



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

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ”

Επίδραση του τύπου του υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των *Thymus citriodorus* και του *Origanum aureum* “Hot & Spicy” σε κάθετη επιφάνεια.



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΒΑΣΙΛΗΣ Α ΚΙΟΛΕΟΓΛΟΥ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μαρία Παπαφωτίου

ΑΘΗΝΑ 2016

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ *Thymus citriodorus* ΚΑΙ *Origanum aureum* “Hot & Spicy” ΣΕ ΚΑΘΕΤΗ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΒΑΣΙΛΗΣ Α ΚΙΟΛΕΟΓΛΟΥ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘ: ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΦΩΤΙΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΜΕΛΗ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ, ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η συνεργιστική δράση της συχνότητας άρδευσης και του είδους υποστρώματος στην υπέργεια ανάπτυξη των ειδών *Thymus citriodorus* και *Origanum aureum* “Hot & Spicy” σε κάθετη επιφάνεια.

Έρριζα μοσχεύματα των ειδών *T. citriodorus* και *O. aureum* “Hot & Spicy” φυτεύτηκαν τέλος Νοεμβρίου 2014 σε θήκες 0.5 l γεωφάσματος σε κάθετη επιφάνεια.

Χρησιμοποιήθηκαν τα υποστρώματα α) 30 κομπόστ στέμφυλων: 30 περλίτης : 20 ελαφρόπετρα : 20 έδαφος και β) 30 κομπόστ στέμφυλων : 30 περλίτη : 40 ελαφρόπετρα.

Όλα τα φυτά αρδεύονταν τρεις φορές την ημέρα για τέσσερα λεπτά τη φορά. Αρχές Μαΐου αντικαταστάθηκαν 14 φυτά (6 λεμονοθύμαρα και 8 ρίγανες καυτερές) που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα άρδευσης. Τέλος Μαΐου 2015 κλαδεύτηκαν όλα τα φυτά στα 5 cm (3-4 οφθαλμοί ανά βλαστό). Τέλος Απριλίου 2015 διαφοροποιήθηκε η άρδευση, όπου μέχρι το τέλος του πειράματος μέσα Αυγούστου 2015 τα μισά φυτά αρδεύονταν τέσσερις φορές την ημέρα και τα υπόλοιπα τρεις φορές, για τέσσερα λεπτά τη φορά. Η εγκατάσταση τοποθετήθηκε σε πλήρως εκτεθειμένο προς το νότο τοίχο του 2^{ου} ορόφου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η ανάπτυξη αξιολογήθηκε μετρώντας τον αριθμό και το μήκος των βλαστών και τη διάμετρο της κόμης των φυτών μηνιαίως καθώς και το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος τους στο τέλος του πειράματος. Η καλλιέργεια στο υπόστρωμα με έδαφος έδωσε μεγαλύτερο αριθμό και μεγαλύτερο ύψος φυτών από ότι σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος στο *T. citriodorus* και στο *O. aureum*. Το υπόστρωμα με έδαφος έδωσε μεγαλύτερο ξηρό βάρος στο *T. Citriodorus*. Η αραιή άρδευση ευνόησε την ανάπτυξη του *T. Citriodorus*, ενώ η συχνή ευνόησε το φυτό *O. aureum* “Hot and spicy”.

Αθήνα

Λέξεις κλειδιά: *Thymus citriodorus*, *Origanum aureum* “Hot & Spicy”, άρδευση υπόστρωμα, κάθετος κήπος

ABSTRACT

The aim of the present study was to examine the synergistic effect of irrigation frequency and the nature of substrate on the aboveground development of species such as *Thymus citriodorus* and *Origanum aureum* "Hot & Spicy" on a green wall. Rooted cuttings of *T. citriodorus* and *O. aureum* "Hot & Spicy" species were planted at the end of November 2014 in geotextile bags 0.5l on a vertical surface.

The following substrates were used: a) 30 grape marc compost: 30 perlite : 20 pumice stone : 20 soil and b) 30 grape marc compost: 30 perlite : 40 pumice stone.

All the plants were irrigated three times daily for four minutes time. At the beginning of May 14 plants (6 *T. citriodorus* and 8 *O. aureum*) were replaced because they were dried due to technical problem in system irrigation. At the end of May 2015 all the plants were trimmed upto 5 cm (3-4 buds per stem). At the end of April the irrigation treatments were applied until the end of the experiment. At the middle of August 2015, half of the plants were irrigated four times a day and the rest of them three times a day for four minutes each time. The installation was placed on a wall fully exposed towards the south of the second floor of the Agricultural University of Athens.

Plant growth was assessed by counting the number of stems and their length and the diameter of each plant's crown monthly, as well as the fresh and dry weight of their aboveground part at the end of the experiment . Concerning *T. citriodorus* and *O. aureum*, their cultivation in the substrate with soil produced more plants of greater height, and increased dry weights. The sparse irrigation favored the development of *T. citriodorus* whereas the frequent irrigation favored the plant *O. aureum* "Hot and spicy".

Athens

Word keys: *Thymus citriodorus*, *Origanum aureum* "Hot & Spicy", irrigation, substrate, green wall

Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Καθηγήτρια Δρ. Μ. Παπαφωτίου για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, τη συνεχή καθοδήγηση και τη στενή συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδια της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ τον Δρ. Κ. Μπερτσουκλή για τις χρήσιμες συμβουλές του όπως επίσης και τον Δρ. Ν. Ντούλα για την έμπρακτη βοήθεια του στο στήσιμο του αρδευτικού δικτύου όπως και τον γεωπόνο Ι. Βουκίδη για τις χρήσιμες συμβουλές του κατά την συγγραφή αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ όλους τους ανθρώπους που απαρτίζουν το έμπυχο δυναμικό του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους για την στήριξη και την υπομονή τους σε όλες τις στιγμές της εκπόνησης αυτής της μελέτης.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	9
1.2 Πλεονεκτήματα φύτευσης κάθετων επιφανειών	11
Α) Περιβαλλοντικά.....	11
Β) Οικολογικά	14
Γ) Κοινωνικά.....	15
Δ) Οικονομικά.....	16
1.3 Μειονεκτήματα φύτευσης κάθετων επιφανειών	16
1.4 Τύποι κάθετων κήπων	17
Α) «Φυτικός τοίχος χαλί» (Map vegetated wall-Felt system)	19
Β) «Ζωντανός τοίχος με ενότητες»	20
Γ) «Τοίχος βιοφίλτρο».....	22
Δ) «Φυτικοί τοίχοι τοπίου»	23
Ε) Φυτικό υλικό.....	23
1.5 Το φυτό <i>Thymus citriodora</i>	24
1.5.1 Καταγωγή.....	24
1.5.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	24
1.5.3 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	25
1.5.4 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	25
1.5.5 Χρήση.....	25
1.5.6 Πολλαπλασιασμός.....	25
1.6 Το φυτό <i>Origanum aureum</i>	26
1.6.1 Καταγωγή.....	26
1.6.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	26
1.6.3 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	27
1.6.4 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	27
1.6.5 Χρήση.....	27
1.6.6 Πολλαπλασιασμός.....	27
1.7 Σκοπός του πειράματος	28
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	29
2.1 Μεταφύτευση-Εγκατάσταση μοσχευμάτων	29

2.2 Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένης κάθετης επιφάνειας.....	31
2.3 Υπόστρωμα	33
2.4 Άρδευση	33
2.4.1 Υδατοκατανάλωση	35
2.4.2 Απορροή.....	35
2.5 Λίπανση.....	35
2.6 Συνθήκες ανάπτυξης.....	36
2.6.1 Θερμοκρασία αέρα	36
2.6.2 Σχετική υγρασία (ΣΥ)	37
2.6.3 Ολική ακτινοβολία	38
2.6.4 Βροχόπτωση	38
2.7 Περιγραφή πειράματος.....	39
2.8 Πειραματικό σχέδιο-στατιστική επεξεργασία	41
1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	42
3.1 Το φυτό <i>Thymus citriodorus</i>	42
3.1.1 Αριθμός βλαστών-Μήκος βλαστών	42
3.1.3 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	48
3.2 Το φυτό <i>Origanum aureum</i>	49
Αριθμός βλαστών- Συνολικό μήκος βλαστών.....	49
3.3.3 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού	56
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πράσινες προσόψεις είναι στην ουσία ένα ζωντανό σύστημα επένδυσης των κτιρίων. Για την κάλυψη της επιφάνειας ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται αναρριχώμενα φυτά ή σε ορισμένες περιπτώσεις ειδικά διαμορφωμένοι μικροί θάμνοι. Πρόκειται για μια τεχνική που βρίσκει εφαρμογή εδώ και καιρό σε διάφορα μέρη της Ευρώπης. Παραδοσιακά χρησιμοποιήθηκαν αυτό-αναρριχώμενα φυτά επειδή δεν απαιτούν κάποιο μεταλλικό δίκτυο υποστήλωσης ή καφασωτό. Ωστόσο, αν και οι παραδοσιακές μέθοδοι φύτευσης προσόψεων γίνονταν με φυτά που γαντζώνονταν απευθείας πάνω στην επιφάνεια του κτιρίου επηρεάζοντας εμφανώς οποιοδήποτε μελλοντικές δομικές εργασίες, οι σύγχρονες πρακτικές βασίζονται στην υποστήλωση των φυτών ανεξάρτητα από την επιφάνεια του κτιρίου (N. Dunnett, N. Kingsbury, 2008)

Μέχρι σήμερα η φύτευση προσόψεων αποτελεί μια σχετικά νέα “επιστήμη” η οποία βασίζεται σε πρότερη γνώση και εμπειρία. Τα νέα υλικά υποστήλωσης και η εύκολη διάθεση τους μέσω ενός διεθνούς δικτύου κατασκευαστών και προμηθευτών καθιστούν την φύτευση προσόψεων μια ρεαλιστική πρακτική για όσους ασχολούνται επαγγελματικά με την κατασκευή κτιρίων.

Κατά τα πρώτα χρόνια του 20^{ου} αιώνα, η χρήση αναρριχώμενων φυτών και ιδίως του παρθενόκισσου (*Parthenocissus tricuspidata*), στις γερμανόφωνες χώρες, γνώρισε μεγάλη εφαρμογή. Επρόκειτο για ένα τμήμα τις προσπάθειας συγχώνευσης των κατοίκων με τους κήπους, η οποία κατά κάποιο τρόπο προέκυψε μετά από το κίνημα *jugendstil* (Art Nouveau) στην τέχνη και την αρχιτεκτονική. Οι πέργκολες και άλλες κατασκευές που συνέδεσαν τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά με τα αναρριχώμενα φυτά εμφανίζονται πλέον κατά κόρον στους κήπους και τα πάρκα σε όλη την δυτική Ευρώπη, αλλά η εκτεταμένη χρήση τους σε κατοικίες και άλλα κτίρια παρατηρείται μόνο στις γερμανόφωνες χώρες και έως ένα βαθμό και στη Γαλλία. Η φυτοκάλυψη των προσόψεων άρχισε να φθίνει από τη δεκαετία του 1930 και μετά, ενώ σήμερα πολλοί υποστηρίζουν ότι πρόκειται για αναβίωση και όχι για έμφαση ενός νέου πεδίου

Η φυτοκάλυψη των προσόψεων ενός κτιρίου επηρεάζει περισσότερο το δομημένο περιβάλλον σε σύγκριση με τις πράσινες στέγες, επειδή οι επιφάνειες των τοίχων των κτιρίων είναι πάντα μεγαλύτερες από την επιφάνεια της στέγης τους.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο κάθετος κήπος συχνά αναφερόμενος και ως «πράσινος τοίχος», είναι ένας περιγραφικός όρος που αναφέρεται σε όλες τις κάθετες επιφάνειες τοίχων με κάποια μορφή βλάστησης (introduction ,2008). Ο ίδιος, σαν ιδέα έχει ξεκινήσει πιθανότατα από τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας (γύρω στα 600 π.Χ) ενώ ύστερα ακολούθησαν οι κληματαριές (από 3 αι. π.Χ. Ρώμη) σε πέργκολες και σε τοίχους σπιτιών καθώς και οι γλάστρες με αναρριχητικά φυτά.

Ο σύγχρονος κάθετος κήπος βέβαια, διαφέρει κατά πολύ αφού δεν «κρέμεται» αλλά συνήθως αναπτύσσεται σε ελαφρύ μέσο και όχι σε χώμα και σε πολλές περιπτώσεις τα φυτά παίρνουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά τους από το νερό. Με αυτόν το τρόπο, οι φυτικές συνθέσεις των κάθετων κήπων θυμίζουν την αυτοφυή βλάστηση σε βράχια και σε κορμούς δέντρων, ενώ χρησιμοποιώντας είδη με διαφορετική υφή, σχήματα και χρώματα φύλλων, μπορεί να επιτευχθεί ένα φαντασμαγορικό αποτέλεσμα. Κατά τον προηγούμενο αιώνα, το ενδιαφέρον του κοινού για τους πράσινους τοίχους χάθηκε, ίσως επειδή η μόδα επέβαλε τις λιτές και καθαρές γραμμές στις σύγχρονες κατασκευές, παραμερίζοντας τις πιο χαοτικές και ασαφείς γραμμές των πράσινων τοίχων. Η κατάσταση ήταν αρκετά διαφορετική στην Βρετανία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν το κίνημα τεχνών Arts & Crafts, που εμπνέονταν από τα ρομαντικά οράματα παραδοσιακών κήπων και αγροκτημάτων, ενθάρρυνε τους ιδιοκτήτες κατοικιών να καλύψουν τους τοίχους των κήπων τους με παχιά παραπετάσματα από έρποντα και αναρριχόμενα φυτά. Πράγματι, μια από τις σημαντικότερες μορφές της βοτανικής επιστήμης της εποχής, ο William Robinson, αφιέρωσε ένα ξεχωριστό κεφάλαιο στο κλασικό έργο του *The English Flower Garden*, με το οποίο έστριψε μια ολόκληρη γενιά κηπουρών προς τους πράσινους τοίχους. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούσε ότι οι τοίχοι αποτελούν κατά κάποιο τρόπο ένα καλύτερο περιβάλλον για την ανάπτυξη αλπικών φυτών σε σύγκριση με τον περίτεχνα κατασκευασμένο βραχόκηπο, επειδή το περιορισμένο χώμα και οι δυσμενείς συνθήκες ανάπτυξης πάνω στον τοίχο δεν ευνοούν την ανάπτυξη ζιζανίων, που θα απειλούσαν να στραγγαλίσουν τα αλπικά φυτά.

Μια ακόμα απόδειξη του πόσο δημοφιλής ήταν η φύτευση πάνω σε τοίχους, είναι η έκδοση του έργου *Wall and Water Gardens* το 1901, από την άλλη κυρίαρχη μορφή στο χώρο της κηποτεχνίας, την Getrude Jekyll, η οποία δημιούργησε περίτεχνους βυθισμένους και βαθμιδωτούς κήπους χρησιμοποιώντας κυρίως

φυτεμένους τοίχους από ξερολιθιά. Η συνεργασία της με τον αρχιτέκτονα Edwin Lutyens ανέτρεψε πολλούς από τους κανόνες της βικτοριανής εποχής, τρυπώντας εσκεμμένα τοίχους αντιστήριξης και αφήνοντας κενά ανάμεσα στις πλάκες των διαδρόμων και τα σκαλοπάτια για τα φυτά της Jekyll (Bisgrove, 1992). Για άλλη μια φορά, η παράδοση λησμονήθηκε, σβήστηκε προς όφελος των καθαρών γραμμών των μοντερνιστών και τώρα πια οι βραχόκηποι των προαστιακών περιοχών αποτελούν μια μελαγχολική ανάμνηση του παρελθόντος.

Οι ξερολιθιές αποτελούν τμήμα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής τοπίου σε πολλές περιοχές του κόσμου και επειδή συνήθως αποτελούνται από πέτρα της περιοχής, συμβάλλουν στην ενίσχυση του τοπικού χρώματος κάθε περιοχής. Γι αυτό το λόγο, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί εγχώρια πέτρα. Οι τοίχοι αυτοί είναι κατάλληλοι για φύτευση επειδή οι αρμοί ανάμεσα στις πέτρες δεν είναι σοβατισμένοι οπότε τα φυτά έχουν μεγάλες πιθανότητες να ριζώσουν μέσα στον τοίχο. Αν και οι ελεύθεροι τοίχοι από ξερολιθιά μπορούν να αποικιστούν άμεσα, η ανάπτυξη της βλάστησης μπορεί να είναι αραϊή επειδή, αν δεν ενσωματωθούν στην δομή του τοίχου θύλακες χώματος ή υπόστρωμα, δεν υπάρχει αρκετό υλικό πάνω στο οποίο να μπορούν να ριζώσουν τα φυτά. Οι ασοβάτιστοι κάθετοι τοίχοι αντιστήριξης για να είναι ασφαλείς κατασκευάζονταν συνήθως μόνο έως ένα συγκεκριμένο ύψος (1m) επειδή πάνω από αυτό μπορεί να καταρρεύσουν. Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη σταθερότητα και βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών, οι τοίχοι αντιστήριξης από ξερολιθιά κατασκευάζονταν σε γωνία (περίπου 5 cm για κάθε ύψος 12 cm). Με αυτόν τον τρόπο ο τοίχος δεν αποκτά απλά μεγαλύτερη σταθερότητα, αλλά και επιτρέπει στο νερό της βροχής να διωλίζεται στις ρίζες των φυτών που αναπτύσσονται ανάμεσα στις πέτρες.

Οι κάθετοι κήποι αναμφίβολα ωφελούν το περιβάλλον και ειδικά σε μεγαλουπόλεις όπου το πράσινο σε οριζόντιες επιφάνειες είναι ιδιαίτερα περιορισμένο, ίσως να αποτελούν τη μοναδική ελπίδα για να πρασινίσουν οι άχαρες τσιμεντουπόλεις. Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά, ο ρόλος αλλά και τα οφέλη των κάθετων κήπων. (Δ1)

1.2 Πλεονεκτήματα φύτευσης κάθετων επιφανειών

A) Περιβαλλοντικά

Τα αναρριχόμενα φυτά μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη μέγιστη θερμοκρασία ενός κτιρίου σκιάζοντας τους τοίχους. Η διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας μειώνεται έως και 50%, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις κλιματικές περιοχές με θερμό καλοκαίρι. Η αποτελεσματικότητα του δροσισμού σχετίζεται πρωτίστως με τη συνολική σκιαζόμενη περιοχή, και όχι με το πάχος του αναρριχόμενου φυτού (Köhler, 1993). Σήμερα λόγω της χρήσης μόνωσης, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του τοίχου μπορούν να μειωθούν από του 10-60°C στους 5-30 °C αντίστοιχα (Peck *et al.*, 1999).

Η σκίαση αποτελεί αποτελεσματική τεχνική δροσισμού για τα κτίρια, ακόμα και σε σύγκριση με την ενσωμάτωση μονωτικών υλικών στη δομή τους, επειδή δεν επιτρέπει εξαρχής στη θερμότητα να εισχωρήσει στο εσωτερικού του κτιρίου. Έχει υπολογιστεί ότι η μείωση κατά 5,5 °C της θερμοκρασίας ακριβώς έξω από το κτίριο μπορεί να περιορίσει την ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για τη λειτουργία του κλιματιστικού κατά 50-70% (Peck *et al.*, 1999). Η μείωση της ηλιακής θερμότητας είναι πιο αποτελεσματική όταν φυτά καλύπτουν τον τοίχο που έχει ηλιακό προσανατολισμό καθώς και τον δυτικό τοίχο, ο οποίος θερμαίνεται κατά τις απογευματινές ώρες. Η ηλιακή θερμότητα σε μια πλευρά του κτιρίου σε σύγκριση με μια οριζόντια επιφάνεια, παράγει ισχυρότερα ανοδικά ρεύματα αέρα που μπορούν να περιοριστούν από τα αναρριχόμενα φυτά, μέσω του φαινομένου του δροσισμού και της δημιουργίας περίπλοκων ρευμάτων αέρα. Επομένως αθροιστικά συμβάλουν στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Η θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων, σε σχέση με τα περίχωρα, κατά τη διάρκεια μιας ζεστής καλοκαιρινής περιόδου, που οφείλεται στην αλλαγή του κλίματος που προκαλεί η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, όπως είναι τα κτίρια και οι δρόμοι στη διάρκεια της ημέρας. Στη διαμόρφωση της θερμικής νησίδας συμβάλλουν τα σκούρα και θερμά υλικά αστικών επιφανειών που έχουν χαμηλή αντανακλαστικότητα (χαμηλό albedo), που παρακρατούν τη θερμότητα την ημέρα και την αποδίδουν τη νύχτα, εμποδίζοντας τη φυσική ψύχρανση της ατμόσφαιρας. Συντελούν επίσης οι πρόσθετες ανθρωπογενείς πηγές ενέργειας, που προέρχονται από

τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τον κλιματισμό των κτιρίων, καθώς και το ύψος και η διάταξη των κτιρίων, γύρω από στενούς δρόμους, που εμποδίζουν τη διαφυγή της ηλιακής ενέργειας και την κυκλοφορία του αέρα (Δ2)

Σε κλίματα με δριμείς χειμώνες, είναι χρήσιμο οι επιφάνειες των τοίχων να καλύπτονται με φυλλοβόλα αναρριχώμενα φυτά, επειδή με αυτόν τον τρόπο μπορούν να απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία (αφού κατά την ψυχρή περίοδο του έτους το φύλλωμα τους έχει πέσει. Αντίστροφα η χρήση αειθαλών αναρριχώμενων φυτών σε τοίχους που δεν δέχονται ηλιακό φως βοηθά στο περιορισμό της απώλειας θερμότητας το χειμώνα. Τα αναρριχώμενα φυτά μπορούν να επηρεάσουν τον θερινό δροσισμό όχι μόνο μέσω της σκίασης, αλλά και μέσω της εξαμισοδιαπνοής και να μειωθεί αισθητά η χρήση των κλιματιστικών. Τα αειθαλή αναρριχώμενα φυτά παρέχουν μόνωση το χειμώνα, όχι μόνο διατηρώντας ένα στρώμα αέρα μεταξύ του φυτού και του τοίχου το οποίο βοηθά στην θερμομόνωση, αλλά και περιορίζοντας την ψύξη του ανέμου πάνω στην επιφάνεια του τοίχου. Το 1/3 των απαιτήσεων μιας κατοικίας σε θέρμανση τον χειμώνα παράγεται από την ψύξη λόγω του ανέμου, που οφείλεται είτε στα ρεύματα είτε στην ψύξη των τοίχων, τουλάχιστον στα κλίματα όπου οι ψυχροί άνεμοι πνέουν συχνά. Ο περιορισμός της ψύξης του ανέμου κατά 75% περιορίζει τις απαιτήσεις σε θέρμανση κατά 25% (Peck *et al.*, 1999). Η αποτελεσματικότητα της μόνωσης το χειμώνα σχετίζεται με την πυκνότητα της βλάστησης, η οποία, με τη σειρά της συνήθως σχετίζεται με την ηλικία του φυτού. Για παράδειγμα η *Fallopia baldschuanica* είναι λιγότερο αποτελεσματική ως προς την πυκνότητα του φυλλώματος μετά από 10 χρόνια. Τα αποτελέσματα μιας γερμανικής έρευνας αποδεικνύουν ότι το είδος *Hedera helix*, με πάχος 20-40 cm σχηματίζει την πιο αποτελεσματική μόνωση.

Σε αντίστοιχο πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία η εγκατάσταση κάθετου κήπου μείωσε τη διακύμανση της θερμοκρασίας στην πίσω επιφάνεια του κήπου από 14-61°C σε 12,50-45 °C της ζεστές μέρες του χρόνου ενώ τις κρύες μέρες με την ύπαρξη του κάθετου κήπου οι θερμοκρασίες σταθεροποιήθηκαν στους 7-18 °C (M.Razzaghmanesh, 2017).

Τα αναρριχώμενα φυτά είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην δέσμευση της σκόνης και της συγκέντρωσης τους ιστούς τους ορισμένων ρύπων που προέρχονται από τη σκόνη, ιδιαίτερα όταν στην συνέχεια αυτοί οι ιστοί απομακρύνονται από την περιοχή. Σε μια μελέτη πάνω στον *Parthenocissus tricuspidata* οι συγκεντρώσεις

μολύβδου και καδμίου ήταν μεγαλύτερες στα νεκρά φύλλα και το νεκρό ξύλο. Αυτά τα βαριά μέταλλα αποδεσμεύονται από την ατμόσφαιρα και τη βροχή και τελικά καταλήγουν στο έδαφος (Köhler, 1993). Επομένως, η απομάκρυνση νεκρών φύλλων και κλαδιών και η διάθεση τους σε περιοχές όπου οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων δεν αποτελούν σοβαρή περιβαλλοντική απειλή, είναι ένας βασικός παράγοντας για τον περιορισμό του κινδύνου που παρουσιάζουν αυτά τα στοιχεία.

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

Η δέσμευση της σκόνης είναι ανάλογη με την έκταση και την πυκνότητα του φυλλώματος του τοίχου, η οποία μπορεί να οριστεί με τη βοήθεια ενός δείκτη επιφάνειας φύλλων- όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης, τόσο αποτελεσματικότερο είναι το φυτό. Οι δείκτες για τα τρία πιο διαδεδομένα είδη φυτών είναι: *Parthenocissus quinquifolia*, 1,6-4,0 , *Parthenocissus tricuspidata* 2,0-8,0 και *Hedera helix* 2,6-7,7 (Köhler, 1993). Τα ευρήματα της γερμανικής έρευνας δείχνουν ότι κατά την βλαστική περίοδο ο *Parthenocissus tricuspidata* μπορεί να δεσμεύσει 4 g/m² και ο *Hedera helix* 6 g/m² (Köhler, 1993).

Μια έρευνα της NASA, η οποία αποτελούσε τμήμα του διαστημικού προγράμματος των ΗΠΑ, έδειξε ότι τα φυτά μπορούν να απομακρύνουν από τις κλειστές ατμόσφαιρες μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ρύπων: ΠΟΕ (πηκτικές οργανικές ενώσεις) , φορμαλδεΰδη, μονοξειδίο του άνθρακα, κτλ (Wolverton, 1997· Wolverton *et al.*, 1989). Ο *Hedera helix* ήταν ένα από τα πιο αποτελεσματικά είδη που συμπεριλαμβάνονταν στην έρευνα, με την οποία αποδεικνύεται ότι τα φυτά μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην μείωση του επιπέδου παρόμοιων ρύπων στην ατμόσφαιρα σχετικά κλειστών αστικών περιοχών, όπως είναι για παράδειγμα οι δρόμοι των πόλεων. Επίσης Ιάπωνες ερευνητές απέδειξαν με ποιο τρόπο τα φυτά μπορούν να απορροφούν οξείδια του αζώτου (έναν από τους βασικούς τύπους ρύπων

που εκπέμπουν τα καυσαέρια των αυτοκινήτων) και ποιες είναι οι επιδόσεις του κάθε φυτού.

Τα φυτά που αναρριχώνται σε τοίχους συμβάλλουν στην προστασία των επιφανειών του κτιρίου από τη φθορά που προκαλούν οι σφοδρές καταιγίδες και η χαλαζόπτωση. Επίσης, μπορούν να κατακρατήσουν μια ποσότητα νερού στη διάρκεια μιας καταιγίδας, κατά τρόπο ανάλογο με εκείνο των πράσινων στεγών. Επιπλέον προστατεύουν και την επιφάνεια από την υπερϊώδη ακτινοβολία, η οποία προκαλεί φθορές σε ορισμένα παραδοσιακά και σύγχρονα υλικά επίστρωσης.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι τα φυτά πάνω σε κάθετες επιφάνειες απορροφούν ένα μεγάλο μέρος του ήχου αυξάνοντας την αποτελεσματικότητά τους. Η ηχητική ρύπανση στις πόλεις αποτελεί μείζον πρόβλημα για την υγεία των κατοίκων. Οι κάτοικοι των πόλεων υποφέρουν από τις επιπτώσεις του θορύβου που είναι τα προβλήματα ακοής, η υπέρταση, η ισχαιμική καρδιοπάθεια, η διαταραχή ύπνου καθώς και η μειωμένη σχολική επίδοση (Getter *et al.*, 2006). Ο θόρυβος που δημιουργείται από τα μέσα μεταφοράς και από την λειτουργία συσκευών και μηχανημάτων πολλαπλασιάζεται, όταν ανακλάται στις σκληρές επιφάνειες της πόλης.

B) Οικολογικά

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

Η παρουσία αναρριχώμενων φυτών σε τοίχους δημιουργεί σημαντικά οφέλη για την άγρια χλωροπανίδα, καθώς τα φυτά αυτά συμβάλλουν στην βελτίωση της βιοποικιλότητας των αστικών περιοχών. Μια εμπειριστατωμένη έρευνα απέδειξε την παρουσία μεγάλης ποικιλίας ασπόνδυλων ειδών, τα οποία αποτελούν τη βάση για την διαμόρφωση ενός πλούσιου δικτύου ζωής. Τα ασπόνδυλα είναι τροφή για τα πτηνά, ιδιαίτερα για τα είδη που μεταναστεύουν το καλοκαίρι. Επίσης τα αναρριχώμενα φυτά αποτελούν ιδανικές τοποθεσίες για να χτίσουν τις φωλιές τους ή να

κουρνιαίνουν τα πτηνά και ιδίως τα ωδικά πουλιά, όπως οι τσίχλες αλλά και μικρά εντομοφάγα είδη. Τα αναρριχώμενα φυτά λειτουργούν επίσης και ως τόπος διαχείμασης ορισμένων εντόμων (π.χ *Chrysopidae*), πεταλούδων και νυκτόβιων πεταλούδων.

Γ) Κοινωνικά

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

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

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

Οι θετικές αυτές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούν να βελτιώσουν εκτός από την υγεία του ανθρώπου και την παραγωγικότητα του στον εργασιακό τομέα. Υπάλληλοι που εργάζονται σε γραφεία που έχουν οπτική επαφή με χώρους πρασίνου έχουν λιγότερο άγχος, είναι περισσότερο ικανοποιημένοι από τη

δουλειά τους και έχουν λιγότερους πονοκεφάλους ή άλλες ασθένειες από υπαλλήλους που εργάζονται σε χώρους που δεν έχουν οπτική επαφή πράσινες επιφάνειες κτιρίων (Getter *et al.*, 2006).

Τα νοσοκομεία συνήθως περιβάλλονται από μεγάλους κήπους με υψηλή βλάστηση, γιατί έχει παρατηρηθεί επιτάχυνση της ανάρρωσης ασθενών που έχουν υποβληθεί σε εγχειρήσεις καθώς επίσης ηρεμεί τους εξαρτημένους από ουσίες ασθενείς (Peck *et al.*, 2001).

Δ) Οικονομικά

Οι κάθετοι κήποι προσφέρουν μείωση της θερμοκρασίας του κτιρίου, μειώνοντας την χρήση κλιματιστικών ειδικά σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Έρευνες έχουν δείξει ότι τοίχοι κτιρίων που καλύπτονται από πράσινο προωθούν τη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων κατά τους θερμούς μήνες με αποτελέσματα το κόστος ενέργειας να μειώνεται κατά 23% (Bass *et al.*, 2001). Επίσης ο κάθετος κήπος προστατεύει το ίδιο το κτίριο από τη φθορά του χρόνου. Το φυτικό υλικό και τα δομικά υλικά πάνω στα οποία στηρίζεται ο κάθετος κήπος δρα ως προστατευτικό κέλυφος του κτιρίου. Τέλος θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι κάθετοι κήποι βελτιώνουν την όψη των τσιμεντένιων κτιρίων με τις μονότονες γκρίζες επιφάνειες και τους προσδίδουν επιπλέον αγοραστική αξία.

1.3 Μειονεκτήματα φύτευσης κάθετων επιφανειών

Βασικό μειονέκτημα των κάθετων κήπων είναι συνήθως το υψηλό κόστος εγκατάστασης από 200 ευρώ/ m² έως και 600 ευρώ/m² (Δ3). Επίσης και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται για τέτοιες κατασκευές ανεβάζει το κόστος. Ένα άλλο μειονέκτημα που πολλοί προσάπτουν στους κάθετους κήπους είναι το νερό που καταναλώνεται για την άρδυσή τους (το οποίο δεν είναι πάντα ανακυκλούμενο), δεδομένου του προβλήματος έλλειψης νερού που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας. (Δ1)

1.4 Τύποι κάθετων κήπων

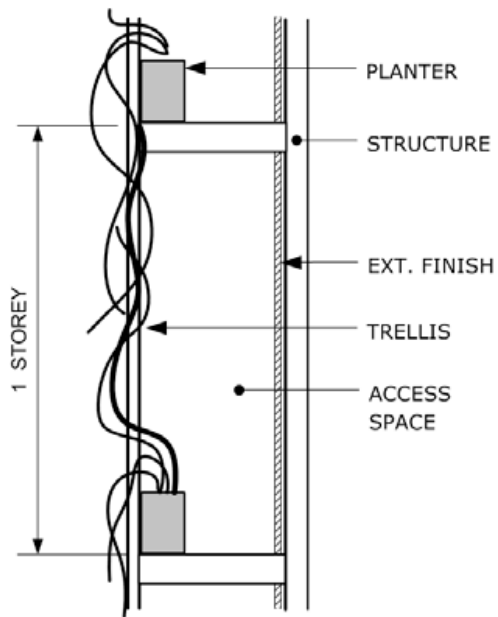
Αν και ο εμπνευστής των σύγχρονων κάθετων κήπων θεωρείται ο Patrick Blanc, διαπιστώνει κανείς πως υπάρχουν και προϋπήρχαν πολλές εκδοχές φυτικών τοίχων παγκοσμίως. Συγκεκριμένα, οι πράσινες τεχνολογίες τοίχων μπορούν να διαιρεθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες τις «πράσινες προσόψεις» και τους «ζωντανούς τοίχους» (Δ4). Παρακάτω περιγράφονται και οι δύο κατηγορίες:

«Πράσινες προσόψεις»

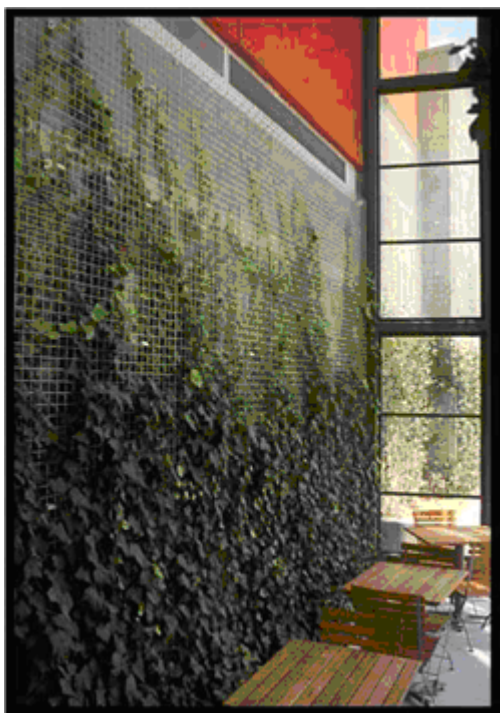
Οι πράσινες προσόψεις είναι ένα είδος συστήματος πράσινων τοίχων στο οποίο αναρριχώμενα φυτά ή κρεμοκλαδή καλύπτουν τις ειδικά σχεδιασμένες υποστηρικτικές δομές. Τα φυτά είναι ριζωμένα στη βάση αυτών των δομών ή στο έδαφος ή σε γλάστρες στα ενδιάμεσα του τοίχου ή ακόμη και τις στέγες. Τα ίδια χρειάζονται συνήθως τρία με πέντε χρόνια πριν από την επίτευξη της πλήρους κάλυψης. Οι πράσινες προσόψεις στηρίζονται στους υπάρχοντες τοίχους ή κατασκευάζονται ως αυτόνομες δομές, όπως φράχτες ή κολώνες (Δ4).

Τα φυτά που αναρριχώνται απ' ευθείας στους τοίχους καλύπτοντας ολόκληρες επιφάνειες, λόγω της κατασκευής της ρίζας τους, είναι γνωστό ότι μπορούν να βλάψουν κάποιους ακατάλληλους τοίχους ενώ παρουσιάζουν προβλήματα όταν έρθει η ώρα για τη συντήρηση της οικοδομής ή την απομάκρυνση των φυτών. Τεχνολογικές καινοτομίες στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων καφασωτών ή άκαμπτων πάνελ και καλωδιακών συστημάτων για την υποστήριξη αναρριχώμενων φυτών, διατηρώντας παράλληλα τα φυτά μακριά από τοίχους και άλλες επιφάνειες κτιρίων.

Για τις πράσινες προσόψεις αντιπροσωπευτικές είναι οι δύο παρακάτω εφαρμογές: α) η εφαρμογή “Modular trellis panel system” και β) η εφαρμογή “Cable wire – rope net system”



Εικόνα 1: Κάθετος κήπος τύπου Trellis panel system (Susan Loh, 2008)



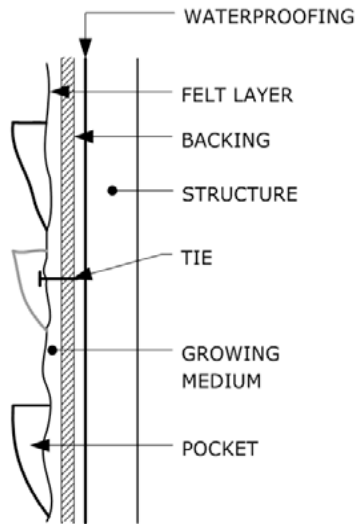
Εικόνα 2 (Αριστερά: Πράσινη πρόσοψη τύπου “Modular trellis panel system”, Δεξιά: Πράσινη πρόσοψη τύπου “Cable wire – rope net system”(Δ4).

«Ζωντανοί τοίχου»

Τα συστήματα των «ζωντανών τοίχων» αποτελούνται από βλαστημένα πάνελ, κάθετες ενότητες ή φυτεμένες επιφάνειες που εφαρμόζονται κάθετα σε διαρθρωτικό τοίχο ή πλαίσιο. Τα πάνελ αυτά μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, διογκωμένη πολυστερίνη, συνθετικό ύφασμα, πηλό, μέταλλο ή σκυρόδεμα και να υποστηρίζουν μια μεγάλη ποσότητα και ποικιλία φυτικών ειδών (π.χ. ένα πλούσιο μείγμα από εδαφοκαλυπτικά φυτά, φτέρες, χαμηλούς θάμνους, πολυετή λουλούδια και φυτά βρώσιμα). Λόγω της ποικιλομορφίας και της πυκνότητας των φυτών που ζουν στους τοίχους, οι «ζωντανοί» τοίχοι διαβίωσης έχουν συνήθως ανάγκη πιο εντατικής συντήρησης συγκριτικά με τις πράσινες προσόψεις. Υπάρχουν διάφορες μορφές «ζωντανών τοίχων» οι οποίες περιγράφονται παρακάτω (Δ5):

A) «Φυτικός τοίχος χαλί» (Map vegetated wall-Felt system)

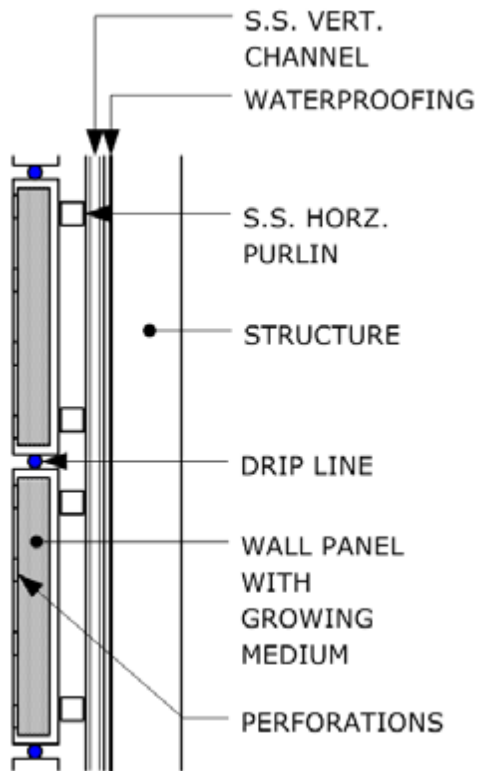
Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι μια μοναδική μορφή πράσινου τείχους που την εμπνεύστηκε ο Γάλλος βοτανολόγος Patrick Blanc. Αυτή η μορφή φυτικού τοίχου αποτελείται από δύο στρώσεις συνθετικό υλικού με τσέπες στις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά (χωρίς τη χρήση εδάφους αφού τα φυτά λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά από το νερό άρδευσης τους με την τεχνική της υδροπονίας), από ένα πλαίσιο και μια αδιάβροχη μεμβράνη. Σήμερα, αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι ο πιο δημοφιλής και πετυχημένος γιατί σε αυτόν οι συνθέσεις των φυτών μοιάζουν με πίνακα ζωγραφικής και είναι οι πιο θεαματικοί και ευφάνταστοι κάθετοι κήποι.



Εικόνα 3: Ζωντανός τοίχος τύπου Felt (Susan Loh, 2008)

B) «Ζωντανός τοίχος με ενότητες»

Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου προέκυψε από τη χρήση «ενότητων» στις πράσινες στέγες με μια σειρά από τεχνολογικές καινοτομίες. Αποτελείται από τετράγωνα ή ορθογώνια πάνελ που διαθέτουν καλλιεργητικά μέσα για την ανάπτυξη του φυτικού υλικού. Η σύνθεση του υποστρώματος διαμορφώνεται ανάλογα με το φυτικό υλικό που έχει επιλεγεί αλλά και με βάση τους ενίοτε στόχους του σχεδιασμού. Οι περισσότερες από τις διατροφικές απαιτήσεις των φυτών καλύπτονται από τα καλλιεργητικά μέσα που διαθέτουν οι ενότητες. Η άρδευση παρέχεται σε διάφορα επίπεδα κατά μήκος και με τη βοήθεια της βαρύτητας κινείται το νερό μέσα στο καλλιεργητικό μέσο. Σε αυτούς τους τύπους κάθετων κήπων κάποιες ενότητες είναι ήδη φυτεμένες προσφέροντας ένα «στιγμιαίο» πράσινο αποτέλεσμα μέχρι την ολοκλήρωση της βλάστησης.



Εικόνα 4: Ζωντανός τοίχος τύπου panel (Susan Loh, 2008)



Εικόνα 5: «Ζωντανός τοίχος με ενότητες» χωρίς και με υπόστρωμα & φυτικό υλικό.

Γ) «Τοίχος βιοφίλτρο»

Ο φυτικός τοίχος «βιοφίλτρο» είναι ένας «ενεργός τοίχος» που στην ουσία αποτελεί μέρος της υποδομής ενός κτιρίου και έχει σχεδιαστεί για να φιλτράρει τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους και να ρυθμίζει τη θερμότητα. Διαθέτει ένα υδροπονικό σύστημα που τροφοδοτείται με νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά το οποίο επαναχρησιμοποιείται με τη βοήθεια ενός συλλέκτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του τοίχου και μίας υδρορροής στην οποία συγκεντρώνεται το νερό και βρίσκεται στο κάτω μέρος του συστήματος του φυτικού τοίχου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μεταξύ των δύο στρώσεων του συνθετικού υφάσματος που υποστηρίζουν την πυκνή μάζα των ριζών και ευνοούν την ανάπτυξη κάποιων μικροβίων ρίζας τα οποία έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν τις αερομεταφερόμενες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), ενώ το φύλλωμα απορροφά το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι φυσικές διεργασίες των φυτών παράγουν δροσερό φρέσκο αέρα ο οποίος μεταφέρεται δια μέσω του συστήματος και μέσω ενός ανεμιστήρα διανέμεται εντός όλου του κτιρίου. Μια παραλλαγή αυτού του συστήματος μπορεί να εφαρμοστεί και στις πράσινες προσόψεις ενώ υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστεί και ένα υβρίδιο των συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα.



Εικόνα 6: Μηχανισμός φυτικού τοίχους «Βιοφίλτρο», (Δ3)

Δ) «Φυτικοί τοίχοι τοπίου»

Αυτοί οι τοίχοι είναι μία εξέλιξη των αναχωμάτων και ένα στρατηγικό εργαλείο για τη «ζωντανή αρχιτεκτονική». Οι φυτικοί τοίχοι τοπίου έχουν συνήθως κλίση σε αντίθεση με τους κατακόρυφους φυτικούς τοίχους και έχουν ως πρωταρχική λειτουργία τη μείωση του θορύβου και τη σταθεροποίηση της κλίσης. Συνήθως είναι δομημένοι από κάποια μορφή υλικού σωρών αποτελούμενο από πλαστικό ή σκυρόδεμα και διαθέτουν χώρο για το καλλιεργητικό μέσο και το φυτικό υλικό.

Ε) Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιείται για την δημιουργία μιας φυτεμένης κάθετης επιφάνειας , εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά που θέλει ο αρχιτέκτονας τοπίου να έχει, πρέπει να έχει και κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα το βοηθήσουν να επιβιώσουν σε ένα περιβάλλον με όχι τόσο ευνοϊκές συνθήκες και να εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα του κάθετου κήπου.

Τα βασικότερα ειδικά χαρακτηριστικά των φυτών μιας κάθετης επιφάνειας είναι:

- Να μπορεί να αναγεννάτε σε περιπτώσεις ξήρανσης
- Να είναι ανθεκτικό στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία, στους ανέμους, στην ξηρασία και στον παγετό
- Να είναι γηγενή είδη ή αν είναι ξενικά να αντέχουν τις τοπικές συνθήκες
- Να προσφέρουν το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα όλους τους μήνες του χρόνου (Oberlander *et al.*, 2002)
- Να είναι ανθεκτικά σε εχθρούς και ασθένειες
- Να έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε συντήρηση

1.5 Το φυτό *Thymus citriodora*

1.5.1 Καταγωγή

Το Λεμονοθύμαρο (*Thymus citriodorus*) είναι ένας πολυετής θάμνος που ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae (Labiatae). Είναι αυτοφυές φυτό της Νότιας Ευρώπης και καλλιεργείται ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου. Εμφανίζεται επίσης στην Ασία και τη Βόρεια Αφρική.

1.5.2 Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση είναι:

Γένος: *Thymus*

Οικογένεια: Lamiaceae

Τάξη: Lamiales

Υποκλάση: Asteranae

Κλάση: Magnoliopsida

Διαίρεση : Tracheophyta

Βασίλειο: Plantae

Το γένος περιλαμβάνει πάνω από 100 είδη (Dimopoulos, 2013) τα σπουδαιότερα είναι:

- *Thymus boeoticus*
- *Thymus boissieri*
- *Thymus billardierei*
- *Thymis glaucus*
- *Thymus heterotricchus*
- *Thymus microphyllus*
- *Thymus sibthorpii*
- *Thymus sipyleus*
- *Thymus vulgaris*

1.5.3 Βοτανικοί χαρακτήρες

Είναι πολυετής θάμνος, έχει όρθια ανάπτυξη και οι βλαστοί στελέχη του ξεκινάνε από τη βάση του, φτάνει το ύψος των 20-40 εκατοστών. Οι βλαστοί και τα φύλλα του είναι πυκνά και καλύπτονται με λεπτές τρίχες και έχει μια οσμή λεμονιού. Σχηματίζει μια συμπαγή σφαίρα όπου όσο περνούν τα χρόνια απλώνεται περισσότερο. Τα φύλλα είναι αντίθετα, πράσινο γκρι χρώματος και τα άνθη είναι μικρά σε αποχρώσεις του λευκού και του ρόζ (Omidbaigi *et al.*, 2005). Τα άνθη εκπύσσονται από τον Απρίλιο-Μάιο.

1.5.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

Δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε έδαφος αρκεί να είναι καλά στραγγιζόμενο. Προτιμά ηλιαζόμενες θέσεις. Αντέχει την πολύ ζέστη και την ξηρασία. Παγώνει στους -25°C. Συνιστάται να κλαδεύεται αυστηρά μετά από κάθε ανθοφορία.

1.5.5 Χρήση

Φυτεύεται σε ομάδες, σε συστάδες με άλλα αρωματικά και σε βραχόκηπους. Είναι ένα εξαιρετικό μελισσοκομικό φυτό. Χρησιμοποιείται επίσης στην μαγειρική και στη φαρμακευτική (Μπισμπίκης, 2007).

Το αιθέριο έλαιο του θυμαριού έχει αντιμικροβιολογικές και αντιμηκυτολογικές ιδιότητες. Η περιεκτικότητά του σε Γρανιόλη είναι πάνω από 60% και σε αυτήν οφείλεται κυρίως η χαρακτηριστική μυρωδιά του Λεμονοθύμαρου.

1.5.6 Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός γίνεται κυρίως με μοσχεύματα το φθινόπωρο ή την άνοιξη (Filippi, 2008). Επίσης πολλαπλασιάζεται με σπόρους, μοσχεύματα, παραφυάδες ακόμη και με διαίρεση. Η απευθείας σπορά στο χωράφι είναι δύσκολη επειδή ο σπόρος είναι πολύ μικρός (3.300-4000 σπόροι ανά γραμμάριο).

1.6 Το φυτό *Origanum aureum*

1.6.1 Καταγωγή

Η ρίγανη, το όνομα της οποίας προέρχεται από τις λέξεις «όρος» και «γάνος» (λαμπρότητα) και σημαίνει το φυτό που λαμπρύνει το βουνό, δεν είναι ένα είδος που συναντάται αποκλειστικά και μόνο στον Ελλαδικό χώρο. Περίπου το 75% των ειδών του γένους *Origanum* βρίσκονται αποκλειστικά στην ανατολική μεσόγειο θάλασσα και μόνο μερικά βρίσκονται στην δυτική. Επιπροσθέτως τα περισσότερα είδη εντοπίζονται σε μικρές περιοχές: το 70% περίπου των ειδών ενδημούν σε ένα νησί ή σε ένα βουνό. Το *Origanum vulgare* εξαπλώνεται τόσο στην μεσογειακή λεκάνη όσο και σε περιοχές της ηπειρωτικής Ευρώπης, της Σιβηρίας, του Ιράν και άλλες. (Δ6)

1.6.2 Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση είναι:

Γένος: *Origanum*

Οικογένεια: Lamiaceae

Τάξη: Lamiales

Υποκλάση: Asteranae

Κλάση: Magnoliopsida

Διαίρεση : Tracheophyta

Βασίλειο: Plantae

Το γένος περιλαμβάνει 45 είδη, 6 υποείδη και 3 ποικιλίες (Δ7) τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- *Origanum taygetum*
- *Origanum hirtum*
- *Origanum onites* L.

1.6.3 Βοτανικοί χαρακτήρες

Το γένος *Origanum* περιλαμβάνει άτομα ξυλώδη και πολυετή τα οποία μπορούν να φτάσουν το 1 m στο ύψος. Είναι ένα αρκετά εντυπωσιακό φυτό με άνθη λευκά έως ερυθροκυανά και ανθίζει τον Ιούνιο-Ιούλιο. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα άτομα που προέρχονται από σπόρο είναι αρκετά ποικιλόμορφα. Τα φύλλα είναι πράσινα έως γκριζοπράσινα και μπορεί να είναι τριχωτά ή λεία. Ο ρυθμός ανάπτυξης του είναι μέτριος. (Δ8)

1.6.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

Το *Origanum aureum* “Hot and spicy” δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε έδαφος. Αρκεί να είναι καλά στραγγιζόμενο. Μπορεί να αναπτυχθεί και σε ξερά και άγονα εδάφη. Προτιμά ηλιαζόμενες θέσεις. Αντέχει την πολύ ζέστη και την ξηρασία. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες. Παγώνει στους -20°C . Συνίσταται να κλαδεύεται αυστηρά μετά την ανθοφορία. Στο αιθέριο έλαιο της ρίγανης και κυρίως στην καρβακρόλη αποδίδονται οι παρακάτω βιολογικές δράσεις: αντιθηροσκληρωτική, αλλεργιογόνος, αναισθητική, αντιαλτσχάιμερ, αντιβακτηριδιακή, αντισηπτική, αντιφλεγμονώδης, αντιοξειδωτική, αντισπασμοδική, εντεροχολαρωτική, αρωματική, μυκητοκτόνος, νηματοδοκτόνος, αντιρευματική.

1.6.5 Χρήση

Στην ελληνική κουζίνα η ρίγανη καταλαμβάνει περίοπτη θέση αφού χρησιμοποιείται πάρα πολύ και κυρίως σε ψητά κρεατικά και σε σαλάτες. Τελευταία μάλιστα έχει επεκταθεί η χρήση της από βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων και «σνάκς», οι οποίες χρησιμοποιούν τα αιθέρια έλαια για να προσθέσουν τη γεύση της ρίγανης στα προϊόντα τους.

1.6.6 Πολλαπλασιασμός

Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και με διαίρεση των ριζών (Μπισμπίκης, 2007)

1.7 Σκοπός του πειράματος

Η ανάγκη αύξησης των χώρων πρασίνου στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές έχει στρέψει το ενδιαφέρον εκτός από την κατασκευή φυτεμένων δωμάτων και φυτεμένων κάθετων επιφανειών. Η αύξηση των κάθετων αυτών κατασκευών έχει δημιουργήσει ορισμένα ερωτήματα όσο αφορά στα υλικά του θρεπτικού υποστρώματος και στην επιλογή του φυτικού υλικού.

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε σε συνθήκες κάθετης φύτευσης, η ανάπτυξη δυο ξηροφυτικών ειδών της ελληνικής χλωρίδας του *T. citriodorus* και του *O. aureum* “Hot and spicy” και υπό δύο διαφορετικές συχνότητες άρδευσης κατά τους θερμούς μήνες και σε δυο διαφορετικής σύστασης μίγματα υποστρώματος.

Σκοπός του πειράματος ήταν να μελετηθεί η ικανότητα των δύο αυτών ειδών να αναπτύσσονται ικανοποιητικά σε εδαφικό και μή υπόστρωμα όπως και σε αραιές συχνότητες άρδευσης, έτσι ώστε να μπορεί να μειωθεί το βάρος της κατασκευής με τη χρήση ελαφρύτερου μη εδαφικού υποστρώματος, καθώς και να μειωθεί η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση, μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της κατασκευής.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν έριζα μοσχεύματα των ειδών *Origanum auerum* “Hot & spicy” και *Thymus citriodorus* της οικογένειας Lamiaceae, τα οποία προήλθαν από την εταιρία Καλαντζής φυτά.



Εικόνα 7: Έριζα μοσχεύματα *T. citriodorus* (μπροστά) και *O. aureum* “Hot & spicy” (πίσω)

2.1 Μεταφύτευση-Εγκατάσταση μοσχευμάτων

Η μεταφύτευση των μοσχευμάτων έγινε στις 28 Νοεμβρίου 2014. Τα φυτά τοποθετούνται σε “τσέπες” ραμμένες πάνω στο γεωύφασμα με πετονιά πάχους 0,4 mm. Η ποσότητα υποστρώματος που τοποθετείται σε κάθε θέση είναι σταθερή και είναι 0,5 l.



Εικόνα 8: *T. citriodorus* φυτεμένο στο σύστημα κάθετης επιφάνειας.

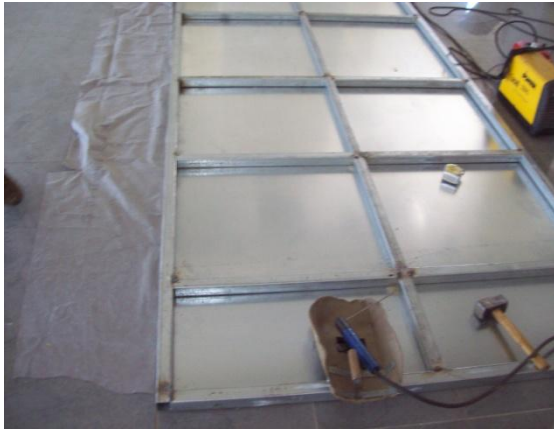


Εικόνα 9: *O. aureum* “Hot & Spicy” φυτεμένη στο σύστημα κάθετης επιφάνειας.

2.2 Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένης κάθετης επιφάνειας

Κατασκευάστηκε ένα μεταλλικό πλαίσιο με σιδερένια δοκάρια διαστάσεων 5 cm X 5 cm. Έτσι φτιάχτηκε ένα πλαίσιο μήκους 3,4 m και ύψους 1,5 m και πάνω κολλήθηκε σιδερένια λαμαρίνα πάχους 2 mm. Στη μέση του πλαισίου πάνω στην λαμαρίνα κολλήθηκε επιπλέον δοκάρι μεταλλικό έτσι ώστε να δημιουργηθούν δυο πανομοιότυπα πάνελ διαστάσεων 1,7 m X 1,5 m που η άρδευση του καθενός να μην επηρεάζεται από το άλλο.

- Στην συνέχεια πάνω στην λαμαρίνα στερεώθηκε μαύρη αντιρίζικη μεμβράνη πάχους 2 mm.
- Στην συνέχεια πάνω στην αντιρίζικη μεμβράνη τοποθετήθηκε πράσινο δίχτυ προστασίας για συγκράτηση του γεωφάσματος που θα προστεθεί από πάνω αλλά και για να προσφέρει καλύτερη στήριξη.
- Το τελευταίο στρώμα που στερεώνεται πάνω στο πάνελ είναι το υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας τύπου TSM 32 χρώματος γκρι πάχους 3 mm κατασκευασμένο από πολυεστέρα υψηλής ποιότητας από ανακυκλωμένες συνθετικές ίνες, υψηλής μηχανικής αντοχής, βάρους 320 g/ m². Το υπόστρωμα αυτό τοποθετήθηκε σε διπλή στρώση πάνω στο πάνελ. Όλα τα υλικά εγκατάστασης είναι της εταιρίας Egreen-zinco.



Εικόνα 10: Στάδια κατασκευής πάνελ.

2.3 Υπόστρωμα

Χρησιμοποιήθηκαν δυο τύποι υποστρώματος:

30 κομπόστ στεμφύλων : 30 περλίτη : 20 ελαφρόπετρα: 20 έδαφος (υπόστρωμα με έδαφος E) και 30 κομποστ στεμφύλων : 30 περλίτη: 40 ελαφρόπετρα (υπόστρωμα χωρίς έδαφος XE) όπου (E) : έδαφος (άμμος :86,48%, ιλύς: 3%, άργιλος: 10,52%, pH=7,93, EC=0,98dSm⁻¹, CaCo₃: 1,1%) , περλίτης (Perloflor, Isocon A.E).

Το κομπόστ στέμφυλων που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν του 2014 και δόθηκε από το Θερμοκήπιο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

2.4 Άρδευση

Τους πρώτους μήνες του πειράματος από 28 Νοεμβρίου 2014 μέχρι 26 Μαΐου 2015 τα φυτά ποτίζονταν όλα με την ίδια συχνότητα άρδευσης τρεις φορές την ημέρα για τέσσερα min τη φορά. Από τις 28 Απριλίου η άρδευση διαφοροποιήθηκε σε «συχνή» και «αραιή». Η συχνή άρδευση εφαρμόζονταν ημερησίως τέσσερις φορές για τέσσερα min τη φορά (7.00-11.00-16.00-20.00) και η αραιή άρδευση τρεις φορές για τέσσερα min ημερησίως (7.10-13.00-20.10). Η άρδευση ρυθμίστηκε έτσι ώστε τα φυτά να μην μαραίνονται. Αυτό ελέγχθηκε στην αρχή της εγκατάστασης του πειράματος με οπτική παρατήρηση των δυο ειδών στο δώμα του κεντρικού κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Εκεί φάνηκε ότι το είδος *T. citriodoris* ήταν πιο ευαίσθητο στην έλλειψη νερού και έφτανε νωρίτερα σε σημείο μααρασμού από ότι το *O. aureum* και έτσι η άρδευση ρυθμίστηκε βάσει του μααρασμού του *O.aureum*.

Από τις 28 Νοεμβρίου 2014 η άρδευση γίνονταν με αυτόματο σύστημα και χρησιμοποιήθηκε προγραμματιστής ηλεκτροβάνας τύπου Calcon 6102-DC2.



Εικόνα 11: Προγραμματιστής ηλεκτροβάνας αρδευτικού

Το σύστημα ρυθμίστηκε και χρησιμοποιήθηκε σταλαχτοφόρος σωλήνας της εταιρίας Eurodir με σταλάχτες ανα 25 cm και σταθερής παροχής 4 l/h. Ο σταλαχτοφόρος σωλήνας τοποθετήθηκε και ράφτηκε για να είναι σταθερός μεταξύ του διπλού στρώματος γεωφάσματος και υπολογίστηκε ο κάθε σταλάχτης να πέφτει ακριβώς πάνω από την κάθε θέση- «τσέπη» που βρίσκεται το κάθε φυτό.

Στις 17 Αυγούστου 2015 το πείραμα τερματίστηκε εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών που αποτέλεσε και την αιτία να ξεραθούν αρκετά φυτά.

2.4.1 Υδατοκατανάλωση

Περίοδος Νοέμβριος- Απρίλιος

Υπολογισμός ημερήσιας υδατοκατανάλωσης κατά την περίοδο Νοεμβρίου- Απριλίου. Για τα 9 λεπτά ημερησίας άρδευσης και για τα δυο πάνελ απαιτούνται 52.8 l/h ή 26.4 l/h για το κάθε πάνελ ή 10.3 l /m². Το κάθε μπέκ ημερησίως δίνει 0.6 l/ημέρα ή 0.2 l ανά πότισμα.

Περίοδος Μάιος- Αύγουστος

Υπολογισμός ημερήσιας υδατοκατανάλωσης για συχνή άρδευση κατά την περίοδο Μαΐου- Αυγούστου. Για τα 16 λεπτά ημερησίας άρδευσης απαιτούνται 46.9 l/h ή 18.4 l /m² . Το κάθε μπέκ δίνει 1,05 l/ημέρα ή 0,26 l ανά πότισμα.

Υπολογισμός ημερήσιας ημερησίας υδατοκατανάλωσης για την αραιή άρδευση. Για τα 12 λεπτά ημερησίας άρδευσης απαιτούνται 35 l/h ή 13,7 l /m² . Το κάθε μπέκ δίνει 0,8 l/ημέρα ή 0,26 l ανά πότισμα.

2.4.2 Απορροή

Μετρήθηκαν οι απώλειες νερού τον Μάιο μετά από κάθε άρδευση με τη βοήθεια δοχείων συλλογής και για το κάθε πάνελ ήταν 8 l ή 3,1 l /m² από τη στιγμή που ξεκινούσε η απορροή μέχρι και 15 min μετά το πέρας της άρδευσης.

2.5 Λίπανση

Σε όλη την διάρκεια του πειράματος δεν εφαρμόστηκε κάποια λίπανση στα φυτά.

2.6 Συνθήκες ανάπτυξης

2.6.1 Θερμοκρασία αέρα

Οι μέσες μηνιαίες και οι μέσες και απόλυτες μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες (Πιν 1), που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το εργαστήριο Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 1: Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη μηνιαία και απόλυτη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρος (°C)

Μήνας	T (°C)		
	T	Max T	Abs T max
Νοέμβριος 2014	14,96	18,85	18,5
Δεκέμβριος 2014	11,93	16,43	17,4
Ιανουάριος 2015	9,44	14,01	15,8
Φεβρουάριος 2015	9,57	13,67	14,9
Μάρτιος 2015	11,93	15,74	15,9
Απρίλιος 2015	15,15	20,27	19,4
Μάιος 2015	20,53	26,23	24,2
Ιούνιος 2015	24,12	29,69	27,7
Ιούλιος 2015	28,46	34,04	31,4
Αύγουστος 2015	28,47	34,23	31,4

2.6.2 Σχετική υγρασία (ΣΥ)

Η μέση μηνιαία, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία σχετική υγρασία που παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από το μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το εργαστήριο Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 2: Μέση μηνιαία, μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία σχετική υγρασία (%)

Μήνας	ΣΥ (%)		
	ΣΥ	Max ΣΥ	Min ΣΥ
Νοέμβριος 2014	79,20	91,54	61,98
Δεκέμβριος 2014	80,55	93,89	61,11
Ιανουάριος 2015	76,01	90,44	56,27
Φεβρουάριος 2015	70,02	86,25	49,18
Μάρτιος 2015	72,92	87,27	55,81
Απρίλιος 2015	61,84	83,77	40,49
Μάιος 2015	61,90	83,96	39,76
Ιούνιος 2015	57,75	80,26	37,77
Ιούλιος 2015	48,77	69,53	31,79
Αύγουστος 2015	51,92	73,32	33,41

2.6.3 Ολική ακτινοβολία

Η μέση μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία ολική ακτινοβολία, που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται εντός του χώρου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το εργαστήριο Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 3: Μέση μηνιαία και μέση μέγιστη ολική ακτινοβολία (MJ/m²)

Μήνας	ΟΑ (MJ/m ²)	
	ΟΑ	Max ΟΑ
Νοέμβριος 2014	0,09	0,42
Δεκέμβριος 2014	0,07	0,36
Ιανουάριος 2015	0,08	0,45
Φεβρουάριος 2015	0,10	0,53
Μάρτιος 2015	0,14	0,65
Απρίλιος 2015	0,23	0,86
Μάιος 2015	0,28	0,98
Ιούνιος 2015	0,29	1,08
Ιούλιος 2015	0,33	0,99
Αύγουστος 2015	0,28	0,96

2.6.4 Βροχόπτωση

Η συνολική μηνιαία βροχόπτωση που παρατηρήθηκε στην διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν από το μετεωρολογικό σταθμό στο χώρο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών όπου μετρήθηκαν και επεξεργάστηκαν από το εργαστήριο Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 4: Συνολική μηνιαία βροχόπτωση (mm) και ημέρες βροχόπτωσης

Μήνας	ΣΒ	ΗΜΕΡΕΣ
Νοέμβριος 2014	36,4	8
Δεκέμβριος 2014	166,6	19
Ιανουάριος 2015	41,4	13
Φεβρουάριος 2015	54,4	12
Μάρτιος 2015	81,4	14
Απρίλιος 2015	8,8	5
Μάιος 2015	1,8	5
Ιούνιος 2015	14,6	7
Ιούλιος 2015	1,2	1
Ιούλιος 2015	0	0

2.7 Περιγραφή πειράματος

Το πείραμα ξεκίνησε στις 28 Νοεμβρίου 2014 με την φύτευση των φυτών στις θήκες του γεωφάσματος. Μέχρι τις 28 Απριλίου τα φυτά δέχονταν ενιαία επέμβαση άρδευσης. Μετα την μέτρηση στις 28 Απριλίου αλλάχτηκε η άρδευση σε συχνή τέσσερις φορές ημερησίως για τέσσερα min ανά φορά και αραιή σε τρεις φορές ημερησίως για τέσσερα min ανά φορά. Στις 3 Μαΐου αντικαταστάθηκαν 14 φυτά (6 λεμονοθύμαρα και 8 ρίγανες καυτερές) που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα

Στις 28 Μαΐου 2015 μετά την μέτρηση κλαδεύτηκαν όλα τα φυτά στα πέντε εκατοστά (3-4 οφθαλμοί ανά βλαστό). Τα φυτά κλαδεύτηκαν για να αντιμετωπιστεί και η κυριαρχία της κορυφής στα φυτά *O. aureum*.

Στη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 88 φυτά 48 φυτά *T. citriodorus* και 40 του *O. aureum* “Hot & Spicy”. Στο πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη των φυτών πάνω στο πλαίσιο. Υπήρχαν δυο πανομοιότυπα πλαίσια με την ίδια τοποθέτηση φυτών που εφαρμόζονταν διαφορετική άρδευση. Το κάθε φυτό απείχε περίπου 10 cm από τα γειτονικά του φυτά.

E-Thymus		E-Origanum		XE-Thymus		XE-Origanum
E-Thymus	E-Thymus	E-Origanum	E-Origanum	XE-Thymus	XE-Thymus	XE-Origanum
E-Thymus		E-Origanum		XE-Thymus		XE-Origanum
E-Thymus	E-Thymus	E-Origanum	E-Origanum	XE-Thymus	XE-Thymus	XE-Origanum
E-Thymus		E-Origanum		XE-Thymus		XE-Origanum
E-Thymus	E-Thymus	E-Origanum	E-Origanum	XE-Thymus	XE-Thymus	XE-Origanum
E-Thymus		E-Origanum		XE-Thymus		XE-Origanum
E-Thymus	E-Thymus	E-Origanum	E-Origanum	XE-Thymus	XE-Thymus	XE-Origanum

*E = υπόστρωμα με έδαφος, XE= υπόστρωμα χωρίς έδαφος

Τα φυτά κάθε είδους διαχωρίστηκαν σε ομάδες των δώδεκα (12) φυτών σε κάθετη διάταξη οχτώ φυτών σε μια στήλη και τέσσερα δίπλα ως συνέχεια εκτός από την τελευταία σειρά και των δυο πάνελ που δεν ακολουθούσε στήλη με τέσσερα φυτά.

Οι παρατηρήσεις που λαμβάνονταν κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν αριθμός βλαστών και μήκος βλαστών ανά μήνα. Στις 17 Αυγούστου 2015 πραγματοποιήθηκε κοπή στο σημείο του λαιμού και συλλογή του υπέργειου τμήματος κάθε φυτού. Η κοπή έγινε ύστερα από παρατήρηση που έδειχνε ότι αρκετά φυτά είχαν ξεραθεί ύστερα από την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών το διήμερο 14-16 Αυγούστου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για πέντε μέρες στους 75°C για εξασφάλιση απόλυτης ξήρανσης των ιστών. Το πείραμα είχε σχεδιαστεί ώστε να συνεχιστεί και για τους επόμενους μήνες.

2.8 Πειραματικό σχέδιο-στατιστική επεξεργασία

Χρησιμοποιήθηκε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ), με πηγή παραλλακτικότητας το υπόστρωμα και η συχνότητα άρδευσης που εφαρμόστηκε. Έγινε μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση των μετρήσεων. Έγινε ανάλυση διασποράς για τη μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων των παραγόντων και αλληλεπιδράσεων. Η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκε με ανάλυση της διασποράς (F test) και έγινε σύγκριση των μέσων των επεμβάσεων και των μέσων των παραγόντων με τη μέθοδο Fisher LSD test για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Οι μέσοι που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σημειώνονται με διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου στους πίνακες των αποτελεσμάτων ή στα σχήματα.

Σε κάθε μέτρηση αναφέρεται η σημαντικότητα F για τις κύριες επιδράσεις των παραγόντων και της αλληλεπίδρασης τους. Το σύμβολο * δίπλα στο F δηλώνει ότι η τιμή του F είναι σημαντική.

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του πακέτου προγράμματος STATISTICA 8.

1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Το φυτό *Thymus citriodorus*

3.1.1 Αριθμός βλαστών-Μήκος βλαστών

Κατά τους πρώτους 4 μήνες του πειράματος μόνο στις 28/1/2015 παρατηρήθηκε επίδραση του είδους του υποστρώματος στο μήκος βλαστών. Τους υπόλοιπους μήνες δεν παρατηρήθηκε επίδραση του είδους του υποστρώματος στην ανάπτυξη των φυτών (Πιν. 5,6).

Πίνακας 5: Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό βλαστών *T. Citriodorus*, κατά τους πρώτους 4 μήνες του πειράματος.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ				
	28/12/2014	28/1/2015	28/2/2015	28/3/2015	28/4/2015
Με έδαφος	5,20a	6,50a	7,12a	12,45a	13,08a
Χωρίς έδαφος	5,25a	5,45b	6,41a	13,91a	14,08a
<i>F</i>	0,09 ^{NS}	5,07*	1,68 ^{NS}	1,10 ^{NS}	0,49 ^{NS}

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test, $P < 0,05$

Πίνακας 6: : Επίδραση του υποστρώματος στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *T. Citriodorus*, κατά τους πρώτους 4 μήνες του πειράματος.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ				
	28/12/2014	28/1/2015	28/2/2015	28/3/2015	28/4/2015
Με έδαφος	22,37a	24,50a	25,39a	33,06a	33,77a
Χωρίς έδαφος	21,43a	21,56a	23,12a	29,75a	30,33a
<i>F</i>	0,25 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,90 ^{NS}	1,03 ^{NS}

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test, $P < 0,05$

Ένα μήνα μετά την έναρξη των επεμβάσεων άρδευσης ο παράγοντας άρδευση επέδρασε στον αριθμό των πλάγιων βλαστών ενώ στο μήκος των βλαστών επέδρασαν και ο τύπος υποστρώματος και η συχνότητα άρδευσης. Ως εκ τούτου η αραιή άρδευση ευνόησε τον αριθμό των βλαστών, ενώ η παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα και η αραιή άρδευση ευνόησαν το συνολικό μήκος βλαστών (Πιν. 7, 8)

Στις 3/5/2015 αντικαταστάθηκαν 6 φυτά *T. Citriodorus* λόγω ξήρανσης εξαιτίας βλάβης στο αρδευτικό σύστημα και συμπεριλήφθησαν στην μέτρηση στις 28/5/2015. Μετά την μέτρηση στις 28/5/2015 όλα τα φυτά κλαδεύτηκαν στα 5 cm.

Πίνακας 7: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλάγιων βλαστών *T. Citriodorus*, 28/5/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	14,91b	18,33ab
B (Χωρίς έδαφος)	14,41b	19,41a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 0,40^{\text{NS}}$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 8,47^*$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0,29^{\text{NS}}$

Πίνακας 8: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *T. Citriodorus*, 28/5/2015

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	49,50a	55,04a
B (Χωρίς έδαφος)	32,62b	53,12a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 6,18^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 11,87^*$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 3,91^{\text{NS}}$

Στις 28/6/2015 και οι δυο παράγοντες του πειράματος τύπος υποστρώματος και συχνότητα άρδευσης επέδρασαν στον αριθμό πλάγιων βλαστών ενώ στο συνολικό μήκος βλαστών επέδρασε μόνο το είδος υποστρώματος. Ως εκ τούτου η παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα και η αραιή άρδευση έδωσε μεγαλύτερο αριθμό βλαστών, ενώ το εδαφικό υπόστρωμα ευνόησε και το συνολικό μήκος βλαστών (Πιν. 9,10).

Η μείωση του αριθμού και και του μήκους βλαστών οφείλεται ότι 28/5/2016 μετά την μέτρηση πραγματοποιήθηκε κλάδεμα όλων των φυτών. Επίσης κάποιοι αδύναμοι πλάγιοι βλαστοί ξεράθηκαν.

Πίνακας 9: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλάγιων βλαστών *T. Citriodorus*, μέτρηση 28/6/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	13,91a	16,25a
B (Χωρίς έδαφος)	9,33b	14,58a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 7,57^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 11,15^*$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 1,64^{\text{NS}}$

Πίνακας 10: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *T. citriodorus*, 28/6/2015

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	32,91ab	34,83a
B (Χωρίς έδαφος)	17,95c	26,20b

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 16,61^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 3,08^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 1,19^{\text{NS}}$

Στις 28/7/2015 και οι δυο παράγοντες του πειράματος επέδρασαν στον αριθμό των πλάγιων βλαστών ενώ στο συνολικό μήκος βλαστών επέδρασε μόνο το υπόστρωμα. Ως εκ τούτου η παρουσία εδάφους και η αραιή άρδευση ευνόησε τον αριθμό των πλάγιων βλαστών ενώ το συνολικό μήκος βλαστών ευνοήθηκε από την παρουσία εδάφους.

Τον Ιούλιο τα φυτά σε εδαφικό υπόστρωμα ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης ανέπτυξαν μεγαλύτερο συνολικό μήκος βλαστών (Πιν. 11, 12).

Πίνακας 11: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλαγίων βλαστών *T. citriodorus* , μέτρηση 28/7/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	19,16a	21,00a
B (Χωρίς έδαφος)	13,25b	19,41a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 6,17^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 7,02^*$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 2,06^{\text{NS}}$

Πίνακας 12: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *T. citriodorus* , 28/7/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	53,91a	50,87a
B (Χωρίς έδαφος)	23,41b	33,62b

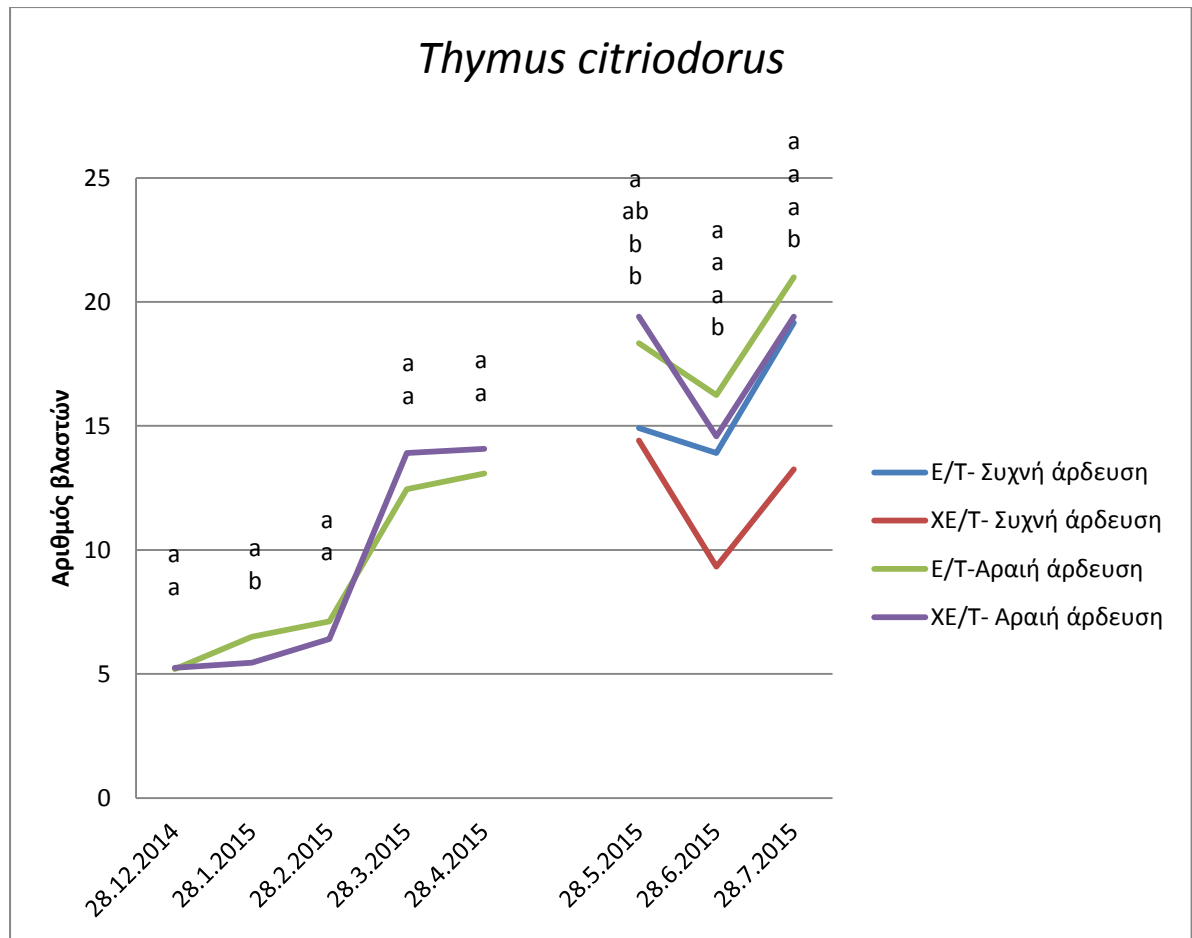
Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 22,50^*$

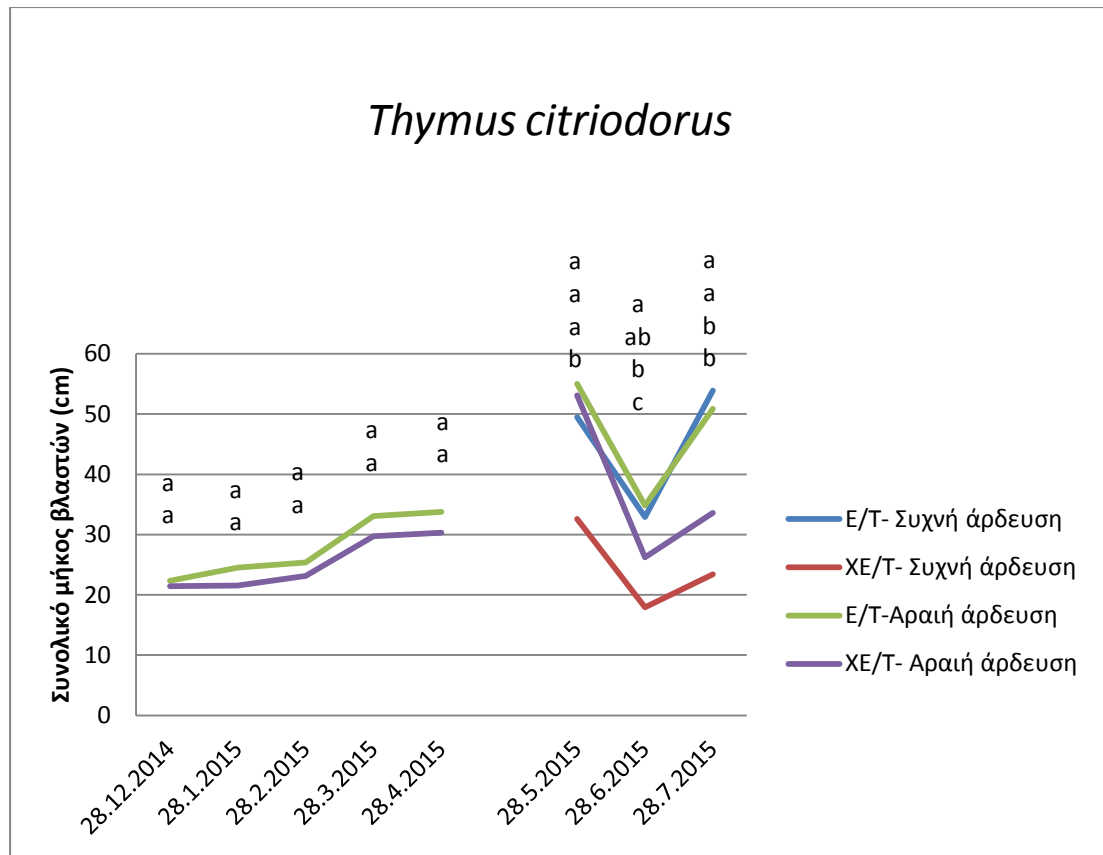
$F_{\text{Άρδευσης}} = 0,50^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 1,73^{\text{NS}}$



Σχήμα 1: Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό βλαστών του είδους *T.citriodorus* καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος. Από 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. Στις 3 Μαΐου αντικαταστάθηκαν 6 φυτά που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα 28.5.2015 αμέσως μετά την μέτρηση τα φυτά κλαδεύτηκαν στα τέσσερα εκατοστά

E: Υπόστρωμα με έδαφος, ΧΕ: Υπόστρωμα χωρίς έδαφος, T: *Thymus citriodorus*



Σχήμα 2: Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό βλαστών του είδους *T.citriodorus* καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος. Από 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. Στις 3 Μαΐου αντικαταστάθηκαν 6 φυτά που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα 28.5.2015 αμέσως μετά την μέτρηση τα φυτά κλαδεύτηκαν στα τέσσερα εκατοστά

E: Υπόστρωμα με έδαφος, ΧΕ: Υπόστρωμα χωρίς έδαφος, T: *Thymus citriodorus*

3.1.3 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Σε ότι αφορά στο ξηρό βάρος των φυτών *T. citriodorus* ευνοήθηκε από την ύπαρξη εδάφους στο υπόστρωμα (Πιν. 13).

Φυτά σε εδαφικό υπόστρωμα ανεξαρτήτως συχνότητας έδωσαν μεγαλύτερο ξηρό βάρος σε σχέση με φυτά σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος.

Πίνακας 13: Επίδραση του υποστρώματος στο ξηρό βάρος (g) *T.citriodorus* τον 8^ο μήνα ανάπτυξης 17/8/2015

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	5,16a	5,09ab
B (Χωρίς έδαφος)	4,97b	4,95b

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{υποστρώματος}} = 7,31^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 0,10$

$F_{\text{Υποστρώματος X Άρδευσης}} = 0,60$

3.2 Το φυτό *Origanum aureum*

Αριθμός βλαστών- Συνολικό μήκος βλαστών

Η ανάπτυξη του *O. aureum* όσο αφορά τον αριθμό πλάγιων βλαστών αλλά και το συνολικό μήκος βλαστών για τους πρώτους 4 μήνες δεν παρουσίασε κανένα μήνα στατιστικά σημαντική διαφορά (Πιν 14,15).

Πίνακας 14: Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό πλάγιων βλαστών *O. aureum*

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ				
	28/12/2014	28/1/2015	28/2/2015	28/3/2015	28/4/2015
Με έδαφος	4,60a	2,95a	3,87a	5,04a	5,08a
Χωρίς έδαφος	3,90a	3,31a	4,18a	4,43a	4,56a
<i>F</i> υποστρώματος	1,62 ^{NS}	2,48 ^{NS}	1,14 ^{NS}	2,34 ^{NS}	1,71 ^{NS}

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.
Fisher LSD test, $P < 0,05$

Πίνακας 15: Επίδραση του υποστρώματος στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *O. aureum*.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ				
	28/12/2014	28/1/2015	28/2/2015	28/3/2015	28/4/2015
Με έδαφος	4,62a	5,50a	6,20a	11,41a	16,85a
Χωρίς έδαφος	5,25a	6,18a	6,78a	10,31a	14,87a
<i>F</i> υποστρώματος	0,62 ^{NS}	1,77 ^{NS}	1,11 ^{NS}	1,48 ^{NS}	3,01 ^{NS}

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.
Fisher LSD test, $P < 0,05$

Στις 28/5/2015 και οι δυο παράγοντες του πειράματος επέδρασαν στον αριθμό των πλάγιων βλαστών ενώ στο συνολικό μήκος των βλαστών επέδρασε μόνο η συχνότητα άρδευσης. Ως εκ τούτου η παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα ευνόησε τον αριθμό των βλαστών, ενώ η συχνή άρδευση ευνόησε και τον αριθμό και το μήκος βλαστών (Πιν. 16,17).

Στις 3/5/2015 αντικαταστάθηκαν 8 φυτά *O.aureum* λόγω ξήρανσης εξαιτίας βλάβης στο αρδευτικό σύστημα και συμπεριλήφθησαν στην μέτρηση στις 28/5/2015. Μετά την μέτρηση στις 28/5/2015 όλα τα φυτά κλαδεύτηκαν στα 5 cm.

Πίνακας 16: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλαγιών βλαστών *O.aureum*, μέτρηση 28/5/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	3,66a	4,33a
B (Χωρίς έδαφος)	2,37b	3,62ab

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{υποστρώματος}} = 5,31^*$

$F_{\text{άρδευσης}} = 4,87^*$

$F_{\text{Υποστρώματος X Άρδευσης}} = 0,45^{\text{NS}}$

Πίνακας 17: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *O. aureum*, μέτρηση 28/5/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	33,91a	21,50b
B (Χωρίς έδαφος)	26,62ab	16,68b

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{υποστρώματος}} = 2,43^{\text{NS}}$

$F_{\text{άρδευσης}} = 8,31^*$

$F_{\text{Υποστρώματος X Άρδευσης}} = 0,10^{\text{NS}}$

Τον επόμενο μήνα (28/6/2015) μόνο ο παράγοντας υπόστρωμα επέδρασε τόσο στον αριθμό πλαγίων βλαστών όσο και στον συνολικό μήκος βλαστών. Ως εκ τούτου η παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα ευνόησε τον αριθμό και το μήκος βλαστών (Πιν. 18,19).

Το μεγαλύτερο συνολικό μήκος βλαστών εμφάνισαν τα φυτά σε εδαφικό υπόστρωμα σε συνδυασμό με συχνή άρδευση και διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τα φυτά σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος είτε δέχτηκαν αραιή είτε συχνή άρδευση (Πιν.19).

Πίνακας 18: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλαγίων βλαστών *O.aureum*, μέτρηση 28/6/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	7,25a	6,50ab
B (Χωρίς έδαφος)	5,00bc	5,00bc

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 10,88^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 1,20^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0$

Πίνακας 19: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *O. aureum*, μέτρηση 28/7/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	23,79a	18,79ab
B (Χωρίς έδαφος)	15,81bc	13,00c

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 11,89^*$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 3,82^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0,30^{\text{NS}}$

Στις 28/7/2015 μ κανένας παράγοντας δεν επέδρασε στον αριθμό των πλάγιων βλαστών ενώ στο μήκος των βλαστών επέδρασε μόνο ο τύπος υποστρώματος, όπου η παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα ευνόησε το συνολικό μήκος βλαστών (Πιν. 20,21)

Πίνακας 20: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στον αριθμό πλάγιων βλαστών *O.aureum*, 28/7/2015

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	5,91a	6,50a
B (Χωρίς έδαφος)	5,25a	5,25a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 1,29$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 0,12^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0,12$

Πίνακας 21: Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στο συνολικό μήκος βλαστών (cm) *O. aureum*, μέτρηση 28/7/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	32,75a	28,54a
B (Χωρίς έδαφος)	18,56b	18,81b

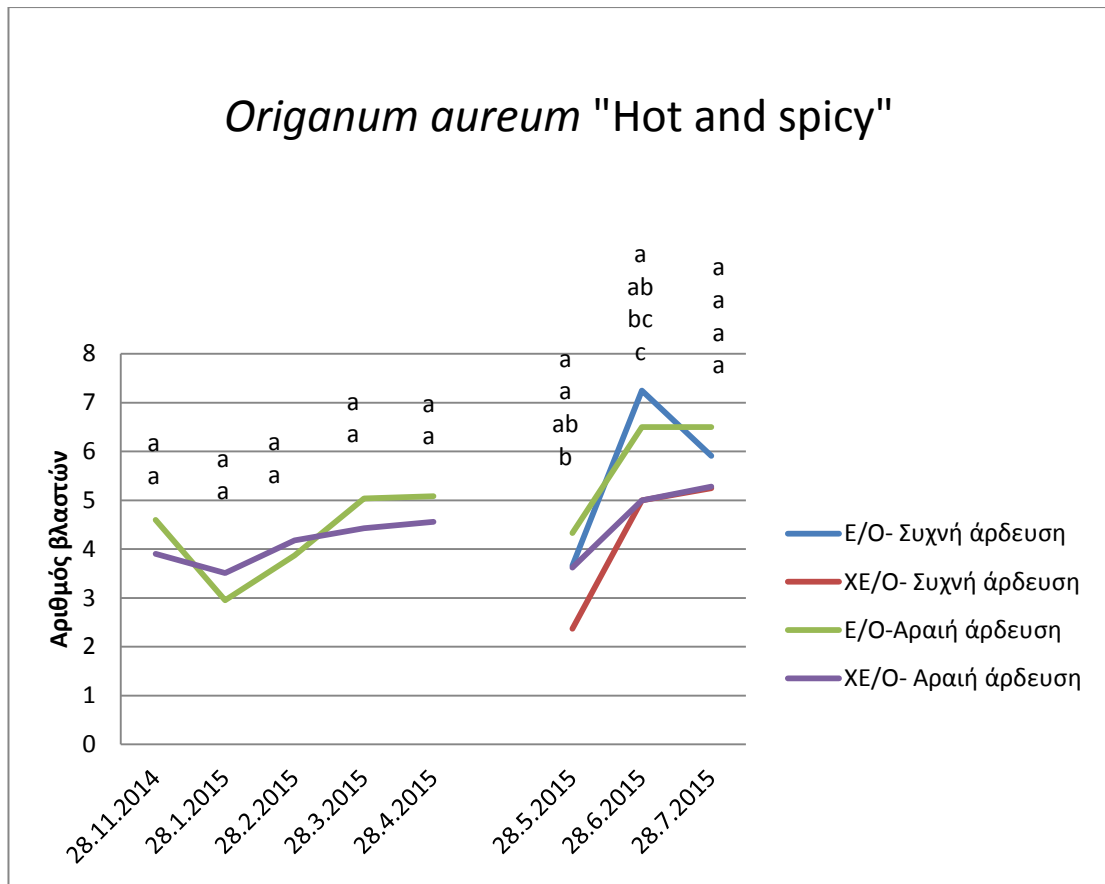
Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 19,22^*$

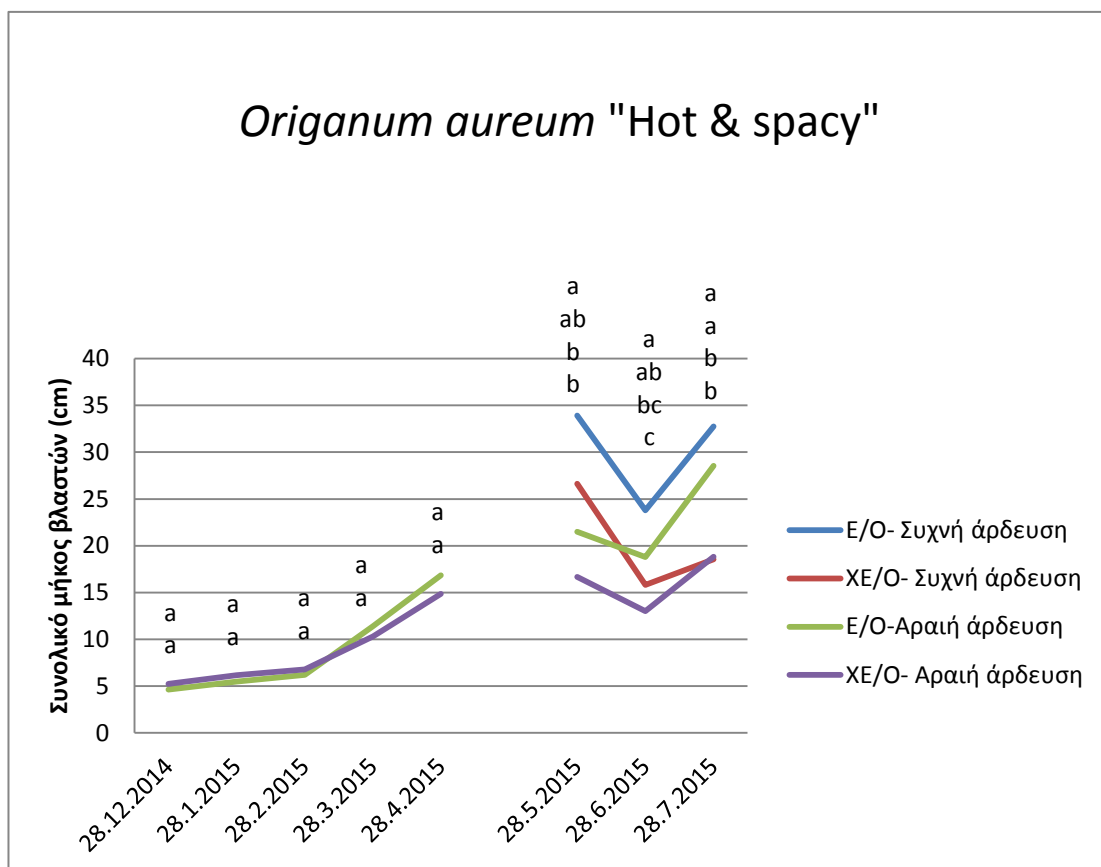
$F_{\text{Άρδευσης}} = 0,52^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0,66^{\text{NS}}$



Σχήμα 3: Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό βλαστών του είδους *O. aureum* "Hot and spicy" καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος. 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. Στις 3 Μαΐου αντικαταστάθηκαν 8 φυτά που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα άρδευσης. 28.5.2015 αμέσως μετά την μέτρηση τα φυτά κλαδεύτηκαν στα τέσσερα εκατοστά

E: Υπόστρωμα με έδαφος, ΧΕ: Υπόστρωμα χωρίς έδαφος, O: *O. aureum* "Hot and spicy"



Σχήμα 4: Επίδραση του υποστρώματος στο συνολικό μήκος βλαστών του είδους *Origanum aureum* “Hot and spicy” καθ’όλη την διάρκεια του πειράματος. 28.4.2015 άρχισαν και οι επεμβάσεις άρδευσης. Στις 3 Μαΐου αντικαταστάθηκαν 8 φυτά που ξεράθηκαν λόγω βλάβης στο σύστημα άρδευσης. 28.5.2015 αμέσως μετά την μέτρηση τα φυτά κλαδεύτηκαν στα τέσσερα εκατοστά

E: Υπόστρωμα με έδαφος, XE: Υπόστρωμα χωρίς έδαφος, O: *O.aureum* “Hot and spicy”.



Εικόνα 12: 30/7/2015 πάνελ φυτών συχνής άρδευσης.



Εικόνα 13: 30/7/2015 πάνελ φυτών αραιής άρδευσης .

3.3.3 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού

Σε ότι αφορά στο ξηρό βάρος των φυτών *O. aureum* δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ διαφορετικών υποστρωμάτων ούτε και διαφορετικών συχνοτήτων άρδευσης (Πιν. 22)

Πίνακας 22: Επίδραση του υποστρώματος στο ξηρό βάρος (g) *O. aureum* στο τέλος του πειράματος μέτρηση 17/8/2015.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΣΥΧΝΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΡΑΙΗ ΑΡΔΕΥΣΗ
A (Με έδαφος)	4,86a	4,95a
B (Χωρίς έδαφος)	4,99a	5,06a

Μέσοι ακολουθούμενοι με διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί.

Fisher LSD test $P < 0,05$

$F_{\text{Υποστρώματος}} = 1,19^{\text{NS}}$

$F_{\text{Άρδευσης}} = 0,47^{\text{NS}}$

$F_{\text{Υποστρώματος} \times \text{Άρδευσης}} = 0,004^{\text{NS}}$

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δημιουργία κάθετου κήπου συνηθίζεται σε κεντρικές και βόρειες χώρες (Γαλλία, Γερμανία, Σουηδία) όπου οι κλιματικές συνθήκες με την υψηλότερη υγρασία και τις χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών και την διατήρησή τους σε άριστη κατάσταση καθ'όλη την διάρκεια του έτους. Η απόφαση να μελετηθεί η ανάπτυξη φυτών σε κάθετη επιφάνεια στις μεσογειακές συνθήκες με τις υψηλές θερμοκρασίες του ελληνικό καλοκαιριού ήταν από μόνο του ένα ρίσκο για το πώς θα συμπεριφέρονταν τα φυτά.

Επιλέχθηκαν είδη φυτών προσαρμοσμένα στις Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες (Manso *et al.*, 2016).

Τα φυτά *T. citriodorus* και *O. aureum* που καλλιεργήθηκαν σε εδαφικό υπόστρωμα με έδαφος εμφάνισαν μεγαλύτερη ανάπτυξη από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης.

Τα φυτά *T. citriodorus* που καλλιεργήθηκαν σε εδαφικό υπόστρωμα εμφάνισαν μεγαλύτερο ξηρό βάρος από τα φυτά που δεν είχαν έδαφος στο υπόστρωμα τους ανεξαρτήτως συχνότητας άρδευσης. Τα φυτά *Origanum aureum* δεν εμφάνισαν κάποια διαφορά στο ξηρό τους βάρος.

Το *T. citriodorus* έχει την ικανότητα σε μεγάλο βαθμό να προσαρμόζει την ανάπτυξή του όταν μειώνεται η υγρασία εδάφους (Tátraí, 2016). Σε πείραμα που έγινε στο Μάλμε της Σουηδίας με φυτά σε κάθετη εγκατάσταση όπως *Antennaria dioica*, *Nepeta faassenii*, *Molinia caerulea* κ.α έδειξαν ότι είχαν καλύτερη εικόνα όταν ποτίζονταν ανα δύο ημέρες αρκετή ώρα από ότι κάθε μέρα δυο φορές αλλά λιγότερη ώρα (Mårtensson, 2014).

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε γενικά ότι και το *T. citriodorus* και το *O. aureum* ευνοήθηκαν από την ύπαρξη εδάφους στο υπόστρωμα τους τόσο στον αριθμό πλάγιων βλαστών όσο και στο μήκος βλαστών.

Θα μπορούσαμε να πούμε πως η καλλιέργεια κάθετων επιφανειών με τα συγκεκριμένα αρωματικά φυτά παρουσίασε αρκετές δυσκολίες. Η τοποθέτηση μεγαλύτερων φυτών ίσως παρουσίαζαν καλύτερη προσαρμοστικότητα και αντοχή σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες όπως οι άνεμοι και έντονη ηλιοφάνεια καθώς θα εμφάνιζαν και μεγαλύτερη κάλυψη επιφάνειας που είναι αισθητικά επιθυμητό. Επίσης η μεγαλύτερη ποσότητα υποστρώματος για το κάθε φυτό θα διατηρούσε

περισσότερη υγρασία και κατά συνέπεια οι αρδεύσεις θα μπορούσαν να γίνονταν και πιο αραιά.

Σε φυτεμένες κάθετες επιφάνειες τα περιφερειακά φυτά που βρίσκονται κυρίως στις γωνίες είναι περισσότερο εκτεθειμένα κυρίως στον άνεμο και δέχονται μεγαλύτερες καταπονήσεις κάτι το οποίο μπορεί να λαμβάνεται υπόψη στην επιλογή θέσης του πειράματος (Francis *et al.*, 2014).

Η μη ύπαρξη ξεχωριστής απορροής για το κάθε φυτό είχε ως αποτέλεσμα τα φυτά που ήταν τοποθετημένα στα χαμηλότερα στρώματα να δέχονται και το νερό από την απορροή των φυτών που ήταν σε ψηλότερα στρώματα, οπότε η ποσότητα νερού που δέχονταν το κάθε φυτό δεν ήταν σταθερή. Δεν παρατηρήθηκε ανομοιομορφία στην ανάπτυξη των φυτών κατά μήκος του κάθε πάνελ αλλά τα φυτά που βρίσκονταν πιο χαμηλά ήταν αυτά που δεν ξεράθηκαν τον μήνα Αύγουστο ύστερα από την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών.

Μετά την διεξαγωγή της συγκεκριμένης μελέτης φαίνεται απαραίτητο το υπόστρωμα να περιέχει ένα ποσοστό εδάφους παρότι αυτό ίσως αυξάνει το βάρος της κατασκευής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bass B. and Baskaran B., 2001. Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. National Research Council of Canada.

Bisgrove, R. 1992. *The Gardens of Getrude Jekull*. London : Frances Lincoln

Dimopoulos P., Raus T., Bergmeier E., Consantinidis T., Iatrou G., Kokkini S., Strid A. and Tzanoudakis D., 2013 Vascular Plants of Greece An annotated checklist. Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem, Berlin and the Hellenic Botanical Society, Athens.

Dunnett, N., and N. Kingsbury. 2008 Planting green roofs and living walls, Timber press.

Filippi O., 2008, Για έναν άνυδρο κήπο, Εκδόσεις Καστανιώτη.

Francis J., Hall G., Murphy S., Rayner J., February 2014, Growing Green Guide

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

Green Roofs for Healthy Cities: Introduction to Green walls technology, Benefits and design, 2008

Köhler, M. 1993 *Fassaden-und Dachbegronung*. Stuttgart: Ulmer

Loh, Susan (2008) Living walls - a way to green the built environment.

BEDP Environment Design Guide, 1(TEC 26), pp. 1-7.

Μπισμπίκη Β. 2007, Φυτολόγιο, καλλωπιστικά φυτά για Ελληνικούς κήπους. Εκδόσεις Ψύχαλου.

Oberlander H. C., E. Whitrlaw and E. Matsuzaki, 2002. Introduction Manuel for Greening Roofs. Technology Directorate, Public Works and Government Service, Canada.

Omidbaigi R., Sefidkon F., and Hejazi M. 2005. Essential oil composition of *Thymus citriodorus* L. cultivated in Iran, Flavour Frag. J. 2005; 20: 237-238.

Peck, S. P., C. Collaghan, M. E. Kuhn, and B. Bass. 1999. *Greenbacks from Greenroofs: Forging a New Industry in Canada*. Toronto: Canada Mortgage and Housing Corp.

Manso M, Joao Castro-Gomes, Green wall systems: A review of their characteristics, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 41, January 2015, Pages 863–8718

Mårtensson L-M., Wuolo A., Fransson A-M., Emilsson T., Plant performance in living wall systems in the Scandinavian climate, Ecological Engineering 71 (2014) 610–614.

Razzaghmanesh Most., Razzaghmanesh Mort., Thermal Performance investigation of a living wall in a dry climate of Australia, Building and Environment 112(2017)45-62

Tátrai Z.A, Sanoubar R, Pluhár Z, Mancarella S., Orsini F., and Gianquinto G., Morphological and Physiological Plant Responses to Drought Stress in *Thymus citriodorus*, International Journal of Agronomy, Volume 2016, Article ID 4165750, 8 pages

Ulrich R. S. and R. Simons, 1986. Recovery from stress during exposure to everyday outdoor environments. In J. Wineman, R. Barnes and C. Zimring (eds). The costs of not knowing. Proceedings of the 17th Annual Conference of the Environmental Research Association. Environmental Research Association, Washington, D.C

Wolverton, B. C. 1997. *How to Grow Fresh Air: 50 House Plants that Purify Your Home or Office*. New York: Penguin.

Wolverton, B. C, A. Jonson, and K. Bounds. 1989. *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement: Final Report*. Washington, DC: NASA

Δ1: www.georythmiki.gr/αναβαθμιση-αστικου-περιβαλλοντος/φυτεμένα-δώματα/βιβλιογραφικά-δεδομένα-άρθρα/«κάθετοι-κήποι» σελίδα 11, σελίδα 17

Δ2: www.ecocity.gr σελίδα 13

Δ3: www.gardenart.biz/?p=40 σελίδα 17, σελίδα 23

Δ4:

http://greenscreen.com/docs/Education/greenscreen_Introduction%20to%20Green%20Walls.pdf σελίδα 18, 19

Δ5: www.greenscreen.com σελίδα 20

Δ6: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/lamia/origa/origvul.html> σελίδα 27

Δ7: www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=a251 σελίδα 27

Δ8: www.e-geoponoi.gr/index.php/2015-10-07-10-52-00/item/66-rigani-origanum-vulgare σελίδα 28