

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ**  
**ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**  
**ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΞΗΡΟΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**  
***HELICHRYSUM ITALICUM* ΚΑΙ *HELICHRYSUM ORIENTALE***  
**ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΤΟΔΩΜΑΤΟΣ**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**ΝΙΚΗΣ ΠΕΡΓΙΑΛΙΩΤΗ**

**ΑΘΗΝΑ 2010**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ**  
**ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**  
**ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΞΗΡΟΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**  
***HELICHRYSUM ITALICUM* ΚΑΙ *HELICHRYSUM ORIENTALE***  
**ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΤΟΔΩΜΑΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**ΝΙΚΗΣ ΠΕΡΓΙΑΛΙΩΤΗ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘ. : ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΦΩΤΙΟΥ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΜΕΛΗ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΡΓΑΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ

**ΑΘΗΝΑ 2010**



Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Μ. Παπαφωτίου για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και την συνεχή καθοδήγηση και τη στενή μας συνεργασία.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κ. Γ. Κάργα για την πολύτιμη βοήθειά του για την πραγματοποίηση των μετρήσεων των φυσικών ιδιοτήτων των υποστρωμάτων καθώς και για τις υποδείξεις του κατά τη συγγραφή της μελέτης μου.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Ι. Μάσσα για τη φιλοξενία στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας καθώς και την Ηλέκτρα για την πραγματοποίηση των μετρήσεων των ανόργανων στοιχείων των υποστρωμάτων.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κ. Μπερτσουκλή και το Ν. Ντούλα για τη συνεχή βοήθεια και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής της μελέτης μου, καθώς και τον κ. Κατσιλέρο για τις υποδείξεις του όσον αφορά στο στατιστικό πρόγραμμα. Ακόμα, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον κ. Τάκη και τον κ. Δημήτρη για τη βοήθειά τους στο στήσιμο του πειράματος.

Φυσικά δεν μπορώ να παραλείψω να ευχαριστήσω τη συμφοιτήριά μου Λαμπρινή Τασούλα, που περάσαμε μαζί όλα τα άγχη και την κούραση, μιας και τα πειράματά μας εκτελέστηκαν στον ίδιο χώρο και την ίδια χρονική στιγμή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν από την αρχή του μεταπτυχιακού προγράμματος και ψυχολογικά και οικονομικά, καθώς και τον Μιχάλη που υπήρξε δίπλα μου όλες τις στιγμές της εκπόνησης αυτής της μελέτης.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Φυτεμένα δώματα	5
1.1.1 Πλεονεκτήματα	5
1.1.2 Μειονεκτήματα	15
1.1.3 Τύποι φυτεμένων δωμαίων	18
1.1.3.1 Εκτατικός τύπος	18
1.1.3.2 Εντατικός τύπος	20
1.1.3.3 Ημιεντατικός τύπος	22
1.1.4 Σχεδιασμός φυτεμένου δώματος	23
1.1.4.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού ενός φυτεμένου δώματος	23
1.1.5 Κατασκευή φυτεμένου δώματος	24
1.1.5.1 Κατασκευαστικά υλικά επικάλυψης δώματος	25
1.1.5.2 Κατασκευαστικά υλικά εγκατάστασης φυτικού υλικού	26
1.2 Τα φυτά <i>Helichrysum italicum</i> και <i>Helichrysum orientale</i>	31
1.2.1 Καταγωγή	31
1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση	31
1.2.3 Βοτανικοί χαρακτήρες του είδους <i>Helichrysum italicum</i>	32
1.2.4 Βοτανικοί χαρακτήρες του είδους <i>Helichrysum orientale</i>	35
1.2.5 Συνθήκες περιβάλλοντος	37
1.2.6 Έδαφος	37
1.2.7 Καλλιεργητικές τεχνικές	37
1.2.8 Πολλαπλασιασμός	38
1.3 Κομπόστ	38
1.3.1 Ιστορική εξέλιξη	38
1.3.2 Κομποστοποίηση	39
1.3.3 Υλικά – κομπόστ	40
1.3.4 Συνθήκες	41
1.3.4.1 Συνθήκες αερισμού	41
1.3.4.2 Θερμοκρασία	42
1.3.4.3 Υγρασία	42

1.3.5 Διαδικασία κομποστοποίησης	42
1.3.6 Πλεονεκτήματα κομπόστ	44
1.3.7 Κομπόστ στέμφυλων	44
1.4 Σκοπός πειράματος	45
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	47
2.1 Φυτικό υλικό	47
2.2 Μεταφύτευση-Εγκατάσταση μοσχευμάτων	47
2.3 Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένου δώματος	49
2.4 Υπόστρωμα	50
2.5 Βάθος και βάρος υποστρώματος	51
2.6 Άρδευση	52
2.7 Λίπανση	53
2.8 Συνθήκες ανάπτυξης	55
2.8.1 Θερμοκρασία αέρος	55
2.8.2 Σχετική υγρασία	55
2.8.3 Ολική ακτινοβολία	56
2.8.4 Βροχόπτωση	57
2.9 Φυτοπροστασία	57
2.10 Ανθοφορία	60
2.11 Περιγραφή πειράματος	60
2.12 Μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)	62
2.13 Χάραξη καμπύλης υγρασίας	62
2.14 Προσδιορισμός φυσικών ιδιοτήτων υποστρώματος	64
2.14.1 Προσδιορισμός φαινόμενης πυκνότητας (ΡΦ)	64
2.14.2 Προσδιορισμός άμεσα διαθέσιμου νερού (RAW)	64
2.14.3 Προσδιορισμός ολικού πορώδους (Total porosity)	64
2.15 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων οργανικών δειγμάτων	65
2.15.1 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Αζώτου	65
2.15.2 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Φωσφόρου	66
2.15.3 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Καλίου	67
2.15.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Μαγνησίου	67
2.15.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Νατρίου	68
2.15.6 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Ασβεστίου	68
2.16 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων εδάφους	68

2.16.1 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Αζώτου	68
2.16.2 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Φωσφόρου	69
2.16.3 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Καλίου	71
2.16.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Μαγνησίου	72
2.16.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Νατρίου	72
2.16.6 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Ασβεστίου	73
2.17 Πειραματικό σχέδιο	73
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	75
3.1 Το φυτό <i>Helichrysum italicum</i>	75
3.1.1 Ύψος φυτού	75
3.1.2 Διάμετρος κόμης	83
3.1.3 Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	90
3.1.4 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	91
3.2 Το φυτό <i>Helichrysum orientale</i>	92
3.2.1 Ύψος φυτού	92
3.2.2 Διάμετρος κόμης	100
3.2.3 Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	108
3.2.4 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	109
3.3 Φυσικές ιδιότητες υποστρώματος	110
3.3.1 Καμπύλες υγρασίας	110
3.3.2 Φαινόμενη πυκνότητα (ΡΦ), άμεσα διαθέσιμο νερό (RAW) και ολικό πορώδες (ΟΠ)	111
3.4 Χημικές ιδιότητες εδάφους	112
3.4.1 Προσδιορισμός pH και EC	112
3.5 Ανόργανα στοιχεία υποστρώματος	113
3.5.1 Άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K)	113
3.5.2 Μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na) και ασβέστιο (Ca)	113
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	115
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	122
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	129
7. ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	134
8. ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	136
9. ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	139

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η συνεργιστική δράση της συχνότητας άρδευσης, του είδους και του βάθους υποστρώματος στην υπέργεια ανάπτυξη των ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale*, υπό συνθήκες φυτοδώματος.

Έρριζα μοσχεύματα των ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* φυτεύτηκαν στις 21 Μαΐου 2009, ανά τέσσερα (του ίδιου είδους) σε πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 60 x 40 cm, σε υπόστρωμα 2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ (υπόστρωμα μάρτυρας) και σε υπόστρωμα, όπου η τύρφη αντικαταστάθηκε πλήρως από κομπόστα στέμφυλων, ήτοι 2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ. Για κάθε είδος φυτού, σε κάθε ένα από τα δύο υποστρώματα τοποθετήθηκαν 48 φυτά, τα 24 εκ των οποίων φυτεύτηκαν σε βάθος υποστρώματος 7,5 cm και τα υπόλοιπα σε βάθος 15 cm. Τα μισά από τα φυτά που τοποθετήθηκαν σε βάθος υποστρώματος 7,5 cm αρδεύονταν κάθε 3 ημέρες και τα υπόλοιπα κάθε 5 ημέρες, ενώ τα μισά φυτά που τοποθετήθηκαν σε βάθος υποστρώματος 15 cm αρδεύονταν κάθε 5 ημέρες και τα υπόλοιπα κάθε 7 ημέρες. Τα κιβώτια τοποθετήθηκαν σε πλήρως εκτεθειμένο δώμα δευτέρου ορόφου του Κεντρικού Κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η ανάπτυξη αξιολογήθηκε μετρώντας το ύψος και τη διάμετρο των φυτών κάθε μήνα καθώς και το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματός τους, στο τέλος του πειράματος (5 μήνες καλλιέργειας). Επίσης προσδιορίστηκαν οι φυσικές ιδιότητες των υποστρωμάτων, ήτοι χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας, φαινόμενη πυκνότητα, ολικό πορώδες και εύκολα διαθέσιμο νερό, και οι χημικές τους ιδιότητες, ήτοι pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Επίσης μετρήθηκαν τα ανόργανα στοιχεία άζωτο (N), φώσφορος (P), κάλιο (K), μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na) και ασβέστιο (Ca).

Η καλλιέργεια σε υπόστρωμα κομπόστας έδωσε πιο εύρωστα φυτά, μεγαλύτερου ύψους και διαμέτρου και ιδιαίτερα αυξημένα νωπά και ξηρά βάρη, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης. Οι διαφορές ήταν το ίδιο έντονες και στα φυτά του είδους *Helichrysum italicum* και στα φυτά του είδους *Helichrysum orientale*.



Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm, έδωσαν παρόμοιο ύψος φυτού με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Στις ίδιες συνθήκες καλλιέργειας οι διαφορές στα νωπά και ξηρά βάρη ήταν εντυπωσιακές, με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm να δίνουν σημαντικά υψηλότερα νωπά και ξηρά βάρη από αυτά των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm.

Όσον αφορά στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων, παρουσιάστηκε αυξημένη περιεκτικότητα σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία στο μίγμα κομπόστας, ενώ οι διαφορές στις φυσικές ιδιότητες δεν ήταν σημαντικές.

Επομένως, μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα στέμφυλων με πολλαπλά οφέλη, όπως τη διατήρηση της τύρφης στα φυσικά οικοσυστήματα, με βάση τη διεθνή τάση και την αξιοποίηση με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο των γεωργικών υπολειμμάτων. Καθώς τα φυτά είναι πιο εύρωστα από αυτά σε τύρφη στο ίδιο βάθος υποστρώματος, ενώ στο μισό βάθος υποστρώματος η χρήση κομπόστας δίνει ανάπτυξη παρόμοια με αυτή της τύρφης στο διπλάσιο βάθος υποστρώματος, υπάρχει όφελος και στο βάρος της κατασκευής του φυτοδώματος, στοιχείο πολύ σημαντικό, ιδίως για φυτοδώματα σε παλαιά κτίρια.

**ABSTRACT**

In the present study, the combined effect of irrigation frequency, type and depth of medium on the above ground growth of the species *Helichrysum italicum* and *Helichrysum orientale* in roof garden conditions was studied.

Rooted cuttings of *Helichrysum italicum* and *Helichrysum orientale* were planted on May 21, 2009, by four (of the same species) in plastic boxes measuring 60 x 40 cm, in a substrate of 2PEAT:3SOIL:5PERLITE (control media) and in a substrate, where the peat was fully replaced by grape marc compost that is 2CGM:3SOIL:5PERLITE. For each plant species in each of the two substrates 48 plants were placed, 24 of which were planted at 7,5 cm substrate depth and the rest at 15 cm depth. Half of the plants in 7,5 cm substrate depth were irrigated every 3 days and the rest every 5 days and half of the plants in 15 cm substrate depth were irrigated every 5 days and the rest every 7 days.

Plant growth was assessed by measuring the height and the diameter of the plant every month and fresh and dry weight of the above ground part of the plant, at the end of experiment (5 months in culture). Also the physical properties of the substrates were defined, that is contours moisture, bulk density, total porosity and readily available water, as well as the chemical properties that is pH and electrical conductivity. The minerals nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), sodium (Na) and calcium (Ca) were also measured.

Culture in the compost medium gave robust plants with bigger height and diameter and particularly increased plant fresh and dry weights, regardless of medium depth and frequency of irrigation. The differences were intense in plants of species *Helichrysum italicum* as well as in plants of species *Helichrysum orientale*.

Plants grown on the compost medium with 7,5 cm depth, gave a similar plant height with those grown on the peat medium with 15 cm depth, regardless of irrigation frequency. In the same culture conditions the differences in fresh and dry weight were impressive, with plants grown on the compost medium with 7,5 cm depth to give significantly higher fresh and dry weight than plants grown in the peat medium with 15 cm depth.

With regard to the physical and chemical properties of the substrates, there was increased content of macroelements and microelements in the compost medium while there were not significant differences in physical properties.

So it appears that peat can be successfully replaced by grape marc compost with multiple benefits, as preservation of peat at its natural environment, accordingly to the international trend, and use in an environmentally friendly way of agricultural wastes. As plants in compost substrate were more robust than those in a peat substrate at the same depth, while when in a half depth substrate the use of compost gave similar growth to that of peat substrate with double depth, there is a benefit as the weight of roof garden construction is concerned, a very important issue, especially for roof gardens on old buildings.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Φυτεμένα δώματα

Φυτεμένο δώμα είναι ένας χώρος πρασίνου που δημιουργείται στην οροφή μίας κτιριακής κατασκευής και αποτελείται από τεχνικά υλικά προστασίας του κτιρίου και συγκράτησης του υποστρώματος ανάπτυξης και των φυτών (Peck *et al.*, 2003). Το φυτεμένο δώμα βρίσκεται σε υψομετρική απόσταση από το φυσικό έδαφος, η οποία κυμαίνεται από ελάχιστα εκατοστά, όταν το κτίριο είναι υπόγειο, έως πολλά μέτρα, όταν το κτίριο είναι ψηλό. Το φυτεμένο δώμα μπορεί να μελετηθεί ως ανεξάρτητο οικοσύστημα, το οποίο αλληλεπιδρά άμεσα με τα γειτονικά οικοσυστήματα και συμβάλει στη δημιουργία ενός τοπικού μικροκλίματος (Ζαχαροπούλου, 2004).

#### 1.1.1 Πλεονεκτήματα

##### A) Περιβαλλοντικά

Η βροχή στη φύση αποτελεί ένα ευεργετικό φυσικό φαινόμενο, που θρέφει τα φυτά και εμπλουτίζει τους κατώτερους υδροφόρους ορίζοντες και κατά συνέπεια αυξάνει τις στάθμες των ποταμών και των λιμνών. Σε ένα παρθένο δάσος, το 30% της βροχής φθάνει σε ρηχούς υδροφόρους ορίζοντες που θρέφουν τα φυτά, το 30% διεισδύει σε βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες και το 40% σχεδόν αμέσως επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτών, ενώ σπάνια παρατηρείται επιφανειακή απορροή (Scholz – Barth, 2001).

Στις πόλεις ένα μεγάλο ποσοστό του εδάφους καλύπτεται από σκληρά υλικά. Στις μεγαλουπόλεις μάλιστα, όπως είναι οι πρωτεύουσες, το ποσοστό αυτό κάλυψης φτάνει το 75 – 100%. Αποτέλεσμα αυτής της κάλυψης του εδάφους είναι το 5% του νερού της βροχής να εισέρχεται σε ρηχούς και βαθείς υδροφόρους ορίζοντες, το 15% να εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα μέσω της βλάστησης και το υπόλοιπο 75 – 80% να αποτελεί νερό απορροής (Scholz – Barth, 2001).

Η μειωμένη αποταμίευση νερού στις πόλεις έχει ως αποτέλεσμα τη συχνή δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων. Για να αντιμετωπίσουν οι πόλεις τις πλημμύρες κατασκευάζουν ακριβά αποχετευτικά συστήματα όμβριων υδάτων, τα οποία σε περιπτώσεις μεγάλων και έντονων καταιγίδων υπερχειλίζουν. Η υπερχειλίση δεν αφήνει τα νερά να φύγουν από τις πόλεις. Έτσι, δημιουργούνται υλικές ζημιές και τίθενται σε κίνδυνο οι ζωές των πολιτών (Getter *et al.*, 2006).

Στο πλημμυρικό φαινόμενο μέσα στον ιστό των πόλεων έρχεται να προστεθεί και ο κίνδυνος μόλυνσης από τα αστικά λύματα. Το αποχετευτικό σύστημα των όμβριων υδάτων ενώνεται με αυτό των αστικών λυμάτων και καταλήγουν στους χώρους επεξεργασίας. Όταν οι σωλήνες υπερχειλίσουν, λόγω έντονων καιρικών φαινομένων, τότε συνήθως γίνεται εκτόνωση και απελευθερώνονται τα λύματα σε ποτάμια, με αποτέλεσμα να μολύνονται τα υπέργεια και κατ' επέκταση τα υπόγεια νερά κοντά στην πόλη. Στη Νέα Υόρκη το φαινόμενο αυτό αποτελεί μείζον πρόβλημα, αφού το 50% των βροχοπτώσεων οδηγεί σε υπερχειλίση των αποχετευτικών συστημάτων (Getter *et al.*, 2006).

Η απορροή των υδάτων που παρατηρείται στις πόλεις κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων, απομακρύνει από τις σκληρές επιφάνειες συστατικά, όπως λάδια, βαρέα μέταλλα, άλατα, φυτοφάρμακα, απορρίμματα ζώων κ.α. τα συστατικά αυτά οδηγούνται στα ποτάμια και στις θάλασσες, χωρίς να έχουν φιλτραρισθεί μέσω της διείσδυσης τους στο έδαφος. Η μόλυνση που προκαλούν έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια υδρόβιων ειδών, λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας οξυγόνου, τη μόλυνση εντόμων, που μεταφέρουν εύκολα ιούς καθώς επίσης και τη μόλυνση του πόσιμου νερού (Getter *et al.*, 2006; Scholz – Barth, 2001).

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συμβάλουν δραστικά στη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων καθώς και στο φιλτράρισμα του νερού της βροχής που τελικά θα απομακρυνθεί μέσω του αποχετευτικού συστήματος. Σύμφωνα με τον Scholz – Barth (2001), σε ένα φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου, το 75% του νερού της βροχής αποθηκεύεται στα φυτά και στο υπόστρωμα ανάπτυξης, ενώ μόλις το 25% αποτελεί νερό απορροής, το οποίο όμως αποδίδεται αρκετά αργότερα στο περιβάλλον και δεν επιβαρύνει το φαινόμενο της πλημμύρας. Σύμφωνα με τους Getter *et al.* (2006), η μείωση

της απορροής μπορεί να κυμανθεί από 60% έως 100%. Αυτό εξαρτάται από σχεδιαστικούς παράγοντες, όπως το βάθος και το είδος του υποστρώματος, η πυκνότητα και το είδος του φυτικού υλικού, καθώς και από παράγοντες, όπως ο καιρός και η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης. Σε ένα φυτεμένο δώμα με φυτοκάλυψη από βρύα και *Sedum* πάχους 2,5 cm πάνω από αμμοχάλικο πάχους 5 cm παρατηρήθηκε απορροή 42%. Όταν η φυτοκάλυψη αποτελείται από *Sedum* και χλοοτάπητα πάχους 6,5 cm, η απορροή μειώθηκε στο 33%, ενώ όταν η φυτοκάλυψη αποτελείται από χλοοτάπητα και ποώδη βλάστηση πάχους 10 cm, η απορροή είναι μόλις 29% (Scholz – Barth, 2001).

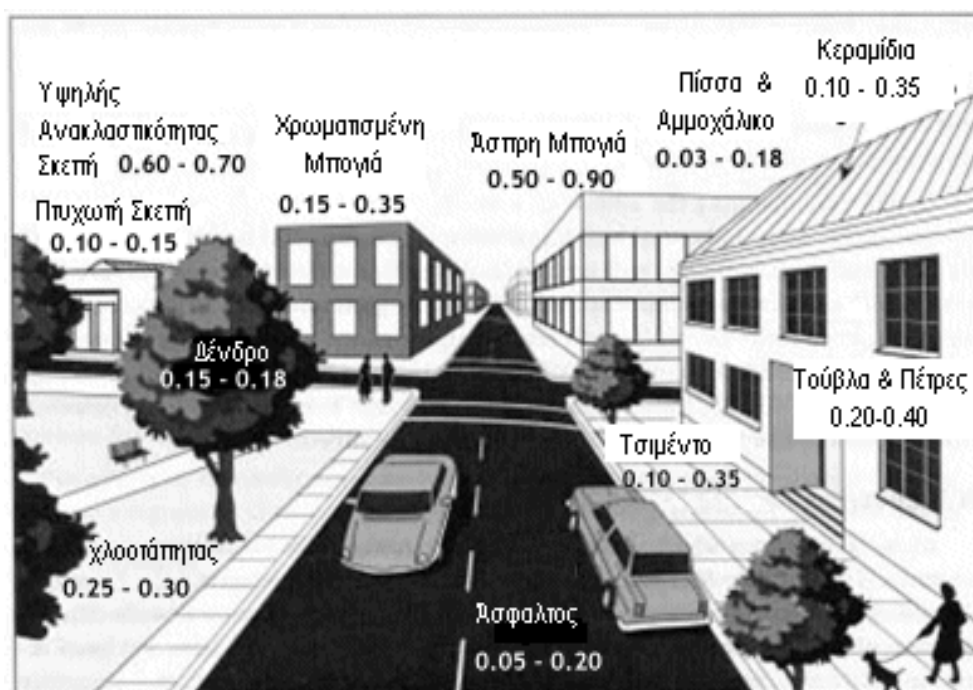
Η καθυστέρηση της απορροής κυμαίνεται από 95 min (Liu, 2003) μέχρι 4 h (Moran *et al.*, 2004). Από τη στιγμή που το νερό αρχίζει να απορρέει από το φυτεμένο δώμα, η ταχύτητα με την οποία αυτό αποδίδεται στο περιβάλλον μέσω της απορροής μειώνεται δραστικά. Ο Liu (2003) μελέτησε τη μείωση της ταχύτητας αυτής και βρήκε ότι για μία βροχόπτωση της τάξεως  $2,8 \text{ mm h}^{-1}$ , η απορροή έγινε με ταχύτητα  $0,5 \text{ mm h}^{-1}$ . Η μείωση της ταχύτητας απορροής είναι εξίσου σημαντική με την καθυστέρηση της απορροής, γιατί ακόμα και όταν ξεκινάει η απορροή, αυτή γίνεται με τόσο αργούς ρυθμούς που δεν επιβαρύνει τις συνθήκες πλημμύρας.

Το βρόχινο νερό στις πόλεις περιέχει ένα μεγάλο ποσό από βαρέα μέταλλα, που προέρχεται από τη μολυσμένη ατμόσφαιρά. Αυτή είναι η όξινη βροχή, η οποία μπορεί να φιλτραριστεί από το έδαφος και τη βλάστηση. Το φυτεμένο δώμα συμβάλει δραστικά στο φιλτράρισμα αυτό και μειώνει την κατεύθυνση αυτών των στοιχείων στους υδροφόρους ορίζοντες. Η βλάστηση που υπάρχει στο φυτεμένο δώμα, δεσμεύει επιπλέον και το φώσφορο που βρίσκεται στο νερό της βροχής και αυτό δε φτάνει στα ποτάμια και στις λίμνες, από τις οποίες λαμβάνουν οι πόλεις το πόσιμο νερό (Caudrey, 2005). Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του συστήματος του φυτεμένου δώματος, το νερό, που απορρέει, μετά το φιλτράρισμα που έχει υποστεί από τη βλάστηση, μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί για άρδευση (Oberlander *et al.*, 2002).

Η έντονη απορροή των υδάτων, που παρατηρείται μετά από βροχόπτωση στις πόλεις έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απορρόφησης και τελικά της αποταμίευσης νερού στο έδαφος. Όταν το έδαφος δεν περιέχει μεγάλες ποσότητες νερού, τότε η ηλιακή ακτινοβολία δεν αξιοποιείται για

εξάτμιση της υγρασίας του εδάφους, αλλά αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας στο έδαφος. Επιπρόσθετα, η κάλυψη του εδάφους με σκληρά υλικά που απορροφούν και αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας, σε συνδυασμό με τη χρήση συσκευών θέρμανσης και ψύξης των εσωτερικών χώρων των κτιρίων, τη ρύπανση του περιβάλλοντος από τη χρήση μέσων μεταφοράς και τη λειτουργία βιοτεχνιών και βιομηχανιών κοντά στον ιστό της πόλης, τείνουν να επιβαρύνουν το πρόβλημα της αστικής θερμικής νησίδας.

Η μέτρηση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας που αντανακλάται από κάθε επιφάνεια και κατά συνέπεια δεν απορροφάται και δε μετατρέπεται σε θερμότητα γίνεται με το albedo και εξαρτάται από το υλικό της επιφάνειας (Εικ.1). Η τιμή albedo της επιφάνειας μίας αστικής περιοχής είναι γενικά 10% χαμηλότερη από το albedo μίας αγροτικής περιοχής (Getter *et al.*, 2006).



**Εικόνα 1:** Τιμές albedo διαφόρων υλικών

([http://www.concretepromotion.com/education\\_11.html](http://www.concretepromotion.com/education_11.html)).

Το φαινόμενο της αστικής νησίδας που παρατηρείται σε όλες τις μεγάλες πόλεις, έχει ως αποτέλεσμα να σημειώνονται θερμοκρασίες κατά 5,6 °C υψηλότερες από αυτές των προαστίων. Στο Βερολίνο σημειώθηκαν

θερμοκρασίες κατά 9 °C υψηλότερες από αυτές της εξοχής σε μία ανέφελη και χωρίς άνεμο νύχτα (Getter *et al.*, 2006).

Σε οροφές κτιρίων έχουν παρατηρηθεί θερμοκρασίες που φτάνουν τους 80 °C, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 35 °C (Scholz – Barth, 2001). Η διακύμανση της θερμοκρασίας στην οροφή κτιρίου μετρήθηκε από τους Conelly and Liu (2005) και βρέθηκε στους 50 °C, ενώ όταν αυτό καλυπτόταν από φυτεμένο δώμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας ήταν μόλις 3 °C. Σε παρόμοιο πείραμα, έγινε μέτρηση της θερμοκρασίας της οροφής το απόγευμα και καταγράφηκαν θερμοκρασίες 70 °C σε οροφή από σκληρά υλικά, ενώ σε οροφή με φυτεμένο δώμα η θερμοκρασία άγγιζε τους 25 °C (Liu *et al.*, 2003). Οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες επηρεάζουν και την εξωτερική και την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου.

Η ύπαρξη φυτεμένου δώματος στην οροφή ενός κτιρίου επιβραδύνει το ρυθμό κέρδους ή απώλειας της θερμοκρασίας του κτιρίου. Η μείωση των έντονων μεταβολών της θερμοκρασίας της οροφής των κτιρίων και η προστασία από την ηλιακή έκθεση και την υπεριώδη ακτινοβολία, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής της οροφής (Getter *et al.*, 2006). Ορισμένοι μάλιστα μελετητές υποστηρίζουν ότι η διάρκεια ζωής της οροφής διπλασιάζεται (Peck *et al.*, 2003).

Η ύπαρξη φυτεμένου δώματος στην οροφή ενός κτιρίου επιβραδύνει το ρυθμό κέρδους ή απώλειας της θερμοκρασίας του κτιρίου. Το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από:

- Το μέγεθος του κτιρίου
- Τη θέση του κτιρίου
- Το βάθος υποστρώματος του φυτεμένου δώματος
- Το είδος φύτευσης
- Την εξάτμιση (Peck *et al.*, 2003)

Όταν το κτίριο πάνω στο οποίο δημιουργείται το φυτεμένο δώμα, είναι μονώροφο ή διώροφο και η οροφή του αποτελεί μεγάλο μέρος του κελύφους του κτιρίου, τότε η εξοικονόμηση σε ενέργεια για την ψύξη του μπορεί να φτάσει και στο 25% (Peck *et al.*, 2003).

Ανάλογα με το είδος της φύτευσης και τη σκίαση που αυτό προσφέρει στο υπόστρωμα του φυτεμένου δώματος παρατηρούνται έντονες ή λιγότερο



έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας. Χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται σε σημεία που καλύπτονται από πυκνό και σκουρόχρωμο φυτικό υλικό και υψηλότερες σε περίπτωση αραιού φυτικού υλικού ή γυμνού εδάφους (Niachou *et al.*, 2001).

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας από τα φυτά για φωτοσύνθεση και η αποβολή της θερμότητας μέσω της εξάτμισης της υγρασίας από το έδαφος συμβάλλουν στη μείωση της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα, που επιβαρύνει τη θερμοκρασία του κτιρίου και κατ' επέκταση του περιβάλλοντος. Το φυτεμένο δώμα συμβάλλει δραστικότερα στη μείωση της θερμοκρασίας του κτιρίου, απ' ό,τι στην αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν η θερμοκρασία εκτός κτιρίου ήταν μεταξύ 25 °C και 30 °C, το φυτεμένο δώμα μείωσε τη θερμοκρασία εντός κτιρίου κατά 3 με 4 °C (Peck *et al.*, 1999).

Στα ψυχρά κλίματα, ο ρυθμός απώλειας θερμότητας μέσω του φυτεμένου δώματος εξαρτάται από το επίπεδο υγρασίας του υποστρώματος. Γενικά, ένα εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα παρέχει 25% επιπρόσθετη μόνωση, όταν το υπόστρωμα είναι στεγνό ή ελαφρώς υγρό. Στις περιπτώσεις που το υπόστρωμα είναι υγρό, η επιπρόσθετη μόνωση είναι αμελητέα (Scholz – Barth, 2001). Ωστόσο, ακόμα και όταν το υπόστρωμα παγώσει, μελέτες δείχνουν ότι υπόστρωμα 30 cm έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη των 0 °C, ακόμα και όταν η θερμοκρασία αέρα είναι -20 °C (Peck *et al.*, 2003). Σημαντικό στα ψυχρά κλίματα είναι ότι σε φυτεμένο δώμα, η απώλεια θερμότητας λόγω ανέμου μπορεί να μειωθεί κατά 50%, λόγω της μείωσης του ανέμου μέσω της βλάστησης, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση ανταλλαγής θερμότητας (Scholz – Barth, 2001).

Η δημιουργία ενός συνεχόμενου δικτύου φυτεμένων δωματίων στην πόλη, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στις οροφές κτιρίων που καλύπτονται από σκληρά υλικά είναι δραματικά μεγαλύτερες από αυτές που καλύπτονται από φυτεμένο δώμα. Ημέρα, όπου η θερμοκρασία αέρα άγγιζε τους 35 °C, σημειώθηκαν θερμοκρασίες 70 °C σε ακάλυπτη στέγη, τη στιγμή που σε φυτεμένο δώμα ήταν 25 °C (Moran *et al.*, 2004). Οι διαφορές στις θερμοκρασίες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή θερμότητας στο κτίριο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του. Έτσι, μειώνεται η χρήση συσκευών για την ψύξη των

εσωτερικών χώρων των κτιρίων και κα' επέκταση μειώνεται και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση που παρατηρείται στις πόλεις έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων της. Τα αυξημένα αναπνευστικά προβλήματα, η μειωμένη πνευμονική λειτουργία, η αύξηση των κρουσμάτων της αναπνευστικής και καρδιαγγειακής νόσου καθώς και η αύξηση της θνησιμότητας λόγω της καρδιοπνευμονικής νόσου είναι ορισμένα από τα προβλήματα που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση (Getter *et al.*, 2006).

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και να κάνουν τις πόλεις βιώσιμες. Τα φυτά έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν τα αιωρούμενα σωματίδια και τους αέριους ρύπους. Τα αιωρούμενα σωματίδια θα ξεπλυθούν τελικά με τη βροχή και θα απομακρυνθούν μέσω του υποστρώματος, ενώ ένα μέρος των ρυπογόνων ουσιών θα απορροφηθεί από τους φυτικούς ιστούς και θα αξιοποιηθεί και το υπόλοιπο μέρος θα φιλτραριστεί από το έδαφος (Getter *et al.*, 2006). Επιπλέον, μέσω της διαπνοής των φυτών, αποδίδεται υγρασία στο περιβάλλον, που μειώνει τη μεταφορά σκόνης (Oberlander *et al.*, 2002).

Είναι χαρακτηριστικό ότι σε ένα δρόμο με δενδροστοιχίες καταγράφηκαν 1000-3000 σωματίδια σε κάθε λίτρο αέρα, σε αντίθεση με έναν δρόμο χωρίς βλάστηση, όπου τα σωματίδια βρέθηκαν τετραπλάσια και ίσα με 10000-12000 σε κάθε λίτρο αέρα (Scholz – Barth, 2001). Όσον αφορά στους αέριους ρύπους, μελέτες έδειξαν ότι η βλάστηση σε δώματα μείωσε τη ρύπανση από τους ρύπους που εκπέμπουν κινητήρες diesel (Liesecke *et al.*, 1997), μείωσε τη συγκέντρωση μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών (Oberlander *et al.*, 2002), καθώς επίσης στο επίπεδο του φυτεμένου δώματος καταγράφηκε μείωση του διοξειδίου του θείου και του νιτρώδους οξέος κατά 37% και 21%, αντίστοιχα (Yok Tan *et al.*, 2005).

Η ηχητική ρύπανση στις πόλεις αποτελεί μείζον πρόβλημα για την υγεία των κατοίκων. Οι κάτοικοι των πόλεων υποφέρουν από τις επιπτώσεις του θορύβου. Ορισμένα από τα προβλήματα του θορύβου είναι τα προβλήματα ακοής, η υπέρταση, η ισχαιμική καρδιοπάθεια, η διαταραχή ύπνου καθώς και η μειωμένη σχολική επίδοση (Getter *et al.*, 2006). Ο θόρυβος που δημιουργείται από τα μέσα μεταφοράς και από τη λειτουργία

συσκευών και μηχανημάτων πολλαπλασιάζεται, όταν ανακλάται στις σκληρές επιφάνειες της πόλης.

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να αποτελέσουν μέσα απορρόφησης του θορύβου στις πόλεις. Το υπόστρωμα δεσμεύει τους ήχους χαμηλής συχνότητας και τα φυτά δεσμεύουν τους ήχους υψηλής συχνότητας, με αποτέλεσμα ο συνδυασμός τους να βελτιώνει τις συνθήκες διαβίωσης όσον αφορά τον ήχο (Peck *et al.*, 2003). Στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης, μετά από μελέτη, διαπιστώθηκε ότι φυτεμένο δώμα πάχους φύτευσης 10 cm επέφερε μείωση του θορύβου κατά 5 dB (Dunnett *et al.*, 2004). Αντίστοιχα, 12 cm υποστρώματος μπορούν να επιφέρουν μείωση του θορύβου κατά 40 dB (Peck *et al.*, 2001).

## **B) Οικολογικά**

Το φυσικό τοπίο στις πόλεις έχει αλλοιωθεί ανεπανόρθωτα. Η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής έχει απομακρυνθεί και έχει αντικατασταθεί από κτίρια και πάρκα που συνήθως δεν αποτελούνται από φυτικό υλικό της περιοχής. Η ιδέα της δημιουργίας εντυπωσιακών κήπων με φυτά από ξένα οικοσυστήματα έχει εγκαταλειφθεί στο σύγχρονο κόσμο. Σήμερα, που ο άνθρωπος έχει αντιληφθεί την αναγκαιότητα της συνύπαρξής του με τη φύση, προσπαθεί να την προστατέψει.

Τα φυτεμένα δώματα φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μία ευκαιρία για να επιστρέψουν ορισμένα είδη χλωρίδας και πανίδας που προϋπήρχαν στην περιοχή πριν τη δημιουργία του αστικού ιστού. Ιδιαίτερα τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, τα οποία συνήθως δεν είναι προσβάσιμα από το κοινό, μπορούν να παρέχουν μία ήσυχη κατοικία για μικροοργανισμούς, έντομα και πουλιά (Getter *et al.*, 2006). Σε μελέτη που έγινε στην Ελβετία καταγράφηκαν 78 είδη αράχνης, 254 είδη σκαθαριών και αρκετά είδη πουλιών σε φυτεμένο δώμα ηλικίας τριών ετών. Από αυτά τα είδη το 18% των ειδών των αραχνών και το 11% των ειδών των σκαθαριών ήταν είδη απειλούμενα ή σπάνια (Brenneisen, 2003). Σε φυτεμένο δώμα στη Βορειοανατολική Ελβετία, ηλικίας 90 ετών καταγράφηκαν εννιά είδη ορχιδέας και άλλα σπάνια και απειλούμενα είδη φυτών (Brenneisen, 2004).

### Γ) Κοινωνικά

Οι πόλεις αποτελούν ιστούς αποτελούμενους από κτίρια και οδικούς άξονες. Η μέριμνα για τη δημιουργία χώρων πρασίνου δεν είχε ληφθεί στο παρελθόν, λόγω έλλειψης γνώσης και ανάγκης. Σήμερα, στις περισσότερες πόλεις, η δόμηση είναι τόσο πυκνή, που οι ελεύθεροι χώροι για εγκατάσταση φυτικού υλικού είναι ελάχιστοι και μη ανταποκρινόμενοι στις απαιτήσεις των κατοίκων. Τα δώματα των κτιρίων φαίνεται να αποτελούν τη μόνη βιώσιμη λύση του χωροταξικού αυτού προβλήματος.

Με το πρασίνισμα των δωματίων των κτιρίων βελτιώνεται η αισθητική εικόνα των πόλεων. Όταν μάλιστα αυτοί οι χώροι είναι προσβάσιμοι στους ιδιοκτήτες του κτιρίου, τότε μπορούν να αποτελέσουν χώρους συνεύρεσης και ψυχαγωγίας (Oberlander *et al.*, 2002). Ο χρήστης τους μπορεί να νιώθει περισσότερη ασφάλεια απ' ό,τι στους κοινόχρηστους χώρους που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους, όπου συχνά γίνονται βανδαλισμοί και επιθέσεις από αγνώστους (Oberlander *et al.*, 2002). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιλυθεί το πρόβλημα κοινωνικότητας των πολιτών, που αποτελεί μείζον πρόβλημα του σύγχρονου τρόπου ζωής.

Η ποικιλία των ήχων, των χρωμάτων και των αρωμάτων που προσφέρει ένας χώρος πρασίνου, όπως και το φυτεμένο δώμα, δείχνει να επηρεάζει την ανθρώπινη ψυχολογία και κατ' επέκταση την υγεία. Έχει μελετηθεί η αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού όταν αυτός βρίσκεται σε χώρους πρασίνου ή στη φύση και έχουν σημειωθεί θετικές επιδράσεις, όπως είναι η μείωση του άγχους, η μείωση της αρτηριακής πίεσης, η χαλάρωση των μυών και η αύξηση των θετικών συναισθημάτων (Ulrich *et al.*, 1986).

Οι θετικές αυτές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούν να βελτιώσουν εκτός από την υγεία του ανθρώπου και την παραγωγικότητά του στον εργασιακό τομέα. Υπάλληλοι που εργάζονται σε γραφεία που έχουν οπτική επαφή με χώρους πρασίνου έχουν λιγότερο άγχος, είναι περισσότερο ικανοποιημένοι από τη δουλειά τους και έχουν λιγότερους πονοκεφάλους ή άλλες ασθένειες από υπαλλήλους που εργάζονται σε χώρους που έχουν οπτική επαφή με κτίρια και οροφές κτιρίων (Getter *et al.*, 2006).

Τα νοσοκομεία συνήθως περιβάλλονται από μεγάλους κήπους με υψηλή βλάστηση, γιατί έχει παρατηρηθεί επιτάχυνση της ανάρρωσης

ασθενών που έχουν υποβληθεί σε εγχειρήσεις καθώς επίσης ηρεμεί τους εξαρτημένους από ουσίες ασθενείς (Peck *et al.*, 2001).

#### **Δ) Οικονομικά**

Η μείωση της απορροής των υδάτων μετά από βροχόπτωση, λόγω της απορρόφησης μέρους του νερού από το φυτεμένο δώμα και της καθυστερημένης και αργής απόδοσης του στην επιφάνεια του εδάφους, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων μέσα στους ιστούς των πόλεων. Σύμφωνα με τον Peck (2005), αν φυτεύονταν το 6% των δωματίων των κτιρίων του Τορόντο, η μείωση της απορροής των υδάτων θα εξοικονομούσε \$60 εκατομμύρια, που θα χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή σωληνώσεων για το αποχετευτικό σύστημα και για την κατασκευή χώρων αποθήκευσης και επεξεργασίας των υδάτων.

Η μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου που έχει φυτεμένο δώμα, κατά τους θερμούς μήνες και η αύξηση υπό συνθήκες, κατά τους χειμερινούς μήνες, μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια για τον πλανήτη και χρήμα για τον άνθρωπο. Υπολογίζεται ότι μόνο για το Δημαρχείο του Σικάγο, το φυτεμένο δώμα εξοικονομεί ενέργεια που χρησιμοποιείται για την ψύξη και τη θέρμανση του κτιρίου, που ανέρχεται στα \$4.000 ετησίως (Laberge, 2003). Στην ίδια μελέτη υπολογίζεται ότι αν όλα τα κτίρια του Σικάγο είχαν φυτεμένα δώματα, τότε η εξοικονόμηση θα ανερχόταν στα \$100.000.000 ετησίως. Η μειωμένη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων με φυτεμένο δώμα, έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη απαίτηση σε ενέργεια για να ψυχθεί περισσότερο ο χώρος. Έτσι, ακόμα και όταν χρησιμοποιείται κλιματισμός για ψύξη κατά τους θερμούς μήνες, καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια λόγω της ήδη μειωμένης θερμοκρασίας του εσωτερικού του κτιρίου (Getter *et al.*, 2006).

Η θετική επίδραση που έχουν τα φυτεμένα δώματα στη βελτίωση του ατμοσφαιρικού αέρα των πόλεων, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η Ουάσιγκτον κινδυνεύει να χάσει κονδύλια, εξαιτίας της αυξημένης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Getter *et al.*, 2006).

Στη Γερμανία που τα φυτεμένα δώματα κατασκευάζονται εδώ και πολλά χρόνια προσφέρονται επιδοτήσεις και οικονομικά κίνητρα. Σε ποσοστό

43% των γερμανικών πόλεων προσφέρονται οικονομικά κίνητρα, σε 37% υιοθετούνται οικονομικά προγράμματα για τη γενική προώθηση της φύτευσης πρασίνου και σε 17% η βλάστηση στα δώματα των κτιρίων χρησιμοποιείται ως μέρος του προγράμματος της υδατικής διαχείρισής τους. Σε 29 πόλεις της Γερμανίας η κάλυψη του κόστους κατασκευής του φυτεμένου δώματος αγγίζει το 25-100% καθώς και στις 13 από αυτές τις πόλεις εφαρμόζονται οικονομικές απαλλαγές στους φόρους διάθεσης απορριμμάτων (Ζαχαροπούλου, 2004; Moran *et al*, 2004). Ακολουθώντας το παράδειγμα της Γερμανίας, πολλές πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, προσφέρουν οφέλη σε αυτούς που έχουν φυτεμένο δώμα στην οροφή του κτιρίου τους. Στο Πόρτλαντ του Όρεγκον, από το 1970, επιβλήθηκαν τέλη για το αποχετευτικό σύστημα, που ήταν ανάλογα με την έκταση των στεγανών επιφανειών των κτιρίων. Εκτός από τα μειωμένα τέλη, στους ιδιοκτήτες κτιρίων με φυτεμένο δώμα που καλύπτει το 30% της επιφάνειας της οροφής, προσφέρεται 0,09 m<sup>2</sup> επιπλέον επιφάνειας προς κτίση για κάθε τετραγωνικό μέτρο φυτεμένου δώματος, ενώ όταν το φυτεμένο δώμα καλύπτει το 60%, η προσφορά ανέρχεται σε 0,18 m<sup>2</sup> για κάθε τετραγωνικό μέτρο φυτεμένου δώματος (Moran *et al.*, 2004).

Για όλους τους παραπάνω λόγους καθώς επίσης και για την αισθητική τους αξία, τα κτίρια με φυτεμένο δώμα έχουν μεγαλύτερη ζήτηση και θεωρούνται κατοικία πολυτελείας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αντικειμενική τους αξία (Oberlander *et al.*, 2002).

### 1.1.2 Μειονεκτήματα

#### A) Περιβαλλοντικά

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στα φυτεμένα δώματα, κυρίως εντατικού και λιγότερο ημι-εντατικού και εκτατικού τύπου, είναι η έκπλυση χημικών στοιχείων, που προέρχονται από φυτοφάρμακα και λιπάσματα. Τα κυριότερα στοιχεία που παρατηρούνται στο νερό της απορροής είναι ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο φώσφορος και το άζωτο (Ζαχαροπούλου, 2004). Η μείωση του φαινομένου είναι εφικτή μόνο με τη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται μειωμένο

στα ημι-εντατικού και εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, όπου αποφεύγεται η χρήση τους και γίνεται μόνο όταν αυτή είναι απαραίτητη.

## **B) Οικολογικά**

Η παρουσία πανίδας στα φυτεμένα δώματα μπορεί να είναι ενοχλητική, γιατί τα είδη που πολλαπλασιάζονται μπορεί να είναι αρουραίοι, ποντίκια, αράχνες και άλλα ενοχλητικά είδη, που είναι ανεπιθύμητα στο εσωτερικό των κτιρίων (Ζαχαροπούλου, 2004).

## **Γ) Ασφάλειας**

Στην κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι απαραίτητη η συμμετοχή πολλών ειδικοτήτων, όπως είναι οι μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες, οι αρχιτέκτονες τοπίου, οι γεωπόνοι και το εργατικό δυναμικό εγκατάστασης. Οι ομάδες αυτές πρέπει να συνεργάζονται άρτια και να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν, συλλογικά. Η κατασκευή φυτεμένων δωματίων είναι μία σύγχρονη εφαρμογή, που χρειάζεται άψογη συνεργασία των υπευθύνων ώστε να αντιμετωπιστούν σωστά τα εκάστοτε προβλήματα.

Η κατασκευή του φυτεμένου δώματος θα πρέπει να γίνεται με απόλυτη προσοχή, ώστε το κάθε επίπεδό του να εφαρμόζεται σωστά. Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση της βλάστησης θα πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε να επιλέγονται φυτά που αντέχουν στην καταπόνηση που προκαλούν οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες στο συγκεκριμένο χώρο.

Ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται στα φυτεμένα δώματα που είναι προσβάσιμα σε επισκέπτες. Πρέπει να υπάρχει περιμετρική ασφάλεια του φυτεμένου δώματος (Oberlander *et al.*, 2002).

## **Δ) Οικονομικά**

Το βασικότερο πρόβλημα για την εγκατάσταση φυτεμένου δώματος στην οροφή κτιρίου είναι σίγουρα το οικονομικό. Εκτός από το υψηλό κόστος κατασκευής του φυτεμένου δώματος (αφού στις περισσότερες χώρες δε χρηματοδοτείται, όπως στη Γερμανία και σε τμήμα των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής), υψηλό είναι και το κόστος για την ενίσχυση της οικοδομής, είτε αυτή είναι υπό κατασκευή είτε είναι ήδη κατασκευασμένη και ενισχύεται εκ των υστέρων για να αντέξει το φορτίο. Το φορτίο αυτό αποτελείται από το στατικό φορτίο των υλικών και της βλάστησης καθώς και από το μεταβλητό φορτίο λόγω ανάπτυξης ανθρωπίνων δραστηριοτήτων πάνω σε αυτό ή λόγω κλιματικών συνθηκών, όπως χιόνι, βροχή, άνεμοι.

Επιπλέον οικονομική επιβάρυνση για τον ιδιοκτήτη αποτελεί η κατασκευή κλιμακοστάσιου ή και ανελκυστήρα για την πρόσβαση στο χώρο, η προστασία του χώρου με συστήματα πυρόσβεσης καθώς και με την ενίσχυση της περίφραξης.

Η οικονομική επιβάρυνση του φυτεμένου δώματος δε συνιστάται μόνο στην κατασκευή του, αλλά και στη συντήρησή του. Θα πρέπει να γίνονται έλεγχοι διάτρησης των υλικών κατασκευής του φυτεμένου δώματος, ώστε να αποφευχθούν σοβαρά προβλήματα εμφάνισης υγρασίας στο δώμα, που μπορεί να αποβούν μοιραία για τη στατικότητα και τη βιωσιμότητα του κτιρίου (Oberlander *et al.*, 2002). Σε περίπτωση εισχώρησης της υγρασίας στα κατώτερα επίπεδα του φυτεμένου δώματος θα χρειαστεί να γίνει η απομάκρυνση όλων των υπεράνω επιπέδων, η αντικατάσταση των κατεστραμμένων υλικών και η επανατοποθέτησή των υπολοίπων, γεγονός που επιβαρύνει ιδιαίτερα το κόστος.

Τα προβλήματα αυτά μπορούν να προβλεφθούν με τον ορθό σχεδιασμό και συντήρηση του φυτεμένου δώματος. Η αρμονική συνεργασία όλων των ειδικοτήτων που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός φυτεμένου δώματος είναι απαραίτητη και αποτελεί το σημαντικότερο μέσο επιτυχίας της εγκατάστασης και βιωσιμότητας του φυτεμένου δώματος (Beattie *et al.*, 2001).



### 1.1.3 Τύποι φυτεμένων δωματίων

#### 1.1.3.1 Εκτατικός τύπος

Ο εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος δεν αποτελεί συνήθως χώρο αναψυχής (Εικ.2). Έχει χαμηλές απαιτήσεις διαχείρισης και δεν απαιτεί συνήθως τεχνητή άρδευση. Τα φυτά επιλέγονται με στόχο να αναπτυχθούν ομαλά, με ελάχιστη τροποποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην οροφή. Η φύτευση γίνεται με τρόπο που να προσεγγίζει τη διάταξη και την πυκνότητα των φυτών στο φυσικό τους περιβάλλον, με στόχο τη δημιουργία μιας αυτοσυντηρούμενης και βιώσιμης φυτοκοινωνίας. Τα εκτατικά φυτεμένα δώματα αποτελούν ελαφριά συστήματα φύτευσης σε μικρού βάθους υποστρώματα, και έχουν ελάχιστες διαρθρωτικές συνέπειες για το κτίριο (FLL, 2002; Caudrey, 2005).



**Εικόνα 2:** Εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα ([www.citywindsor.ca](http://www.citywindsor.ca)).

Το υπόστρωμα ανάπτυξης της φυτοκοινωνίας ενός εκτατικού φυτοδώματος αποτελείται συνήθως από μίγμα υποκατάστατων εδάφους, όπως είναι η τύρφη, ο περλίτης, η άμμος, το χαλίκι και η οργανική ύλη, και

από ελάχιστο ποσοστό εδάφους. Το βάθος του υποστρώματος κυμαίνεται από 5 έως 15 cm, με βάρος μεταξύ 72,6 – 169,4 kg/ m<sup>2</sup>, όταν αυτό είναι κορεσμένο. Λόγω του βάρους και του βάθους του υποστρώματος, ο συγκεκριμένος τύπος φυτοδώματος ενδείκνυται και για κλίσεις οροφής έως και 30°. Τα φυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά στις τοπικές συνθήκες, αφού για τη συντήρησή τους εφαρμόζεται άρδευση και λίπανση μόνο κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης τους και στη συνέχεια γίνεται μόνο ζιζανιοκτονία (Peck *et al.*, 2003). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιούνται συνήθως στα εκτατικά φυτοδώματα αποτελείται από ιθαγενή αυτοφυή ποώδη ή θαμνώδη είδη, βρύα και παχύφυτα περιορισμένης υπέργειας ανάπτυξης (FLL, 2002).

Το εκτατικό σύστημα φυτεμένου δώματος παρουσιάζει συνοπτικά τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Έχει μικρό βάρος και συνήθως δεν απαιτεί ενίσχυση του κτιρίου
- Είναι κατάλληλο για μεγάλες επιφάνειες
- Είναι κατάλληλο για κλίσεις οροφής της τάξεως 0 – 30°
- Έχει χαμηλό κόστος συντήρησης και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Συνήθως δεν απαιτεί εξειδικευμένο σύστημα άρδευσης και συγκράτησης υγρασίας
- Δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις εμπειρίας και τεχνογνωσίας
- Προωθεί τη φυσική ανάπτυξη των φυτών, με αποτέλεσμα το τοπίο που δημιουργείται να είναι φυσικό
- Δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις εγκρίσεων των τεχνικών σχεδιασμού
- Δεν είναι εκριβό στην κατασκευή (Peck *et al.*, 2003).

Παρά την πληθώρα των προτερημάτων, τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Μικρή ενεργειακή απόδοση και μειωμένη συγκράτηση των όμβριων υδάτων
- Περιορισμένος αριθμός ειδών φυτών για χρήση
- Μη προσβάσιμα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη χρήση τους
- Δεν είναι ελκυστικά, ιδιαίτερα το χειμώνα (Peck *et al.*, 2003).

Σε ένα εκτατικό σύστημα φυτεμένου δώματος προτείνεται ο συνδυασμός φυτών, όπως:

- Βρύα και είδη του γένους *Sedum*
- Είδη του γένους *Sedum*, βρύα και ποώδη φυτά
- Είδη του γένους *Sedum*, χλοοτάπητας και ποώδη φυτά
- Χλοοτάπητας και ποώδη φυτά (FLL, 2002).

### 1.1.3.2 Εντατικός τύπος

Ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος αποτελεί ένα μικρό ή μεγαλύτερο, ανάλογα με τα τετραγωνικά του κτιρίου, κήπο στην οροφή, ο οποίος είναι προσβάσιμος από τον άνθρωπο και μπορεί να έχει πολλές χρήσεις (Εικ.3). Απαιτούν εντατική διαχείριση και συντήρηση και η αρχή σχεδιασμού τους βασίζεται στη δημιουργία ενός υποστρώματος μεγάλου βάθους, στο οποίο θα φυτευτούν φυτά, που θα αρδεύονται συστηματικά και



**Εικόνα 3:** Εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο Μέγαρο Μουσικής Αθηνών  
([www.liveinspector.gr](http://www.liveinspector.gr)).

αυτοματοποιημένα και θα διαχειρίζεται συστηματικά η θρέψη τους (FLL, 2002). Το φυτικό υλικό έχει λιγότερους περιορισμούς, όσον αφορά στο μεγεθός του και ο βασικότερος ανασταλτικός παράγοντας ανάπτυξης

ορισμένων ειδών αποτελεί η έντονη ηλιοφάνεια και οι άνεμοι. Σε ένα εντατικού τύπου φυτοδώμα, ελέγχονται οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, ώστε να είναι οι βέλτιστες. Αποτελούν βαριά συστήματα, με συνέπεια να αυξάνονται οι πιθανότητες εμφάνισης διαρθρωτικών συνεπειών για το κτίριο (Caudrey, 2005).

Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών αποτελείται κυρίως από έδαφος και δευτερευόντως από άλλου είδους εδαφοβελτιωτικά. Το βάθος του υποστρώματος κυμαίνεται από 20 – 60 cm, που στο σημείο κορεσμού έχει βάρος 290 – 967,7 kg/ m<sup>2</sup> (Peck *et al.*, 2003). Η μεγάλη αυτή αύξηση του βάθους σε σχέση με το εκτατικού τύπου φυτοδώμα, οδηγεί και σε μεγάλη αύξηση της ποικιλότητας της φυτοκοινωνίας, η οποία μπορεί να αποτελείται από ποώδη, θαμνώδη μέχρι και δενρώδη είδη (FLL, 2002). Η χρήση μεγάλης ποικιλίας φυτικών ειδών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός σύνθετου οικοσυστήματος, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες απαιτήσεις σε συντήρηση. Ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η συντήρηση όλου του συστήματος θα πρέπει να γίνεται από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό (Peck *et al.*, 2003).

Τα πλεονεκτήματα του εντατικού συστήματος φυτεμένου δώματος είναι:

- Χρήση μεγαλύτερης ποικιλίας ειδών φυτικού υλικού
- Καλή μόνωση του κτιρίου
- Δημιουργία ενός παρόμοιου κήπου με αυτό του φυσικού περιβάλλοντος (χλωρίδα – πανίδα)
- Ελκυστικό οπτικά όλο το χρόνο
- Πολυχρηστική αξιοποίηση του χώρου, με χώρους αναψυχής, χώρους καλλιέργειας κηπευτικών κ.α.
- Βελτιωμένη συγκράτηση και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (Peck *et al.*, 2003).

Τα μειονεκτήματα ενός εντατικού τύπου φυτοδώματος είναι:

- Μεγάλο βάρος κατασκευής, που επιβαρύνει το κτίριο
- Ανάγκη αποστραγγιστικών και αρδευτικών συστημάτων, που επιβαρύνουν το περιβάλλον και το κόστος κατασκευής λόγω των υλικών, της ενέργειας κατασκευής, μεταφοράς και των φυσικών πόρων που καταναλίσκονται για την κατασκευή

- Μεγάλο κόστος συντήρησης που επιβαρύνει το κόστος
- Ιδιαίτερες απαιτήσεις τεχνογνωσίας και εμπειρίας (Peck *et al.*, 2003).

### 1.1.3.3 Ημιεντατικός τύπος

Αποτελεί μία ενδιάμεση μορφή φυτεμένου δώματος. Η κατασκευή του δεν είναι τόσο εξειδικευμένη όσο είναι του εντατικού τύπου, αλλά δεν έχει και τόσο μειωμένη λειτουργικότητα όσο του εκτατικού τύπου. Το κόστος κατασκευής είναι χαμηλότερο από αυτό του εντατικού τύπου. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει τη δημιουργία ενός κήπου και ενός τοπίου, το οποίο παρουσιάζει ενδιαφέρον όλο το χρόνο και αποτελείται από φυτικά είδη πώδους και θαμνώδους κυρίως βλάστησης (Εικ.4), τα οποία θέλουν περιοδική και όχι συνεχή συντήρηση, αφού επιλέγονται έτσι ώστε να έχουν μικρές απαιτήσεις σε νερό και θρεπτικά στοιχεία (FLL, 2002).



**Εικόνα 4:** Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα ([www.greenroofsolutions.com](http://www.greenroofsolutions.com))

Σε ένα ημιεντατικό φυτεμένο δώμα προτείνονται φυτεύσεις, όπως:

- Χλοοτάπητας και ποώδη φυτά
- Ιθαγενείς αυτοφυείς θάμνοι και θαμνοσυστάδες
- Θαμνοσυστάδες και θάμνοι
- Θαμνοσυστάδες (FLL, 2002).

#### 1.1.4 Σχεδιασμός φυτεμένου δώματος

##### 1.1.4.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού ενός φυτεμένου δώματος

Ο σχεδιασμός ενός φυτεμένου δώματος ακολουθεί σε γενικές γραμμές τις αρχές σχεδιασμού ενός συμβατικού κήπου. Οι βασικές σχεδιαστικές αρχές σχεδιασμού του τοπίου ενός φυτεμένου δώματος είναι:

- Ο καθορισμός συγκεκριμένων στόχων που πρέπει να επιτευχθούν με την εγκατάσταση του συγκεκριμένου δώματος
- Η επιλογή των κατασκευαστικών και φυτικών υλικών να γίνεται με τρόπο ώστε η συνολική εγκατάσταση να φέρει το μικρότερο δυνατό φορτίο
- Η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην επιφάνεια του δώματος
- Η χρήση του βρόχινου νερού για άρδευση και δευτερευόντως του νερού της ύδρευσης
- Η χρήση γηγενών σκληραγωγημένων φυτών
- Η δημιουργία μονοπατιών από σκληρά υλικά να είναι όσο το δυνατόν λιγότερη
- Η πρόληψη για την εγκατάσταση στο χώρο πουλιών και εντόμων
- Η χρήση ανθεκτικών προϊόντων και κατά προτίμηση ανακυκλωμένων υλικών
- Η μείωση της πολυπλοκότητας το σχεδίου και η μείωση των αποβλήτων που δημιουργούνται από το σύστημα
- Η δημιουργία χώρου για κομποστοποίηση και ανακύκλωση υλικών

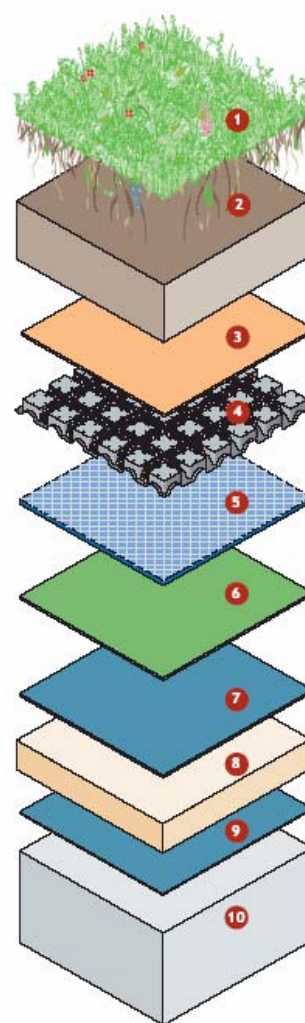
- Η δημιουργία θεματικών χώρων, όπως τα καθιστικά, οι χώροι δραστηριοτήτων, και η ύπαρξη οπτικών συνθέσεων που κάνουν πιο ελκυστικό το τοπίο και δημιουργούν ερεθίσματα για όλες τις αισθήσεις (Oberlander *et al.*, 2002).

### 1.1.5 Κατασκευή φυτεμένου δώματος

Η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος συνίσταται από την κατασκευή των επιπέδων που προστατεύουν το δώμα του κτιρίου και από την κατασκευή των επιπέδων εγκατάστασης του φυτικού υλικού και των κατάλληλων συστημάτων συντήρησης και προστασίας του. Τα επίπεδα κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος φαίνονται στο Σχήμα 1.

1. Φυτικό υλικό
2. Υπόστρωμα ανάπτυξης
3. Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου
4. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης
5. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης
6. Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών
7. Στεγανωτικό επίπεδο
8. Θερμομονωτικό επίπεδο
9. Φράγμα υδρατμών
10. Δώμα κτιρίου με διαχωριστική στρώση

**Σχήμα 1:** Επίπεδα φυτεμένου δώματος (Caudrey, 2005).



### 1.1.5.1 Κατασκευαστικά υλικά επικάλυψης δώματος

#### A) Διαχωριστική στρώση

Το επίπεδο αυτό παρεμποδίζει τη μετάδοση των συνεπειών που έχουν οι συστολές, οι διαστολές και η τραχύτητα της επιφάνειας του κτιρίου στις υπερκείμενες στρώσεις επικάλυψης του δώματος. Τα υλικά αυτά είναι κυρίως διάτρητες ασφαλικές μεμβράνες οπλισμένες με ύαλοϋφασμα ή συνθετικές μεμβράνες (Ευμορφοπούλου, 1992).

#### B) Φράγμα υδρατμών

Το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από τη διαχωριστική στρώση και αποσκοπεί στην παρεμπόδιση της συμπύκνωσης των υδρατμών που συμβαίνει στο εσωτερικό της οροφής και στην παρεμπόδιση της διέλευσης των υδρατμών στη θερμομονωτικό επίπεδο που βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών (Caudrey, 2005; Ευμορφοπούλου, 1992). Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αυτής της στρώσης είναι τα ασφατικά φύλλα, τα φύλλα πολυαιθυλενίου, το συνθετικό καουτσούκ ή το πολυισοβουτυλένιο, ενώ στο παρελθόν γινόταν και χρήση πισσασφαλικών μεμβρανών οπλισμένων με ύαλοϋφασμα (Ευμορφοπούλου, 1992).

#### Γ) Θερμομονωτικό επίπεδο

Το θερμομονωτικό επίπεδο βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών και αποτελείται από αφρώδη υλικά με τη μορφή πλάκας, όπως είναι η αφρώδης πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, ο αφρός πολυουρεθάνης, ο φαινολικός αφρός ρητινών, ο εμποτισμένος φελλός και το αφρώδες γυαλί. Η τοποθέτηση πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μη δημιουργούνται μεταξύ των πλακών διάκενα, ώστε να παρατηρείται το επιθυμητό αποτέλεσμα, που είναι η θερμομόνωση (Ευμορφοπούλου, 1992).



## **Δ) Στεγανωτικό επίπεδο**

Υπερκείμενα της στεγανωτικής στρώσης συνήθως δημιουργείται η στρώση εξίσωσης των πιέσεων, με σκοπό την ελάττωση ή και το μηδενισμό των υπό πίεση υδρατμών που μπορεί να εμφανιστούν κάτω από τη στρώση στεγάνωσης (Ευμορφοπούλου, 1992).

Η στεγανωτική στρώση δημιουργείται για την προστασία των υλικών επικάλυψης του δώματος από το νερό της βροχής και της άρδευσης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι είτε ασφαλικά, όπως τα ασφαλικά φύλλα και οι πολυμερισμένες ασφαλικές μεμβράνες (ελαστομερή-πλαστομερή) είτε συνθετικά θερμοπλαστικά, όπως η άσφαλτος με πολυμερρισμένο αιθυλένιο (ECB), το βινύλιο με πολυαιθυλένιο (EVA), το χλωρισμένο πολυαιθυλένιο (PEC), το πολυισοβουτυλένιο (PIB) και το μαλακό πολυβινιλοχλωρίδιο (PVC) είτε συνθετικά, όπως το χλωριούχο πολυαιθυλένιο (CSM), το καουτσούκ με πολυαιθυλενικό προπυλένιο (EPDM) και το βουτιλικό καουτσούκ (IIA), (Ευμορφοπούλου, 1992).

### **1.1.5.2 Κατασκευαστικά υλικά εγκατάστασης φυτικού υλικού**

#### **A) Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών**

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με αντιρριζικές μεμβράνες. Η ικανότητα των ριζών ορισμένων φυτών να εκκρίνουν τοξικές ουσίες έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να διαβρώσουν οποιαδήποτε επιφάνεια.

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για προστασία από τη διείσδυση των ριζών θα πρέπει να επικολλούνται με προσοχή. Συνήθως χρησιμοποιείται φλόγιστρο, ενώ οι αλληλοκαλύψεις των φύλλων δύο διαδοχικών μεμβρανών θα πρέπει να είναι περίπου στα 8 – 10 cm (Ευαγγελίου *et al*, 2008).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στη διεισδυτική ικανότητα των ριζών είναι τα φύλλα ασφαλικής πίσσας εμποτισμένα με τοξικές για τις ρίζες ουσίες. Αποτελεσματική είναι και η χρήση

συνθετικών θερμοπλαστικών μεμβρανών, συνθετικών μεμβρανών οπλισμένων με υαλόπλεγμα, φύλλων αλουμινίου, πλεγμάτων γιούτας ή πολυεστερικών ινών (Ευμορφοπούλου, 1992). Στην κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συνδυασμός των υλικών αυτών.

## **Β) Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης**

Η στρώση αυτή έχει την ικανότητα να συγκρατεί νερό και θρεπτικά συστατικά και να τα αποδίδει στο φυτά ετεροχρονισμένα καθώς επίσης προσφέρει προστασία των υποκείμενων κατασκευαστικών στοιχείων από μηχανικές φθορές (Caudrey, 2005).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνθετικά υλικά με πολυεστερικές ίνες ή υψηλής πυκνότητας φύλλα πολυαιθυλενίου, ενώ η αλληλοκάλυψη των υλικών πρέπει να είναι στα 10 cm (Ευαγγελίου *et al*, 2008).

## **Γ) Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης**

Υπερκείμενα του επιπέδου συγκράτησης ύδατος και προστασίας της μόνωσης τοποθετείται η στρώση συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης. Σε δώματα με μικρή κλίση η κατασκευή του κρίνεται απαραίτητη, ενώ σε δώματα με κλίση άνω των 5 ° και ύψος φυτικού υλικού μικρότερο από 25 cm, η κατασκευή του δεν είναι απαραίτητη (Τσογγαράκης, 2005).

Το επίπεδο αυτό θα πρέπει να έχει κοκκώδη σύσταση, ώστε να εξασφαλίζεται εύκολη απορροή υδάτων, υψηλή διαβρεκτική ικανότητα και ικανότητα κατακράτησης νερού και απόδοσης του στο περιβάλλον, κατάλληλο pH και περιεκτικότητα σε άλατα, ώστε να μη δημιουργεί φυτοτοξικότητα στα φυτά και να είναι χημικά αδρανές με τα υπόλοιπα υλικά (Τσογγαράκης, 2005).

Στην αγορά κυκλοφορεί πληθώρα υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποστράγγιση, όπως είναι τα προκατασκευασμένα φύλλα αποστράγγισης από πολυαιθυλένιο, που περιέχουν και ένα συνθετικό ύφασμα για αποτροπή της διόδου εδαφικών τεμαχίων (Oberlander *et al*, 2002). Η σύγχρονη τεχνολογία φυτεμένων δωματίων προτείνει έναντι των

υλικών, όπως το χαλίκι, η λάβα και ελαφρόπετρα, η σπασμένη διασταλτική άργιλος και ο σχιστόλιθος, τα τούβλα, η μεταλλική σκωρία και το αφρώδες γυαλί, πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, οι οποίες συνδυάζουν τις στρώσεις διαχωριστικού φίλτρου, αποστράγγισης και προστασίας της μόνωσης, σε ένα προϊόν, ενοποιημένο, που είναι και εξαιρετικά ελαφρύ (Ευαγγελίου *et al*, 2008). Τα στοιχεία αυτά αποστράγγισης έχουν κενούς χώρους στους οποίους αποθηκεύεται νερό, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού μέσω των καναλιών τους προς τις υδροροές του δώματος. Συνήθως φέρουν οπές στην ανώτερη επιφάνειά τους που επιτρέπουν τον αερισμό των ριζών και την εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα.

#### **Δ) Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου**

Το επίπεδο αυτό αποτρέπει τη διέλευση υλικών προς το αποστραγγιστικό επίπεδο και τελικά προς τις υδροροές απορροής των όμβριων υδάτων. Μπορεί να κατασκευαστεί από άμμο ή από διάφορες μεμβράνες, όπως υαλοϋφασμα ή γεωϋφασμα. Στις περιπτώσεις χρήσης μεμβρανών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δύο στρώσεις, η μία εκ των οποίων συνιστάται να εμποτίζεται με ουσίες που παρεμποδίζουν τη διείδυση των ριζών (Wark *et al*, 2003).

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται σύγχρονα υλικά από πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, τότε το διαχωριστικό φίλτρο εμπεριέχεται σε αυτή την κατασκευή και δεν είναι απαραίτητη η εκ νέου τοποθέτησή του (Ευαγγελίου *et al*, 2008).

#### **Ε) Υπόστρωμα ανάπτυξης**

Το υπόστρωμα ανάπτυξης αποτελεί το βαρύτερο υλικό κατασκευής του φυτεμένου δώματος. Η επιλογή του εξαρτάται έως ένα βαθμό από την επιλογή του φυτικού υλικού. Η σημασία του υποστρώματος στην ανάπτυξη και διατήρηση των φυτών είναι σημαντική, γιατί αποτελεί την πηγή

τροφοδοσίας των φυτών με νερό, οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία και επιπλέον εξασφαλίζει τη στήριξή τους.

Στα φυτεμένα δώματα το υπόστρωμα θα πρέπει να έχει ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά που θα το κάνουν κατάλληλο σε αυτές τις ιδιαίζουσες περιπτώσεις κήπων. Το βάρος του υποστρώματος θα πρέπει να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα για τη μέγιστη μείωση του επιπρόσθετου φορτίου στο δώμα. Το υπόστρωμα θα πρέπει να παρουσιάζει καλή αποστράγγιση και να συγκρατεί τα απαραίτητα ποσά υγρασίας, ανάλογα με το φυτικό υλικό. Αυτό έχει θεμελιώδη σημασία για την επαρκή παροχή νερού στο φυτό και τον επαρκή αερισμό του ριζικού συστήματος του φυτού. Η σύστασή του θα πρέπει να παρέχει επαρκή στήριξη του φυτικού υλικού και τα σωματίδιά του θα πρέπει να είναι τέτοιου μεγέθους ώστε να μη δημιουργούν πρόβλημα φράζοντας τα υποκείμενα κατασκευαστικά υλικά. Επιπλέον θα πρέπει να έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών ουσιών και εύκολης απόδοσής τους προς τα φυτά καθώς και κατάλληλο pH για την ανάπτυξη του φυτού. Θα πρέπει να περιέχει σε ένα ποσοστό οργανική ουσία, ώστε να αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και το ποσό των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών, το οποίο αποδίδεται στο φυτικό υλικό σταδιακά και όχι άμεσα, όπως γίνεται με τα χημικά λιπάσματα. Η οργανική ύλη δε θα πρέπει να ξεπερνά το ποσοστό του 20% του συνολικού υποστρώματος, γιατί μετά την πάροδο των πρώτων δύο ετών, όπου η ανάπτυξη των φυτών θα είναι μεγάλη, θα αρχίσει να παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης λόγω της διάσπασης του οργανικού υλικού (Solomon, 2003).

Τα εδαφικά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε φυτοδώματα είναι μίγματα εδάφους ή άμμου με προσθήκη ανόργανων ή οργανικών εδαφοβελτιωτικών υλικών σε διάφορες αναλογίες. Τα εδαφοβελτιωτικά υλικά βελτιώνουν την ομοιομορφία και την ομοιογένεια του υποστρώματος, τη σταθερότητα και το ρυθμό αποστράγγισής του. Τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιούνται είναι:

A) Ανόργανα εδαφοβελτιωτικά

- Άμμος
- Διογκωμένη άργιλος
- Γη διατομών

- Περλίτης
- Βερμικουλίτης
- Ελαφρόπετρα
- Ζεόλιθοι

#### B) Οργανικά εδαφοβελτιωτικά

- Τύρφη
- Χούμος
- Κομποστοποιημένα υλικά (Τσογγαράκης, 2005).

#### ΣΤ) Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός τοπίου στο φυτεμένο δώμα, εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά που θέλει ο αρχιτέκτονας τοπίου να έχει, θα πρέπει να έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα το βοηθήσουν να επιβιώσουν σε ένα περιβάλλον με τις αντίξοες συνθήκες του φυτοδώματος καθώς και να εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα του φυτεμένου δώματος.

Τα βασικότερα ειδικά χαρακτηριστικά των φυτών ενός φυτεμένου δώματος είναι:

- Να μπορεί να αναγεννάται σε περιπτώσεις ξήρανσης
- Να είναι ανθεκτικό στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία, στους ανέμους, στην ξηρασία και στον παγετό
- Να είναι γηγενή είδη ή αν είναι ξενόφερτα να αντέχουν τις τοπικές συνθήκες
- Να προσφέρουν το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα όλους τους μήνες του χρόνου (Oberlander *et al*, 2002)
- Να είναι ανθεκτικά σε εχθρούς και ασθένειες
- Να έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε συντήρηση
- Να μην υπερβαίνουν το μέγιστο μέγεθος για κάθε βάθος υποστρώματος (Γιαννούλη, 2007).

## 1.2 Τα φυτά *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale*

### 1.2.1 Καταγωγή

Το είδος *Helichrysum italicum* συναντάται στην ευρύτερη περιοχή της Λεκάνης της Μεσογείου (Φιλίππι, 2008). Στην Ελλάδα είναι γνωστό με την κοινή ονομασία “Ελίχρυσο” ή “Αμάραντος”, ενώ στις αγγλόφωνες χώρες ονομάζεται “Curry plant”. Στη βιβλιογραφία απαντάται και με την επιστημονική ονομασία *Helichrysum angustifolium* (Brickell, 1999).

Το είδος *Helichrysum orientale* απαντάται στα ελληνικά νησιά (Φιλίππι, 2008) και στην Κρήτη (Wilson, 1993). Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η κοινή ονομασία “Κίτρινος Αμάραντος”.

### 1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση

Τα είδη του γένους *Helichrysum* ανήκουν στην οικογένεια Asteraceae. Η βοτανική τους ταξινόμηση είναι:

Γένος: *Helichrysum*

Οικογένεια: Asteraceae

Τάξη: Asterales

Υποκλάση: Asteridae

Κλάση: Magnoliopsida

Διαίρεση: Magnoliophyta

Βασίλειο: Plantae

Το γένος περιλαμβάνει περισσότερα από 500 είδη (Πατλής, 2009), τα σπουδαιότερα εκ των οποίων είναι:

- *Helichrysum ambiguum*
- *Helichrysum amorginum*
- *Helichrysum arenarium*
- *Helichrysum bellidioides*
- *Helichrysum conglobatum*
- *Helichrysum coralloides*

- *Helichrysum doerfleri*
- *Helichrysum italicum*
- *Helichrysum ledifolium*
- *Helichrysum marginatum*
- *Helichrysum orientale*
- *Helichrysum petiolare*
- *Helichrysum plicatum*
- *Helichrysum rosmarinifolium*
- *Helichrysum rupestre*
- *Helichrysum saxatile*
- *Helichrysum selago*
- *Helichrysum sibthorpii*
- *Helichrysum splendidum*
- *Helicrysum stoechas* (Brickell, 1999; Wilson, 1993; Polunin, 1987; Φιλίππι, 2008; Πατλής, 2009).

### 1.2.3 Βοτανικοί χαρακτήρες του είδους *Helichrysum italicum*

Το *Helichrysum italicum* (Εικ.5) είναι πολυετής αειθαλής ημίθαμνος. Στο φυσικό του περιβάλλον φτάνει σε ύψος τα 0,6 m και σε πλάτος το 1 m (Brickell, 1999).

Τα φύλλα είναι βελονοειδή επιμήκη με αργυρό – γκριζωπό χρώμα και αναδίδουν έντονο άρωμα, που θυμίζει κάρυ και λινέλαιο (Brickell, 1999).

Η βλάστηση εκπτύσσεται από την άνοιξη μέχρι και τα τέλη καλοκαιριού με αρχές φθινοπώρου. Οι εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αποτελούν καθοριστικό παράγοντα της περιόδου που παρατηρείται βλαστική ανάπτυξη.



**Εικόνα 5:** Το φυτό *Helichrysum italicum*.

Η ανθοφορία παρατηρείται από τον Ιούνιο και διαρκεί όλους τους καλοκαιρινούς μήνες. Ανάλογα με τις θερμοκρασίες, η ανθοφορία μπορεί να συνεχιστεί και τους φθινοπωρινούς μήνες (Wilson, 1993). Έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη δεύτερου ανθικού στελέχους εν συνεχεία του πρώτου.

Το *Helichrysum italicum* σχηματίζει ανθοταξίες πλάτους 15 έως 80 mm (Wilson, 1993) με χρυσοκίτρινα άνθη πλάτους 2 έως 4 mm (Polunin, 1987), που περιβάλλονται από μακρόστενα βράκτια απαλού κίτρινου χρώματος (Wilson, 1993). Οι ανθοταξίες αναπτύσσονται σε ευθυτενές ανθικό στέλεχος αργυρόλευκου χρώματος (Εικ.6), (Brickell, 1999). Τα μαραμμένα άνθη διατηρούνται πάνω στο φυτό και παραμένουν διακοσμητικά για πολύ καιρό μετά την ανθοφορία (Εικ.7), (Φιλίππι, 2008).





**Εικόνα 6:** Ανθοφορία (A), διπλή ανθοφορία (B) φυτού *Helichrysum italicum*.

Τα πράσινα μέρη του φυτού περιέχουν αιθέρια έλαια, τα εκχυλίσματα των οποίων χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική λόγω της αντιφλεγμονώδους, αντιαλλεργικής και αντιμικροβιακής τους δράσης.



**Εικόνα 7:** Αποξηραμένα άνθη σε φυτό *Helichrysum italicum*.

#### 1.2.4 Βοτανικοί χαρακτήρες του είδους *Helichrysum orientale*

Το *Helichrysum orientale* είναι πολυετής αιθαλής θάμνος (Wilson, 1993). Στο φυσικό του περιβάλλον φτάνει σε ύψος τα 0,30 m, ενώ μαζί με τις ταξιανθίες φτάνει μέχρι 0,6 με 0,8 m και σε πλάτος τα 0,6 έως 0,8 m (Φιλίππι, 2008).

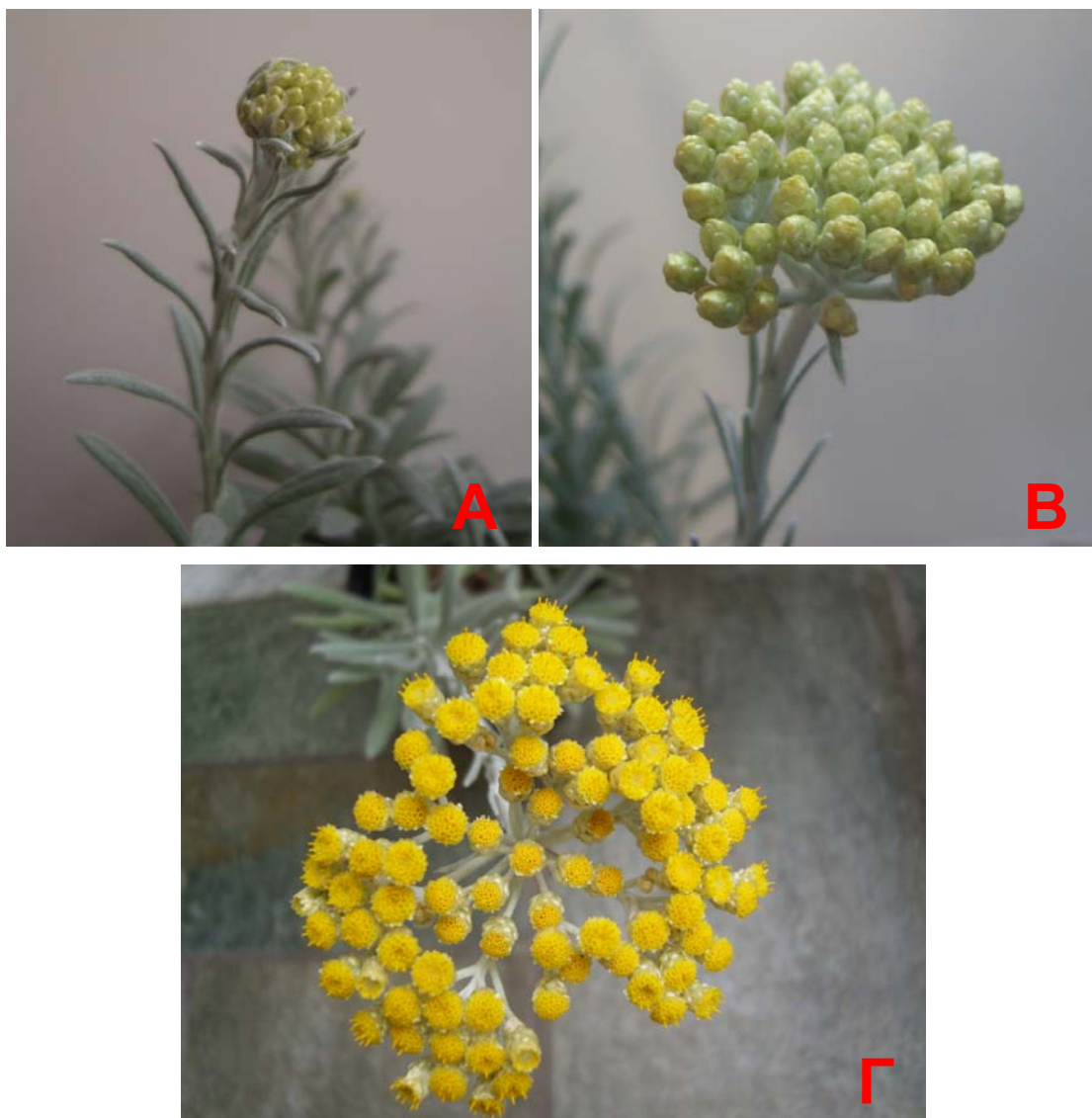
Τα φύλλα έχουν σχήμα σπάτουλας και καλύπτονται από τρίχες που δίνουν αργυρόχρωμη όψη στο φυτό. Τα κατώτερα φύλλα του βλαστού είναι πυκνά κατανεμημένα και πλατύτερα, ενώ τα ανώτερα φύλλα είναι περισσότερο γραμμικά (Wilson, 1993; Polunin, 1987). Καλυμμένοι με χνούδι είναι και οι βλαστοί του, γεγονός που τους προσδίδει ένα αργυρό προς λευκό χρώμα (Εικ.8), (Polunin, 1987).



Εικόνα 8: Το φυτό *Helichrysum orientale*.

Η βλάστηση εκπτώσσεται από την άνοιξη μέχρι και τα τέλη καλοκαιριού με αρχές φθινοπώρου. Οι εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αποτελούν καθοριστικό παράγοντα της περιόδου που παρατηρείται βλαστική ανάπτυξη.

Η ανθοφορία ξεκινάει από τον Απρίλιο (Εικ.9Α, Β), όπου και εμφανίζονται τα ανοιχτοκίτρινα μπουμπουκία, πάνω σε λεπτά λευκά από το χνούδι ανθικά στελέχη (Wilson, 1993). Η ανθοταξία είναι κεφαλή πλάτους 20 έως 80 mm (Wilson, 1993) με κίτρινα άνθη πλάτους 7 έως 10 mm (Polunin, 1987), που ανοίγουν τον Ιούνιο (Φιλίππι, 2008) και περιβάλλονται από βράκτια φωτεινού κίτρινου χρώματος (Polunin, 1987), (Εικ.9Γ).



**Εικόνα 9:** Στάδιο μπουμπουκιού (Α), στάδιο πριν την ανθοφορία (Β), στάδιο ανθοφορίας (Γ) φυτού *Helichrysum orientale*.

### 1.2.5 Συνθήκες περιβάλλοντος

Τα είδη *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale*, είναι είδη που ευδοκιμούν στο Μεσογειακό περιβάλλον και κατ' επέκταση στον Ελλαδικό χώρο. Στο φυσικό τους περιβάλλον αναπτύσσονται σε ηλιαζόμενες θέσεις (Φιλίππι, 2008) και εμφανίζουν ευαισθησία στα κρύα και υγρά κλίματα (Brickell, 1999).

Το *Helichrysum italicum* παρουσιάζει ανθεκτικότητα μέχρι τη θερμοκρασία των  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Φιλίππι, 2008) και αναπτύσσεται σε τοποθεσίες με ξηρό κλίμα. Ευδοκίμει σε λόφους με έκθεση που του εξασφαλίζει τις ξηροθερμικές συνθήκες που απαιτεί (Wilson, 1993).

Το *Helichrysum orientale* παρουσιάζει ανθεκτικότητα μέχρι τη θερμοκρασία των  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Φιλίππι, 2008).

Η ξηροθερμικές συνθήκες ευνοούν τη διάρκεια της ανθοφορίας των φυτών και της παραμονής του αποξηραμένου άνθους επί του φυτού, γεγονός που αυξάνει την καλλωπιστική του αξία (Brickell, 1999)

### 1.2.6 Έδαφος

Στη φύση τα *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* φυτρώνουν σε βραχώδη εδάφη σε λόφους ή βουνά, ακόμα και σε παραθαλάσσιες περιοχές. Γενικά αναπτύσσονται σε πετρώδες ή αμμώδες έδαφος, καλά αποστραγγιζόμενο (Brickell, 1999; Φιλίππι, 2008).

### 1.2.7 Καλλιεργητικές τεχνικές

Το *Helichrysum orientale* αντιδρά θετικά στο φθινοπωρινό κλάδεμα, διατηρώντας το συμπαγές του σχήμα.

Σημαντική καλλιεργητική τεχνική αποτελεί η δημιουργία αποστραγγιστικού συστήματος και η χρήση εδαφικού υποστρώματος που δε δημιουργεί ασφυκτικές συνθήκες στο ριζικό σύστημα του φυτού (Φιλίππι, 2008).

### 1.2.8 Πολλαπλασιασμός

Κατά τον Φιλίππι (2008) τα *Helichrysum* πολλαπλασιάζονται με μοσχεύματα από μαλακό ξύλο το φθινόπωρο ή την άνοιξη, ενώ σύμφωνα με τον Brickell (1999) με μοσχεύματα με τακούνι ή από ημι-ώριμο ξύλο το καλοκαίρι και με σπόρο την άνοιξη.

## 1.3 Κομπόστ

### 1.3.1 Ιστορική εξέλιξη

Η πρώτη απόπειρα στροφής των κοινωνιών προς την κομποστοποίηση έγινε κατά τη δεκαετία του '30 και στις αρχές της δεκαετίας του '40. Την περίοδο αυτή η τεχνολογία για συλλογή, αποθήκευση, μεταφορά και διαθεσιμότητα βρισκόταν σε αρχέγονα στάδια. Το γεγονός αυτό έκανε τη διαδικασία της κομποστοποίησης σχεδόν αδύνατο να εφαρμοστεί. Την εποχή αυτή η κομποστοποίηση αποτελούσε πολυτέλεια, ενώ λίγοι ήταν αυτοί που κατανοούσαν την χρησιμότητά της για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και την προστασία των φυσικών πόρων του πλανήτη. Μία κοινή τακτική διαχωρισμού των απορριμμάτων εκείνη την περίοδο, ήταν σε υγρά και στερεά. Τα υγρά απορρίμματα χρησιμοποιούνταν για την εκτροφή των χοίρων (Golueke *et al.*, 1996).

Κατά τη δεκαετία του '30 και του '40 η κομποστοποίηση MSW (Municipal Solid Waste) ήταν στα πρώτα της βήματα και ως επιστήμη και ως πρακτική. Οι μικροβιολογικές βάσεις της αναγνωρίστηκαν και έγιναν προσπάθειες για να γίνουν πράξη ως λειτουργικοί και σχεδιαστικοί παράγοντες και παράμετροι (Adams, 1941, Carlyle, 1941, Howard, 1935, Waksman, 1939). Ανάμεσα στις κύριες πλευρές έριδας στην έρευνα της κομποστοποίησης ήταν της αερόβιας εναντίον της αναερόβιας (Hyde, 1932) και της μεσόφιλης εναντίον της θερμόφιλης κομποστοποίησης (Golueke, 1977).

Κατά τη δεκαετία του '50 και του '60 τα απορρίμματα συνέχιζαν να συλλέγονται κυρίως σε ανοιχτούς χώρους, παρ' όλο που είχαν γίνει γνωστές οι αρνητικές συνέπειες που προκαλούσε στη δημόσια υγεία, στην ποιότητα

του περιβάλλοντος και στη διατήρηση των φυσικών πόρων. Παράλληλα την εποχή αυτή, έγινε αξιόλογη πρόοδος στην τεχνολογία της MSW (Pearson, 1952) και στην τεχνική της αποθήκευσης.

Την περίοδο 1950 – 1960 δόθηκαν οι βάσεις για να εξελιχθεί η επιστήμη της κομποστοποίησης. Έγιναν σημαντικές προσπάθειες να μετατραπούν σε επιστήμη οι λαϊκές παραδόσεις στην κομποστοποίηση ή τουλάχιστον να φτάσουν σε παραμέτρους και πρωτόκολλα, τα οποία βασίζονται σε επιστημονικές αρχές. Καθορίστηκαν οι τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, pH, σχέσης C/N που ήταν απαραίτητες στη διαδικασία της κομποστοποίησης. Έγινε κατανοητή η επίδραση συγκεκριμένων υλικών στη μεταβολή του πορώδους του υποστρώματος. Σημαντική πρόοδος παρατηρήθηκε στην κατανόηση της μικροβιολογίας και στον προσδιορισμό των μικροβιακών πληθυσμών που συμμετέχουν. Επίσης, μελετήθηκε η θρεπτική διαθεσιμότητα κατά τα διάφορα στάδια της κομποστοποίησης και ο ρόλος του αερισμού (Golueke *et al.*, 1996).

Από τη δεκαετία του '70 και μετά έγινε μεγάλη πρόοδος στην τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε στην κομποστοποίηση. Προτάθηκαν συγκεκριμένα σχέδια και μικροβιακοί πληθυσμοί για την κομποστοποίηση συγκεκριμένων υλικών (Golueke *et al.*, 1996).

### 1.3.2 Κομποστοποίηση

Κομποστοποίηση, όπως αυτή έχει ορισθεί σε διεθνή συνέδρια, είναι η βιολογική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, υπό συνθήκες, οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμόφιλης περιοχής, λόγω της βιολογικής διαδικασίας. Το τελικό προϊόν που προκύπτει, είναι σταθερό, απαλλαγμένο από παθογόνα και σπόρους ζιζανίων και μπορεί να διανεμηθεί στο έδαφος.

Σύμφωνα με τον Μπαλή (1994), η κομποστοποίηση αποτελεί εξειδικευμένη μορφή σταθεροποίησης αποβλήτων κατά την οποία οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού είναι τέτοιες που εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ευνοϊκών για την ανάπτυξη και επικράτηση θερμόφιλων μικροοργανισμών. Ο ορισμός αυτός προσδιορίζει σε τελευταία ανάλυση μία ελεγχόμενη βιο-οξειδωτική διαδικασία, η οποία:

α) αφορά ετερογενή οργανικά υλικά σε στερεή κατάσταση,

β) περνάει από μία αρχική φάση αποικοδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες της θερμοφιλης περιοχής και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες και

γ) οδηγεί σε μία κατάσταση σταθεροποίησης το τελικό προϊόν της οποίας χαρακτηρίζεται ως ώριμη κομπόστα.

Η κομποστοποίηση αποσκοπεί στην εντατική αποδόμηση των οργανικών ουσιών. Το τελικό προϊόν, όταν εφαρμοστεί στο έδαφος, είναι ωφέλιμο για τα φυτά, τους ζωικούς οργανισμούς και τη γονιμότητα του εδάφους.

Κατά το Σιδηρά (1997) οι βασικοί στόχοι της λίπανσης με κομπόστ είναι:

α) η κάλυψη των αναγκών των εδαφών σε οργανική ουσία και η ταυτόχρονη αύξηση των αργιλο-χουμικών συμπλόκων

β) η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στα οργανικά υλικά, λόγω της αύξησης των αργιλο-χουμικών συμπλόκων

γ) η μείωση των απωλειών με έκπλυση λόγω μεγαλύτερης προσρόφησης των στοιχείων και

δ) η άμβλυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων λόγω αξιοποίησης των γεωργικών υπολειμμάτων.

### 1.3.3 Υλικά-κομπόστ

Η κομποστοποίηση μίγματος στερεών οργανικών υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν το μίγμα έχει περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία άνω του 20%. Τα οργανικά υλικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κομπόστ για γεωργική χρήση είναι:

- Φλοιοί δένδρων και πριονίδια από βιομηχανίες ξύλου
- Κλαδιά, φύλλα δενδροστοιχιών, οργανικό κλάσμα σκουπιδιών και λάσπες βιολογικού καθαρισμού από απορρίμματα πόλεων
- Υπολείμματα βάμβακος, μαλλιού και λιναριού από υφαντουργεία

- Νεύρα φύλλων και τρίμματα καπνού από καπνοβιομηχανίες
- Λάσπες από χαρτοβιομηχανίες
- Υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, στέμφυλα οينوποιίας και υπολείμματα σφαγείων από βιομηχανίες τροφίμων
- Υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος, ελαιοπυρήνες, πυρηνόξυλο, λιόφυλλα, άχυρο και φλοιοί ρυζιού από γεωργικές βιομηχανίες
- Υπολείμματα καλλιεργειών, φύλλα και κλαδιά δένδροκομείων και κληματίδες από γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- Κοπριά ορνιθοτροφείων, χοιροστασίων, βουστασίων και στρωμνή από ζωοτεχνικές μονάδες
- Οργανικές αποθέσεις και λιγνίτης από φυσικές πηγές.

### 1.3.4 Συνθήκες

#### 1.3.4.1 Συνθήκες αερισμού

Οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών σε οξυγόνο εξαρτώνται από τον τύπο των υλικών προς κομποστοποίηση, τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά τη διαδικασία, το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η διαδικασία της κομποστοποίησης και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη διαδικασία, όπως είναι η υγρασία (Stendiford, 1996).

Η κάλυψη των αναγκών σε οξυγόνο πραγματοποιείται με αναμόχλευση των υλικών του κομπόστ. Τις πρώτες εβδομάδες λόγω μεγάλης αύξησης των θερμοκρασιών γίνονται περισσότερες αναμοχλεύσεις του σωρού. Στη συνέχεια της διαδικασίας και όσο σταθεροποιείται η διεργασία της κομποστοποίησης, μειώνεται η συχνότητα των αναμοχλεύσεων. Η πρώτη αναμόχλευση γίνεται μετά από δύο ή τρεις εβδομάδες από την έναρξη της διαδικασίας, η δεύτερη την πέμπτη με έκτη εβδομάδα και άλλη μία τη δέκατη εβδομάδα (Σιδηράς, 1997).



### 1.3.4.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του σωρού κομποστοποίησης καθορίζει το ρυθμό των βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Η επιλογή του θερμοκρασιακού καθεστώτος εξαρτάται από το είδος του υποστρώματος και τους επιδιωκόμενους στόχους:

- >55 °C, για το μέγιστο ποσοστό εξυγίανσης,
- >65 °C, για το μέγιστο ποσοστό σταθεροποίησης,
- 35-40 °C, για τη μέγιστη μικροβιακή ποικιλότητα

Στα περισσότερα συστήματα κομποστοποίησης η προσπάθεια επικεντρώνεται στη διασφάλιση της ταυτόχρονης επίτευξης των στόχων της εξυγίανσης και της σταθεροποίησης, οπότε η καταλληλότερη θερμοκρασία είναι αυτή των 55 °C (Stendiford, 1996).

### 1.3.4.3 Υγρασία

Σε μία διαδικασία παραγωγής κομπόστ τα συνήθη επίπεδα υγρασίας που διατηρούνται είναι 55-65%. Η τιμή των ποσοστών αυτών εξαρτάται από τα υλικά που χρησιμοποιούνται (Stendiford, 1996).

### 1.3.5 Διαδικασία κομποστοποίησης

Η διαδικασία της κομποστοποίησης ξεκινάει με τη φάση της αποικοδόμησης (Καλογεράκης *et al.*, 2010), όπου παρατηρείται μία ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας της σωρού του κομπόστ. Η αποικοδόμηση στο στάδιο αυτό γίνεται από θερμοφιλά είδη βακτηρίων, τα οποία είναι ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες (>60°C). Ανασταλτικός παράγοντας της πορείας της κομποστοποίησης σε αυτό το στάδιο είναι η μείωση των αποθεμάτων άνθρακα.

Η θερμοκρασία της σωρού μπορεί να φτάσει τους 70 °C μέσα σε λίγες ημέρες. Η ταχεία αυτή άνοδος της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα της

θερμότητας που εκλύεται από τη δράση των μικροβιακών πληθυσμών. Το ποσό της εκλυόμενης θερμότητας εξαρτάται από το είδος των υλικών που αποικοδομούνται.

Κατά τη θερμόφιλη φάση, οι πηγές αζώτου αποικοδομούνται ταχύτατα, με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσών αμμωνίας που ανεβάζουν τις τιμές του pH σε υψηλά επίπεδα (8,0).

Καθώς η διαθεσιμότητα των εύκολα αφομοιώσιμων πηγών άνθρακα μειώνεται, η διαδικασία εισέρχεται στη φάση του μετασχηματισμού, όπου και εμφανίζονται οι θερμόφιλοι μύκητες, οι οποίοι αποικοδομούν ημικυτταρίνες και κυτταρίνες. Στη φάση αυτή παρατηρούνται θερμοκρασίες κάτω από 50 °C.

Θερμόφιλοι ακτινομύκητες, όπως τα είδη των γενών ***Thermoactinomyces*** και ***Thermonospora***, απαντώνται αρκετά συχνά. Φαίνεται ότι ακολουθούν τα θερμόφιλα βακτήρια, και η ανάπτυξή τους εξαρτάται από τις συνθήκες καλού αερισμού του κομπόστ.

Στην τρίτη φάση της μικροβιακής δραστηριότητας παρατηρείται περαιτέρω πτώση της θερμοκρασίας, κάτω από 30 °C (Καλογεράκης *et al.*, 2010). Στο σημείο αυτό απαιτείται αναμόχλευση του σωρού. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται περαιτέρω η θερμοκρασία, με αποτέλεσμα την αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας. Προοδευτικά μειώνονται τα διαθέσιμα αφομοιώσιμα υλικά και κατά συνέπεια και η μικροβιακή δραστηριότητα. Με την πτώση της θερμοκρασίας, επικρατούν οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί και κυρίως οι μύκητες που βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα, και χρησιμοποιούν αρχικά την κυτταρίνη που έχει απομείνει και τελικά τη λιγνίνη. Τα συστατικά αυτά χρησιμοποιούνται με βραδύ ρυθμό και οι παραγόμενες ποσότητες θερμότητας δεν μπορούν να αναπληρώσουν τις απώλειες, με αποτέλεσμα τη περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας του σωρού. Στη φάση αυτή εισέρχονται στη σωρό έντομα, αραχνοειδή και ο κόκκινος γαιοσκώληκας (*Eisenia foetida*), του οποίου ο ρόλος είναι σημαντικός για την παραγωγή των σταθερών χουμικών ενώσεων (Καλογεράκης *et al.*, 2010).

Μετά το πέρας της τρίτης φάσης, το κομπόστ εισέρχεται στο τελευταίο στάδιο. Σε αυτό το στάδιο, το κομπόστ ωριμάζει. Η ωρίμανση αποτελεί μία βιο-οξειδωτική διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται από μία μικτή μεσόφιλη μικροβιακή χλωρίδα και ανάλογα με τα υλικά του κομπόστ μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες.

### 1.3.6 Πλεονεκτήματα κομπόστ

- Εξοικονόμηση ενέργειας με την αντικατάσταση ή τη μείωση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων
- Μείωση κόστους αποθήκευσης και μεταφοράς και αύξηση συγκέντρωσης θρεπτικών συστατικών ανά μονάδα όγκου, λόγω μείωσης όγκου και βάρους του αρχικού υλικού μέσω της εξάτμισης του νερού και της αποικοδόμησης οργανικών υλικών
- Εξουδετέρωση δυσάρεστων οσμών
- Εξυγίανση υλικού λόγω παρατεταμένων υψηλών θερμοκρασιών (θανάτωση σπόρων ζιζανίων, παθογόνων μικροοργανισμών και παρασίτων)
- Βελτίωση σταθερότητας, γονιμότητας και αερισμού του εδάφους, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους και τη βελτίωση απορρόφησης νερού και κατακράτησης θρεπτικών συστατικών από το έδαφος
- Μείωση των απορριμάτων των χωματερών
- Εκμηδένιση κινδύνου αυτανάφλεξης και κατά συνέπεια εκδήλωσης πυρκαγιών στις χωματερές
- Μείωση χρήσης τύρφης (ακριβό υλικό περιορισμένης διαθεσιμότητας)
- Καταστολή ασθενειών, όπως *Rhizoctonia solani* και *Sclerotium rolfsii* (Gorodecki *et al.*, 1990)

### 1.3.7 Κομπόστα στέμφυλων

Η ανάγκη αντικατάστασης της τύρφης από φτηνότερα και εξίσου υψηλής ποιότητας προϊόντα στην επιχειρηματική ανθοκομία οδήγησε στη στροφή προς υλικά τα οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία και διατίθενται σε μεγάλες ποσότητες ετησίως. Η χρήση κόμπποστ από γεωργικά υπολείμματα στο υπόστρωμα συμβάλλει τόσο στη μείωση του ποσοστού της τύρφης στο υπόστρωμα, η οποία θεωρείται μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος που πρέπει να διαφυλαχθεί καθώς και στη διάθεση των γεωργικών υπολειμμάτων με

φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον. Υλικά, όπως τα στέμφυλα που μένουν μετά από την οινοποίηση των σταφυλιών αποτέλεσαν την πηγή για τη δημιουργία υποστρωμάτων πλούσιων σε οργανική ουσία.

Στις οινοπαραγωγές χώρες, η αξιοποίηση των στέμφυλων της οινοποίησης αποτελεί μείζον πρόβλημα. Τα στέμφυλα αποτελούν παράγοντα μόλυνσης του περιβάλλοντος, όταν αυτά δεν αξιοποιούνται κατάλληλα. Η άμεση, χωρίς επεξεργασία διάθεση τους στο εδαφικό υπόστρωμα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, γιατί μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη των ριζών (Inbar *et al.*, 1991). Ωστόσο, αποτελεί καλή αρχική ύλη για κομποστοποίηση λόγω της υψηλής θρεπτικής κατάστασης των στέμφυλων και της υψηλής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία. Η κομπόστα στέμφυλων εμποδίζει την εξάπλωση των ασθενειών που οφείλονται στους μύκητες *Rhizoctonia solani* και *Sclerotium rolfsii* (Mandelbaum *et al.*, 1985; Gorodecki *et al.*, 1990).

Σε πρόσφατη μελέτη που έγινε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Παπαφωτίου *et al.*, 2009) διερευνήθηκε η επίδραση που είχε η αντικατάσταση μέρους της τύρφης στο υπόστρωμα, από κομπόστα στέμφυλων στην ανάπτυξη φυτών *Ficus benjamina*. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η αντικατάσταση της τύρφης στο υπόστρωμα, κατά 75% από κομπόστα στέμφυλων υποκατέστησε την ανάγκη για λίπανση σ' ότι αφορά στην ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος των φυτών, αφού τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας και δε λιπαίνονταν είχαν όλες τις παραμέτρους αξιολόγησης της ανάπτυξής τους παρόμοιες με αυτές των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης και λιπαίνονταν. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και στα νωπά και ξηρά βάρη τόσο του υπέργειου τμήματος όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού.

#### 1.4 Σκοπός πειράματος

Η ανάγκη αύξησης των χώρων πρασίνου στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές έχει στρέψει το ενδιαφέρον του επιστημονικού και κοινωνικού κόσμου προς την κατασκευή φυτεμένων δωματίων. Η αύξηση των κατασκευών φυτεμένων δωματίων έχει δημιουργήσει ορισμένα ερωτήματα

όσον αφορά στα υλικά του θρεπτικού υποστρώματος και το φυτικό υλικό που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται.

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε σε συνθήκες φυτοδώματος, η ανάπτυξη δύο ξηροφυτικών ιθαγενών αυτοφυών ειδών της ελληνικής χλωρίδας του γένους *Helichrysum* υπό δύο διαφορετικές συχνότητες άρδευσης, σε δύο βάθη υποστρώματος καθώς και σε δύο διαφορετικής σύστασης μίγματα υποστρώματος.

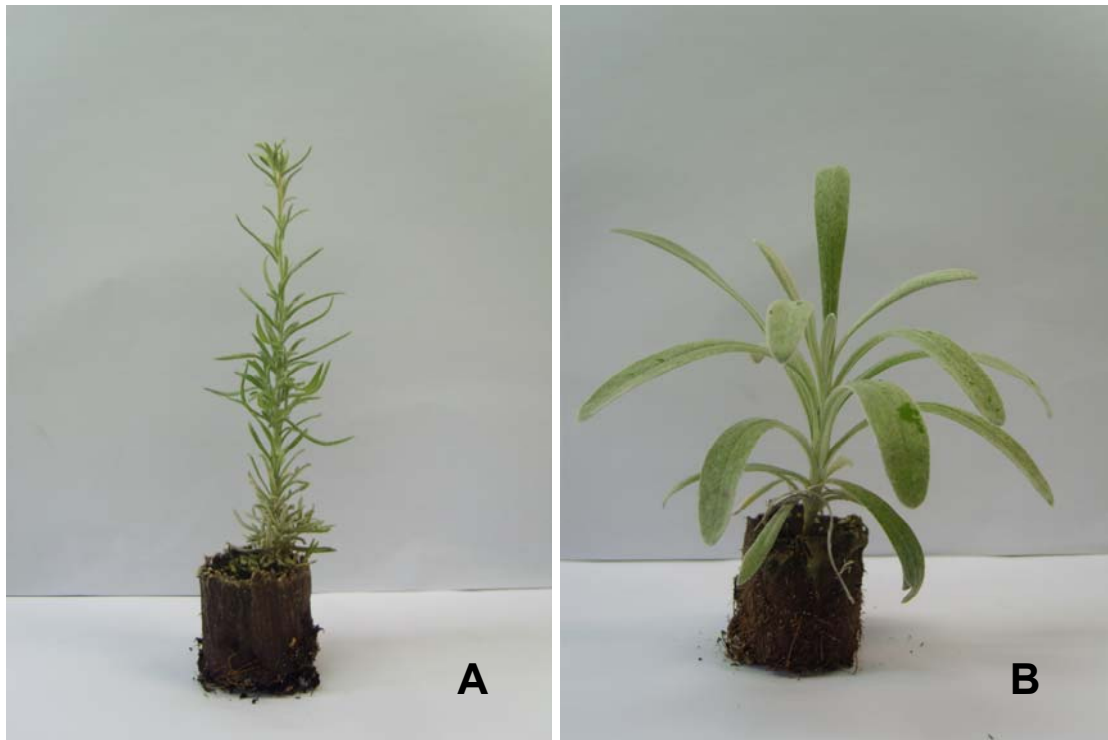
Σκοπός του πειράματος ήταν να μελετηθεί η ικανότητα των δύο αυτών ειδών να αναπτύσσονται ικανοποιητικά σε χαμηλά βάθη υποστρώματος (7,5 cm) καθώς και σε αραιές συχνότητες άρδευσης, έτσι ώστε να μπορεί να μειωθεί το επιπρόσθετο βάρος που προστίθεται στο κτίριο με την κατασκευή του φυτεμένου δώματος, καθώς και να μειωθεί η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση, λόγω του προβλήματος της λειψυδρίας.

Παράλληλα, σκοπός του πειράματος ήταν να αξιολογηθεί η ανάπτυξη αυτών των ειδών σε υπόστρωμα που περιείχε 20% κομπόστα στέμφυλων, έτσι ώστε να μπορέσει να αντικατασταθεί η χρήση τύρφης στα υποστρώματα των φυτεμένων δωματίων, η οποία θεωρείται μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος που πρέπει να διαφυλαχθεί. Επιπλέον, θα μπορέσουν να διατεθούν τα γεωργικά υπολείμματα με φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον καθώς και να μειωθεί η χρήση χημικών λιπασμάτων για τη θρέψη των φυτών, αφού τα κόμποστ αποτελούν καλές πηγές P, Mg, Fe και K και γενικώς αυξάνουν την περιεκτικότητα των υποστρωμάτων στα οποία προστίθενται σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Φυτικό υλικό

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν έρριζα μοσχεύματα των ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* της οικογένειας Asteraceae (Εικ.10), τα οποία προήλθαν από την εταιρεία Marigold Plants A.E.



**Εικόνα 10:** Έρριζα μοσχεύματα *Helichrysum italicum* (A) και *Helichrysum orientale* (B).

### 2.2 Μεταφύτευση-Εγκατάσταση μοσχευμάτων

Η μεταφύτευση των μοσχευμάτων έγινε στις 21 Μαΐου 2009, σε πλαστικά κιβώτια της εταιρείας Holiday Land A.E. (Πειραιάς, Αττική). Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι κιβωτίων:

- Κιβώτιο A: AR 7922.760.415 (για χαμηλό βάθος υποστρώματος)  
Εξωτερικές διαστάσεις: 600x400x150 mm  
Εσωτερικές διαστάσεις: 490x340x145 mm

Βάρος: 1,6 kg

Χωρητικότητα: 25 l

- Κιβώτιο B: AR 7925.760.415 (για ψηλό βάθος υποστρώματος)

Εξωτερικές διαστάσεις: 600x400x220 mm

Εσωτερικές διαστάσεις: 490x340x215 mm

Βάρος: 1,9 kg

Χωρητικότητα: 40 l.

Στο κάθε κιβώτιο τοποθετήθηκαν τέσσερα (4) μοσχεύματα, σε διάταξη τετραγώνου. Τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν στην ταράτσα του Κεντρικού Κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Εικ.11). Παρατηρήθηκε ξήρανση ενός φυτού *Helichrysum italicum*, την επόμενη εβδομάδα από τη μεταφύτευση, ενώ τα υπόλοιπα φυτά και των δύο ειδών εγκαταστάθηκαν με επιτυχία.



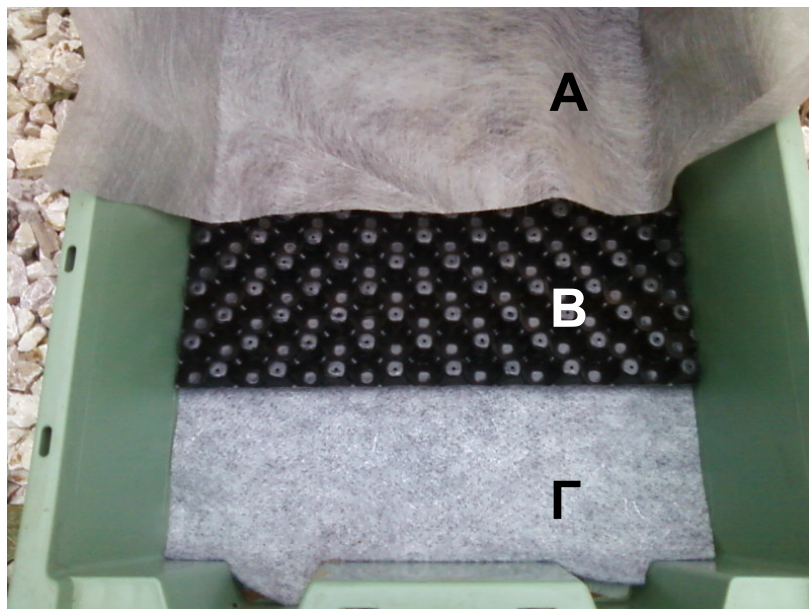
**Εικόνα 11:** Πειραματικό τεμάχιο στο δώμα του Κεντρικού Κτιρίου Γ.Π.Α.

### 2.3 Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένου δώματος

Στο κατώτερο μέρος των κιβωτίων τοποθετήθηκαν, κατά σειρά από κάτω προς τα πάνω, τα εξής τρία υλικά υποδομής φυτεμένου δώματος:

- υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης (για συγκράτηση υγρασίας και προστασία μόνωσης από μηχανικές φθορές),
- αποστραγγιστικό στοιχείο (από κυψέλες για αποθήκευση νερού και οπές για αερισμό του ριζικού συστήματος και εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα ανάπτυξης) και
- διηθητικό φύλλο (για αποτροπή μεταφοράς τεμαχιδίων από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών στο αποστραγγιστικό σύστημα), (Εικ.12).

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρείας Zinco, που εδράζει στη Γερμανία και ο αντιπρόσωπός της στην Ελλάδα είναι η εταιρεία egreen (Σίνα 32, Αθήνα, Τ.Κ. 106 72).



**Εικόνα 12:** Διηθητικό φύλλο (Α), αποστραγγιστικό στοιχείο (Β) και υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας μόνωσης (Γ) σε κιβώτιο εγκατάστασης.



Το διηθητικό φύλλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν διηθητικό φύλλο SF, το οποίο κατασκευάζεται από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, πάχους 0,6 mm, βάρους  $0,1 \text{ kg m}^{-2}$  και τοποθετήθηκε με τρόπο ώστε να καλύπτει τα τοιχώματα του κιβωτίου για μέγιστη αποτροπή μεταφοράς τεμαχιδίων του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών στο αποστραγγιστικό σύστημα. Το αποστραγγιστικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου Floradrain FD 25 και κατασκευάζεται από ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο, ύψους 2,5 cm, βάρους  $1,5 \text{ kg m}^{-2}$ , με χωρητικότητα νερού  $3 \text{ lt m}^{-2}$  και μέγιστο επιτρεπόμενο όριο φορτίου  $250 \text{ kN m}^{-2}$ . Το υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης ήταν τύπου Υπόστρωμα TSM 32 και κατασκευάζεται από συνθετικό υλικό με πολυεστερικές ίνες, πάχους 3 mm, βάρους  $0,32 \text{ kg m}^{-2}$  και με ικανότητα συγκράτησης νερού  $4 \text{ lt m}^{-2}$ .

## 2.4 Υπόστρωμα

Τα υποστρώματα καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία του πειράματος ήταν δύο (2):

1. 2Τ : 3Ε : 5Π
2. 2ΚΣ : 3Ε : 5Π,

όπου (Τ) : τύρφη (φυσική ξανθιά τύρφη, pH= 5,5-6,5, χωρίς λίπασμα, βαθμός αποσύνθεσης H<sub>2</sub>-H<sub>5</sub> με ασβέστιο για τη ρύθμιση του pH, εταιρεία Klasman Deilmann GmbH, Germany), (Ε) : έδαφος (άμμος: 86,48%, ιλύς: 3%, άργιλος: 10,52%, pH= 7,93, EC= 0,98 dS m<sup>-1</sup>, CaCO<sub>3</sub>: 1,1%), (Π) : περλίτης (Perloflor, Isocon A.E.) και (ΚΣ) : κομπόστα στέμφυλων.

Η κομπόστα στέμφυλων (ΚΣ), που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των ειδών *Helichrysum* στο πείραμα ήταν του 2007 και χορηγήθηκε από το Θερμοκήπιο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το υπόστρωμα (1) χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας του πειράματος, ενώ το υπόστρωμα (2) αποτέλεσε το υπόστρωμα κομπόστας.

## 2.5 Βάθος και βάρος υποστρώματος

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε δύο βάθη υποστρώματος:

1. 7,5 cm και
2. 15 cm.

Για να προσδιοριστεί το βάρος των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, έγιναν μετρήσεις με ζυγαριά ακριβείας, των υλικών του δώματος που χρησιμοποιήθηκαν (κιβώτιο, διηθητικό φύλλο, αποστραγγιστικό σύστημα και υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας μόνωσης) πριν και μετά τη διαβροχή τους και των υλικών του δώματος μαζί με το υπόστρωμα (κιβώτιο, διηθητικό φύλλο, αποστραγγιστικό σύστημα και υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας μόνωσης) πριν και μετά τη διαβροχή τους μέχρι να παρατηρηθεί απορροή. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε το βάρος του κιβωτίου και υπολογίστηκε το βάρος του φυτεμένου δώματος σε  $\text{kg m}^{-2}$  πριν και μετά τη διαβροχή του σε υπόστρωμα βάθους 15 cm και 7,5 cm (Πίν.1).

**Πίνακας 1:** Βάρος φυτεμένου δώματος ( $\text{kg m}^{-2}$ ) πριν και μετά τη διαβροχή σε υπόστρωμα βάθους 15 cm και 7,5 cm, όπου Τ:Τύρφη, Ε:Έδαφος, Π:Περλίτης, Κ:Κομπόστα

	<b>ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΣΤΡ. (cm)</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΔΩΜΑΤΟΣ (χωρίς κιβώτιο)</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ 2Τ:3Ε:5Π (χωρίς κιβώτιο)</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ 2Κ:3Ε:5Π (χωρίς κιβώτιο)</b>
<b>ΣΤΕΓΝΟ</b>	<b>7,5 cm</b>	2,7	36,6	49,2
	<b>15 cm</b>	2,7	81,0	109,2
<b>ΥΓΡΟ</b>	<b>7,5 cm</b>	15,6	62,4	78,6
	<b>15 cm</b>	15,6	127,9	141,7

## 2.6 Άρδευση

Στην αρχή του πειράματος και για τις δύο πρώτες εβδομάδες, τα φυτά αρδεύονταν χειρωνακτικά με το λάστιχο, κάθε 2 ημέρες για την αντιμετώπιση του μεταφυτευτικού στρες. Από τις 5 Ιουνίου μέχρι τις 15 Ιουλίου η άρδευση συνέχισε να γίνεται χειρωνακτικά και χρησιμοποιήθηκαν δύο συχνότητες άρδευσης για το κάθε βάθος υποστρώματος, «συχνή» και «αραιή» άρδευση.

Η άρδευση ρυθμίστηκε έτσι ώστε τα φυτά να μη φτάνουν σε σημείο μαρασμού. Αυτό ελέγχθηκε στην αρχή της εγκατάστασης του πειράματος, όπου μετά από οπτική παρατήρηση των φυτών των τεσσάρων ειδών που καλλιεργούνταν εκείνη την περίοδο στο δώμα του Κεντρικού Κτιρίου του Γ.Π.Α., φάνηκε ότι το είδος *Artemisia adsinthium* (που ήταν το πιο ευαίσθητο στην έλλειψη νερού) έφτανε στο σημείο μαρασμού νωρίτερα από τα άλλα τρία είδη φυτών και έτσι η άρδευση ρυθμίστηκε βάσει του μαρασμού του συγκεκριμένου είδους και γινόταν με την εξής συχνότητα:

1. Χαμηλό βάθος υποστρώματος (7,5 cm):
  - Συχνή άρδευση: Κάθε τρεις (3) ημέρες
  - Αραιή άρδευση: Κάθε πέντε (5) ημέρες
2. Ψηλό βάθος υποστρώματος (15 cm):
  - Συχνή άρδευση: Κάθε πέντε (5) ημέρες
  - Αραιή άρδευση: Κάθε επτά (7) ημέρες.



**Εικόνα 13:** Παροχή νερού και προγραμματιστές ηλεκτροβάνας αρδευτικού.

Από τις 15 Ιουλίου η άρδευση γινόταν σε όλες τις περιπτώσεις με αυτόματο σύστημα, όπου χρησιμοποιήθηκε ένας προγραμματιστής ηλεκτροβάνας τύπου Galcon 7001 D-E για κάθε ένα από τα τέσσερα είδη ποτίσματος (Εικ.13). Το αυτόματο σύστημα ελέγχθηκε και ρυθμίστηκε να ποτίζει μέχρι να παρατηρηθεί απορροή σε όλα τα κιβώτια ανάπτυξης. Χρησιμοποιήθηκαν αυτορρυθμιζόμενοι γωνιακοί σταλλάκτες τύπου Δοϊράνη παροχής  $4 \text{ l h}^{-1}$  της εταιρείας Agrodrip (Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου Θεσσαλονίκης, Τ.Κ. 570 22, [www.agrodrip.gr](http://www.agrodrip.gr)) και τοποθετήθηκαν δύο σε κάθε κιβώτιο ανάπτυξης (Εικ.14). Μετά από δοκιμές ρυθμίστηκαν να ποτίζουν για 1 h πριν την ανατολή του ηλίου, τις καθορισμένες για κάθε επέμβαση ημέρες.

Στις 5 Οκτωβρίου κρίθηκε απαραίτητη η λήξη της άρδευσης, αφού η ατμοσφαιρική υγρασία σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις της περιόδου αυτής διατηρούσαν την υγρασία του υποστρώματος των φυτών σε υψηλά επίπεδα.



**Εικόνα 14:** Διάταξη σταλλακτών στο κιβώτιο.

## 2.7 Λίπανση

Στα φυτά δεν εφαρμόστηκε συστηματική λίπανση. Η λίπανση χορηγήθηκε στα φυτά μόνο όταν αυτά παρουσίασαν χλώρωση στο φύλλωμα. Η πρώτη λίπανση εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα σε όλα τα φυτά και των δύο ειδών *Helichrysum*, στις 25 Ιουνίου (35 ημέρες από τη φύτευση), λόγω

εμφάνισης χλώρωσης (Εικ.15). Χρησιμοποιήθηκε το υδατοδιαλυτό σκεύασμα Nutri-leaf 60 (Miller, 20-20-20) σε ποσότητα 50 ml/ φυτό και συγκέντρωση 2 g l<sup>-1</sup>.



**Εικόνα 15:** Χλώρωση φυλλώματος *Helichrysum italicum* (A) και *Helichrysum orientale* (B) στις 25 Ιουνίου (35 ημέρες από τη φύτευση).

Η δεύτερη λίπανση εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα στα φυτά του είδους *Helichrysum orientale* και στα δύο υποστρώματα, στις 9 Σεπτεμβρίου (131 ημέρες από τη φύτευση), λόγω πιθανής τροφοπενίας Mg (Εικ.16). Χρησιμοποιήθηκε το υδατοδιαλυτό σκεύασμα Nutri-leaf 60 (Miller, 20-20-20) σε ποσότητα 50 ml/ φυτό και συγκέντρωση 4 g l<sup>-1</sup>.



**Εικόνα 16:** Πιθανή τροφοπενία Mg σε *H. orientale* στις 9 Σεπτεμβρίου (131 ημέρες από τη φύτευση).

## 2.8 Συνθήκες ανάπτυξης

### 2.8.1 Θερμοκρασία αέρος

Οι μέσες μηνιαίες και οι μέσες και απόλυτες μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες (Πιν.2), που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

**Πίνακας 2.** Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη μηνιαία και απόλυτη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρος (°C)

Μήνας	T (°C)		
	T	max T	absmax T
Μάιος	21,40	26,80	34,60
Ιούνιος	25,70	30,60	36,90
Ιούλιος	28,70	34,27	39,19
Αύγουστος	28,00	33,13	36,22
Σεπτέμβριος	22,70	27,50	33,12
Οκτώβριος	19,20	23,79	30,67

### 2.8.2 Σχετική Υγρασία

Η μέση μηνιαία, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία σχετική υγρασία (Πιν.3), που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

**Πίνακας 3.** Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία σχετική υγρασία (%)

Μήνας	ΣΥ (%)		
	ΣΥ	max ΣΥ	min ΣΥ
Μάιος	53	73	35
Ιούνιος	49	68	30
Ιούλιος	46	69	30
Αύγουστος	42	56	33
Σεπτέμβριος	63	79	51
Οκτώβριος	71	95	46

### 2.8.3 Ολική ακτινοβολία

Η μέση μηνιαία, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία ολική ακτινοβολία (Πιν.4), που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

**Πίνακας 4.** Μέση μηνιαία, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία ολική ακτινοβολία ( MJ/ m<sup>2</sup>)

Μήνας	ΟΑ ( MJ/ m <sup>2</sup> )		
	ΟΑ	max ΟΑ	min ΟΑ
Μάιος	24,23	29,45	8,94
Ιούνιος	28,50	38,92	21,56
Ιούλιος	27,62	29,94	16,65
Αύγουστος	24,99	28,14	18,77
Σεπτέμβριος	18,03	23,61	8,58
Οκτώβριος	12,81	19,49	2,97

### 2.8.4 Βροχόπτωση

Η συνολική μηνιαία βροχόπτωση (Πιν.5), που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβανόταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκε και επεξεργάστηκε από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

**Πίνακας 5.** Συνολική μηνιαία βροχόπτωση (mm) και ημέρες βροχόπτωσης

Μήνας	ΣΒ	Ημέρες
Μάιος	0,0	0
Ιούνιος	0,6	2
Ιούλιος	0,8	1
Αύγουστος	0,8	1
Σεπτέμβριος	74,0	10
Οκτώβριος	42,8	6

### 2.9 Φυτοπροστασία

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν βοτάνισμα με το χέρι, όποτε αυτό κρινόταν αναγκαίο. Η παρουσία ζιζανίων δεν ήταν έντονη και δεν κρίθηκε απαραίτητη η συστηματική τους αφαίρεση.

Στις 20 Ιουνίου έγινε ψεκάσμος με Vendex 55 SC (fenbutatin oxide 55%, Cyanamid, εναιώρημα) σε συγκέντρωση  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ lt}^{-1}$  νερού για την αντιμετώπιση πιθανής ύπαρξης ακάρεων σε φυτά του είδους *Helichrysum orientale* (Εικ.17). Τα συμπτώματα παρατηρήθηκαν σε τρία (3) φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργούνταν σε χαμηλό υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση και σε τρία (3) φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργούνταν σε χαμηλό υπόστρωμα κομπόστας με συχνή άρδευση. Τα συμπτώματα δεν υποχώρησαν (Εικ.18), με αποτέλεσμα να θεωρηθεί λανθασμένη η υποψία προσβολής από ακάρεα. Τα συμπτώματα εντάθηκαν τους πρώτους μήνες, ενώ υποχώρησαν από τον Ιούλιο και μετά. Στις 22





**Εικόνα 17:** Αρχικό στάδιο προσβολής πιθανώς από ακάρεα σε *H. orientale*.



**Εικόνα 18:** Τελικό στάδιο προσβολής σε *Helichrysum orientale*.



**Εικόνα 19:** Κάμπια λεπιδοπτέρου (A) και καταστροφές στο *Helichrysum orientale* (B, Γ).



**Εικόνα 20:** Ωίδιο σε *Helichrysum italicum*.

Ιουλίου έγινε ψεκασμός με Decis 2,5 EC (deltamethrine 2,5% β/ο, γαλακτωματοποιήσιμο υγρό) σε συγκέντρωση 50 cm<sup>3</sup> /100 lt νερού για την αντιμετώπιση καταστροφών από λεπιδόπτερα στα φυτά του είδους *Helichrysum orientale*. Στις 28 Αυγούστου έγινε επαναληπτικός ψεκασμός με Decis 2,5 EC (deltamethrine 2,5% β/ο, γαλακτωματοποιήσιμο υγρό) σε συγκέντρωση 50 cm<sup>3</sup> /100 lt νερού για την αντιμετώπιση της κάμπιας λεπιδοπτέρων, που μείωσε τη φυλλική επιφάνεια αρκετών φυτών του είδους *Helichrysum orientale* (Εικ.19). Στο τέλος του πειράματος παρατηρήθηκε εμφάνιση ωιδίου στα φυτά *Helichrysum italicum* (Εικ.20).

## 2.10 Ανθοφορία

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε σποραδική ανθοφορία στα φυτά του είδους *Helichrysum italicum*. Συνολικά άνθισαν επτά (7) φυτά από τα ενενήντα έξι (96). Αναλυτικά άνθισαν:

- Υπόστρωμα κομπόστας, βάθους 7,5 cm, αραιής άρδευσης: 2 φυτά
- Υπόστρωμα κομπόστας, βάθους 7,5 cm, συχνής άρδευσης: 1 φυτό
- Υπόστρωμα κομπόστας, βάθους 15 cm, αραιής άρδευσης: 1 φυτό
- Υπόστρωμα κομπόστας, βάθους 15 cm, συχνής άρδευσης: 1 φυτό
- Υπόστρωμα τύρφης, βάθους 7,5 cm, αραιής άρδευσης: 1 φυτό
- Υπόστρωμα τύρφης, βάθους 7,5 cm, συχνής άρδευσης: 1 φυτό.

## 2.11 Περιγραφή πειράματος

Το πείραμα άρχισε στις 21 Μαΐου 2009 με τη φύτευση των φυτών στις οριστικές θέσεις μέσα στα κιβώτια. Οι επεμβάσεις άρδευσης άρχισαν στις 5 Ιουνίου 2009 και τελείωσαν στις 5 Οκτωβρίου.

Στη διαδικασία του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ενενήντα έξι (96) φυτά του είδους *Helichrysum italicum* και ενενήντα έξι (96) φυτά του είδους *Helichrysum orientale*. Τα φυτά του κάθε είδους διαχωρίστηκαν σε ομάδες των δώδεκα (12) φυτών και φυτεύτηκαν σε κιβώτια με δύο διαφορετικά είδη

μίγματος υποστρώματος και δύο διαφορετικά βάθη υποστρώματος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω (παρ. 2.4, 2.5). Ο διαχωρισμός των φυτών στις ομάδες έγινε με στόχο να υπάρξει ομοιομορφία όσον αφορά στο μέσο ύψος φυτού ανά επέμβαση. Μετά το διαχωρισμό τους, τα φυτά τοποθετήθηκαν για καλλιέργεια ανά τέσσερα στα κιβώτια (παρ. 2.2) και τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν εντελώς τυχαioποιημένα στην ταράτσα του Κεντρικού Κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Οι παρατηρήσεις που λαμβάνονταν κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν μέτρηση του ύψους και της διαμέτρου της κόμης των φυτών κάθε μήνα. Το ύψος μετριόταν με μέτρο, από την ανώτερη επιφάνεια του υποστρώματος μέχρι το τέλος της κόμης του φυτού. Η διάμετρος της κόμης του κάθε φυτού υπολογιζόταν από το μέσο όρο δύο προκαθορισμένων κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων που μετριόνταν με μέτρο.

Στο τέλος του πειράματος (21 Οκτωβρίου 2009) πραγματοποιήθηκε κοπή στο σημείο του λαιμού και συλλογή του υπέργειου τμήματος κάθε φυτού και μετρήθηκε το νωπό βάρος. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το κάθε φυτό στο ξηραντήριο για πέντε μέρες στους 75 °C και μετρήθηκε το ξηρό του βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού.

Στις μετρήσεις του πειράματος προστέθηκε ο προσδιορισμός των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων και των συγκεντρώσεων των ανόργανων στοιχείων των υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν (πριν την έναρξη του πειράματος). Οι φυσικές ιδιότητες καθορίστηκαν με τη χάραξη της καμπύλης υγρασίας και τον προσδιορισμό της φαινόμενης πυκνότητας (ΡΦ, bulk density), του άμεσα διαθέσιμου νερού (EAW, easy available water) και του ολικού πορώσους (total porosity), ενώ οι χημικές ιδιότητες με τη μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC). Οι συγκεντρώσεις των ανόργανων στοιχείων που προσδιορίστηκαν ήταν του ολικού αζώτου (N), του φωσφόρου (P), του καλίου (K), του μαγνησίου (Mg), του νατρίου (Na) και του ασβεστίου (Ca).

## 2.12 Μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)

Η μέτρηση του pH και της EC των υποστρωμάτων έγινε πριν την έναρξη του πειράματος στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Για τη μέτρηση του pH γινόταν προσθήκη όγκου υποστρώματος σε απιονισμένο νερό, έτσι ώστε η αναλογία υπόστρωμα: νερό να είναι 1:5. Το διάλυμα αυτό αναδεύονταν μέχρι να γίνει ομοιογενής ανάμιξη του μίγματος και στη συνέχεια λαμβανόταν μέτρηση. Μετά την ανάδευση και τη μέτρηση του pH γινόταν διήθηση του διαλύματος σε ειδικές συσκευές απόκτησης εκχυλίσματος και μετρίονταν η EC των υποστρωμάτων σε χωνιά buchner με τη συσκευή EC-meter (Consort, C931). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

## 2.13 Χάραξη χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας

Η χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο στήλης σε ισορροπία με σταθερή στάθμη ελεύθερου ύδατος (Πουλοβασίλης, 1986) στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, αν μία αρχικά υδατικά κορεσμένη πορώδης στήλη αφαιθεί να αποστραγγισθεί, ενώ το κάτω άκρο της είναι βυθισμένο σε μάζα ύδατος, που διατηρεί σταθερή και ελεύθερη επιφάνεια, τότε στην κατάσταση ισορροπίας διαμορφώνεται μέσα στη στήλη μία κατανομή υγρασίας που αποτελεί τη χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας. Η κατάσταση ισορροπίας συνεπάγεται τη μη ύπαρξη ροής νερού κατά μήκος της στήλης τόσο προς την ελεύθερη στάθμη του νερού, όσο και προς την ανώτερη επιφάνειά της. Για την αποφυγή ή τουλάχιστον τη μείωση της ροής προς το πάνω άκρο της στήλης, η ανώτερη επιφάνεια της στήλης καλύπτεται, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μετριάζεται η απώλεια λόγω εξάτμισης και να διατηρείται η επικοινωνία της με τον ατμοσφαιρικό αέρα (Πουλοβασίλης, 1986).

Αν η στήλη τεμαχιστεί και η περιεκτικότητα σε υγρασία προσδιοριστεί με ξήρανση του κάθε τμήματός της, τότε είναι δυνατό να προσδιοριστεί η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας του πορώδους μέσου με το συσχετισμό της περιεκτικότητας σε νερό κάθε τμήματος με το φορτίο πίεσης του ύδατος του τμήματος που δίνεται από την εξίσωση  $H = -z$ , όπου  $H$ : το φορτίο πίεσης και  $z$ : η απόσταση του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια ύδατος (Πουλοβασίλης, 1986).

Ακολουθώντας τα βήματα της μεθόδου στήλης σε ισορροπία με σταθερή στάθμη ελεύθερου ύδατος (Πουλοβασίλης, 1986), τοποθετήθηκε υπόστρωμα σε στήλη, η οποία απαρτιζόταν από δεκατέσσερα (14) τμήματα και έγινε προσθήκη νερού από κάτω μέχρι να κορεστεί η στήλη. Κατόπιν, η στήλη αφαιρέθηκε να αποστραγγίσει (Εικ.21). Στη συνέχεια μετρήθηκε το νωπό βάρος του υποστρώματος κάθε τμήματος της στήλης και εν συνεχεία τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο για απομάκρυνση της υγρασίας. Μετά το ξηραντήριο, μετρήθηκε το ξηρό βάρος κάθε τμήματος της στήλης και από τη διαφορά ξηρού από νωπό βάρος προσδιορίστηκε η υγρασία κάθε τμήματος της στήλης. Παράλληλα προσδιορίστηκε και το φορτίο πίεσης του ύδατος κάθε τμήματος, υπολογίζοντας την απόσταση του τμήματος από την ελεύθερη επιφάνεια του ύδατος. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της υγρασίας και του φορτίου πίεσης γίνεται η χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας.



**Εικόνα 21:** Στήλη σε απορροή.

## 2.14 Προσδιορισμός φυσικών ιδιοτήτων υποστρώματος

Οι φυσικές ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας (παρ. 2.12) στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

### 2.14.1 Προσδιορισμός φαινόμενης πυκνότητας (ΡΦ)

Η φαινομενική πυκνότητα εκφράζει τη μάζα των τεμαχιδίων στην ξηρή τους κατάσταση στη μονάδα του όγκου του εδάφους και εξαρτάται από την πυκνότητα της διάταξης των τεμαχιδίων (Πουλοβασίλης, 1986).

Προσδιορίστηκε κατόπιν της διαδικασίας χάραξης της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας. Υπολογίστηκε ο συνολικός όγκος της στήλης και το συνολικό ξηρό βάρος του υποστρώματος που περιείχε η στήλη και υπολογίστηκε η ΡΦ ( $m/V$ ,  $g/cm^3$ ).

### 2.14.2 Προσδιορισμός άμεσα διαθέσιμου νερού (RAW)

Το άμεσα διαθέσιμο νερό (RAW), αποτελεί το νερό που βρίσκεται στο υπόστρωμα και μπορεί να απορροφηθεί άμεσα από το φυτό και να αξιοποιηθεί. Προσδιορίστηκε κατόπιν της διαδικασίας χάραξης της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας και αποτελεί την υγρασία που υπάρχει ανάμεσα σε φορτίο πίεσης 10 cm και 50 cm.

### 2.14.3 Προσδιορισμός ολικού πορώδους (Total porosity)

Το ολικό πορώδες είναι ένας αδιάστατος δείκτης. Είναι μικρότερος για αμμώδη εδάφη απ' ότι για αργιλώδη αν και οι πόροι της πρώτης κατηγορίας εδαφών είναι συνήθως μεγαλύτεροι από τους πόρους της δεύτερης κατηγορίας εδαφών. Το ολικό πορώδες του υποστρώματος (total porosity) δεν

είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από την πυκνότητα της διάταξης των τεμαχιδίων και στα διογκούμενα εδάφη από την περιεκτικότητά τους σε νερό (Πουλοβασίλης, 1986). Το ολικό πορώδες βρίσκεται από την εξίσωση:

$ΟΠ = V_{π} V_0^{-1}$ , όπου ΟΠ: Ολικό Πορώδες,  $V_{π}$ : Ολικός Όγκος Πόρων και  $V_0$ : Ολικός Όγκος, και ισούται με την υγρασία κορεσμού ( $\theta_s$ ) του υποστρώματος.

## 2.15 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων οργανικών δειγμάτων

Τα δείγματα που περιείχαν τύρφη ή κομπόστα στέμφυλων επέξεργάστηκαν σαν οργανικά δείγματα. Οι αναλύσεις έγιναν σύμφωνα με τις αναλύσεις των φυτικών δειγμάτων στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

### 2.15.1 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Αζώτου

Η περιεκτικότητα αζώτου μετρήθηκε με τη συσκευή Bucchi 323.

Η προετοιμασία του δείγματος έγινε ως εξής : το δείγμα τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο για τρεις έως επτά ημέρες σε θερμοκρασία 75 °C, έως ότου απομακρύνθηκε όλη η υγρασία από τη μάζα του. Στη συνέχεια το δείγμα με γουδί και μηχανήματα τριβής έγινε λεπτόκοκκο και κατόπιν περάστηκε από κόσκινο 500  $\mu$ . Δείγμα 0,5 g τοποθετήθηκε στις ειδικές φιάλες της συσκευής καύσης (Bucchi). Ακολούθησε προσθήκη 20 ml διαλύματος  $H_2SO_4$  και σαλικυλικού οξέος. Το διάλυμα αυτό παρασκευάστηκε με την προσθήκη 25 g σαλικυλικού οξέος σε 1 l πυκνού  $H_2SO_4$ . Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 1 g  $Na_2S_2O_3$  και οι φιάλες τοποθετήθηκαν για καύση στη συσκευή καύσης Bucchi. Όταν άρχισαν να εκλύονται ατμοί, προστέθηκε μία ταμπλέτα σεληνίου σε κάθε φιάλη και ολοκληρώθηκε η καύση, μέχρι το διάλυμα της φιάλης να γίνει διαυγές.

Αφού τελείωσε η καύση τα δείγματα οδηγήθηκαν στη συσκευή απόσταξης Bucchi. Το κάθε δείγμα αφού κρύωσε, μεταφέρθηκε από τη φιάλη καύσης στη φιάλη απόσταξης, όπου και έγινε προσθήκη 30 ml νερού και 130



ml 8 N NaOH και τοποθετήθηκε στη συσκευή απόσταξης. Παράλληλα, σε κωνική φιάλη τοποθετήθηκαν 100 ml βορικού οξέος 20%, για την παραλαβή της αμμωνίας κατά την απόσταξη. Η κωνική φιάλη τοποθετήθηκε στη συσκευή απόσταξης. Η διαδικασία της απόσταξης είχε διάρκεια 3 min. Μετά το τέλος της απόσταξης ακολούθησε προσθήκη δέκα σταγόνων δείκτη και τιτλοδότηση της αμμωνίας με 0,05 N HCl.

Ο προσδιορισμός της τιμής του αζώτου έγινε βάσει του τύπου:

$$N\% = (\text{ml του HCl για κάθε δείγμα} - 0,2) \cdot 0,05 \cdot 14 \cdot 100 / \text{βάρους δείγματος} \cdot 1000.$$

Η παρασκευή του δείκτη έγινε ως εξής : σε ογκομετρική φιάλη των 250 ml προστέθηκαν 10 ml αλκοόλης και 0,35 g bromcresol green. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 10 ml 0,1 N NaOH, 150 ml απιονισμένου νερού, 22 ml 1% roncean 4R, 0,75 g nitrophenol, τα οποία είχαν διαλυθεί σε 5 ml αλκοόλης. Τέλος έγινε συμπλήρωση του όγκου μέχρι τα 250 ml, με απιονισμένο νερό και το διάλυμα αναδεύτηκε.

### 2.15.2 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Φωσφόρου

Η περιεκτικότητα του φωσφόρου προσδιορίστηκε με σπεκτροφωτόμετρο (Milton Roy, Spectronic 401).

Η αρχική προετοιμασία του δείγματος έγινε ως εξής: το δείγμα τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο για τρεις έως επτά ημέρες σε θερμοκρασία 75 °C, έως ότου απομακρύνθηκε όλη η υγρασία από τη μάζα του. Στη συνέχεια το δείγμα με γουδί έγινε λεπτόκοκκο και κατόπιν κοσκινίστηκε σε κόσκινο 500 μ. Δείγμα 0,5 g τοποθετήθηκε σε κάψα και έγινε καύση στους 500 °C για δύο ημέρες. Μετά την εξαγωγή από τον κλίβανο έγινε προσθήκη 5 ml HNO<sub>3</sub> σε κάθε δείγμα. Ακολούθησε διήθηση και τέλος προσθήκη απιονισμένου νερού έως τα 50 ml.

Στη συνέχεια σε 2 ml διαλύματος προστέθηκαν πέντε σταγόνες nitrophenol και 10 ml νερό. Για την εξουδετέρωση της οξύτητας έγινε προσθήκη λίγων σταγόνων NaOH 1 M, με προχοΐδα έως ότου το χρώμα του διαλύματος να γίνει κίτρινο. Μετά την εξουδετέρωση της οξύτητας έγινε προσθήκη 10 ml ascorbic acid και ακολούθησε ανάδευση. Πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση του όγκου με νερό έως τα 50 ml και εμφανίστηκε μπλε χρώμα.

Το διάλυμα έμεινε σε ηρεμία για είκοσι λεπτά και ελήφθησαν μετρήσεις στα 880 nm στο σπεκτροφωτόμετρο (Milton Roy, Spectronic 401). Για μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 10 ml ascorbic acid και 40 ml νερό. Η μετατροπή των τιμών έγινε σύμφωνα με τον τύπο:

$$P = (M-E)/145.5 \cdot 50/2 \cdot 50/2, \text{ όπου}$$

M: ένδειξη μάρτυρα

E: ένδειξη δείγματος.

### 2.15.3 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Καλίου

Η περιεκτικότητα καλίου προσδιορίστηκε με φλογοφωτόμετρο (Corning, Flame Photometer 410).

Η διαδικασία της αρχικής προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν η ίδια με αυτή της προετοιμασίας για τη μέτρηση του φωσφόρου (παρ. 4.14.2).

Ακολούθησε βαθμονόμηση του φλογοφωτόμετρου με διαλύματα Κ των 5, 10, 20, 50, 70, 100 ppm. Από τις τιμές που έδωσαν αυτές οι μετρήσεις σχηματίστηκε μία καμπύλη, με τη βοήθεια της οποίας κάθε ένδειξη του οργάνου μετατράπηκε σε συγκέντρωση Καλίου.

### 2.15.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Μαγνησίου

Η περιεκτικότητα του μαγνησίου έγινε σε ατομική απορρόφηση (Spectra-A300).

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν η ίδια με αυτή της προετοιμασίας για τη μέτρηση του φωσφόρου (παρ. 4.14.2).

Στη συνέχεια τα διαλύματα τοποθετήθηκαν στην ατομική απορρόφηση (Spectra-A300) και ελήφθησαν οι μετρήσεις Μαγνησίου.

### **2.15.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Νατρίου**

Η περιεκτικότητα νατρίου προσδιορίστηκε με φλογοφωτόμετρο (Corning, Flame Photometer 410).

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν η ίδια με αυτή της προετοιμασίας για τη μέτρηση του φωσφόρου (παρ. 4.14.2).

Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των δειγμάτων έπρεπε πρώτα να βαθμονομηθεί το φλογοφωτόμετρο. Αυτό έγινε με την μέτρηση διαλυμάτων Na των 2, 5, 10, 20, 40 και 50 ppm. Από τις τιμές που έδωσαν αυτές οι μετρήσεις σχηματίστηκε μία καμπύλη, με τη βοήθεια της οποίας κάθε ένδειξη του οργάνου μετατράπηκε σε συγκέντρωση Νατρίου.

### **2.15.6 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Ασβεστίου**

Η περιεκτικότητα του Ασβεστίου έγινε στην ατομική απορρόφηση (Spectra-A300).

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν η ίδια με αυτή της προετοιμασίας για τη μέτρηση του φωσφόρου (παρ. 4.14.2).

Στη συνέχεια τα διαλύματα τοποθετήθηκαν στην ατομική απορρόφηση και ελήφθησαν οι μετρήσεις Ασβεστίου.

## **2.16 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων εδάφους**

Ο προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων του εδάφους έγιναν στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

### **2.16.1 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Αζώτου**

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου στο έδαφος ήταν η ίδια με αυτή που αναφέρθηκε για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στα οργανικά δείγματα (παρ.4.13.1). Η μόνη διαφορά συνίσταται στο βάρος του

δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, το οποίο ήταν μεγαλύτερο, λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας του εδάφους σε ολικό άζωτο συγκριτικά με το ολικό άζωτο που συναντάται στα οργανικά υποστρώματα. Το βάρος του εδαφικού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1 g, ενώ στα οργανικά δείγματα ήταν 0,5 g.

### 2.16.2 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Φωσφόρου

Ο προσδιορισμός του διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Olsen, που χρησιμοποιείται για εδάφη με  $pH > 6,5$ . Σε φιάλες Erlenmeyer των 250 ml τοποθετήθηκαν 5 g εδάφους. Προστέθηκαν 0,5 g ενεργού άνθρακα και 100 ml διαλύματος εκχύλισης ( $\text{NaHCO}_3$ ). Παράλληλα, σε ίδια φιάλη προστέθηκε μόνο άνθρακας και 100 ml διαλύματος εκχυλίσεως. Το εκχύλισμα της φιάλης αυτής (μάρτυρας) χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή τυφλού (bl) δείγματος, αλλά και της καμπύλης αναφοράς με την προσθήκη διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης (standard). Έγινε ανακίνηση των φιαλών για 30 min και στη συνέχεια διήθηση με σκληρό ηθμό (Whatman No42). Εάν το διήθημα είναι θολό, ή έχει χρώμα, για την παραλαβή διαυγούς διηθήματος γίνεται προσθήκη εκ νέου ποσότητας ενεργού άνθρακα, ανακίνηση εκ νέου και διήθηση. Στο διαυγές διήθημα προσδιορίστηκε ο φώσφορος.

Η παρασκευή των αντιδραστηρίων για την εκχύλιση έγινε:

- Διάλυμα εκχύλισης 0,5 M  $\text{NaHCO}_3$ , σταθερού  $pH=8,5$ : διαλύθηκαν 42 g  $\text{NaHCO}_3$  σε 1 l απιονισμένου νερού. Ρυθμίστηκε το pH του διαλύματος σε 8,5 με προσθήκη 1M NaOH.
- Ενεργός άνθρακας: συνιστάται άνθρακας ελεύθερος φωσφόρου. Αντί αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοινός ενεργός άνθρακας, μετά από κατάλληλη κατεργασία με HCl και έκπλυση των χλωριόντων για απομάκρυνση του τυχόν υπάρχοντος P.
- Φωσφορικό διάλυμα αναφοράς (standard): χρησιμοποιείται συνήθως έτοιμο διάλυμα από το εμπόριο. Για την παρασκευή του ζυγίζονται 0,43936 g χημικώς καθαρού  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , τα οποία μεταφέρονται σε

ογκομετρική φιάλη του 1 l. Γίνεται προσθήκη απεσταγμένου νερού και καλή ανακίνηση. Τέλος γίνεται συμπλήρωση απεσταγμένου νερού μέχρι το 1 l και προσθήκη σγόνων τολουενίου για την αποφυγή μικροβιακής δράσης. Το διάλυμα αυτό περιέχει  $0,1 \text{ mg P ml}^{-1}$ .

- Αραιό φωσφορικό διάλυμα: έγινε αραιώση 20 ml του ανωτέρω φωσφορικού διαλύματος σε 1 l απεσταγμένου νερού. Το διάλυμα περιέχει  $2 \text{ mg P ml}^{-1}$ .

Για το χρωματομετρικό προσδιορισμό του φωσφόρου στο εκχύλισμα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάπτυξης του χρώματος κατά Murphy – Riley. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέθοδο ήταν:

- Αντιδραστήριο Α. θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): σε ογκομετρική φιάλη του 1 l προστέθηκαν 55,5 ml πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και απιονισμένο νερό μέχρι το ήμισυ περίπου του όγκου της φιάλης.
- Αντιδραστήριο Β. Μολυβδαινικό αμμώνιο: διαλύθηκαν σε περίπου 100 ml θερμό απιονισμένο νερό 4,8 g  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .
- Αντιδραστήριο Γ. Αντιμονουλοτρογικό Κάλι: διαλύθηκαν σε περίπου 100 ml θερμό απιονισμένο νερό 0,1097 g  $\text{KSbO C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ .

Τα αντιδραστήρια Β και Γ προστέθηκαν στη φιάλη με το αντιδραστήριο Α. Έγινε συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή. Το μίγμα αυτό είναι το αντιδραστήριο Murphy – Riley.

- Διάλυμα L-ασκορβικού οξέος: 0,4 g ανά 100 ml αντιδραστήριου Murphy – Riley.

Για την ανάπτυξη χρώματος, σε ογκομετρικές των 50 ml μεταφέρθηκε μέρος του εκχυλίσματος (με τον απαιτούμενο φώσφορο, συνήθως 2 – 5 ml), προστέθηκαν 10 ml από το διάλυμα ασκορβικού οξέος και συμπληρώθηκε με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή. Το κυανούν χρώμα αναπτύχθηκε πλήρως μετά από 20 min και παρέμεινε σταθερό για μεγάλο χρονικό διάστημα (24 h). Η ανάπτυξη χρώματος έγινε και στα γνωστά διαλύματα και χαραχθηκε η καμπύλη αναφοράς.

Οι ενδείξεις των διαλυμάτων αναφοράς και των εδαφικών δειγμάτων ελήφθησαν στο σπεκτροφωτόμετρο (Milton Roy, Spectronic 401) σε μήκος κύματος 882 nm. Από τη σύγκριση των ενδείξεων των δειγμάτων με τις ενδείξεις των διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης υπολογίστηκε η

συγκέντρωση του φωσφόρου των δειγμάτων στο τελικό διάλυμα. Αν  $V_1$  ο όγκος του εκχυλιστικού,  $V_2$  τα ml που λήφθηκαν από το αρχικό εκχύλισμα για την ανάπτυξη του χρώματος,  $V_3$  ο όγκος της φιάλης στην οποία αναπτύχθηκε το χρώμα και  $B$  το βάρος του ξηρού εδαφικού δείγματος, τότε:

Διαθέσιμος φώσφορος =  $C$  (καμπύλης) \*  $V_1$  \*  $V_3 / V_2$ , σε  $\mu\text{g P g}^{-1}$  ξηρού εδάφους, όπου  $C$ (καμπύλης) =  $bI - R / 145,5$  σε  $\mu\text{g ml}^{-1}$ .

### 2.16.3 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Καλίου

Για τον προσδιορισμό του Καλίου έγινε εκχύλιση με οξικό αμμώνιο ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1N, pH=7).

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Ουδέτερο διάλυμα οξικού αμμωνίου 1,0N: διαλύθηκαν 77,08 g οξικού αμμωνίου ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) σε απιονισμένο νερό και αραιώθηκαν σε 1 l. Το pH του διαλύματος ρυθμίστηκε στο 7.
- Διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων (standards): χρησιμοποιούνται έτοιμα του εμπορίου ή παρασκευάζονται ζυγίζοντας 1,908 g KCl και διαλύοντας το σε 1 lt απιονισμένο νερό.

Η εκχύλιση έγινε φέροντας σε φιαλίδια των 100 ml, κατάλληλα για φυγοκέντρηση, 5 g ξηρού εδάφους από κάθε δείγμα, μεγέθους κόκκων κάτω των 2 mm. Προστέθηκαν 33 ml του αντιδραστήριου και τα δείγματα αναταράχθηκαν μηχανικώς για 5 min. Στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν έως ότου το υπερκείμενο υγρό καταστάθηκε διαυγές (1500 R.P.M επί 3-5 min). Μετά από αυτή τη διαδικασία, έγινε λήψη από το φιαλίδιο του υπερκείμενου υγρού, το οποίο και συλλέχθηκε σε μία ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Καθώς συγκεντρώνεται το υγρό στη φιάλη των 100 ml, είναι προτιμότερο ταυτόχρονα να διηθείται. Η διαδικασία της εκχύλισης, επαναλήφθηκε δύο φορές. Συμπληρώθηκε η φιάλη με αντιδραστήριο μέχρι την ειδική χαραγή και ανακινήθηκε καλώς.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Καλίου έγιναν με τη χρήση φλογοφωτόμετρου (Corning, Flame Photometer 410). Οι λαμβανόμενες μετρήσεις του φλογοφωτόμετρου μετατράπηκαν σε συγκεντρώσεις Καλίου με

τη χρήση της καμπύλης αναφοράς, η οποία χαράχθηκε με παρόμοιες μετρήσεις που ελήφθησαν από μία σειρά προτύπων αραιωμένων διαλυμάτων KCl (standards).

#### **2.16.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Μαγνησίου**

Η διαδικασία μέτρησης της συγκέντρωσης Μαγνησίου ήταν όμοια με τη διαδικασία προσδιορισμού της περιεκτικότητας Καλίου (παρ.4.15.4). Η διαφορά που παρατηρείται είναι στη παρασκευή του διαλύματος γνωστών συγκεντρώσεων (standards), όπου ζυγίζονται 8,3682 g  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  και διαλύονται σε 1 l απιονισμένου νερού.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Μαγνησίου έγιναν με τη χρήση φασματοφωτόμετρου Ατομικής Απορρόφησης (Spectra-A300).

#### **2.16.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Νατρίου**

Η διαδικασία μέτρησης της συγκέντρωσης Νατρίου ήταν όμοια με τη διαδικασία προσδιορισμού της περιεκτικότητας Καλίου (παρ.4.15.4). Η διαφορά που παρατηρείται είναι στη παρασκευή του διαλύματος γνωστών συγκεντρώσεων (standards), όπου ζυγίζονται 2,542 g NaCl και διαλύονται σε 1 l απιονισμένου νερού.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Νατρίου έγινε με τη χρήση φλογοφωτόμετρου (Corning, Flame Photometer 410). Οι λαμβανόμενες μετρήσεις του φλογοφωτόμετρου μετατράπηκαν σε συγκεντρώσεις Νατρίου με τη χρήση της καμπύλης αναφοράς, η οποία χαράχθηκε με παρόμοιες μετρήσεις που λήφθηκαν από μία σειρά προτύπων αραιωμένων διαλυμάτων KCl (standards).

### 2.16.6 Προσδιορισμός περιεκτικότητας Ασβεστίου

Η διαδικασία μέτρησης της συγκέντρωσης Ασβεστίου ήταν όμοια με τη διαδικασία προσδιορισμού της περιεκτικότητας Καλίου (παρ.4.15.4). Η διαφορά που παρατηρείται είναι στη παρασκευή του διαλύματος γνωστών συγκεντρώσεων (standards), όπου ζυγίζονται 3,6681 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  και διαλύονται σε 1 l απιονισμένου νερού.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ασβεστίου έγιναν με τη χρήση φασματοφωτόμετρου Ατομικής Απορρόφησης (Spectra-A300).

### 2.17 Πειραματικό σχέδιο – στατιστική επεξεργασία

Χρησιμοποιήθηκε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ), με πηγή παραλλακτικότητας τα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν, το βάθος του υποστρώματος, στο οποίο έγινε η φύτευση και τη συχνότητα άρδευσης, που εφαρμόστηκε. Έγινε μονοπαραγοντική, διπαραγοντική και τριπαραγοντική ανάλυση των μετρήσεων. Έγινε ανάλυση της διασποράς για τη μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων των παραγόντων και αλληλεπιδράσεων. Η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκε με ανάλυση της διασποράς (*F* test) και έγινε σύγκριση των μέσων των επεμβάσεων και των μέσων των παραγόντων με τη μέθοδο Student' s *t* για επίπεδο σημαντικότητας  $P=0,05$ . Οι μέσοι που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σημειώνονται με διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου στους πίνακες των αποτελεσμάτων ή στα σχήματα. Το *n* είναι 12 με εξαίρεση τις μετρήσεις των επεμβάσεων:

- Φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργούνταν σε χαμηλό υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση:  $n=9$  (από 21/6)
- Φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργούνταν σε χαμηλό υπόστρωμα κομπόστας με συχνή άρδευση:  $n=9$  (από 21/7)
- Φυτά *Helichrysum italicum* που καλλιεργούνταν σε ψηλό υπόστρωμα κομπόστας με συχνή άρδευση:  $n=11$  (από 21/6)
- Φυτά *Helichrysum italicum* που καλλιεργούνταν σε χαμηλό υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση:  $n=8$  (από 21/8).



Σε κάθε μέτρηση αναφέρεται η σημαντικότητα  $F$  για τις κύριες επιδράσεις των παραγόντων και της αλληλεπίδρασής τους. Το σύμβολο \* δίπλα στην τιμή του  $F$  δηλώνει ότι η τιμή του  $F$  είναι σημαντική σε επίπεδο 5%.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Το φυτό *Helichrysum italicum*

##### 3.1.1 Ύψος φυτού

Η ανάπτυξη του *Helichrysum italicum* όσον αφορά στο ύψος του φαίνεται να επηρεάζεται από διαφορετικούς παράγοντες, ανάλογα με το μήνα ανάπτυξης.

**Πίν. 6:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* τον 1<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,31 a	1,36 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,44 a	1,07 ab
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,79 ab	0,90 ab
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,04 ab	0,56 b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 7,14^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 0,14$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,92$

$F_{\text{βάθοςχείδος υποστρ.}} = 0,02$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 0,01$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 2,03$

$F_{\text{βάθοςχείδοςχάρδευση}} = 0,05$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,15 a	0,98 a	1,09 a	1,03 a	1,30 a	0,82 b

Τον πρώτο μήνα (Πιν.6) επέδρασε το βάθος υποστρώματος στις διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο μεγάλο βάθος υποστρώματος έδωσαν μεγαλύτερη αύξηση ύψους από αυτά που καλλιεργήθηκαν στο μικρό βάθος υποστρώματος. Η μικρότερη αύξηση ύψους παρατηρήθηκε στα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν στο

υπόστρωμα κομπόστας με μικρό βάθος και διέφερε σημαντικά μόνο από τις επεμβάσεις που αφορούσαν στα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν στο μεγάλο βάθος υποστρώματος, ανεξάρτητα αν το υπόστρωμα περιείχε κομπόστα ή τύρφη.

**Πίν. 7:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* το 2<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,50 ab	0,69 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,44 ab	1,98 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,04 ab	1,25 ab
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,33 ab	1,19 ab

*F*βάθος υποστρ. = 0,64

*F*είδος υποστρ. = 2,18

*F*άρδευσης = 0,05

*F*βάθοςχείδος υποστρ. = 1,03

*F*βάθοςχάρδευση = 0,12

*F*είδοςχάρδευση = 1,03

*F*βάθοςχείδοςχάρδευση = 3,00

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,33 a	1,28 a	1,12 a	1,48 a	1,40 a	1,20 a

Στο δεύτερο μήνα ανάπτυξης δε φάνηκε να επιδρά κανένας παράγοντας στην ανάπτυξη των φυτών των επεμβάσεων (Πιν.7). Τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους παρουσίασε η επέμβαση με τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος, ενώ η μικρότερη αύξηση ύψους διαπιστώθηκε στα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις δε διέφεραν μεταξύ τους.

Τον τρίτο μήνα ανάπτυξης σημειώθηκε μικρότερη αύξηση ύψους από αυτή του δεύτερου μήνα, σε όλες τις επεμβάσεις (Πιν.8). Στην αύξηση αυτή δεν επέδρασε κανένας παράγοντας και οι τιμές των επεμβάσεων δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

**Πίν. 8:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* τον 3<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,52 a	0,75 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,50 a	0,91 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,69 a	0,71 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,96 a	0,57 a

*F*βάθος υποστρ.= 0,15

*F*είδος υποστρ.= 0,19

*F*άρδευσης= 0,19

*F*βάθοςχείδος υποστρ.=0,0005

*F*βάθοςχάρδευση = 2,81

*F*είδοςχάρδευση = 0,15

*F*βάθοςχείδοςχάρδευση = 0,97

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,67 a	0,73 a	0,67 a	0,73 a	0,67 a	0,73 a

Τον τέταρτο μήνα ανάπτυξης (Πιν.9) παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των τριών παραγόντων ανά ζεύγη. Τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος σημείωσαν μείωση ύψους, ενώ δε διέφεραν σημαντικά από τα φυτά αρκετών επεμβάσεων, παρ' όλο που παρουσίασαν αύξηση ύψους. Τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους έδωσαν τα φυτά της επέμβασης που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους.

**Πίν. 9:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* τον 4<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,60 b	0,25 bc
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,19 c	0,20 bc
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,22 bc	0,73 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,13 c	1,71 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 5,00^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 0,07$

$F_{\text{άρδευσης}} = 10,28^*$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 3,93$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 9,64^*$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 7,76^*$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,60$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,13 b	0,72 a	0,45 a	0,40 a	0,22 b	0,63 a

Τον πέμπτο μήνα ανάπτυξης (Πιν.10) σημειώθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του βάθους του υποστρώματος και του είδους του υποστρώματος. Η μεγαλύτερη αύξηση ύψους παρατηρήθηκε στα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος, ενώ δε διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν στις ίδιες συνθήκες υποστρώματος. Τη χαμηλότερη τιμή έδωσαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε

υπόστρωμα τύρφης χαμηλού βάθους, όπου επήλθε μείωση του ύψους των φυτών, ενώ δε διέφεραν σημαντικά από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης.

**Πίν. 10:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,65 cd	0,60 cd
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	2,08 ab	2,27 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,06 c	- 0,10 d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,33 bc	0,88 c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 7,42^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 23,66^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 2,72$

$F_{\text{βάθοςχειδος υποστρ.}} = 4,30^*$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 3,92$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 1,10$

$F_{\text{βάθοςχειδοςχάρδευση}} = 0,28$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,28 a	0,91 a	0,55 b	1,64 a	1,40 a	0,79 b

Παρατηρώντας την αύξηση του ύψους αθροιστικά, από την εγκατάσταση του πειράματος μέχρι το τέλος αυτού, παρατηρείται επίδραση του είδους του υποστρώματος στις μεταβολές του ύψους που σημειώνονται (Πιν.11). Η παρουσία κομπόστας στο υπόστρωμα καλλιέργειας φαίνεται να επιδρά θετικά στην αύξηση του ύψους του φυτού *H. italicum* (Σχ.3). Τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος σημείωσαν τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους, η οποία όμως δεν διέφερε από την αύξηση ύψους των φυτών που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες υποστρώματος (Εικ.22). Οι υπόλοιπες επεμβάσεις, εκτός από αυτή των φυτών που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, που

παρουσίασε μία ενδιάμεση τιμή, δε διέφεραν μεταξύ τους και έδωσαν τις χαμηλότερες τιμές (Εικ.23).

Πίν. 11: Συνολική μεταβολή ύψους (cm) *H. italicum* (21/5-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	4,58 bcd	3,67 cd
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	5,27 ab	6,43 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	4,19 bcd	3,48 d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	4,54 bcd	4,90 bc

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 3,84$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 12,94^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,01$

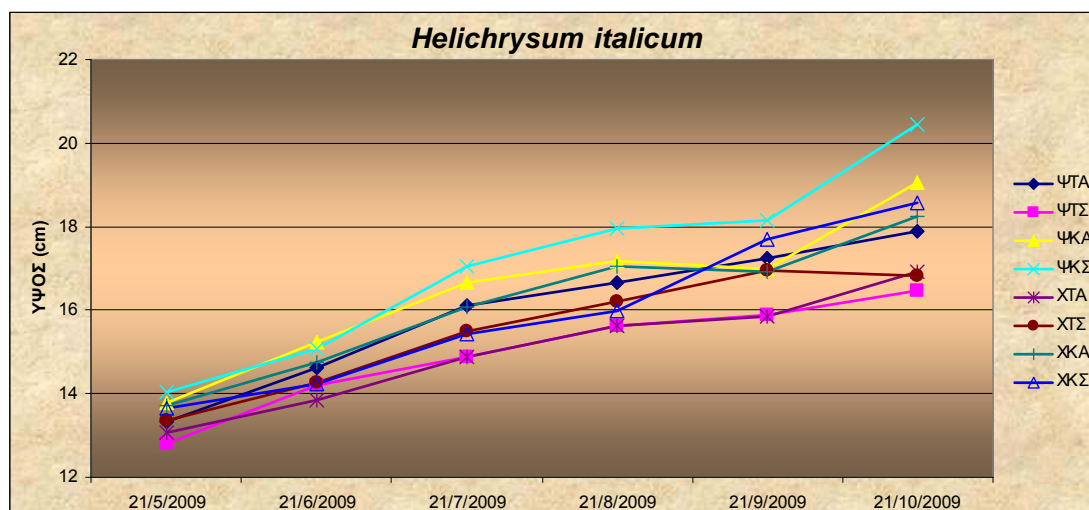
$F_{\text{βάθοςχείδος υποστρ.}} = 1,34$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 0,17$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 4,68^*$

$F_{\text{βάθοςχείδοςχάρδευση}} = 0,49$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
4,65 a	4,61 a	3,98 b	5,29 a	4,99 a	4,28 a



Σχήμα 2. Ρυθμός ανάπτυξης ύψους του είδους *Helichrysum italicum*\*.

\*Ψ: κιβώτιο με βάθος υποστρώματος 15 cm, Τ: υπόστρωμα τύρφης, Α: αραιή άρδευση, Σ: συχνή άρδευση, Κ: υπόστρωμα κομπόστας στέμφυλων και Χ: κιβώτιο με βάθος υποστρώματος 7,5 cm.

**A****B****Γ****Δ**

**Εικόνα 22:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum italicicum* σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).





Υπόστρωμα τύρφης – Αραιή άρδευση

**A**

Υπόστρωμα τύρφης – Συχνή άρδευση

**B**

Υπόστρωμα κομπόστας – Αραιή άρδευση

**Γ**

Υπόστρωμα κομπόστας – Συχνή άρδευση

**Δ**

**Εικόνα 23:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum italicum* σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).

### 3.1.2 Διάμετρος κόμης

Η μέτρηση της διαμέτρου του φυτού *Helichrysum italicum* ξεκίνησε μετά την πάροδο του πρώτου μήνα καλλιέργειας λόγω της μονόκλωνης ανάπτυξης του φυτού κατά την εγκατάστασή του.

**Πίν. 12:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. italicum* το 2<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,61 abc	0,27 bc
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,93 ab	0,50 bc
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,03 c	0,18 c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,25 a	0,17 c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 1,16$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 6,75^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 5,56^*$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 1,09$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,02$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 3,88$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,09$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,69 a	0,29 b	0,26 b	0,71 a	0,58 a	0,39 a

Το δεύτερο μήνα (Πιν.12) καλλιέργειας παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων, που οφείλονταν στους παράγοντες είδος υποστρώματος και συχνότητα άρδευσης. Η παρουσία κομπόστας στο υπόστρωμα επέφερε μεγαλύτερη αύξηση της διαμέτρου συγκριτικά με αυτή που επέφερε η παρουσία της τύρφης. Παράλληλα, τα φυτά που αρδεύονταν αραιότερα έδωσαν μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου από αυτή των φυτών που αρδεύονταν συχνότερα. Σε αντίθεση με τα γενικά αποτελέσματα της ανάπτυξης της διαμέτρου κατά το δεύτερο μήνα, παρατηρήθηκε πως η μικρότερη τιμή, η οποία μάλιστα αφορά μείωση της διαμέτρου, σημειώνεται

στα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης χαμηλού βάθους. Η τιμή αυτής της επέμβασης δε διέφερε από τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων, οι οποίες παρουσίασαν αύξηση διαμέτρου, εκτός από αυτές των επεμβάσεων που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας, ανεξαρτήτως βάθους, οι οποίες και αποτελούν τις υψηλότερες τιμές, που σημειώθηκαν.

Στον τρίτο μήνα δε φάνηκε να επιδρά κανένας από τους τρεις παράγοντες προς εξέταση, με αποτέλεσμα να σημειωθούν αυξήσεις διαμέτρου, οι οποίες δε διέφεραν μεταξύ τους (Πιν.13).

**Πίν. 13:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. italicum* το 3<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,53 a	0,81 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,48 a	0,61 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,50 a	0,38 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,56 a	0,50 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 0,81$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 0,01$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,17$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 0,62$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 1,18$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,02$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,14$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,52 a	0,58 a	0,55 a	0,54 a	0,61 a	0,48 a

Ο τέταρτος μήνας (Πιν.14) έδειξε διαφορές που οφείλονταν στην επίδραση του βάθους του υποστρώματος, ενώ παρατηρήθηκε και αλληλεπίδραση μεταξύ του είδους του υποστρώματος και της συχνότητας της άρδευσης. Το υπόστρωμα με το μεγαλύτερο βάθος έδωσε μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου από αυτό με μικρότερο βάθος. Παράλληλα η παρουσία

κομπόστας στο υπόστρωμα έδωσε μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου από αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα με τύρφη. Τις μεγαλύτερες τιμές παρουσίασαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μεγάλου βάθους, ανεξαρτήτως της συχνότητας άρδευσης και δε διέφεραν από την τιμή των φυτών που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τις χαμηλότερες τιμές, που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης.

**Πίν. 14:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. italicum* τον 4<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,57 c	0,64 c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	2,10 a	2,51 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,64 c	0,28 c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,42 b	2,00 ab

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 5,85^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 92,43^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,28$

$F_{\text{βάθος χείδος υποστρ.}} = 2,21$

$F_{\text{βάθος χάρδευση}} = 0,16$

$F_{\text{είδος χάρδευση}} = 4,40^*$

$F_{\text{βάθος χείδος χάρδευση}} = 0,95$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,18 a	1,26 a	0,53 b	2,01 a	1,46 a	1,08 b

Στον πέμπτο μήνα (Πιν.15) ανάπτυξης παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος. Τη μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου έδωσαν τα φυτά των επεμβάσεων που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης και ακολούθησαν τα φυτά των επεμβάσεων που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, που αρδεύονταν αραιά και στη συνέχεια αυτά που αρδεύονταν συχνά και τα οποία διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τις χαμηλότερες τιμές, που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, όπως ακριβώς και στον τέταρτο μήνα ανάπτυξης.

**Πίν. 15:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. italicum* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,22	d	0,15	d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	4,04	a	3,57	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	-0,01	d	0,35	d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,70	b	1,10	c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 73,32^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 295,80^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,86$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 71,75^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,33$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 5,84$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,99$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,49 a	1,29 a	0,18 b	2,60 a	1,99 a	0,79 b

Η συνολική μεταβολή της διαμέτρου των φυτών *H. italicum* από την αρχή του πειράματος μέχρι το τέλος αυτού, παρουσίασε αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος (Πιν.16). Τις μεγαλύτερες αυξήσεις διαμέτρου παρουσίασαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης (Εικ.24). Την αμέσως μικρότερη αύξηση διαμέτρου παρουσίασαν τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους. Όσον αφορά στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, σημείωσαν τις χαμηλότερες τιμές, που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Εικ.25).

**Πίν. 16:** Συνολική μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. italicum* (21/6-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,94	d	1,86	d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	7,55	a	7,19	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,45	d	1,19	d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	4,93	b	3,77	c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 39,45^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 219,38^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 2,61$

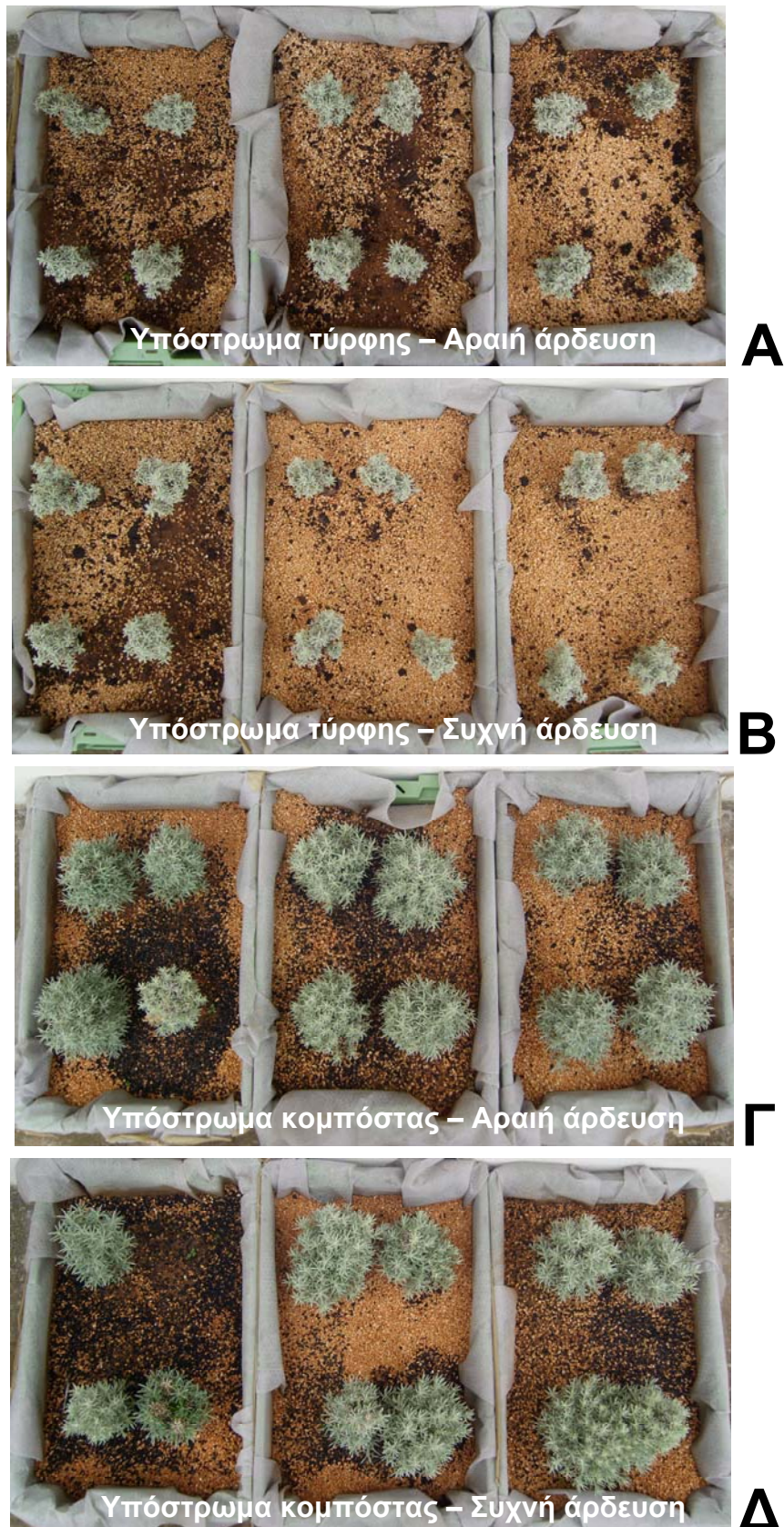
$F_{\text{βάθοςχειδος υποστρ.}} = 18,12^*$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 0,74$

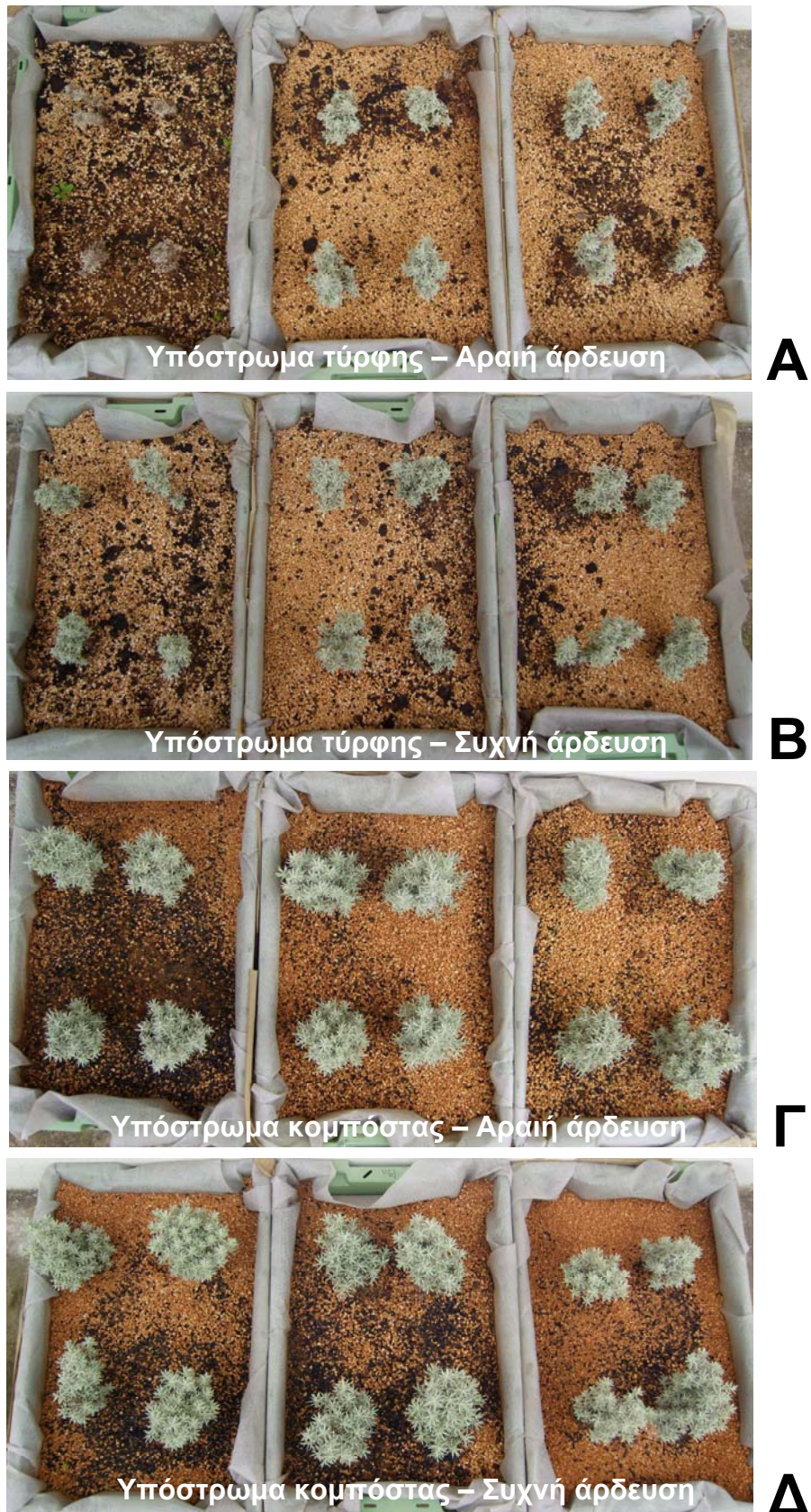
$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 1,05$

$F_{\text{βάθοςχειδοςχάρδευση}} = 0,28$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
3,97	3,50	1,61	5,86	4,64	2,83



**Εικόνα 24:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum italicum* σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).



**Εικόνα 25:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum italicicum* σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).



### 3.1.3 Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Σ' ότι αφορά στο νωπό βάρος των φυτών *Helichrysum italicum* διαπιστώθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος έδωσαν τις υψηλότερες τιμές νωπού βάρους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τις αμέσως μικρότερες τιμές έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τέλος τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τιμές νωπού βάρους που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.17).

Πίν. 17: Νωπό Βάρος (g) *H. italicum* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	18,61	c	16,39	c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	54,21	a	49,54	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	13,19	c	13,04	c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	33,26	b	29,02	b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 55,87^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 243,07^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 2,82$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 23,67^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,14$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,95$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,06$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
29,82 a	27,00 a	15,31 b	41,51 a	34,69 a	22,13 b

### 3.1.4 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Σ' ότι αφορά στο ξηρό βάρος των φυτών *Helichrysum italicum* διαπιστώθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά του νωπού βάρους. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος έδωσαν τις υψηλότερες τιμές ξηρού βάρους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τις αμέσως μεγαλύτερες τιμές έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τέλος τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τιμές ξηρού βάρους που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, με εξαίρεση αυτών που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα μεγάλου βάθους που δε διέφερε μόνο με τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα μεγάλου βάθους (Πιν.18).

Πίν. 18: Ξηρό Βάρος (g) *H. italicum* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	6,69 c	5,94 cd
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	14,00 a	13,29 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	4,75 d	4,89 d
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	9,82 b	8,75 b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 43,97^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 178,33^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,83$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 10,54^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,09$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,44$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,50$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
8,81 a	8,22 a	5,57 b	11,46 a	9,98 a	7,05 b

### 3.2 Το φυτό *Helichrysum orientale*

#### 3.2.1 Ύψος φυτού

Το ύψος των φυτών *Helichrysum orientale* παρουσίασε αυξομειώσεις, ανάλογα με το μήνα καλλιέργειας, οι οποίες φαίνεται να οφείλονται σε διαφορετικούς παράγοντες, ανάλογα με το μήνα καλλιέργειας.

Τον πρώτο μήνα (Πιν.19) ανάπτυξης παρατηρήθηκε μείωση του ύψους των φυτών. Μόνο τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος παρουσίασαν αύξηση. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις σημείωσαν μείωση ύψους με μεγαλύτερη αυτή των φυτών που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, η οποία δε διέφερε σημαντικά από τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων, εκτός από αυτή που προαναφέρθηκε και την τιμή των φυτών που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος.

Πίν. 19: Μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* τον 1<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 1,21 bc	- 0,38 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,92 bc	0,71 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 1,08 bc	- 1,02 bc
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 1,72 c	- 1,50 c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 14,69^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 0,08$

$F_{\text{άρδευσης}} = 8,85^*$

$F_{\text{βάθοςχείδος υποστρ.}} = 7,31^*$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 5,56^*$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 1,06$

$F_{\text{βάθοςχείδοςχάρδευση}} = 0,47$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
- 1,23 b	- 0,55 a	- 0,92 a	- 0,86 a	- 0,45 a	- 1,33 b

Το δεύτερο μήνα (Πιν.20) στις διαφορές μεταξύ των τιμών των επεμβάσεων φαίνεται να επιδρά το βάθος και το είδος του υποστρώματος. η καλλιέργεια των φυτών σε κομπόστα επέφερε μεγαλύτερη αύξηση ύψους των φυτών σε σχέση με την τύρφη. Παράλληλα, το μεγαλύτερο βάθος υποστρώματος είχε θετικότερα αποτελέσματα στην αύξηση του ύψους από το μικρότερο βάθος. Η μεγαλύτερη αύξηση ύψους σημειώθηκε στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης, ενώ οι τιμές των υπολοίπων επεμβάσεων δε διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους.

**Πίν. 20:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* το 2<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,67 bc	0,79 abc
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,81 a	1,29 ab
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,25 bc	0,21 c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,92 abc	0,81 abc

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 4,62^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 6,90^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,25$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 0,12$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,05$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,42$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,27$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,91 a	0,77 a	0,48 b	1,21 a	1,14 a	0,55 b

Ο τρίτος μήνας καλλιέργειας (Πιν.21) επέφερε μικρές αυξομειώσεις στο ύψος των φυτών των επεμβάσεων, οι οποίες δε φαίνεται να επηρεάζονται από κάποιον από τους τρεις παράγοντες προς εξέταση. Στα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος παρουσιάστηκε μείωση του ύψους, ενώ στα φυτά των υπολοίπων επεμβάσεων παρατηρήθηκε μικρή αύξηση του ύψους. Όλες οι επεμβάσεις δε διέφεραν μεταξύ τους.

**Πίν. 21:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* τον 3<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,17 a	0,38 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,06 a	0,06 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,33 a	0,21 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,11 a	0,11 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 0,52$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 0,45$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,48$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 0,16$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 1,24$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,48$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 1,24$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,09 a	0,19 a	0,19 a	0,09 a	0,08 a	0,19 a

Μετά το πέρας του τέταρτου μήνα παρατηρήθηκε μείωση του ύψους των φυτών των περισσότερων επεμβάσεων (Πιν.22). Τη μεγαλύτερη τιμή παρουσίασαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους και διέφερε από τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων, οι οποίες δε διέφεραν μεταξύ τους και παρουσίασαν μείωση ύψους, εκτός από τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους.

**Πίν. 22:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* τον 4<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9-2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,40 b	- 0,69 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,44 b	- 0,06 b
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,06 b	- 0,54 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,25 b	2,14 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 10,59^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 11,94^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 2,08$

$F_{\text{βάθος χείδος υποστρ.}} = 5,42^*$

$F_{\text{βάθος χάρδευση}} = 1,64$

$F_{\text{είδος χάρδευση}} = 8,60^*$

$F_{\text{βάθος χείδος χάρδευση}} = 2,70$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
- 0,16 a	0,21 a	- 0,42 b	0,47 a	- 0,40 b	0,45 a

Ο πέμπτος μήνας έδωσε αντίστροφα αποτελέσματα από αυτά του τέταρτου (Πιν.23). Τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους έδωσαν τη μικρότερη αύξηση ύψους και διέφερε στατιστικά από τις τιμές των υπολοίπων επεμβάσεων, οι οποίες δε διέφεραν μεταξύ τους και παρουσίασαν μεγάλες αυξήσεις ύψους.

**Πίν. 23:** Μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	2,08 a	2,73 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	2,44 a	2,15 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	2,56 a	2,77 a
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	2,08 a	0,83 b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 1,69$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 9,01^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,61$

$F_{\text{βάθοςχειδος υποστρ.}} = 6,16^*$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 2,51$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 7,39^*$

$F_{\text{βάθοςχειδοςχάρδευση}} = 0,35$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
2,29 a	2,12 a	2,54 a	1,88 b	2,35 a	2,06 a

Σε τελική ανάλυση και λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση του ύψους των φυτών από την αρχή του πειράματος μέχρι και το τέλος του παρατηρείται αύξηση του ύψους σε όλες τις επεμβάσεις (Σχ.3)). Στη στατιστική ανάλυση παρουσιάζεται αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος και των παραγόντων βάθος υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.25). Τη μεγαλύτερη συνολική αύξηση ύψους παρουσίασαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος (Εικ.26). Τις αμέσως μικρότερες αυξήσεις έδωσαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο

βάθος ή σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους καθώς και τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος ή σε υπόστρωμα τύρφης χαμηλού βάθους, ενώ η τιμή της τελευταίας επέμβασης δε διέφερε από τις τιμές των υπολοίπων επεμβάσεων που παρουσίασαν τις μικρότερες τιμές (Εικ.27).

Πίν. 24: Συνολική μεταβολή ύψους (cm) *H. orientale* (21/5-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
ΒΑΘΟΣ	ΤΥΡΦΗ	ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
15 cm	ΤΥΡΦΗ	0,98 d	2,83 b
	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	2,96 b	4,15 a
7,5 cm	ΤΥΡΦΗ	2,00 bcd	1,63 cd
	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	1,64 cd	2,67 bc

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 6,76^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 11,96^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 10,34^*$

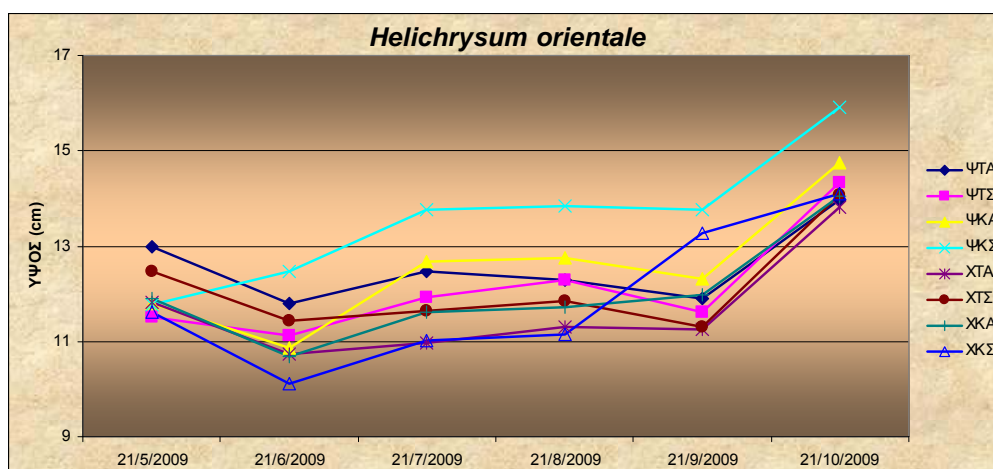
$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 5,17^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 4,32^*$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,41$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 3,25$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,89 b	2,82 a	1,86 b	2,85 a	2,73 a	1,98 b



Σχήμα 3. Ρυθμός ανάπτυξης ύψους του είδους *Helichrysum orientale*\*.

\*Ψ: κιβώτιο με βάθος υποστρώματος 15 cm, Τ: υπόστρωμα τύρφης, Α: αραιή άρδευση, Σ: συχνή άρδευση, Κ: υπόστρωμα κομπόστας στέμφυλων και Χ: κιβώτιο με βάθος υποστρώματος 7,5 cm.

Νίκη Περγιαλιώτη



**A****B****Γ****Δ**

**Εικόνα 26:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum orientale* σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).

**A****B****Γ****Δ**

**Εικόνα 27:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum orientale* σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).

### 3.2.2 Διάμετρος κόμης

Όσον αφορά στην αύξηση της διαμέτρου των φυτών *Helichrysum orientale*, τον πρώτο μήνα καλλιέργειας δε φαίνεται να επιδρά κάποιος παράγοντας στις διαφορές που παρατηρούνται. Τη μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου έχουν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ενώ τις χαμηλότερες τιμές έδωσαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης χαμηλού βάθους, τα οποία παρουσίασαν αύξηση, καθώς και τα φυτά που αρδεύονταν αραιά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, τα οποία όμως δεν παρουσίασαν αύξηση. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις δε διέφεραν στατιστικά ούτε από την υψηλότερη τιμή ούτε από τις δύο χαμηλότερες (Πιν.25).

**Πίν. 25:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* τον 1<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,63 ab	0,56 ab
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,59 ab	1,44 ab
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,41 ab	0,23 b
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,06 b	2,23 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 0,58$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 3,29$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,02$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 0,03$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 1,58$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 1,64$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 1,88$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,64 a	1,11 a	0,46 a	1,30 a	1,06 a	0,70 a

Το δεύτερο μήνα καλλιέργειας γενικώς σημειώθηκε μείωση της διαμέτρου των φυτών, ενώ αύξηση παρουσίασαν μόνο τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις δε διέφεραν μεταξύ τους και επέφεραν μείωση στη διάμετρο των φυτών (Πιν.26).

**Πίν. 26:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* τον 2<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,47 bc	- 1,01 cd
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 1,36 cd	- 0,99 cd
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,89 a	0,74 ab
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 1,97 d	- 1,76 cd

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 1,49$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 19,59^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,01$

$F_{\text{βάθοςχειδος υποστρ.}} = 10,13^*$

$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 0,03$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 0,81$

$F_{\text{βάθοςχειδοςχάρδευση}} = 0,16$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
- 0,73 a	- 0,76 a	0,04 a	- 1,52 b	- 0,96 a	- 0,53 a

Ο τρίτος μήνας ανάπτυξης επέφερε επιπλέον μείωση της διαμέτρου των φυτών, η οποία φαίνεται να επηρεάζεται από το βάθος και το είδος του υποστρώματος (Πιν.27). Η παρουσία της τύρφης στο υπόστρωμα είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μείωση της διαμέτρου από αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας. Παράλληλα, το χαμηλό βάθος υποστρώματος επέδρασε αρνητικά στη διάμετρο των φυτών, που παρουσίασε εντονότερη μείωση από αυτήν των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε βαθύτερο υπόστρωμα. Τις υψηλότερες τιμές εμφάνισαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης, όπου στη συχνή άρδευση σημειώθηκε αύξηση, ενώ στην αραιή μείωση της διαμέτρου. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης είχαν τις χαμηλότερες τιμές διαμέτρου και δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης.

**Πίν. 27:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* τον 3<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 4,02	e	- 3,48	de
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 0,24	ab	0,25	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 4,53	e	- 4,52	e
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	- 2,46	cd	- 1,33	bc

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 17,69^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 100,64^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 2,90$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 3,12$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,01$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,70$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,84$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
- 2,81 a	- 2,27	- 4,14 b	- 0,95 a	- 1,87 a	- 3,21 b

Τον τέταρτο μήνα φαίνεται να επιδρά το είδος του υποστρώματος στις μεταβολές της διαμέτρου των φυτών. Η παρουσία της κομπόστας στο υπόστρωμα δίνει φυτά με αύξηση διαμέτρου, ενώ η παρουσία της τύρφης οδηγεί σε μείωση της διαμέτρου των φυτών (Πιν.28). Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, παρουσίασαν υψηλές αυξήσεις διαμέτρου, που δε διέφεραν μεταξύ τους. Αντίθετα, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, παρουσίασαν μειώσεις διαμέτρου, που δε διέφεραν μεταξύ τους. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα μεγάλου βάθους, τα οποία παρουσίασαν αύξηση διαμέτρου, η οποία όμως δε διέφερε από τις μειώσεις των υπόλοιπων επεμβάσεων τύρφης.

**Πίν. 28:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* τον 4<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9-2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ	
		ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,36 c	0,76 bc
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,39 ab	1,96 a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,16 c	- 0,36 c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,39 ab	2,04 a

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 0,37$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 29,90^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 3,15$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 0,74$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 1,13$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 0,09$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 1,15$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
0,55 a	1,10 a	- 0,03 b	1,68 a	0,92 a	0,73 a

Τον πέμπτο μήνα καλλιέργειας η διάμετρος των φυτών αυξάνεται σε όλες τις επεμβάσεις (Πιν.29). Οι μεγαλύτερες τιμές σημειώνονται στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τις χαμηλότερες τιμές τις έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης.

**Πίν. 29:** Μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	1,55	e	0,79	e
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	6,58	a	6,47	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	2,72	d	0,90	e
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	4,82	b	3,65	c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 14,23^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 314,96^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 19,41^*$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 44,50^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 5,81^*$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 2,20$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,0001$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
3,92 a	2,95 b	1,49 b	5,38 a	3,85 a	3,02 b

Συγκρίνοντας τις μεταβολές της διαμέτρου των φυτών *Helichrysum orientale* από την αρχή του πειράματος μέχρι και το τέλος του, παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες ή μικρότερες μειώσεις στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος και τη συχνότητα άρδευσης καθώς και μεγαλύτερες ή μικρότερες αυξήσεις στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας (Εικ.28), ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος και τη συχνότητα άρδευσης (Πιν.30). Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με της

πέμπτης μέτρησης με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης με μεγάλο βάθος, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης να παρουσιάζουν τις υψηλότερες αυξήσεις διαμέτρου και τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης να παρουσιάζουν μειώσεις διαμέτρου, που δε διέφεραν μεταξύ τους (Εικ.29).

**Πίν. 30:** Συνολική μεταβολή διαμέτρου (cm) *H. orientale* (21/5-21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 2,67	de	- 2,38	de
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	7,89	a	9,13	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	- 0,68	cd	- 3,02	e
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,40	c	4,54	b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 17,97^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 190,73^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,03$

$F_{\text{βάθοςχείδος υποστρ.}} = 29,27^*$

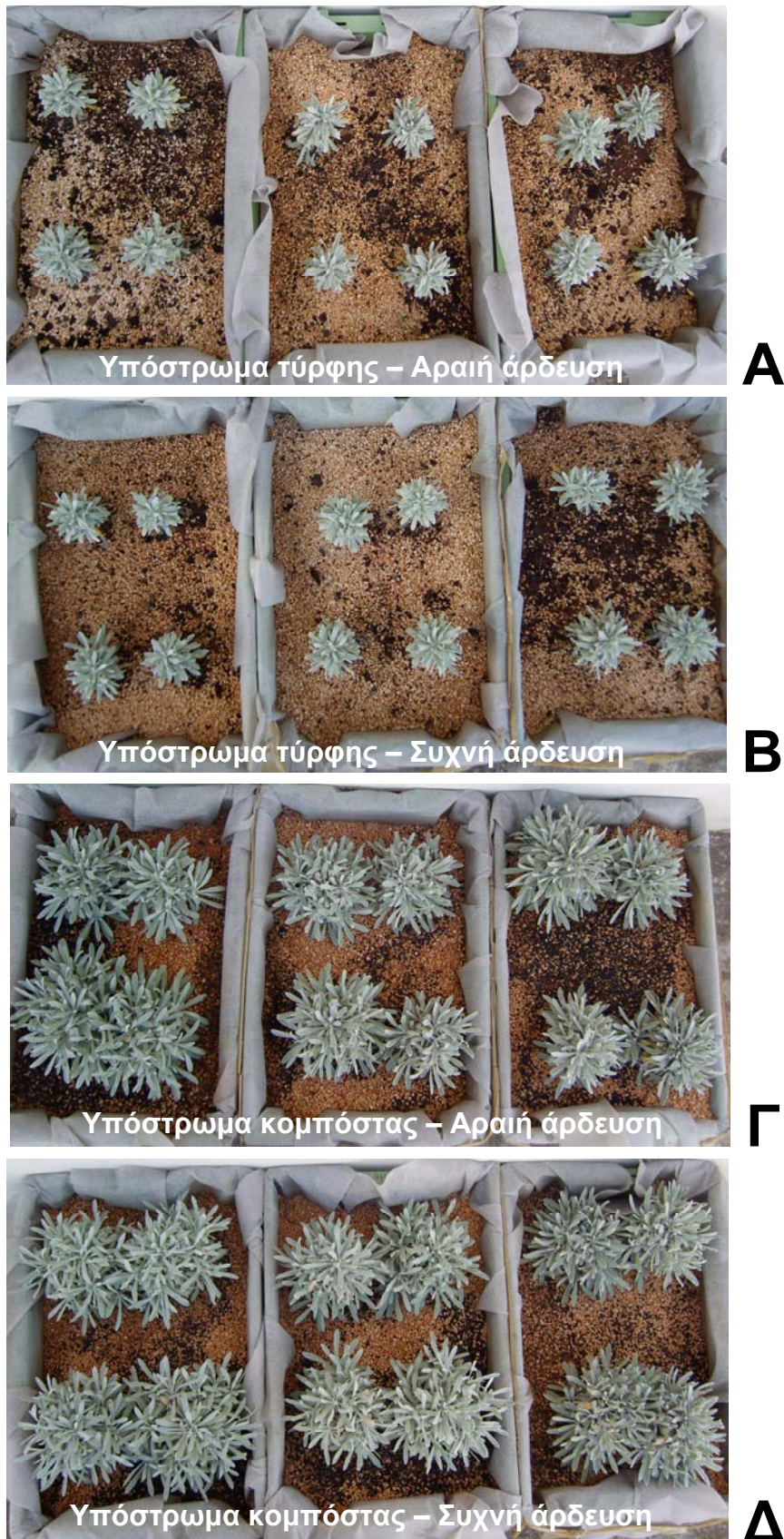
$F_{\text{βάθοςχάρδευση}} = 0,10$

$F_{\text{είδοςχάρδευση}} = 7,87^*$

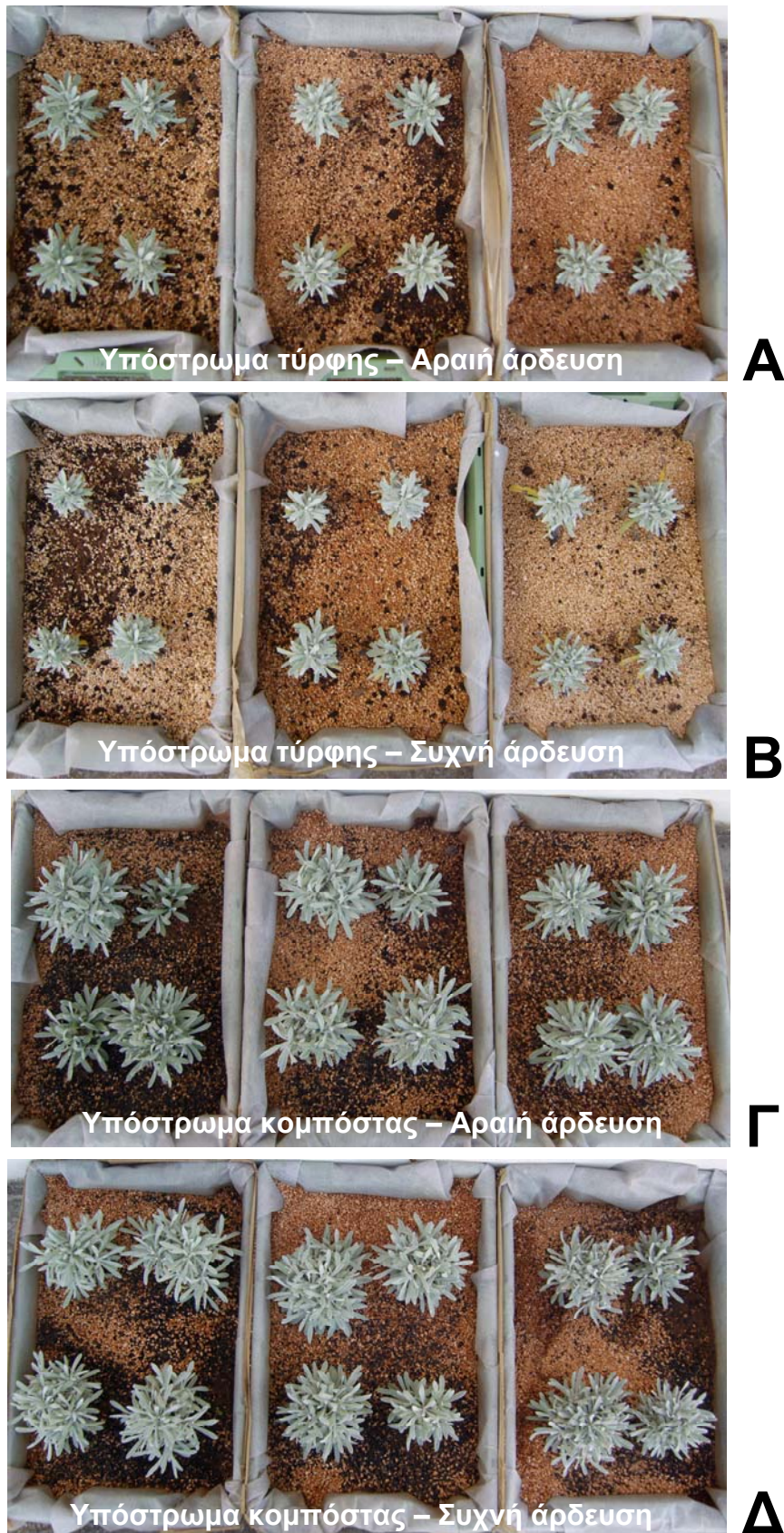
$F_{\text{βάθοςχείδοςχάρδευση}} = 3,91$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
1,48	2,07	- 2,18	5,74	2,99	0,56





**Εικόνα 28:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum orientale* σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).



**Εικόνα 29:** Τελική ανάπτυξη *Helichrysum orientale* σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (A), με συχνή άρδευση (B) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).

### 3.2.3 Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Σ' ότι αφορά στο νωπό βάρος των φυτών *Helichrysum orientale* διαπιστώθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων βάθος και είδος υποστρώματος. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος έδωσαν τις υψηλότερες τιμές νωπού βάρους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τις αμέσως μεγαλύτερες τιμές έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τέλος τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τιμές νωπού βάρους που δε διέφεραν μεταξύ τους, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.31).

Πίν. 31: Νωπό Βάρος (g) *H. orientale* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	16,79	c	16,75	c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	50,23	a	54,39	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	12,92	c	12,46	c
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	30,52	b	32,01	b

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 97,01^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 450,06^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 1,02$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 44,28^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,37$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 1,45$

$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,20$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
27,61 a	28,90 a	14,73 b	41,79 a	34,54 a	21,98 b

### 3.2.4 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Στο ξηρό βάρος των φυτών *Helichrysum orientale* παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας συγκριτικά με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης. Το βαθύτερο υπόστρωμα έδωσε μεγαλύτερα ξηρά βάρη από το χαμηλότερο υπόστρωμα καθώς επίσης η συχνότερη άρδευση έδωσε διαφορές συγκριτικά με την αραιότερη. Το μεγαλύτερο ξηρό βάρος σημειώθηκε στα φυτά που αρδεύονταν συχνά και καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας με μεγάλο βάθος και διέφεραν σημαντικά από τις τιμές όλων των υπολοίπων επεμβάσεων. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης παρουσίασαν τις χαμηλότερες τιμές, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.32).

**Πίνακας 32:** Μέσο Ξηρό Βάρος *H. orientale* τον 5<sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΑΡΔΕΥΣΗ			
		ΑΡΑΙΗ		ΣΥΧΝΗ	
<b>ΒΑΘΟΣ 15 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	6,15	d	6,08	de
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	16,82	b	19,42	a
<b>ΒΑΘΟΣ 7,5 cm</b>	<b>ΤΥΡΦΗ</b>	4,37	e	4,61	de
	<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	10,22	c	11,73	c

$F_{\text{βάθος υποστρ.}} = 90,36^*$

$F_{\text{είδος υποστρ.}} = 401,24^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 5,38^*$

$F_{\text{βάθοςxείδος υποστρ.}} = 35,77^*$

$F_{\text{βάθοςxάρδευση}} = 0,18$

$F_{\text{είδοςxάρδευση}} = 4,57^*$

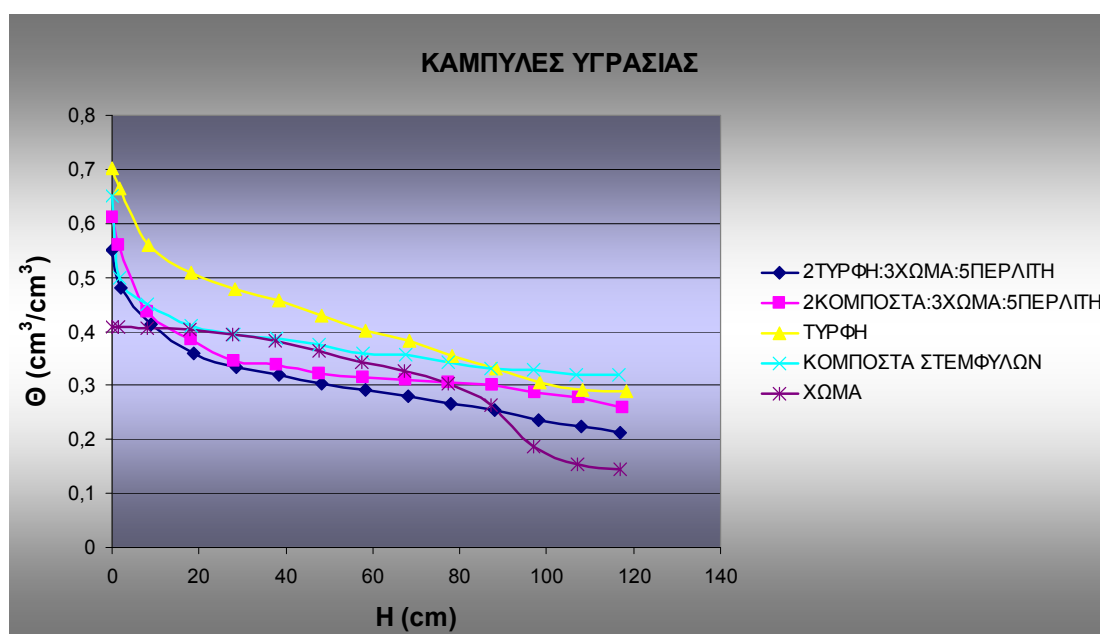
$F_{\text{βάθοςxείδοςxάρδευση}} = 0,58$

ΑΡΔΕΥΣΗ		ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ		ΒΑΘΟΣ	
ΑΡΑΙΗ	ΣΥΧΝΗ	ΤΥΡΦΗ	ΚΟΜΠΟΣΤΑ	15 cm	7,5 cm
9,39 b	10,46 a	5,31 b	14,55 a	12,12 a	7,73 b

### 3.3 Φυσικές ιδιότητες υποστρώματος

#### 3.3.1 Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας

Από τις χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας (Σχ.4) φαίνεται ότι η υγρασία κορεσμού ( $\theta_s$ ) στο χώμα είναι αρκετά μικρότερη από αυτήν της τύρφης και της κομπόστας καθώς και των μιγμάτων. Η μεγαλύτερη  $\theta_s$  των δύο υποστρωμάτων, τύρφη και κομπόστα, έχει ως αποτέλεσμα τα μίγματα που περιέχουν κομπόστα ή τύρφη να συγκρατούν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας απ' ό τι το υπόστρωμα που περιέχει μόνο χώμα. Συνεπώς, η προσθήκη οργανικών υλικών, όπως η κομπόστα και η τύρφη, σε ανόργανα εδάφη βελτιώνει τη συγκράτηση υγρασίας σε αυτά. Η μεταβολή της υγρασίας στα υποστρώματα κομπόστας και τύρφης στα μικρά φορτία πίεσης είναι μεγαλύτερη από αυτήν του χώματος.



**Σχήμα 4:** Καμπύλες υγρασίας υποστρωμάτων, όπου  $\theta$ : ποσοστό υγρασίας και  $H$ : φορτίο πίεσης.

Η κομπόστα έχει την ικανότητα να συγκρατεί σχετικά μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας απ' ό τι η τύρφη, σε μεγάλα φορτία πίεσης, ενώ στα μικρά φορτία πίεσης, κοντά στον κορεσμό, η υγρασία της τύρφης είναι μεγαλύτερη

σε σύγκριση με την υγρασία της κομπόστας. Στα μίγματα, το μίγμα κομπόστας συγκρατεί μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας από το μίγμα τύρφης ανεξαρτήτως φορτίου πίεσης αν και οι διαφορές είναι μικρές. Το γεγονός αυτό πιθανότατα οφείλεται στο διαφορετικό πακετάρισμα των δύο υποστρωμάτων καθώς και στο γεγονός ότι το ποσοστό συμμετοχής της τύρφης και της κομπόστας στα μίγματα είναι χαμηλό (20%).

### 3.3.2 Φαινόμενη πυκνότητα (ΡΦ), εύκολα διαθέσιμο νερό (RAW) και ολικό πορώδες (ΟΠ)

Όσον αφορά στη φαινόμενη πυκνότητα στερεών (ΡΦ,  $\text{g cm}^{-3}$ ) των υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, φαίνεται ότι η φαινόμενη πυκνότητα του μίγματος κομπόστας (2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ) είναι υψηλότερη από αυτή του μίγματος τύρφης (2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ) (Πιν.33). Αυτό οφείλεται πιθανόν στην υψηλότερη ΡΦ της κομπόστας συγκριτικά με αυτή της τύρφης, αφού τα ποσοστά συμμετοχής των υπόλοιπων υλικών είναι ίδια στα μίγματα.

Το εύκολα διαθέσιμο νερό (RAW) παρουσιάζεται υψηλότερο στο μίγμα τύρφης από αυτό στο μίγμα κομπόστας (Πιν.33)

Το ολικό πορώδες είναι υψηλότερο στο μίγμα κομπόστας από το ολικό πορώδες του μίγματος τύρφης (Πιν.33).

**Πίν. 33:** Φαινόμενη πυκνότητα (ΡΦ) σε  $\text{g cm}^{-3}$ , εύκολα διαθέσιμο νερό (RAW) και ολικό πορώδες (ΟΠ) υποστρωμάτων σε % (v/v)

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΡΦ ( $\text{gr cm}^{-3}$ )	RAW % (v/v)	ΟΠ % (v/v)
<b>2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	0,54	11,1	55,0
<b>2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	0,64	10,5	61,0
<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,139	13,3	70,2
<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	0,390	6,3	65,0
<b>ΧΩΜΑ</b>	1,47	2,7	40,7

Οι μικρές διαφορές όσον αφορά στα μίγματα τύρφης και κομπόστας πιθανότατα οφείλονται στο διαφορετικό πακετάρισμα των δύο υποστρωμάτων καθώς και στο γεγονός ότι το ποσοστό συμμετοχής της τύρφης και της κομπόστας στα μίγματα είναι χαμηλό (20%).

### 3.4 Χημικές ιδιότητες εδάφους

#### 3.4.1 pH και EC

Τα αποτελέσματα του pH (εκχύλισμα με αναλογία 1:5) έδειξαν ότι τα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα στο πείραμα ήταν ελαφρώς αλκαλικά (Πιν.34). Υψηλότερο pH παρουσίασε το μίγμα κομπόστας (2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ), ενώ λίγο χαμηλότερο ήταν το pH του μίγματος τύρφης (2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των μιγμάτων συμβάδισε με τα αποτελέσματα του pH, δίνοντας υψηλότερη τιμή στο μίγμα κομπόστας (2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ) και χαμηλότερη στο μίγμα τύρφης (2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ). Αξιοσημείωτη είναι η τιμή της EC της κομπόστας, η οποία είναι τριάντα (30) φορές μεγαλύτερη από αυτή της τύρφης (Πιν.34).

**Πίν. 34:** pH και EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) υποστρωμάτων σε εκχύλισμα αναλογίας 1:5

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	pH	EC
2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ	7,5	111
2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ	7,8	143,6
ΤΥΡΦΗ	7,01	38
ΚΟΜΠΟΣΤΑ	7,8	1287
ΧΩΜΑ	8,28	103

### 3.5 Ανόργανα στοιχεία υποστρώματος

#### 3.5.1 Άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K)

Η συγκέντρωση αζώτου, φωσφόρου και καλίου εμφανίζεται ιδιαίτερα υψηλή στο μίγμα κομπόστας και μάλιστα τρεις φορές υψηλότερη στο N και στο K και έξι φορές στο P από τη συγκέντρωση στο μίγμα τύρφης (Πιν.35). Οι διαφορές στις τιμές αυτές οφείλονται αποκλειστικά στην προσθήκη κομπόστας στο υπόστρωμα, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές σε ανόργανα στοιχεία.

**Πίν. 35:** Περιεκτικότητα αζώτου (N) %, φωσφόρου(P) σε mg kg<sup>-1</sup> και καλίου (K) σε mg kg<sup>-1</sup>

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	N	P	K
<b>2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	0,07665	91,065	350
<b>2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	0,245	580,755	1110
<b>ΤΥΡΦΗ</b>	0,021	256,015	260
<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1,638	1881,44	7690
<b>ΧΩΜΑ</b>	0,0455	6,8	62,4

#### 3.5.2 Μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na), ασβέστιο (Ca)

Η περιεκτικότητα σε Mg, Na και Ca είναι υψηλότερη στο μίγμα κομπόστας, ενώ χαμηλότερη είναι στο μίγμα τύρφης (Πιν.36). Στο μίγμα κομπόστας η συγκέντρωση Mg, Na και Ca είναι υψηλότερη από αυτές του μίγματος τύρφης κατά 1,6 , 1,2 και 1,6 , αντίστοιχα. Οι διαφορές αυτές οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κομπόστας στο μίγμα, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές σε ανόργανα στοιχεία.



**Πίνακας 36:** Περιεκτικότητα μαγνησίου (Mg), νατρίου (Na) και ασβεστίου (Ca) σε mg kg<sup>-1</sup>

<b>ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>
<b>2ΤΥΡΦΗ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	148,5	200	6416
<b>2ΚΟΜΠΟΣΤΑ:3ΧΩΜΑ:5ΠΕΡΛΙΤΗ</b>	240	240	7100
<b>ΤΥΡΦΗ</b>	807,5	250	18610
<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ</b>	1945	520	74150
<b>ΧΩΜΑ</b>	62,4	39,1	986

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα φυτά *Helichrysum italicum* που καλλιεργήθηκαν σε μίγμα κομπόστας μεγάλου βάθους παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους κατά τη διάρκεια των πέντε μηνών καλλιέργειάς τους. Αντίστοιχα καλή ανάπτυξη όσον αφορά στο ύψος, εμφάνισαν και τα φυτά που καλλιεργούνταν σε μίγμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης, η οποία όμως δε διέφερε στατιστικά από την αύξηση του ύψους των φυτών που καλλιεργούνταν σε μίγμα τύρφης, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης. Γενικώς, η κομπόστα στέμφυλων έδωσε φυτά με μεγαλύτερο ύψος (Πιν.11).

Τα φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργήθηκαν σε μίγμα κομπόστας, έδωσαν τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους, όταν το βάθος του υποστρώματος ήταν 15 cm και η άρδευση συχνή. Στο υπόστρωμα των 15 cm η κομπόστα στέμφυλων φαίνεται να αντικαθιστά την τύρφη με επιτυχία, αφού στο υπόστρωμα τύρφης που αρδεύονταν συχνά παρατηρήθηκαν όμοιες αυξήσεις ύψους με αυτές των φυτών που καλλιεργούνταν σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση. Στο χαμηλό βάθος υποστρώματος δε φαίνεται να επιδρά το είδος του υποστρώματος ούτε η συχνότητα άρδευσης στο ύψος των φυτών. Τη μικρότερη μεταβολή ύψους παρουσίασαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης μεγάλου βάθους και αραιής άρδευσης, η οποία όμως δε διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε χαμηλό υπόστρωμα, ανεξαρτήτως λοιπών παραγόντων (Πιν.24).

Ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος υπό συνθήκες αραιής άρδευσης το ύψος δεν επηρεάστηκε από το είδος του υποστρώματος, ενώ υπό συχνή άρδευση η κομπόστα ευνόησε την αύξηση του ύψους του *H. italicum* (Πιν.11). Αντίθετα από το *H. italicum*, όπου το ύψος του φαίνεται να επηρεάστηκε μόνο από τη σύνθεση του υποστρώματος, το ύψος του *H. orientale* επηρεάστηκε και από τους τρεις παράγοντες που εξετάστηκαν, ήτοι ευνοήθηκε από τη συχνή άρδευση, την ύπαρξη κομπόστας στο υπόστρωμα και το μεγάλο βάθος υποστρώματος. Και στα δύο είδη *Helichrysum* το μεγαλύτερο ύψος παρατηρήθηκε στο μεγάλο ύψος υποστρώματος με κομπόστα και συχνή άρδευση. Στο μικρό βάθος υποστρώματος υπό συνθήκες αραιής άρδευσης, η

αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα δεν ευνόησε το ύψος των φυτών, ενώ υπό συχνή άρδευση στο *H. italicum* το ύψος ευνοήθηκε από την κομπόστα και η ίδια τάση που δεν ήταν όμως στατιστικά σημαντική, φάνηκε και στο *H. orientale*.

Η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα στέμφυλων στο μίγμα ανάπτυξης του φυτεμένου δώματος, φαίνεται να δίνει ψηλότερα φυτά στα κιβώτια με μεγάλο βάθος υποστρώματος, ενώ στα χαμηλά κιβώτια η ανάπτυξη είναι επίσης σημαντική, αν και μικρότερη, και στα δύο είδη *Helichrysum*. Η αυξημένη περιεκτικότητα του υποστρώματος κομπόστας σε Κ (Πιν.35) σε σύγκριση με το υπόστρωμα τύρφης μπορεί να βοήθησε τα φυτά να ανταπεξέλθουν στις αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες που παρατηρούνται στο φυτοδώμα, όπως είναι η ξηρασία, ο άνεμος και οι εχθροί και ασθένειες (Brady *et al.*, 1996). Σύμφωνα με τους Dunnett *et al.* (2004), η αύξηση του βάθους του υποστρώματος φαίνεται να ευνοεί την ανάπτυξη των ειδών σε συνθήκες φυτοδώματος, αλλά η αύξηση αυτή δεν είναι σημαντική, όταν δεν αυξάνεται η άρδευση.

Όσον αφορά στη μεταβολή της διαμέτρου των φυτών του είδους *Helichrysum italicum*, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μεγάλου βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης, και η αμέσως χαμηλότερη αύξηση στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μικρού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τις μικρότερες αυξήσεις, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.16).

Αντίστοιχα αποτελέσματα με αυτά των φυτών του είδους *Helichrysum italicum* έδωσαν και τα φυτά του είδους *Helichrysum orientale*, όσον αφορά στη μεταβολή της διαμέτρου. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μεγάλου βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης, και η αμέσως χαμηλότερη αύξηση στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μικρού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης δε σημείωσαν αύξηση, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, αντιθέτως σημειώθηκαν μειώσεις

της διαμέτρου. Οι μειώσεις μάλιστα ήταν τόσο έντονες, που σε τρεις από τις τέσσερις επεμβάσεις τύρφης ήταν της τάξεως των 2 cm και πάνω (Πιν.30).

Η διάμετρος των φυτών αυξήθηκε αυξανόμενου του βάθους του υποστρώματος. Αυτό ήταν στατιστικά σημαντικό, στην περίπτωση της κομπόστας, ενώ παρ' όλο που υπήρχε η ένδειξη, στην περίπτωση της τύρφης δεν ήταν στατιστικά σημαντικό. Σε μελέτη που έγινε από τους Getter *et al.* (2008), σε βάθη υποστρώματος 7 – 10 cm, είδη *Sedum* έδωσαν καλή πλευρική ανάπτυξη, ενώ δύο μόνο είδη έδωσαν ικανοποιητική ανάπτυξη σε βάθος υποστρώματος 4 cm. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε N στο υπόστρωμα της κομπόστας θα μπορούσε να ευνοήσει την πλευρική ανάπτυξη θαμνωδών ειδών, όπως τα είδη *Helichrysum* (Πιν.35). Η γρήγορη ανάπτυξη του φυτού πλευρικά έχει μεγάλη σημασία, γιατί καλύπτοντας την επιφάνεια του εδάφους, μειώνεται η εξάτμιση του νερού από το έδαφος και αξιοποιείται καλύτερα το νερό από τα φυτά (Wolf *et al.*, 2008). Υπάρχουν ενδείξεις ότι η κομπόστα ευνοεί την πλάγια ανάπτυξη, και στα δύο είδη *Helichrysum*, όπως και η αύξηση του βάθους του υποστρώματος. Η κομπόστα δίνει ιδιαίτερα έντονες διαφορές διαμέτρου συγκριτικά με την τύρφη, ενώ οι διαφορές λόγω βάθους υποστρώματος είναι λιγότερο διακριτές. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων δε βοηθά να φανεί ποιος παράγοντας ευνοεί περισσότερο (Πιν.16, 30).

Αξιοσημείωτο είναι ότι τα αποτελέσματα του νωπού βάρους του είδους *Helichrysum orientale* είναι παρόμοια με αυτά του είδους *Helichrysum italicum*. Τις μεγαλύτερες τιμές νωπού βάρους έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας μεγάλου βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης και τις αμέσως χαμηλότερες έδωσαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας χαμηλού βάθους, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης έδωσαν τις χαμηλότερες τιμές και στα δύο είδη *Helichrysum*, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης (Πιν.17, 31).

Τα αποτελέσματα των ξηρών βαρών των ειδών *Helichrysum* ήταν παρόμοια με αυτά των νωπών βαρών (Πιν.18, 32).

Σε μελέτη (Chen *et al.*, 1988) που διερευνήθηκε η επίδραση που είχε η αντικατάσταση μέρους της τύρφης στο υπόστρωμα από κομπόστα στέμφυλων στην ανάπτυξη φυτών *Ficus benjamina* cv. Starlight,

παρατηρήθηκε σχεδόν διπλάσιο ξηρό βάρος στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα που περιείχε κομπόστα, συγκριτικά με το ξηρό βάρος των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα που περιείχε τύρφη. Σε μεταγενέστερη μελέτη (Παπαφωτίου *et al.*, 2009), η παρουσία κομπόστας στέμφυλων στο υπόστρωμα ανάπτυξης *Ficus benjamina* επίσης έδωσε μεγαλύτερα νωπά και ξηρά βάρη υπέργειου τμήματος του φυτού σε σύγκριση με φυτά του ίδιου είδους που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, μετά από επτά μήνες καλλιέργειας.

Η χάραξη των χαρακτηριστικών καμπύλων υγρασίας (Σχ.4) και ο προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων των υποστρωμάτων (Πιν.33) έδειξαν ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο υποστρωμάτων καλλιέργειας και επομένως δεν μπορούν να δικαιολογήσουν τις διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών. Η μη ύπαρξη διαφορών στα μίγματα τύρφης και κομπόστας πιθανότατα οφείλονται στο διαφορετικό πακετάρισμα των δύο υποστρωμάτων καθώς και στο γεγονός ότι το ποσοστό συμμετοχής της τύρφης και της κομπόστας στα μίγματα είναι χαμηλό (20%).

Οι μετρήσεις του pH των μιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα ανάπτυξης στο φυτοδώμα έδειξαν ότι το pH ήταν υψηλότερο στο μίγμα κομπόστας απ' ότι στο μίγμα τύρφης, γεγονός που οφείλεται στη συμμετοχή της κομπόστας στο μίγμα (Πιν.34). Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και στη μέτρηση της EC, όπου το μίγμα κομπόστας παρουσίασε αυξημένη EC σε σύγκριση με την EC του μίγματος τύρφης, λόγω της παρουσίας κομπόστας στο υπόστρωμα, η οποία είχε ιδιαίτερα μεγάλη τιμή EC (Πιν.34).

Οι τιμές του pH και της EC παρουσιάζονται υψηλές στην κομπόστα στέμφυλων στην αρχή της καλλιέργειας (Παπαφωτίου *et al.*, 2009). Στο παρελθόν έχει αναφερθεί μείωση της EC του υποστρώματος που περιέχει κομπόστα κατά τον πρώτο μήνα της περιόδου καλλιέργειας (Parafotiu *et al.*, 2001; Siminis *et al.*, 1990; Wang *et al.*, 1990). Στην παρούσα μελέτη, οι μετρήσεις του pH και της EC έγιναν στα αρχικά δείγματα υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκαν για καλλιέργεια και οι τιμές τους δεν ήταν απαγορευτικές για καλλιέργεια.

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα των υποστρωμάτων σε ανόργανα στοιχεία, το μίγμα κομπόστας, παρουσιάζει σταθερά αυξημένες τιμές, τόσο

στα μακροστοιχεία όσο και στα μικροστοιχεία (Πιν.35, 36). Από τις μετρήσεις των συστατικών που απαρτίζουν το κάθε μίγμα είναι εμφανές ότι για τις μεταβολές αυτές μεταξύ των συγκεντρώσεων στο μίγμα τύρφης και κομπόστας οφείλονται αποκλειστικά στην προσθήκη κομπόστας.

Οι κομπόστες είναι καλές πηγές P, Mg, Fe και K (Filipri *et al.*, 2002; Mari *et al.*, 2005) και αυξάνουν την περιεκτικότητα των υποστρωμάτων στα οποία προστίθενται σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία. Το γεγονός ότι τα φυτά της κομπόστας καλλιεργούνταν σε υπόστρωμα που βρισκόταν σε καλή θρεπτική κατάσταση μπορεί να είναι ο λόγος που παρατηρήθηκε η καλή ανάπτυξη του υπέργειου μέρους των φυτών. Η αυξημένη τιμή K στο υπόστρωμα κομπόστας πιθανόν να βοήθησε τα φυτά να αντιμετωπίσουν το στρες που προκαλούν οι αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες του φυτοδώματος (ξηρασία, άνεμος) και τελικά να ευνόησαν την ανάπτυξη του φυτού (Brady *et al.*, 1996).

Συμπερασματικά, η καλλιέργεια σε υπόστρωμα κομπόστας έδωσε τα πιο εύρωστα φυτά, με μεγάλη αύξηση ύψους και διαμέτρου φυτού και ιδιαίτερα αυξημένα νωπά και ξηρά βάρη, ανεξαρτήτως βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης. Οι διαφορές ήταν το ίδιο έντονες και στο *Helichrysum italicum* και στο *Helichrysum orientale*. Η θρεπτική κατάσταση του υποστρώματος καλλιέργειας με κομπόστα ήταν πολύ καλή, που φαίνεται να ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών.

Όσον αφορά στην άρδευση, δε φαίνεται να επέδρασε σημαντικά στις διαφορές που παρατηρήθηκαν στην ανάπτυξη των ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale*. Στα νωπά και ξηρά βάρη φάνηκε μία ομοιομορφία στις διαφορές, που δεν ήταν όμως στατιστικά σημαντική. Στα φυτά *Helichrysum italicum* υπήρξαν ενδείξεις που δεν επιβεβαιώθηκαν από τη στατιστική μελέτη, ότι τα φυτά που αρδεύονταν αραιά έδωσαν μεγαλύτερα νωπά και ξηρά βάρη, ανεξαρτήτως βάθους και είδους υποστρώματος. Στα φυτά *Helichrysum orientale* υπήρξαν ενδείξεις που δεν επιβεβαιώθηκαν από τη στατιστική μελέτη, ότι τα φυτά που αρδεύονταν αραιά έδωσαν μεγαλύτερα νωπά και ξηρά βάρη στο υπόστρωμα τύρφης, ανεξαρτήτως βάθους, ενώ μικρότερα νωπά και ξηρά βάρη στο υπόστρωμα κομπόστας. Η ρύθμιση της συχνότητας άρδευσης έγινε με γνώμονα το πιο ευαίσθητο φυτό στην έλλειψη εδαφικής υγρασίας και αυτό ήταν η *Artemisia adsinthium* που καλλιεργείτο

στο ίδιο φυτοδώμα σε παράπλευρο πείραμα, με αποτέλεσμα η αραιή άρδευση πιθανόν να μη δημιουργούσε το μέγιστο στρεσάρισμα στα είδη *Helichrysum* που θα ήταν ικανό να δείξει έντονες μεταβολές στην ανάπτυξη των φυτών.

Η καλλιέργεια σε βάθος υποστρώματος 15 cm έδωσε καλύτερη ανάπτυξη φυτών από τα 7,5 cm, όσον αφορά τη σύγκριση ξεχωριστά του υποστρώματος τύρφης και ξεχωριστά του υποστρώματος κομπόστας. Στο υπόστρωμα κομπόστας και στα δύο είδη *Helichrysum*, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε βάθος 15 cm έδωσαν υψηλότερες τιμές σε όλους τους παράγοντες αξιολόγησης της ανάπτυξης από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm. Στο υπόστρωμα τύρφης οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές, παρ' όλο που ήταν υψηλότερες στο υπόστρωμα βάθους 15 cm. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm έδωσαν καλύτερη ανάπτυξη από αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm και στα δύο είδη *Helichrysum*.

Τα φυτά *Helichrysum italicum* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm, έδωσαν παρόμοιο ύψος και διάμετρο φυτού με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Στις ίδιες συνθήκες καλλιέργειας οι διαφορές στα νωπά και ξηρά βάρη ήταν εντυπωσιακές, με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm να δίνουν σημαντικά υψηλότερα νωπά και ξηρά βάρη από αυτά των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm. Συνεπώς στα φυτά *Helichrysum italicum* η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του βάθους του υποστρώματος καλλιέργειας και να δώσει το ίδιο καλά ή και καλύτερα αποτελέσματα ανάπτυξης του υπέργειου τμήματος.

Τα φυτά *Helichrysum orientale* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm, έδωσαν παρόμοιο ύψος φυτού με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Όσον αφορά στη διάμετρο των φυτών, παρατηρήθηκε αύξηση της διαμέτρου στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm, ενώ στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm η διάμετρος μειώθηκε αισθητά. Στις ίδιες

συνθήκες καλλιέργειας οι διαφορές στα νωπά και ξηρά βάρη ήταν εντυπωσιακές, με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα κομπόστας βάθους 7,5 cm να δίνουν σημαντικά υψηλότερα νωπά και ξηρά βάρη από αυτά των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης βάθους 15 cm. Συνεπώς και στο *Helichrysum orientale* η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του βάθους του υποστρώματος καλλιέργειας και να δώσει φυτά με καλύτερους όλους του παράγοντες αξιολόγησης της ανάπτυξης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστα στέμφυλων με πολλαπλά οφέλη, όπως τη διατήρηση της τύρφης στα φυσικά οικοσυστήματα, με βάση τη διεθνή τάση και την αξιοποίηση με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο των γεωργικών υπολειμμάτων. Καθώς τα φυτά είναι πιο εύρωστα από αυτά σε τύρφη στο ίδιο βάθος υποστρώματος, ενώ στο μισό βάθος υποστρώματος η χρήση κομπόστας δίνει ανάπτυξη παρόμοια με αυτή της τύρφης στο διπλάσιο βάθος υποστρώματος, υπάρχει όφελος και στο βάρος της κατασκευής του φυτοδώματος, στοιχείο πολύ σημαντικό, ιδίως για φυτοδώματα σε παλαιά κτίρια.



## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams R. C., F. S. Maclean, J. K. Dixon, F. M. Bennett, G. L. Martin and R. C. Lough, 1941. Second interim report of the interdepartmental committee on utilization of organic wastes, New Zealand Engineering: 6, 12.
- Arvanitoyannis I. S., D. Ladas and A. Mavromatis, 2006. potential uses applications of treated wine waste: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 475-487.
- Banting D., H. Doshi, J. Li, P. Missios, A. Au, B. A. Currie and M. Verrati, 2005. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Dept. of Architectural Science, Ryerson University, Toronto, Ontario.
- Beattie D. J. and Berghage R., 2001. Hitting the roof. *American Nurseryman magazine*, July 1.
- Brady N. C. and R. R. Well, 1996. *The nature of soils* (eleventh edition). Prentice-Hall International Editions.
- Brenneisen S., 2003. The benefits of biodiversity from green roofs: Key design consequences, p. 323-329. In Proc. of 1<sup>st</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Chicago. 29-30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.
- Brenneisen S., 2004. Green roofs: How nature returns to the city. *Acta Hort.* 643: 289-293.
- Carlyle R. E. and A. C. Newman, 1941. Microbial thermogenesis in the decomposition of plant materials, *Journal of Bacteriology*: 41, 6.
- Caudrey D., 2005. *Green Roof Systems. Acknowledging the Potential.* Bachelor of Science, Robert Gordon University.
- Chen Y., Y. Inbar and Y. Hadar, 1988. Composted agricultural wastes as potting media for ornamental plants. *Soil Science*, 145 (4).
- Connelly M. and K. Liu, 2005. Green roof research in British Columbia: An overview, p. 416-432. in Proc. of 3<sup>rd</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Washington, DC. 4-6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.

- Dunnett N. and A. Nolan, 2004. The effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Hort.*, 643: 305-309.
- Durhman A. K., B. D. Rowe and C. L. Rugh, 2007. Effect of substrate depth on initial growth, coverage and survival of 25 succulent green roof plant taxa. *HortScience*, vol.42, p.588-595.
- Filippi C., S. Bedini, R. Levi-Minzi, R. Cardelli and A. Saviozzi, 2002. Co-composting of olive oil mill byproducts: chemical and microbiological evaluations. *Compost Science & Utilization*, 10 (1): 63-71.
- FLL, 2002. Guideline for the planning, execution and upkeep of green roof sites with methods to be employed when investigating vegetation substrates and aggregate-type drainage materials used at roof-greening sites and procedure for investigating resistance to root penetration at green-roof sites. *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.*
- Fuchs J. G., T. Kupper, L. Tamm and K. Schenk, 2008. Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. *Proc. of the International Congress CODIS 2008*, Solothum, Switzerland.
- Getter K.L. and B. Rowe, 2006. The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *Hortscience* 41 (5): 1276-1285.
- Getter K. L. and D. B. Rowe, 2008. Media depth influences *Sedum* green roof establishment. *Urban Ecosystems*, vol.11, No 4, p.361-374.
- Golueke C. G., 1977. *Biological reclamation of solid wastes*. Rodale Press.
- Golueke C. G. and L. F. Diaz, 1996. Historical review of composting and its role in municipal waste management, p. 3-14. In *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, London, UK.
- Gorodecki B. and Y. Hadar, 1990. Suppression of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in container media containing composted separated cattle manure and composted grape marc. *Crop Protection*, 9, 271-274.

- Hind N., K. Strange and J. Broome, 2007. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens. *HELICHRYSUM ORIENTALE*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. p. 251-259.
- Howard A., 1935. The manufacture of humus by the indore process. *Journal of royal Society of Arts*: 84, 25.
- Hyde C. D., 1932. A report upon the beccari system of garbage treatment and a description of existing American plants. Department of Public Health, City and County of San Francisco, California.
- Inbar Y., Y. Chen and Y. Hadar, 1991. Carbon-13 CPMAS NMR and FTIR spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of solid wastes from wineries. *Soil Science*, 152:272-282.
- Laberge K. M., 2003. Urban oasis: Chicago's City Hall green roof, p. 194-203. In Proc. of 1<sup>st</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Washington, DC. 4-6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
- Liesecke H. J. and H. Borgwardt, 1997. Abbau von luftschadstoffen durch extensive dachbegrünungen (Degradation of air pollutants by extensive green roofs). *Stadt und Grün*. 46:245-251.
- Liu K., 2003. Engineering performance of rooftop gardens through field evaluation. Proc. of the 18<sup>th</sup> International Convention of the Roof Consultants Institute. 93-103.
- Liu K. and B. Baskaran, 2003. Thermal performance of green roofs through field evaluation, p. 273-282. In Proc. of 1<sup>st</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Chicago, 29-30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.
- Mandelbaum R., B. Gorodecki and Y. Hadar, 1985. The use of compost for production of disease suppressive container media. *Phytoparasitica* 13, 158.
- Mari I., C. Ehalotis, M. Kotsou, I. Chatzipavlidis and D. Georgakakis, 2005. Use of sulfur to control pH composts derived from olive processing by-products. *Compost Science & Utilization*, 13 (4): 281-287.
- Mastelic J., O. Politeo, I. Jerkovic and N. Radosevic, 2005. Composition and antimicrobial activity of *Helichrysum italicum* essential oil and its

- terpene and terpenoid fractions. *Chemistry of Natural Compounds*, Vol. 41, No. 1, p. 35-40.
- Moran A., B. Hunt and G. Jennings, 2004. A North Carolina field study to evaluate green roof runoff quantity, runoff quality, and plant growth, p. 446-460. In *Proc. of 2<sup>nd</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities*, Portland, OR. 2-4 June 2004. The Cardinal Group, Toronto.
- Nektarios P., P. Tsiotsiopoulos and I. Chronopoulos, 2003. Soil amendments reduce roof garden weight and influence the growth of *Lantana*. *Hortscience*, vol.38, No 4, p.618-622.
- Niachou A., K. Papakostantinou, M. Santamouris, A. Tsangrassoulis and G. Michalakakou, 2001. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Elsevier Science@Direct*, Vol :33, Is.7, September.
- Oberlander H. C., E. Whitlaw and E. Matsuzaki, 2002. *Introduction Manual for Greening Roofs*. Technology Directorate, Public Works and Government Services, Canada.
- Papafotiou M., V. Asimakopoulou, P. Kouvari, I. Kovaevou, I. L. Phyhalou and G. Kargas, 2001. Cotton Gin Trash Compost as Growing Medium Ingredient for the Production of Pot Ornamentals. *Gartenbauwissenschaft*, 66 (5): 299-232.
- Pearson E. A., 1952. An analysis of refuse collection and sanitary landfill disposal. Technical Bulletin 8, T.E.R. Series 8, Sanitary Engineering Laboratory, University of California, Berkeley.
- Peck S. and M. Kuhn, 2001. *Design Guidelines for Green Roofs*. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, Ontario. 16 Nov. 2005.
- Peck S. and M. Kuhn, 2003. *Design Guidelines for Green Roofs*. Ontario Association of Architects.
- Peck S. W., C. Callaghan, M. E. Kuhn and B. Bass, 1999. *Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada*. Canada Mortgage and Housing Corporation. Ottawa, Canada.
- Polunin O., 1987. *Flowers of Greece and the Balkans. A Field Guide*. Oxford University Press, Oxford, New York. p. 12-22, 36-37, 42-43, 62-65, 448-449.

- Rashid R., M. Hamdan Bin Ahmed and S. Khan. Natural green application technology on building in dense Dhaka City is provide a sustainable, energy saving, comfortable and healthy environment. Department of Architecture, Faculty of Built Environment, University Technology Malaysia.
- Siminis H. I. and V. I. Manios, 1990. Mixing peat with MSW compost. *Biocycle* Nov., 60-61.
- Simmons M. T., B. Gardiner and S. Windhager, 2008. Green roofs are not created equal: the hydrologic and thermal performance of six different extensive roofs and reflective and non reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosyst*, 11: 339-348.
- Scholz – Barth K., 2001. Green Roofs: Stormwater Management from the Top Down. *Environmental Design and Construction*, Feature, January/February.
- Solomon N., 2003. Vegetation systems atop buildings yield multiple environment benefits. *Architectural Record*, 191 (3): 149-152.
- Stendiford E. I., 1996. Composting control: Principles and practice, p. 49-59. In *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, London, UK.
- Ulrich R. S. and R. Simons, 1986. Recovery from stress during exposure to everyday outdoor environments. In J. Wineman, R. Barnes and C. Zimring (eds.). *The costs of not knowing*. Proceedings of the 17<sup>th</sup> Annual Conference of the Environmental Research Association. Environmental Research Association, Washington, D.C.
- VanWoert N. D., D. B. Row, J. A. Andresen, C. L. Rugh and L. Xiao, 2005. Watering regime and green roof substrate design affect *Sedum* plant growth. *HortScience*. [http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?](http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=20053123825)
- AcNo=20053123825.
- Waksman S. A., T. C. Cordon and N. Hulpoi, 1939. Influence of temperature upon the microbiological population and decomposition processing composting of stable manures. *Soil Science*: 47, 83-113.

- Wang Y. T. and T. M. Blessington, 1990. Growth and interior performance of Poinsettia in media containing composted cotton burrs. HortScience 25: 407-408.
- Wark C. G. and W. W. Wark, 2003. Green Roof Specification and Standards, Establishing an Emerging Technology. The Construction Specifier, August, Vol.56, No 8.
- Werner H., 2002. Measuring Soil Moisture for Irrigation Water Management. College of Agriculture & Biological Sciences , SDSU.
- Wilson C.G., 1993. Mediterranean Wild Flowers, HarperCollinsPublishers, London. p. 437.
- Wolf D. and J. T. Lundholm, 2008. Water uptake in green roof microcosms: Effects of plant species and water availability. Ecological Engineering, vol.33, Iss.2, p.179-186.
- Yok Tan P. and A. Sia, 2005. A pilot green roof research project in Singapore, p. 399-415. In Proc. of 3<sup>rd</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Washington, DC. 4-6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
- Γιαννούλη Δ., 2007. Φυτοκάλυψη και Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ευαγγελίου Χ., Η. Αλούπης, Ζ. Κρεμάλη και Μ. Βραχόπουλος, 2008. Τα φυτεμένα δώματα ως οικολογική αναγκαιότητα. Νέα υλικά και τεχνικές για την εφαρμογή τους και την εξέλιξή τους σε σύγχρονους αστικούς πνεύμονες. 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου.
- Ευμορφοπούλου Α., 1992. Οι κήποι στα δώματα των κτιρίων, η συμβολή τους στο οικοσύστημα των αστικών κέντρων, οι κατασκευαστικές λύσεις και δυνατότητες εφαρμογής στον Ελληνικό χώρο. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ζαχαροπούλου Α., 2004. Μελέτη των μεθοδολογιών ανάπτυξης φυτοκάλυψης σε δώματα και εφαρμογές στο σχεδιασμό τους. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Καλογεράκης Σ. και Π. Παναρετάκη, 2010. μεταβολή βάρους και όγκου φυτικών υπολειμμάτων κατά την κομποστοποίησή τους. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
- Μπαλής Κ., 1994. Θερμόφιλη Βιοαποικοδόμηση Οργανικών Υλικών (κομποστοποίηση). Αθήνα.
- Πάνελλα Ζ., 2004. διερεύνηση της δυνατότητας φυτοκάλυψης δωματίων με σκοπό τη δημιουργία ενιαίας ζώνης πρασίνου στον αστικό ιστό. . Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Παπαφωτίου Μ., Ν. Περγιαλιώτη, Ι. Μάσσας και Ι. Χατζηπαυλίδης, 2009. Διερεύνηση της συνεργιστικής δράσης λίπανσης και διαφόρων κομποστών στην υπέργεια και υπόγεια ανάπτυξη του *Ficus benjamina*. Πρακτικά της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, 24<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο (υπό εκτύπωση).
- Πατλης Γ., 2009. Κήπος και Φυτά. Ο Πληρέστερος Οδηγός. Εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗ, Αθήνα, σελ. 376.
- Πουλοβασίλης Α., 1986. Σημειώσεις Γεωργικής Υδραυλικής – Αρδεύσεις: Ι. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σιδηράς Ν. Κ., 1997. Οργανική Λίπανση και Αμειψισπορές. ΔΗΩ, Αθήνα.
- Στεφανάκη - Νικηφοράκη Μ., 1999. Συστηματική Βοτανική – Αγγειόσπερμα. Τόμος Α'. εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Τσογγαρακης 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.
- Φιλίππι Ο., 2008. Για έναν Άνυδρο Κήπο. Εκδόσεις ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΗ, Αθήνα, σελ. 127-128.
- Χατζηπαυλίδης Ι., 2001. Εφαρμογές συγκομποστοποίησης για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μικροβιολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 37. Μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρος (°C)

ΗΜΕΡΑ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ
1	17.0	23.6	25.8	29.9	26.4	21.1
2	16.2	23.7	26.8	30.2	25.5	21.6
3	17.2	23.5	26.7	30.1	25.2	23.1
4	17.1	23.0	25.5	29.2	26.3	22.0
5	18.6	23.1	26.8	29.0	26.8	20.9
6	15.8	24.1	27.5	28.4	26.9	21.6
7	16.8	25.5	27.9	29.1	23.1	21.6
8	19.1	27.0	29.1	28.4	22.2	21.0
9	19.0	28.9	30.3	28.0	23.0	21.4
10	20.5	30.4	29.3	27.2	23.6	21.7
11	21.2	28.5	29.3	27.4	21.3	21.1
12	21.8	27.3	27.4	26.4	20.3	21.4
13	21.4	26.0	27.4	26.7	22.3	21.4
14	21.0	25.9	27.4	27.1	23.9	17.2
15	21.3	25.2	28.2	27.7	23.6	15.5
16	22.0	25.9	29.5	28.1	24.2	18.8
17	23.0	27.3	30.4	29.0	23.8	16.9
18	24.4	27.3	30.1	28.6	23.2	19.4
19	23.8	26.6	29.8	29.0	22.3	18.7
20	23.4	25.6	30.1	30.2	21.9	18.2
21	23.3	26.2	29.3	29.0	20.4	17.1
22	24.3	26.8	29.2	27.7	19.6	17.4
23	24.0	24.8	30.0	27.8	20.2	18.6
24	25.0	24.6	30.5	27.7	20.8	19.6
25	25.8	23.7	30.9	26.8	22.3	18.0
26	24.3	24.3	31.2	26.8	20.9	18.5
27	23.7	25.3	29.1	27.3	21.6	18.5
28	23.4	25.5	28.3	26.7	20.1	17.8
29	22.3	25.1	28.0	25.9	18.8	17.0
30	22.7	25.2	29.1	26.4	21.2	15.2
31	23.3		29.2	26.4		13.1
<b>AVG</b>	<b>21.4</b>	<b>25.7</b>	<b>28.7</b>	<b>28.0</b>	<b>22.7</b>	<b>19.2</b>



Πίνακας 38. Μέγιστες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρος (°C)

ΗΜΕΡΑ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ
1	21.3	27.9	29.9	34.3	31.2	26.5
2	21.6	29.0	31.7	34.8	30.8	26.0
3	21.0	27.9	32.2	36.2	30.5	26.8
4	19.3	27.1	31.6	35.0	32.3	26.9
5	23.3	29.1	32.4	34.9	33.1	26.6
6	22.8	30.6	32.2	33.6	32.3	27.4
7	22.9	31.9	32.2	33.8	27.6	28.2
8	26.4	34.5	34.4	32.1	25.7	28.3
9	24.4	36.2	37.8	32.1	27.1	29.5
10	26.6	36.9	35.7	32.0	28.1	30.7
11	28.0	34.7	35.7	32.1	25.5	26.9
12	27.8	32.9	31.6	30.9	23.1	26.0
13	27.1	28.0	33.1	31.9	27.0	24.1
14	26.8	30.8	33.6	33.8	27.2	20.8
15	27.9	30.6	34.4	34.4	28.1	17.1
16	29.6	30.4	35.3	32.0	29.4	24.5
17	28.5	32.9	36.3	33.7	29.5	19.6
18	30.6	30.0	35.8	33.3	28.4	24.1
19	27.2	30.2	36.4	34.4	26.2	24.2
20	28.3	31.0	35.2	33.6	25.4	24.0
21	27.5	31.0	32.8	33.2	24.3	22.8
22	29.4	32.3	33.4	32.0	24.5	23.2
23	29.3	28.4	35.2	32.4	26.1	23.4
24	31.2	29.0	38.5	31.8	26.7	22.3
25	34.6	26.8	38.6	32.4	25.9	20.3
26	29.2	28.5	39.2	32.4	25.6	21.4
27	28.0	30.4	32.8	32.4	25.0	22.1
28	28.7	30.7	32.9	34.4	24.9	21.2
29	27.1	28.9	33.3	32.2	25.5	21.0
30	26.7	30.6	33.4	32.2	28.1	18.7
31	27.5		34.5	33.0		15.9
<b>AVG</b>	<b>26.8</b>	<b>30.6</b>	<b>34.27</b>	<b>33.13</b>	<b>27.50</b>	<b>23.79</b>
<b>ABSMAX</b>	<b>34.6</b>	<b>36.9</b>	<b>39.19</b>	<b>36.22</b>	<b>33.12</b>	<b>30.67</b>

**Πίνακας 39.** Μέσες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας (%)

ΗΜΕΡΑ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ
1	52	61	62	38	52	70
2	60	59	60	38	53	79
3	60	59	60	40	56	78
4	54	50	69	44	60	65
5	52	58	67	47	63	64
6	71	53	63	51	59	61
7	70	46	61	48	66	52
8	59	43	56	48	58	49
9	63	36	49	40	61	46
10	51	30	49	39	56	57
11	44	42	42	39	75	65
12	49	44	51	44	79	76
13	63	41	39	44	65	63
14	73	34	40	40	78	50
15	67	31	39	49	77	84
16	53	36	38	46	64	93
17	49	37	43	37	64	95
18	50	45	41	40	79	80
19	43	39	50	37	75	79
20	39	45	47	33	54	66
21	35	55	39	36	53	57
22	39	55	33	34	54	72
23	45	59	30	36	51	83
24	51	55	35	37	56	83
25	53	53	41	44	58	87
26	51	55	45	39	69	87
27	37	54	39	37	57	83
28	39	59	34	37	56	77
29	54	68	35	43	63	68
30	61	68	35	56	69	73
31	68		38	56		75
<b>AVG</b>	<b>53</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>63</b>	<b>71</b>

**Πίνακας 40.** Μέσες ημερήσιες τιμές ολικής ακτινοβολίας ( $\text{MJ m}^{-2}$ )

	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ
1	24.85	25.25	28.74	26.96	19.57	18.70
2	14.68	21.56	27.68	27.66	23.61	17.53
3	15.49	27.01	25.09	28.14	22.47	14.11
4	8.94	25.91	16.65	27.29	22.60	19.49
5	17.79	29.84	26.31	27.02	22.60	17.35
6	12.98	29.53	27.48	21.75	20.92	18.58
7	27.63	29.38	28.47	20.57	17.19	19.36
8	24.52	28.84	29.15	24.69	17.79	19.48
9	27.96	29.10	29.33	27.07	15.02	18.98
10	28.64	29.80	28.32	25.98	18.76	18.81
11	28.63	28.51	29.94	26.22	9.33	18.47
12	27.75	38.92	20.18	18.77	8.58	17.21
13	28.39		29.50	25.62	20.09	8.81
14	27.48		28.13	26.06	17.09	14.28
15	26.30		28.84	19.38	14.70	2.97
16	24.19		28.71	26.05	19.60	7.88
17	15.09		25.15	26.26	16.16	3.59
18	24.50		27.93	25.76	16.79	15.19
19	15.79		28.75	26.05	13.49	15.39
20	27.52		27.46	26.37	18.15	15.03
21	22.63		28.89	25.62	21.14	16.94
22	29.45		29.36	25.50	21.88	15.09
23	28.65	30.09	29.72	25.98	21.05	14.14
24	28.20	29.10	28.93	25.73	16.59	5.14
25	27.87	26.92	28.02	24.81	20.23	3.26
26	24.53	29.80	27.67	24.07	9.53	5.98
27	28.49	29.17	28.49	25.56	17.34	6.19
28	28.71	29.27	29.20	25.92	19.81	5.83
29	26.52	23.31	28.82	24.93	20.41	11.22
30	28.20	28.77	27.84	22.76	18.31	5.66
31	28.83		27.31	20.01		6.57
AVG	<b>24.23</b>	<b>28.50</b>	<b>27.62</b>	<b>24.99</b>	<b>18.03</b>	<b>12.81</b>

Πίνακας 41. Ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης (mm)

ΗΜΕΡΑ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ
1						
2						
3		0.4	0.8			2.6
4						
5						
6	6.0				2.6	
7	1.0					
8						
9						
10					0.2	
11					14.0	
12					25.4	
13						1.2
14		0.2			2.0	
15					3.4	10.0
16						25.0
17					1.6	3.6
18					22.4	0.4
19					1.2	
20						
21						
22						
23						
24						3.8
25						23.2
26					1.2	14.2
27						0.8
28						
29						
30						
31				0.8		1.0
<b>SUIM</b>	<b>7.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>74.0</b>	<b>85.8</b>

## 7. ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1:</b> Τιμές albedo διαφόρων υλικών ( <a href="http://www.concretepromotion.com/education_11.html">http://www.concretepromotion.com/education_11.html</a> ).	8
<b>Εικόνα 2:</b> Εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα ( <a href="http://www.citywindsor.ca">www.citywindsor.ca</a> ).	18
<b>Εικόνα 3:</b> Εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα (Μέγαρο Μουσικής Αθηνών) ( <a href="http://www.liveinspector.gr">www.liveinspector.gr</a> ).	21
<b>Εικόνα 4:</b> Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα ( <a href="http://www.greenroofsolutions.com">www.greenroofsolutions.com</a> ).	22
<b>Εικόνα 5:</b> Το φυτό <i>Helichrysum italicum</i> .	33
<b>Εικόνα 6:</b> Ανθοφορία (Α), διπλή ανθοφορία (Β) φυτού <i>Helichrysum italicum</i> .	34
<b>Εικόνα 7:</b> Αποξηραμένα άνθη σε φυτό <i>Helichrysum italicum</i> .	34
<b>Εικόνα 8:</b> Το φυτό <i>Helichrysum orientale</i> .	35
<b>Εικόνα 9:</b> Στάδιο μπουμπουκιού (Α), στάδιο πριν την ανθοφορία (Β), στάδιο ανθοφορίας (Γ) φυτού <i>Helichrysum orientale</i> .	35
<b>Εικόνα 10:</b> Έρριζα μοσχεύματα <i>Helichrysum italicum</i> (Α) και <i>Helichrysum orientale</i> (Β).	47
<b>Εικόνα 10:</b> Πειραματικό τεμάχιο στο δώμα του Κεντρικού Κτιρίου Γ.Π.Α.	48
<b>Εικόνα 12:</b> Διηθητικό φύλλο (Α), αποστραγγιστικό στοιχείο (Β) και υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας μόνωσης (Γ) σε κιβώτιο εγκατάστασης	49
<b>Εικόνα 13:</b> Παροχή νερού και προγραμματιστές ηλεκτροβάνας αρδευτικού.	52
<b>Εικόνα 14:</b> Διάταξη σταλλακτών στο κιβώτιο.	53
<b>Εικόνα 15:</b> Χλώρωση φυλλώματος <i>Helichrysum italicum</i> (Α) και <i>Helichrysum orientale</i> (Β) στις 25 Ιουνίου (35 ημέρες από τη φύτευση).	54
<b>Εικόνα 14:</b> Πιθανή τροφοπενία Mg σε <i>H. orientale</i> στις 9 Σεπτεμβρίου (131 ημέρες από τη φύτευση).	54
<b>Εικόνα 17:</b> Αρχικό στάδιο προσβολής πιθανώς από ακάρεα σε <i>Helichrysum orientale</i> .	58
<b>Εικόνα 18:</b> Τελικό στάδιο προσβολής σε <i>Helichrysum orientale</i> .	58
<b>Εικόνα 19:</b> Κάμπια λεπιδοπτέρων (Α) και καταστροφές στο <i>Helichrysum orientale</i> (Β, Γ).	59

<b>Εικόνα 20:</b> Ωίδιο σε <i>Helichrysum italicum</i> .	56
<b>Εικόνα 21:</b> Στήλη σε απορροή.	59
<b>Εικόνα 22:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum italicum</i> σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	81
<b>Εικόνα 23:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum italicum</i> σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	82
<b>Εικόνα 24:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum italicum</i> σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	88
<b>Εικόνα 25:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum italicum</i> σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	89
<b>Εικόνα 26:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum orientale</i> σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	98
<b>Εικόνα 27:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum orientale</i> σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	99
<b>Εικόνα 28:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum orientale</i> σε υπόστρωμα βάθους 15 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	106
<b>Εικόνα 29:</b> Τελική ανάπτυξη <i>Helichrysum orientale</i> σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm σε υπόστρωμα τύρφης με αραιή άρδευση (Α), με συχνή άρδευση (Β) και σε υπόστρωμα κομπόστας με αραιή άρδευση (Γ), με συχνή άρδευση (Δ).	107

**8. ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>Πίνακας 1:</b> Βάρος φυτεμένου δώματος ( $\text{kg m}^{-2}$ ) πριν και μετά τη διαβροχή σε υπόστρωμα βάθους 15 cm και 7,5 cm, όπου Τ:Τύρφη, Ε:Έδαφος, Π:Περλίτης, Κ:Κομπόστα	51
<b>Πίνακας 2.</b> Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη μηνιαία και απόλυτη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρος ( $^{\circ}\text{C}$ )	55
<b>Πίνακας 3.</b> Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία σχετική υγρασία (%)	56
<b>Πίνακας 4.</b> Μέση μηνιαία, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία ολική ακτινοβολία ( $\text{MJ/ m}^2$ )	56
<b>Πίνακας 5.</b> Συνολική μηνιαία βροχόπτωση (mm) και ημέρες βροχόπτωσης	57
<b>Πίνακας 6:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> τον 1 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)	75
<b>Πίνακας 7:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> το 2 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)	76
<b>Πίνακας 8:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> τον 3 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)	77
<b>Πίνακας 9:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> τον 4 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9/2009)	78
<b>Πίνακας 10:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)	79
<b>Πίνακας 11:</b> Συνολική μεταβολή ύψους (cm) <i>H. italicum</i> (21/5-21/10/2009)	80
<b>Πίνακας 12:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. italicum</i> το 2 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)	83
<b>Πίνακας 13:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. italicum</i> το 3 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)	84
<b>Πίνακας 14:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. italicum</i> τον 4 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9/2009)	85
<b>Πίνακας 15:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. italicum</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)	86
<b>Πίνακας 16:</b> Συνολική μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. italicum</i> (21/6-21/10/2009)	87

<b>Πίνακας 17:</b> Νωπό Βάρος (g) <i>H. italicum</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)	90
<b>Πίνακας 18:</b> Ξηρό Βάρος (g) <i>H. italicum</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)	91
<b>Πίνακας 19:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> τον 1 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)	92
<b>Πίνακας 20:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> το 2 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)	93
<b>Πίνακας 21:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> τον 3 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)	94
<b>Πίνακας 22:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> τον 4 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9-2009)	95
<b>Πίνακας 23:</b> Μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)	96
<b>Πίνακας 24:</b> Συνολική μεταβολή ύψους (cm) <i>H. orientale</i> (21/5-21/10/2009)	97
<b>Πίνακας 25:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> τον 1 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/5-21/6/2009)	100
<b>Πίνακας 26:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> τον 2 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/6-21/7/2009)	101
<b>Πίνακας 27:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> τον 3 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/7-21/8/2009)	102
<b>Πίνακας 28:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> τον 4 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/8-21/9-2009)	103
<b>Πίνακας 29:</b> Μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/9-21/10/2009)	104
<b>Πίνακας 30:</b> Συνολική μεταβολή διαμέτρου (cm) <i>H. orientale</i> (21/5-21/10/2009)	105
<b>Πίνακας 31:</b> Νωπό Βάρος (g) <i>H. orientale</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης (21/10/2009)	108
<b>Πίνακας 32:</b> Μέσο Ξηρό Βάρος <i>H. orientale</i> τον 5 <sup>ο</sup> μήνα ανάπτυξης	109
<b>Πίνακας 33:</b> Φαινόμενη πυκνότητα (ΡΦ) σε $\text{gr cm}^{-3}$ , εύκολα διαθέσιμο νερό (RAW) και ολικό πορώδες (ΟΠ) υποστρωμάτων σε % (v/v)	111



---

<b>Πίνακας 34:</b> pH και EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) υποστρωμάτων σε εκχύλισμα αναλογίας 1:5	112
<b>Πίνακας 35:</b> Περιεκτικότητα αζώτου (N) %, φωσφόρου(P) σε $\text{mg kg}^{-1}$ και καλίου (K) σε $\text{mg kg}^{-1}$ .	113
<b>Πίνακας 36:</b> Περιεκτικότητα μαγνησίου (Mg), νατρίου (Na) και ασβεστίου (Ca) σε $\text{mg kg}^{-1}$ .	114
<b>Πίνακας 37.</b> Μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρος ( $^{\circ}\text{C}$ )	129
<b>Πίνακας 38.</b> Μέγιστες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρος ( $^{\circ}\text{C}$ )	130
<b>Πίνακας 39.</b> Μέσες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας (%)	131
<b>Πίνακας 40.</b> Μέσες ημερήσιες τιμές ολικής ακτινοβολίας ( $\text{MJ m}^{-2}$ )	132
<b>Πίνακας 41.</b> Ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης (mm)	133

**9. ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

<b>Σχήμα 1.</b> Επίπεδα φυτεμένου δώματος (Caudrey, 2005).	24
<b>Σχήμα 2.</b> Ρυθμός ανάπτυξης ύψους του είδους <i>Helichrysum italicum</i> .	80
<b>Σχήμα 3.</b> Ρυθμός ανάπτυξης ύψους του είδους <i>Helichrysum orientale</i> .	97
<b>Σχήμα 4:</b> Καμπύλες υγρασίας υποστρωμάτων, όπου θ: ποσοστό υγρασίας και Η: φορτίο πίεσης.	110
<b>Σχήμα 5.</b> Ξηρό βάρος του είδους <i>Helichrysum italicum</i> .	119
<b>Σχήμα 6.</b> Ρυθμός ανάπτυξης ύψους του είδους <i>Helichrysum orientale</i> .	120
<b>Σχήμα 7.</b> Νωπό βάρος του είδους <i>Helichrysum orientale</i> .	120
<b>Σχήμα 8.</b> Ξηρό βάρος του είδους <i>Helichrysum orientale</i> .	120