

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Διερεύνηση της επίδρασης του βάθους του υποστρώματος
και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του αυτοφυούς είδους
Limoniastrum monopetalum σε συνθήκες αστικού φυτοδώματος

Χριστίνα Δ. Σεβαστού

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Μαρία Παπαφωτίου, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Αθήνα 2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Διερεύνηση της επίδρασης του βάθους του υποστρώματος
και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του αυτοφυούς είδους
Limoniastrum monopetalum σε συνθήκες αστικού φυτοδώματος

“The effect of substrate depth and irrigation frequency on the growth
of the native plant *Limoniastrum monopetalum* in urban green roof conditions”

Χριστίνα Δ. Σεβαστού

Εξεταστική Επιτροπή:

Μαρία Παπαφωτίου, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Αγγελική Παρασκευοπούλου, Επίκ. Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ιωάννης Μάσσας, Καθηγητής ΓΠΑ

Διερεύνηση της επίδρασης του βάθους του υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του αυτοφυούς είδους *Limoniastrum monopetalum* σε συνθήκες αστικού φυτοδώματος

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πυκνή δόμηση και η έλλειψη χώρων πρασίνου στα αστικά κέντρα οδηγούν σε σημαντικά προβλήματα, όπως είναι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η δημιουργία δυσμενών μικροκλιματικών συνθηκών και το χαμηλό βιοτικό επίπεδο των κατοίκων. Η εγκατάσταση φυτεμένων δωμάτων στα ήδη υπάρχοντα, αλλά και στα νέα κτίρια μπορεί να αποτελέσει μία βιώσιμη λύση για την αύξηση του αστικού πρασίνου και να μετριάσει τα προβλήματα αυτά. Η επιλογή αυτοφυών φυτών μάλιστα για τη φύτευση των δωμάτων, μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση του τοπικού χαρακτήρα και να ενισχύσει τη βιοποικιλότητα της περιοχής.

Στην παρούσα ερευνητική μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση του βάθους υποστρώματος, καθώς και της συχνότητας άρδευσης, στην εγκατάσταση και υπέργεια ανάπτυξη του αυτοφυούς φυτού *Limoniastrum monopetalum* σε αστικό φυτοδώμα, με σκοπό να εμπλουτιστεί ο κατάλογος των αυτοφυών φυτών που μπορούν να καλλιεργηθούν σε φυτοδώματα εκτατικού τύπου σε ξεροθερμικές περιοχές.

Έρριζα μοσχεύματα του φυτού φυτεύτηκαν στις 23 Νοεμβρίου 2018 ανά δύο σε πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 40x60 cm με υποδομή φυτοδώματος και υπόστρωμα που περιείχε κομπόστ στεμφύλων, περλίτη και ελαφρόπετρα σε αναλογία κατ' όγκο 3:3:4. Όλα τα κιβώτια τοποθετήθηκαν σε πλήρως εκτεθειμένο δώμα του 2^{ου} ορόφου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Χρησιμοποιήθηκαν 2 βάθη υποστρώματος και εφαρμόστηκαν 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης. Συνολικά τοποθετήθηκαν 48 φυτά, εκ των οποίων 24 φυτεύτηκαν σε υπόστρωμα με βάθος 7,5 cm και 24 φυτά σε υπόστρωμα με βάθος 15 cm. Στα 12 φυτά για κάθε βάθος εφαρμόστηκε από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο κανονική άρδευση και στα άλλα 12 αραυή άρδευση. Η κανονική άρδευση (5 -10 % υγρασία υποστρώματος) ήταν κάθε 4 ημέρες το Μάιο και τον Ιούνιο και κάθε 2

ημέρες τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο, ενώ η αραιή άρδευση (4 -5 % υγρασία υποστρώματος) ήταν κάθε 6 και κάθε 4 ημέρες αντίστοιχα.

Η ανάπτυξη αξιολογήθηκε μετρώντας το ύψος των φυτών, το αριθμό των πλάγιων βλαστών και το μήκος των πλάγιων βλαστών κάθε μήνα, καθώς και το νωπό και το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στο τέλος του πειράματος (11 μήνες καλλιέργειας). Επίσης προσδιορίστηκαν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η περιεκτικότητα του κομπόστ στεμφύλων σε θρεπτικά συστατικά, οι τιμές της υγρασίας του υποστρώματος για τον μήνα Ιούλιο και η αντίσταση των φύλλων επίσης για τον μήνα Ιούλιο.

Η καλλιέργεια σε υπόστρωμα βάθους 15 cm έδωσε φυτά μεγαλύτερου ύψους, με περισσότερους πλάγιους βλαστούς, ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Το μήκος των πλάγιων βλαστών ήταν και αυτό μεγαλύτερο στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα, ενώ τους τελευταίους 3 μήνες του πειράματος, το βαθύ υπόστρωμα σε συνδυασμό με την αραιή συχνότητα άρδευσης προώθησαν την αύξηση του μήκους των πλάγιων.

Το υπέργειο μέρος των φυτών που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα είχαν μεγαλύτερο νωπό βάρος, ανεξάρτητα από τη συχνότητα της άρδευσης, ενώ μεγαλύτερο ξηρό βάρος είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα και δέχονταν αραιή άρδευση. Η αλληλεπίδραση της αραιής άρδευσης με το βαθύ υπόστρωμα ίσως ευνόησε και την ανθοφορία των φυτών, καθώς τα τρία εκ των τεσσάρων φυτών που άνθισαν καλλιεργήθηκαν υπό αυτές τις συνθήκες.

Επομένως, η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι είναι δυνατή η καλλιέργεια του *Limoniastrum monopetalum* σε συνθήκες αστικού φυτοδώματος και ότι το υπόστρωμα βάθους 15 cm είναι ιδανικό για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, χωρίς να είναι απαγορευτική η χρήση πιο ρηχού υποστρώματος. Επιπλέον, η εφαρμογή αραιής άρδευσης, δεν επηρέασε αρνητικά κανέναν από τους παράγοντες ανάπτυξης, αντίθετα φάνηκε ότι αλληλεπιδρώντας με το βαθύ υπόστρωμα ευνόησε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αυτό είναι ιδιαίτερο σημαντικό, καθώς μέσω της αραιής συχνότητας άρδευσης θα εξασφαλιστεί η απαιτούμενη εξοικονόμηση υδατικών αποθεμάτων.

Επιστημονική περιοχή: Φυτοδώματα

Λέξεις κλειδιά: Λιμονίαστρο μονοπέταλο, συχνότητα άρδευσης υδατική καταπόνηση, βάθος υποστρώματος, αστικό φυτοδώμα, αυτοφυές είδος

The effect of substrate depth and irrigation frequency on the growth of the native plant *Limoniastrum monopetalum* in urban green roof conditions

Department of Crop Science

Laboratory of Floriculture and Landscape Architecture

ABSTRACT

Dense construction and lack of green spaces in urban centers has led to significant problems, such as environmental degradation, creation of unfavorable microclimatic conditions and low standard of living. The installation of green roofs in existing or new buildings can be a sustainable solution to increase urban greening and alleviate these problems. The selection of native plants for greenroofs, can contribute to the preservation of the local character and enhance the biodiversity of the area.

In the present research study, the effect of the substrate depth as well as the frequency of irrigation on the aboveground growth of the native plant *Limoniastrum monopetalum* in urban green roof conditions was investigated, in order to enrich the list of native plants that can grow in extensive green roofs in arid areas.

Rooted cuttings of the plant were planted on November 23st, 2018, by two in plastic boxes measuring 40x60 cm with roof garden infrastructure and substrate containing grape marc compost, perlite and pumice in a volume ratio of 3: 3: 4. All boxes were placed on a fully exposed roof of the 2nd floor of the Agricultural University of Athens.

Two substrate depths were used and two different irrigation frequencies were applied. In total, 48 plants were placed, whereof 24 of them were planted in 7.5 cm substrate depth and the rest in 15 cm substrate depth. Regular irrigation was applied to the 12 plants for each depth from May to September and to the other 12 sparse

irrigation. Regular irrigation (5 -10% substrate moisture) was every 4 days in May and June and every 2 days in July, August and September, while sparse irrigation (4 -5% substrate moisture) was every 6 and every 4 days respectively.

Plant growth was assessed by measuring plant height, number of lateral shoots and lateral shoot length every month, and the fresh and dry weight of the aboveground part of the plants at the end of the experiment (11 months cultivation). Electrical conductivity, pH, and nutrient content of compost, such as the moisture content of the substrate and the resistance of the leaves for the month July were also determined.

Growing on a substrate 15 cm deep yielded higher plants, with more lateral shoots, regardless of the frequency of irrigation. The length of the lateral shoots was also longer in the plants grown in the deep substrate, while in the last 3 months of the experiment, the deep substrate in combination with the sparse irrigation frequency promoted the increase of the lateral shoots length.

The aboveground part of the plants grown in the deep substrate had a higher fresh weight, regardless of the frequency of irrigation, while the plants that were grown in a deep substrate and received sparse irrigation had a higher dry weight. The interaction of sparse irrigation with the deep substrate may have also favored the flowering of the plants, as three of the four flowering plants were grown under these conditions.

Therefore, this study showed that it is possible to grow *Limoniastrum monopetalum* in green roof conditions and that the substrate of 15 cm depth is ideal for more effective plant growth, with the use of a shallower substrate being optional. In addition, the application of sparse irrigation did not adversely affect any of the growth factors, on the contrary, it seemed that the interaction with the deep substrate favored certain characteristics. This is crucial, as sparse irrigation frequency will ensure the wist savings of water resources.

Scientific area: Green roofs

Key words: *Limoniastrum monopetalum*, irrigation frequency, water stress, substrate depth, green roof, native plant

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσά μου, Καθηγήτρια Διευθύντρια του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Μαρία Παπαφωτίου για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, με την ανάθεση του θέματος, αλλά και για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις χρήσιμες παρατηρήσεις και συμβουλές της σε όλα τα στάδια αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, την Επίκ. Καθηγήτρια Αγγελική Παρασκευοπούλου και τον Καθηγητή Ιωάννη Μάσσα, για την κριτική ανάγνωση του κειμένου αλλά και για τις γνώσεις που μου έχουν προσφέρει ως τώρα.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Κ. Μπερτσουκλή, και Ν. Ντούλα, μέλη (Ε.ΔΙ.Π.) του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, και τη Δρ. Κ. Μαρτίνη για την άμεση βοήθειά τους στα πρακτικά θέματα του πειράματος.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους και συναδέλφους Μάγδα, Αγγελική, Νίκο, Εράι, Στέλλα και Φαίδωνα για την πολύτιμη βοήθειά τους, όποτε χρειάστηκε και τους γονείς μου Ελένη και Δημήτρη, για την στήριξη που μου προσφέρουν πάντα.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Φυτεμένο δώμα	1
1.1.1. Ορισμός	1
1.1.2. Ιστορικά στοιχεία	1
1.1.3. Τύποι φυτεμένων δωμάτων	4
1.1.4. Πλεονεκτήματα φυτεμένων δωμάτων	10
1.1.5. Μειονεκτήματα φυτεμένων δωμάτων	24
1.1.6. Αρχές σχεδιασμού φυτεμένων δωμάτων	26
1.1.7. Διαστρωμάτωση υλικών φυτεμένου δώματος.....	27
1.1.8. Αυτοφυή είδη σε φυτεμένα δώματα.....	38
1.2. Λιμονίαστρο το μονοπέταλο, <i>Limoniastrum monopetalum</i> (L.) Boiss.	40
1.2.1. Βοτανική ταξινόμηση.....	40
1.2.2. Καταγωγή – Εξάπλωση.....	42
1.2.3. Μορφολογία του φυτού.....	43
1.2.4. Πολλαπλασιασμός.....	44
1.2.5. Συνθήκες περιβάλλοντος & Χρήσεις	46
1.3. Υλικά υποστρώματος	53
1.3.1. Κομποστοποίηση και κομπόστ.....	53
1.3.2. Περλίτης	56
1.3.3. Ελαφρόπετρα.....	57
1.4. Σκοπός της μελέτης.....	58
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	59
2.1. Φυτικό υλικό	59
2.2. Μεταφύτευση μοσχευμάτων - Κιβώτια φυτοδώματος.....	60
2.3. Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένου δώματος.....	61
2.4. Υπόστρωμα καλλιέργειας.....	63
2.5. Άρδευση	63
2.6. Λίπανση.....	65
2.7. Φυτοπροστασία	65
2.8. Συνθήκες ανάπτυξης.....	65
2.9. Περιγραφή πειράματος.....	66
2.10. Μέτρηση ύψους και πλάγιων βλαστών των φυτών	67
2.11. Μέτρηση υγρασίας υποστρώματος	67

2.12. Προσδιορισμός αντίστασης των.....	68
2.13. Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους.....	69
2.14. Προσδιορισμός pH και Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC) κομπόστ στεμφύλων	69
2.15. Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων του κομπόστ στεμφύλων.....	70
2.16. Πειραματικό σχέδιο – Στατιστική επεξεργασία	74
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	76
3.1. Το φυτό <i>Limoniastrum monopetalum</i>	76
3.1.1. Ύψος φυτού.....	76
3.1.2. Αριθμός πλάγιων βλαστών	80
3.1.3. Μήκος πλάγιων βλαστών	85
3.1.4. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών	92
3.1.5. Ανθοφορία.....	94
3.2. Μέση τιμή υγρασίας υποστρώματος και αντίστασης των φύλλων	95
3.3. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του κομπόστ στεμφύλων.....	97
3.4. Ανόργανα στοιχεία κομπόστ	97
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	98
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	114

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φυτεμένο δώμα

1.1.1. Ορισμός

Ως φυτεμένο δώμα ή φυτοδώμα μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε χώρος πρασίνου μερικώς ή ολικώς καλυμμένος με φυτά, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μία δομική κατασκευή. Αυτός ο χώρος πρασίνου μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε στάθμη της δομικής κατασκευής αλλά σε κάθε περίπτωση τα φυτά δε φυτεύονται στο έδαφος. Οι πράσινες στέγες, στις οποίες χρησιμοποιούνται κιβώτια φύτευσης και φυτοδοχεία δεν πρέπει να συγχέονται με την εγκατάσταση του φυτεμένου δώματος, η οποία εφαρμόζεται ως ένα άλλο στρώμα του συστήματος στέγης. Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης γνωστά και ως πράσινες στέγες (*green roofs*), κήποι δωμάτων (*roof gardens*), οικολογικές στέγες ή οικολογικά δώματα (*eco roofs*), πράσινες ταράτσες, πράσινες οροφές, ταρατσόκηποι και οροφόκηποι (Peck *et al.*, 1999; Velasquez, 2005; Παπαναστασάτος, 2011).

1.1.2. Ιστορικά στοιχεία

Τα φυτεμένα δώματα δεν είναι νέο φαινόμενο, αντιθέτως αποτελούν τυπική κατασκευαστική πρακτική σε πολλές χώρες για χιλιάδες χρόνια. Αυτό οφείλεται κυρίως στις εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες του συνδυασμού φυτών και εδαφικού στρώματος (Peck *et al.*, 1999).

Τα παλαιότερα γνωστά καταγεγραμμένα πράσινα δώματα είναι τα ζιγκουράτ της αρχαία Μεσοποταμίας, ογκώδεις πέτρινες κατασκευές που χτίστηκαν μεταξύ 4.000 - 600 π.Χ. και είχαν τη μορφή βαθμιδωτής πυραμίδας. Μια σειρά από σκάλες κατά μήκος της εξωτερικής περιμέτρου της πυραμίδας παρείχε πρόσβαση στα διάφορα επίπεδα της κατασκευής. Δεδομένου ότι δεν υπήρχαν εσωτερικά δωμάτια, τα δέντρα και τα ανθόφυτα σε κάθε βεράντα των τεράστιων ζιγκουράτ παρείχαν ένα δροσερό, σκιερό μέρος για τον επισκέπτη, για να ξεκουραστεί από τον καυτό

βαβυλωνιακό ήλιο. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας είναι ίσως η πιο γνωστή κατασκευή φυτεμένου δώματος. Λέγεται ότι χτίστηκαν γύρω στο 500 - 600 π.Χ. και θεωρούνται ένα από τα επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου. Εμπνευστής τους ήταν ο Ναβουχοδονόσορ Β΄, ο ισχυρότερος μονάρχης της νεοβαβυλωνιακής αυτοκρατορίας. Μια άλλη θεωρία λέει ότι οι κήποι χτίστηκαν από τη βασίλισσα των Ασσυρίων Σεμίραμι, γύρω στο 810 π.Χ., ωστόσο έχουν εκφραστεί πολλές αμφιβολίες για τη φυσική ύπαρξή τους (Δ1; Δ2; Peck *et al.*, 1999).



Εικόνα 1. Αντιπροσωπευτικό σκίτσο ζιγκουράτ (Δ1).

Οι πράσινες στέγες ήταν επίσης ένα ουσιαστικό μέρος της ρωμαϊκής ζωής. Ήταν μια προέκταση του καθιστικού, ένα μέρος για να αναζητήσουν καταφύγιο από τη ζέστη, για να κοινωνικοποιηθούν και να δειπνήσουν. Στην Πομπηία πολλοί καλλιεργούσαν αμπέλια και άλλα φυτά στα μπαλκόνια του τελευταίου ορόφου. Ένας τύπος φυτεμένου δώματος έχει βρεθεί στη Βίλα των Μυστηρίων, κοντά στη Βορειοδυτική πύλη της Πομπηίας (Εικόνα 2α). Το δώμα αυτό λειτουργούσε ως εξωτερικό σαλόνι και ήταν το κέντρο της κοινωνικής δραστηριότητας. Επίσης, ο αρχαίος συγγραφέας Πλίνιος έχει γράψει για δέντρα που εισάγονταν για τη δημιουργία κήπων στην κορυφή κτιρίων, όπως στα μαυσωλεία των αυτοκρατόρων Αυγούστου και Αδριανού. Κατά την Αναγέννηση, οι πράσινες στέγες ήταν προνόμιο των πλουσίων στην Ιταλία, ιδίως στην πόλη της Γένοβας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί και το παλάτι Palazzo Piccolomini στην πόλη Πιέντσα, το οποίο αποτελούσε την ιδιωτική καλοκαιρινή κατοικία του Πάπα Πίου Β΄ (Εικόνα 2β). Πάνω από το παλάτι υπήρχε ένας υπέροχος κήπος με διαμορφωμένα δέντρα και περιποιημένα παρτέρια (Δ1; Jashemski, 1979; Gorse, 1983; Peck *et al.*, 1999).



Εικόνα 2. Αριστερά το φυτεμένο δώμα της Βίλας των Μυστηρίων (α) και δεξιά το φυτεμένο δώμα του Palazzo Piccolomini (β), (Δ1).

Ωστόσο, δεν έχουν σχεδιαστεί όλοι οι κήποι οροφής με σκοπό να εντυπωσιάσουν. Οι Βίκινγκς κάλυπταν τους τοίχους και τις στέγες των σπιτιών τους με χλοοτάπητα για προστασία από τον άνεμο και τη βροχή, ενώ μερικές φορές χρησιμοποιούσαν θαλάσσια φύκια για να μονώσουν τις στέγες τους. Στη Νορβηγία τοποθετούσαν ένα στρώμα από φλοιό σημύδας, ως μεμβράνη στεγανοποίησης, ακολουθούμενο από ένα στρώμα κλαδιών για αποστράγγιση καλυμμένο από χλοοτάπητα. Μία παρόμοια τεχνική φυτοδώματος μεταφέρθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά από Νορβηγούς μετανάστες (Δ1; Donnelly, 1992; Farrar, 1996; Peck *et al.*, 1999).

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η αρχιτεκτονική άλλαξε δραματικά. Οι μοντερνιστές αρχιτέκτονες, όπως ο Le Corbusier και ο Frank Lloyd Wright εισήγαγαν μία νέα μορφή σχεδιασμού, στην οποία η στέγη άρχισε να έχει πρωταγωνιστικό ρόλο. Όπως έλεγε ο ίδιος ο Le Corbusier, είναι παράλογο μια ολόκληρη επιφάνεια της πόλης να μένει αχρησιμοποίητη. Συγκεκριμένα, στο αρχιτεκτονικό του μανιφέστο «Τα πέντε σημεία μιας νέας αρχιτεκτονικής», το ένα σημείο αφορά το «δώμα-κήπο». Σε αυτό αναπτύσσεται μεταξύ άλλων η σκέψη του για την αλλαγή της μορφής της στέγης από επικλινή σε επίπεδη και τη φύτευσή της με θάμνους, ακόμα και με χαμηλά δέντρα. Έτσι, το επίπεδο του δώματος μετατρέπεται σε ένα βιοτικό χώρο, που προσφέρεται για περιπάτους και έκθεση στον ήλιο και στον οποίο πραγματοποιείται η σύζευξη του ανθρώπου και της φύσης. Τα δώματα, στο όραμα του αρχιτέκτονα είναι τόποι υγείας, αναζωογόνησης και πνευματικής διαύγειας (Δ1; Le Corbusier, 1923; Von Moos, 2009; Χριστοπούλου, 2013).

Τα τελευταία χρόνια η ιδέα των φυτεμένων δωμαίων και των κάθεται κήπων έχουν υιοθετηθεί ευρέως στη Βόρεια Ευρώπη, λόγω των αυξανόμενων ανησυχιών για την υποβαθμισμένη ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος και τη ραγδαία μείωση του πράσινου χώρου σε έντονα αναπτυγμένες περιοχές. Κατά τις δεκαετίες του 1960 και 1970 η τεχνογνωσία γύρω από τα φυτεμένα δώματα αναπτύχθηκε και βελτιώθηκε σε πολλές χώρες, ιδίως στη Γερμανία και στην Ελβετία και διεξήχθη σημαντική τεχνική έρευνα σχετικά με διάφορα στοιχεία της τεχνολογίας των φυτοδωμαίων, όπως οι παράγοντες απόθησης ριζών, οι αδιάβροχες μεμβράνες, το σύστημα αποστράγγισης, το ελαφρύ υπόστρωμα καλλιέργειας και το φυτικό υλικό. Στη Γερμανία η ανάπτυξη της αγοράς των φυτεμένων δωμαίων επεκτάθηκε γρήγορα στη δεκαετία του 1980 και μέχρι το 1996 είχαν φυτευτεί 10 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα στεγών. Αυτή η τεράστια ανάπτυξη οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην υποστηρικτική νομοθεσία και τις κρατικές επιχορηγήσεις, τις οποίες υιοθέτησαν και άλλες χώρες όπως η Αυστρία, η Ελβετία, η Γαλλία και η Νορβηγία. Ένα βασικό κίνητρο για την υποστηρικτική πολιτική αυτών των χωρών όσον αφορά την εφαρμογή των φυτεμένων δωμαίων ήταν το όφελος που συνδέεται με τη βελτιωμένη διαχείριση της ποιότητας και της ποσότητας των όμβριων υδάτων (Peck *et al.*, 1999).

1.1.3. Τύποι φυτεμένων δωμαίων

Ανάλογα με τη χρήση του φυτεμένου δώματος, τους κατασκευαστικούς παράγοντες, όπως η ικανότητα της κατασκευής να δεχθεί πρόσθετα φορτία, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τη θέση του κήπου και τις απαιτήσεις του σε νερό και συντήρηση, διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι, τα εντατικού τύπου φυτοδώματα, τα ημιεντατικού τύπου και τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα (FLL, 2008; Ευαγγελίου *et al.*, 2008).

1.1.3.1. Εντατικός τύπος

Τα εντατικού τύπου φυτοδώματα (*Intensive green roofs*) πήραν το όνομά τους λόγω της εντατικής ανάγκης τους για συντήρηση. Χαρακτηρίζονται από μεγάλο βάρος και βάθος υποστρώματος, υψηλό κόστος κεφαλαίου και μεγάλη ποικιλία

φυτεύσεων. Το μέσο ανάπτυξης των φυτών έχει ως βάση το χώμα, το βάθος του κυμαίνεται από 20 έως 60 cm, και το βάρος του από 290 έως 967,7 k m⁻². Εξαιτίας του αυξημένου βάθους του υποστρώματος, η φύτευση μπορεί να αποτελείται από πολυετή και ετήσια φυτά, αγρωστώδη, βολβώδη, θάμνους, ακόμη και δέντρα. Το ευρύ αυτό φάσμα των διαθέσιμων επιλογών δίνει τη δυνατότητα το δώμα να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μοιάζει με το τοπίο που συναντάται στο επίπεδο του φυσικού εδάφους, ενώ παράλληλα ευνοείται η ανάπτυξη ενός πολύπλοκου οικοσυστήματος. Οι ανάγκες συντήρησης και άρδευσης αυτών των φυτοδωμάτων είναι μεγάλες και συνεχείς, για το λόγο αυτό απαιτείται τακτική επίβλεψη, εγκατάσταση συστήματος άρδευσης και λιπάνσεις (Peck *et al.*, 1999; Getter & Rowe, 2006; FLL, 2008).

Τα φυτεμένα δώματα εντατικού τύπου περιορίζονται κυρίως σε επίπεδες στέγες και συνήθως είναι προσβάσιμα από το κοινό. Συχνή είναι και η προσθήκη αρχιτεκτονικών παρεμβάσεων σε αυτά, όπως καταρράκτες, λίμνες και καθιστικά. Τέτοιου τύπου στέγες μπορούν να αποτελέσουν χώρους αναψυχής, όπου οι άνθρωποι μπορούν να αλληλεπιδρούν τόσο με τη φύση όσο και μεταξύ τους (Velazquez, 2005).

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα εντατικού τύπου σύστημα φύτευσης συνήθως απαιτεί περισσότερη δομική υποστήριξη, έτσι ώστε να φιλοξενεί το επιπλέον βάρος του υποστρώματος ανάπτυξης αλλά και του κοινού που το επισκέπτεται (Yannick, 2009).

Μερικά παραδείγματα εντατικού τύπου φυτοδωμάτων είναι το High Line, ένα πάρκο το οποίο έχει διαμορφωθεί 9 m πάνω από το επίπεδο του δρόμου, σε μια παλιά σιδηροδρομική γραμμή στη Νέα Υόρκη των ΗΠΑ (Εικόνα 3), το φυτοδώμα στο Baltimore Convention Center στη Βαλτιμόρη των ΗΠΑ, το Jubilee Park στο Λονδίνο, το οποίο είναι κατασκευασμένο πάνω από σιδηροδρομικό σταθμό και έχει έκταση 13.060 m² (Εικόνα 4) αλλά και η πράσινη στέγη του Cannon Street Station στο Λονδίνο (Δ2; Δ3; Yannick, 2009).



Εικόνα 3. Το εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα High Line στη Νέα Υόρκη (Δ2).



Εικόνα 4. Το εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα Jubilee Park στο Λονδίνο (Δ3).

1.1.3.2. Εκτατικός τύπος

Τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα (*Extensive green roofs*) χαρακτηρίζονται από την ανάγκη για ελάχιστη συντήρηση, από το χαμηλό βάρος και βάθος υποστρώματος και το χαμηλό κόστος κεφαλαίου. Το μέσο ανάπτυξης των φυτών αποτελείται συνήθως από ένα μείγμα άμμου, χαλικιών, θρυμματισμένων πλίνθων, τύρφης, οργανική ύλης και χώματος και ποικίλλει σε βάθος από 5 έως 15 cm και σε βάρος από 72,6 έως 169,4 k m⁻². Λόγω της ρηχότητας του εδάφους και του ακραίου μικροκλίματος, τα φυτά πρέπει να είναι χαμηλά και ανθεκτικά, συνήθως αλπικά, ξηροφυτικά ή ιθαγενή και να έχουν την ικανότητα να αναγεννώνται εύκολα. Συνήθως χρησιμοποιούνται βότανα, αγρωστώδη, πόες και ανθεκτικά στην ξηρασία παχύφυτα όπως τα είδη *Sedum*, σε κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει να είναι εγκλιματισμένα στην εκάστοτε περιοχή. Τα φυτά αρδεύονται και λιπαίνονται μόνο μέχρι την εγκατάστασή τους και μετά το πρώτο έτος η συντήρηση περιλαμβάνει 2 έως 3 επισκέψεις το χρόνο για βοτάνισμα των επεκτατικών θαμνωδών και δενδρωδών

ειδών, κλάδεμα και επιθεώρηση της ασφάλειας της στεγανοποιητικής μεμβράνης. Κατά γενικό κανόνα, απαιτείται ελάχιστη τεχνική ή πρακτική εμπειρία για την εγκατάσταση και τη συντήρηση αυτού του τύπου φυτοδώματος (Peck *et al.*, 1999; Getter & Rowe, 2006; FLL, 2008).

Δεδομένου του χαμηλού βάρους υποστρώματος, αυτή η μέθοδος ενδείκνυται για μεγάλες στέγες και για ήδη υπάρχουσες κατασκευές. Τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα μπορούν να δημιουργηθούν πάνω σε κεκλιμένη επιφάνεια, με κλίση μέχρι 30°, αν και υπάρχουν φυτεμένα δώματα που βρίσκονται ακόμα και σε κλίση 40°, με την προϋπόθεση βέβαια της κατάλληλης ενίσχυσης. Συνήθως δεν είναι προσβάσιμα και δεν προορίζονται για επίσκεψη και αναψυχή, καθώς ο ρόλος τους είναι κυρίως οικολογικός (Velazquez, 2005; Yannick, 2009).

Ο στόχος του εκτεταμένου συστήματος φύτευσης είναι η κλιμάκωση της φυσικής διαδικασίας της αναγέννησης, η ανάπτυξη δηλαδή της φυσικής βλάστησης με σκοπό την εγκατάσταση ενός πληθυσμού με διάρκεια. Οι πιο αδιάσπαστες περιοχές βλάστησης αποτελούνται από βρύα, παχύφυτα, ποώδη φυτά και αγρωστώδη και μπορούν να συμπληρωθούν με βολβούς και κόνδυλους. Η βλάστηση υφίσταται μια φυσική διαδικασία αλλαγής, συμπεριλαμβανομένων νέων ειδών φυτών που μπορούν να ριζώσουν ανάμεσα. Εάν είναι επιθυμητό ένα συγκεκριμένο αισθητικό αποτέλεσμα, π.χ. ένα συγκεκριμένο σχέδιο φύτευσης με άνθη και παχύφυτα, είναι απαραίτητη η λίπανση των φυτών (FLL, 2008).

Το εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα του μουσείου Ιστορίας Vendée Historial στη Γαλλία, το δώμα του Laban Dance Center στο Λονδίνο όπως και το φυτεμένο δώμα με είδη Sedum στο κατάστημα Greenshop στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας. Στη χώρα μας και συγκεκριμένα στο κέντρο της Αθήνας υπάρχει εκτατικού τύπου φυτοδώμα στον τελευταίο όροφο του κτιρίου του Υπουργείου Οικονομικών (Εικόνα 5).



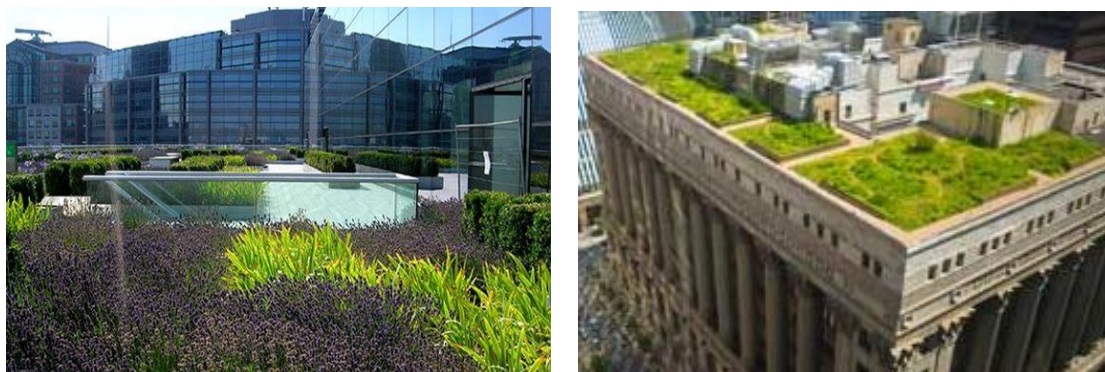
Εικόνα 5. Πάνω δεξιά το εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα του μουσείου Ιστορίας Vendée Historial στη Γαλλία, πάνω αριστερά το φυτεμένο δώμα του Greenshop στο Ηνωμένο Βασίλειο και κάτω το φυτεμένο δώμα στο κτίριο του Υπουργείου Οικονομικών στην Αθήνα (Δ2, Δ4).

1.1.3.3. Ημιεντατικός τύπος

Μία εγκατάσταση φυτεμένου δώματος πιθανότατα να είναι και ένας συνδυασμός εντατικού και εκτατικού τύπου, ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η δομική ικανότητα του κτιρίου, ο προϋπολογισμός και η διαθεσιμότητα υλικών. Ως εκ τούτου, τα ημιεντατικού τύπου φυτοδώματα (*semi-extensive green roofs*) αποτελούν μία ακόμα κατηγορία φυτεμένου δώματος, η οποία αποτελεί έναν ενδιάμεσο τύπο των δύο προαναφερθέντων και συνδυάζουν πολλά από τα περιβαλλοντικά οφέλη των εκτατικών τύπων με μερικά από τα αισθητικά οφέλη των εντατικών (Peck *et al.*, 1999; Dunnett & Nolan, 2004).

Το βάθος υποστρώματος των ημιεντατικών φυτοδωμάτων κυμαίνεται από 15 έως 30 cm και η φύτευσή τους αποτελείται κυρίως από αγρωστώδη, ποώδη φυτά, φυτά εδαφοκάλυψης, πολυετή φυτά και θάμνους. Το εύρος των διαθέσιμων επιλογών είναι περιορισμένο σε σύγκριση με τον εντατικό τύπο, όμως τα φυτά που χρησιμοποιούνται έχουν λίγες απαιτήσεις και χρειάζονται περιστασιακή άρδευση και λίπανση. Επίσης ο ημιεντατικός τύπος έχει χαμηλότερο κόστος κατασκευής και συντήρησης από τον εντατικό τύπο (FLL, 2008).

Παραδείγματα φυτοδωμάτων ημιεντατικού τύπου είναι το δώμα στο εμπορικό κέντρο Bishops Square στο Λονδίνο και το Chicago City Hall green roof στις ΗΠΑ (Εικόνα 6), (Δ2; Yannick, 2009).



Εικόνα 6. Αριστερά το ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο εμπορικό κέντρο Bishops Square στο Λονδίνο και δεξιά το Chicago City Hall green roof στις ΗΠΑ (Δ2).

Μία ακόμα ταξινόμηση των φυτεμένων δωμαίων γίνεται ανάλογα με την προσβασιμότητα ή μη σε αυτά. Ένα προσβάσιμο φυτεμένο δώμα είναι ένας ανοιχτός χώρος που προορίζεται για χρήση από άτομα ως κήπος ή βεράντα. Αυτοί οι τύποι φυτοδωμάτων συχνά περιλαμβάνουν φυτεύσεις, μονοπάτια, καθιστικά, στοιχεία νερού, χώρους παιχνιδιού και κατασκευές για σκιά. Δεδομένου ότι είναι επισκέψιμα από ενοικιαστές, υπαλλήλους ή / και το ευρύ κοινό, πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένες απαιτήσεις ασφαλείας σχετικά με την έξοδο, τα φορτία επιβατών, τα προστατευτικά κιγκλιδώματα και το φωτισμό. Τα προσβάσιμα φυτοδώματα μπορούν να προσφέρουν ένα σημαντικό κοινωνικό όφελος στους χρήστες τους και παράλληλα να αυξήσουν της αγοραία αξία του κτιρίου. Από την άλλη, η λειτουργία ενός μη προσβάσιμου φυτεμένου δώματος είναι είτε αισθητική είτε περιβαλλοντική και ως εκ τούτου, δεν έχει καμία απαίτηση για σκάλες, προστατευτικά κιγκλιδώματα ή άλλα χαρακτηριστικά ασφαλείας. Τα μη προσβάσιμα πράσινα δώματα μπορούν να είναι επίπεδα, καμπύλες ή κεκλιμένα έως 30°. Τα κεκλιμένα και καμπύλα δώματα χρειάζονται επιπλέον οριζόντια δέσιμο για να αποτραπεί η ολίσθηση του υποστρώματος και των φυτών όταν βραχούν (Peck *et al.*, 1999).

1.1.4. Πλεονεκτήματα φυτεμένων δωματίων

Τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν πολλά περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη όπως εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους, μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, βελτίωση της ποιότητας του αέρα, κατακράτηση όμβριων υδάτων, βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας του νερού, φροντίδα των ενδιαιτημάτων, παραγωγή τροφίμων, εργασιακές ευκαιρίες, ευκαιρίες αναψυχής και βελτιωμένη αισθητική (Peck *et al.*, 1999).

1.1.4.1. Περιβαλλοντικά οφέλη

Έλεγχος απορροής όμβριων υδάτων

Το πιο σημαντικό και από όφελος των φυτεμένων δωματίων είναι η ικανότητά τους να κατακρατούν τα κατακρημνίσματα. Η διαχείριση των όμβριων υδάτων στις πόλεις έχει παραδοσιακά επικεντρωθεί στην απομάκρυνση τους μακριά από τα κτίρια και τους δρόμους όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της επιφάνειας μιας πόλης είτε είναι ασφαλτοστρωμένο είτε καλύπτεται με κτίρια, το νερό που διαφορετικά θα διείσδυε στο έδαφος ή θα παρεμποδιζόταν από τη βλάστηση, εκτρέπεται από τις πόλεις μέσω τεχνητών συστημάτων διαχείρισης. Οι μη πορώδεις, σκληρές επιφάνειες των αστικών περιοχών και το παραδοσιακό σύστημα εκτροπής του νερού έχει δημιουργήσει ένα αριθμό προβλημάτων. Κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων, η απορροή των υδάτων από αδιαπέραστες επιφάνειες μπορεί να προκαλέσει υπερχειλίση σε ήδη υπερφορτωμένα συστήματα, με αποτέλεσμα την εκδήλωση έντονων πλημμυρικών φαινομένων και τη μόλυνση λιμνών, ποταμών και άλλων πηγών γλυκού νερού (Peck *et al.*, 1999; Velazquez, 2005).

Ανάλογα με τη διαστρωμάτωση του φυτεμένου δώματος, το βάθος και τις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος, τη γωνία κλίσης της στέγης, το είδος της φύτευσης, την έκταση της φυλλικής επιφάνειας αλλά και την ένταση και τη διάρκεια της βροχόπτωσης, η απορροή του νερού μπορεί να μειωθεί έως και 90% κατά τους θερινούς μήνες και 40 – 50% κατά τους χειμερινούς, με αποτέλεσμα την αποφόρτιση των δικτύων ομβρίων των πόλεων. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ραγδαίων καταιγίδων εμποδίζουν αποτελεσματικά τα πλημμυρικά φαινόμενα (Velazquez, 2005; Getter & Rowe, 2006; Αδάμη, 2016). Οι διαφορετικές φυτεύσεις σε ένα φυτεμένο δώμα

προσδίδουν και διαφορετική ικανότητα μείωσης του απορρέοντος νερού. Ο χλοοτάπητας έχει βρεθεί ότι είναι ο πλέον αποτελεσματικός, ακολουθούν τα βότανα και τα φυτά του γένους *Sedum*. Η ποσότητα της απορροής επηρεάζεται από παράγοντες όπως η δομή του φυτού, η γωνία του φύλλου, πάνω στο βλαστό, η υφή και η μορφολογία των φύλλων (Nagase & Dunnett, 2008).

Ακόμα κι αν τα συστήματα των φυτεμένων δωματίων συγκρατούν τα νερά της βροχής, η απορροή θα εξακολουθήσει να συμβαίνει μετά τον κορεσμό του αποστραγγιστικού συστήματος. Ωστόσο, η απορροή καθυστερεί επειδή χρειάζεται χρόνος για να συμβεί ο κορεσμός και να αποστραγγιστεί το νερό μέσα από τα στρώματα του φυτοδώματος. Αυτή η καθυστέρηση μπορεί να αποτρέψει την υπερχειλίση των συστημάτων αποχέτευσης των όμβριων υδάτων. Τα φυτοδώματα μπορούν να καθυστερήσουν την απορροή μεταξύ 95 λεπτών και 4 ωρών, σε σύγκριση με τα μη φυτοκαλυμμένα δώματα για τα οποία η απορροή είναι σχεδόν στιγμιαία. Με την επιβράδυνση του ρυθμού απορροής και την συγκράτηση των υδάτων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, μπορεί να μετριαστεί η διαβρωτική δύναμη απορροής που εισέρχεται σε ρέματα, είτε μέσω απευθείας απορροής είτε μέσω υπονόμων (Getter & Rowe, 2006).

Βελτίωση της ποιότητας του νερού

Οι αδιαπέραστες επιφάνειες συλλέγουν ρύπους όπως έλαια, βαρέα μέταλλα, άλατα, φυτοφάρμακα και ζωικά απόβλητα. Κατά την απορροή των υδάτων, αυτοί οι μολυσματικοί παράγοντες μπορούν να ξεπλυθούν και να επηρεάσουν την ποιότητα των ρεμάτων. Τα απορρέοντα ύδατα που περιέχουν μεγάλη ποσότητα οργανικής ύλης μπορεί να προκαλέσουν ευτροφισμό των επιφανειακών υδάτων, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα οξυγόνου με αποτέλεσμα την απώλεια υδρόβιων ειδών, ενώ εκτός από το οικοσύστημα, μπορεί να επηρεάσουν και την ανθρώπινη υγεία (Scholz-Barth, 2001; Getter & Rowe, 2006).

Τα φυτεμένα δώματα φιλτράρουν το νερό που διέρχεται μέσα από αυτά και έτσι μπορούν να βοηθήσουν στην αποτροπή της εισόδου αζώτου, φωσφόρου και τοξινών στα υπόγεια ύδατα, στα ρέματα και στα ποτάμια. Τα βαρέα μέταλλα και άλλα στοιχεία που βρίσκονται στο βρόχινο νερό δεσμεύονται στο υπόστρωμα των φυτοδωμάτων. Συγκεκριμένα, τα φυτεμένα δώματα μπορούν να αφαιρέσουν πάνω

από το 95% του καδμίου, του χαλκού και του μολύβδου, και το 16% του ψευδαργύρου και να μειώσουν σημαντικά τα επίπεδα αζώτου από τα νερά της βροχής (Peck *et al.*, 1999; Johnston & Newton, 2004; Velazquez, 2005; Getter & Rowe, 2006).

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που μπορούν να αντιμετωπίσουν είναι η θέρμανση του νερού στα ποτάμια και στους κόλπους, λόγω της απόρριψης θερμών όμβριων υδάτων, η οποία επηρεάζει σημαντικά την υγεία πληθυσμών ψαριών που φυσιολογικά ζουν σε κρύα νερά, όπως ο σολομός. Τα φυτεμένα δώματα δρουν ως σφουγγάρι, απορροφώντας την πλειονότητα της βροχής που πέφτει σε αυτά, ενώ το υπόλοιπο νερό που τελικά απορρέει, φιλτράρεται και ψύχεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών και του υποστρώματος (Velazquez, 2005).

Εξουδετέρωση θερμικών εντάσεων – Βελτίωση του μικροκλίματος

Τα φυτεμένα δώματα είναι ικανά να επηρεάσουν το μικροκλίμα μιας περιοχής, δημιουργώντας πολύ διαφορετικές συνθήκες γύρω από αυτά. Μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε μία τυπική επιφάνεια από σκληρά υλικά όπως σκυρόδεμα ή άσφαλτο ακτινοβολείται ως θερμότητα. Η χρήση ενός στρώματος βλάστησης μπορεί να μειώσει αυτή τη θερμότητα. Τα φυτά είναι σε θέση να ρυθμίζουν τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε αυτά χρησιμοποιείται για την εξατμισοδιαπνοή τους. Εξαιτίας της ενεργειακής απορρόφησης από τα φυτά και της δημιουργίας υδρατμών μειώνεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία στην περιοχή της φύτευσης (Peck *et al.*, 1999).

Η δημιουργία ενός συνεχόμενου δικτύου φυτεμένων δωματίων στην πόλη μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται στο κέντρο των μεγαλουπόλεων και σχετίζεται με την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών στο κέντρο τους λόγω του θετικότερου θερμικού ισοζυγίου της περιοχής (Oke, 1973). Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στις οροφές κτιρίων που καλύπτονται από σκληρά υλικά είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές τις θερμοκρασίες στις οροφές που καλύπτονται από φυτά. Ημέρα, όπου η θερμοκρασία αέρα πλησίαζε τους 35° C, καταγράφηκαν θερμοκρασίες 70° C σε ακάλυπτη στέγη, και 25° C σε φυτεμένο δώμα. Οι διαφορές στις θερμοκρασίες αυτές

έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή θερμότητας στο κτίριο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του. Έτσι, ελαττώνεται η χρήση κλιματιστικών για την ψύξη των εσωτερικών χώρων των κτιρίων και κατ' επέκταση περιορίζεται και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Moran *et al.*, 2004; Περγαλιώτη, 2010).

Βελτίωση της ποιότητας του αέρα

Οι αστικές περιοχές τείνουν να διατηρούν συνεχώς την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι επιφάνειες από σκληρά υλικά όπως το σκυρόδεμα, η ασφαλτος, το γυαλί και η πέτρα θερμαίνονται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κάθετες θερμικές κινήσεις αέρα και να εξαπλώνονται τα σωματίδια σκόνης και ρύπων που βρίσκονται στο έδαφος και στον αέρα. Ένα φυτεμένο δώμα έχει την ικανότητα να μειώνει την ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση του κτιρίου, η οποία μειώνει την τάση της θερμικής κίνησης του αέρα και επίσης μπορεί να φιλτράρει τον αέρα που κινείται πάνω από αυτό και να δεσμεύσει σωματίδια σκόνης και τοξίνες. Τα αιωρούμενα σωματίδια τείνουν να παγιδεύονται στα φύλλα, τα κλαδιά και τις επιφάνειες των βλαστών των φυτών, ενώ όταν βρέχει, κυλούν στο υπόστρωμα. Επίσης, είναι γνωστό ότι τα φυτά μπορούν να απορροφούν και να φιλτράρουν αέριους ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και άλλα διαμέσου του φυλλώματός τους. Αυτή η ικανότητα των φυτεμένων δωματίων να καθαρίζουν τον αέρα έχει άμεσα οφέλη για τους ανθρώπους που πάσχουν από άσθμα και άλλες αναπνευστικές παθήσεις, καθώς μειώνουν το καλοκαιρινό νέφος και άλλες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επίσης, η ευρεία χρήση των φυτοδωματίων μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής όλων των αστικών υποδομών που είναι ευαίσθητες στη ρύπανση του αέρα (Peck *et al.*, 1999; Velazquez, 2005).

Οι πυκνοδομημένες αστικές περιοχές αποτελούν σημαντική πηγή αερίων του θερμοκηπίου. Εάν τα φυτεμένα δώματα και οι κάθετοι κήποι εφαρμοστούν ευρέως, μπορούν να παρέχουν αποτελεσματική και αποδεδειγμένη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της άμεσης σκίασης των κτιρίων, βελτιώνοντας τις τιμές μόνωσής τους και τις ανάγκες σε κλιματισμό και να μειώσουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Βέβαια, η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η εξοικονόμηση εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως η τοποθεσία του

κτιρίου, το κλίμα, οι επιλογές των υλικών και του σχεδιασμού των στεγών, η μόνωση, το πάχος του υποστρώματος, οι πρωτεύουσες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης, οι τύποι φυτών που χρησιμοποιούνται και η έκταση εναλλακτικών λειτουργιών της πράσινης οροφής (Peck *et al.*, 1999).

Μείωση της ηχορύπανσης

Το υπόστρωμα, τα φυτά και το παγιδευμένο στρώμα αέρα μεταξύ των φυτών και της επιφάνειας του κτιρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μόνωση του ήχου. Τα ηχητικά κύματα που παράγονται από μηχανήματα, από την κίνηση των οχημάτων και τα αεροπλάνα μπορούν να απορροφηθούν, να ανακλαστούν και να εκτραπούν. Οι σκληρές επιφάνειες στις αστικές περιοχές ανακλούν τον ήχο, ενώ τα φυτεμένα δώματα απορροφούν τα κύματα του ήχου εξαιτίας της φύσης του υποστρώματος και της βλάστησης. Το υπόστρωμα τείνει να εμποδίζει χαμηλότερες συχνότητες, ενώ τα φυτά εμποδίζουν υψηλότερες συχνότητες. Δοκιμές έχουν δείξει ότι ένα υπόστρωμα πάχους 10 cm μπορεί να μειώσει τα επίπεδα θορύβου κατά 5 dB, ένα υπόστρωμα 12 cm, κατά 40 dB και ένα υπόστρωμα πάχους 20 cm μπορεί να μειώσει τα επίπεδα θορύβου από 46 dB έως και 50 dB (Peck *et al.*, 1999; Peck & Kuhn, 2001; Dunnett & Kingsbury, 2008).

Δημιουργία φυσικού ενδιαίτηματος και αύξηση βιοποικιλότητας

Παρόλο που τα φυτεμένα δώματα δεν προορίζονται να αντικαταστήσουν φυσικές περιοχές που βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους, εντούτοις μπορούν να παρέχουν ένα σημαντικό βιότοπο για την άγρια ζωή. Εάν πολλά φυτοδώματα ομαδοποιηθούν και σχεδιαστούν ως διάδρομοι βλάστησης, μπορούν να αποτελέσουν μία περιοχή ανάπαυσης για τα μεταναστευτικά πουλιά και τις πεταλούδες. Μελέτες δείχνουν ότι τα πουλιά μπορούν να ταξιδέψουν έως και 19 ορόφους, οι πεταλούδες έως και 20 ορόφους και οι μέλισσες έως και 23 ορόφους πάνω από το έδαφος για αναζήτηση τροφής και κάλυψης (Peck *et al.*, 1999; Johnston & Newton, 2004; Velazquez, 2005).

Ένας τέτοιος πράσινος χώρος μπορεί να εισάγει ή να αυξήσει τη βιοποικιλότητα σε ένα αστικό περιβάλλον. Στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Ελβετία

για παράδειγμα, ερευνητές παρακολουθούν τα επίπεδα απειλούμενων με εξαφάνιση πτηνών, αραχνών και άλλων ασπόνδυλων ειδών, τα οποία βρέθηκε ότι επέστρεψαν στην πόλη μετά την κατασκευή φυτοδωμάτων σε περιοχές που είχαν προηγουμένως διαταραχθεί (Velazquez, 2005).

Τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα, λόγω της έλλειψης ανθρώπινης πρόσβασης, προστατεύονται περισσότερο και μπορούν να φιλοξενήσουν ευαίσθητα φυτά που καταστρέφονται εύκολα με το πάτημα και είδη πουλιών που φωλιάζουν μόνο στο έδαφος. Επίσης, δεδομένου ότι το έδαφος σε ένα μη προσβάσιμο φυτεμένο δώμα είναι λιγότερο πιθανό να διαταραχθεί, καθίσταται ασφαλέστερος οικότοπος και για τα έντομα (Peck *et al.*, 1999).

Μελέτες φυτεμένων δωμάτων που πραγματοποιήθηκαν στην Ελβετία, έδειξαν ότι η χρήση φυσικού εδάφους από κοντινές περιοχές ως υπόστρωμα ανάπτυξης μπορεί να ωφελήσει τη βιοποικιλότητα μέσω της καταλληλότητάς του για είδη που απειλούνται σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Επιπλέον, το βάθος του υποστρώματος είναι πολύ σημαντικό, καθώς ένα ρηχό υπόστρωμα, παρ' όλο που έχει χαμηλότερο κόστος και μπορούν να το υποστηρίξουν περισσότερα κτίρια, επιδεινώνει τις ήδη δύσκολες συνθήκες του φυτοδωματος για την επιβίωση των φυτών και των ζώων. Τα σωστά σχεδιασμένα φυτεμένα δώματα που στοχεύουν στην υποστήριξη και στην ενίσχυση της βιοποικιλότητας και έχουν ποικίλα βάθη υποστρώματος και τα κατάλληλα συστήματα αποστράγγισης, μπορούν να παρέχουν ενδιαιτήματα για σπάνια και απειλούμενα είδη που έχουν επηρεαστεί από αλλαγές στις χρήσεις γης (Brenneisen, 2006).

Τα ενδιαιτήματα των φυτεμένων δωμάτων φαίνεται ότι συνεισφέρουν στη διατήρηση του τοπικού οικοσυστήματος. Σε μελέτη που έγινε σε φυτεμένο δώμα μεγάλου εργοστασίου στο Μίσιγκαν εντοπίστηκαν 29 είδη εντόμων, 7 είδη αραχνών και 2 είδη πουλιών (Coffman & Davis, 2005), ενώ στα περισσότερα προσανατολισμένα στη βιοποικιλότητα φυτοδώματα που διερευνήθηκαν στην Ελβετία, ένας συνδυασμός μικροενδιαιτημάτων βρέθηκε να υποστηρίζει 79 είδη σκαθαριών και 40 είδη αραχνών. Τα 13 από τα είδη των σκαθαριών και τα 7 είδη αραχνών ταξινομήθηκαν στα Κόκκινα Βιβλία Σπάνιων και Απειλούμενων Ειδών (Brenneisen, 2006).

Μία μακροχρόνια μελέτη όσον αφορά τη βλάστηση σε εκτατικού τύπου φυτοδώματα που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο, αποκάλυψε ότι οι παράγοντες που σχετίζονται με τον καιρό, όπως η θερμοκρασία και η κατανομή των βροχοπτώσεων ευνόησαν περισσότερο την ποικιλομορφία των φυτών. Η μελέτη έδειξε επίσης ότι ο πλούτος των φυτικών ειδών μπορεί να αυξηθεί με ελάχιστη άρδευση και συντήρηση (Koehler, 2003).

Τέλος, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η εγκατάσταση αυτοφυών πολυετών φυτικών ειδών στα φυτοδώματα είναι ένας δυναμικός τρόπος επανεγκατάστασής τους σε μία περιοχή, που αυξάνει τη βιοποικιλότητα και ότι η αφθονία των πληθυσμών των εντόμων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποικιλία της βλάστησης και την τοπογραφική διακύμανση (Dewey *et al.*, 2004; Gedge and Kadas, 2004; Monterusso, 2005).

Αισθητική διατήρηση περιβαλλοντικής ισορροπίας

Στην εποχή μας, οι πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές και η έλλειψη πράσινων εκτάσεων προκαλεί ανησυχία. Η ταχεία μείωση των πράσινων περιοχών στο αστικό πλαίσιο οδηγεί στην απώλεια περιβαλλοντικής ισορροπίας και οι βιότοποι που στηρίζονται στην ύπαρξη της βλάστησης εξαντλούνται ταχέως. Για το λόγο αυτό, εδώ και αρκετές δεκαετίες, οι υποστηρικτές της οικολογικής αρχιτεκτονικής στην Ευρώπη έχουν ασχοληθεί εντατικά με τεχνικά ζητήματα και ζητήματα αρχιτεκτονικής τοπίου που σχετίζονται με την αποκατάσταση των πράσινων περιοχών. Με βάση τις διεθνείς πρακτικές των φυτεμένων δωματίων, μπορεί να θεωρηθεί ότι επί του παρόντος αποτελούν ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις για την αντικατάσταση των ανεπτυγμένων πρώην πράσινων περιοχών. Ο μεγάλος αριθμός των υπαρχόντων φυτοδωμάτων και εκείνων που βρίσκονται υπό κατασκευή μπορούν να μετατραπούν σε οικολογικές λειτουργικές επιφάνειες. Τα φυτεμένα δώματα είναι μια από τις προσεγγίσεις ενός βιώσιμου σχεδιασμού σύμφωνα με τον οποίο η λειτουργία της δομής και της φύσης αλληλοσυνδέονται για τη διατήρηση του περιβάλλοντος (Köhler *et al.*, 2001). Επιπλέον, οι πράσινες οροφές μπορούν να εξασφαλίσουν την ενσωμάτωση των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον. Οι κατόψεις τους μπορούν να καμουφλαριστούν μέσω ενός σχεδιασμού φύτευσης που μιμείται το γειτονικό φυσικό περιβάλλον (Velazquez, 2005).

Η περιβαλλοντική και οικολογική αισθητική των φυτοδωμάτων είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τους. Η ομορφιά όπως μελετήθηκε από τους φιλοσόφους και σύμφωνα με την αντίδραση των ανθρώπων σε αυτή μπορεί να διακριθεί σε δύο απλές κατηγορίες, στην ευχάριστη ομορφιά και στην αξιοθαύμαστη ομορφιά. Σύμφωνα με τα τελευταία εκατοντάδες έτη φιλοσοφικής μελέτης και συζήτησης, αυτές οι δύο έννοιες λειτουργούν καλά για την κατανόηση και την ερμηνεία της ομορφιάς που προκύπτει από ανθρώπινες δημιουργίες. Αλλά οι έννοιες αυτές δεν είναι αρκετές όταν η φύση γίνεται το επίκεντρο της αισθητικής έρευνας, διότι είναι πέρα από τον ανθρώπινο έλεγχο και την ανθρώπινη κατανόηση. Έτσι γεννήθηκαν οι έννοιες της οικολογικής αισθητικής και της οικολογικής ομορφιάς. Η ουσία της οικολογικής ομορφιάς και αισθητικής είναι η αφοσίωση και η βαθιά και εμπειρική γνώση που συνδέει τον άνθρωπο με τον τόπο, με την πάροδο του χρόνου. Ένα φυτεμένο δώμα λοιπόν δεν περιορίζεται στην οπτική ευχαρίστηση που προσφέρει στο κοινό, ούτε στα ψυχικά και σωματικά οφέλη που προσφέρει σε αυτό, αλλά εμπλέκει τους ανθρώπους και τους εκπαιδεύει σχετικά με τη μοναδική οικολογία του (Sutton, 2014).

Ανθεκτικότητα στις πυρκαγιές

Το ζήτημα της πυροπροστασίας μέσω των φυτεμένων δωματίων έχει διερευνηθεί για αρκετό καιρό και μετά από πολλές δοκιμές έχουν λάβει καλή βαθμολογία καθώς η πυροπροστασία τους θεωρείται παρόμοια με αυτή των κεραμοσκεπών (Koehler, 2004). Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα φυτοδώματα προστατεύουν τα κτίρια από την πυρκαγιά και βοηθούν στη μείωση της διάδοσής της ειδικότερα όταν το υπόστρωμα ανάπτυξης είναι βρεγμένο. Επίσης, και τα φυτοδώματα με φυτά του γένους *Sedum* παρέχουν καλή προστασία λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε νερό (Peck & Kuhn, 2001).

1.1.4.2. Κοινωνικά οφέλη

Αισθητική βελτίωση του αστικού τοπίου

Το αστικό πράσινο, εδώ και πολύ καιρό, θεωρείται ως μια εύκολη και αποτελεσματική στρατηγική για τον καλλωπισμό του δομημένου περιβάλλοντος. Ένα στρώμα φυτών μπορεί να ενισχύσει έναν καλό σχεδιασμό και να καλύψει έναν κακό. Τα φυτά μπορούν να προσθέσουν οπτικό ενδιαφέρον σε απλούς τοίχους και οροφές, να μαλακώσουν την όψη των βιομηχανικών και εμπορικών κτιρίων και να επιτρέψουν σε ένα νέο κτίριο να εναρμονιστεί καλύτερα με το αγροτικό ή περιαστικό περιβάλλον (Peck *et al.*, 1999; Johnston & Newton, 2004).

Τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν μία όμορφη θέα στα γειτονικά κτίρια και στους κατοίκους των γύρω περιοχών και δίνουν τη δυνατότητα ποικίλου σχεδιασμού. Μπορούν να δημιουργήσουν νατουραλιστικά τοπία που μοιάζουν με λιβάδια φυτεμένα με αγριολούλουδα ή να διαμορφωθούν με αυστηρά γεωμετρικά σχέδια (Peck *et al.*, 1999; Velazquez, 2005), (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Φυτεμένα δώματα σε δημόσια κτίρια και εμπορικά κέντρα του Καναδά προσφέρουν όμορφη θέα στους κατοίκους και τους εργαζόμενους των γύρω κτιρίων (Αριστερά: Vancouver Public Library Green Roof, Δεξιά: Mountain Equipment Co-op Green Roof, Δ2).

Αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου και της ποιότητας ζωής των κατοίκων των πόλεων

Η πεποίθηση ότι η επαφή με τα δέντρα, τους θάμνους, το γρασίδι και τα άνθη προάγει την ψυχολογική ευεξία και μειώνει το άγχος έρχεται από την αρχαιότητα. Τα τελευταία χρόνια, έχει αποδειχθεί ότι η οπτική επαφή με τη βλάστηση μπορεί να οδηγήσει σε άμεσα οφέλη για την υγεία. Πολλές μελέτες επιβεβαίωσαν αυτές τις

πεποιθήσεις αποδεικνύοντας σαφώς ότι η επανορθωτική επίδραση του φυσικού τοπίου κρατά την προσοχή των θεατών, απομακρύνει τις ανησυχητικές σκέψεις και τα αρνητικά συναισθήματα όπως τον φόβο, τη λύπη και τον θυμό, αυξάνει τα θετικά συναισθήματα, βελτιώνει τον καρδιακό ρυθμό, μειώνει την αρτηριακή πίεση και τη μυϊκή ένταση και οδηγεί στην γρηγορότερη αποκατάσταση από καταστάσεις άγχους (Ulrich & Parsons, 1992; Peck *et al.*, 1999).

Μελέτες έχουν δείξει ότι ασθενείς που είχαν οπτική επαφή με βλάστηση από τα παράθυρα του νοσοκομείου όπου νοσηλεύονταν, είχαν συντομότερο χρόνο ανάρρωσης και έλαβαν λιγότερα φάρμακα για τον πόνο (Ulrich, 1984).

Άνθρωποι που ζουν σε πυκνοκατοικημένα συγκροτήματα είναι λιγότερο ευαίσθητοι σε ασθένειες αν έχουν μπαλκόνι ή κήπο στην ταράτσα τους. Αυτό εν μέρει οφείλεται στο πρόσθετο οξυγόνο, στο φιλτράρισμα του αέρα και τον έλεγχο της υγρασίας που προσφέρουν τα φυτά. Επιπλέον, υπάρχουν θεραπευτικά οφέλη και από την ίδια τη φροντίδα των φυτών. Η ποικιλία των ήχων, των μυρωδιών, των χρωμάτων και των κινήσεων που παρέχονται από αυτά, αν και δεν μπορούν να προσδιοριστούν ποσοτικά, μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Ο Frederick Law Olmstead, ο ιδρυτής της αμερικανικής αρχιτεκτονικής τοπίου, έχει πει ότι «οι άνθρωποι έχουν φυσιολογικές αντιδράσεις στη φυσική ομορφιά και την ποικιλομορφία, στα σχήματα και τα χρώματα της φύσης, ειδικά στο πράσινο, και στις κινήσεις και τους ήχους άλλων ζώων (Peck *et al.*, 1999; Johnston & Newton, 2004; Velazquez, 2005).

Ένα ακόμα όφελος όσον αφορά την υγεία των κατοίκων είναι ότι ένα φυτεμένο δώμα με υπόστρωμα βάθους 10 cm μπορεί να μειώσει τη διείσδυση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατά 99,4%. Αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για το σήμα των κινητών τηλεφώνων, αλλά από την άλλη πλευρά, μπορεί να είναι επιθυμητό, καθώς πολλές ομάδες καταναλωτών ισχυρίζονται ότι η ακτινοβολία ενέχει πολλούς κινδύνους για την υγεία τους (Herman, 2003; Ngan, 2004).

Η θέα σε πράσινες οροφές έχει τη δυνατότητα να κάνει τους εργαζόμενους πιο ευτυχισμένους. Αυτό με τη σειρά του θα μπορούσε να βελτιώσει την κερδοφορία των επιχειρήσεων, δεδομένου ότι η ενίσχυση της συναισθηματικής ή σωματικής άνεσης

των εργαζομένων θεωρείται ότι μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα τους και να μειώσει την απουσία τους από το χώρο εργασίας (Velazquez, 2005).

Αύξηση της κοινωνικοποίησης

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν επίσης να προωθήσουν την αίσθηση της κοινότητας. Μπορούν να φιλοξενήσουν δραστηριότητες αναψυχής και να αποτελέσουν διαδραστικούς χώρους συνάντησης, όπου οι άνθρωποι μπορούν να καλλιεργήσουν, να κοινωνικοποιηθούν, να παίξουν και να χαλαρώσουν μαζί (Velazquez, 2005).

Προσφορά δυνατοτήτων εργασίας

Η δημιουργία φυτοδωμάτων προσφέρει θέσεις εργασίας από τα στάδια του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και της κατασκευής μέχρι την εγκατάσταση και τη συνεχή συντήρησή τους. Πιο συγκεκριμένα οι εγκαταστάσεις φυτοδωμάτων μπορούν να δημιουργήσουν και να ενισχύσουν τις ακόλουθες αγορές εργασίας: Προμηθευτές και κατασκευαστές μεμβρανών οροφής και απωθητικών ριζών, στρωμάτων αποχέτευσης, κράσπεδων, αρδευτικών συστημάτων, υποστρωμάτων και ελαφρών εδαφών, φυτώρια χονδρικής και λιανικής που ειδικεύονται σε φυτά ειδικά για φυτεμένα δώματα, σχεδιαστές, επαγγελματίες μηχανικούς, εργολάβους, εταιρείες συντήρησης κ.α. (Peck *et al.*, 1999; Velazquez, 2005).

1.1.4.3. Οικονομικά οφέλη

Αύξηση αντικειμενικής αξίας κτιρίου

Η παροχή εξωτερικού χώρου αναψυχής και η αισθητική βελτίωση μπορεί να αυξήσει άμεσα την αντικειμενική αξία και την εμπορευσιμότητα ενός ακινήτου. Αμερικανικές και βρετανικές μελέτες έχουν δείξει ότι η καλή φυτοκάλυψη ενός κτιρίου αυξάνει την αξία του κατά 6-15% (Peck *et al.*, 1999). Επίσης διαμερίσματα, χώροι γραφείων, ακόμη και δωμάτια ξενοδοχείου με θέα σε φυτεμένα δώματα μπορούν να υποστηρίξουν υψηλότερα ενοίκια ή τιμές δωματίων και έχουν αυξημένα επίπεδα πληρότητας (Velazquez, 2005).

Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου

Η εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί μία αρχική επένδυση κεφαλαίου, ειδικά σε περιπτώσεις που κατασκευάζεται σε ήδη υπάρχον κτίριο. Ωστόσο, αυτή η αρχική επένδυση μπορεί να επιστραφεί μέσω μακροπρόθεσμης εξοικονόμησης κόστους (Johnston & Newton, 2004).

Με την κατασκευή ενός φυτοδώματος, αυξάνεται η τιμή R του φέροντος κτιρίου, δηλαδή το πόσο καλά η οροφή αντιστέκεται στην αγωγήμη ροή θερμότητας, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος ενέργειας που σχετίζεται με τη θέρμανση και την ψύξη χώρου (Peck *et al.*, 1999). Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τα θερμομονωτικά οφέλη των φυτοδωμάτων διαφέρει ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και τον τύπο του συστήματος, αλλά είναι δεδομένο ότι ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να μειώσει τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης, τουλάχιστον για το επίπεδο ακριβώς κάτω από αυτό (Velazquez, 2005).

Οι φυτεμένες επιφάνειες έχουν χρησιμοποιηθεί από καιρό ως τεχνική για τη μόνωση των κτιρίων μέσω της ρύθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας. Όσον αφορά τα φυτεμένα δώματα, η μόνωση οφείλεται τόσο στα φυτά όσο και στο υπόστρωμα και εξαρτάται από τον τύπο των φυτών και από το βάθος του υποστρώματος. Τα εκτεταμένου τύπου φυτοδώματα είναι πιο αποτελεσματικά από τα εντατικού τύπου. Ένα στρώμα διάφορων αγρωστωδών αποδίδει καλύτερα από ένα στρώμα χλοοτάπητα περιορισμένων ειδών, το οποίο με τη σειρά του είναι καλύτερο από ένα στρώμα χαμηλής ανάπτυξης *Sedum*.

Η ανάγκη ενός σπιτιού για θέρμανση το χειμώνα δημιουργείται κατά το 1/3 λόγω του ανέμου. Ακόμα και σε ένα αεροστεγές κτίριο, η ψύξη του ανέμου κάνει τους εξωτερικούς τοίχους πιο κρύους και μειώνει την αποτελεσματικότητα της μόνωσης. Η προστασία ενός κτιρίου από τον άνεμο μέσω της φύτευσης, μπορεί να μειώσει τον συντελεστή ψύξης του ανέμου κατά 75% και τη μείωση της ανάγκης για θέρμανση κατά 25%. Επιπλέον, κατά τη θερινή περίοδο, η ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό του κτιρίου μπορεί να μειωθεί σημαντικά μέσω της μείωσης της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα με την κατάλληλη διάταξη δέντρων στις πράσινες οροφές (Peck *et al.*, 1999).

Η βελτιωμένη διαχείριση των όμβριων υδάτων μπορεί να μειώσει το κόστος που προκύπτει από την ανάγκη για δεξαμενές διαχείρισης, ενώ παράλληλα σε πολλές χώρες, οι ιδιοκτήτες των κτιρίων που φέρουν φυτεμένα δώματα έχουν εκπτώσεις στους φόρους και στις χρεώσεις υπηρεσιών για τη σύνδεσή τους στο σύστημα διαχείρισης των όμβριων. Επιπλέον, μέσω της προστασίας της μεμβράνης της οροφής εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του υλικού, μειωμένη συντήρηση και συναφείς εξοικονομήσεις σε έξοδα αντικατάστασης (Peck *et al.*, 1999).

Τα φυτοδώματα μπορούν να συνδυαστούν επιτυχώς με έργα ηλιακής ενέργειας. Στη Γερμανία η κατασκευή τέτοιων συνδυασμένων έργων έχει προκαλέσει σημαντικό ενδιαφέρον. Μελέτες δείχνουν ότι οι ψυχρότερες θερμοκρασίες που βρίσκονται σε ένα φυτεμένο δώμα ενισχύουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών. Επιπλέον ο συνδυασμός τους δεν συμβάλει μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας χωρίς τη χρήση επιπλέον γης (Velazquez, 2005).

Προστασία δομικών υλικών του κτιρίου

Η διάρκεια ζωής μιας στέγης μπορεί να αυξηθεί κατά τα διπλά, τριπλά ή και περισσότερα χρόνια αν καλύπτεται από φυτά. Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτεμένα δώματα προστατεύουν αποτελεσματικά τη μεμβράνη οροφής ενός κτιρίου από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), τις ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, τον άνεμο και από τρυπήματα ή φυσικές βλάβες. Ένα πολυκατάστημα του Λονδίνου εγκατέστησε μια μεμβράνη οροφής κάτω από φυτά το 1938 και 50 χρόνια αργότερα, η μεμβράνη ήταν ακόμη σε άριστη κατάσταση. Αυτό σε ένα κλίμα όπου οι περισσότερες επίπεδες οροφές έχουν μέση διάρκεια ζωής 10-15 έτη (Peck *et al.*, 1999; Johnston & Newton, 2004; Velazquez, 2005).

Ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να μειώσει αρκετά το εύρος των θερμοκρασιών που επικρατούν σε μία οροφή εξασφαλίζοντας λιγότερη πίεση διαστολής και συστολής στη μεμβράνη οροφής, η οποία με τη σειρά της μειώνει τις ρωγμές και τη γήρανση της οροφής. Η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μιας στέγης μειώνει την ανάγκη για συντήρηση και νέες κατασκευές και ως εκ τούτου μειώνεται και το ποσό των αποβλήτων, προσφέροντας εξοικονόμηση κόστους και διατήρηση χωρητικότητας στους χώρους υγειονομικής ταφής (Peck *et al.*, 1999).

Δυνατότητες καλλιέργειας εμπορεύσιμων φυτικών ειδών

Η καλλιέργεια βοτάνων και άλλων αστικών γεωργικών προϊόντων υπολογίζεται λιγότερο συχνά ως όφελος, αλλά μπορεί να προσθέσει οικονομική αξία στις οροφές. Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να ενισχύσουν την τοπική γεωργική παραγωγή σε αστικές και περιαστικές περιοχές. Υπάρχουν πολλά οφέλη που σχετίζονται με την αύξηση της τοπικής παραγωγής τροφίμων, όπως η αυξημένη πρόσβαση σε τρόφιμα από όλους, συμπεριλαμβανομένων των κοινοτήτων εντός της πόλης με χαμηλότερο εισόδημα, η παραγωγή φρέσκων προϊόντων, η μείωση των παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου από τις απαιτήσεις μεταφοράς και ψύξης μεγάλης εμβέλειας και ο βελτιωμένος έλεγχος του εδάφους, των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων (Peck *et al.*, 1999).

Οι πράσινες οροφές μπορούν να παράγουν ποικιλία φρούτων, δημητριακών και λαχανικών. Τοποθετώντας ένα τμήμα της οροφής κάτω από γυαλί (με θερμοκήπια ή κρύα πλαίσια), η παραγωγή τροφίμων μπορεί επίσης να επεκταθεί και στη χειμερινή περίοδο και μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα συλλογής νερού, επεξεργασίας ή φιλτραρίσματος (Johnston & Newton, 2004).

Κρατικές επιδοτήσεις και οικονομικά κίνητρα

Σε πολλές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Ελβετία και η Σουηδία και σε πολλές πόλεις στις ΗΠΑ και στον Καναδά, εφαρμόζονται για δεκαετίες μειωμένα τέλη για τη διαχείριση των όμβριων υδάτων, ενεργειακές πιστώσεις, επιχορηγήσεις και φορολογικά κίνητρα για τη δημιουργία φυτεμένων δωματίων (Velazquez, 2005).

Τα οφέλη μείωσης της ηχορύπανσης μπορούν επίσης να συμβάλουν στην αντιστάθμιση πρόσθετων δαπανών σε κτίρια όπου υπάρχει πρόβλημα ελέγχου του θορύβου (Peck *et al.*, 1999). Τέλος, δεδομένου ότι τα φυτεμένα δώματα βελτιώνουν την αισθητική μιας πόλης, θα έχουν επίσης θετικό αντίκτυπο και στον τουρισμό της.

1.1.5. Μειονεκτήματα φυτεμένων δωμαίων

1.1.5.1. Τεχνικά

Ο φόβος αστοχίας των στεγανοποιητικών διατάξεων κατά την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι πολύ συχνός. Τα προβλήματα προκύπτουν κυρίως από λανθασμένο σχεδιασμό, λανθασμένη κατασκευή, έλλειψη ή λανθασμένη συντήρηση και ενίοτε από αστοχία υλικών. Για το λόγο αυτό απαιτείται περισσότερη προσοχή κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων κατασκευής (Ngan, 2004; Παπαναστασάτος, 2011).

Η μελέτη, η εφαρμογή και η διαχείριση θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό. Σε κάθε κατασκευή θα πρέπει να γίνεται επανυπολογισμός των στατικών αντοχών του κτιρίου και θα πρέπει να διερευνάται η συμμόρφωση της κατασκευής με την εγκριθείσα μελέτη. Είναι πολύ σημαντικό κατά την εγκατάσταση των στεγανοποιητικών μεμβρανών να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ύπαρξη διαφόρων κατασκευών και εξοπλισμού στο δώμα ώστε να μην υπάρξει καμία αστοχία. Σε κάθε περίπτωση όταν η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχθεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του φυτοδώματος είναι απαγορευτική (Λώλης, 2011).

Για να ξεπεραστούν τα εμπόδια και οι δυσκολίες στη δημιουργία νέων φυτεμένων δωμαίων είναι απαραίτητη η εκπαίδευση των πολιτικών και των πολιτών σε σχέση με τα οφέλη των φυτοδωμαίων, η εκπαίδευση εξειδικευμένου προσωπικού που θα μπορεί να στηρίζει την κατασκευή τους και η εξειδικευμένη έρευνα, η οποία θα συνεισφέρει στην ανάπτυξη του τομέα μέσω νέων πληροφοριών (Peck *et al.*, 1999).

1.1.5.2. Οικονομικά

Η εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος έχει γενικά αυξημένο κόστος. Μεγαλύτερο είναι το κόστος όταν το φυτεμένο δώμα κατασκευάζεται σε ήδη υπάρχον κτίριο, καθώς σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ενισχυθεί η κατασκευή και ο μηχανισμός πρόσβασης στο δώμα και να αυξηθούν τα μέτρα ασφαλείας. Επίσης αρκετά είναι τα έξοδα για την προμήθεια, τη μεταφορά και την εγκατάσταση των

υλικών και για τη συντήρηση και αντικατάσταση ενδεχόμενων φθορών. Ωστόσο, τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα είναι λιγότερο ακριβά να κατασκευαστούν και να διατηρηθούν, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις δεν απαιτείται επιπλέον υποστήριξη του δώματος (Ngan, 2004).

Ένα άλλο εμπόδιο στην κατασκευή νέων φυτοδωμάτων στη χώρα μας είναι η απουσία κρατικών επιχορηγήσεων, επιδοτήσεων και φοροαπαλλαγών.

1.1.5.3. Περιβαλλοντικά

Κάποια περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν από την εγκατάσταση των φυτεμένων δωματίων είναι η έκπλυση αγροχημικών και η κατανάλωση πόσιμου νερού για άρδευση. Τα προβλήματα αυτά είναι πιο έντονα στα εντατικού τύπου φυτοδώματα, στα οποία οι ανάγκες άρδευσης και λίπανσης είναι μεγαλύτερες. Τα κυριότερα χημικά στοιχεία που παρατηρούνται στο νερό απορροής είναι ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο φώσφορος και το άζωτο (Ζαχαροπούλου, 2004).

1.1.5.4. Αισθητικά

Η ομορφιά είναι κάτι υποκειμενικό, έτσι ορισμένοι μπορεί να υποστηρίξουν ότι τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα φαίνονται ακατάστατα και δεν είναι καν πράσινα. Η εμφάνισή τους όμως δεν θα πρέπει να συγκρίνεται με τους παραδοσιακούς κήπους. Τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα έχουν μια φυσική εμφάνιση που αλλάζει με τις εποχές, συνήθως μοιάζουν περισσότερο με ξηρά λιβάδια αγριολούλουδων και αναπτύσσονται με τον ίδιο τρόπο που αναπτύσσονται τα φυσικά οικοσυστήματα. Θα πρέπει λοιπόν να αντιμετωπίζονται ως βιώσιμα συστήματα που προσφέρουν οικολογικά οφέλη για να αξιολογηθούν αντικειμενικά (Ngan, 2004).

1.1.6. Αρχές σχεδιασμού φυτεμένων δωματίων

Ο σχεδιασμός ενός φυτεμένου δώματος, όπως ο σχεδιασμός κάθε πράσινου χώρου ακολουθεί κάποιες βασικές αρχές. Το σημείο εκκίνησης για τη δημιουργία ενός φυτεμένου δώματος είναι η ύπαρξη μιας αδιάβροχης, λείας επιφάνειας, ικανής να αντέξει το φορτίο του τύπου φυτοδώματος που έχει επιλεγεί (Dunnett & Kingsbury, 2008). Είναι απαραίτητο να καθοριστούν συγκεκριμένοι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν με την εγκατάσταση του δώματος. Βασικός στόχος κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή του είναι να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που θα πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το φυσικό και θα προσφέρει περιβαλλοντικά, αισθητικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

Η συνολική εγκατάσταση θα πρέπει να φέρει το μικρότερο δυνατό φορτίο και η επιλογή των υλικών κατασκευής να εξασφαλίζει την μακροβιότητα του δώματος. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να γίνεται μελέτη του μικροκλίματος της εκάστοτε περιοχής, τα φυτά που επιλέγονται θα πρέπει να είναι ανθεκτικά και εγκλιματισμένα στο τοπικό περιβάλλον, η χρήση των πλακοστρωμένων επιφανειών να είναι όσο το δυνατό μικρότερη και γενικά να γίνεται χρήση όσο το δυνατό λιγότερων και απλών υλικών καθώς και υιοθέτηση απλών σχεδιαστικών προτάσεων. Η σύνθεση των φυτικών και των δομικών υλικών θα πρέπει να στοχεύει στη δημιουργία κατάλληλου ενδαιτήματος για την υποστήριξη και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της περιοχής. Επιπλέον, για να είναι το φυτεμένο δώμα βιώσιμο και φιλικό στο περιβάλλον θα ήταν καλό να χρησιμοποιείται το βρόχινο νερό και να γίνεται ανακύκλωση των όμβριων υδάτων για την άρδευση των φυτών, να χρησιμοποιούνται ανακυκλώσιμα υλικά με μεγάλη διάρκεια χρήσης και να κατασκευάζονται ειδικοί χώροι παραγωγής compost, φυτικών υποστρωμάτων και ανακυκλώσιμων υλικών. Τέλος κατά το στάδιο του σχεδιασμού του φυτεμένου δώματος είναι σημαντικό να γίνεται προσπάθεια για τη δημιουργία επιμέρους χώρων που θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρέχοντας αξιοπιστία στο σύνολο των αισθήσεων των επισκεπτών (Oberlander *et al.*, 2002; English Nature Research Report, 2003; Λώλης, 2011).

1.1.7. Διαστρωμάτωση υλικών φυτεμένου δώματος

Τα βασικά στοιχεία ενός τυπικού επίπεδου δώματος περιλαμβάνουν τη διαχωριστική διάστρωση, η οποία υποστηρίζει τα στρώματα και τα στοιχεία που τοποθετούνται πάνω από αυτή, το φράγμα υδρατμών, τη θερμομόνωση και την αδιάβροχη ή στεγανοποιητική μεμβράνη. Πάνω από αυτά τα επίπεδα μπορεί να υπάρχει ένα επιπλέον στρώμα από χαλίκι ή πέτρες για την προστασία της μεμβράνης ή να ακολουθούν τα υπόλοιπα στρώματα που είναι απαραίτητα για την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος. Αυτά είναι το αντιριζικό φράγμα, το επίπεδο προστασίας, το στρώμα αποστράγγισης, το στρώμα διήθησης και το υπόστρωμα ανάπτυξης της βλάστησης (Dunnett & Kingsbury, 2008).



Εικόνα 8. Διαστρωμάτωση των υλικών κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος (Δ5).

1.1.7.1. Διαχωριστική διάστρωση

Το πρώτο επίπεδο στην κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος διαχωρίζει τον υποκείμενο φέροντα οργανισμό από τα ακόλουθα επίπεδα επικάλυψης της οροφής και αποτελείται κυρίως από διάτρητες ασφατικές μεμβράνες οπλισμένες με υαλοϋφασμα ή συνθετικές μεμβράνες. Το επίπεδο αυτό εμποδίζει την επίδραση των συστολών και διαστολών του κτιρίου στα υπερκείμενα υλικά (Ευμορφοπούλου, 1992; Αδάμη, 2006).

1.1.7.2. Φράγμα υδρατμών

Το φράγμα υδρατμών χρησιμοποιείται για την παρεμπόδιση της συμπίκνωσης των υδρατμών στο εσωτερικό της οροφής και της διέλευσής τους από τη διαχωριστική στρώση προς το θερμομονωτικό επίπεδο που βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος (Αδάμη, 2006).

1.1.7.3. Θερμομόνωση

Οι θερμομονωτικές πλάκες κατασκευάζονται από διάφορα υλικά όπως αφρώδη πολυστερίνη, αφρό πολυουρεθάνης, φαινολικό αφρό ρητινών, εμποτισμένο φελλό και αφρώδες γυαλί. Συνήθως τοποθετούνται πάνω από το φράγμα υδρατμών («θερμές στέγες»), σε κάποιες περιπτώσεις όμως τοποθετούνται κάτω από το επίπεδο οροφής, με τη χρήση διαφορετικών υλικών («ψυχρές στέγες») (Dunnett & Kingsbury, 2008).

1.1.7.4. Στεγανοποιητική διάστρωση – αδιάβροχη μεμβράνη

Το αδιάβροχο κάλυμμα της στέγης για την προστασία το κτιρίου από τα νερά της βροχής ή της άρδευσης του δώματος αποτελεί βασική προϋπόθεση για όλα τα φυτεμένα δώματα και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα και στην ανθεκτικότητά του. Το στρώμα που επιτελεί αυτή τη λειτουργία είναι η αδιάβροχη ή υδατοστεγής μεμβράνη. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι στεγανοποίησης: η δομική μεμβράνη, η μεμβράνη σε μονό φύλλο και η υγρή μεμβράνη (Osmudson, 1999).

Οι δομικές μεμβράνες είναι οι πιο διαδεδομένοι τύποι μεμβρανών και αποτελούνται από το κοινό υλικό επίστρωσης στεγών από άσφαλτο ή ασφαλτοστρωμένα υλικά. Αυτά τα υλικά έχουν συνήθως περιορισμένη διάρκεια ζωής (15-20 έτη) διότι είναι ευάλωτα στη φθορά λόγω των ακραίων θερμοκρασιών και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Άλλα πιο ανθεκτικά συστήματα από τα συμβατικά, σύνθετα συστήματα από ασφαλτόπανο περιλαμβάνουν ασφατικές μεμβράνες τροποποιημένες με SBS (στυρόλιο – βουταδιένιο -στυρόλιο), οι οποίες επιστρώνονται πάνω σε σύνθετα συστήματα από άσφαλτο και πισσάσφαλτο / πολυέστερ, τροποποιημένα με SEBS (στυρόλιο – εθυλένιο – βουτένιο – στυρένιο) (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Οι μεμβράνες σε μονό φύλλο είναι τυλιγμένα φύλλα ανόργανου πλαστικού ή συνθετικού καουτσούκ, τα οποία καλύπτουν τους αρμούς και σφραγίζονται με θερμοκόλληση (για τα θερμοπλαστικά υλικά όπως είναι το PVC) ή κολλητική ουσία (για το βουτυλικό καουτσούκ ή τις συνθετικές μεμβράνες EPDM). Τέλος, οι υγρές μεμβράνες διατίθενται σε θερμή ή ψυχρή μορφή, ώστε να ψεκάζεται ή να βάφεται η επιφάνεια της στέγης. Όταν στεγνώσουν, προστατεύουν πλήρως τη στέγη, χωρίς να δημιουργούν περαιτέρω προβλήματα με τους αρμούς. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται καλύτερα σε κάθετες ή ακανόνιστες επιφάνειες (Osmudson, 1999; Dunnett & Kingsbury, 2008).

1.1.7.5. Αντιριζικό φράγμα

Οι δομικές μεμβράνες θα πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αντιριζικές μεμβράνες για προστασία από διεισδύσεις ριζών. Οι μεμβράνες αυτές αποτελούνται κατά βάση από τροποποιημένη άσφαλτο, φέρουν ως εσωτερικό οπλισμό πολυεστερικό ύφασμα υψηλών μηχανικών αντοχών και έχουν άνω και κάτω επικάλυψη φιλμ πολυαιθυλενίου. Εμπεριέχουν δε στη μάζα τους ειδικό αντιριζικό πρόσθετο για προστασία από τη διάτρηση των ριζικών συστημάτων. Επίσης το επίπεδο αυτό μπορεί να αποτελείται από τσιμεντένια πλάκα χαμηλού φορτίου, από άκαμπτα μονωτικά φύλλα, από πλαστικά φύλλα μεγάλου πάχους, από φύλλα χαλκού ή από συνδυασμό τους ανάλογα με την εκάστοτε εγκατάσταση. Η επικόλληση των αντιριζικών ασφαλτικών στεγανωτικών φύλλων επιτυγχάνεται πάντοτε με χρήση φλόγιστρου προπανίου (Ευαγγελίου *et al.*, 2008).

Η αντιριζική μεμβράνη πρέπει να ανασηκώνεται πάνω από την επιφάνεια του υποστρώματος (τουλάχιστον 15 cm πάνω από το υπόστρωμα), στις άκρες και γύρω απ' όλες τις προεξοχές, όπως π.χ. καμινάδες και παράθυρα αερισμού και τα φύλλα της πρέπει να συγκολλώνται μεταξύ τους πολύ προσεκτικά για να δημιουργήσουν ένα ενιαίο προστατευτικό κάλυμμα χωρίς κενά (Dunnett & Kingsbury, 2008).

1.1.7.6. Στρώμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης

Εκτός από τη μόνωση που τοποθετείται κάτω από τη στεγανοποιητική μεμβράνη, κατά την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος μπορεί να τοποθετηθεί επιπλέον μόνωση ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία όλης της δομής του

δώματος, να προστατεύονται τα κατασκευαστικά στοιχεία και να διασφαλίζεται η στεγανότητά του. Το στρώμα αυτό έχει την ικανότητα να αποθηκεύει νερό και θρεπτικά συστατικά και να τα αποδίδει στα φυτά ετεροχρονισμένα ((Dunnnett & Kingsbury, 2003; Caudrey, 2005).

1.1.7.7. Στρώμα αποστράγγισης

Η αποστράγγιση σε ένα φυτεμένο δώμα είναι πολύ σημαντική για πολλούς και διάφορους λόγους. Πρώτον, για την προστασία της αδιάβροχης μεμβράνης του δώματος. Τα συμβατικά επίπεδα δώματα είναι κατά 50% πιο ευάλωτα στη φθορά έπειτα από 5 χρόνια λειτουργίας, σε σύγκριση με τα ελαφρώς κεκλιμένα (με κλίση άνω των 5^ο), επειδή το νερό συγκεντρώνεται και λιμνάζει αντί να αποστραγγίζεται. Αν η αποστράγγιση δεν είναι επαρκής, τότε η μεμβράνη του δώματος μπορεί να υποστεί φθορές, επειδή θα έρχεται συνεχώς σε επαφή με το νερό. Επιπλέον, ένα μόνιμα υγρό δώμα θα χάσει τις θερμομονωτικές του ιδιότητες (Peck *et al.*, 1999; Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι υλικών αποστράγγισης, τα κοκκώδη υλικά, τα πορώδη στρώματα και οι μονάδες αποστράγγισης από ελαφρύ πλαστικό ή πολυστυρένιο. Τα χονδρόκοκκα υλικά, όπως π.χ. τα χαλίκια, τα θραύσματα πέτρας, τα σπασμένα κεραμίδια, η πέτρα λάβας, η ελαφρόπετρα, ο τεταμένος αργιλικός σχιστόλιθος ή οι διογκωμένοι κόκκοι πηλού, όταν απλώνονται σε ένα στρώμα, σχηματίζουν μεγάλα κενά αέρα ή χώρους κενών, οι οποίοι γεμίζουν με νερό. Αυτή η μέθοδος πρόκειται για την πιο απλή μέθοδο αποστράγγισης. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των κοκκωδών υλικών είναι ότι μετατρέπουν αυτή τη ζώνη σε έναν επιπλέον χώρο για την ανάπτυξη των ριζών, προσφέροντας ένα αεριζόμενο περιβάλλον με πιο σταθερές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας από το υπόστρωμα καλλιέργειας που βρίσκεται από πάνω του (Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Τα πορώδη στρώματα λειτουργούν όπως οι τριχοειδείς ζώνες και δρουν όπως τα σφουγγάρια, απορροφώντας νερό. Δημιουργούνται από διάφορα υλικά, συμπεριλαμβανομένων των ανακυκλωμένων, όπως τα υφάσματα και τα καθίσματα αυτοκινητών. Ωστόσο, υπάρχει κίνδυνος ορισμένα από αυτά τα υλικά να είναι υπεραπορροφητικά και να τραβούν την υγρασία από το υπόστρωμα καλλιέργειας, με αρνητικές συνέπειες για την ανάπτυξη των φυτών (Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Οι μονάδες αποστράγγισης από ελαφρύ πλαστικό ή πολυστυρένιο ποικίλουν ως προς το σχεδιασμό και την εμφάνισή τους. Η πιο συνηθισμένη μορφή αποτελείται συνήθως από ένα διάτρητο φύλλο πολυστερίνης με κωνοειδείς προεξοχές ορισμένου πάχους (άνω των 11 mm), επικολλημένων αμφίπλευρα. Ο κωνοειδής πυρήνας τους είναι διάτρητος έτσι ώστε, αφ' ενός μεν να αποστραγγίζει τα πλεονάζοντα νερά, αφ' ετέρου να συγκρατεί εντός των κώνων σημαντική ποσότητα νερού για την απαραίτητη για τα φυτά υγρασία (Ευαγγελίου *et al.*, 2008).

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της αποστραγγιστικής διάστρωσης είναι η συμβατότητα των υλικών, η συμβατότητα με το περιβάλλον και το φυτικό υλικό, η συμπεριφορά της σε συνθήκες πυρκαγιάς, η κοκκώδης σύσταση, η αντοχή στο ψύχος, η δομική σταθερότητα, η αντοχή σε φορτία, η διαβρεκτική ικανότητα, η ικανότητα συγκράτησης νερού, η τιμή του pH και η περιεκτικότητά της σε άλατα (FLL, 2008).

1.1.7.8. Στρώμα Διήθησης

Πάνω από το στρώμα αποστράγγισης απλώνεται το στρώμα διήθησης, δηλαδή ένα γεωφάσμα, το οποίο εμποδίζει τα σωματίδια από το υπόστρωμα καλλιέργειας να φτάσουν στο στρώμα αποστράγγισης και να φράξουν τους χώρους κενών και τις εξόδους αποστράγγισης (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Τα γεωφάσματα κατασκευάζονται από ίνες παράλληλα ή τυχαία δεμένες, με μηχανικές, θερμικές, χημικές διαδικασίες ή συνδυασμό τους. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή και την τοποθέτησή τους είναι η συμβατότητα με το περιβάλλον, η συμβατότητα με το φυτικό υλικό, η συμπεριφορά τους σε περίπτωση πυρκαγιάς, η πυκνότητα, η αντοχή σε μηχανική καταπόνηση, η αποτελεσματικότητα σε υδραυλική διήθηση, η ευαισθησία σε διείσδυση ριζών, η αντοχή στις καιρικές συνθήκες, αντίσταση σε μικροοργανισμούς, η αντοχή σε χημικές ουσίες, η δύναμη εφελκυσμού, η ελαστικότητα και ο συντελεστής τριβής. Το γεωφάσμα πρέπει να τοποθετείται σε παράλληλη διεύθυνση με το αποστραγγιστικό στρώμα, με αλληλοεπικάλυψη τουλάχιστον 10 cm και οι άκρες του πρέπει να ανασηκώνονται ακριβώς πάνω από την επιφάνεια του υποστρώματος (FLL, 2008).

1.1.7.9. Υπόστρωμα ανάπτυξης

Το ιδανικό υπόστρωμα ενός φυτοδώματος πρέπει να μπορεί να απορροφά και να συγκρατεί το νερό, να έχει καλή αποστράγγιση, να απορροφά και να παρέχει θρεπτικές ουσίες στα φυτά, να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και να διατηρεί τον όγκο του, να προσφέρει σταθερότητα στα φυτά και να εξασφαλίζει κατάλληλες συνθήκες αερισμού του ριζικού συστήματος, να είναι ελαφρύ και να έχει μειωμένο κόστος (Johnston & Newton, 2004; Dunnett & Kingsbury, 2008). Άλλα χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η περιβαλλοντική συμβατότητα, η συμπεριφορά του υποστρώματος σε συνθήκες πυρκαγιάς, η κοκκώδης και η οργανική σύσταση, η αντοχή στον πάγο, η αντοχή στη συμπίεση, η τιμή του pH και η αλατότητα (FLL, 2008).

Τα παραπάνω εξασφαλίζονται συνήθως με τη μίξη κοκκωδών ορυκτών υλικών, τα οποία απορροφούν νερό και δημιουργούν κενούς χώρους, με λεπτά σωματίδια, πάνω στα οποία προσκολλάται το νερό και με μια σχετικά μικρή ποσότητα οργανικής ύλης για τη συγκράτηση του νερού και των θρεπτικών συστατικών (Miller, 2003; Dunnett & Kingsbury, 2008).

Το υπόστρωμα ανάπτυξης μπορεί να αποτελείται από άμμο, τύρφη, κόμποστ, γη διατόμων, περλίτη, βερμικουλίτη, λάβα, ελαφρόπετρα, θραυστό κεραμίδι, διογκωμένη άργιλο, κλινοπτινολιτικούς ζεόλιθους, πετροβάμβακα, αφρώδη υλικά, πολυακρυλαμινικά gel ή και κάποιο κατάλληλο φυσικό έδαφος. Γενικά, δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο υπόστρωμα που είναι ιδανικό για όλες τις περιπτώσεις. Ανάλογα με το κλίμα, την τοποθεσία και τα είδη που θα φυτευτούν θα πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο μίγμα. Η διαθεσιμότητα και το κόστος των υλικών είναι κάποιοι ακόμα παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η χρήση υλικών διαθέσιμων στο κοντινό περιβάλλον αποτελεί καλή πρακτική και για οικονομικούς και για οικολογικούς λόγους (Johnston & Newton, 2004).

Το βάθος του υποστρώματος σχετίζεται άμεσα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος και το είδος της φύτευσης που πρόκειται να φιλοξενήσει. Οι Berge *et al.* (2009) δίνουν τα παρακάτω βάθη υποστρώματος ανάλογα με το είδος της φύτευσης: 10 cm για χλοοτάπητα και ποώδη φυτά, 25 cm για θάμνους και 45-80 cm για μικρά δέντρα. Γενικά, ρηγά υποστρώματα είναι κατάλληλα για εκτατικού τύπου

φυτοδώματα και βαθιά υποστρώματα είναι κατάλληλα για εντατικού τύπου φυτοδώματα (Johnston & Newton, 2004).

1.1.7.10. Φυτικό υλικό

Το τελευταίο και σημαντικότερο επίπεδο ενός φυτεμένου δώματος είναι αυτό του φυτικού υλικού, καθώς είναι αυτό που τελικά φαίνεται και παρατηρούν όλοι. Η κατάλληλη επιλογή των φυτικών ειδών που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να γίνεται μετά από εκτεταμένη μελέτη και να ακολουθεί συγκεκριμένα κριτήρια. Αυτά είναι ο τύπος του φυτεμένου δώματος και κατ' επέκταση το βάθος του υποστρώματος, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η γεωγραφία της περιοχής, ο σχεδιαστικός στόχος, το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και τα χαρακτηριστικά των φυτών, όπως η ευκολία εγκατάστασης και εγκλιματισμού, η αντοχή σε ακραίες καιρικές συνθήκες, η ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες, η μακροβιότητα και η ικανότητα αναγέννησης σε περιπτώσεις ξηρασίας (Velazquez, 2005; Getter & Rowe, 2006).

Στα εντατικού τύπου φυτοδώματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγάλη ποικιλία φυτικών ειδών, ενώ στα εκτατικού τύπου, όπου επικρατούν πιο αντίξοες συνθήκες πρέπει να επιλέγονται ανθεκτικά φυτά που προσφέρουν ταχεία και πυκνή εδαφοκάλυψη όπως είναι κάποια φυτά αλπικού τύπου, σαρκώδη, βότανα, χλόες, αγριολούλουδα και αρκετά πολυετή. Το ρηχό υπόστρωμα ενός εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος δεν περιορίζει απλά την ικανότητα των βαθύρριζων φυτών να αντλούν υγρασία από μεγαλύτερα βάθη, αλλά εκθέτει ολόκληρο το ριζικό τους σύστημα σε ακραίες θερμοκρασίες, οι οποίες μεταβάλλονται άμεσα ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος. Ωστόσο, ακόμα και όταν πρόκειται για εντατικού τύπου φυτοδώματα, τα οποία είναι κατασκευασμένα ώστε να αντέχουν μεγαλύτερο βάρος φορτίου και έχουν βαθύτερο υπόστρωμα ανάπτυξης, η φύτευση θα πρέπει να είναι βιώσιμη, δηλαδή να αναπτύσσεται χωρίς την ανάγκη για τακτικό και παρατεταμένο πότισμα και λίπανση (Velazquez, 2005; Dunnett & Kingsbury, 2008).

Σύμφωνα με τους Johnston και Newton, (2004), υποστρώματα βάθους 5-8 cm μπορούν να υποστηρίξουν μεγαλύτερη ποικιλία παχύφυτων, γρασιδιών και ποωδών φυτών. Υπόστρωμα με βάθος 10-20 cm επιτρέπει την ανάπτυξη μιας μεγάλης ποικιλίας πολυετών φυτών και γρασιδιών ανθεκτικών στην ξηρασία, καθώς και

σκληραγωγημένων θάμνων. Υπόστρωμα με βάθος 30-50 cm ευνοεί την ανάπτυξη διαφόρων πολυετών και θάμνων, ενώ τα δέντρα αναπτύσσονται σε υποστρώματα με βάθος 80-130 cm.

Γενικά τα φυτεμένα δώματα αποτελούν πρόκληση για την καλλιέργεια των φυτών, καθώς χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο συνδυασμός λεπτών, αυτοστραγγιζόμενων στρωμάτων του υποστρώματος καλλιέργειας, των αυξημένων θερμοκρασιών και του ανέμου ξηραίνει τα υποστρώματα των φυτοδωμάτων. Επιπλέον, οι επιφάνειες των στεγών συνήθως δέχονται μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ενέργειας από τις επίγειες επιφάνειες. Τέλος, οι υψηλές ταχύτητες του ανέμου μπορούν να ξηράνουν τη βλάστηση και το υπόστρωμα και να προκαλέσουν φυσικές ζημιές στη φύτευση. Έτσι, τα φυτά θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην ξηρασία, στις ακραίες θερμοκρασίες και στον άνεμο αλλά ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι ανθεκτικά και σε περιόδους υδατικού κορεσμού του υποστρώματος.

Ανάλογα με την περιοχή που πρόκειται να κατασκευαστεί ένα φυτεμένο δώμα, διαφοροποιούνται και οι παράγοντες επιλογής των φυτών. Για παράδειγμα στο θερμό, ηπειρωτικό κλίμα της κεντρικής Ευρώπης ο βασικός παράγοντας είναι η αντοχή των φυτών στη θερινή ξηρασία, ενώ στις περιοχές με παρατεταμένους δριμείς χειμώνες καθοριστικό ρόλο παίζει η αντοχή των φυτών στο ψύχος. Από την άλλη, στα υγρά τροπικά κλίματα, η ανθεκτικότητα των φυτών στις συνθήκες κορεσμού μπορεί να είναι πολύ πιο σημαντική από την ανθεκτικότητά τους στην ξηρασία (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Η επιλογή των φυτικών ειδών και ο βαθμός πολυπλοκότητας της φύτευσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από οπτικά κριτήρια και θα πρέπει να συμβαδίζει με τη λειτουργία και τη χρήση του φυτοδωματος. Αν το φυτεμένο δώμα δεν είναι ορατό, η αισθητική αξία δεν παίζει ρόλο και δεν απαιτείται ιδιαίτερος σχεδιασμός, αν το δώμα είναι ορατό αλλά όχι προσβάσιμο, τότε μπορούν να δημιουργηθούν σχέδια και να δοθεί περισσότερη έμφαση στους συνδυασμούς των χρωμάτων και των σχημάτων των φυτών, ενώ αν το δώμα είναι προσβάσιμο μπορεί να γίνει χρήση πιο περίπλοκων ή οργανωμένων σχεδίων και να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη μορφή, στο ύψος, στα χρώματα και στις υφές των φυτών (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Κατά γενικό κανόνα, τα φυτά που είναι κατάλληλα για φύτευση σε μία στέγη θα πρέπει να διαθέτουν μερικά από τα εξής χαρακτηριστικά:

Χαμηλό ύψος με θυσανωτή ή πυκνή ανάπτυξη. Τα φυτά εδαφοκάλυψης είναι λιγότερο ευάλωτα στους δυνατούς ανέμους και τη δημιουργία επιφανειακών ριζών και προσαρμόζονται ικανοποιητικά σε συνθήκες ξηρασίας.

Στελέχη που ριζοβολούν στο υπόστρωμα παράλληλα με την ανάπτυξή τους. Τα φυτά αυτά είναι πιο χρήσιμα από εκείνα που αναπτύσσουν το ριζικό τους σύστημα από ένα κεντρικό σημείο. Εξίσου χρήσιμα είναι και τα είδη που μπορούν να αναπαραχθούν γρήγορα από ρίζες ή διάφορα υπόγεια όργανα αποθήκευσης ή από σπόρο.

Σαρκώδη φύλλα ή άλλα όργανα αποθήκευσης νερού.

Πυκνά και λεπτά κλαδιά και μικρά αειθαλή φύλλα που βλασταίνουν κοντά στο στέλεχος. Τα χαρακτηριστικά αυτά εμφανίζονται σε μια μεγάλη ποικιλία φρυγάνων από οικότοπους με φαινόμενα λειψυδρίας λόγω ζέστης ή δυνατών ανέμων.

Φύλλα με παχιά επιδερμίδα, συχνά με τις άκρες τους τυλιγμένες προς τα μέσα και συνήθως σκληρά. Τα τυλιγμένα φύλλα περιορίζουν τη γωνία πρόσκρουσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Γκριζό ή αργυρόχρωμα φύλλωμα. Το χρώμα αυτό οφείλεται είτε στο χνούδι στην επιφάνεια των φύλλων είτε σε μία κηρώδη μεμβράνη, στοιχεία που περιορίζουν την απώλεια νερού και ταυτόχρονα προσδίδουν αισθητική αξία.

Γαιόφυτα, είδη που συρρικνώνονται στον βολβό ή στον κόνδυλό τους το χειμώνα ή τις θερμές και ξηρές περιόδους.

Ρηχό και πυκνό ριζικό σύστημα. Το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει στα φυτά να ευδοκιμούν στο ρηχό υπόστρωμα μιας στέγης.

Αειθαλές φύλλωμα. Τα αειθαλή φυτά προσφέρονται για μια πιο οικονομική χρήση των φυσικών πόρων.

Ελκυστικά χαρακτηριστικά. Όταν οι στέγες είναι ορατές και υπάρχει συχνή πρόσβαση σε αυτές, τα φυτικά είδη θα πρέπει να έχουν και αισθητική αξία (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες συνδυασμών των φυτών για τα φυτοδώματα: Οι μονοκαλλιέργειες, στις οποίες χρησιμοποιείται μαζικά ένα είδος φυτού ή καλλιεργητικής ποικιλίας, οι απλοί συνδυασμοί φυτών και τα μείγματα, όπου καλλιεργούνται μαζί ένας περιορισμένος αριθμός ειδών ή ποικιλιών και οι αποικίες φυτών ή φυτοκοινότητες, οι οποίες βασίζονται συνήθως στους φυσικούς οικοτόπους. Τα μείγματα είναι συνήθως προτιμότερα από τις μονοκαλλιέργειες, διότι είναι πιο ανθεκτικά στις ασθένειες και στις αντίξοες καιρικές συνθήκες και συνήθως δίνουν ένα πιο ενδιαφέρον αισθητικό αποτέλεσμα. Οι αποικίες φυτών από την άλλη μοιάζουν απολύτως φυσικές, είναι συνήθως αυτοσυντηρούμενες και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση (Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Πολλά είναι τα φυτά που έχουν μελετηθεί και αξιολογηθεί ως προς την καταλληλότητά τους για φύτευση σε πράσινες στέγες. Τα παχύφυτα έχουν εξαιρετική ικανότητα να επιβιώνουν στην ξηρασία και τον άνεμο, μπορούν να αποθηκεύουν νερό στα φύλλα τους για παρατεταμένες περιόδους και εξοικονομούν νερό μέσω μιας μοναδικής μεταβολικής διαδικασίας γνωστής ως CAM. Τα φυτά αυτά μπορούν να μειώσουν την απώλεια νερού ανοίγοντας τα στόματά τους κατά τη διάρκεια της νύχτας, αποθηκεύοντας διοξείδιο του άνθρακα και κλείνοντας τα στόματά τους κατά τη διάρκεια της ημέρας, μειώνοντας έτσι τις απώλειες από την διαπνοή. Τα παχύφυτα γενικά και τα γένη *Sedum*, *Sempervivium*, *Talinum*, *Jovibarba* και *Delosperma*, συγκεκριμένα, είναι οι καταλληλότερες επιλογές για ρηχά υποστρώματα και μη αρδευόμενα, εκτατικού τύπου φυτοδώματα, με το γένος *Sedum* να επιβιώνει ευκολότερα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών (Snodgrass & Snodgrass, 2006).

Πολλά είδη του γένους *Sedum* έχει βρεθεί ότι αντέχουν χωρίς νερό πάρα πολλές ημέρες. Συγκεκριμένα το *S. album* άντεξε χωρίς νερό πάνω από ημέρες 100 και τα είδη *S. acre*, *S. kamtschaticum*, *S. pulchellum*, *S. reflexum* και *S. spurium* άντεξαν 88 ημέρες χωρίς νερό (Lessale, 1998; Van Woert *et al.*, 2005). Επίσης φυτά του γένους *Sedum* μπορούν να αναπτυχθούν σε πολύ λεπτά υποστρώματα, πάχους 2-3 cm και έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται εύκολα. Άλλα είδη κατάλληλα για φυτοδώματα είναι τα *Sedum album*, *S. floriferum*, *S. hispanicum*, *S. rupestre*, *S. sexangulare* και *S. spathulifolium* (Dunnnett & Kingsbury, 2008). Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι τα είδη *Sedum*, αν και είναι πολύ ανθεκτικά στην ξηρασία, δεν έχουν μεγάλες ικανότητες συγκράτησης των όμβριων υδάτων (Compton & Whitlow, 2006).

Αρκετά είδη χλοοτάπητα και κυρίως θαμνώδη είδη απορροφούν πιο αποτελεσματικά το νερό της βροχής. Τα φύλλα τους όχι μόνο κατακρατούν το νερό, αλλά το κατευθύνουν προς το κέντρο του φυτού για να απορροφηθεί από τις ρίζες. Σε κάθε περίπτωση τα αγρωστώδη είναι ιδανικά, καθώς έχουν ρηχά και πυκνά ριζικά συστήματα, με μεγάλες δυνατότητες συγκράτησης νερού (Rowe *et al.*, 2003; Nagase, 2008). Κάποια είδη κατάλληλα για χρήση σε φυτοδώματα είναι τα *Festuca ovina*, *F. cinerea*, *F. amythystina*, *Festuca rubra spp. Commutate*, *Melica ciliate*, *Briza media*, *Stipa tenuissima*, *S. capillata*, *S.pennata*, *Agrostis capillaris*, *Cynosurus cristatus* και *Poa pratensis* (Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Μία άλλη κατηγορία, η οποία ιδανικά θα πρέπει να φυτεύεται σε συνδυασμό με άλλα φυτά εδαφοκάλυψης όπως με φυτά του γένους *Sedum*, είναι οι βολβοί και τα γεώφυτα. Η ελκυστική τους εμφάνιση τα καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλή, ενώ εκείνα που προέρχονται από ερημικά, θερμά και βραχώδη περιβάλλοντα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε συνθήκες φυτοδώματος. Ορισμένα είδη που έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία είναι τα *Tulipa clusiana*, *T. chrysantha*, *T. humilis*, *T. tarda*, *T. turkestanica*, *T. urmiensis*, *Iris bucharica*, *I. germanica*, *I. pumilla* και *Muscari azureum*. Επιπλέον, το πιο διαδεδομένο βολβώδες γένος που απαντάται σε εκατοικού τύπου φυτοδώματα είναι το *Allium*. Ιδιαίτερα χρήσιμα είναι τα *Allium pulchellum*, *A. schoenoprasum* και το *A. flavum* (Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Γενικά τα πολυετή φυτά αποτελούν τη βάση της φύτευσης ενός φυτοδώματος καθώς τα ετήσια φυτά δεν προσφέρουν την απαιτούμενη μακροζωία που απαιτείται για να καταστεί ένα έργο αποδοτικό. Ετήσια φυτά επιλέγονται συνήθως συμπληρωματικά, ως αισθητικές πινελιές, για την ποικιλομορφία της ανθοφορίας τους αλλά και για την ικανότητά τους να αυτοαναπαράγονται. Ωστόσο, τα ετήσια θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ελεγχόμενες ποσότητες ώστε να μην μετατραπούν σε ζιζάνια (Snodgrass & Snodgrass, 2006; Dunnnett & Kingsbury, 2008).

Τα ποώδη πολυετή φυτά είναι για αισθητικούς λόγους, τα πιο επιθυμητά φυτά για εκτατικού τύπου φυτοδώματα. Προσφέρουν χρώμα, ωραία υφή και εποχιακή μεταβλητότητα, αλλά απαιτούν βαθύτερο υπόστρωμα και περισσότερη υγρασία από αυτά των εκτατικών φυτοδωμάτων. Παρ' όλα αυτά, μερικά πολυετή ποώδη, όπως κάποια είδη των γενών *Dianthus*, *Phlox*, *Campanula*, *Teucrium*, *Allium*, *Potentilla*,

Achillea, *Prunella*, *Viola* και *Origanum* μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά σε αυτά (Snodgrass & Snodgrass, 2006).

Πολλά βότανα όπως τα *Thymus*, *Origanum*, *Salvia* και *Allium* αν και συνήθως απαιτούν ένα υπόστρωμα βάθους άνω των 10 cm και ένα σύστημα άρδευσης, μετά την εγκατάστασή τους, είναι ανθεκτικά στην ξηρασία, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή στην οποία βρίσκονται. Πολλά βότανα μπορούν να καλλιεργηθούν επιτυχώς σε στέγες ιδιωτικών κατοικιών ή σε εστιατόρια, νοσοκομεία και άλλα ιδρύματα, όπου μπορούν να συλλεχθούν για μαγειρικούς, αρωματικούς, θεραπευτικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς (Snodgrass & Snodgrass, 2006).

1.1.8. Αυτοφυή είδη σε φυτεμένα δώματα

Η φύτευση δωματίων με αυτοφυή φυτά είναι για πολλούς η πιο οικολογική μέθοδος φύτευσης. Με τα τοπικά και περιφερειακά οικοσυστήματα να δέχονται επίθεση από διεισδυτικά ξενικά είδη και πολλά είδη ζώων και εντόμων να παρακμάζουν, τα αυτοφυή φυτά φαίνονται πράγματι μία πολύ καλή επιλογή για τη φύτευση πράσινων στεγών. Τα αυτοφυή φυτά είναι προσαρμοσμένα στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και εξαιρετικά ανθεκτικά στις βλάβες από ασθένειες και έντομα της περιοχής. Ακόμα, είναι ικανά να υποστηρίξουν την εγκατάσταση πανίδας και να αποκτήσουν μεγάλη αξία ως προς τη βιοποικιλότητά τους (Snodgrass & Snodgrass, 2006; Dunnett & Kingsbury, 2008).

Τα ξενικά είδη ενέχουν την πιθανότητα ζιζανιοποίησης. Αντιθέτως, τα αυτοφυή φυτά είναι ικανά να δημιουργήσουν οικότοπους που θα φιλοξενούν είδη υπό εξαφάνιση και να αντικαταστήσουν το χαμένο τοπίο που προϋπήρχε.

Ένας από του πιο ένθερμους υποστηρικτές της χρήσης κατάλληλων αυτοφυών φυτών που αναπτύσσονται σε φυτοκοινωνίες είναι ο αρχιτέκτονας και βιολόγος Paul Kerhart, της συμβουλευτικής εταιρείας Rana Creek. Έχει αναπτύξει μια μεθοδολογική προσέγγιση για τη δημιουργία ημιφυσικών λειμώνων σε διάφορα πολυτελή κτίρια. Χρησιμοποιεί ενδημικούς τύπους γρασιδιού από παράκτιους λειμώνες και βοσκότοπους της περιοχής, συνδέοντας το κτίριο με το τοπίο, το οποίο

μεταβάλλεται ανάλογα με τις εποχές καθώς τα φυτά ανθίζουν και μαραίνονται, επεκτείνοντας έτσι τις φυσικές φυτοκοινωνίες στο αστικό περιβάλλον (Burke, 2003; Dunnett & Kingsbury, 2008).

Αναγνωρίζοντας ότι τα φυτεμένα δώματα είναι ένα μέσο για την αύξηση της βιοποικιλότητας και των ενδιαιτημάτων, καθώς και του τοπικού χαρακτήρα στις αστικές περιοχές, αρκετοί ερευνητές στη χώρα μας έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους στα αυτοφυή πολυετή φυτά της Μεσογείου, τα οποία είναι ικανά να αναπτύσσονται κυρίως σε εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα (Benvenuti & Bacci, 2010; Nektarios *et al.*, 2011; Παπαφωτίου *et al.*, 2012, 2013, 2015). Μεταξύ άλλων έχουν μελετηθεί τα ήδη *Artemisia absinthium*, *Origanum Dictamnus*, *Origanum majorana*, *Santolina chamaecyparissus*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum orientale*, *Convolvulus cneorum*, *Pullenis maritima*, *Dianthus fruticosus*, *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa*, *Hyssopus officinalis*, *Rosmarinus officinalis* “prostratus”, *Teucrium chamaedrys*, *Ebenus cretica*, *Crithmum maritimum*, *Thymus citriodorus*, *Origanum aureum*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Halimione portulacoides*, *Lavandula angustifolia*, *Lavandula dentata* var. *candicans*, *Lavandula dentata* var. *dentata* και *Lavandula stoechas* (Nektarios *et al.*, 2011; Λώλης, 2011; Ποδαροπούλου, 2011; Tassoula & Papafotiou, 2015; Nektarios *et al.*, 2016a, 2016b; Αδάμη, 2016; Papafotiou *et al.*, 2012, 2013, 2017b, Paraskevopoulou *et al.*, 2015, 2020).

1.2. Λιμονιάστρο το μονοπέταλο, *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss.

1.2.1. Βοτανική ταξινόμηση

Είδος: *Limoniastrum monopetalum*

Γένος: *Limoniastrum*

Οικογένεια: Plumbaginaceae

Τάξη: Caryophyllales

Υποκλάση: Eudicots

Κλάση: Angiosperms

Διαίρεση: Tracheophytes

Βασίλειο: Plantae

Το γένος *Limoniastrum* περιλαμβάνει δύο γνωστά είδη χαμηλών πολυετών θάμνων, τα *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss και *Limoniastrum guyonianum* (L.) (Δ6). Ως συνώνυμο του είδους *Limoniastrum monopetalum* αναφέρεται το *Statice monopetala* L. 1753 (Δ7), (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Το φυτό *Limoniastrum monopetalum* (Δ6).

Η οικογένεια Plumbaginaceae γενικά περιλαμβάνει πολυετή ποώδη ή θαμνώδη είδη με απλά, αδιαίρετα ή σπανίως έλλοβα φύλλα, άνθη με δύο μεγάλα ξηρόμορφα βράκτεια κατά θυσάνους, φόβες ή κεφάλιο και καρπούς κάψες ή μονόσπερμα κάρυα. Επιπλέον, περιλαμβάνει κυρίως φυτά των παραθαλάσσιων και αλμυρών εδαφών ή των ορεινών και υπαλπικών περιοχών (Σαρλής, 1999).

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά φυτικά είδη της οικογένειας Plumbaginaceae, τα οποία καλλιεργούνται ή δύναται να καλλιεργηθούν για καλλωπιστική χρήση.

- *Acantholimon androsaceum*, κοινώς τσαπόνι: φρυγανώδες φυτό στις υπαλπικές και αλπικές βοσκές του Παρνασσού, της Οίτης, του Ταυγέτου, της Γκιώνας και άλλων όρεων. Είδος που δύναται να καλλιεργηθεί ως καλλωπιστικό και ανθοφορεί από Μάιο έως Αύγουστο.
- *Armeria undulata*, κοινώς χαλαβόχορτο. Ποικιλόμορφο, πολυετές φυτό στις υπαλπικές και αλπικές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας, Πελοποννήσου και Κρήτης. Είδος που δύναται να καλλιεργηθεί ως καλλωπιστικό και ανθοφορεί από Μάιο έως Αύγουστο.
- *Limonium bellidifolium*, *L. echioides* (statice) και *L. sinuatum* (sea lavender), κοινώς προβάτσες, αμάραντα. Είδη παραθαλάσσιων, αμμωδών και χέρσων τόπων της χώρας. Ιδιαίτερα το *L. sinuatum* καλλιεργείται με πολλές ποικιλίες σε πετρώδεις θέσεις των κήπων και για εμπορία δρεπτών ανθέων, που χρησιμοποιούνται συχνά και στις συνθέσεις αποξηραμένων φυτών. Ανθοφορούν από Μάρτιο έως Ιούλιο.
- *Plumbago capensis* (leadwort, plumbago), κοινώς μολύβδαινα. Θαμνώδες φυτό του Ακρωτηρίου της Καλής Ελπίδας με κυανά άνθη, που καλλιεργείται στη χώρα μας ως καλλωπιστικό σε κήπους και πάρκα. Ανθοφορεί από Ιούνιο έως Νοέμβριο (Σαρλής, 1999).

Το *Limoniasrum monopetalum* περιγράφηκε από τον Linnaeus (1753), από τη Σικελία (Ιταλία) ως *Statice monopetala*. Το *Limoniasrum guyonianum* περιγράφηκε από τον Boissier (1848) από την ανατολική Αλγερία, κατά τη διάρκεια των γαλλικών επιστημονικών αποστολών στη βόρεια Αφρική τον 19ο αιώνα, αν και εκτείνεται μέσω της Αιγύπτου. Το *L. monopetalum* είναι ένας θάμνος με υπόλευκη-γκρι άποψη,

με φύλλα στενά, σπατουλωειδή με στενά περιστοιχισμένα κλαδιά και στελέχη και λευκές ασβεστώδεις εναποθέσεις. Το *L. guyonianum* μοιάζει με το *L. monopetalum*, αλλά ξεχωρίζει εύκολα από τα στενότερα υπο-κυλινδρικά του φύλλα, τη διαχωρισμένη πολυδιακλαδισμένη άνθησή του και τα μικρότερα άνθη (Ferret-Gallego *et al.*, 2014).

1.2.2. Καταγωγή – Εξάπλωση

Το *L. monopetalum* αυτοφύεται σε παραθαλάσσιες αμμώδεις θέσεις σε περιοχές της Μεσογείου και της Ν. Πορτογαλίας. Στη χώρα μας αυτοφύεται στα νησιά Γαύδο, Χρυσή, Κουφονήσι, Μακρουλό και Στρογγυλό, όλα νότια της Κρήτης (Turland *et al.*, 1993; Αραμπατζής, 2001; Bergmeier *et al.*, 2001). Επίσης έχει καταγραφεί στην Κύθνο, στις Κυκλάδες (Koumpli & Yannitsaros, 1993) και πιο πρόσφατα έχει παρατηρηθεί και καταγραφεί στο ακρωτήριο Μαλέας Νοτιοανατολικά της Πελοποννήσου και σε κάποιες περιοχές της Αττικής, όπως τα Λεγρενά, η Χαμολιά και το Πόρτο Ράφτη (Polymenakos & Kit Tan, 2013; Gioutlakis & Alexiou, 2014), (Εικόνα 10).

Στη Χρυσή έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα 278 φυτικά είδη και υποείδη. Στη σύνθεση της χλωρίδας, συμμετέχουν κυρίως είδη που έχουν την προέλευση και την κύρια εξάπλωσή τους στην ανατολική Μεσόγειο. Στα αλοφυτικά είδη της παραλιακής ζώνης ανήκουν το λιμονιάστρο (*L. monopetalum*), η αμμόφιλη σιληνή (*Silene ammophila subsp. ammophila*), ο παράλιος φλώμος (*Euphorbia paralias*), κ.α. Το αειθαλές αραιό δάσος περιλαμβάνει έναν αμιγή όροφο αιωνόβιων παράλιων αρκεύθων, *Juniperus macrocarpa*, που έχει ύψος μέχρι 10 μέτρα, και μια αραιή χαμηλή αμμόφιλη βλάστηση (αγρωστώδη, *Euphorbia paralias*, *Silene ammophila*, *Matthiola triscupidata*, *Limoniastrum monopetalum*, *Zygophyllum album*, κ.α.) (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, 2015).

Το *L. monopetalum* αναπτύσσεται φυσικά σε υψόμετρο 0-50 m. Όσον αφορά την κατάστασή του, περιγράφεται ως σπάνιο R με τάση μείωσης, ενώ ως απειλή για το συγκεκριμένο είδος αναφέρεται ο τουρισμός. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα είναι

τρωτό, ενώ συνολικά στη βιόσφαιρα θεωρείται μη απειλούμενο. Η προτεραιότητα προστασίας του είναι πρωτεύουσα (Δ7, Δ8).



Εικόνα 10. Φυτά Λιμονιάστρου σε παραθαλάσσιες περιοχές (Δ11).

1.2.3. Μορφολογία του φυτού

Το Λιμονιάστρο είναι πολύκλαδος, αειθαλής θάμνος με ύψος από 0,5 m μέχρι 1,2 m και διάμετρο δύο φορές το ύψος του. Τα φύλλα του είναι αντίστροφα λογχοειδή έως γραμμοειδώς σπατουλοειδή, αμβλυκόρυφα, γλαυκά, με πλατύ περιβλαστο κολεό, σαρκώδη. Η άνθηση του φυτού παρατηρείται Ιούλιο με Αύγουστο και τα άνθη του είναι ροδόχρωμα, ανά 1(-2) σε σταχίδια, περιβαλλόμενα από βράκτια (Εικόνα 11). Το εξωτερικό βράκτιο έχει μήκος 4 mm ενώ το εσωτερικό, το οποίο περιβάλλει τον κάλυκα, έχει μήκος 8 mm. Ο κάλυκας (9 mm) είναι χοανοειδής και πεντάλοβος. Η στεφάνη έχει διάμετρο 1-2 cm, είναι χοανοειδής και αποκτά ιώδες χρώμα όταν ξηραίνεται. Οι στήμονες εκφύονται από τη στεφάνη και οι στύλοι είναι 5, συμφυείς μέχρι το μέσον τους. Ο καρπός είναι κάψα αδιάρρηκτη (Αραμπατζής, 2001).

Μελέτη των μορφολογικό-ανατομικών χαρακτηριστικών του Λιμονιάστρου έδειξε ότι έχει μεγάλο αριθμό στομάτων τόσο στην άνω, όσο και στην κάτω επιφάνεια, καθώς και μεγάλο πάχος εφυμενίδας, μέσω των οποίων του δίνεται η δυνατότητα εγκλιματισμού σε ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες, όπως η υψηλή ακτινοβολία, οι υψηλές θερμοκρασίες και τα περιορισμένα επίπεδα υγρασίας εδάφους (Σπέντζα, 2010).

Τα φύλλα του Λιμονιάστρου είναι αμφιστοματικά (με στόματα και στην πάνω και στην κάτω επιδερμίδα). Τα επιδερμικά κύτταρα είναι σχετικά παχιά (περίπου 20 μm) και καλύπτονται από επιδερμίδα πάχους περίπου 2 μm. Επιπλέον και οι δύο επιφάνειες των φύλλων καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από κρυστάλλους αλατιού που εκκρίνονται από αλατώδεις αδένες (Akoumianaki *et al.*, 2015).

Η ιστοχημική μελέτη του φυτού έδειξε παρουσία τερπενοειδών στα κυτταρικά τοιχώματα των επιδερμικών κυττάρων και στους αγγειακούς ιστούς των φύλλων, φαινολικά, νιτρώδη, αλκαλοειδή και φλαβονοειδή στα κύτταρα του μεσόφυλλου, ειδικά στα κενοτόπια και λιπίδια μόνο στην επιδερμίδα (Akoumianaki *et al.*, 2015).



Εικόνα 11. Άνθη (δεξιά) και φύλλα (αριστερά) του *Limoniastrum monopetalum* (Δ10).

1.2.4. Πολλαπλασιασμός

Προκειμένου να διευκολυνθεί η χρήση του Λιμονιάστρου ως καλλωπιστικό φυτό σε αστικές και περιαστικές περιοχές και σε ιστορικά μεσογειακά τοπία, διερευνήθηκε η ριζοβολία μοσχευμάτων του φυτού και η εγκατάσταση των παραγόμενων φυταρίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μοσχεύματα που συλλέχθηκαν το χειμώνα και την άνοιξη είχαν υψηλότερα ποσοστά ριζοβολίας από αυτά που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Για τα μοσχεύματα μαλακού ξύλου, τα διαλύματα νερού-αιθανόλης που περιείχαν 1000 έως 3000 mg L⁻¹ ινδολο-3-βουτυρικού οξέος (IBA) ήταν πιο αποτελεσματικά στην επαγωγή ριζοβολίας από ότι οι μάρτυρες που δεν περιείχαν IBA ή σκόνη IBA. Επίσης η εμφάνιση για 1 λεπτό σε

διάλυμα IBA ήταν πιο αποτελεσματική από την εμφάνιση για 5 λεπτά. Η αιθανόλη που χρησιμοποιήθηκε στα διαλύματα IBA ανέστειλε την ριζοβολία ανάλογα με το χρόνο εμφάνισης. Όλα τα φυτά επέζησαν μετά τη μεταφύτευση. Τα φυτά που μεταφύτευτηκαν σε μείγμα τύρφης-περλίτη (2: 1, v / v) και λιπάνθηκαν μία φορά το μήνα, με 2 ή 4 g L⁻¹ υδατοδιαλυτό πλήρες λίπασμα, είχαν μεγαλύτερη επιμήκυνση και παράγαγαν περισσότερους πλευρικούς βλαστούς από αυτά που μεταφύτευτηκαν σε μείγμα με κομπόστ στεμφύλων ή εμπλουτισμένη τύρφη. Τέλος, το κορυφολόγιο του κύριου βλαστού ένα μήνα μετά τη μεταμόσχευση προώθησε την παραγωγή πλευρικών βλαστών και οδήγησε σε ένα πιο συμπαγές σχήμα του φυτού (Akoumianaki *et al.*, 2016).

Το *L. monopetalum* μπορεί επίσης να πολλαπλασιαστεί επιτυχώς με ιστοκαλλιέργεια. Ιστοί που συλλέχθηκαν από ενήλικα φυτά Λιμονιάστρου την άνοιξη ή το καλοκαίρι έχει καταγραφεί ότι έχουν υψηλά ποσοστά επιτυχούς εγκατάστασης σε *in vitro* καλλιέργεια (81 και 100% αντίστοιχα). Επίσης η διερεύνηση της επίδρασης του τύπου και της συγκέντρωσης της κυτοκινίνης που χρησιμοποιήθηκε στο θρεπτικό μέσο MS (Murashige and Skoog), έδειξε ότι καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την απόκριση του έκφυτου, τον πολλαπλασιασμό των βλαστών ανά έκφυτο και το μήκος των παραγόμενων βλαστών είχε η προσθήκη 0,5 mg L⁻¹ BA (βενζυλαδινίνης), ενώ η καλύτερη απόκριση όσον αφορά τη ριζοβολία παρατηρήθηκε με την προσθήκη 1 mg L⁻¹ IBA (ινδολοβουτυρικού οξέος). Επιπλέον η προσθήκη NaCl στο θρεπτικό μέσο είχε συνεργιστική δράση μόνο στον αριθμό των παραγόμενων βλαστών, ενώ όσον αφορά τη ριζοβολία παρατηρήθηκε ανεκτικότητα μέχρι τη συγκέντρωση των 10 g L⁻¹. Ωστόσο, τα έκφυτα ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά απουσία του, υποδεικνύοντας ότι το NaCl δεν είναι απαραίτητο ως συστατικό του θρεπτικού μέσου. Τέλος, ο *ex vitro* εγκλιματισμός και η εγκατάσταση των νέων φυτών ήταν 100% επιτυχείς σε ένα μίγμα τύρφης – περλίτη 1:1 ή 1:2 (v/v) (Martini & Papafotiou, 2020).

1.2.5. Συνθήκες περιβάλλοντος & Χρήσεις

Το Λιμονιάστρο πρόκειται για έναν ανθεκτικό θάμνο που το περισσότερο χρονικό διάστημα βρίσκεται σε ένα είδος νάρκης, αποτελούμενο από πολλούς παλιούς ξυλώδεις βλαστούς, ενώ προς το τέλος της άνοιξης βγαίνουν από το θάμνο νέοι πολύκλαδοι τρυφεροί βλαστοί με κοκκινωπό χρώμα στις άκρες. Στα φύλλα του, εξωτερικά υπάρχει ένας υμένας που προφυλάσσει την αφύγρανση από υψηλές θερμοκρασίες και εσωτερικά είναι πολύ σαρκώδη (Δ11).

Το Λιμονιάστρο ανήκει στα φυτά που εφαρμόζουν τη στρατηγική της αποφυγής για να αντιμετωπίσει την υψηλή αλατότητα. Τα φυτά τα οποία έχουν επιλέξει τη στρατηγική αυτή (ρυθμιστές αλατότητας) δεν επιτρέπουν την είσοδο των ιόντων στο εσωτερικό των ευαίσθητων κυττάρων. Η στρατηγική αυτή παρουσιάζεται με τρεις παραλλαγές:

- Ρύθμιση της αλατότητας με ενεργό αποκλεισμό: Ορισμένα φυτικά είδη δεν απορροφούν το αλάτι, αλλά το αποκλείουν ενεργητικά στο εξωτερικό περιβάλλον των ριζών (π.χ. το είδος *Rhizophora mangle*).
- Ρύθμιση της αλατότητας με απομάκρυνση από εξειδικευμένα κύτταρα: Ορισμένα φυτικά είδη επιτρέπουν την είσοδο του αλατιού, το οποίο οδηγείται προς την επιφάνεια και εκκρίνεται από εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες των φύλλων (π.χ. είδη του γένους *Tamarix* και το είδος *L. monopetalum*, οικ. Plumbaginaceae).
- Ρύθμιση της αλατότητας με ρύθμιση κατανομής. Σε αρκετά είδη τα ιόντα Na^+ υπόκεινται σε ανακυκλοφορία μεταξύ υπόγειου και υπέργειου μέρους. Επιτυγχάνεται έτσι ο δυναμικός έλεγχος της κατανομής των ιόντων σε επίπεδο φυτού (Σπέντζα, 2010; Καραμπουρνιώτης *et al.*, 2014).

Λόγω των σαρκωδών, ασημί μπλε-πράσινων φύλλων και των εντυπωσιακών ταξιανθιών φωτεινού ροζ - βιολετί χρώματος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το Λιμονιάστρο έχει χρησιμοποιηθεί πρόσφατα ως καλλωπιστικό φυτό. Επίσης η προσαρμογή του σε μια ποικιλία περιβαλλοντικών καταπονήσεων, όπως η αλατότητα, η έλλειψη νερού, η έντονη ακτινοβολία ή οι υψηλές θερμοκρασίες και η ικανότητα ανάπτυξής του σε φτωχά σε περιεκτικότητα οργανικής ύλης εδάφη, καθιστά το Λιμονιάστρο ένα ιδανικό φυτό για χρήση στην αρχιτεκτονική τοπίου και

κυρίως στη διαμόρφωση άνυδρων κήπων, σε ημι-άνυδρες περιοχές της Μεσογείου, σε φτωχά, αλατούχα, παραμελημένα ή υποβαθμισμένα εδάφη (Akoumianaki *et al.*, 2016). Επιπλέον τα μορφολογικά, ανατομικά και ιστοχημικά χαρακτηριστικά των φύλλων του είδους υποδεικνύουν τον ξηρομορφικό χαρακτήρα του και το καθιστούν κατάλληλο για χρήση ως καλλωπιστικό σε εχθρικά περιβάλλοντα όπως αρχαιολογικούς χώρους, φυτοδώματα αλλά και για περιπτώσεις αποκατάστασης τοπίου όπως σε λατομεία και πρηνή δρόμων (Akoumianaki *et al.* 2015).

Η διερεύνηση της ικανότητας χρήσης δέκα αυτοφυών φυτών μεταξύ των οποίων και του Λιμονιάστρου ως καλλωπιστικά φυτά, σε αρχαιολογικούς χώρους σε διάφορα μέρη της Ελλάδας, έδειξε ότι το Λιμονιάστρο είναι ιδανικό για χρήση στη νότια Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε επιτυχώς στην Αίγινα (Νοτιοανατολική Ελλάδα) και στην Αρχαία Μεσσήνη, στη Νοτιοδυτική Πελοπόννησο (Νοτιοδυτική Ελλάδα), ενώ στην Αμφίπολη Σερρών (Βόρεια Ελλάδα) δεν κατάφερε να επιβιώσει (Parafotiou *et al.*, 2017a).

Το *Limoniastrum monopetalum* εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία ως προς τα μορφολογικά, ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τον οικότοπο στον οποίο αναπτύσσεται. Συγκεκριμένα η μελέτη φύλλων Λιμονιάστρου που συλλέχθηκαν από υγρούς, αλατούχους βάλτους, παράκτιους αμμόλοφους και βραχώδεις βιότοπους έδειξε τη μεγάλη προσαρμοστικότητα και ικανότητα επιβίωσης του φυτού. Οι μεγαλύτερες τιμές φυλλικής επιφάνειας, του πάχους του ελάσματος, της ειδικής φυλλικής επιφάνειας και της περιεκτικότητας σε νερό καταγράφηκαν στα φύλλα που συλλέχθηκαν από τα ενδιαίτηματα των αλατούχων βάλτων παρά την υψηλή αλατότητα. Επιπλέον, φάνηκε ότι τα φυτά των συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων είναι σε θέση να ρυθμίζουν την περιεκτικότητα σε Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} και να συσσωρεύουν προλίνη και ολικές φαινόλες. Από την άλλη πλευρά, τα φυτά των ξηρότερων βιότοπων (παράκτιοι αμμόλοφοι και βραχώδεις σχηματισμοί) απέκτησαν ξηρομορφικά χαρακτηριστικά, όπως μειωμένη φυλλική επιφάνεια, παχιά επιδερμίδα και συμπαγείς ιστούς περιφράγματος, αυξάνοντας τη λιγνίνωση του ξυλώματος και της περιεκτικότητας σε τέφρα, τα οποία συμβάλλουν στη διάρκεια ζωής των φύλλων, στην κατακράτηση θρεπτικών συστατικών και στην προστασία από την αποξήρανση. Τα φυτά των παράκτιων αμμόλοφων εμφάνισαν επιπλέον προσαρμοστικές αποκρίσεις, δηλαδή αύξηση σε χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, καροτενοειδή, K^+ και

Cl⁻, λόγω περιφράγματος και πυκνότητα στομάτων, ενώ τα φυτά των βραχωδών σχηματισμών επηρεάστηκαν από το συνδυασμό της ξηρασίας και της αλατότητας και εμφάνισαν τα υψηλότερα Na⁺ και Na⁺/K⁺ σε συνδυασμό με χαμηλότερο ωσμωτικό δυναμικό. Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί επιτρέπουν στο *L. monopetalum* να επιβιώνει σε στρεσογόνα παράκτια οικοσυστήματα, ωστόσο οι προσαρμοστικές αποκρίσεις φαίνεται να λειτουργούν με μικρότερη απόδοση στους βραχώδεις βιότοπους λόγω του συνδυασμού και των δύο στρεσογόνων παραγόντων, της ξηρασίας και της αλατότητας (Abd El-Maboud *et al.*, 2020).

Το *L. monopetalum* είναι ικανό να αναπτύσσεται σε έδαφος που περιέχει εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Στην κοινή εκβολή των ποταμών Tinto και Odiel (στη νοτιοδυτική Ισπανία), μια από τις πιο επιβαρυνμένες περιοχές στον κόσμο από βαρέα μέταλλα, το Λιμονίαστρο έχει βρεθεί να αναπτύσσεται σε ιζήματα που περιέχουν χαλκό σε συγκέντρωση 300-3.000 ppm. Πειραματική μελέτη έδειξε ότι το Λιμονίαστρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση εδαφών που έχουν υποστεί ρύπανση από χαλκό, καθώς έχει την ικανότητα να συσσωρεύει το μέταλλο στις ρίζες του και να αποτρέπει τη μετατόπισή του σε φωτοσυνθετικούς ιστούς. Ακόμα, έχει βρεθεί ότι θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη φυτοεξυγίανση περιοχών ρυπασμένων με ψευδάργυρο, καθώς οι παράμετροι ανάπτυξης του φαίνεται να μην επηρεάζονται ουσιαστικά από συγκεντρώσεις Zn που γενικά θεωρούνται υπερβολικές ή τοξικές (Cambrollé *et al.*, 2013).

Το *L. monopetalum* είναι ένα φυτό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις μεθόδους της φυτοσυσσώρευσης και της φυτοέκκρισης. Πιο συγκεκριμένα, μέσω πειραματικής μελέτης φάνηκε ότι είναι κατάλληλο για χρήση σε εφαρμογές της φυτοσυσσώρευσης του Cd και του Pb και κυρίως του Cd, καθώς μπορεί να πετύχει σημαντικούς ρυθμούς απομάκρυνσής του από το έδαφος. Οι συγκεντρώσεις του καδμίου στα υπέργεια μέρη των φυτών ξεπέρασαν, κατά μέσο όρο, τη συγκέντρωση των 100 ppm, που είναι το όριο για να μπορεί να χαρακτηριστεί ένα φυτό ως «υπερσυσσωρευτής» του Cd. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην επέμβαση με προσθήκη NaCl η συγκέντρωση του Cd ήταν μεγαλύτερη στους υπέργειους ιστούς απ' ό τι στις ρίζες. Οι συγκεντρώσεις του μόλυβδου στους ιστούς του ήταν πολλαπλάσιες από αυτές που βρίσκονται στο έδαφος αλλά δεν ξεπερνούσαν τις ανώτερες τιμές που

θεωρούνται τοξικές για τα φυτά και η κύρια θέση συσσώρευσης του Pb ήταν οι ρίζες, οπότε το φυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί ένας πιθανός συσσωρευτής του μολύβδου. Επιπλέον, φάνηκε ότι είναι πολύ ανθεκτικό στις υψηλές συγκεντρώσεις των Cd και Pb, διότι δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά οι λειτουργίες του με την προσθήκη των μετάλλων και δεν παρουσιάστηκε κανένα οπτικό σύμπτωμα τοξικότητας κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επιβεβαιώθηκε επίσης ότι το φυτό αυτό εκκρίνει Cd και Pb από τους αλαταδένες του, υποδεικνύοντας ότι οι εκκριτικοί μηχανισμοί του δεν είναι εκλεκτικοί μόνο για τα άλατα αλλά η σύσταση των αλάτων που εκκρίνονται είναι ανάλογη της σύστασης του εδαφικού διαλύματος και ότι το φυτό χρησιμοποιεί το μηχανισμό ανοχής στην αλατότητα ως μηχανισμό αποτοξίνωσης των μετάλλων, επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της τεχνικής της φυτοέκκρισης. Η αύξηση της εδαφικής αλατότητας οδήγησε σε μετακίνηση και των δύο μετάλλων από τις ρίζες προς τα υπέργεια μέρη των φυτών όπως και σε μεγαλύτερη έκκριση τους από τους αλαταδένες. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι σε αλατούχα εδάφη ή με την προσθήκη αλάτων στο προς αποκατάσταση έδαφος, θα επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση της φυτοσυσσώρευσης και της φυτοέκκρισης (Γαλανάκη, 2011).

Η φυτοπαρακολούθηση σε μία παράκτια αλατούχα περιοχή που καλύπτει πάνω από 20 στρέμματα, στη Δυτική Μεσογειακή έρημο της Αιγύπτου, η οποία είναι ρυπασμένη από διαρροή πετρελαίου (ως αποτέλεσμα δραστηριοτήτων διυλιστηρίων, εκρήξεων πετρελαιοπηγών και διάλυσης δεξαμενόπλοιων και αγωγών) έδειξε ότι το Λιμονίαστρο είναι το μόνο είδος που αναπτύσσεται καλά στο ρυπασμένο έδαφος, όταν όλα τα υπόλοιπα αυτοφυή, αλόφυτα φυτά της περιοχής έχουν εξαφανιστεί. Η μελέτη κύριων μεταβολιτών, όπως η προλίνη, η βεταΐνη, τα ελεύθερα αμινοξέα, οι εστέρες λιπαρών οξέων και ανόργανα στοιχεία, έδειξε την υψηλότερη συγκέντρωσή τους στα φυτά που αναπτύσσονται στη ρυπασμένη θέση σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε μη ρυπασμένη θέση που μπορεί να οφείλεται σε διαφορές σε ένα αριθμό υποδοχέων. Η ευαισθησία αυτών των υποδοχέων για το περιβαλλοντικό σήμα που προκαλεί διαφορές στη γενετική έκφραση οδηγεί σε διαφορές στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών (Hussein *et al.*, 2002).

Ανάμεσα σε πληθυσμούς Λιμονίαστρου που αναπτύσσονται σε ρυπασμένες περιοχές από πετρέλαιο και λύματα και σε μη ρυπασμένες περιοχές έχουν καταγραφεί

επίσης σημαντικές μορφολογικές διαφορές. Στις ρυπασμένες περιοχές, οι θάμνοι ήταν μεγαλύτεροι και τα άνθη ανά ταξιανθία έφτασαν τα 4, ενώ ο καταγεγραμμένος αριθμός ανθών είναι συνήθως 1-2 άνθη ανά ταξιανθία. Βάσει αυτών των δεδομένων, μπορεί να υποστηριχθεί ότι αυτή η μορφή του Λιμονιάστρου με τα 4 άνθη ανά ταξιανθία που αναπτύσσεται σε ρυπασμένες περιοχές είναι πιθανώς ένας νέος οικότυπος προσαρμοσμένος στην ρύπανση (El- Bakatoushi *et al.*, 2010).

Σε μελέτη που έγινε σε αυτοφυή φυτά της χώρας μας, ώστε να αξιολογηθεί η δυνατότητα της χρήσης τους στην αποκατάσταση εδαφών που έχουν υποστεί λατομικές δραστηριότητες, φάνηκε ότι το Λιμονιάστρο είναι κατάλληλο, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δεύτερο στάδιο αποκατάστασης, σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε μπετονιτόχωμα. Ακόμα, από τη μελέτη των ιστοχημικών χαρακτηριστικών του, διαπιστώθηκε υψηλή περιεκτικότητα του είδους σε τερπενοειδή. Η ιδιότητα αυτή βοηθάει στην προστασία του από τη βρώση των ζώων, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό, αφού η ελεύθερη βόσκηση αποτελεί πολλές φορές μεγάλο κίνδυνο για την αποκατάσταση τέτοιων περιοχών (Σπέντζα, 2010).

Στην Τυνησία το Λιμονιάστρο, θεωρείται φαρμακευτικό φυτό. Το έγχυμα των φύλλων του φυτού χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή ιατρική ως αντι-δυσεντερικό, κατά των μολυσματικών ασθενειών ή των παρασίτων που προκαλούν διάρροια. Επιπλέον, μέρη του φυτού που είναι πλούσια σε τανίνες, χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά για το χρωματισμό των μαλλιών και το μαύρισμα του δέρματος (Trabelsi *et al.*, 2010).

Σε μία μελέτη Τυνησιακών αλοφύτων (συμπεριλαμβανομένου και του *L. monopetalum*), γνωστών για τις φαρμακευτικές τους χρήσεις στην τοπική παραδοσιακή ιατρική, εξετάστηκε η επίδραση βιολογικών (φυτικό είδος, μέρος φυτού, στάδιο ανάπτυξης), περιβαλλοντικών (βιότοπος, αλατότητα) και τεχνικών (φύση του διαλύτη) παραγόντων στο φαινολικό περιεχόμενο και στην αντιοξειδωτική τους δράση. Τα είδη που μελετήθηκαν παρουσίασαν ένα σημαντικό και ευρύ φάσμα περιεχομένου πολυφαινόλης και αντιοξειδωτικής ικανότητας, ενώ η εξάρτηση αυτών από τους παράγοντες που μελετήθηκαν φάνηκε να είναι πολύ έντονη, γεγονός που μπορεί να έχει μεγάλη σημασία όσον αφορά την αξιοποίηση αυτών των αλοφύτων ως πηγή φυσικών δευτερογενών μεταβολιτών και των μεθόδων παραγωγής φαινολικών και αντιοξειδωτικών (Riadh *et al.*, 2008).

Μία ερευνητική μελέτη έδειξε ότι το εκχύλισμα των φύλλων του *L. monopetalum* μπορεί να αποτελέσει μία νέα και πλούσια πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα συνθετικά πρόσθετα στη βιομηχανία τροφίμων ή στα φαρμακευτικά προϊόντα. Συγκεκριμένα στα φύλλα του Λιμονιάστρου βρέθηκαν, μέσω της ανάλυσης HPLC (Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Πίεσης), αρκετές φαινολικές ενώσεις, όπως το βανιλικό και το γαλλικό οξύ. Εξετάστηκαν δέκα είδη εκχυλισμάτων ως προς το φαινολικό περιεχόμενο και την αντιοξειδωτική τους δράση σε συνάρτηση με την πολικότητα του διαλύτη και διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα του καλύτερου εκχυλίσματος έναντι παθογόνων βακτηρίων και ζυμομυκήτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα που ελήφθησαν χρησιμοποιώντας περισσότερο πολικούς διαλύτες ήταν πιο αποτελεσματικά. Η ακετόνη σε αναλογία ακετόνη/ νερό 8:2 φάνηκε να είναι ο καλύτερος διαλύτης για τη φαινολική εκχύλιση, καθώς και την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης για το Λιμονιάστρο. Το συγκεκριμένο εκχύλισμα έδειξε μια ελαφρά αντιμικροβιακή δράση έναντι ανθρώπινων παθογόνων στελεχών όπως των *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* και *Candida holmii* (Trabelsi *et al.*, 2010).

Άλλη εργαστηριακή μελέτη έδειξε ότι το υδατικό εκχύλισμα στελεχών Λιμονιάστρου θα μπορούσε να αξιοποιηθεί επιτυχώς ως πηγή φυσικής χρωστικής για τη βαφή μάλλινων υφασμάτων και να αποτελέσει μία εναλλακτική λύση έναντι των συνθετικών βαφών που προκαλούν περιβαλλοντική ρύπανση. Τα καλύτερα αποτελέσματα της διαδικασίας εκχύλισης, όσον αφορά την απόδοση του χρώματος αποκτήθηκαν στις ακόλουθες συνθήκες: pH 2, θερμοκρασία 100° C και χρόνο βαφής 60 min. Ο προσδιορισμός των φαινολικών περιεχομένων του υδατικού εκχυλίσματος έδειξε υψηλή ποσότητα σε τανίνες και πολυφαινόλες, οι οποίες θεωρούνται πολύ χρήσιμες ουσίες κατά την διαδικασία της βαφής καθώς έχουν την ικανότητα να λειτουργούν ως στερεωτικά του χρώματος (Bouzidi *et al.*, 2016).

Επιπρόσθετα, το *L. monopetalum* έχει υποστηριχθεί ότι είναι κατάλληλο φυτό για την απομόνωση καλλιεργούμενων ενδοφύτων που επιτρέπουν όχι μόνο τον βιολογικό έλεγχο των βακτηριακών και μυκητιακών παθογόνων, αλλά μπορούν επίσης να προάγουν την ανάπτυξη των φυτών και να τα προστατέψουν από επιβλαβείς αβιοτικούς παράγοντες, όπως τη ρύπανση από βαρέα μέταλλα και την

ξενοβιοτική καταπόνηση. Συγκεκριμένα από 117 ενδόφυτα που ανακτήθηκαν από το Λιμονίαστρο, επιλέχθηκαν ορισμένα βακτηριακά ενδόφυτα για την αποτελεσματικότητά τους ως προς τους παραπάνω παράγοντες και ειδικά για τη δραστηκότητά τους έναντι 14 ειδών του γένους *Fusarium* που μολύνουν τις πατάτες και τις ελιές. Αναμένεται ότι αυτή η στρατηγική θα παρέχει νέας γενιάς παράγοντες βιολογικού ελέγχου που στοχεύουν σε υψηλής βιοτικής και αβιοτικής αντοχής φυτά που ευδοκιμούν σε εχθρικά περιβάλλοντα (Slama *et al.*, 2019).

Τα αποτελέσματα των μελετών για το *L. monopetalum* δείχνουν ότι είναι πλούσιο σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες και ότι θα μπορούσε να αποτελέσει πρώτη ύλη για την παραγωγή ζωοτροφών (Neves *et al.*, 2007; Zahran & El-Amier, 2013).

Οι Neves *et al.* (2007) μελέτησαν τα πρότυπα εποχιακής διακύμανσης της υπέργειας και υπόγειας βιομάζας, της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής και της συσσώρευσης θρεπτικών ουσιών στο *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss. και στο *Atriplex portulacoides* L. στην αλυκή Castro Marim στην Πορτογαλία. Η μέση ετήσια παραγόμενη νωπή βιομάζα, του υπέργειου τμήματος του λιμονίαστρου, υπολογίστηκε σε 2516 g m⁻², ενώ η μέγιστη παραγόμενη βιομάζα του υπέργειου τμήματός του, που παρατηρείται σε αυτό το είδος την άνοιξη, είναι 3502 g m⁻². Η μέση ετήσια παραγόμενη νωπή βιομάζα των ριζών του υπολογίστηκε στα 2752 g m⁻². Η αναλογία παραγωγής βιομάζας ρίζες : βλαστούς υπολογίστηκε κάτω του 1 εκτός από την περίοδο του χειμώνα και του φθινοπώρου που είναι κοντά στο 1, δείχνοντας ότι αυτό το είδος επενδύει περισσότερο στους βλαστούς και τα φύλλα απ' ότι στις ρίζες (Neves *et al.*, 2007; Γαλανάκη, 2011).

1.3. Υλικά υποστρώματος

Τα υλικά που επιλέχθηκαν για το υπόστρωμα ήταν το κομπόστ στεμφύλων, ο περλίτης και η ελαφρόπετρα.

1.3.1. Κομποστοποίηση και κομπόστ

Κομποστοποίηση ονομάζεται «η ελεγχόμενη αερόβια (οξειδωτική) βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές εκείνες συνθήκες που ευνοούν τη διαδοχή συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμοάντοχων και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών», ενώ κομπόστ ονομάζεται «το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο στερεό υλικό, το οποίο προκύπτει από την κομποστοποίηση οργανικών υλικών» (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014).

Οι βασικοί στόχοι της λίπανσης με κομπόστ είναι η κάλυψη των αναγκών των εδαφών σε οργανική ουσία και η ταυτόχρονη αύξηση των αργιλο-χουμικών συμπλόκων, η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στα οργανικά υλικά, λόγω της αύξησης των αργιλο-χουμικών συμπλόκων, η μείωση των απωλειών με έκπλυση λόγω μεγαλύτερης προσρόφησης των στοιχείων και η άμβλυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων λόγω αξιοποίησης των γεωργικών υπολειμμάτων (Σιδηράς, 1997).

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κομπόστ είναι:

Οργανικά υλικά από στάβλους (κοπριά ζώων και άχυρο).

Φυτική ύλη από πάρκα, κήπους, κλαδέματα, κλαδιά δέντρων και θάμνων, καθώς και αγριόχορτα πριν σχηματίσουν σπόρους. Πολύτιμα είναι τα φύλλα που πέφτουν από τα δέντρα και ειδικότερα αυτά της οξιάς, της καστανιάς και της βελανιδιάς, ενώ και οι βελόνες των πεύκων μπορεί να αποτελέσουν ένα μικρό ποσοστό (10%) της κομπόστας.

Οργανικά υπολείμματα της κουζίνας όπως φλούδες, κοτσάνια, καρποί, υπολείμματα λαχανικών και τσόφλια αυγών.

Υπολείμματα επεξεργασίας εργοστασίων: σταφύλια από οινοποιεία, υπόλοιπα από ελαιουργεία, εκκοκκιστήρια βαμβακιού, επεξεργασίας τεύτλων για ζάχαρη,

κονσερβοποιίας και ειδικότερα ότι περισσεύει από μηχανική επεξεργασία χωρίς προσθήκη χημικών.

Ορυκτά υλικά: Σκόνες πετρωμάτων (λατομεία)

Διάφορα προϊόντα κηπευτικών φυτών, υπολείμματα λαχανικών, μανιτάρια σκουλήκια και υπολείμματα χορτοκοπής που είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία.

Φύκη και άλλα φυτικά υπολείμματα (Αλκιμος, 2000; Παπαναστασάτος, 2011).

1.3.1.1. Κομπόστ στεμφύλων

Τα στέμφυλα της οινοποιίας είναι τα υπολείμματα από την έκθλιψη των σταφυλιών για παραγωγή γλεύκους. Αποτελούνται από τους μίσχους, τα υπολείμματα της σάρκας, τους φλοιούς και τα σπέρματα των σταφυλιών, η μεταξύ των οποίων αναλογία εξαρτάται από την ποικιλία, την ανάπτυξη των βοτρώων και από τη μέθοδο της έκθλιψης. Αυτά τα στέμφυλα καλούνται «μη εξαντλημένα» και διαφέρουν από τα «εξαντλημένα», που προκύπτουν έπειτα από απόσταξη (Αδάμη, 2016).

Στις οινοπαραγωγικές χώρες, η αξιοποίηση των στέμφυλων της οινοποιίας αποτελεί μείζον πρόβλημα. Τα στέμφυλα αποτελούν παράγοντα μόλυνσης του περιβάλλοντος, όταν αυτά δεν αξιοποιούνται κατάλληλα. Η άμεση, χωρίς επεξεργασία διάθεσή τους στο εδαφικό υπόστρωμα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα γιατί μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη των ριζών. Ωστόσο, αποτελούν καλή αρχική ύλη για κομποστοποίηση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία. Επιπλέον, η κομποστοποίηση των στεμφύλων προστατεύει από τη ρύπανση του περιβάλλοντος, που προκαλείται από τη μη σωστή αξιοποίησή τους (Inbar *et al.*, 1991; Diaz *et al.*, 2002; Περγαλιώτη, 2010).

Τα στέμφυλα οινοποιείων αποτελούν μια από τις καλύτερες πρώτες ύλες για κομποστοποίηση, καθώς αποδομούνται εύκολα και γρήγορα ακόμη και μόνα τους, ενώ το παραγόμενο κομπόστ χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες τιμές pH και EC. Χαρακτηριστικό των στέμφυλων είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε N που όμως δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς αποδόμησης εξαιτίας του εγκλωβισμού του κατά το μεγαλύτερο μέρος μέσα στα γιγάρτα. Η σχετική ανθεκτικότητα των γιγάρτων στη μικροβιακή αποδόμηση συμβάλλει στη μεγάλη

διάρκεια παραμονής του παραγόμενου κομπόστ στο έδαφος. Επιπλέον, η συγκέντρωσή τους στις μονάδες οينوποίησης κάνει πολύ εύκολη και οικονομική τη συγκέντρωση και μεταφορά τους σε μονάδες κομποστοποίησης (Μανιαδάκης *et al.*, 2010; Αδάμη, 2016).

Πλήθος μελετών έχει επιβεβαιώσει την ικανότητα χρησιμοποίησης του κομπόστ στεμφύλων στην καλλιέργεια τόσο ανθοκομικών όσο και κηπευτικών ειδών. Η αντικατάσταση της τύρφης σε ποσοστό 50% από κομπόστ στεμφύλων στο υπόστρωμα ανάπτυξης του φυτού *Ficus benjamina cv. Starlight*, οδήγησε στην αύξηση του ύψους των φυτών και του πάχους του κεντρικού στελέχους και στην αύξηση του ποσοστού Κ στο υπόστρωμα. Σε άλλη μελέτη η αντικατάσταση της τύρφης κατά 75% από κομπόστ στεμφύλων υποκατέστησε την ανάγκη για λίπανση όσον αφορά την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος των φυτών *Ficus benjamina*, αφού τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα κομπόστας χωρίς λίπανση είχαν όλες τις παραμέτρους αξιολόγησης της ανάπτυξής τους παρόμοιες με αυτές των φυτών που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα τύρφης και λιπαίνονταν (Chen *et al.*, 1988; Παπαφωτίου *et al.*, 2009).

Σε πειραματική μελέτη που έγινε σε καλλιέργειες πιπεριάς, αγγουριάς και ντομάτας, φάνηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών ήταν γρηγορότερη στα εδαφικά μίγματα που περιείχαν κομπόστ στεμφύλων από εκείνο της τύρφης σε συνδυασμό με βερμικουλίτη (Inbar *et al.*, 1986), ενώ μελέτη που έγινε σε καλλιέργεια ντομάτας σε ανοιχτό και κλειστό σύστημα θερμοκηπίου, έδειξε ότι το κομπόστ στεμφύλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως υποκατάστατο του πετροβάμβακα, καθώς δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην απόδοση και τη συγκομιδή των φυτών (Reis *et al.*, 2001). Επιπλέον, τα αποτελέσματα πιο πρόσφατης μελέτης για την παραγωγή μαρουλιού, ντομάτας, πιπεριάς και πεπονιού, έδειξαν ότι με τη σωστή διαχείριση άρδευσης και λίπανσης, το κομπόστ στεμφύλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς μόνο του ή σε μίγμα με τύρφη ως μέσο ανάπτυξης για την παραγωγή σποροφύτων (Carmona *et al.*, 2012).

Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν γίνει για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα της χρήσης κομπόστ στεμφύλων σε αστικά φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου. Η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστ στεμφύλων στο υπόστρωμα ανάπτυξης εκτατικού φυτοδώματος ευνόησε την ανάπτυξη και αύξησε το ξηρό βάρος του

υπέργειο μέρος των ξηροφυτικών μεσογειακών ειδών *Artemisia absinthium*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum orientale*, *Origanum majorana* και *Santolina chamaecyparissus* και υποστήριξε εξίσου την επιβίωση και ανάπτυξη του φυτού *Lavandula angustifolia* (Kotsiris *et al.*, 2012; Papafotiou *et al.*, 2012, 2013).

Τέλος, το κομπόστ στεμφύλων έχει φανεί ότι εμποδίζει την εξάπλωση ασθeneιών που οφείλονται στους μύκητες *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* και του παθογόνου γένους *Pythium* (Mandelbaum *et al.*, 1985; Gorodecki & Hadar, 1990; Santos *et al.*, 2008).

1.3.2. Περλίτης

Ο περλίτης είναι υαλώδες ηφαιστειακό πέτρωμα ρυολιθικής σύστασης με ανοιχτό τεφρό χρώμα. Η χαρακτηριστική του ιδιότητα είναι η διόγκωσή του με γρήγορη αλλά ελεγχόμενη θέρμανση. Τότε δίνει μια αφρώδη μάζα τουλάχιστον 10 έως 20 φορές μεγαλύτερη από τον αρχικό όγκο (Θεοδωρίκας, 2010). Το υλικό το οποίο εξορύσσεται από τα ορυχεία, αρχικά αλέθεται, διαχωρίζεται και στη συνέχεια υφίσταται μια θερμική επεξεργασία στους 900 με 1000° C, όπου διογκώνεται. Η υψηλή θερμοκρασία της επεξεργασίας έχει ως αποτέλεσμα την απόδοση ενός αποστειρωμένου υλικού (Ολύμπιος, 1994).

Οι χρήσεις του περλίτη είναι πολλές και ποικίλες. Αυτές βασίζονται στις φυσικές και τις χημικές του ιδιότητες, που είναι η πορώδης εμφάνιση σε συνδυασμό με τη μεγάλη σταθερότητα, η μικρή θερμική αγωγιμότητα (θερμική μόνωση), η μικρή αγωγιμότητα του ήχου (ηχητική μόνωση), η μεγάλη προσροφητική ικανότητα, η υψηλή αντοχή στη φωτιά και η χημική του ανενεργότητα (αδράνεια) (Θεοδωρίκας, 2010).

Στα εδαφικά μείγματα χρησιμοποιούνται κόκκοι διαμέτρου 1,5 έως 3 mm. Η πυκνότητά του είναι 128 kg m⁻³ και μπορεί να συγκρατήσει τριπλάσιο ή τετραπλάσιο νερό σε σχέση με τον όγκο του. Το pH του είναι 7-7,5, δεν παρουσιάζει ρυθμιστική ικανότητα και δεν προσφέρει θρεπτικά στοιχεία. Ο περλίτης σε μείγμα με τύρφη βελτιώνει το πορώδες. Υποστρώματα από καθαρό περλίτη ή μείγματα που περιέχουν

περλίτη σε μεγαλύτερο ποσοστό στραγγίζουν και αερίζονται πολύ καλά. Επιπλέον, ένα ακόμα πλεονέκτημά του είναι το σημαντικά χαμηλότερο κόστος του σε σύγκριση με άλλα ανόργανα υλικά (Ολύμπιος, 1994; Guller *et al.* 1995; Κυρίτσης & Μαυρογιαννόπουλος, 1996; Παπαναστασάτος, 2011).

Ο σχηματισμός του στον Ελληνικό χώρο οφείλεται στην ηφαιστειακή δράση του Αιγαίου κατά το Πλειστόκαινο. Κοιτάσματά του υπάρχουν στα νησιά Μήλο, Κω, Λέσβο, Αντίπαρο, Κίμωλο, Πολύαιγο και Νίσυρο (Θεοδωρίκας, 2010).

1.3.3. Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι ένα φυσικό, χημικά αδρανές και ελαφροβαρές δομικό υλικό που συνδυάζει ένα μεγάλο αριθμό χαρακτηριστικών με εξαιρετικό ενδιαφέρον. Μερικά απ' αυτά είναι η χαμηλή πυκνότητα σε ξηρό δείγμα, η καλή θλιπτική αντοχή και το ικανοποιητικό μέτρο ελαστικότητας, οι καλές θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες, η πορώδης δομή με χαμηλή περατότητα και η ακαυστότητα. Η τυπική χημική της σύσταση της ελαφρόπετρας παρουσιάζεται στον Πίνακα (Δ12).

Πίνακας 1. Τυπική χημική σύσταση ελαφρόπετρας (ΛΑΒΑ Α.Ε., Δ12).

Οξείδιο του Πυριτίου SiO ₂	71,91 %
Οξείδιο του Αργιλίου Al ₂ O ₃	12,66 %
Τριοξείδιο του Σιδήρου Fe ₂ O ₃	1,13 %
Οξείδιο του Ασβεστίου CaO	1,46 %
Οξείδιο του Μαγνησίου MgO	0,32 %
Τριοξείδιο του Θείου SO ₃	0,03 %
Οξείδιο του Καλίου K ₂ O	4,30 %
Οξείδιο του Νατρίου Na ₂ O	3,45 %
Απώλεια Πυρώσεως	4,53 %
Απροσδιόριστα	0,21 %
	100,00 %

1.4. Σκοπός της μελέτης

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η δυνατότητα ανάπτυξης του αυτοφυούς μεσογειακού φυτικού είδους *Limoniastrum monopetalum* σε συνθήκες αστικού φυτοδώματος υπό διαφορετικές συχνότητες άρδευσης και διαφορετικά βάρη υποστρώματος.

Η επιλογή του φυτικού είδους έγινε ώστε να εμπλουτιστεί ο κατάλογος των κατάλληλων αυτοφυών φυτών για χρήση σε φυτεμένα δώματα. Η χρήση της αυτοφυούς βλάστησης στα αστικά φυτοδώματα μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο αποκατάστασης του χαμένου τοπίου που προϋπήρχε αλλά και προστασίας των ίδιων των φυτών και ταυτόχρονα να δημιουργήσει οικοτόπους που θα υποστηρίζουν τη βιοποικιλότητα της περιοχής.

Η υδατική καταπόνηση και τα διαφορετικά βάρη υποστρώματος δοκιμάστηκαν προκειμένου να επιτευχθεί εξοικονόμηση υδατικών πόρων και να εξασφαλιστεί η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της στατικότητας των κτιρίων, δεδομένου ότι ζούμε σε μία χώρα με μεγάλες περιόδους ξηρασίας και τα περισσότερα κτίρια δεν είναι ικανά να αντέξουν μεγάλα φορτία λόγω παλαιότητας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Φυτικό υλικό

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν έρριζα μοσχεύματα του φυτικού είδους *Limoniastrum monopetalum*, κοιν. Λιμονιάστρο.

Η παραγωγή μοσχευμάτων Λιμονιάστου έγινε στο εργαστήριο Ανθοκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στις 19 Σεπτεμβρίου 2018 έγινε λήψη μοσχευμάτων από φυτά του κήπου του Πανεπιστημίου, μήκους 10 cm και αφού έγινε εμφάπτιση της βάσης τους για 1 min σε διάλυμα IBA 1000 ppm, φυτεύτηκαν σε ατομικά γλαστράκια διαστάσεων 5x5x5 cm σε μίγμα τύρφης : περλίτη 1:1 και τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση όπου ψεκάζονταν για 20 sec κάθε 15 min. Μετά από 3 εβδομάδες τα έρριζα μοσχεύματα βγήκαν από την υδρονέφωση και παρέμειναν στο θερμοκήπιο για άλλες 2 εβδομάδες (Εικόνα 12). Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν για 1 μήνα σε πάγκο εκτός θερμοκηπίου για να εγκλιματιστούν έως την εγκατάσταση στην ταράτσα. Τα μοσχεύματα μετά την υδρονέφωση και μέχρι τη μεταφύτευση στην ταράτσα ποτίζονταν 2 φορές την εβδομάδα και πραγματοποιήθηκε 1 φορά υδρολίπανση 0,2 g l⁻¹ με λίπασμα 20:20:20.



Εικόνα 12. Μοσχεύματα Λιμονιάστρου στην υδρονέφωση για ριζοβολία (αριστερά) και έρριζα μοσχεύματα στον πάγκο του θερμοκηπίου (δεξιά).

2.2. Μεταφύτευση μοσχευμάτων - Κιβώτια φυτοδώματος

Η μεταφύτευση των έρριζων μοσχευμάτων έγινε στις 23 Νοεμβρίου 2018 σε πλαστικά κιβώτια της εταιρείας Holiday Land A.E. (Πειραιάς, Αττική). Τοποθετήθηκαν 2 μοσχεύματα διαγώνια σε κάθε κιβώτιο. Τα κιβώτια τοποθετήθηκαν στην πλήρως εκτεθειμένη ταράτσα (2^{ος} όροφος) του κεντρικού κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και η μεταφύτευση είχε 100% επιτυχία (Εικόνα13).



Εικόνα 13. Φυτά Λιμονιάστου μία εβδομάδα μετά τη μεταφύτευση στο δώμα.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά μεγέθη κιβωτίων, ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά βάθη υποστρώματος για το σκοπό του πειράματος. Τα κιβώτια για το χαμηλό βάθος υποστρώματος, με κωδικό AR7922.760.415, είχαν εξωτερικές διαστάσεις 600x400x150 mm, εσωτερικές διαστάσεις 490x340x145 mm, βάρος 1,6 kg και χωρητικότητα 25 L. Τα κιβώτια για το ψηλό βάθος υποστρώματος, με κωδικό AR7925.760.415, είχαν εξωτερικές διαστάσεις 600x400x220 mm, εσωτερικές διαστάσεις 490x340x215 mm, βάρος 1,9 kg και χωρητικότητα 40 L (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Διάταξη κιβωτίων στο δώμα του κεντρικού κτιρίου του Γ.Π.Α.

2.3. Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένου δώματος

Πριν την τοποθέτηση του υποστρώματος καλλιέργειας εντός των πλαστικών κιβωτίων τοποθετήθηκαν από κάτω προς τα πάνω τα παρακάτω υλικά υποδομής που απαιτούνται για την εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος: Υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης, αποστραγγιστικό στοιχείο και διηθητικό φύλλο (Εικόνα 15). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών σύμφωνα με τα στοιχεία της εταιρείας είναι τα ακόλουθα:

Προστατευτική μεμβράνη VLS-500 (DIADEM): Κατασκευάζεται από συνθετικό υλικό με πολυεστερικές ίνες, έχει ικανότητα συγκράτησης νερού $3,6 \text{ L m}^{-2}$, πάχος 4 mm και βάρος $0,5 \text{ kg m}^{-2}$. Συγκρατεί υγρασία και θρεπτικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει την προστασία της μόνωσης της στέγης από μηχανικές φθορές.

Αποστραγγιστικό στοιχείο FLORADRAIN-25 (Zinco): Κατασκευάζεται από ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο. Έχει ύψος 2,5 cm, βάρος 1,5 kg m⁻², χωρητικότητα νερού 3 L m⁻² και μέγιστο επιτρεπόμενο όριο φορτίου 250 kN m². Αποτελείται από κυψέλες στις οποίες αποθηκεύεται το νερό, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητάς του μέσω των καναλιών του προς τις υδρορροές του δώματος. Οι οπές που φέρει στην ανώτερη επιφάνεια των κυψελών επιτρέπουν τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών και βοηθούν στην εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα ανάπτυξης.

Διηθητικό φύλλο VLF-150 (DIADEM): Κατασκευάζεται από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, έχει πάχος 1,2 mm, βάρος 0,15 kg m⁻² και αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχιδίων από το υπόστρωμα ανάπτυξης στο αποστραγγιστικό σύστημα.

Για τις ανάγκες του πειράματος τα υλικά κόπηκαν στις διαστάσεις των κιβωτιών και τοποθετήθηκαν στη βάση τους μονοκόμματα. Το διηθητικό φύλλο στράφηκε προς τα πάνω στις τέσσερις πλευρές του κάθε κιβωτίου και σταθεροποιήθηκε καλά για την αποφυγή της μετακίνησης των σωματιδίων του υποστρώματος.



Εικόνα 15. Υλικά υποδομής φυτεμένου δώματος εντός του πλαστικού κιβωτίου.

2.4. Υπόστρωμα καλλιέργειας

Το υπόστρωμα καλλιέργειας τοποθετήθηκε πάνω από το διηθητικό φύλλο. Η σύστασή του ήταν 3K:3Π:4E, όπου K: κομπόστ από στέμφυλα οινοποιίας, Π: περλίτης και E: ελαφρόπετρα, ενώ χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά βάθη, 7,5 και 15 cm.

Η κομπόστα στεμφύλων οινοποιίας αγοράστηκε από τοπικό παραγωγό και ήταν 1 έτους. Ο περλίτης ήταν διαμέτρου 1-5 mm (Perloflor, ISOCON A.E., Αθήνα, Ελλάδα) και η ελαφρόπετρα ήταν διαμέτρου 2-10 mm (ΛΑΒΑ A.E.), (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Κομπόστ στεμφύλων οινοποιίας, ελαφρόπετρα, περλίτης (από αριστερά προς τα δεξιά).

Ο συγκεκριμένος τύπος υποστρώματος που επιλέχθηκε για το πείραμα, έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες από Παπαφοτίου *et al.* (2013) και Αδάμη (2016), με μόνη διαφοροποίηση στη διάμετρο της ελαφρόπετρας (2-10 mm αντί 0-8 mm).

2.5. Άρδευση

Τις δύο πρώτες βδομάδες μετά τη φύτευση στο δώμα, τα φυτά αρδεύονταν χειρωνακτικά με λάστιχο κάθε δύο μέρες, έτσι ώστε να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες και να αποφευχθεί το μεταφυτευτικό στρες. Κατόπιν, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, εφαρμόστηκαν πιο αραιές αρδεύσεις, αρχικά με λάστιχο ποτίσματος και στη συνέχεια με σύστημα αυτόματης άρδευσης, το οποίο εγκαταστάθηκε το Μάρτιο. Η άρδευση γινόταν το απόγευμα, μέχρι απορροής από το

κιβώτιο και διαρκούσε 30 min για τα χαμηλού βάθους υποστρώματα και 40 min για τα ψηλού βάθους υποστρώματα.

Για το αυτόματο σύστημα ποτίσματος χρησιμοποιήθηκε προγραμματιστής ηλεκτροβάνας τύπου Galcon 7.001 D-E. Ο κεντρικός σωλήνας ήταν $\Phi 20$ και ο δευτερεύων $\Phi 6$. Για κάθε κιβώτιο ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκαν δύο αυτορρυθμιζόμενοι γωνιακοί σταλάκτες, παροχής 4 L h^{-1} , οι οποίοι ήταν ενωμένοι με το σωλήνα διαμέτρου $\Phi 6$. Στην εικόνα 17 φαίνεται η διάταξη των σταλακτών στο κιβώτιο.



Εικόνα 17. Διάταξη γωνιακών σταλακτών στο κιβώτιο ανάπτυξης.

Από το μήνα Μάιο ξεκίνησαν δύο διαφορετικά προγράμματα άρδευσης, αυτά της κανονικής και της αραιής άρδευσης, τόσο για τα φυτά που βρίσκονταν στο ρηχό όσο και για τα φυτά που βρίσκονταν στο βαθύ υπόστρωμα. Συγκεκριμένα από το Μάιο μέχρι και τον Ιούνιο η κανονική άρδευση ρυθμίστηκε ως εξής:

Για το χαμηλό βάθος υποστρώματος (7,5 cm): Κανονική άρδευση κάθε 3 μέρες, αραιή άρδευση κάθε 5 μέρες.

Για το ψηλό βάθος υποστρώματος (15 cm): Κανονική άρδευση κάθε 5 μέρες, αραιή άρδευση κάθε 7 μέρες.

Από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο οι συχνότητες άρδευσης άλλαξαν, καθώς λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών, η εδαφική υγρασία μειωνόταν πιο γρήγορα και τα φυτά παρουσίασαν σημεία ξήρανσης και διαμορφώθηκαν ως εξής:

Για το χαμηλό βάθος υποστρώματος (7,5 cm): Κανονική άρδευση κάθε 2 μέρες, αραιή άρδευση κάθε 4 μέρες.

Για το ψηλό βάθος υποστρώματος (15 cm): Κανονική άρδευση κάθε 4 μέρες, αραιή άρδευση κάθε 6 μέρες.

2.6. Λίπανση

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση στα φυτά του Λιμονιάστρου.

2.7. Φυτοπροστασία

Εκτός από το τακτικό βοτάνισμα των ζιζανίων με το χέρι, πραγματοποιήθηκε μία επέμβαση με εντομοκτόνο σκεύασμα για την αντιμετώπιση προσβολής από αφίδες (*Aphis sp.*) στις 8 Απριλίου 2019. Συγκεκριμένα έγινε ψεκασμός με θειαμεθοξάμη, διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου (Εικόνα 18).



Εικόνα 18. Προσβολή από αφίδες σε φυτό Λιμονιάστρου (δεξιά) και ψεκασμός με εντομοκτόνο σκεύασμα (αριστερά).

2.8. Συνθήκες ανάπτυξης

Οι μετεωρολογικοί παράμετροι που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος (μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, αθροιστική βροχόπτωση, ημέρες βροχής, μέση τιμή ταχύτητας ανέμου) λαμβάνονταν από το σταθμό του

Θησείο του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, ο οποίος βρίσκεται στο λόφο Νυμφών, σε υψόμετρο 103 m (Πίνακας 2, Δ13, Παράρτημα Α). Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών διαθέτει μετεωρολογικό σταθμό, ο οποίος όμως ήταν εκτός λειτουργίας κατά την διάρκεια του πειράματος.

Πίνακας 2. Μετεωρολογικοί παράμετροι κατά τη διάρκεια του πειράματος (Δ13).

Μήνας	Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	Αθροιστική βροχόπτωση (mm)	Ημέρες με βροχή (> 0.1 mm)	Ταχύτητα ανέμου (km/hr)
Νοέμβριος	19,3	12,9	51,6	10	5,7
Δεκέμβριος	14,2	7,9	73,8	12	3,7
Ιανουάριος	12,8	6,5	125	19	5
Φεβρουάριος	13,5	6,9	59,2	10	7,3
Μάρτιος	17,6	9,6	26,8	5	7
Απρίλιος	19,1	11,8	115	12	4,8
Μάιος	24,2	15,8	2,2	3	3,9
Ιούνιος	31	22,7	2,6	3	5,8
Ιούλιος	32,6	23,8	1	4	5,9
Αύγουστος	33,6	25,6	0	0	7,6
Σεπτέμβριος	29	21	4,8	2	5,6

2.9. Περιγραφή πειράματος

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη από τις 23 Νοεμβρίου 2018, όπου πραγματοποιήθηκε η φύτευση των έρριζων μοσχευμάτων, έως τις 12 Σεπτεμβρίου 2019, όπου πραγματοποιήθηκε η τελευταία μέτρηση ανάπτυξης των φυτών.

Χρησιμοποιήθηκαν 48 φυτά του είδους *L. monoptalum*, τα οποία καλλιεργήθηκαν ανά δύο, διαγώνια σε κάθε κιβώτιο καλλιέργειας. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 24 κιβώτια, από τα οποία τα 12 περιείχαν υπόστρωμα βάθους 7,5 cm, ενώ τα υπόλοιπα 12 περιείχαν υπόστρωμα βάθους 15 cm. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 3Κ:3Π:4Ε, όπου Κ το κομπόστ στεμφύλων οινοποιίας, Π ο

περλίτης και Ε η ελαφρόπετρα. Τα μισά κιβώτια που περιείχαν υπόστρωμα 7,5 cm αρδεύονταν κανονικά και τα άλλα μισά αρδεύονταν αραιά. Αντίστοιχα το ίδιο εφαρμόστηκε και στα κιβώτια που περιείχαν υπόστρωμα 15 cm. Τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν εντελώς τυχαιοποιημένα σε δύο σειρές, στο δώμα του Κεντρικού Κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι επεμβάσεις της άρδευσης ξεκίνησαν το Μάιο του 2019 και ολοκληρώθηκαν με τη λήξη του πειράματος.

Οι παρατηρήσεις που λαμβάνονταν κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν η μέτρηση του ύψους των φυτών, η μέτρηση του αριθμού των πλάγιων βλαστών ανά φυτό, το συνολικό μήκος των πλάγιων βλαστών και η μέτρηση των ανθέων. Στο τέλος του πειράματος μετρήθηκε και το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.

Στις μετρήσεις προστέθηκε ο προσδιορισμός των χημικών ιδιοτήτων του κομπόστ στεμφύλων που χρησιμοποιήθηκε στο υπόστρωμα καλλιέργειας του πειράματος, με τη μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και ο προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων (N, P, K, Na, Mg, Ca) και των μικροθρεπτικών στοιχείων (Fe, Mn, Zn, Cu). Επίσης μετρήθηκε η μέση τιμή υγρασίας υποστρώματος και προσδιορίστηκε η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων για τον μήνα Ιούλιο.

2.10. Μέτρηση ύψους και πλάγιων βλαστών των φυτών

Οι αρχικές μετρήσεις των φυτών πραγματοποιήθηκαν μία εβδομάδα μετά την εγκατάσταση των φυτών στο δώμα, στις 5 Δεκεμβρίου 2018 και στη συνέχεια λαμβάνονταν κάθε 12 του μήνα από τον Μάρτιο μέχρι και το Σεπτέμβριο του 2019, όπου τα φυτά ξεκίνησαν να αρδεύονται μέσω του αυτόματου συστήματος άρδευσης.

2.11. Μέτρηση υγρασίας υποστρώματος

Η μέτρηση της υγρασίας του υποστρώματος πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή WET Kit της εταιρείας Delta-T devices. Η συσκευή αυτή μετράει την περιεκτικότητα του υποστρώματος σε νερό, την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC και τη θερμοκρασία του υποστρώματος. Περιλαμβάνει έναν αισθητήρα WET και ένα μετρητή υγρασίας HH2 (Εικόνα 19). Ο αισθητήρας αποτελείται από τρεις μεταλλικές

ράβδους μήκους 6,8 cm και διαμέτρου 3 mm που απέχουν 1,5 cm και συνδέεται με τον μετρητή υγρασίας, ο οποίος τροφοδοτεί τον αισθητήρα και μετρά την επιστρεφόμενη τάση σήματος εξόδου. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν την 1^η μέρα της άρδευσης και την τελευταία ημέρα πριν την επόμενη άρδευση. Λαμβάνονταν 3 μετρήσεις από κάθε κιβώτιο και υπολογιζόταν ο μέσος όρος. Στη συνέχεια, μέσω ανάπτυξης κατάλληλης εξίσωσης βαθμονόμησης, υπολογίστηκε η ακριβής υγρασία (actual moisture) για κάθε κιβώτιο (Kargas *et al.*, 2013).

2.12. Προσδιορισμός αντίστασης των φύλλων

Για τον προσδιορισμό της αντίστασης των φύλλων (Rleaf) των φυτών χρησιμοποιήθηκε η συσκευή AP4 Porometer της εταιρείας Delta-T devices (Εικόνα 19). Η συσκευή δίνει άμεσα αποτελέσματα και προκαλεί ελάχιστο στρες στα φύλλα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Η συνολική αντίσταση των φύλλων αποτελεί τον αντίστροφο όρο της συνολικής αγωγιμότητας των φύλλων και εκφράζει την ταχύτητα διάχυσης των υδρατμών διαμέσου των στομάτων. Η συνολική αντίσταση των φύλλων είναι ανάλογη με την υδατική ροή εντός του φυτού, εκφράζοντας τον πραγματοποιούμενο στοματικό έλεγχο στους ρυθμούς διαπνοής (Μαρατζής, 2003).

Η παραπάνω συσκευή περιλαμβάνει απογραφέα σχετικής υγρασίας, εφαρμοζόμενο σε ειδική κεφαλή. Προκειμένου να διαμορφωθεί η γραφική παράσταση συσχέτισης της συνολικής αντίστασης και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος για συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας, με βάση την οποία υπολογίζονται η συνολική αντίσταση για μία συγκεκριμένη μέτρηση, ακολουθείται εξειδικευμένη διαδικασία, γνωστή ως βαθμονόμηση, κατά την οποία ειδική πλάκα με οπές καθορισμένης αντίστασης, επιδέχεται μέτρια βρεγμένο απορροφητικό χαρτί και τοποθετείται στην κεφαλή του οργάνου, ώστε να δημιουργηθεί αντιστοιχία οπών και κατά συνέπεια των τιμών αντίστασης με τις τιμές της σχετικής υγρασίας.

Ως δείγματα για την παραλαβή των αποτελεσμάτων επιλέχθηκαν 2 νεαρά πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα από κάθε επανάληψη την ημέρα της άρδευσης, πριν από αυτή και την επόμενη μέρα από την άρδευση. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν από τις 12.00 έως τις 14.00 το μεσημέρι, διότι τότε παρατηρείται η μέγιστη καταπόνηση των φυτών εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών.



Εικόνα 19. Απεικόνιση συσκευής WET Kit δεξιά και AP4 Porometer αριστερά (Δ14).

2.13. Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους

Το νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών μετρήθηκαν αφού διαχωρίστηκαν πρώτα από το υπόγειο μέρος. Μετά την κοπή από τη βάση και αφού έγιναν οι μετρήσεις του νωπού βάρους, στη συνέχεια το υπέργειο τμήμα μεταφέρθηκε σε χάρτινα σακουλάκια και τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο στους 75° C. Μία εβδομάδα αργότερα και αφού είχε χαθεί όλη η υγρασία τους, πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση του ξηρού βάρους. Οι μετρήσεις τόσο του νωπού όσο και του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος πραγματοποιήθηκαν με ζυγό ακριβείας δύο δεκαδικών μονάδων, στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

2.14. Προσδιορισμός pH και Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC) κομπόστ στεμφύλων

Η μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υποστρώματος έγινε πριν την εγκατάσταση των φυτών στο εργαστήριο εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Για τη μέτρηση του pH και της EC, έγινε προσθήκη 10 g compost (το οποίο είχε παραμείνει στο φούρνο του εργαστηρίου για 1 ημέρα στους 60° C) σε 25 ml απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό αναδεύονταν ανά 10 min για 1 h μέχρι να γίνει ομοιογενής ανάμιξη του μίγματος και στη συνέχεια λήφθηκαν οι μετρήσεις με τις συσκευές Selecta-2005 pH Meter και Selecta-2005 Conductivity Meter.

2.15. Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων του κομπόστ στεμφύλων

Το κομπόστ στεμφύλων επεξεργάστηκε σαν οργανικό δείγμα. Οι αναλύσεις έγιναν σύμφωνα με τις αναλύσεις των φυτικών δειγμάτων.

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Αζώτου (N)

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του αζώτου έγινε με τη μέθοδο «Kjeldahl». Η προετοιμασία του δείγματος κομπόστ έγινε ως εξής: Το δείγμα τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο στους 60° C έως ότου απομακρύνθηκε όλη η υγρασία από τη μάζα του, στη συνέχεια με γουδί έγινε λεπτόκοκκο και κατόπιν περάστηκε από κόσκινο 500 μ. Ζυγίστηκε 1 g δείγματος και μεταφέρθηκε στη φιάλη καύσης. Ακολούθησε προσθήκη 20 ml H₂SO₄ και σαλικυλικού οξέος και μετά από 30 min ηρεμίας, προστέθηκε 1 g Na₂S₂O₃ και μία ταμπλέτα σεληνίου και στη συνέχεια έγινε καύση του δείγματος στους 420° C για 1 ώρα. Αφού οι φιάλες αφέθηκαν για 30 min να ψυχθούν έγινε απόσταξη και στη συνέχεια προστέθηκαν στο δείγμα 10-12 σταγόνες δείκτης και έγινε τιτλοδότηση με HCl 0,05 N.

Ο προσδιορισμός της τιμής του αζώτου έγινε βάσει του τύπου:

$$\text{Ολικό N(\%)} = (\text{ml HCl} - 0,2) * 0,05 * 14 * 100 / \text{βάρους δείγματος} * 1000$$

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Φωσφόρου (P)

Η περιεκτικότητα του φωσφόρου προσδιορίστηκε με φασματοφωτόμετρο. Η προετοιμασία του δείγματος κομπόστας έγινε ως εξής: Το δείγμα τοποθετήθηκε στο ξηραντήριο στους 60° C έως ότου απομακρύνθηκε όλη η υγρασία από τη μάζα του, στη συνέχεια με γουδί έγινε λεπτόκοκκο και κατόπιν περάστηκε από κόσκινο 500 μ. Δείγμα βάρους 1 g τοποθετήθηκε σε κάψα και έγινε καύση στους 500° C για 3 h. Με την ολοκλήρωση της καύσης, το δείγμα είχε μετατραπεί σε λευκόχροη τέφρα. Στη συνέχεια προστέθηκαν 5 ml HNO₃ 65% για την παραλαβή της τέφρας και η κάψα ξεπλύθηκε 3 φορές με απιονισμένο νερό. Ακολούθησε διήθηση του αιωρήματος και προσθήκη απιονισμένου νερού έως τα 100 ml.

Στη συνέχεια πριν τον προσδιορισμό του φωσφόρου στο φασματοφωτόμετρο προηγήθηκε ανάπτυξη χρώματος κατά Murphy- Riley. Σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml μεταφέρθηκαν 2ml εκχυλίσματος, προστέθηκαν 10 ml απεσταγμένου νερού και 5

σταγόνες δείκτη φαινόλης. Για την εξουδετέρωση της οξύτητας έγινε προσθήκη λίγων σταγόνων NaOH 1M με προχοΐδα έως ότου το χρώμα του διαλύματος να γίνει κίτρινο. Μετά την εξουδετέρωση της οξύτητας έγινε προσθήκη 10 ml ασκορβικού οξέος και ακολούθησε ανάδευση. Πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση του όγκου με νερό έως τα 50 ml και το διάλυμα αφέθηκε σε ηρεμία για 20 min μέχρι να εμφανιστεί μπλε χρώμα. Στη συνέχεια έγινε αραίωση 1:10 με απιονισμένο νερό, το διάλυμα τοποθετήθηκε σε κυψελίδα και λήφθηκε η μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο. Για μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 10 ml ασκορβικού οξέος και 40 ml απιονισμένου νερού.

Η μετατροπή των τιμών έγινε σύμφωνα με τον τύπο:

$$P = (M - E) / 145,5 * \text{όγκος δείγματος (ml)} / \text{όγκος για ανάπτυξη χρώματος (ml)} * \text{τελικός όγκος δείγματος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)} / 10.000 \text{ όπου,}$$

M: ένδειξη μάρτυρα

E: ένδειξη δείγματος

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Καλίου (K)

Ο προσδιορισμός τόσο του ολικού καλίου όσο και των ανταλλάξιμων κατιόντων έγινε με φλωγοφωτόμετρο. Η προετοιμασία του δείγματος για τον προσδιορισμό του ολικού καλίου ήταν η ίδια με αυτή του φωσφόρου. Μετά τη διήθηση του αιωρήματος προστέθηκε απιονισμένο νερό έως τα 100 ml, έγινε αραίωση 10:1 και ακολούθησε ο προσδιορισμός του ολικού καλίου στο φλωγοφωτόμετρο.

Ο υπολογισμός του ολικού καλίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$K (\%) = (\text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραίωση} * \text{τελικός όγκος δείγματος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}) / 10.000$$

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων καλίου έγινε με τη Μέθοδο Οξικού Αμμωνίου. 5 g εδάφους τοποθετήθηκαν σε πλαστικό φιαλίδιο των 100 ml, κατάλληλο για φυγοκέντρηση. Προστέθηκαν 50 ml CH₃COONH₄ 1 N pH 7,0 και αφού το φιαλίδιο πωματίστηκε, ανακινήθηκε μηχανικά για 10 min. Στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε για 3 min στις 3500 rpm. Τα δύο τελευταία βήματα επαναλήφθηκαν

μία φορά. Το υπερκείμενο συλλέχθηκε και διηθήθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml η οποία συμπληρώθηκε με απιονισμένο νερό. Για τη μέτρηση ακολούθησε αραιώση 2:250 με απιονισμένο νερό.

Ο υπολογισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων καλίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$K \text{ (ppm)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραιώση} * \text{τελικός όγκος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Νατρίου (Na)

Ο προσδιορισμός τόσο του ολικού νατρίου όσο και των ανταλλάξιμων κατιόντων έγινε με φλογοφωτόμετρο. Η προετοιμασία του δείγματος ήταν η ίδια με αυτή του φωσφόρου. Μετά τη διήθηση του αιωρήματος προστέθηκε απιονισμένο νερό έως τα 100 ml, έγινε αραιώση 10:1 και ακολούθησε ο προσδιορισμός του ολικού καλίου στο φλογοφωτόμετρο.

Ο υπολογισμός του ολικού νατρίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$Na \text{ (\%)} = (\text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραιώση} * \text{τελικός όγκος δείγματος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}) / 10.000$$

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων νατρίου έγινε, όπως και για το κάλιο, με τη Μέθοδο Οξικού Αμμωνίου. Για τη μέτρηση έγινε αραιώση 250:2 με απιονισμένο νερό.

Ο υπολογισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων νατρίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$Na \text{ (ppm)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραιώση} * \text{τελικός όγκος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Μαγνησίου (Mg)

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του ολικού μαγνησίου έγινε σε ατομική απορρόφηση (Spectra A-300). Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων ήταν ίδια με αυτή για τη μέτρηση του φωσφόρου. Ακολούθησε αραιώση των δειγμάτων με απιονισμένο νερό σε αναλογία 250:2 και στη συνέχεια τα διαλύματα τοποθετήθηκαν στην ατομική απορρόφηση και ελήφθησαν οι μετρήσεις.

Ο υπολογισμός του ολικού Μαγνησίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$\text{Mg (\%)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραίωση} * \text{τελικός όγκος δείγματος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων του μαγνησίου έγινε σε ατομική απορρόφηση σε φλόγα ακετυλενίου και υποξειδίου του αζώτου (NO_3) αφού πρώτα έγινε αραίωση του διαλύματος με απιονισμένο νερό σε αναλογία 250:2. Το διάλυμα των 2 ml προέκυψε με τη Μέθοδο Οξικού Αμμωνίου, όπως και για το κάλιο.

Ο υπολογισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων μαγνησίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$\text{Mg (ppm)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραίωση} * \text{τελικός όγκος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Προσδιορισμός περιεκτικότητας Ασβεστίου (Ca)

Η διαδικασία για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του ολικού ασβεστίου ήταν η ίδια με αυτή για τον προσδιορισμό του φωσφόρου.

Ο υπολογισμός του ολικού ασβεστίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$\text{Mg (\%)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραίωση} * \text{τελικός όγκος δείγματος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων του ασβεστίου έγινε σε ατομική απορρόφηση σε φλόγα ακετυλενίου και υποξειδίου του αζώτου (NO_3) αφού πρώτα έγινε αραίωση του διαλύματος με απιονισμένο νερό σε αναλογία 250:2 Το διάλυμα των 2 ml προέκυψε με τη Μέθοδο Οξικού Αμμωνίου, όπως και για το κάλιο.

Ο υπολογισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων ασβεστίου έγινε με βάση τον τύπο:

$$\text{Ca (ppm)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραίωση} * \text{τελικός όγκος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

Προσδιορισμός μορφών μικροθρεπτικών στοιχείων Fe, Mn, Zn, Cu

Ο προσδιορισμός του σιδήρου (Fe), του μαγγανίου (Mn), του ψευδαργύρου (Zn) και του χαλκού (Cu) έγινε με τη μέθοδο D.T.P.A. Ζυγίστηκαν 5 g ξηρού, λεπτόκοκκου και κοσκινισμένου κομπόστ, προστέθηκαν 20 ml DTPA 0,005 M και έγινε μηχανική ανάδευση του διαλύματος για 2 h. Το αιώρημα διηθήθηκε σε πλαστικό μπουκάλι των 50 ml, τοποθετήθηκε στη φυγοκέντρωση για 3 min στις 3500 rpm και στη συνέχεια συμπληρώθηκε με απιονισμένο νερό μέχρι τα 50 ml. Ακολούθησε η μέτρηση των μικροθρεπτικών στοιχείων στην ατομική απορρόφηση σε φλόγα ακετυλενίου και αέρα. Για τις μετρήσεις χρειάστηκε δεύτερη αραιώση 100:10 μόνο στον ψευδάργυρο.

Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τον τύπο:

$$\text{Fe, Mn, Zn, Cu (ppm)} = \text{μέτρηση οργάνου} * \text{αραιώση} * \text{όγκος (ml)} / \text{βάρος δείγματος (g)}$$

2.16. Πειραματικό σχέδιο – Στατιστική επεξεργασία

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ). Οι πηγές παραλλακτικότητας του πειράματος ήταν το βάθος του υποστρώματος (7,5 και 15 cm) και η συχνότητα άρδευσης (κανονική και αραιή), η οποία εφαρμόστηκε από τον μήνα Μάιο. Πραγματοποιήθηκε μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση των δεδομένων. Έγινε ανάλυση της διασποράς για τη μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων των παραγόντων και αλληλεπιδράσεων. Η σημαντικότητα του πειράματος 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* σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($P \leq 0,05$).

Οι μέσοι που διαφέρουν σημαντικά στατιστικά σημειώνονται με διαφορετικά γράμματα του αλφαβήτου στους πίνακες των αποτελεσμάτων. Σε κάθε μέτρηση αναφέρεται η σημαντικότητα *F* για τις κύριες επιδράσεις των παραγόντων και της αλληλεπίδρασής τους, καθώς και η σημαντικότητα *F* της μονοπαραγοντικής ανάλυσης. Το σύμβολο * δίπλα στην τιμή του *F*, δηλώνει ότι η τιμή του είναι σημαντική σε επίπεδο 5%, ενώ τα αρχικά NS δίπλα από την τιμή του *F* δηλώνουν ότι η τιμή δεν είναι σημαντική σε επίπεδο 5%.

Ο αριθμός των επαναλήψεων κάθε επέμβασης ήταν 12 ($n=12$) για τις μετρήσεις του ύψους, του αριθμού και του μήκους των πλάγιων βλαστών, καθώς δεν υπήρξε απώλεια φυτού.

Για τον προσδιορισμό της αντίστασης των φύλλων ήταν 24 ($n=24$).

Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος JMP 11 του SAS Institute.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Το φυτό *Limoniastrum monopetalum*

3.1.1. Ύψος φυτού

Τους πέντε πρώτους μήνες ανάπτυξης των φυτών, μέχρι και τον Απρίλιο, πηγή παραλλακτικότητας ήταν μόνο το βάθος του υποστρώματος. Οι πρώτες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τον 1^ο μήνα ανάπτυξης και οι επόμενες τον 4^ο και το 5^ο μήνα. Τον πρώτο μήνα (Δεκέμβριο) οι μετρήσεις του ύψους δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στα βαθιά και στα ρηχά υποστρώματα. Το Μάρτιο το ύψος των φυτών επηρεάστηκε σημαντικά από το βάθος του υποστρώματος και συγκεκριμένα το βαθύ υπόστρωμα έδωσε ψηλότερα φυτά. Τον Απρίλιο το ύψος των φυτών που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα δεν διέφερε σημαντικά από το ύψος των φυτών που καλλιεργήθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.

Ύψος φυτών (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Δεκέμβριος	Μάρτιος	Απρίλιος
15 cm	6,91 a	8,77 b	10,67 a
7,5 cm	7,54 a	9,88 a	11,58 a
<i>F</i>	NS	*	NS
<i>n</i> =24			

Από τον Μάιο του 2019 έως και το τέλος του πειράματος, τον Σεπτέμβριο του 2019, προστέθηκε ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης, ξεκίνησε δηλαδή η υδατική καταπόνηση στα μισά φυτά.

Τον Μάιο, τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, δηλαδή τον 6^ο, 7^ο και 8^ο μήνα ανάπτυξης των φυτών και 1^ο, 2^ο και 3^ο μήνα της υδατικής καταπόνησης, το ύψος των φυτών του *L. monopetalum* δεν επηρεάστηκε ούτε από το βάθος του υποστρώματος ούτε από τη συχνότητα άρδευσης καθώς τα ύψη δεν διέφεραν σημαντικά σε καμία

από τις επεμβάσεις. Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε για το συνδυασμό των παραγόντων του βάθους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης (Πίνακες 4,5,6).

Πίνακας 4. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Μάιο.

Ύψος φυτών στις 12 Μαΐου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	12,08 a	13,42 a	12,75 a
7,5 cm	12,46 a	12,92 a	12,69 a
Μ.Ο. Παραγόντων	12,27 a	13,17 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ NS
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος x άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$

Πίνακας 5. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Ιούνιο.

Ύψος φυτών στις 12 Ιουνίου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	15,25 a	15,75 a	15,50 a
7,5 cm	13,88 a	14,58 a	14,23 a
Μ.Ο. Παραγόντων	14,56 a	15,17 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ NS
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος x άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$

Πίνακας 6. Ύψος (cm) φυτών *L. monorpetalum* τον Ιούλιο.

Ύψος φυτών στις 12 Ιουλίου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	17,00 a	16,92 a	16,96 a
7,5 cm	14,92 a	15,50 a	15,21 a
Μ.Ο. Παραγόντων	15,96 a	16,21 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ NS
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$

Τον Αύγουστο, ο οποίος ήταν ο 9^{ος} μήνας ανάπτυξης και 4^{ος} μήνα της υδατικής καταπόνησης τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα είχαν μεγαλύτερο ύψος. Η συχνότητα άρδευσης και ο συνδυασμός των δύο παραγόντων δεν είχαν σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Ύψος (cm) φυτών *L. monorpetalum* τον Αύγουστο.

Ύψος φυτών στις 12 Αυγούστου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	18,67 a	18,29 a	18,48 a
7,5 cm	16,42 a	16,08 a	16,25 b
Μ.Ο. Παραγόντων	17,54 a	17,19 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ *
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$

Το Σεπτέμβριο, δηλαδή τον 10^ο μήνα ανάπτυξης και 5^ο μήνα υδατικής καταπόνησης, το βάθος υποστρώματος επίσης επέδρασε στο ύψος των φυτών. Το χαμηλότερο ύψος παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα 7,5 cm και δέχονταν αραιή άρδευση. Ωστόσο ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* το Σεπτέμβριο.

Ύψος φυτών στις 12 Σεπτεμβρίου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	19,42 a	19,00 ab	19,21 a
7,5 cm	16,67 ab	16,25 b	16,46 b
Μ.Ο. Παραγόντων	18,04 a	17,63 a	

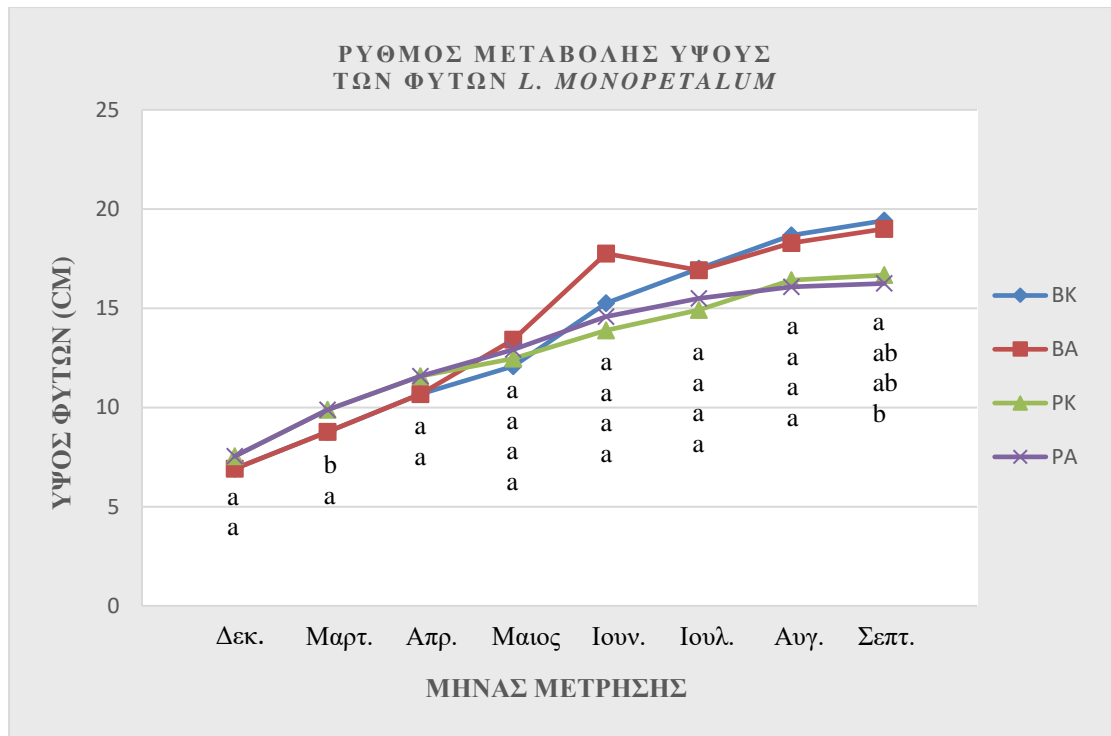
$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ **

$F_{\text{άρδευσης}}$ NS

$F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}}$ NS

F_{MONO} NS

$n=12$



Σχήμα 1. Ρυθμός μεταβολής του ύψους των φυτών *L. monopetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.

3.1.2. Αριθμός πλάγιων βλαστών

Τους πρώτους πέντε μήνες ανάπτυξης των φυτών, μέχρι και τον Απρίλιο, πηγή παραλλακτικότητας ήταν μόνο το βάθος του υποστρώματος. Τον πρώτο μήνα ανάπτυξης (Δεκέμβριο) δεν είχαν εκπτυχθεί ακόμα πλάγιοι βλαστοί σε κανένα φυτό. Το Μάρτιο και τον Απρίλιο, 4^ο και 5^ο μήνα ανάπτυξης, ο αριθμός των πλάγιων δεν διέφερε σημαντικά για το ρηχό και το βαθύ υπόστρωμα (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.

Αριθμός πλάγιων βλαστών			
Βάθος υποστρώματος	Δεκέμβριος	Μάρτιος	Απρίλιος
15 cm	0	1,54 a	3,58 a
7,5 cm	0	1,50 a	3,25 a
<i>F</i>		NS	NS
<i>n</i> =24			

Τον Μάιο και τον Ιούνιο, δηλαδή τον 6^ο και 7^ο μήνα ανάπτυξης και 1^ο και 2^ο μήνα της υδατικής καταπόνησης, ο αριθμός των πλάγιων βλαστών ήταν μεγαλύτερος στα φυτά που αναπτύχθηκαν στα βαθιά υποστρώματα. Ο μικρότερος αριθμός πλάγιων βλαστών παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα και δέχονταν αραιή άρδευση και ακολούθησαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα με κανονική άρδευση. Ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση. Όμως ο αριθμός των πλάγιων βλαστών διέφερε στατιστικά σημαντικά για το συνδυασμό του βάθους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης (Πίνακες 10,11).

Πίνακας 10. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Μάιο.

Αριθμός πλάγιων βλαστών στις 12 Μαΐου			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	7,17 a	7,00 a	7,08 a
7,5 cm	5,75 ab	4,58 b	5,17 b
Μ.Ο. Παραγόντων	6,46 a	5,79 a	
<i>F</i> βάθος υποστρώματος **			
<i>F</i> άρδευσης NS			
<i>F</i> βάθος x άρδευση NS			
<i>F</i> _{MONO} **			
<i>n</i> =12			

Πίνακας 11. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Ιούνιο

Αριθμός πλάγιων βλαστών στις 12 Ιουνίου			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	9,75 a	9,67 a	9,70 a
7,5 cm	8,50 ab	6,92 b	7,70 b
Μ.Ο. Παραγόντων	9,13 a	8,29 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}^{**}$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} \text{ NS}$
 F_{MONO}^{**}
 $n=12$

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο, τον 8^ο μήνα ανάπτυξης και 3^ο μήνα υδατικής καταπόνησης, έδειξαν ότι το βάθος του υποστρώματος είχε επίσης σημαντική επίδραση στον αριθμό των πλάγιων βλαστών, με τον αριθμό των πλάγιων να είναι μεγαλύτερος στα φυτά που αναπτύχθηκαν στα βαθιά υποστρώματα. Ο μικρότερος αριθμός πλάγιων βλαστών παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα και δέχονταν αραιή άρδευση και ακολούθησαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα με κανονική άρδευση. Η επίδραση της συχνότητας άρδευσης, ωστόσο, δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Ο συνδυασμός των δύο παραγόντων έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις του αριθμού των πλάγιων βλαστών (Πίνακας 12).

Πίνακας 12. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Ιούλιο

Αριθμός πλάγιων βλαστών στις 12 Ιουλίου			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	14,42 ab	16,17 a	15,29 a
7,5 cm	11,83 bc	10,83 c	11,33 b
Μ.Ο. Παραγόντων	13,13 a	13,50 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} \text{ NS}$
 $F_{\text{MONO}} **$
 $n=12$

Τέλος, ο αριθμός των πλάγιων βλαστών, όπως μετρήθηκαν τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο, 9^ο και 10^ο μήνα ανάπτυξης των φυτών και 4^ο και 5^ο μήνα της υδατικής καταπόνησης, είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο για τον παράγοντα του βάθους του υποστρώματος. Η επίδραση του βάθους όμως, φάνηκε να είναι μικρότερη απ' ό τι ήταν το Μάιο, τον Ιούνιο και τον Ιούλιο. Τα βαθύ υπόστρωμα ευνόησε την έκπτυξη πλάγιων βλαστών ανεξάρτητα από τη συχνότητα άρδευσης, η οποία δεν είχε σημαντική επίδραση. Σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν ούτε από το συνδυασμό των παραγόντων (Πίνακες 13, 14).

Πίνακας 13. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Αύγουστο

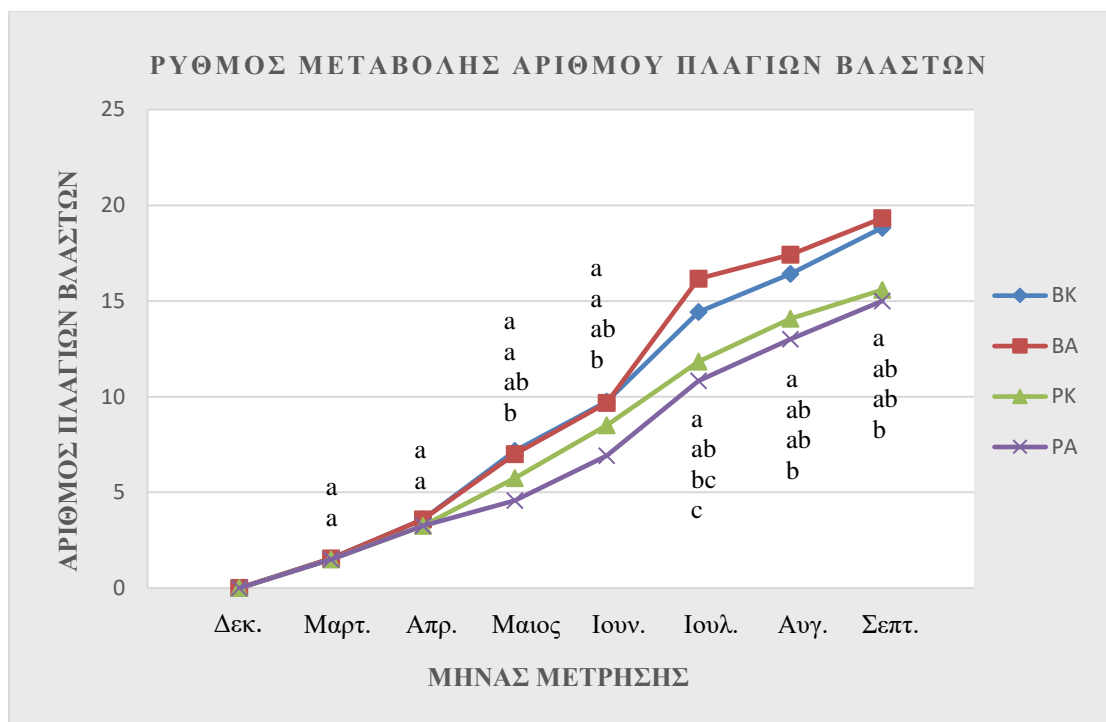
Αριθμός πλάγιων βλαστών στις 12 Αυγούστου			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	16,42 ab	17,42 a	16,92 a
7,5 cm	14,08 ab	13,00 b	13,54 b
Μ.Ο. Παραγόντων	15,25 a	15,21 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}}$ *
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$

Πίνακας 14. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* το Σεπτέμβριο

Αριθμός πλάγιων βλαστών στις 12 Σεπτεμβρίου			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	18,83 ab	19,33 a	19,08 b
7,5 cm	15,58 ab	15,00 b	15,29 b
Μ.Ο. Παραγόντων	17,21 a	17,17 a	

$F_{\text{βάθος υποστρ.}}$ *
 $F_{\text{άρδευσης}}$ NS
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}}$ NS
 F_{MONO} NS
 $n=12$



Σχήμα 2. Ρυθμός μεταβολής του αριθμού των πλάγιων βλαστών των φυτών *L. monorpetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.

3.1.3. Μήκος πλάγιων βλαστών

Τους πέντε πρώτους μήνες ανάπτυξης των φυτών, μέχρι και τον Απρίλιο, πηγή παραλλακτικότητας ήταν μόνο το βάθος του υποστρώματος. Τον Δεκέμβριο, δηλαδή τον 1^ο μήνα ανάπτυξης, δεν είχαν εκπτυχθεί ακόμα πλάγιοι βλαστοί. Τον Μάρτιο και τον Απρίλιο (4^ο και 5^ο μήνα ανάπτυξης) το μήκος των πλάγιων βλαστών δε διέφερε σημαντικά στα φυτά που είχαν αναπτυχθεί στα ρηχά και στα βαθιά υποστρώματα (Πίνακας 15).

Πίνακας 15. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.

Βάθος υποστρώματος	Μήκος πλάγιων βλαστών (cm)		
	Δεκέμβριος	Μάρτιος	Απρίλιος
15 cm	0	1,85 a	5,71 a
7,5 cm	0	1,81 a	4,83 a
<i>F</i>		NS	NS
<i>n</i> =24			

Τον Μάιο, 6^ο μήνα ανάπτυξης και 1^ο μήνα υδατικής καταπόνησης, το μήκος των πλάγιων βλαστών ήταν μεγαλύτερο στα υποστρώματα βάθους 15 cm. Οι πλάγιοι των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα είχαν μεγαλύτερο μήκος ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης και η αλληλεπίδραση των παραγόντων δεν επηρέασαν το μήκος των πλάγιων βλαστών. Οι διαφορές στις μετρήσεις του μήκους των πλάγιων όμως θεωρούνταν στατιστικά σημαντικές για το συνδυασμό του βάθους και της συχνότητας άρδευσης (Πίνακας 16).

Πίνακας 16. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* το Μάιο.

Βάθος υποστρώματος	Μήκος πλάγιων βλαστών στις 12 Μαΐου (cm)		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	16,00 ab	17,50 a	16,75 a
7,5 cm	10,79 bc	7,83 c	9,31 b
Μ.Ο. Παραγόντων	13,39 a	12,67 a	
<i>F</i> βάθος υποστρώματος **			
<i>F</i> άρδευσης NS			
<i>F</i> βάθος x άρδευση NS			
<i>F</i> _{MONO} *			
<i>n</i> =12			

Τον Ιούνιο, 7^ο μήνα ανάπτυξης και 2^ο μήνα υδατικής καταπόνησης, ο παράγοντας του βάθους υποστρώματος και ο συνδυασμός των δύο παραγόντων φάνηκε να έχουν μεγάλη επίδραση στο μήκος των πλάγιων βλαστών, με τα βαθιά υποστρώματα να δίνουν το μεγαλύτερο μήκος ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Η συχνότητα άρδευσης, όπως και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν επηρέασαν σημαντικά το μήκος των πλάγιων βλαστών. (Πίνακας 17).

Πίνακας 17. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούνιο.

Μήκος πλάγιων βλαστών στις 12 Ιουνίου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	33,13 a	36,08 a	34,60 a
7,5 cm	23,63 b	16,92 b	20,27 b
Μ.Ο. Παραγόντων	28,38 a	26,50 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} \text{ NS}$
 $F_{\text{MONO}} ***$
 $n=12$

Τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο, 8^ο, 9^ο και 10^ο μήνα ανάπτυξης και 3^ο, 4^ο και 5^ο μήνα υδατικής καταπόνησης, υπήρξε αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Μεγαλύτερο μήκος πλάγιων βλαστών είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση, ενώ μικρότερο μήκος πλάγιων βλαστών είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση (Πίνακες 18, 19, 20).

Πίνακας 18. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Ιούλιο.

Μήκος πλάγιων βλαστών στις 12 Ιουλίου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	55,00 a	64,71 a	59,85 a
7,5 cm	37,63 b	26,96 b	32,29 b
Μ.Ο. Παραγόντων	46,31 a	45,83 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} *$
 $F_{\text{MONO}} ***$
 $n=12$

Πίνακας 19. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Αύγουστο.

Μήκος πλάγιων βλαστών στις 12 Αυγούστου (cm)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	64,96 a	73,92 a	69,44 a
7,5 cm	49,50 b	35,83 c	42,67 b
Μ.Ο. Παραγόντων	57,23 a	54,88 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} **$
 $F_{\text{MONO}} ***$
 $n=12$

Πίνακας 20. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monorpetalum* τον Σεπτέμβριο.

Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	81,50 a	90,71 a	86,10 a
7,5 cm	58,17 b	44,25 c	51,21 b
Μ.Ο. Παραγόντων	69,83 a	67,48 a	

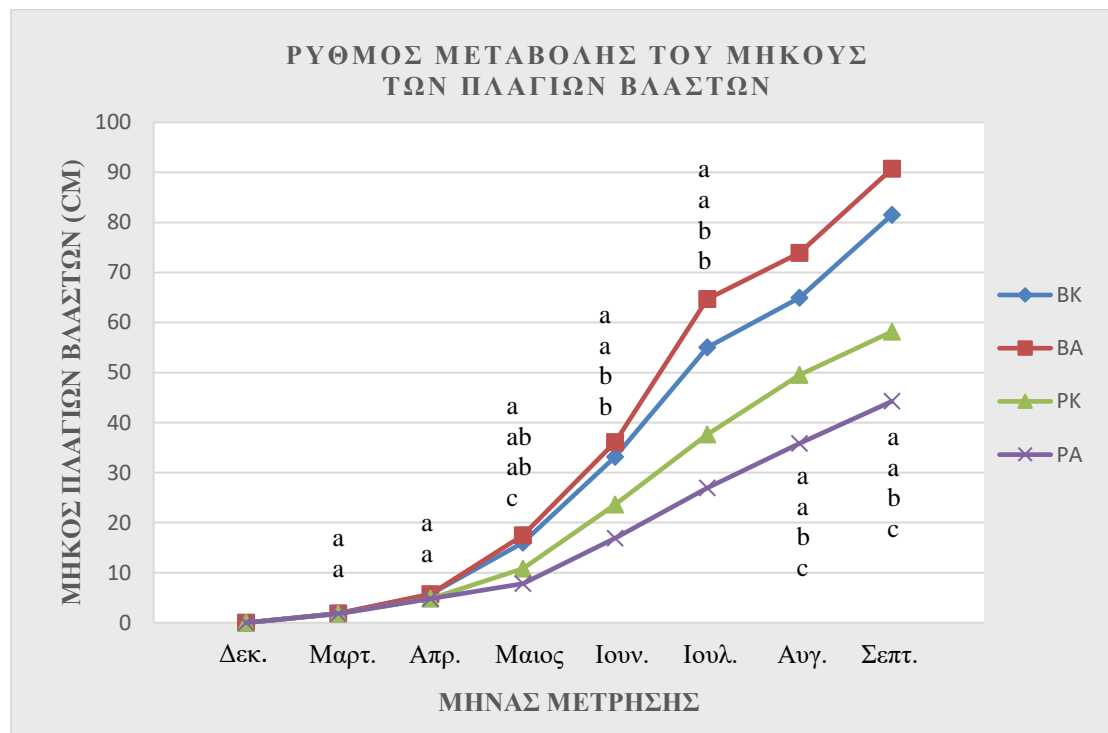
$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$

$F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$

$F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} *$

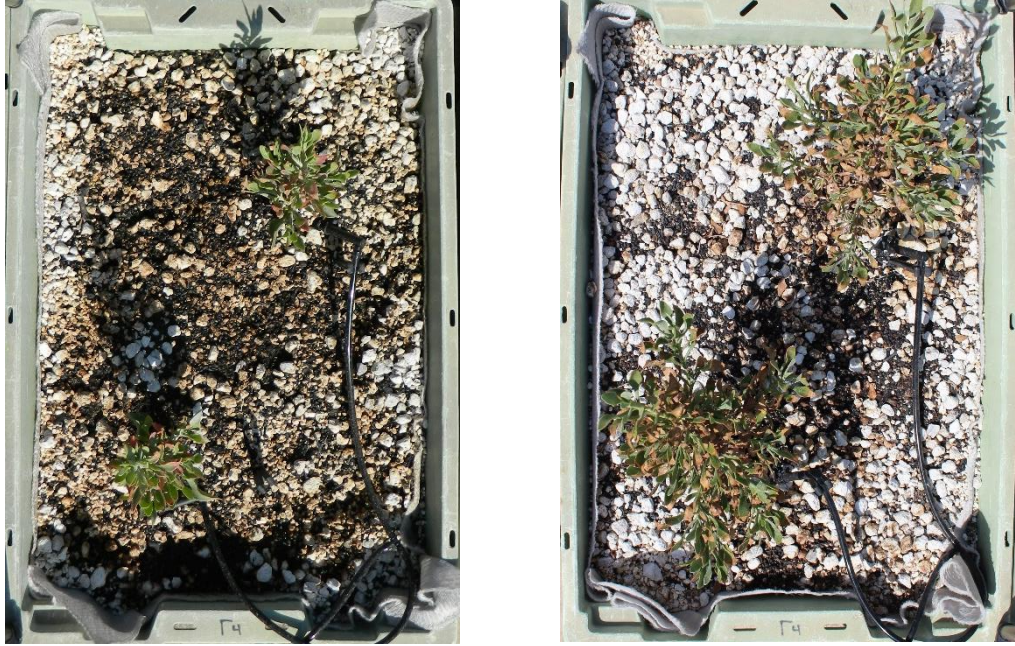
$F_{\text{MONO}} ***$

$n=12$



Σχήμα 3. Ρυθμός μεταβολής του μήκους των πλάγιων βλαστών των φυτών *L. monorpetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικές φωτογραφίες των φυτών *L. monopetalum*, από τον μήνα έναρξης της υδατικής καταπόνησης και από τον τελευταίο μήνα του πειράματος (Μάιο και Σεπτέμβριο), οι οποίες απεικονίζουν την ανάπτυξή τους ανάλογα με τις επεμβάσεις που δέχτηκαν (Εικόνες 20-23). Οι αντίστοιχες φωτογραφίες όλων των φυτών παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.



Εικόνα 20. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).



Εικόνα 21. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).



Εικόνα 22. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).



Εικόνα 23. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).

Όσον αφορά την ευρωστία των φυτών, θα πρέπει να αναφερθεί ότι παρατηρήθηκαν περιορισμένες ξηράνσεις στα φύλλα από το μήνα Απρίλιο έως το τέλος του πειράματος σε όλα τα φυτά, ανεξαρτήτως επέμβασης (Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Φυτό *L. monopetalum* με χαρακτηριστικές ξηράνσεις στα φύλλα το μήνα Ιούνιο.

3.1.4. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών

Οι μετρήσεις του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους των φυτών του *L. monopetalum* έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τόσο για τον παράγοντα του βάθους υποστρώματος όσο και για το συνδυασμό των δύο παραγόντων. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα βαθιά υποστρώματα, είχαν μεγαλύτερο νωπό βάρος, ενώ ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης δεν το επηρέασε σημαντικά (Πίνακας 21).

Όσον αφορά το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών, υπήρξε αλληλεπίδραση του παράγοντα του βάθους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης. Συγκεκριμένα, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση είχαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος, ενώ το μικρότερο ξηρό βάρος είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα, βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση (Πίνακας 22).

Πίνακας 21. Νωπό βάρος (g) υπέργειου τμήματος των φυτών *L. monopetalum*

Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών (g)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	65,32 a	67,04 a	66,18 a
7,5 cm	51,88 b	43,62 c	47,75 b
Μ.Ο. Παραγόντων	58,60 a	55,33 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} \text{ NS}$
 $F_{\text{MONO}} ***$
 $n=12$

Πίνακας 22. Ξηρό βάρος (g) υπέργειου τμήματος των φυτών *L. monopetalum*

Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών (g)			
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση		Μ.Ο. Παραγόντων
	Κανονική	Αραιή	
15 cm	29,25 a	30,94 a	30,09 a
7,5 cm	23,17 b	20,16 c	21,66 b
Μ.Ο. Παραγόντων	26,21 a	25,55 a	

$F_{\text{βάθος υποστρώματος}} ***$
 $F_{\text{άρδευσης}} \text{ NS}$
 $F_{\text{βάθος} \times \text{άρδευση}} *$
 $F_{\text{MONO}} ***$
 $n=12$

3.1.5. Ανθοφορία

Το Μάιο σχηματίστηκαν οι ταξιανθίες σε 4 φυτά, τα οποία άνθισαν τελικά το μήνα Ιούνιο. Τα 3 εξ' αυτών αναπτύχθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα και δέχθηκαν αραιή άρδευση και το 1 αναπτύχθηκε σε ρηχό υπόστρωμα και δέχθηκε αραιή άρδευση (Εικόνα25, Πίνακες 23, 24).

Πίνακας 23. Αριθμός φυτών *L. monopetalum* που άνθισαν τον Ιούνιο

Αριθμός ανθέων τον Ιούνιο		
Βάθος υποστρώματος	Κανονική άρδευση	Αραιή άρδευση
15 cm	0	3
7,5 cm	0	1

Πίνακας 24. Αριθμός ανθέων που παρατηρήθηκαν στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούνιο

Αριθμός ανθέων τον Ιούνιο		
Βάθος υποστρώματος	Κανονική άρδευση	Αραιή άρδευση
15 cm	0	36
7,5 cm	0	16



Εικόνα 25. Σχηματισμός ταξιανθίας τον μήνα Μάιο (αριστερά) και ανθοφορία τον Ιούνιο (δεξιά) σε φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση.

3.2. Μέση τιμή υγρασίας υποστρώματος και αντίστασης των φύλλων

Οι μετρήσεις της υγρασίας των υποστρωμάτων τον μήνα Ιούλιο πραγματοποιήθηκαν την 1^η ημέρα άρδευσης και την τελευταία ημέρα πριν την επόμενη άρδευση. Οι τελικές τιμές της πραγματικής υγρασίας υποστρώματος (actual moisture %) υπολογίστηκαν μέσω εξίσωσης βαθμονόμησης και διαμορφώθηκαν για τις διαφορετικές επεμβάσεις ως εξής:

Για το βαθύ υπόστρωμα (15 cm), με την κανονική άρδευση (ανά 4 ημέρες), η μέση τιμή υγρασίας την 1^η ημέρα ήταν 9,5%, την 2^η ημέρα 8,2%, την 3^η ημέρα 5,8% και την 4^η ημέρα 5,6%.

Για το βαθύ υπόστρωμα (15 cm), με την αραιή άρδευση (ανά 6 ημέρες), η μέση τιμή υγρασίας την 1^η ημέρα ήταν 10,3%, την 2^η ημέρα 6,8%, την 3^η ημέρα 5,8%, την 4^η ημέρα 4,4%, την 5^η ημέρα 4% και την 6^η ημέρα 3,7%.

Για το ρηχό υπόστρωμα (7,5 cm), με την κανονική άρδευση (ανά 2 ημέρες), η μέση τιμή υγρασίας ήταν την 1^η ημέρα 12,9% και την 2^η ημέρα 10,2%.

Για το ρηχό υπόστρωμα (7,5 cm), με την αραιή άρδευση (ανά 4 ημέρες), η μέση τιμή υγρασίας ήταν την 1^η ημέρα 12,7%, την 2^η ημέρα 10,5%, την 3^η ημέρα 6,6% και την 4^η ημέρα 5%.

Πίνακας 25. Μέση τιμή υγρασίας (actual moisture %) υποστρώματος για τον μήνα Ιούλιο

		Actual moisture %					
Βάθος υποστρώματος	Άρδευση	1 ^η μέρα	2 ^η μέρα	3 ^η μέρα	4 ^η μέρα	5 ^η μέρα	6 ^η μέρα
15 cm	Κανονική	9,5	8,2	5,8	5,6		
15 cm	Αραιή	10,3	6,8	5,8	4,4	4,0	3,7
7,5 cm	Κανονική	12,9	10,2				
7,5 cm	Αραιή	12,7	10,5	6,6	5,0		

Η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων των φυτών *L. monopetalum*, τον μήνα Ιούλιο (R_{leaf}) για κάθε επέμβαση υπολογίστηκε για την ημέρα της άρδευσης, πριν από αυτή και για την επόμενη ημέρα από την άρδευση ως εξής:

Για τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα και αρδεύονταν με κανονική συχνότητα, η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων ήταν πριν την άρδευση $3,62 \text{ S cm}^{-1}$ και την επόμενη μέρα της άρδευσης $3,49 \text{ S cm}^{-1}$.

Για τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα και αρδεύονταν αραιά, η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων ήταν πριν την άρδευση $6,11 \text{ S cm}^{-1}$ και την επόμενη μέρα της άρδευσης $3,59 \text{ S cm}^{-1}$.

Για τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα και αρδεύονταν με κανονική συχνότητα, η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων ήταν πριν την άρδευση $3,19 \text{ S cm}^{-1}$ και την επόμενη μέρα της άρδευσης $3,16 \text{ S cm}^{-1}$.

Για τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο ρηχό υπόστρωμα και αρδεύονταν αραιά, η μέση τιμή αντίστασης των φύλλων ήταν πριν την άρδευση $3,87 \text{ S cm}^{-1}$ και την επόμενη μέρα της άρδευσης $3,71 \text{ S cm}^{-1}$ (Πίνακας 26).

Πίνακας 26. Μέση τιμή αντίστασης των φύλλων (R_{leaf}) για τον μήνα Ιούλιο (S cm^{-1}).

		R_{leaf} (S cm^{-1})	
		Πριν την άρδευση	1 ημέρα μετά
15 cm	Κανονική	3,62	3,49
	Αραιή	6,11	3,59
7,5 cm	Κανονική	3,19	3,16
	Αραιή	3,78	3,71

3.3. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του κομπόστ στεμφύλων

Η τιμή του pH της κομπόστας στεμφύλων ήταν 6,86 και η EC ήταν 5,08 mS/cm.

3.4. Ανόργανα στοιχεία κομπόστ

Από τις εργαστηριακές αναλύσεις του κομπόστ, προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 27.

Πίνακας 27. Θρεπτικά στοιχεία κομπόστ στεμφύλων

Στοιχείο	Ποσοστό (%)
Ολικό N	3,52
Ολικό P	6,1
Ολικό K	3,4
Ολικό Na	1,7
Ολικό Mg	0,24
Ολικό Ca	1,81
	ppm
Ανταλλάξιμο K	22.5000
Ανταλλάξιμο Na	10.000
Ανταλλάξιμο Mg	1,925
Ανταλλάξιμο Ca	76,75
	ppm
Μικροθρεπτικά	
Mn	27,465
Fe	17,125
Zn	15,75
Cu	2,015

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η δυνατότητα καλλιέργειας του αυτοφυούς *L. monopetalum* σε αστικό φυτοδώμα εκτατικού τύπου, στο οποίο εφαρμόστηκαν περιορισμένες εισροές άρδευσης και ρηχό υπόστρωμα ανάπτυξης.

Τους τρεις πρώτους μήνες κατά τους οποίους διερευνήθηκε η επίδραση και των δύο παραγόντων, δηλαδή τον Μάιο, τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, το ύψος των φυτών του *L. monopetalum* δεν επηρεάστηκε σημαντικά ούτε από το βάθος υποστρώματος, ούτε από τη συχνότητα της άρδευσης (Πίνακες 4-6). Τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm, ήταν σημαντικά υψηλότερα από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm, ανεξάρτητα από τη συχνότητα άρδευσης, η οποία δεν είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση του ύψους των φυτών (Πίνακες 7,8).

Παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά την επίδραση των παραγόντων του βάθους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στο ύψος των φυτών έχουν δείξει και άλλες μελέτες. Σε ρηχά υποστρώματα, η κανονική άρδευση δεν οδήγησε σε μεγαλύτερη ανάπτυξη σε σύγκριση με την αραιή άρδευση στα φυτά *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* (Papafotiou *et al.*, 2013), ενώ η υδατική καταπόνηση που εφαρμόστηκε από το μήνα Μάιο σε αντίστοιχο πείραμα στα φυτά *Thymus citriodorus* και *Origanum aureum* δεν επηρέασε το ύψος των φυτών (Αδάμη, 2016). Γενικά το ύψος των φυτών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, καθώς τα ψηλά φυτά, όπως και τα φυτά μεγάλης διαμέτρου, μπορεί να είναι αποτελεσματικά στον περιορισμό της απορροής του νερού στις πράσινες στέγες (Nagase & Dunnet, 2012; Whittinghill *et al.*, 2015).

Όσον αφορά τον αριθμό των πλάγιων βλαστών, και πάλι η συχνότητα της άρδευσης δεν φάνηκε να έχει σημαντική επίδραση. Το βάθος του υποστρώματος ήταν αυτό που επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξή τους, καθώς τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm είχαν τους περισσότερους πλάγιους βλαστούς (Πίνακες 10-14, 16-20). Θα πρέπει να αναφερθεί ωστόσο, ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα και δέχονταν αραιή άρδευση είχαν μεγαλύτερου μήκους πλάγιους βλαστούς από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα και

δέχονταν κανονική άρδευση. Αυτό σημαίνει ότι η υδατική καταπόνηση μπορεί και να επέδρασε θετικά στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βαθύ υπόστρωμα.

Σε αντίστοιχη μελέτη που αφορούσε στο ενδημικό φυτό *Dianthus fruticosus*, το βάθος του υποστρώματος φάνηκε ότι ήταν ο παράγοντας που επηρέασε θετικά τον αριθμό και το μήκος των πλάγιων βλαστών, ενώ ως προς τον παράγοντα της άρδευσης δεν παρουσιάστηκε καμία διαφορά (Nektarios *et al.*, 2011).

Οι υψηλές τιμές του αριθμού και του μήκους των πλάγιων βλαστών των φυτών *L. monopetalum*, μεταφράζονται σε μεγαλύτερη διάμετρο φυτών και κατ' επέκταση σε μεγαλύτερη κάλυψη της επιφάνειας του φυτοδώματος. Αυτό αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό, καθώς συμβάλει στη μείωση της απορροής των υδάτων, στη μόνωση της στέγης αλλά και σε ένα καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα. Επίσης, μέσω της πλευρικής ανάπτυξης του φυτού και της μεγαλύτερης κάλυψης του υποστρώματος, περιορίζεται η εξάτμιση του νερού και έτσι τα φυτά αξιοποιούν καλύτερα το διαθέσιμο νερό.

Παρόμοιες ερευνητικές μελέτες σε εκτατικού τύπου φυτοδώματα έχουν δείξει ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάμετρο των φυτών είναι κυρίως το βάθος και ο τύπος του υποστρώματος και όχι η συχνότητα της άρδευσης. Συγκεκριμένα, η διάμετρος των φυτών *Artemisia absinthium* και *Origanum majorana* ήταν μεγαλύτερη στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα (15 cm), που περιείχε κομπόστ στεμφύλων, ανεξαρτήτως άρδευσης, ενώ ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης δεν επηρέασε ούτε τη διάμετρο των φυτών *Helichrysum italicum*, *Helichrysum orientale*, *Thymus citriodorus* και *Convolvulus cneorum* (Παπαναστασάτος, 2011; Papafotiou *et al.*, 2013; Tassoula & Papafotiou, 2015; Αδάμη, 2016). Ωστόσο, η διερεύνηση της ανάπτυξης των ειδών *Arthrocnemum macrostachyum* και *Halimione portulacoides* σε συνθήκες εκτατικού φυτοδώματος, έδειξε ότι παρ' ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη μεταβολή του ύψους και της διαμέτρου των φυτών υπό συνθήκες κανονικής και αραιής άρδευσης κατά τους πρώτες καλοκαιρινούς μήνες, στη συνέχεια μεγάλο μέρος των φυτών που δέχονταν αραιή άρδευση δεν κατάφεραν να επιβιώσουν στις υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού (Paraskevoudoulou *et al.*, 2015).

Στην παρούσα μελέτη, ο παράγοντας της συχνότητας άρδευσης δεν επηρέασε σημαντικά ούτε το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους των φυτών του *L. monopetalum*, το οποίο προσδιορίστηκε στο τέλος της περιόδου της υδατικής καταπόνησης. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα αντίστοιχων μελετών που αφορούσαν άλλα μεσογειακά φυτά όπως τα *Dianthus fruticosus*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum orientale*, *Artemisia absinthium*, *Origanum majorana*, *Santolina chamaecyparissus*, *Thymus citriodorus* και *Convolvulus cneorum* (Παπαναστασάτος, 2011; Nektarios et al., 2011; Papafotiou et al., 2013; Tassoula & Papafotiou, 2015; Αδάμη, 2016). Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα βαθιά υποστρώματα (15 cm) είχαν μεγαλύτερο νωπό βάρος σε σύγκριση με αυτά των ρηχών υποστρωμάτων (7,5 cm), ανεξαρτήτως άρδευσης, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα βαθιά υποστρώματα και δέχονταν αραιή άρδευση είχαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος. Επίσης, οι Dunnet και Nolan (2004) αναφέρουν ότι η αύξηση του βάθους του υποστρώματος φαίνεται να ευνοεί την ανάπτυξη των ειδών σε συνθήκες φυτοδόματος.

Σύμφωνα με τους Molineux et al. (2009), η διάμετρος των φυτών και το ξηρό βάρος είναι οι πιο σημαντικοί δείκτες της επιτυχημένης φυτικής ανάπτυξης σε ένα φυτεμένο δώμα, επομένως η εξασφάλιση ενός υποστρώματος ικανοποιητικού βάθους, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την προώθηση της πλευρικής ανάπτυξης και του ξηρού βάρους των φυτών.

Τόσο η αυξημένη πλευρική ανάπτυξη και το ύψος όσο και το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος των φυτών *L. monopetalum* που αναπτύχθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα θα μπορούσε να αποδοθεί σε υψηλότερη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών. Σύμφωνα με τους Scherer et al. (1996) και Jones και Jacobsen (2005) τα βαθύτερα εδάφη, μπορούν να συγκρατήσουν πολύ περισσότερα θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία χρησιμοποιούν κυρίως κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης. Τα οφέλη των βαθύτερων υποστρωμάτων στην ανάπτυξη των φυτών σε ημιεντακτικού και εκτακτικού τύπου φυτοδώματα έχουν αναφερθεί σε πολλές μελέτες (Van Woert et al., 2005; Dunnett et al., 2007; Durhman et al., 2007; Getter & Rowe, 2008, 2009; Thuring et al., 2010; Nektarios et al., 2011) και έχουν αποδοθεί κυρίως στην αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού, υποθέτοντας τα ρηχά υποστρώματα χάνουν την υγρασία τους ταχύτερα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας. Όμως στην παρούσα εργασία το νερό δεν φάνηκε να είναι ο καθοριστικός

παράγοντας. Η υψηλότερη θερμοκρασία του ριζικού συστήματος στα ρηχά υποστρώματα κατά τους θερινούς μήνες πιθανόν να είχε κάποια αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών.

Η απουσία επίδρασης της αραιής συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των φυτών *L. monopetalum*, μπορεί να οφείλεται στο ότι είχαν μεσολαβήσει πέντε μήνες από τη φύτευση τους έως την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (τέλη Νοεμβρίου έως τέλος Απριλίου), στους οποίους τα φυτά είχαν αναπτύξει επαρκώς το ριζικό τους σύστημα ώστε ήταν ικανά να αντλούν άμεσα νερό από το στρώμα αποστράγγισης και το στρώμα συγκράτησης υγρασίας. Αυτό αποτελεί μέρος του πλεονεκτήματος της χρήσης αυτής της υποδομής σε πράσινες στέγες, διότι κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση μέρους του αποστραγγισμένου νερού από τα φυτά επηρεάζοντας σημαντικά την ποσότητα νερού που διατίθεται σε αυτά. Πρόσφατα, οι Savi *et al.* (2013) που εργάστηκαν σε ένα παρόμοιο σύστημα πράσινης στέγης στην περιοχή της Μεσογείου έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της ξηράς περιόδου, το υπόστρωμα και το στρώμα κατακράτησης υγρασίας διατήρησαν το 34% και 90% του όγκου νερού αντίστοιχα, και ότι το στρώμα κατακράτησης υγρασίας και το στρώμα αποστράγγισης επηρέασαν σημαντικά την ποσότητα νερού που διατίθεται στα φυτά, ιδίως σε ρηχά υποστρώματα όπως υπέθεσαν και οι Papafotiou *et al.*, 2013.

Το περιεχόμενο του υποστρώματος που επιλέχθηκε ήταν σύμφωνο με τις οδηγίες του FLL (2008) για εκτατικού τύπου φυτοδώματα. Το κομπόστ στεμφύλων επιλέχθηκε ως συστατικό του υποστρώματος σε συνδυασμό με περλίτη και ελαφρόπετρα, βάσει αποτελεσμάτων προηγούμενων μελετών που έχουν δείξει τη θετική του επίδραση σε καλλιέργειες φυτεμένων δωματίων (Reis *et al.*, 2001; Παπαναστασάτος, 2011; Papafotiou *et al.*, 2017a, 2017b; Tassoula & Papafotiou, 2015) και θα μπορούσε να αποδοθεί κυρίως στην αυξημένη συγκέντρωσή του σε θρεπτικά συστατικά συγκριτικά με άλλα με υποστρώματα (Papafotiou *et al.*, 2013). Σύμφωνα με τους Dunnett και Nagase (2010), υποστρώματα που περιέχουν περισσότερο από 10% οργανική ύλη προκαλούν αποτελεσματική ανάπτυξη των φυτών, ευνοώντας την αντιστάθμιση των δυσμενών συνθηκών που συμβαίνουν σε μια πράσινη στέγη (Tassoula & Papafotiou, 2015).

Ωστόσο, η ελαφρόπετρα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη ήταν μεγαλύτερης διαμέτρου συγκριτικά με την ελαφρόπετρα που έχει χρησιμοποιηθεί σε

αντίστοιχα πειράματα (Tassoula & Papafotiou, 2015; Αδάμη, 2016; Papafotiou *et al.*, 2017b), με αποτέλεσμα το νερό να απορρέει γρήγορα και το υπόστρωμα να έχει σχετικά μικρή περιεκτικότητα υγρασίας ακόμα και την 1^η ημέρα της άρδευσης. Αυτός μπορεί να είναι και ο λόγος που τα φυτά παρουσίασαν από τον Απρίλιο μέχρι το τέλος του πειράματος ξηράνσεις στα φύλλα τους, καθώς η περιορισμένη υγρασία υποστρώματος σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες αυτής την περιόδου μπορεί να καταπόνησαν τα φυτά. Περαιτέρω διερεύνηση της ανάπτυξης του φυτού σε υπόστρωμα που να περιέχει και χώμα εκτός από κομπόστ ή ελαφρόπετρα μικρότερης διαμέτρου, ίσως δώσει πιο εύρωστα φυτά. Μία άλλη πιθανή αιτία των ξηράνσεων μπορεί να είναι η προσβολή των φυτών από αφίδες που παρατηρήθηκε τον μήνα Απρίλιο.

Συνοψίζοντας, οι υψηλότερες τιμές του ύψους, του αριθμού των πλάγιων βλαστών και του νωπού βάρους καταγράφηκαν σε φυτά που καλλιεργήθηκαν σε βαθύ υπόστρωμα, ανεξάρτητα από τη συχνότητα άρδευσης, αποτέλεσμα σε συμφωνία με προηγούμενα δεδομένα για μεσογειακά ξηροφυτικά είδη υπό παρόμοιες πειραματικές συνθήκες (Nektarios *et al.*, 2011; Tassoula & Papafotiou, 2015; Nektarios 2016a, 2016b; Papafotiou *et al.*, 2012, 2013, 2017b), χωρίς όμως η χρήση ρηχού υποστρώματος να είναι απαγορευτική για την ανάπτυξη των φυτών, ακόμη και υπό αραιή άρδευση. Μάλιστα, η αλληλεπίδραση του υποστρώματος μεγάλου βάθους με την αραιή συχνότητα άρδευσης ευνόησε την αύξηση του μήκους των πλάγιων βλαστών και έδωσε φυτά με μεγαλύτερο ξηρό βάρος.

Συμπερασματικά, το αυτοφυές μεσογειακό φυτό *L. monopetalum* είναι κατάλληλο για ανάπτυξη σε εκτατικού τύπου αστικά φυτοδώματα, υπό συνθήκες αραιής άρδευσης, με το επιθυμητό όφελος της μείωσης της κατανάλωσης νερού, και τη διατήρηση του τοπικού χαρακτήρα και της βιοποικιλότητας.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd El-Maboud, M.M., Abd Elbar, O.H. (2020). Adaptive responses of *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss, growing naturally at different habitats. *Plant Physiol. Rep.* 25, 325-334.
- Akoumianaki-Ioannidou A., Martini A. N., Papafotiou M. (2016). Rooting and establishment of *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss, stem-tip cuttings. *African Journal of Plant Science*, 10 (1), 23-31.
- Akoumianaki-Ioannidou A., Spentza R. P., Fasseas C. (2015). *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss, a candidate plant for use in urban and suburban areas with adverse conditions. An anatomical and histochemical study. *Bulletin UASVM Horticulture*, Vol 72, No2.
- Benvenuti S., Bacci. D. (2010). Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated.
- Berge B., Butters C., Henley F. (2009). *The ecology of building materials*. Architectural Press, Oxford.
- Bergmeier, E., Kypriotakis, Z., Jahn, R., Böhling, N., Dimopoulos, P., Raus, Th. & Tzanoudakis, D. (2001). Flora and phytogeographic significance of the islands Chrisi, Koufonisi and nearby islets (S Aegean, Greece). *Willdenowia* 31: 329- 356.
- Boissier, E. (1848). Plumbaginaceae. Pp. 617–696 in: Candolle, A.P. de (ed.), *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, vol. 12. Parisiis: sumptibus Victoris Masson.
- Bouzidi, A., Baaka, N., Salem, N., Mhenni M., Mighri Z. (2016). *Limoniastrum monopetalum* stems as a new source of natural colorant for dyeing wool fabrics. *Fibers and Polymers* 17, 1256–1261.
- Brenneisen S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats* 4: 27-36.
- Burke K. (2003). Green roofs and regenerative design strategies: The Gap's 901 Cherry Project. *Proceedings of the First Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Chicago.
- Cambrollé, J., Mancilla-Leytón, J.M., Muñoz-Vallés, S. Figueroa-Luque E., Luque T., Figueroa M. (2013). Effects of copper sulfate on growth and physiological responses of *Limoniastrum monopetalum*. *Environ Sci Pollut Res* 20, 8839–8847.
- Cambrollé J., Mancilla-Leytón J.M., Muñoz-Vallés S., Figueroa-Luque E., Luque T., Figueroa M. (2013). Evaluation of zinc tolerance and accumulation potential of the coastal shrub *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss. *Environmental and Experimental Botany* 85, 50–57.

- Carmona E., Moreno M.T., Avilés M., Ordovás J. (2012). Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings. *Scientia Horticulturae* Vol.137, 69-74.
- Caudrey D. (2005). *Green Roof Systems. Acknowledging the Potential*. Bachelor of Science, Robert Gordon University.
- Chen Y., Indar Y., Hadar Y. (1988). Composted Agricultural Wastes as Potting media by E4/E6 Ratios. *Soil Science Society America Journal* 41, 352-358.
- Coffman RR., Davis G. (2005). Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof. Paper presented at the Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show, Washington, DC.
- Compton S., Whitlow T. (2006). A zero-discharge green roof system and species selection to optimize evapotranspiration and water retention. In *Proceedings of the Fourth Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Boston.
- Dewey D., Johnson P., Kjeldgren R. (2004). Species composition changes in a rooftop grass and wildflower meadow. *Native plants* 5, 56-65.
- Diaz M. J., Madejon E., Ariza J., Lopez R., Cabrera F. (2002). Cocomposting of beat vinasse and grape marc in windrows and static pile systems. *Compost Science & Utilization* 10(3), 258-269.
- Donnelly, M. (1992). *Architecture in the Scandinavian Countries*; The MIT Press, Cambridge, MA.
- Dunnett N., Kingsbury N. (2003). Up on the roof. *Landscape Design*. No 321, p 35-38.
- Dunnett N., Kingsbury N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, pp. 328.
- Dunnett N., Nagase A., Hallam A. (2007). The dynamics of planted and colonizing species on a green roof over six growing seasons 2001-2006: Influence of substrate depth. *Urban Ecosyst.* 11:373-384.
- Dunnett N., Nagase A. (2010). The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landsc. Urban Plan.* 103(2):230-236.
- Dunnett N., Nolan A. (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. Rowe D. B., Rugh C.L. (2007). Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa. HortScience 42:588-595.

El- Bakatoushi R., Fawzi M., Botros W. (2010). Impact of crude oil and waste water pollution on genetic diversity of *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss. (Plumbaginaceae) populations. Ecologia Mediterranea Vol 36 (2).

English Nature Research Reports (2003). Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas. Report number 498, EcoScenes Ltd.

Farrar, L. (1996). Gardens of Italy and the Western Provinces of the Roman Empire from the 4th Century BC to the 4th Century AD; BAR International Series No. 650.

Ferrer-Gallego P., Iamónico D., Iberite M., Laguna E., Crespo M. (2014). Lectotypification of two names in *Limoniastrum* (Plumbaginaceae). TAXON 63 (6): 1342–1346.

FLL. (2008). Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. The Landscape development and landscaping research society e.V.

Getter K.L., Rowe B.D. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. Hortscience 41(5), 1276- 1285.

Getter K.L., Rowe B.D. (2008). Media depth influences *Sedum* green roof establishment. Urban Ecosyst. 11:361-372.

Getter K.L., Rowe B.D. (2009). Substrate depth influences *Sedum* plant community on a green roof. HortScience 44:401-407.

Gioutlakis G. & Alexiou S. (2014). Two new localities for *Limoniastrum monopetalum* (Plumbaginaceae) from Greece. Parnassiana Archives 2: 13-16.

Gorodecki B., Hadar Y. (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.

Gorse, G. L. (1983). "Genoese Renaissance Villas: A Typological Introduction; in Journal of Garden History, Volume 3, No. 4.

Guller H.G., Olympios C., Gerasopoulos D. (1995). The effect of substrate on the fruit quality of hydroponically grown mellons (*Cucumis melo* L.) Acta Hort. 379, 261-265.

Herman R. (2003). Green Roofs in Germany: Yesterday, Today and Tomorrow. In Proceedings of the Greening Rooftops for Sustainable Communities Symposium. Hosted by: Green Roofs for Healthy Cities and City of Portland, Oregon.

Hussein H.S., Norman Terry (2002). Phytomonitoring the unique colonization of oil-contaminated saline environment by *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss in Egypt. Environment International 28: 127–135.

Inbar Y., Chen Y., Hadar Y. (1986). The use of composted cattle manure and grape marc as peat substitute in horticulture. Acta Horticulture 178, 147-154.

Inbar Y., Chen Y., Hadar Y. (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.

Jashemski, W.F. (1979). The Gardens of Pompeii: Herculaneum and the Villas Destroyed by Vesuvius; Aristide D. Caragzas, New Rochelle, NY, Volume I and II, Appendices.

Johnston J., & Newton J. (2004). Building Green: A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements. London: London Ecology Unit.

Jones C., Jacobsen J. (2005). Plant nutrition and soil fertility. Nutrient management module No. 2. Montana State University.

Kargas G., Ntoulas N., Nektarios P. A. (2013). Moisture Content Measurements of Green Roof Substrates Using Two Dielectric Sensors. HortTechnology. Vol 23, 2: 177-186.

Koehler M., Schmidt M., Grimme F.W., Laar M. (2001). Urban water retention by green roof in temperate and tropical climate. Technology Resource Management & Development – Scientific Contributions for Sustainable Development, Vol. 2, pp 151-152.

Koehler M. (2003). Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin, Urban Habitats. Vol4, No.1.

Koehler M. (2004). Ecological green roofs in Germany. Journal of the Korean Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology. Vol 7(4): 8-16.

Kotsiris G., Nektarios P. A., Paraskevopoulou A. T. (2012). *Lavandula angustifolia* growth and physiology is affected by substrate type and depth when grown under Mediterranean Semi-intensive green roof conditions. HortScience 47: 311-317.

Le Corbusier (1923). Vers une Architecture. Μετάφραση: Τουρκινιώτης Π. (2005). Για μία Αρχιτεκτονική. Αθήνα. Εκδόσεις Εκκρεμές.

Lessale F. (1998). Winkung von trockenstreß auf xerophile pflanzen, Stadt und Grun 47: 437- 443.

Linnaeus, C. (1753). Species plantarum, vol. 2. Holmiae [Stockholm]: impensis Laurentii Salvii.

Martini A.N., Papafotiou M. (2020). In Vitro Propagation and NaCl Tolerance of the Multipurpose Medicinal Halophyte *Limoniastrum monopetalum*. HortScience. Volume 55: Issue 4, 436-443.

Miller C. (2003). Moisture management in green roofs. In proceedings of the First Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago.

Molineux C. J., Fentiman C. H., Gange A.C. (2009). Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in the U.K. Ecol. Eng. 35:1507-1513.

Monterusso M.A., Rowe D.B. Rugh C.L. (2005). Establishment and persistence of *Sedum spp.* and native taxa for green roof applications. Hort Science 40, 391-396.

Moran A., Hunt B., Jennings G. (2004). A North Carolina field study to evaluate green roof runoff quantity, runoff quality and plant growth, p. 446-460. In Proc. Of 2nd North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities. The Cardinal Group, Toronto.

Nagase A. (2008). Plant Selection for Green Roofs in the UK. Doctoral thesis, The University of Sheffield, UK.

Nagase A. & Dunnett N. (2008). Experiments in plant selection for extensive green roofs performance of annual plant species and the amount of water runoff from different vegetation types. In conference proceedings of Greening Rooftops for Sustainable Communities. Baltimore.

Nagase A. & Dunnett N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. Landsc. Urban Plan. 104:356-363.

Nektarios P.A., Amoutzias I., Kokkinou I., Ntoulas N. (2011). Green roof substrate type and depth affect the growth of the native species *Dianthus fruticosus* under reduced irrigation regimens. Hortscience 46: 1208- 1216.

Nektarios P.A., Nydrioti E., Kapsali T., Ntoulas N. (2016a). *Crithmum maritimum* growth in extensive green roof systems with different substrate type, depth and irrigation regime. Acta Horticulturae 1108: 303-308.

- Nektarios P.A., Nydrioti E., Kapsali T., Ntoulas N. (2016b). Substrate type, depth and irrigation regime effects on *Ebenus cretica* growth in extensive green roof. *Acta Horticulturae* 1108: 297-302.
- Neves J. P., Ferreira L. F., Simões M. P., Gazarini L. C. (2007). Primary Production and Nutrient Content in Two Salt Marsh Species, *Atriplex portulacoides* L. and *Limoniastrum monopetalum* L., in Southern Portugal. *Estuaries and Coasts* 30 (3): 459-468.
- Ngan G. (2004). *Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design*. Landscape Architecture Canada Foundation.
- Ntoulas N., Nektarios P. A., Nydrioti E. (2013). Performance of *Zoysia matrella* ‘Zeon’ in shallow green roof substrates under moisture deficit conditions. *HortScience*: 48 (7): 929-937.
- Oberlander C.H., Whitelaw E., Matsuzaki E. (2002). *Introduction Manual for Greening Roofs*. Thechnology Directorate, Public Works and Government Services, Canada.
- Oke T.R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* Volume 7, Issue 8, pages 760-779.
- Osmudson T. (1999). *Roof gardens, History, Design, Construction*. New York: W.W. Norton and Co.
- Papafotiou M., Bertsouklis K. F., Martini A. N., Vlachou G., et. al. (2017a). Evaluation of the establishment of native Mediterranean plant species suggested for landscape enhancement in archaeological sites of Greece. *International Society for Horticultural Science*, 177-180.
- Papafotiou M., Pergalioti N., Papanastasatos E.A., Tassoula L., Massas I., Kargas G. (2012). Effect of substrate type and depth and the irrigation frequency on growth of semiwoody Mediterreanean species in green roofs. *ActaHort*. 990:481-486.
- Papafotiou M., Pergalioti N., Tassoula L., Massas I., Kargas G. (2013). Growth of native aromatic xerophytes in an extensive Mediterreanean green roof, as affected by substrate type and depth, and irrigation frequency. *HortScience* 48: 1327-1333.
- Papafotiou M., Tassoula L., Kefalopoulou R. (2017b). Effect of substrate type and irrigation frequency on growth of *Pallenis maritima* on an urban extensive green roof at the semi-arid Mediterranean region. *ActaHortic* 1189.
- Paraskevopoulou A., Mitsios I., Fragkakis I., Nektarios P., Ntoulas N., Londra P., Papafotiou M. (2015). The growth of *Arthrocnemum macrostachyum* and *Halimione portulacoides* in an extensive green roof system under two watering regimes. *Agric. Agric. Proc.* 4, 242–249.

Paraskevopoulou A., Tsarouchas P., Londra P. A., Kamoutsis A. P. (2020). The Effect of Irrigation Treatment on the Growth of Lavender Species in an Extensive Green Roof System. *Water*, 12, 863.

Peck S.W., Callaghan, C., Kuhn M.E. and Bass B. (1999). Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation. Ottawa, Canada.

Peck S., Kuhn M. (2001). Design guidelines for green roofs. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, Ontario.

Reis M., Inacio H., Rosa A., Cacedilio J., Monteiro A. (2001). Grape marc compost as an alternative growing media for greenhouse tomato. *Acta Hort.* 554, 75-82.

Riadh K., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A., Abdely C. (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *C. R. Biologies* 331, 865–873.

Rowe D., Rugh C., Durhman 2006. (2006). Assessment of substrate depth and composition on green roof plant performance. Proceedings of the First Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Boston.

Santos M., Diane F., Gonzalez del Valle M., Tello J. (2008). Grape marc compost: microbial studies and suppression of soil-born mycosis in vegetable seedlings. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24(8), 1493-1505.

Savi T., Andri S., Nardini A. (2013). Impact of different green roof layering on plant water status and drought survival. *Ecol. Eng.* 57:188-196.

Scherer F.T., Seelig B., Franzen D. (1996). Soil, water and plant characteristics important to irrigation. EB-66, NDSU Distribution Center.

Scholz- Barth K. (2001). Greenroofs: Stormwater management from the top down. *Environmental Design and Construction*.

Snodgrass E.C., Snodgrass L.L. (2006). *Green Roof Plants. A Resource and Planting Guide*. Timber Press, Inc.

Slama H., Triki M., Chenari Bouket A., Mefteh F., Alenezi F., Luptakova L., Cherif-Silini H., Vallat A., Oszako T., Gharsallah N., Belbahri L. (2019). Screening of the High-Rhizosphere Competent *Limoniastrum monopetalum* Culturable Endophyte Microbiota Allows the Recovery of Multifaceted and Versatile Biocontrol Agents. *Microorganisms*, 7, 249.

Sutton R.K. (2014). Aesthetics for Green Roofs and Green Walls. *Landscape Architecture Program: Faculty Scholarly and Creative Activity*. 19.

Tassoula L., Papafotiou M. (2015). Growth of the Native Xerophyte *Convolvulus cneorum* L. on an Extensive Mediterranean Green Roof under Different Substrate Types and Irrigation Regimens.

Thuring C. E., Berghage R. D., Bettie D. J. (2010). Green roof plant responses to different substrate types and depths under various drought conditions. Hort Technology 20: 395-401.

Trabelsi N., Megdiche W., Ksouri R., Falleh H., Oueslati S., Soumaya B., Hajlaoui H., Abdely C. (2010). Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. LWT - Food Science and Technology 43, 632-639.

Turland, N.J., Chilton, L. & Press, J.R. (1993). Flora of the Cretan area. – HMSO, London.

Ulrich R.S., Parsons R. (1992). Influences of Passive Experiences with Plants on Individual Well-being and Health. The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development, Chapter 15, Timber Press Inc.

Ulrich R.S. (1984). View from a Window May Influence Recovery from Surgery. Science, Volume 224, pp. 420-21.

Velasquez L.S. (2005). Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium. Environmental Quality Management 14(4), 73-85.

Van Woert N. D., Row D.B., Andresen J. A., Rugh C.L., Xiao L. (2005). Watering regime and green roof substrate design affect Sedum plant growth. HortScience.

Von Moos S. (2009). Le Corbusier Elements of a synthesis. Rotterdam: 010 Publishers.

Whittinghill L. J., Rowe D. B., Andresen J. A., Cregg B. M. (2015). Comparison of stormwater runoff of Sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. Urban Ecosyst. 18: 13-29.

Yannick S. B. (2009). Mitigating the urban heat island effect with an intensive green roof during summer in Reading, UK. University of Reading.

Zahran MA, El-Amier YA (2013). Non-traditional fodders from the halophytic vegetation of the Deltaic Mediterranean Coastal Desert, Egypt. J. Biol. Sci. 13:226-233.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αδάμη Ι. (2016). Διερεύνηση της επίδρασης του είδους υποστρώματος και της συχρότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Thymus citriodorus* και

Origanum Aureum. Μεταπτυχιακή μελέτη. Επιστημονική υπεύθυνος: Παπαφωτίου Μ. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Αλκιμος Α. (2000). Κομπόστ. Οικολογικό εργαστήριο χουμοποίησης της Βιομάζας. Εκδ. Ψύχαλου, Αθήνα, σελ. 23-86.

Αραμπατζής Ι.Θ. (2001). Θάμνοι και δέντρα στην Ελλάδα, Δεύτερος τόμος. Οικολογική Κίνηση Δράμας, σελ. 242.

Γαλανάκη Κ. (2011). Φυτοεξυγίανση εδάφους από Cd και Pb με τα αλόφυτα: *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Tamarix parviflora* (DC) και *Limonium monopetalum* (L.) Boiss. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.

Ευαγγελίου Χ., Αλούπης Η., Κρεμαλή Ζ., Βραχόπουλος Μ. (2008). Τα φυτεμένα δώματα ως οικολογική αναγκαιότητα. Νέα υλικά και τεχνικές για την εφαρμογή τους και την εξέλιξή τους σε σύγχρονους αστικούς πνεύμονες. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ.

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 Ε. (2004). Μελέτη των μεθοδολογιών ανάπτυξης φυτοκάλυψης σε δώματα και εφαρμογές στο σχεδιασμό τους. Μεταπτυχιακή μελέτη, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καραμπουρνιώτης Γ., Λιακόπουλος Γ. (2014). Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Ενότητα 3: Αλατότητα, 2 ΔΩ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Επιστήμη Φυτικής Παραγωγής.

Κυρίτσης Σ., Μαυρογιαννόπουλος Γ. (1996). Θερμοκήπια. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, σελ. 62-71.

Λώλης Ε. (2011). Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών *Rosmarinus officinalis* "Prostratus" και *Teucrium chamaedrys* σε σύστημα φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μανιαδάκης Κ., Καλογεράκης Σ., Παναρετάκη Π. (2010). Μεταβολή βάρους και όγκου φυτικών υπολειμμάτων κατά την κομποστοποίησή τους. Πτυχιακή εργασία. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

Μαρατζής Ι.Π. (2003). Οικοφυσιολογική αποτελεσματικότητα του πουρναριού (*Quercus coccifera* L.) υπό βόσκηση όπως αυτή επηρεάζεται από την αρχιτεκτονική του φυλλώματος του. Διδακτορική διατριβή. Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα

δασολογίας και φυσικού περιβάλλοντος. Τομέας λιβαδοπονίας και άγριας πανίδας – ιχθυοπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 41-43.

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (2015). Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη νήσου Χρυσής, Φάκελος ανακοίνωσης και δημοσιοποίησης σχεδίου προεδρικού διατάγματος. Εκτενής Περίληψη. Δήμος Ιεράπετρας, Ηράκλειο.

Mandelbaum R., Gorodecki B., Hadar Y. (1985). The use of compost for production of disease suppressive container media. *Phytoparasitica* 13,158.

Minke G. (2009). Φύτευση στεγών απλά και αποτελεσματικά. Σχεδιασμός, οδηγίες εφαρμογής, πρακτικές επισημάνσεις. Μετάφραση: Ανέλιξη, Εκδόσεις: Παρατηρητής της Θράκης Α.Ε.

Ολύμπιος Χ. (1994). Στοιχεία γενικής λαχανοκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 225-244.

Παπαναστασάτος Α. Ευάγγελος (2011). Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης, στην ανάπτυξη των *Origanum Majorana* και *Santolina chamaecyparissus* σε συνθήκες φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Παπαφωτίου Μαρία. Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Παπαφωτίου Μ., Περγαλιώτη Ν., Μάσσας Ι., Χατζηπαυλίδης Ι. (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^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο.

Περγαλιώτη Ν. (2010). Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και τους βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή μελέτη. Επιστημονική υπεύθυνος: Παπαφωτίου Μ. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Ποδαροπούλου Κ. (2011). Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* και *Hyssopus officinalis* σε σύστημα φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή Μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Σαρλής Γ.Π. (1999). Συστηματική Βοτανική, Εφαρμογές Κορμοφύτων. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 175-177.

Σιδηράς Ν.Κ. (1997). Οργανική Λίπανση και Αμειψισπορές. ΔΗΩ, Αθήνα.

Σπέντζα Ρ. (2010). Αξιολόγηση της ανάπτυξης των αυτοφυών *Hyssopus officinalis*, *Limoniastrum monopetalum* & *Salvia triloba*, σε υποστρώματα λατομικών δραστηριοτήτων, για αποκατάσταση εδαφών της νήσου Μήλου. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χριστοπούλου Α. (2013). Η ταράτσα. Αναγνώσεις του αθηναϊκού δώματος. Ερευνητική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Δ1. <http://www.heathershimmin.com/>
- Δ2. <https://www.greenroofs.com/>
- Δ3. <https://wirtzvn.com/>
- Δ4. <https://land8.com/>
- Δ5. <https://www.buildup.eu/>
- Δ6. <https://en.wikipedia.org/>
- Δ7. <https://www.greekflora.gr/>
- Δ8. <http://filotis.itia.ntua.gr/>
- Δ9. <http://xlorida.blogspot.com/>
- Δ10. <https://www.flickr.com/>
- Δ11. <https://www.xlorida.blogspot.com>
- Δ12. <http://www.lava.gr/>
- Δ13. <http://meteosearch.meteo.gr/>
- Δ14. <https://www.delta-t.co.uk/>

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Μετεωρολογικοί παράμετροι κατά τη διάρκεια του πειράματος σε ημερήσια βάση.

Πίνακας 27. Μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρος από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (°C).

Ημέρα	Νοέμ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβρ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.
1 ^η	26.3	12.9	9.4	16.6	17.8	18.7	22.1	26.5	30.2	36.3	31.3
2 ^η	28.1	12.4	9.4	16.4	18.9	19.6	21.8	25.7	33.4	35.7	32.7
3 ^η	24.6	15.7	8.4	18.7	15.9	18.2	22.6	24.7	33.0	35.8	32.3
4 ^η	21.4	16.2	9.3	17.4	15.6	17.9	18.0	24.8	36.4	35.2	31.2
5 ^η	21.5	16.4	7.6	19.1	17.4	17.1	24.4	26.6	35.3	30.4	30.3
6 ^η	21.2	12.6	9.2	13.8	20.4	14.7	22.8	27.8	32.9	31.3	30.5
7 ^η	20.9	12.9	7.7	10.9	19.7	19.3	21.1	30.2	35.1	32.9	30.8
8 ^η	20.4	15.5	6.2	12.0	19.7	15.4	20.6	34.3	36.4	34.8	31.1
9 ^η	19.7	18.8	13.7	11.1	19.8	16.6	20.3	33.2	34.8	36.2	30.9
10 ^η	19.6	15.8	16.1	13.8	24.1	20.4	22.9	29.0	35.6	35.4	31.1
11 ^η	20.0	12.3	14.1	16.0	21.8	20.7	22.7	30.3	28.9	34.7	30.6
12 ^η	19.9	12.8	10.3	15.7	17.3	19.1	23.8	30.6	29.0	35.1	30.3
13 ^η	18.0	9.4	11.7	9.6	12.2	15.3	23.0	32.1	29.3	35.1	27.3
14 ^η	17.9	16.4	12.7	10.8	14.7	18.6	22.4	33.4	30.8	34.7	29.1
15 ^η	17.6	19.3	9.8	8.8	11.9	17.1	21.9	33.6	28.0	33.7	28.8
16 ^η	13.6	17.6	11.8	8.6	19.3	17.4	22.8	32.7	29.5	32.8	30.1
17 ^η	13.4	15.8	14.1	12.0	20.3	18.7	24.3	31.7	28.0	33.0	30.3
18 ^η	15.2	11.7	15.1	15.9	19.4	17.2	25.3	32.7	30.3	30.1	29.4
19 ^η	21.1	10.7	14.2	16.3	19.2	18.1	25.2	30.6	31.8	30.7	28.6
20 ^η	20.0	12.5	15.8	16.8	18.2	16.2	23.7	30.8	32.3	30.9	26.7
21 ^η	22.1	14.6	15.7	18.2	17.3	17.6	25.5	31.9	32.8	32.4	23.4
22 ^η	19.3	17.2	15.6	15.5	16.3	18.2	26.6	35.2	33.2	34.2	25.8
23 ^η	16.6	19.2	16.1	11.4	18.2	19.1	26.3	34.8	33.8	33.8	25.3
24 ^η	16.5	17.5	15.4	5.3	16.3	20.4	25.9	34.5	32.6	34.1	24.1
25 ^η	17.6	15.0	15.3	8.7	19.3	22.0	26.2	31.9	31.1	34.4	27.6
26 ^η	20.1	8.3	14.1	14.4	21.2	23.5	26.7	32.2	33.1	36.3	26.7
27 ^η	19.8	10.6	15.3	11.8	17.7	25.8	27.2	32.4	33.9	34.2	28.6
28 ^η	19.8	12.3	15.2	13.3	13.2	23.8	26.7	35.1	34.9	32.1	28.2
29 ^η	14.7	15.6	16.8		13.2	23.4	28.1	30.6	36.2	32.8	28.1
30 ^η	10.6	12.3	15.8		13.3	22.1	29.3	28.9	34.7	31.4	28.9
31 ^η		10.8	14.7		16.1		30.2		32.7	30.6	
AVG	19.3	14.2	12.8	13.5	17.6	19.1	24.2	31.0	32.6	33.6	29.0

Πίνακας 28. Ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρος από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (°C).

Ημέρα	Νοέμ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβρ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.
1 ^η	17.2	5.1	7.8	9.3	6.6	11.2	12.7	19.3	23.1	25.0	23.8
2 ^η	16.4	10.0	5.2	8.2	8.4	11.5	11.2	19.7	22.6	27.7	23.8

3 ^η	14.8	6.6	4.6	11.1	9.8	11.9	13.0	17.9	22.4	26.9	22.2
4 ^η	14.6	6.7	4.2	13.1	7.1	10.7	15.0	18.3	23.1	27.0	23.6
5 ^η	12.5	8.4	1.9	12.7	7.7	10.7	14.1	18.2	26.9	25.0	24.0
6 ^η	13.1	8.3	1.3	9.1	12.8	13.1	14.4	18.7	25.8	24.1	24.1
7 ^η	13.3	7.1	2.8	8.4	9.4	10.9	13.7	20.4	24.1	22.7	23.6
8 ^η	14.2	4.4	-0.1	7.4	9.6	11.4	13.9	21.5	25.3	23.1	21.1
9 ^η	13.9	11.0	0.8	4.7	10.2	12.1	13.3	23.3	27.1	23.3	22.2
10 ^η	12.2	10.7	10.9	4.8	10.7	13.2	16.1	23.9	26.8	27.8	21.7
11 ^η	11.8	7.4	9.9	8.7	14.1	13.2	15.3	22.3	22.2	28.7	22.7
12 ^η	11.2	5.3	6.7	9.5	11.9	13.0	14.9	21.1	21.3	26.9	21.8
13 ^η	12.7	6.6	4.1	6.1	7.4	11.7	17.2	22.9	22.4	25.4	21.2
14 ^η	13.2	9.1	7.1	6.3	5.3	9.1	15.8	22.3	23.7	25.1	23.3
15 ^η	12.6	14.5	3.7	5.4	7.9	11.4	15.4	26.9	22.9	25.2	23.8
16 ^η	12.1	11.6	3.0	6.0	5.8	10.5	13.8	25.1	21.9	25.6	21.6
17 ^η	10.3	9.2	3.1	6.2	8.7	8.9	14.4	24.8	20.9	24.8	19.7
18 ^η	11.4	9.2	6.1	3.8	9.5	9.9	14.4	23.3	20.9	23.4	19.3
19 ^η	13.9	8.3	6.4	4.9	9.5	10.7	17.9	21.8	21.4	23.7	20.1
20 ^η	13.1	8.0	9.6	5.9	10.6	10.0	16.8	22.6	23.9	24.5	19.4
21 ^η	13.8	6.9	7.4	6.3	12.4	8.0	17.6	22.8	22.7	24.2	18.7
22 ^η	13.1	7.5	8.9	6.3	11.3	8.8	15.8	23.7	25.3	26.7	17.2
23 ^η	12.1	8.6	11.1	3.6	10.5	11.6	18.2	24.4	26.6	27.9	16.8
24 ^η	11.1	8.0	9.4	3.3	11.3	14.2	18.4	24.9	25.3	27.3	19.9
25 ^η	10.0	7.4	10.5	3.9	7.7	12.5	17.0	26.6	23.9	27.3	19.3
26 ^η	16.3	5.1	9.9	5.4	10.3	14.3	18.1	25.9	22.5	26.7	18.4
27 ^η	16.4	3.7	7.2	7.1	10.8	14.3	18.3	25.9	23.2	27.6	20.2
28 ^η	13.8	6.7	7.2	6.3	10.2	15.6	17.3	25.2	24.4	26.8	19.2
29 ^η	8.6	5.1	12.4		9.6	14.7	17.3	25.2	23.8	24.7	18.2
30 ^η	7.6	9.9	10.4		8.7	14.1	18.1	23.2	25.9	22.6	19.3
31 ^η		8.6	8.4		10.8		18.2		26.0	25.0	
AVG	12.9	7.9	6.5	6.9	9.6	11.8	15.8	22.7	23.8	25.6	21.0

Πίνακας 29. Ημερήσια βροχόπτωση από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (mm).

Ημέρα	Νοέμ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβρ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.
1 ^η	0.2	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 ^η	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 ^η	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 ^η	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5 ^η	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 ^η	0.0	0.8	0.0	34.2	0.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 ^η	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 ^η	10.2	0.0	0.4	0.0	0.2	31.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 ^η	0.0	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 ^η	0.0	5.8	1.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11 ^η	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 ^η	0.0	12.0	17.4	0.0	0.2	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13 ^η	0.0	1.0	0.0	1.2	4.8	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14 ^η	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.2	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0
15 ^η	0.0	14.2	2.0	6.4	21.0	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16 ^η	0.0	1.6	0.0	0.2	0.0	10.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0

17 ^η	8.0	15.2	0.0	0.0	0.0	7.0	0.6	1.0	0.4	0.0	0.0
18 ^η	19.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
19 ^η	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.2	0.0	0.0
20 ^η	0.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
21 ^η	4.8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22 ^η	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23 ^η	0.0	0.0	8.4	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24 ^η	0.0	12.0	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
25 ^η	2.0	0.0	37.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26 ^η	5.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27 ^η	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28 ^η	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29 ^η	0.0	0.0	0.4		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30 ^η	0.2	7.8	4.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31 ^η			3.4		0.0		0.0		0.0	0.0	
SUM	51.6	73.8	125	59.2	26.8	115	2.2	2.6	1.0	0.0	4.8

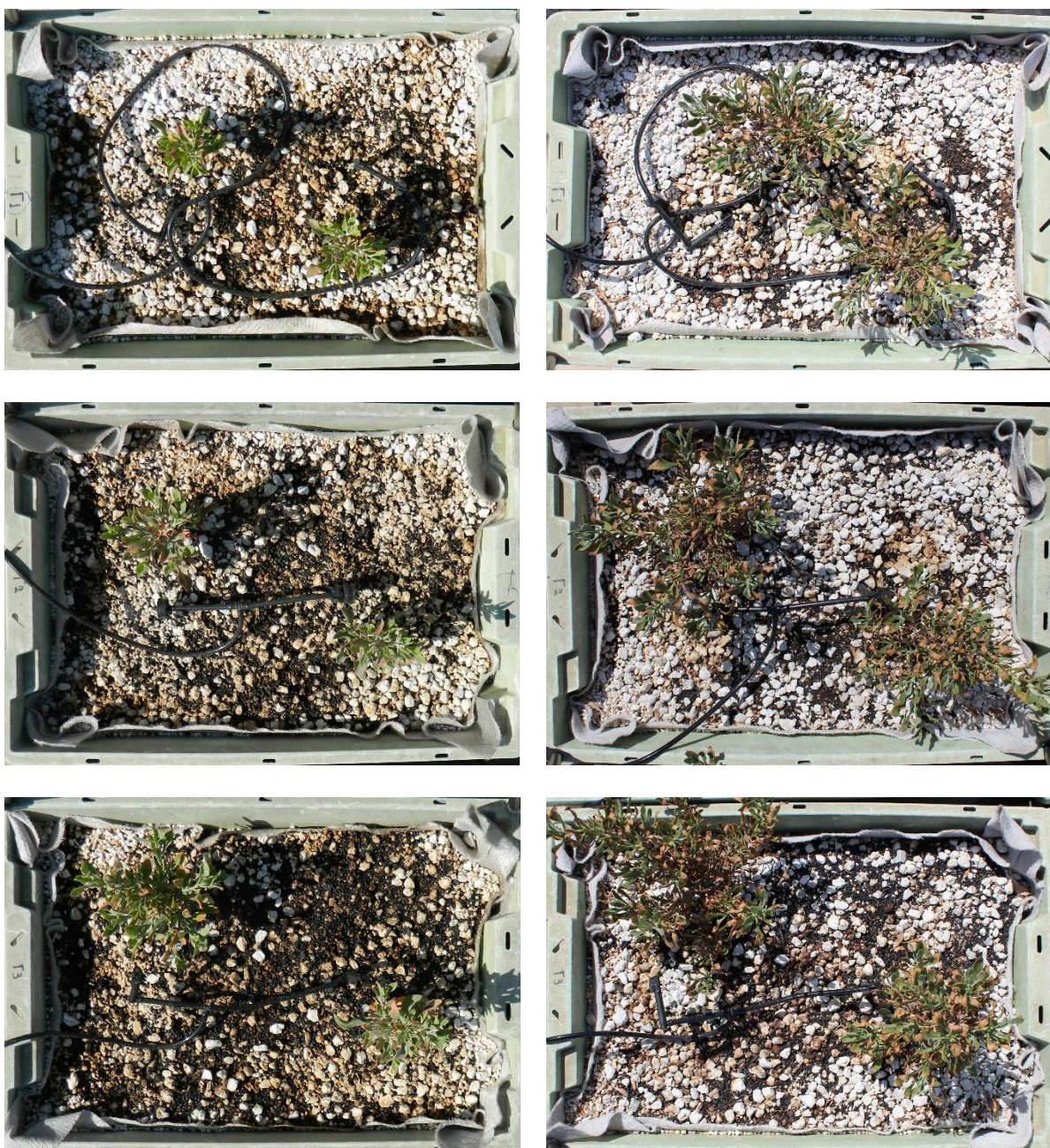
Πίνακας 30. Ημερήσια μέση ταχύτητα ανέμου από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (km h⁻¹).

Ημέρα	Νοέμ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβρ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.
1 ^η	2.1	2.9	16.3	2.7	3.5	8.0	3.7	4.2	14.5	5.5	5.6
2 ^η	2.6	4.7	2.7	3.5	3.9	11.3	3.9	4.5	6.0	4.7	6.0
3 ^η	3.7	1.9	6.3	3.7	6.4	8.0	4.3	4.3	3.2	3.9	5.1
4 ^η	4.5	1.6	3.5	3.7	3.4	5.8	2.9	4.5	6.1	5.8	7.2
5 ^η	2.3	3.7	3.1	11.6	3.5	3.5	7.4	3.9	4.3	10.0	8.0
6 ^η	3.1	9.0	3.5	7.6	3.5	8.5	5.6	3.5	3.7	8.4	8.4
7 ^η	5.5	6.9	6.1	13.7	2.4	3.7	7.2	3.2	3.9	8.2	7.7
8 ^η	3.7	2.6	3.7	4.0	2.3	3.2	3.9	3.9	4.0	4.3	3.2
9 ^η	5.1	5.0	5.8	3.2	4.0	8.7	4.7	7.4	3.4	5.3	3.7
10 ^η	4.5	3.4	7.9	2.1	4.0	6.6	4.7	10.1	4.5	10.3	4.0
11 ^η	4.3	2.4	2.7	5.0	6.4	4.5	3.5	3.7	10.1	11.9	5.3
12 ^η	3.2	2.1	7.2	5.5	6.4	2.6	3.4	2.9	5.6	7.2	5.8
13 ^η	10.5	3.9	2.1	10.8	9.3	2.3	2.9	3.2	4.8	5.1	11.7
14 ^η	7.9	1.6	1.8	15.9	4.0	2.6	4.0	3.1	5.5	3.2	12.7
15 ^η	7.9	4.2	9.5	9.3	3.2	3.4	3.2	7.7	4.5	3.2	13.4
16 ^η	8.5	2.4	5.6	11.4	4.0	8.4	3.7	6.6	6.9	3.1	5.1
17 ^η	9.2	1.4	1.8	4.7	3.1	2.3	2.6	2.9	6.9	6.1	2.4
18 ^η	5.6	6.8	2.4	2.1	3.1	5.6	3.4	3.2	4.3	9.0	2.6
19 ^η	2.1	6.1	1.3	1.8	2.6	5.8	3.9	2.7	6.3	10.5	2.6
20 ^η	1.6	2.9	2.7	1.6	6.9	7.9	2.3	3.4	6.8	10.1	6.4
21 ^η	2.9	1.6	1.9	3.1	16.4	4.0	2.7	3.4	8.9	8.5	12.7
22 ^η	4.5	3.5	5.0	2.7	14.0	2.7	2.4	4.8	8.4	9.2	5.3
23 ^η	10.1	1.9	6.8	17.5	11.9	2.6	4.0	3.9	7.7	13.5	3.1
24 ^η	5.3	1.9	4.2	23.5	10.0	2.3	4.2	3.4	6.3	8.9	1.0
25 ^η	3.4	4.7	11.1	13.4	3.4	2.3	4.3	10.3	9.8	8.2	2.7
26 ^η	6.3	7.7	4.2	5.3	2.6	2.7	3.1	13.7	6.6	5.3	2.9
27 ^η	6.6	2.6	2.3	9.7	7.7	2.6	2.9	10.0	3.5	7.9	4.0
28 ^η	3.5	1.3	4.7	4.3	14.6	3.2	4.3	6.1	3.9	9.7	4.0
29 ^η	20.3	2.1	9.8		21.4	4.0	3.7	13.5	4.3	6.9	2.3
30 ^η	11.4	2.9	4.2		17.2	4.5	4.0	15.1	3.7	9.8	2.3

31 ^η	10.0	4.7		11.9		3.4		3.7	10.5		
AVG	5.7	3.7	5.0	7.3	7.0	4.8	3.9	5.8	5.9	7.6	5.6

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Φωτογραφίες των φυτών

Φωτογραφίες όλων των φυτών *L. monorpetalum* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου 2019 (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου 2019 (δεξιά).





Φωτογραφίες όλων των φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου 2019 (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου 2019 (δεξιά).





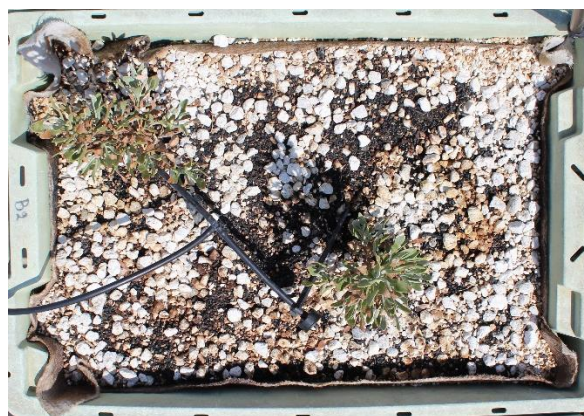
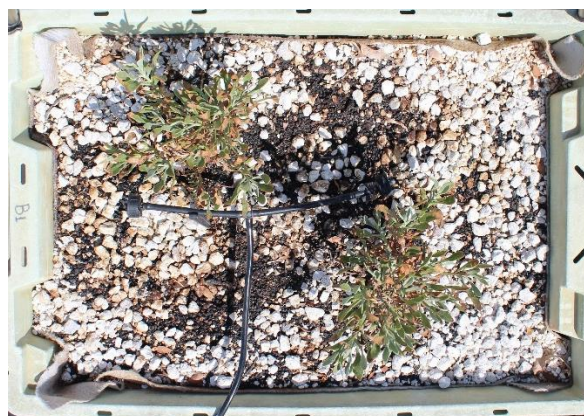
Φωτογραφίες όλων των φυτών *L. monoretaalum* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου 2019 (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου 2019 (δεξιά).

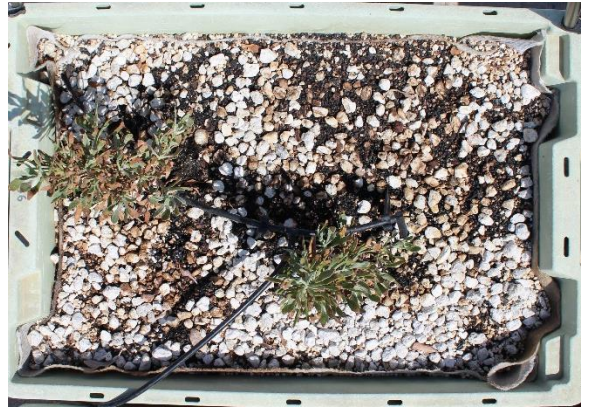
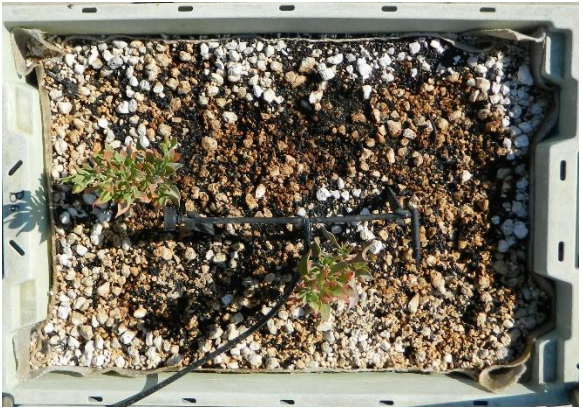






Φωτογραφίες όλων των φυτών *L. monoretaalum* που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου 2019 (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου 2019 (δεξιά).





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Λίστα εικόνων, πινάκων και σχημάτων

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3. Αντιπροσωπευτικό σκίτσο ζιγκουράτ (Δ1).

Εικόνα 4. Αριστερά το φυτεμένο δώμα της Βίλας των Μυστηρίων (α) και δεξιά το φυτεμένο δώμα του Palazzo Piccolomini (β), (Δ1).

Εικόνα 3. Το εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα High Line στη Νέα Υόρκη (Δ2).

Εικόνα 4. Το εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα Jubilee Park στο Λονδίνο (Δ3).

Εικόνα 5. Πάνω δεξιά το εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα του μουσείου Ιστορίας Vendée Historial στη Γαλλία, πάνω αριστερά το φυτεμένο δώμα του Greenshop στο Ηνωμένο Βασίλειο και κάτω το φυτεμένο δώμα στο κτίριο του Υπουργείου Οικονομικών στην Αθήνα (Δ2, Δ4).

Εικόνα 6. Αριστερά το ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο εμπορικό κέντρο Bishops Square στο Λονδίνο και δεξιά το Chicago City Hall green roof στις ΗΠΑ (Δ2).

Εικόνα 7. Φυτεμένα δώματα σε δημόσια κτίρια και εμπορικά κέντρα του Καναδά προσφέρουν όμορφη θέα στους κατοίκους και τους εργαζόμενους των γύρω κτιρίων (Αριστερά: Vancouver Public Library Green Roof, Δεξιά: Mountain Equipment Co-op Green Roof, Δ2).

Εικόνα 8. Διαστρωμάτωση των υλικών κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος (Δ5).

Εικόνα 9. Το φυτό *Limoniastrum monopetalum* (Δ6).

Εικόνα 10. Φυτά Λιμονιάστρου σε παραθαλάσσιες περιοχές (Δ11).

Εικόνα 11. Άνθη (δεξιά) και φύλλα (αριστερά) του *Limoniastrum monopetalum* (Δ10).

Εικόνα 12. Μοσχεύματα Λιμονιάστρου στην υδρονέφωση για ριζοβολία (αριστερά) και έρριζα μοσχεύματα στον πάγκο του θερμοκηπίου (δεξιά).

Εικόνα 13. Φυτά Λιμονιάστρου μία εβδομάδα μετά τη μεταφύτευση στο δώμα.

Εικόνα 14. Διάταξη κιβωτίων στο δώμα του κεντρικού κτιρίου του Γ.Π.Α.

Εικόνα 15. Υλικά υποδομής φυτεμένου δώματος εντός του πλαστικού κιβωτίου.

Εικόνα 16. Κομπόστ στεμφύλων οινοποιίας, ελαφρόπετρα, περλίτης (από αριστερά προς τα δεξιά).

Εικόνα 17. Διάταξη γωνιακών σταλακτών στο κιβώτιο ανάπτυξης.

Εικόνα 18. Προσβολή από αφίδες σε φυτό Λιμονιάστρου (δεξιά) και ψεκασμός με εντομοκτόνο σκεύασμα (αριστερά).

Εικόνα 19. Απεικόνιση συσκευής WET Kit δεξιά και AP4 Porometer αριστερά (Δ14).

Εικόνα 20. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).

Εικόνα 21. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).

Εικόνα 22. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν κανονική άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).

Εικόνα 23. Ανάπτυξη φυτών *L. monopetalum* που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 7,5 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση στις 12 Μαΐου (αριστερά) και στις 12 Σεπτεμβρίου (δεξιά).

Εικόνα 24. Φυτό *L. monopetalum* με χαρακτηριστικές ξηράνσεις στα φύλλα το μήνα Ιούνιο.

Εικόνα 25. Σχηματισμός ταξιανθίας τον μήνα Μάιο (αριστερά) και ανθοφορία τον Ιούνιο (δεξιά) σε φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα βάθους 15 cm και δέχθηκαν αραιή άρδευση.

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1. Τυπική χημική σύσταση ελαφρόπετρας (ΛΑΒΑ Α.Ε., Δ12).
- Πίνακας 2. Μετεωρολογικοί παράμετροι κατά τη διάρκεια του πειράματος (Δ13).
- Πίνακας 3. Μεταβολή ύψους (cm) φυτών *L. monopetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.
- Πίνακας 4. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Μάιο.
- Πίνακας 5. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Ιούνιο.
- Πίνακας 6. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Ιούλιο.
- Πίνακας 7. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* τον Αύγουστο.
- Πίνακας 8. Ύψος (cm) φυτών *L. monopetalum* το Σεπτέμβριο.
- Πίνακας 9. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.
- Πίνακας 10. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Μάιο.
- Πίνακας 11. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούνιο
- Πίνακας 12. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούλιο
- Πίνακας 13. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Αύγουστο
- Πίνακας 14. Αριθμός πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* το Σεπτέμβριο
- Πίνακας 15. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* από 05/12/2018 έως 12/04/2019.
- Πίνακας 16. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* το Μάιο.
- Πίνακας 17. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούνιο.
- Πίνακας 18. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούλιο.
- Πίνακας 19. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Αύγουστο.
- Πίνακας 20. Μήκος (cm) πλάγιων βλαστών στα φυτά *L. monopetalum* τον Σεπτέμβριο.
- Πίνακας 21. Νωπό βάρος (g) υπέργειου τμήματος των φυτών *L. monopetalum*
- Πίνακας 22. Ξηρό βάρος (g) υπέργειου τμήματος των φυτών *L. monopetalum*
- Πίνακας 23. Αριθμός φυτών *L. monopetalum* που άνθισαν τον Ιούνιο
- Πίνακας 24. Αριθμός ανθέων που παρατηρήθηκαν στα φυτά *L. monopetalum* τον Ιούνιο
- Πίνακας 25. Μέση τιμή υγρασίας (actual moisture %) υποστρώματος για τον μήνα Ιούλιο
- Πίνακας 26. Μέση τιμή αντίστασης των φύλλων (Rleaf) για τον μήνα Ιούλιο
- Πίνακας 27. Μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρος από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (°C).
- Πίνακας 28. Ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρος από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (°C).

Πίνακας 29. Ημερήσια βροχόπτωση από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (mm).

Πίνακας 30. Ημερήσια μέση ταχύτητα ανέμου από το Νοέμβριο του 2018 έως το Σεπτέμβριο του 2019 (km h⁻¹).

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ρυθμός μεταβολής του ύψους των φυτών *L. monopetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.

Σχήμα 2. Ρυθμός μεταβολής του αριθμού των πλάγιων βλαστών των φυτών *L. monopetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.

Σχήμα 3. Ρυθμός μεταβολής του μήκους των πλάγιων βλαστών των φυτών *L. monopetalum* καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπόμνημα: BK: Βαθύ υπόστρωμα, κανονική άρδευση, BA: Βαθύ υπόστρωμα, αραιή άρδευση, PK: Ρηχό υπόστρωμα, κανονική άρδευση PA: Ρηχό υπόστρωμα, αραιή άρδευση.