ΚΑΑ 12,5% ανέπτυξαν

περισσότερου και πιο μακριούς πλάγιους βλαστούς, ακολούθησαν τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ και τέλος τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα που περιείχε 37,5% ΚΑΑ. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ παρουσίασαν τους περισσότερους πλάγιους βλαστούς, ακολούθησαν τα φυτά του υποστρώματος με 25% ΚΑΑ ενώ τους λιγότερους πλάγιους βλαστούς ανέπτυξαν τα φυτά στο υπόστρωμα του μάρτυρα και στο υπόστρωμα που περιείχε 37,5% ΚΑΑ. Σε ότι αφορά το μήκος των πλαγίων βλαστών στα φυτά που δεν λιπαίνονταν, ήταν μεγαλύτερο για τα φυτά των υποστρωμάτων με 12,5% και 25% ΚΑΑ και μικρότερο για τα φυτά του μάρτυρα και του υποστρώματος με 37,5%.

Το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος υπό καθεστώς λίπανσης αυξήθηκε αναλογικά με τη συμμετοχή του ΚΑΑ στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, εκτός από το υπόστρωμα με 12,5% ΚΑΑ που παρουσίασε μείωση του ξηρού βάρους ριζικού συστήματος σε σχέση με το μάρτυρα. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος ήταν μεγαλύτερο στα φυτά του υποστρώματος που περιείχε 12,5% ΚΑΑ και μικρότερο στα φυτά του μάρτυρα.

6.4.3. Ανάπτυξη Λιγούστρου

Σε ότι αφορά την ανάπτυξη του λιγούστρου σε σχέση με τις συνθήκες θρέψης, οι Huché-Thélier et al. (2005) αναφέρουν ότι κατά τη φάση επιμήκυνσης των βλαστών του φυτού *Ligustrum ovalifolium* τα φυτά με και χωρίς λίπανση παρουσίασαν παρόμοιο ξηρό βάρος βλαστών και παρόμοια αύξηση του μήκους των βλαστών, ενώ το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος ήταν μεγαλύτερο στα φυτά που δεν λιπαίνονταν. Επιπλέον στην ίδια μελέτη αναφέρεται ότι κατά την επιμήκυνση των βλαστών η περιεκτικότητα του Ν στα κλαδιά και στις ρίζες των φυτών που δέχονταν ή όχι λίπανση παρέμεινε σταθερή σε αντίθεση με το Ρ, η συγκέντρωση του οποίου ήταν μεγαλύτερη στα κλαδιά των φυτών με λίπανση.

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι η μερική αντικατάσταση της τύρφης από ΚΑΑ δεν υποκατέστησε τη λίπανση, ενώ σε συνθήκες μη λίπανσης η συμμετοχή του κομπόστ στο υπόστρωμα ανάπτυξης ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών του λιγούστρου. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτά της μελέτης του Δημητριάδη (2009, Παράρτημα Πίνακας Π3) σύμφωνα με την οποία η τύρφη χωρίς την υποστήριξη ανόργανης λίπανσης δεν μπόρεσε να ανταποκριθεί στις ανάγκες θρέψης των φυτών του λιγούστρου.

Σύμφωνα με τους Huché-Thélier et al. (2001) οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου στους ιστούς του φυτού *Ligustrum ovalifolium*, κυμαίνονται για το άζωτο από 1,3%- 2,6% και για το φώσφορο από 0,9%- 0,31% ανάλογα με τη συχνότητα και την ποσότητα της λίπανσης.

Η ανάπτυξη σε ύψος των φυτών που λιπαίνονταν φαίνεται πως δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση Ν στου ιστούς, ίσως γιατί το άζωτο βρίσκεται σε επάρκεια στα φυτά όλων των υποστρωμάτων. Οι Bass et al. (1995) αναφέρουν ότι η έλλειψη Ρ επιδρά στη μείωση του ύψους των φυτών, πράγματι η ανάπτυξη σε ύψος των φυτών που λιπαίνονταν φαίνεται να ακολουθεί τις συγκεντρώσεις του Ρ στους ιστούς των φύλλων. Αντίθετα όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση η ανάπτυξη σε ύψος των φυτών στα διάφορα υποστρώματα ήταν ανάλογη με τη συγκέντρωση Ν στα φύλλα, με εξαίρεση τα φυτά του υποστρώματος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ΚΑΑ (37,5%) στα οποία ενώ η συγκέντρωση του Ν στα φύλλα ήταν αυξημένη, η ανάπτυξη σε ύψος παρέμεινε σταθερή.

Το νωπό και το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών που αναπτύχθηκαν στα διάφορα υποστρώματα και δέχτηκαν ή όχι λίπανση παρουσίασαν παρόμοιες διαφορές. Στα φυτά που δέχτηκαν λίπανση το ξηρό βάρος μειώθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης ΚΑΑ στα υποστρώματα. Η μείωση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών είναι αντιστρόφως ανάλογη της συγκέντρωσης του Ν στα φύλλα και ανάλογη της συγκέντρωσης του Ρ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η έκπτυξη πλαγίων βλαστών εξαρτάται από ορμονικούς παράγοντες (Γαλάτης et al., 2003) αλλά και από τη συγκέντρωση P στους ιστούς των φυτών (Bass et al., 1995). Στην παρούσα μελέτη όταν εφαρμόστηκε λίπανση, ο αριθμός των πλαγίων βλαστών μειώθηκε με την προσθήκη ΚΑΑ στο υπόστρωμα και η μείωση ήταν ανάλογη της συμμετοχής του κομπόστ στα υποστρώματα. Παρόμοια μεταβολή παρουσίασε και ο φώσφορος καθώς η συγκέντρωση P στους ιστούς των φύλλων των φυτών που δέχτηκαν λίπανση μειώθηκε με την προσθήκη ΚΑΑ στο υπόστρωμα και η μείωση ήταν ανάλογη του ποσοστού συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ παρουσίασαν πολύ μεγαλύτερο αριθμό πλαγίων βλαστών αλλά και μεγαλύτερη συγκέντρωση P σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα που υπολείπονταν τόσο σε αριθμό πλαγίων βλαστών όσο και σε συγκέντρωση P στους ιστούς των φύλλων.

Οι διαφορές στο νωπό και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος ανάμεσα στα υποστρώματα, είναι παρόμοιες. Με την εφαρμογή λίπανσης τόσο το νωπό όσο και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος ήταν μεγαλύτερο στα φυτά του μάρτυρα και μικρότερο στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα που περιείχε 12,5% ΚΑΑ. Όταν δεν εφαρμόστηκε λίπανση το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος αυξήθηκε με την αύξηση της συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα ανάπτυξης, ενώ το ξηρό βάρος ριζικού συστήματος δε διέφερε μεταξύ των φυτών των υποστρωμάτων που περιείχαν ΚΑΑ σε οποιαδήποτε συγκέντρωση και ήταν μικρότερο στα φυτά του μάρτυρα.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

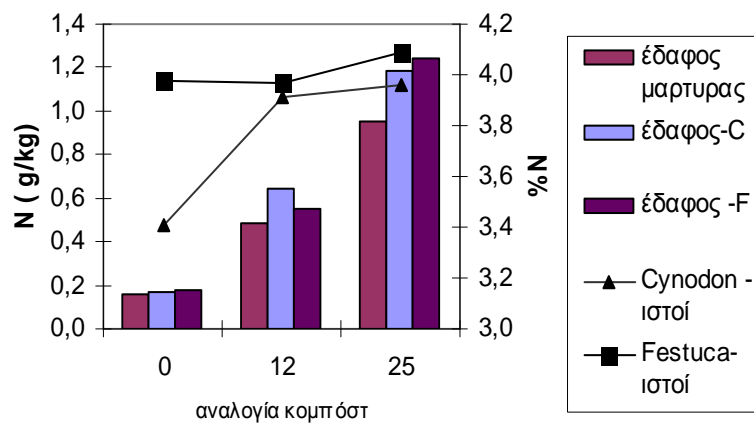
Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση του κομπόστ αστικών απορριμμάτων που παράχθηκε στο ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων στον χλοοτάπητα *C. dactylon* και στα θμνώδη φυτά *S. maritima*, *R. officinalis* και *L. japonicum* και η δυνατότητα αξιοποίησης του αυτοπαραγόμενου κομπόστ στην αποκατάσταση των ΧΥΤΑ ως εδαφοβελτιωτικό του υποστρώματος. Συμπερασματικά από τη μελέτη διαπιστώθηκε ότι:

- Οι φυσικές ιδιότητες του ΚΑΑ είναι ικανοποιητικές και μπορούν να βελτιωθούν με καλύτερη ομοιογένεια στις κοκκομετρίες 1-4mm.
- Το κομπόστ σε ότι αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αλλά και τη συμβολή στη θρέψη των φυτών, κρίθηκε κατάλληλο για χρήση στην αποκατάσταση ΧΥΤΑ
- Ο χλοοτάπητας *Cynodon dactylon* παρουσίασε ικανοποιητική ανάπτυξη στο υπόστρωμα $E_3:KAA_1$ που περιείχε κομπόστ σε ποσοστό 25% ανεξάρτητα με το αν δεχόταν λίπανση ή όχι.
- Η οπτική ποιότητα του χλοοτάπητα *Cynodon dactylon* έξι μήνες μετά τη σπορά ήταν σημαντικά καλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν ΚΑΑ, ανεξάρτητα από το ποσοστό συμμετοχής του κομπόστ στο υπόστρωμα, σε σχέση με την οπτική ποιότητα που ανέπτυξε ο χλοοτάπητας που αναπτύχθηκε στο μάρτυρα. Ωστόσο τον πρώτο μήνα μετά τη σπορά ο χλοοτάπητας που αναπτύχθηκε στο υπόστρωμα $E_3:KAA_1$ που περιείχε κομπόστ σε ποσοστό 25% εμφάνισε καλύτερη οπτική ποιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα.
- Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του *Cynodon dactylon* δεν επηρεάστηκε από την παρουσία του κομπόστ.
- Η χρήση των κομποστοποιημένων αστικών απορριμμάτων ως εδαφοβελτιωτικό στο υπόστρωμα ανάπτυξης του *S. maritima* σε ποσοστό

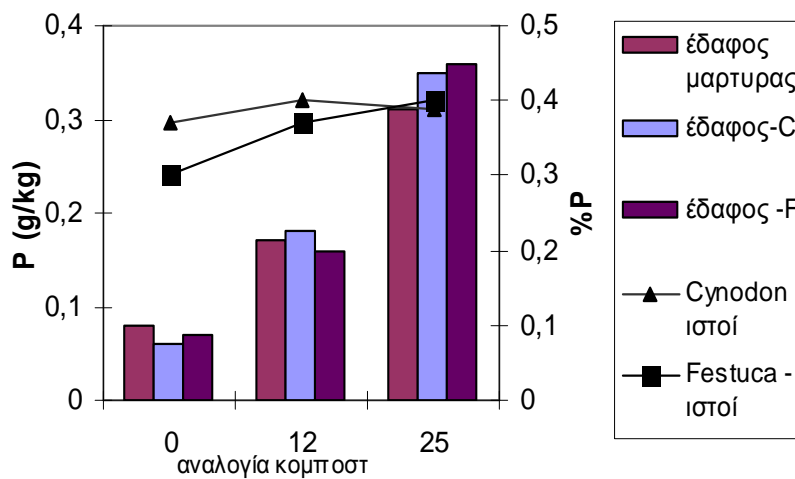
- 25%, υποκατέστησε τη λίπανση χωρίς εμφανή συμπτώματα στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς το ύψος του φυτού, το μήκος των πλαγίων βλαστών και η ανθοφορία δεν επηρεάστηκε.
- Με εφαρμογή λίπανσης το ΚΑΑ μπορεί να αντικαταστήσει το 50% της τύρφης χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη και την ανθοφορία του *S. maritima*.
 - Σε ότι αφορά το *R. officinalis*, το ΚΑΑ δεν μπόρεσε να υποκαταστήσει τη λίπανση σε καμία συγκέντρωση.
 - Με σύγχρονη εφαρμογή λίπανσης μπορεί να αντικατασταθεί μέχρι 50% της τύρφης από ΚΑΑ χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη του *R. officinalis*.
 - Αν δεν εφαρμοστεί λίπανση η αντικατάσταση μέρους της τύρφης από ΚΑΑ ευνοεί την ανάπτυξη του δενδρολίβανου.
 - Σε ότι αφορά το *L. japonicum*, το ΚΑΑ δεν μπόρεσε να υποκαταστήσει τη λίπανση σε καμία συγκέντρωση.
 - Η ανάπτυξη του *L. japonicum* ευνοείται όταν σε συνθήκες μη λίπανσης το ΚΑΑ αντικαταστήσει το 25-50% της τύρφης.
 - Υπό καθεστώς λίπανσης το ΚΑΑ μπορεί να αντικαταστήσει την τύρφη σε ποσοστό 25% χωρίς προβλήματα στην ανάπτυξη του *L. japonicum*.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

8.1. Διαγράμματα



Διάγραμμα Π1. Επίδραση προσθήκης κομπόστ στις περιεκτικότητες εδαφών και φυτικών ιστών σε N. Πηγή: Δημητριάδης, (2009).



Διάγραμμα Π2. Επίδραση προσθήκης κομπόστ στις περιεκτικότητες εδαφών και φυτικών ιστών σε P. Πηγή: Δημητριάδης, 2009.

8.2. ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας Π1. Περιεκτικότητα (%) N,P σε υπολείμματα κοπής του χλοοτάπητα *C. dactylon*.
Πηγή: Δημητριάδης, 2009

Υπόστρωμα	N%	P%	N/P
E ₁	3,41 ± 0.09	0,37 ± 0.01	9.2
E ₇ :ΚΑΑ ₁	3,91 ± 0.05	0,40 ± 0.01	9.8
E ₃ :ΚΑΑ ₁	3.96 ± 0.18	0,39 ± 0.01	10.2

Πίνακας Π2. Περιεκτικότητα (%) N,P στους φυτικούς ιστούς του *S. maritima* Πηγή:
Δημητριάδης, 2009

Υπόστρωμα	Φύλλα			Ρίζες		
	N %	P %	N/P	N %	P %	N/P
T50-Π50	1,02 ± 0,02	0,13	7,8	0,92 ± 0,08	0,09	10,2
T37,5-Π50- ΚΑΑ12,5	0,92 ± 0,02	0,11	8,4	0,90 ± 0,08	0,12	7,5
T25-Π50- ΚΑΑ25	1,04 ± 0,01	0,10	10,4	0,88 ± 0,11	0,11	8,0
T12,5-Π50- ΚΑΑ37,5	1,26 ± 0,02	0,11	11,5	1,16 ± 0,12	0,13	8,9
T50-Π50 Λίπανση	1,63 ± 0,02	0,27 ± 0,04	6,0	1,60 ± 0,08	0,36	4,4
T37,5-Π50- ΚΑΑ12,5 Λίπανση	1,53 ± 0,08	0,18 ± 0,02	8,5	1,35 ± 0,01	0,25	5,4
T25-Π50- ΚΑΑ25 Λίπανση	1,60 ± 0,14	0,19 ± 0,00	8,4	1,47 ± 0,16	0,27	5,4
T12,5-Π50- ΚΑΑ37,5 Λίπανση	1,62 ± 0,02	0,18 ± 0,04	9,0	1,37 ± 0,02	0,23	6,0

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα (%) N,P στους φυτικούς ιστούς του *L. Japonicum*. Πηγή: Δημητριάδης, 2009

Υπόστρωμα	Φύλλα			Ρίζες		
	N %	P %	N/P	N %	P %	N/P
T50-Π50	0,70 ± 0,03	0,06	12,2	0,92 ± 0,30	0,09 ± 0,08	10,2
T37,5-Π50- ΚΑΑ12,5	0,94 ± 0,02	0,21	4,5	1,04 ± 0,05	0,19 ± 0,03	5,5
T25-Π50- ΚΑΑ25	1,14 ± 0,00	0,23	5,0	1,10 ± 0,13	0,24 ± 0,05	4,6
T12,5-Π50- ΚΑΑ37,5	1,28 ± 0,09	0,22	5,8	1,29 ± 0,09	0,19 ± 0,02	6,8
T50-Π50 Λίπανση	1,87 ± 0,06	0,36	5,1	1,29 ± 0,15	0,48 ± 0,02	2,7
T37,5-Π50- ΚΑΑ12,5 Λίπανση	1,99 ± 0,09	0,32	6,3	1,45 ± 0,03	0,31 ± 0,06	4,7
T25-Π50- ΚΑΑ25 Λίπανση	2,17 ± 0,00	0,26	8,4	1,59 ± 0,06	0,28 ± 0,03	5,7
T12,5-Π50- ΚΑΑ37,5 Λίπανση	2,13 ± 0,03	0,19	11,2	1,79 ± 0,08	0,20 ± 0,03	9,0

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albiach R., R. Canet, F. Pomares and F. Ingelmo, 2000.** Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology* 75:1, 43-48
- Alves W.L., Passoni A.A., 1997.** Composto e vermicomposto de lixo urbano na producao de mudas de oiti (*Licania tomentosa* (Benth)) para arborizacao (Compost and vermicompost of urban solid waste in *Licania tomentosa* (Benth) seedlings production to arborization). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 10:32, 1-9
- Baas R., A. Brandts and N. Straver, 1995.** Growth Regulation of Bedding Plants and Poinsettia Using Low Phosphorus Fertilization and EBB- and Flow Irrigation. *ISHS Acta Horticulturae* 378: Workshop on Environmental Regulation of Plant Morphogenesis. 1 February 1995 Hannover, Germany
- Bazzoffi P., S. Pellegrini, A. Rocchini, M. Morandi and O. Grasselli, 1998.** The effect of urban refuse compost and different tractors tyres on soil physical properties, soil erosion and maize yield. *Soil and Tillage Research* 48:4, 275-286
- Brinton W.F., 2000.** Compost Quality Standards and Guidelines. Final report to New York State Association of Recyclers (NYSAR), Woods End Research Laboratory, USA, 42 pp. www.cfe.cornell.edu/wmi/compost/Brinton.pdf

- Γαλάτης Β., Δ. Γανωτάκης, Κ. Γκανή-Σπυροπούλου, Γ. Καραμπουρνιώτης, Κ. Κοτζαμπάσης, Ε.-Ι. Κωνσταντινίδου, Ι. Μανέτας, Κ.Α. Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, 2003.** Φυσιολογία φυτών από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Γιδαράκος Ε., 2007.** Σημειώσεις κομποστοποίησης (λιπασματοποίησης) του μαθήματος «Διαχείριση και Επεξεργασία Αστικών Απορριμμάτων». Πολυτεχνίο Κρήτης. Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων
- Cala V., M.A. Cases and I. Walter, 2005.** Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* grown on organic waste-amended soil. *Journal of Arid Environments* 62:3, 401-412
- Chaney R. L., Munns J.B. and Cathey H.M., 1980.** Effectiveness of digested sewage sludge compost in supplying nutrients for soilless potting media. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105:485-492
- Crecchio C., Curci M., Mininni R., Ricciuti P., Ruggiero P., 2001.** Short-term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. *Biology and Fertility of soils* 34:5, 311-318
- Δημητριάδης Π.Γ., 2009.** Επίδραση χρήσης κομπόστ από αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) στη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών σε χλοοτάπητες και καλλωπιστικά φυτά. Ερευνητική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Dunning R.D., Degner R.L. and von Blokland P.J., 1993. Municipal Solid Waste Composting: Issues Facing Communities. Florida Agricultural Market Research Center Staff 93-1. FL: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida

ΕΚΠΑ-ΓΠΑ Τελική Έκθεση, 2007. Τελική έκθεση Ε.Κ.Π.Α.-Γ.Π.Α. προς Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.

Epstein E., 1997. The Science of Composting, Technomic Base

Ε.τ.Κ., 2002. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. Τεύχος δεύτερο. Αρ. Φύλλου 1572. Αριθ. Η.Π. 29407/3508. Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων

Ε.τ.Κ., 2003. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. Τεύχος δεύτερο. Αρ. Φύλλου 1909. Αριθ. Η.Π. 50910/2727. Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης

Faucette L.B., L.M. Risse, M.A. Nearing, J.W. Gaskin, and L.T. West, 2004. Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. Journal of soil and water Conservation 59:4, 154-160

Fiorucci P., Minciardi R., Robba M. and Sacile R., 2003. Solid waste management in urban areas - Development and application of a decision support system. Resources, Conservation and Recycling 37:28, 301-328

- García C., T. Hernández and F. Costa, 1991.** Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium perenne*) in a calciorthid soil amended with this waste. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56:4, 457-467
- Garcia C., Hernandez T., Costa F. 1991.** Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium perene*) in a Calciorthid Soil Amended with this waste. *Journal Sci. Food Agric.* 56: 457-467
- Garling C.D. and Boehm J.M., 2001.** Temporal effects of compost and fertilizer applications on nitrogen fertility of golf course turfgrass. *Agronomy Journal* 93:548- 555
- GTZ, 1998.** Utilization of organic waste in (peri-)urban centers. GFA-Umwelt and Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Eschborn, Germany
- Guanzon, Y.B., and Holmer, R.J., 2003.** Basic cultural management practices for vegetable production in urban areas of the Philippines. *Urban Agriculture Magazine*, 10, 14-15
- Giusquiani P. L., M. Pagliai, G. Gigliotti, D. Businelli and A. Benetti, 1995.** Urban Waste Compost: Effects on Physical, Chemical, and Biochemical Soil Properties. *J Environ Qual* 24:175-182
- Handreck K. and Black N., 2002.** Growing media for ornamental plants and turf, third edition. UNSW Press book.ience 40:7:2157-2163
- Haug T.R., 1993.** *The Practical Handbook of Compost Engineering.* Lewis publishers
- He X.T., S.J. Traina and T.J. Logan, 1992.** Chemical properties of municipal solid waste composts. *J. Environ. Qual.* 21:318- 329

- Hernando S., M.C. Lobo and A. Polo, 1989.** Effect of the application of a municipal refuse compost on the physical and chemical properties of a soil. *Science of the Total Environment* 81-82, 589-596
- Hicklenton P.R., V. Rodd and P.R. Warman, 2001.** The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark composts as components of container growing media. *Scientia Horticulturae* 91:3-4, 365-378
- Howard A. and Wad Y.D., 1931.** *The Waste Products of Agriculture - Their Utilization as Humus.* Oxford University Press, London
- Hsu J. and Lo S., 2001.** Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure. *Environmental Pollution*, 114:1, 119-127
- Huché-Théliet L., V. Guérin and S. Charpentier, 2006.** Interactions between N, P and C mobilisations during spring growth of a semi-evergreen shrub (*Ligustrum ovalifolium* L.) grown in containers with different fertilisation schedules. *Scientia Horticulturae* 107:3, 297-305
- Ingelmo F., R. Canet, M.A. Ibañez, F. Pomares and J. García, 1998.** Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresour. Technol.*, 63: 123–129
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.** Waste Generation, Composition and Management Data. www.ipcc-nggip.iges.or.jp

- Jordão C.P., C.C. Nascentes, P.R. Cecon, R.L.F. Fontes and J.L. Pereira, 2006.** Heavy Metal Availability in Soil Amended with Composted Urban Solid Wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112: 309-326
- Kaschl A., V. Römheld and Y. Chen, 2002.** The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. *Science of The Total Environment*, 291: 1-3, 45-57
- Khaleel R., Reddy KR., Overcash MR. 1981.** Change in soil physical properties due to organic waste applications. *Journal of Environmental Quality* 10: 133-141
- Κοτοπούλης, Γ., 2006.** Η επίδραση του υποστρώματος και του αποστραγγιστικού συστήματος στην έκπλυση βρωμίου από σύστημα φυτοδώματος. Πτυχιακή μελέτη. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- KrishnaRaj S., P.K. Saxena and M.R. Perras, 2001.** Method of Using Pelargonium sp. as Hyperaccumulators for Remediating Contaminated Soil. U.S. Patent Documents
- KYA 114218, 1016/B/17-11-97.** “Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων” προς εφαρμογή της υπ’αρ.69728/824/96
- Λαζαρίδη Κ., Π. Κουλουμπής, Σ. Σκουλάξινου, Δ. Κανακόπουλος και Γ. Λώλος, 2002.** Προδιαγραφές Ποιότητας και Διάθεση Κομπόστ: η Ελληνική και Διεθνής Εμπειρία. http://www.epem.gr/pdfs/2002_8.pdf
- Lasaridi K., I. Protopapa, M. Kotsou, G. Pilidis, T. Manios and A. Kyriacou, 2006.** Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management* 80:1, 58-65

- Liu J., Zhou Q., Sun T., Ma L.Q. and Wang S., 2008.** Growth responses of three ornamental plants to Cd and Cd–Pb stress and their metal accumulation characteristics. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 261-267
- Liu Z, X. He, W. Chen, F. Yuan, K. Yan and D. Tao, 2009.** Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a potential hyperaccumulator - *Lonicera japonica* Thunb. *Journal of Hazardous Materials*, 169:1-3, 170-175
- Miller T., 1999.** Βιώνοντας στο περιβάλλον II. Εκδόσεις ΙΩΝ, Περιστέρι
- Nobel P.S., 1991.** *Physicochemical and Environmental Plant Physiology.* Academic Press Inc.
- Ntoulas N., Tsiotsiopolou P., Nektarios PA., Papafotiou M., Chronopoulos I. 2004.** Olive mill compost evaluation as a soil amendment for turfgrass culture. *Acta Horticulture* 661: 71-76
- Νυδριώτη Ε., Μ. Γιαννοπούλου, Π. Νεκτάριος, Γ. Οικονόμου, Β. Πετρόπουλος, Γ. Λώλος, 2007.** Προσδιορισμός των Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Κομπόστ από Χ.Υ.Τ.Α. και Εκτίμηση της Χρήσης του ως Εδαφοβελτιωτικού στην Ανάπτυξη Ειδών Χλοοτάπητα. 23^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο «Η αγροτική παραγωγή στο νέο ευρωπαϊκό περιβάλλον», Ελληνική Εταιρία Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, 23-26 Οκτωβρίου Χανιά Κρήτης
- Ozores-Hampton, M., T.A. Obreza and G. Horhmath, 1998.** Using composted wastes on Florida vegetable crops. *HortTechnology*, 8: 130–137
- Palacios Gomez J.M., Ruiz de Apodaca A., Rebollo C. and Azcárate, J., 2002.** European policy on biodegradable waste: a management perspective. IWA specialised conference, Acapulco , MEXIQUE (25/10/2001) 64:10, 311-318

- Papafotiou M., Marianna Phsyhalou, George Kargas, Iordanis Chatzipavlidis, John Chronopoulos, 2004.** Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia Horticulturae* 102, 167–175
- Papafotiou M., Kargas G., Lytra I. 2005.** Olive-mill Waste Compost as a Growth Medium Component for Foliage Potted Plants. *HortScience* 40(6): 1746-1750
- Pascual J. A., C. Garcia, T. Hernandez, S. Lerma and J. M. Lynch, 2002.** Effectiveness of municipal waste compost and its humic fraction in suppressing *Pythium ultimum*. *Microbial Ecology* 44:1 59-68
- Pérez A. de Mora, J. Julio Ortega -Calvo, Francisco Cabrera and Engracia Madejón, 2005.** Changes in enzyme activities and microbial biomass after “in situ” remediation of a heavy metal-contaminated soil. *Applied Soil Ecology* 28:2, 125-137
- Πούλιος Κ., Παπαχρήστου Ε., 2005.** Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης – Οικονομικές προεκτάσεις. Heleco '05 ΤΕΕ Αθήνα, Φεβρουάριος 2005. <http://library.tee.gr/digital>
- Qasem J. R. and T.A. Hill, 1995.** Growth, development and nutrient accumulation in *Senecio vulgaris* L. and *Chenopodium album* L. *Weed Research* 35:3, 187-196
- Renkow M, and Rubin A. R., 1998.** Does municipal soil waste composting make economic sense? *Journal of Environment Management* 53:339-347
- Rodale J.I., Rodale R., Olds J., Goldman M.C., Franz M. and Minnish J., 1960.** The complete book of composting . Rodale books., Emmause, Pennsylvania

- Ros M., C. Garcia and T. Hernandez, 2001.** The use of urban organic wastes in the control of erosion in a semiarid Mediterranean soil. *Soil use and Management* 17:4, 292-293
- Rosen, C.J., T.R. Halbach and T.R. Swanson, 1993.** Horticultural uses of municipal solid waste components. *HortTechnology*, 3: 167–173
- Sanderson K.C., 1980.** Use of sewage-refuse compost in the production of ornamental plants. *HortScience* 15:173-178
- Sardans J., F. Rodà and J. Peñuelas, 2005.** Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. *Environmental and Experimental Botany* 53:1, 1-11
- Schertenleib R. and Bartone C., 1990.** Urban Management and the Environment, Workshop on Spatial Developments in Indonesia, Jakarta. www.brsde.paho.org
- Schertenleib R. and Meyer W., 1992.** Municipal Solid Waste Management in Developing Countries: Problems and Issues; Need for Future Research. *IRCWD NEWS* 26:2-8
- Schumann G.L., H. Soares, C.M. Holden and M.S. Switzenbaum, 1993.** Relationship of traditional parameters of compost stability to turfgrass quality. *Environ. Technol.* 14:257-263
- Serra-Wittling C., S. Houot and C. Alabouvette, 1996.** Increased soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology and Biochemistry* 28:1207-1217
- Shiralipour A., D.B. McConnell and W.H. Smith, 1992.** Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass and Bioenergy* 3:3-4, 261-266

- Siminis H.I. and Manios V.I., 1990.** Mixing peat with MSW compost. *BioCycle* 31, 60-61
- Srivastava N.K. and G.D. Bagchi, 2006.** Influence of micronutrient availability on biomass production in *Cineraria maritima*. *Indian journal of Pharmaceutical Science* 68:2, 238-239
- Stoffella P.J. and Kahn B.A., 2000.** Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis publishers
- Soumaré M., F.M.G. Tack and M.G. Verloo, 2003.** Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology* 86:1, 15-20
- Trenholm L.E., R.N. Carrow and R.R. Duncan, 2000.** Mechanisms of Wear Tolerance in Seashore Paspalum and Bermudagrass. *Crop Science* 40:1350-1357
- Τσογγαράκης, Γ., 2005.** Πρόταση φυτοκάλυψης δώματος και επιλογή διαστρώσεων σε συνάρτηση με τη βέλτιστη ανάπτυξη χλοοτάπητα και τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από τη χρήση αγροχημικών. Μεταπτυχιακή μελέτη. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- United States Environmental Protection Agency, 1997.** Innovative Uses of Compost Erosion Control, Turf Remediation, and Landscaping. (www.epa.gov)
- Utrillas M.J., L. Alegre and E. Simon, 1995.** Seasonal changes in production and nutrient content of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. subjected to water deficits. *Plant and Soil* 175:153-157
- Veeken A. and B. Hamelers, 2002.** Sources of Cd, Cu, Pb and Zn in biowaste. *Science of The Total Environment*, 300:1-3, 87-98

Westover, H.L. 1927. Milorganite—an activated sludge. USGAGreen Section Bull. 7:168–170

Whittle A.J., and Dyson A.J., 2002. The fate of heavy metals in green waste composting. The Environmentalist, 22: 13–21

Wilson S.B., Stoffella P.J. and Graetz D.A., 2001. Compost- Amended Media for Growth and Development of Mexican Heather. Compost Science & Utilization 9:1, 60-64

Wootton, R.D., Guoin F.R. and Stark F.C., 1981. Composted, digested sludge as a medium for growing flowering annuals. Journal of the American Society for Horticultural Science 106:46-49

Zheljazkov V.D. and P.R. Warman, 2004. Source-Separated Municipal Solid Waste Compost Application to Swiss Chard and Basil. Journal of Environment Quality 33:542-552

9.1. Πηγές από το διαδίκτυο

Δ1:<http://scp.eionet.europa.eu/themes/waste/#1>

Δ2:<http://www.eedsa.gr/Contents> Κωνσταντίνος Μπούρκας, Κωνσταντίνος Αραβώσης, Ηλίας Αβραμίκος Copyright 2006-2008

Δ3:http://www.cwc.org/organics/organic_hrms Cleaning Washington Center: A Decision Guide for Managers of Businesses, Institutions, Campuses, and Other Facilities

Δ4:http://www.environmental_expert.com Systematic waste management systems lacking in Poland, says EU