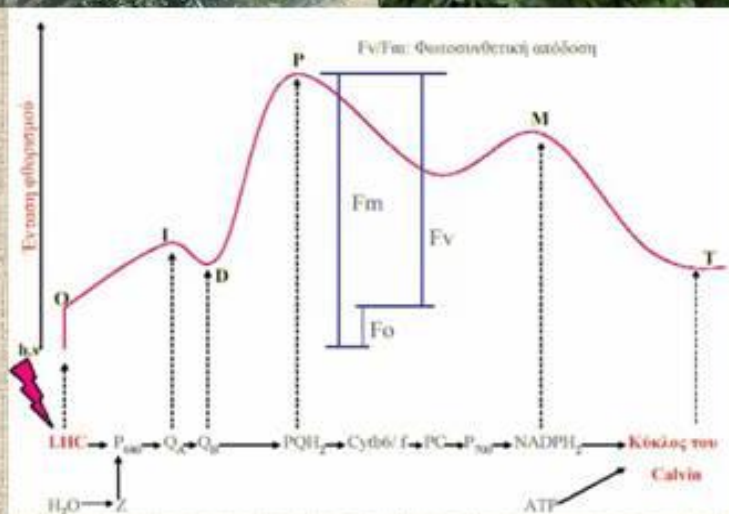


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΟΥ
Π.Μ.Σ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών *Rosmarinus officinalis* "Prostratus" και *Teucrium chamaedrys* σε σύστημα φυτοδώματος



ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΛΩΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ
Π.Μ.Σ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών
Rosmarinus officinalis “*Prostratus*” και *Teucrium chamaedrys* σε σύστημα
φυτοδώματος.**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Α. ΑΚΟΥΜΙΑΝΑΚΗ-ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ

ΜΕΛΗ: Γ. ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

Ν. ΜΟΥΣΤΑΚΑΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΛΩΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	11
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Ιστορικά στοιχεία.....	13
1.2 Λειτουργίες φυτεμένων δωμαίων.....	17
1.3 Οφέλη φυτεμένων δωμαίων	18
1.3.1 Περιβαλλοντικά- οικολογικά οφέλη	18
1.3.1.1 Περιορισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας	19
1.3.1.2 Αύξησης βιοποικιλότητας (χλωρίδας και πανίδας).....	20
1.3.1.3 Δέσμευσης σκόνης και ρύπων.....	20
1.3.1.4 Έλεγχος και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων	20
1.3.1.5 Μείωση της ηχορύπανσης.....	21
1.3.2 Οφέλη του κτιρίου.....	21
1.3.2.1 Θερμομόνωση κτιρίου	21
1.3.2.2 Δροσισμός του κτιρίου	22
1.3.2.3 Ενίσχυση της διάρκειας ζωής της κατασκευής του δώματος	22
1.3.2.4 Πυροπροστασία	22
1.3.2.5 Προστασία από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	23
1.3.3 Κοινωνικά οφέλη	23
1.3.3.1 Αισθητική αναβάθμιση αστικού τοπίου	23
1.3.4 Οικονομικά οφέλη.....	24
1.4 Μειονεκτήματα φυτεμένων δωμαίων.....	25
1.4.1 Οικονομική επιβάρυνση	25
1.4.2 Περιβαλλοντικά - Οικολογικά	25
1.4.3 Ασφαλείας.....	26
1.5.Τεχνολογική εξέλιξη φυτεμένου δώματος	27
1.5.1 Τύποι φυτεμένων δωμαίων	27
1.5.1.1 Εκτατικός τύπος (extensive greenroof)	28
1.5.1.2 Ημι-εντατικός τύπος (semi-intensive greenroof)	29
1.5.1.3 Εντατικός τύπος (intensive greenroof)	30
1.5.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού φυτεμένου δώματος	31
1.5.3 Εγκατάσταση φυτεμένων δωμαίων	33
1.5.3.1 Διαδικασία επικάλυψης δώματος.....	35
i.Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας	35

ii. Διαχωριστική μεμβράνη	35
iii. Φράγμα υδρατμών.....	36
iv. Θερμομονωτικό επίπεδο	36
v. Στεγανωτικό επίπεδο	36
vi. Στρώση εξίσωσης των πιέσεων.....	37
1.5.3.2 Διαστρωμάτωση υλικών εγκατάστασης φυτικού υλικού	37
i. Μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης ριζικού συστήματος.....	37
ii. Μεμβράνη συγκράτησης υγρασίας και μηχανικής προστασίας της μόνωσης	38
iii. Αποστραγγιστικό Σύστημα.....	39
iv. Διηθητικό Φύλλο.....	40
v. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών.....	41
vi. Φυτικό υλικό	43
1.5.4 Αρχές συντήρησης φυτεμένου δώματος.....	44
1.6 Τα φυτά Δενδρολίβανο έρπων (<i>Rosmarinus officinalis “Prostratus”</i>) και Τεύκριο χαμαιδρύς (<i>Teucrium chamaedrys var compactum</i>).....	47
1.6.1 Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus Officinalis “ Prostratus ”</i>)	47
1.6.1.1 Γεωγραφική διάδοση	47
1.6.1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες	47
1.6.1.3 Συνθήκες περιβάλλοντος	48
1.6.1.4 Εχθροί και ασθένειες	48
1.6.1.5 Πολλαπλασιασμός	49
1.6.1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις.....	49
1.6.1.7 Ιδιότητες.....	50
1.6.2 Τεύκριο χαμαιδρύς (<i>Teucrium chamaedrys var compactum</i>)	50
1.6.2.1 Γεωγραφική διάδοση	50
1.6.2.2 Βοτανικοί χαρακτήρες	51
1.6.2.3 Συνθήκες περιβάλλοντος	52
1.6.2.4 Εχθροί και ασθένειες	52
1.6.2.5 Πολλαπλασιασμός	53
1.6.2.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις.....	53
1.6.2.7 Ιδιότητες.....	54
1.7 Υποστρώματα ανάπτυξης.....	54
1.7.1 Ελαφρόπετρα	54
1.7.1.1 Προέλευση	54

1.7.1.2 Χρήση	55
1.7.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	55
1.7.2 Κομπόστ	56
1.7.2.1 Ποιότητα του Compost	56
1.7.2.2 Φυσικές ιδιότητες	57
1.7.2.3 Χημικές ιδιότητες	58
1.7.2.4 Βιολογικές ιδιότητες	58
1.8 Φωτοσύνθεση	58
1.8.1 Μελέτη των φωτοσυνθετικών παραμέτρων μέσω του in vivo φθορισμού της χλωροφύλλης.....	59
i. Φθορισμός χλωροφύλλης και θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα του PS II (Φ_{PSII_0})	60
ii. Φωτοχημική απόδοση του PS II (Φ_{PSII})	61
iii. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)	61
iv. Συντελεστής μη- φωτοχημικής απόσβεσης (NPQ)	62
1.9 Σκοπός του πειράματος	62
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	64
2.1 Φυτικό υλικό.....	64
2.1.1 Κιβώτια εγκατάστασης έρριζων μοσχευμάτων	64
2.1.2 Υλικά διαστρωμάτωσης κιβωτίων φύτευσης	65
2.1.3 Συστατικά υποστρωμάτων ανάπτυξης	67
2.1.4 Σύνθεση υποστρωμάτων ανάπτυξης	68
2.1.4.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρώματος (pH και EC).....	69
2.1.5 Πάχος και όγκος υποστρώματος	70
2.1.6 Άρδευση.....	70
2.1.7 Φυτοπροστασία	71
2.1.8 Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης	72
i. Θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	72
2.1.9 Περιγραφή του πειράματος και επεμβάσεις	73
2.2 Μετρήσεις.....	74
2.2.1 Μέτρηση βιομετρικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του πειράματος	74
2.2.1.1 Πορεία ύψους	74
2.2.1.2 Ανθοφορία.....	74
2.2.2 Μέτρηση φυσιολογικών δεικτών	75
2.2.3 Μετρήσεις καταστροφικού πειράματος	76

2.2.3.1 Νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους.....	76
2.2.3.2 Υπολογισμός φυλλικής επιφάνειας	76
2.2.3.3 Υπολογισμός του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Leaf area index) και τις ειδικής φυλλικής επιφάνειας (Specific leaf area).....	77
2.2.3.4 Ανάλυση – Μέτρηση του νωπού και ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος	78
2.2.4 Εδαφολογική ανάλυση συστατικών υποστρωμάτων	78
2.2.4.1 Ανάλυση χόματος- κομπόστας	79
i.Μηχανική (κοκκομετρική) ανάλυση	79
ii.Προσδιορισμός εδαφικής οξύτητας (pH)	79
iii.Προσδιορισμός οργανικής ουσίας	79
iv.Προσδιορισμός ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (I.A.K) εδαφικού δείγματος.....	79
v. Ανταλλάξιμα κατιόντα K^+ και Na^+	80
vi. Ανθρακικό Ασβέστιο (Ισοδύναμο).....	80
vii.Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N)	80
viii.Προσδιορισμός διαθέσιμου φωσφόρου (P).....	80
2.2.5 Εδαφολογική ανάλυση υποστρωμάτων ανάπτυξης	81
2.2.5.1 Προσδιορισμός φυσικών και χημικών ιδιοτήτων υποστρώματος (pH και EC).....	81
i. Φυσικές ιδιότητες.....	81
ii. Χημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων ανάπτυξης (pH και EC) ...	82
2.2.5.2 Υπολογισμός βάρους υποστρώματος ανάπτυξης	82
2.2.6 Πειραματικό σχέδιο.....	83
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	84
3.1 Rosmarinus officinalis ‘Prostratus’ (Δενδρολίβανο έρπων)	84
3.1.1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά	84
3.1.1.1.Μεταβολή του ύψους.....	84
3.1.1.2.Καταστροφικό Πείραμα.....	86
3.1.1.2.1. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους	86
3.1.1.2.2 Φυλλική επιφάνεια υπέργειου μέρους	87
3.1.1.2.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(LAI) και ειδική φυλλική επιφάνεια(SLA)	88
3.1.1.2.4 Νωπό και ξηρό βάρος ριζικού συστήματος.....	90
3.1.1.2.5 Συνολική επιφάνεια (Area) του ριζικού συστήματος	91
3.1.1.2.6 Μήκος (length) του ριζικού συστήματος	92

3.1.2 Χημικές ιδιότητες(pH και EC).....	93
3.1.3 Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης του φυτού <i>Rosmarinus officinalis 'Prostratus'</i>	95
3.1.4 Τεύχος φωτογραφιών	119
3.2 <i>Teucrium chamaedrrys</i> (Τεύκριο).....	123
3.2.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά	123
3.2.1.1.Μεταβολή του ύψους.....	123
3.2.1.2.Καταστροφικό Πείραμα.....	125
3.2.1.2.1. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους	125
3.2.1.2.2 Φυλλική επιφάνεια υπέργειου μέρους	126
3.2.1.2.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(LAI) και ειδική φυλλική επιφάνεια(SLA)	127
3.2.1.2.4 Νωπό και ξηρό βάρος ριζικού συστήματος.....	129
3.2.1.2.5 Συνολική επιφάνεια (Area) του ριζικού συστήματος	130
3.2.1.2.6 Μήκος (length) του ριζικού συστήματος	131
3.2.2 Χημικές ιδιότητες(pH και EC) υποστρώματος <i>Teucrium chamaedrrys</i> ..	132
3.2.3 Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης του φυτού <i>Teucrium chamaedrrys</i>	134
3.2.4 Τεύχος φωτογραφιών	158
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	162
4.1 Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis 'Prostratus'</i>).....	162
4.2 Τεύκριο (<i>Teucrium chamaedrrys</i>)	164
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	167

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτήν πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, του τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Ευχαριστώ θερμά, την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Λέκτορα Γ.Π.Α Α. Ακουμιανάκη- Ιωαννίδου για την σημαντική και ουσιαστική καθοδήγηση, συμπαράσταση, εμπιστοσύνη, υπομονή, συνεργασία και συγγραφή της μελέτης.

Τον Λέκτορα Γ.Π.Α Γ. Λιακόπουλο, για τις συμβουλές και βοήθεια που έδωσε στην πραγματοποίηση των μετρήσεων φθορισμού καθώς και για τις υποδείξεις του για την συγγραφή της μελέτης.

Τον Καθηγητή Ν. Μουστάκα για την βοήθεια και για τις συμβουλές που υπέδειξε όσον αφορά στην εδαφική ανάλυση των συστατικών των υποστρωμάτων.

Τα μέλη του Εργαστηρίου της Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Ν. Ντούλα και Κ. Μπερτσουκλή για την συνεχή και αμέριστη βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Τον παρασκευαστή του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας, Σ. Δάλλα για την σημαντική βοήθεια που προσέφερε κατά την διάρκεια των εδαφολογικών αναλύσεων.

Την οικογένεια μου, τους φίλους μου καθώς και τον άνθρωπο μου, που ήτανε πάντα κοντά μου όλο αυτό το διάστημα λειτουργώντας καταλυτικά στις επιλογές μου.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην συμφοιτήτρια μου Λαμπρινή Ποδαροπούλου για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης μου.

Με αφορμή την ολοκλήρωση της θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους βοήθησαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην συγκεκριμένη μελέτη, διερευνήθηκε η επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος στην υπέργεια ανάπτυξη των φυτών *Rosmarinus officinalis* “Prostratus” και *Teucrium chamaedrys* σε σύστημα φυτεμένου δώματος.

Έρριζα μοσχεύματα των φυτών *Rosmarinus officinalis* “Prostratus” και *Teucrium chamaedrys* μεταφυτεύθηκαν σε πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 60x40 cm, στο πυθμένα των οποίων είχαν τοποθετηθεί τα υλικά διαστρωμάτωσης και στη συνέχεια υπόστρωμα ανάπτυξης σε δύο πάχη 7 και 15cm. Η φύτευση έγινε την 1 Απριλίου του 2010 και το πείραμα διατηρήθηκε για 6 μήνες. Για κάθε πάχος υποστρώματος ανάπτυξης και κάθε είδος φυτών χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά μίγματα υποστρωμάτων, σε αναλογία σύστασης ο/ο: Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. Για κάθε φυτικό είδος χρησιμοποιήθηκαν 18 κιβώτια, από τα οποία 9 από αυτά έφεραν υπόστρωμα ανάπτυξης πάχους 7 cm και αντίστοιχα (9) με υπόστρωμα ανάπτυξης πάχους 15cm. Σε κάθε τύπο και πάχος υποστρώματος έγιναν τρεις επαναλήψεις (κιβώτια). Σε κάθε κιβώτιο τοποθετήθηκαν (5) έρριζα μοσχεύματα φυτών Τα κιβώτια τοποθετήθηκαν πάνω σε μεταλλικά τραπέζια στον κήπο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης μετρήσεις λαμβάνονταν στο ύψος των φυτών σε όλες τις μεταχειρίσεις. Επίσης, σε τρεις χρονικές περιόδους ανάπτυξης (περίπου ανά 2 μήνες) έγιναν μετρήσεις φθορισμού της χλωροφύλλης και υπολογίστηκαν οι βασικές φωτοσυνθετικές παράμετροι: α) η θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του PS II (Φ_{PSII}), β) η λειτουργική φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), γ) η ταχύτητα ροής ηλεκτρονίων (ETR) και δ) ο συντελεστής μη- φωτοχημικής απόσβεσης κατά Stern Volmer (NPQ).

Η ανάπτυξη των φυτών στο τέλος του πειράματος, αξιολογήθηκε σε συνδυασμό των φυσιολογικών παραμέτρων και των βιομετρικών χαρακτηριστικών τους, υπέργειου (νωπό και ξηρό βάρους, φυλλική επιφάνεια LAI και SLA) και ριζικού συστήματος (νωπό, ξηρό βάρος, μήκος και επιφάνεια). Επίσης ελήφθησαν υπόψη τα αποτελέσματα των αναλύσεων των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων (pH και EC) των υποστρωμάτων ανάπτυξης καθώς και η εδαφολογική ανάλυση των συστατικών των υποστρωμάτων τους.

Στόχοι της μελέτης ήταν: α) η διερεύνηση της δυνατότητας εγκατάστασης και της ανάπτυξης των φυτών *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” και *Teucrium chamaedrys* στα δύο πάχη υποστρωμάτων που ενδείκνυται για εκτατικούς τύπους φυτοδωμάτων. β) η αξιολόγηση της επίδρασης του υποστρώματος σε βιομετρικές και φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών

Η ανάπτυξη των φυτών *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” σε υπόστρωμα μίγματος χώματος (B) ήταν η μεγαλύτερη σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας και ιδιαίτερα στο υπόστρωμα υψηλού πάχους (15cm), σε σχέση με τους άλλους χειρισμούς. Οι φωτοσυνθετικές παράμετροι βρέθηκαν σε πλήρη συμφωνία με την μακροσκοπική εικόνα των φυτών και τις βιομετρικές παραμέτρους, δίνοντας καλύτερες τιμές της φωτοχημικής απόδοσης του (Φ_{PSII}), του ρυθμού μεταφοράς των ηλεκτρονίων (ETR) και της φωτοχημικής ικανότητας του (Φ_{PSIIo}) που έδειξε πολύ καλή σύμπτωση με την ανάπτυξη των φυτών.

Το *Teucrium chamaedrys* έδωσε ανάλογα αποτελέσματα με αυτά του *Rosmarinus officinalis* ‘*Prostratus*’ με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων. Στο υπόστρωμα B (μίγμα χώματος), τα φυτά είχαν καλύτερη ανάπτυξη στη διάρκεια της καλλιέργειας και ιδιαίτερα στο υπόστρωμα μεγάλου πάχους (15cm), όπου τα φυτά υπερείχαν σημαντικά σε όλες τα βιομετρικά χαρακτηριστικά υπέργειου και ριζικού συστήματος. Ωστόσο φυτά σε μίγμα κομπόστας (A), ιδιαίτερα του μικρού πάχους (7 cm) είχαν πλουσιότερη φυλλική επιφάνεια και υψηλότερους δείκτες LAI και SLA. Οι φωτοχημικές παράμετροι, παρουσίασαν μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων και των περιόδων μετρήσεων ακόμα και στη δυσμενέστερη περίοδο του καλοκαιριού. Ωστόσο από τις τιμές της παραμέτρου Φ_{PSIIo} , στο τέλος της δυσμενούς περιόδου και σε όλες τις κατηγορίες υποστρώματος, παρατηρήθηκε ότι το φυτό ανακάμπτει πλήρως από τη καταπόνηση του καλοκαιριού έχοντας καλή ανταπόκριση στον περιορισμό της διαθεσιμότητας της εδαφικής υγρασίας.

ABSTRACT

This study examined the effect of the type and the depth of substrate in the growth of plants *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” and *Teucrium chamaedrys* in green roof system.

Rooted cuttings of *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” and *Teucrium chamaedrys* were planted on the 1st of April 2010, five of each species per plastic box with dimensions 60x40 cm, in three different substrates and two depths 7 and 15 cm. The constitution of growth substrates was: (A): 60% pumice: 40% compost, (B): 60% pumice: 40% soil, (G): 60% pumice: 20% compost: 20% soil. The pumice was used in equal quantities in all the substrates of growth, because, as an inactive material, is durable in compression, has low weight and retains humidity. Three repetitions (boxes) were performed for each depth and substrate. The boxes were placed on metal tables in the garden of Laboratory of Floriculture and Architecture of Landscape

The growth of plants *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” and *Teucrium chamaedrys* was evaluated by measuring the growth in height. Also, in three time periods of growth (roughly per 2 months) became measurements of fluorescence of chlorophyll and were calculated the basic photochemical parameters: a) Fv/Fm, b) YIELD, c) ETR and d) NPQ. The growth of plants in the end of experiment, was evaluated in combination of physiologic parameters and their biometric characteristics, above the ground (fresh and dry weight, leaf area, LAI, and SLA) and radical system (fresh, dry weight, length and surface). Also, the natural and chemical attributes of components and the substrates of growth were determined.

The objects of the study were: a) the investigation of the possibility of installation and growth of the plants *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” and *Teucrium chamaedrys* in two depths of substrates that are advisable for extensional types green roofs b) the evaluation of the effect of substrate in biometric and physiologic parameters of plants

The growth of plants *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” in substrate of mix of soil (B) was biggest in the all duration of culture and particularly in the substrate of higher depth (15cm). The photosynthetical parameters were found in complete agreement with the biometrical parameters, giving better results of YIELD, ETR and Fv/Fm that showed very good coincidence with the growth of plants.

Teucrium chamaedrys gave proportional results with those of *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' with small differentiations between the interventions. In substrate B (mix of soil), the plants had better growth during the culture and particularly in the substrate of high depth (15cm), where the plants surpassed considerably in all the biometric characteristics system above the ground and radical. However, plants in mix of compost (A), particularly small depth (7 cm) had bigger leaf area and higher indicators LAI and SLA. The photochemical parameters, presented small differentiations between the treatments of also periods of measurements even in the more unfavourable period of summertime.

However, by the results of parameter F_v/F_m , in the end of unfavourable period and in the all categories of substrates, it was observed that the plant recovers completely from the stress of summertime having good correspondence in the restriction of availability of territorial humidity.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια γίνονται συνεχείς αναφορές στην ανάγκη για περισσότερο πράσινο στις πόλεις. Επιστήμονες, δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς, αλλά και οι κάτοικοι προσπαθούν να περισώσουν τα μικρά κομμάτια ελεύθερης γης στις πόλεις για να δημιουργηθούν πάρκα, πλατείες, παιδικές χαρές κ.λπ.

Με την πάροδο του χρόνου η διαθέσιμη γη στις πόλεις περιορίζεται και η αξία των οικοπέδων ανεβαίνει σε πολύ υψηλά επίπεδα. Οι ιδιοκτήτες προσβλέπουν στη μέγιστη αξιοποίηση του ελεύθερου χώρου με την κατασκευή μεγαλύτερων κτιρίων, με αποτέλεσμα όλο και λιγότεροι χώροι να παραμένουν για αναψυχή και ανάπαυση που τόσο είναι αναγκαίοι για τους κατοίκους των πόλεων. Παράλληλα με προσπάθεια αναστροφής της πολιτικής αυτής, χρειάζεται να διερευνηθούν νέοι τρόποι, ώστε να αντικατασταθούν τα χαμένα οικοσυστήματα των πόλεων και οι δυσμενείς επιπτώσεις που η ολοένα και πιο πυκνή δόμηση επιφέρει στο περιβάλλον τους.

Τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια πιο «πράσινων» και βιώσιμων πολιτικών για τα αστικά περιβάλλοντα σε πολλές περιοχές του κόσμου, τυγχάνει όλο και πιο ευρείας αποδοχής και εφαρμογής η εγκατάσταση, στις οροφές των κτιρίων, φυσικής βλάστησης, ως μίας τεχνολογίας που έχει τη δυνατότητα να αντισταθμίσει τα περιβαλλοντικά προβλήματα των αστικών κέντρων.

Τα φυτεμένα δώματα είναι μέρος του βιώσιμου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και μπορούν να επαναφέρουν τα φυσικά στοιχεία στα σημερινά αστικά κέντρα. *Φυτεμένο Δώμα* εξ' ορισμού είναι το σύνολο ή τμήμα της επιφάνειας δώματος ή εξώστη, όπου πραγματοποιούνται παρεμβάσεις σύμφωνα με τις αρχές της επιστήμης και της τεχνικής για την εγκατάσταση βλάστησης, με σκοπό την αναβάθμιση του περιβάλλοντος (αύξηση ποσοστών πρασίνου στον αστικό ιστό, μείωση του φαινομένου της «θερμικής νησίδας», μείωση της ηχορρύπανσης, διαχείριση των όμβριων υδάτων), την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Αποτελεί την σύγχρονη λύση για τη δημιουργία πρασίνου στις πόλεις(Δ1).

1.1 Ιστορικά στοιχεία

Η ιστορία των φυτεμένων δωματίων ξεκινάει από την αρχαιότητα. Η εμφάνιση των πρώτων φυτεμένων δωματίων συναντάται με τους γνωστούς, ως ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας, γύρω στο 604-652 π.Χ.

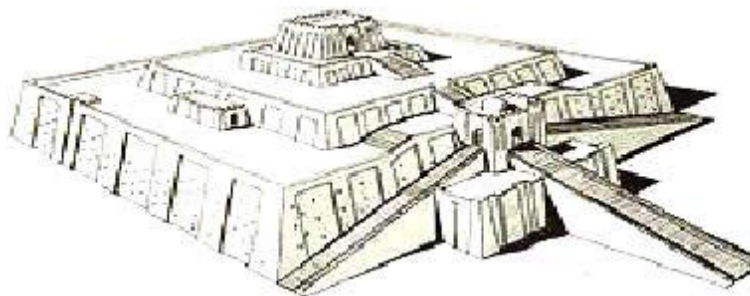
όπου, ο βασιλιάς Ναβουχοδονόσορ II τους κατασκεύασε για χάρη της περσικής καταγωγής της γυναίκας του, η οποία είχε μεγάλη νοσταλγία για τα καλυμμένα με δέντρα βουνά της πατρίδας της (English Nature Research Reports, 2003).



Εικόνα1. Κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας

(Πηγή: <http://www.wikipedia.org>)

Εξίσου σημαντικές πηγές για τους πρώτους τεχνητούς κήπους, αποτελούν τα Ζιγκουράτ, τα οποία συναντώνται και αυτά στην περιοχή της Μεσοποταμίας και αποτελούσαν τις φυτοκαλυμμένες κλιμακωτές εξέδρες πάνω στις οποίες έκτιζαν οι Βαβυλώνιοι τους ναούς και τα ιερά για να λατρέψουν τους θεούς τους.



Εικόνα 2. Ζιγκουράτ (Πηγή: <http://www.wikipedia.org>)

Οι μεταγενέστεροι οροφώκηποι είναι λιγότερο δραματικοί. Στα ελληνορωμαϊκά χρόνια, τα φυτεμένα δώματα δεν βρίσκουν πολλές εφαρμογές, παρά μόνο σε περιοχές, όπως η Φοινίκη, η Villa Diomedes στην Πομπηία και το σπίτι του Αυγούστου (28 π.Χ.) στη Ρώμη (Nature Research Reports, 2003).

Η εποχή της Αναγέννησης έφερε αρκετά καλά διατηρημένα φυτεμένα δώματα, που συναντώνται σε παλάτια και επαύλεις της Ιταλίας και σε μοναστηριακά

Εισαγωγή

συγκροτήματα στην βορειοδυτική Γαλλία με ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον για τους οροφώκηπους, το οποίο επηρεάστηκε ίσως από την αναζωογόνηση του κλασσικού πολιτισμού και της μόδας για την εισαγωγή φυτών. *Περί το 1400 ο Losino de Medici έκτισε έναν οροφώκηπο στη Βίλα του κοντά στη Φλωρεντία της Ιταλίας. Ποικιλία από εισαγόμενα φυτά χρησιμοποιήθηκαν και ο κήπος αυτός μετατράπηκε σε μια βοτανική επίδειξη και περιέργεια για περιήγηση σ' αυτόν (Ευμορφοπούλου, 1992).



Εικόνα 3-4. Παλάτι του Pallazo Piccolomini στην Pienza, μοναστήρι στον λόφο του Αγίου Μιχαήλ στην Γαλλία. (Πηγή: [http:// www.gardenvist.com](http://www.gardenvist.com))

Στην συνέχεια, οι πράσινες φυτεύσεις σε δώματα επεκτάθηκε πιο βόρεια. Στη Γερμανία ο Καρδινάλιος Johan Vah Lumberg (1689-1712) κατασκεύασε οροφώκηπους στην κατοικία του με τη μορφή εξεζητημένων παρτεριών τα οποία περικλείονταν στις τρεις πλευρές από τοίχους ζωγραφισμένους και η τέταρτη πλευρά έμενε ανοιχτή στη θέα.

Οι δημιουργίες παρέμειναν αργές μέχρι τον 19^ο αιώνα όταν ο Cari Rabbitz (1825-91) ένας εξέχων κατασκευαστής, παρουσίασε στο Παρίσι στην παγκόσμια έκθεση του 1867 ένα μοντέλο του οροφώκηπου που είχε στο σπίτι του στο Βερολίνο.

Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι τόσο οι Βίκινγκς όσο και οι Ινδιάνοι εφάρμοσαν παρόμοιες τεχνικές στα καταλύματά τους. Στη Βρετανία περί το 1890 οι αγροικίες καλυπτόντουσαν για λόγους πυροπροστασίας σε μια στρώση φυτοχώματος πάνω στην οποία φύτεωναν διάφορα φυτά.

Στον εικοστό αιώνα έγιναν ενδιαφέρουσες καινοτόμες εφαρμογές, όπως στο κέντρο Rockefeller, στην πόλη της Νέας Υόρκης. Αυτές οι πράσινες οροφές συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους και να ανθίζουν ύστερα από εβδομήντα χρόνια.



Εικόνα 5. Αεροφωτογραφία που απεικονίζει τα φυτεμένα δώματα του κέντρου Rockefeller, στην πόλη της Νέας Υόρκης. (Πηγή: [http:// www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com))

Με την αρχή του 21^{ου} αιώνα η τεχνογνωσία των φυτεμένων δωματίων μετατρέπεται σε επιστήμη, καθώς μπορεί να αντιμετωπίσει με επιτυχία πολλές από τις προκλήσεις που συναντούν οι κάτοικοι πυκνοκατοικημένων περιοχών. Στη σύγχρονη εποχή και κυρίως στην αρχιτεκτονική του 20^{ου} αιώνα, αποτελούν τυπικό φαινόμενο σε περιπτώσεις όπως η τοπική αρχιτεκτονική των περιοχών της Β. Ευρώπης (Κορράνυ, 2005).

Την δεκαετία του '60 τα φυτεμένα δώματα κάνουν δυναμική επανεμφάνιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και βιοκλιματισμό κυρίως σε χώρες όπως η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ολλανδία, η Ελβετία, η Αυστραλία και η Ιαπωνία.

Σήμερα τα φυτεμένα δώματα αποτελούν το 32% της οριζόντιας επιφάνειας των δομημένων χώρων και είναι σημαντικοί παράγοντες της κατανάλωσης ενέργειας και της ανθεκτικότητας των κτιρίων στο νερό της βροχής (Oberndorfer et al, 2007). Οι πράσινες στέγες, συμβαδίζουν με τους σκοπούς των ενεργειακών πολιτικών και των πολιτικών για βιώσιμες πόλεις τόσο στο εξωτερικό, όσο και στην Ελλάδα. Ειδικά σε χώρες του εξωτερικού όπως η Γερμανία και η Ελβετία, έχουν προωθηθεί ιδιαίτερα

μέσω της νομοθεσίας, με σημαντικά θετικά αποτελέσματα για τα αστικά περιβάλλοντα (Boscoe, 2003).

1.2 Λειτουργίες φυτεμένων δωματίων

Η αξία της ιδέας των φυτεμένων δωματίων έγκειται στο γεγονός ότι αξιοποιούν κατά το καλύτερο δυνατό τρόπο έναν «χαμένο» ουσιαστικά αστικό χώρο. Στις μεγάλες πόλεις υπήρχε επίσης επιτακτική ανάγκη των ανθρώπων να κινηθούν σε χώρους πιο δροσερούς και ευχάριστους σε σχέση με αυτούς που βρίσκονται στο επίπεδο των δρόμων κυκλωμένοι από την κίνηση των αυτοκινήτων και του πλήθους. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να δημιουργηθούν οι χώροι αυτοί σε πιο ευχάριστες συνθήκες που μπορούν να προσφέρουν κατόπιν κατάλληλης διαμόρφωσης οι οροφές των κτιρίων.

Η βασική ιδέα της δημιουργίας των φυτεμένων δωματίων είναι ταυτόχρονα απλή και σύνθετη. Απλή είναι για το λόγο ότι στοχεύει στη διαμόρφωση του χώρου που βρίσκεται στην οροφή των κτιρίων κυρίως για να εξυπηρετήσει μερικές από τις λειτουργίες που εξυπηρετεί και η διαμόρφωση του χώρου στο επίπεδο του εδάφους(Δ₂). Η φύτευση καθώς και άλλα κατασκευαστικά στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιούνται και σε επιφάνειες της γης. Ταυτόχρονα είναι και σύνθετη γιατί υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να δημιουργηθεί ένα τοπίο στην οροφή των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Η δυνατότητα που προσφέρουν τα φυτεμένα δώματα στους ανθρώπους για να έρθουν σε επαφή με έναν ανοικτό φυσικά διαμορφωμένο χώρο αποκτά ιδιαίτερη σημασία αν αναλογιστούμε την αναλογία των ελεύθερων χώρων ανά κάτοικο που υπάρχει σε αρκετά αστικά κέντρα.(π.χ. Στην Αθήνα αντιστοιχεί 2,25 m² πρασίνου ανά κάτοικο, στο Παρίσι 8,35 m², Λονδίνο 9 m², Βιέννη 15 m² και στην Νέα Υόρκη 50m²). (Υ.Πε.Χω.Δ.Ε, 1994)

Η δημιουργία φυτεμένων δωματίων προσφέρει επιπλέον τη δυνατότητα για το διαχωρισμό και την απομόνωση δραστηριοτήτων. Μακριά από την κίνηση των οχημάτων και των πεζών είναι εφικτό να υπάρξει ένας χώρος για ηρεμία και ξεκούραση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των φυτεμένων δωματίων είναι η αναβάθμιση της παρουσίας και ο εξωραϊσμός των κτιρίων που προσφέρουν όταν αυτά είναι θεατά από άλλα σημεία και ιδιαίτερα από πιο ψηλά κτίρια.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών αλληλοεξαρτώμενες λειτουργίες και αποτελέσματα που αφορούν στα φυτεμένα δώματα:

- α) Οικολογικές παράμετροι
- β) Η προάσπιση της οικονομίας και του περιβάλλοντος
- γ) Η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο

Σε κάθε περίπτωση η σπουδαιότητα και η ιεράρχηση των παραπάνω λειτουργιών διαφέρουν.

Οι λειτουργίες και τα αποτελέσματα μελετώνται για την εκτίμηση των κατασκευών στα πλαίσια της συμβατότητας τους με το περιβάλλον και την εξομάλυνση της περιβαλλοντικής επίδρασης, μια διαδικασία στην οποία η βαρύτητα που δίνεται σε κάθε παράγοντα διαφέρει ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.

Για την εξασφάλιση των ζητούμενων λειτουργιών και αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο, με κατάλληλους στόχους, να τεθούν ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά στη σύνθεση και στην πυκνότητα της κατασκευής, καθώς και στο ύψος και στο είδος του πρασίνου.

1.3 Οφέλη φυτεμένων δωματίων

Η σύγχρονη τάση σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η δημιουργία λειτουργικών φυτεμένων δωματίων. Τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν ένα σημαντικό σύνολο διαφορετικών πλεονεκτημάτων. Από αυτά τα πλεονεκτήματα, πολλά βελτιώνουν το περιβάλλον, την κοινωνία, την οικονομία και άλλα ωφελούν το ίδιο το κτίριο.

Συγκεκριμένα:

1.3.1 Περιβαλλοντικά- οικολογικά οφέλη

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή επενδύσεων φυτεμένων δωματίων, είναι πολλά και σημαντικά. Έχει υπολογιστεί ότι με την αντικατάσταση κοινών στεγών από πράσινες, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε μία

πόλη μπορούν να μειωθούν κατά 1,0 – 5,3%. (Saiz et al, 2006). Παρακάτω αναλύονται μερικά από αυτά:

Τα φυτά είναι γνωστό ότι δια του μεταβολισμού τους (φωτοσύνθεση) απορροφούν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και αποβάλλουν στην ατμόσφαιρα καθαρό οξυγόνο (Bernatzky, 1974).

Επίσης, ψύχουν την ατμόσφαιρα και μειώνουν την συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα της τάξης του 10-20% (World Business Council For Sustainable Development, 2007)

Έρευνα του πανεπιστημίου του Μίσιγκαν επισημαίνει ότι 55.000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα(CO_2) ετησίως θα ήταν δυνατόν να απορροφήσει μια πόλη σε αστικές περιοχές σαν αυτή του Ντιτρόιτ με πληθυσμό ένα εκατομμύριο περίπου, αν φυτεύονταν όλες οι ταράτσες των κτιρίων τους πράσινες(Δ_2). Αν αναλογιστούμε ότι το οξυγόνο λόγω του ειδικού του βάρους είναι βαρύτερο στην ατμόσφαιρα και είναι δύσκολο να μεταφερθεί στα άνω στρώματα από το υπαίθριο πράσινο, είναι επιτακτική ανάγκη της φύτευσης των δωματίων όπου με μεγαλύτερη ασφάλεια, ακόμη και στις ημέρες άπνοιας θα μπορούσε να μεταφερθεί καθαρό οξυγόνο στους χώρους εργασίας ή διαμονής αυτών των πράσινων κτιρίων(Δ_{12}).

1.3.1.1 Περιορισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας

Τα φυτεμένα δώματα δροσίζουν και αυξάνουν την υγρασία της ατμόσφαιρας, δημιουργούν ευχάριστο μικροκλίμα και συμβάλλουν σημαντικά στην άμβλυνση του φαινομένου της θερμικής νησίδας με την αποφυγή ακραίων τιμών της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, αφού τα φυτά απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μέσω των βιολογικών τους διαδικασιών, όπως η αναπνοή συμβάλλουν στην μείωση της θερμοκρασίας (Takebayashi et al, 2007).

Αποβάλλουν μεγάλες ποσότητες καθαρού οξυγόνου κατά τον μεταβολισμό τους, δροσίζουν το κτίριο και τον περιβάλλοντα χώρο, βελτιώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο και τη διαφορά των θερμοκρασιών στα αστικά κέντρα(Δ_2).

Η φυσική βλάστηση στις στέγες των κτιρίων συμβάλει επίσης και στην μείωση των κάθετων ρευμάτων αέρα.

1.3.1.2 Αύξησης βιοποικιλότητας (χλωρίδας και πανίδας)

Έρευνα που αφορούσε στη σύγκριση της βλάστησης δύο εκτατικών τύπων φυτεμένου δώματος στο Βερολίνο, κατέληξε στο ότι στη βιοποικιλότητα των φυτών παίζει μεγάλο ρόλο η επίδραση της θερμοκρασίας, καθώς και ο προσανατολισμός, η παλαιότητα και το μέγεθος της στέγης (Kohler, 2005). Περιοχές που προστατεύονται μπορούν να παρέχουν είδη προς εξαφάνιση από τη χλωρίδα και την πανίδα σε ανεπτυγμένες περιοχές.

Τα φυτεμένα δώματα δημιουργούν αυτόνομα οικοσυστήματα και ενθαρρύνουν την παρουσία και την παραμονή της πανίδας (έντομα, πουλιά) στο περιβάλλον. Το μέσο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των φυτών στα φυτεμένα δώματα μπορεί να φιλοξενήσει μικροοργανισμούς που ζουν στο χώμα και έτσι να προωθηθεί ένα είδος αστικής οικολογίας (Schradera, 2006).

1.3.1.3 Δέσμευσης σκόνης και ρύπων

Η φυτική κάλυψη ενός φυτεμένου δώματος λειτουργεί σαν φίλτρο που συγκρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια. Τα νιτρικά και άλλα επιβλαβή συστατικά του αέρα απορροφούνται και φιλτράρονται μέσω της φυλλικής επιφάνειας και με την βοήθεια της βροχής καταλήγουν στο υπόστρωμα των φυτών(Δ₃). Το χώμα και τα φυτά μετατρέπουν με την βοήθεια των ωφέλιμων μικροοργανισμών, που εμπεριέχονται στο οργανικό υπόστρωμα, τα βαριά μέταλλα (καδμίου, χαλκού και σιδήρου) και τα επικίνδυνα σωματίδια που αιωρούνται από τους ρύπους στην ατμόσφαιρα σε θρεπτικά στοιχεία για τις ανάγκες των φυτών και κατ' αυτόν τον τρόπο δεν επιτρέπουν την μόλυνση των υπόγειων και θαλάσσιων υδάτων (Boscoe, 2003).

1.3.1.4 Έλεγχος και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων

Μείωση της απορροής των όμβριων υδάτων μετά από έντονες βροχοπτώσεις και το νερό που συγκρατείται μπορεί να αποδοθεί πάλι στη φύση μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής(Δ₄).

Τα φυτεμένα δώματα κατακρατούν περίπου το 75% της ποσότητας του όμβριου ύδατος για σύντομο χρονικό διάστημα και το 15-20% από αυτό για περίπου 2 μήνες. Ένα πάχος στρώματος από βρύα 2,5 cm και ειδών του γένους *sedum*, διατηρεί περίπου το 58% της βροχόπτωσης, ενώ ένα στρώμα 10cm χλόης, περίπου το 71% αντίστοιχα (English Nature Research Reports, 2003).

1.3.1.5 Μείωση της ηχορύπανσης

Το κενό αέρος που δημιουργείται μεταξύ της επιφάνειας του δώματος και των υποδοχών του αποστραγγιστικού, επιδρά σημαντικά στην ηχομόνωση των κτιρίων.

Η διεύθυνση του ανέμου και η ένταση του, η θερμοκρασία και η υγρασία καθορίζουν το επίπεδο της ηχητικής όχλησης στο αστικό περιβάλλον(Ρήγα-Καρανδεινού, 1995).

Η πλούσια πολυκλαδισμένη φυλλική επιφάνεια των φυτών στην πλήρη ανάπτυξη τους, αποτελεί ισχυρή ηχομόνωση έναντι της ηχορύπανσης(Δ_3).

Η μείωση της ηχορύπανσης από τα πράσινα δώματα που ανακλάται μειώνεται κατά 3 dB, ενώ του κτιρίου υπολογίζεται κατά 8 dB μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή που προσφέρει μια συμβατική μόνωση (Jenrick, 2005).

1.3.2 Οφέλη του κτιρίου

Η παρουσία φυτικού υλικού οδηγεί στην μείωση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια έως 45° C, σε σχέση με ένα συμβατικό δώμα και στην σταθεροποίηση της επιφανειακής θερμοκρασίας κατά τις θερμότερες μέρες και ώρες του χρόνου σε <35°C. Οπότε, οι κατασκευαστικές απαιτήσεις της στέγης μειώνονται όσον αφορά το φυσικό, χημικό ή βιολογικό στρες και ταυτόχρονα την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των υδατοστεγανών μεμβρανών λόγω των μειωμένων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας. Επίσης, συντελούν στην μείωση του κινδύνου φθοράς των υδατοστεγανών μεμβρανών από εξωτερικές μηχανικές πιέσεις, όπως επίσης και της αρνητικής επίδρασης των ανέμων(Δ_5).

1.3.2.1 Θερμομόνωση κτιρίου

Το φυτεμένο δώμα ενισχύει την θερμομόνωση και μειώνει τις ενεργειακές απώλειες και τις θερμικές ανταλλαγές με το περιβάλλον, ενώ παράλληλα προστατεύει τις υποκείμενες στεγανοποιητικές μονωτικές μεμβράνες(Δ_5).

Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των στρώσεων και του γεγονότος ότι εντός αυτών παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα. Το φυτεμένο δώμα λειτουργεί λοιπόν ως μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση, ελαττώνοντας τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα.

1.3.2.2 Δροσισμός του κτιρίου

Ένα φυτεμένο δώμα βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο μέσω της φυλλικής επιφάνειας του η οποία παρέχει σκιασμό στην επιφάνεια του δώματος και εξασφαλίζει με τον τρόπο αυτό τη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου μειώνοντας 30-40% τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό(Δ₅). Οι άμεσες επιδράσεις από την δημιουργία σκιάς υπολογίζονται στα 10-35% της συνολικής μείωσης της σκίασης. Το υπόλοιπο προέρχεται από την διαδικασία αναπνοής των φυτών (Santamouris et al, 2005).

Επιπρόσθετα, στο φυτεμένο δώμα αξιοποιείται και το φαινόμενο της εξάτμισης για την παραγωγή ψύξης καθώς και της συμπύκνωσης υδρατμών με παραγωγή θερμότητας. Με τη διαδικασία αυτή («εξατμισοδιαπνοή»), τα φυτά προσφέρουν ψυκτικά ή θερμικά φορτία, τα οποία με τη σειρά τους παρέχουν δροσισμό ή θέρμανση το καλοκαίρι και το χειμώνα. Η φύτευση τριών δένδρων ανά κτίριο μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη από 17% έως και 24%.

1.3.2.3 Ενίσχυση της διάρκειας ζωής της κατασκευής του δώματος

Το φυτεμένο δώμα προστατεύει τα υποκείμενα μονωτικά υλικά από φθορές που θα προκαλούσε η έκθεση τους στα έντονα καιρικά φαινόμενα. Διαρκούν περισσότερο από τα συμβατικά καθώς τα υλικά διαστρωμάτωσης της κατασκευής δεν έρχονται σε επαφή με την θερμότητα και το νερό της βροχής. Τα δώματα τα οποία είναι φυτεμένα αυξάνουν κατά το διπλάσιο τον χρόνο ζωής του σε σχέση με τα συμβατικά, αυξάνοντας τον χρόνο συντήρησής τους στα 30-40 χρόνια έναντι στα 5-10 χρόνια που χρειάζονται τα συμβατικά δώματα(Δ₆).

1.3.2.4 Πυροπροστασία

Τα πράσινα δώματα προστατεύουν τα κτίρια από την φωτιά. Έρευνα που διεξήχθη στο Βερολίνο για την αντίσταση ενός πράσινου δώματος στη φωτιά βρέθηκε ότι τα φυτεμένα δώματα εμποδίζουν την εξάπλωση της φωτιάς καλύτερα από τα δώματα με χαλίκι(Δ₃). Αυτό οφείλεται στην κατακράτηση νερού από τα παχύφυτα που χρησιμοποιούνται για τη φύτευση (Kohler, 2004). Μάλιστα, στο "καταφύγιο ταινιών" στο UFA Studios στο Μπάμπελσμπεργκ της Γερμανίας, που δημιουργήθηκε στη δεκαετία του 1930 για την αποθήκευση σημαντικών έργων (όπως

ταινίες της Μάρλεν Ντίντριχ), για την ενίσχυση της πυρασφάλειας χρησιμοποίησαν φυτεμένα δώματα σε συνδυασμό με χοντρούς εσωτερικούς τοίχους (Kohler, 2003).

1.3.2.5 Προστασία από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Τα κτίρια βομβαρδίζονται στην κυριολεξία από ακτινοβολίες κεραιών κινητής τηλεφωνίας, εκπομπών ραδιοφωνίας-τηλεόρασης καθώς επίσης μικροκυμάτων και ηλιακής ακτινοβολίας(Δ₈).

Έρευνες που έχουν γίνει στο Μόναχο της Γερμανίας στην πόλη Κάσσελ κάνουν λόγο για περιορισμό της διείσδυσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα κτίρια με φυτεμένα δώματα μέχρι και 99,4% (Herman, 2003).

1.3.3 Κοινωνικά οφέλη

Τα φυτεμένα δώματα αξιοποιούν κενούς χώρους, βελτιώνουν της συνθήκες ζωής και τους μετατρέπουν σε χώρους αναψυχής. Αποτελούν κοινωνικό μέσο αναζωογόνησης υποβαθμισμένων αστικών περιοχών. Δημιουργούν χώρους πρασίνου, τοπιακές κατασκευές (κιόσκια, παιδότοπους), χώρους κατάλληλους για ψυχαγωγία και συνάθροιση, για κοινωνικοποίηση και ξεκούραση λειτουργώντας παράλληλα ως πόλος έλξης για τους περιοίκους και επιλέγοντας τους ως σημείο συνάντησης(Δ₈).

1.3.3.1 Αισθητική αναβάθμιση αστικού τοπίου

Οι πράσινες στέγες ομορφαίνουν τα κτίρια, εξομαλύνουν τις σκληρές γκρίζες επιφάνειες και αναβαθμίζουν τις πόλεις έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση και ανάκτηση των πράσινων επιφανειών. Βοηθούν τους ανθρώπους να γνωρίσουν την αξία της βιοποικιλότητας και να εκτιμήσουν το φυσικό τοπίο.

Οι άχρωμοι και χωρίς αισθητική ελεύθεροι χώροι, διαμορφώνονται σε χώρους πρασίνου βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής και οι τσιμεντένιες μεγαλουπόλεις μετατρέπονται σε οικολογικές πόλεις γεμάτο βιότοπους και με καθαρό περιβάλλον(Δ₇).

Η αισθητική προσφορά των φυτεμένων δωμαίων βελτιώνει την ψυχική ισορροπία των κατοίκων τους. Η πνευματική υγεία και η συναισθηματική σταθεροποίηση τους επηρεάζονται έντονα από τους χώρους πρασίνου και αλληλεπιδρούν με τα στοιχεία της φύσης. Έρευνες έχουν δείξει ότι άνθρωποι που ζουν σε πυκνοκατοικημένες περιοχές είναι λιγότεροι ευάλωτοι σε ασθένειες, εάν έχουν πρόσβαση σε κάποιο φυτοκαλυμμένο δώμα ή μπαλκόνι, λόγω του βελτιωμένου μικροκλίματος στον χώρο αυτό(Δ₉).

1.3.4 Οικονομικά οφέλη

Η χρήση της τεχνολογίας των φυτεμένων δωματίων αναβαθμίζει στο σύνολο τα κτίρια, τις πόλεις, τις χώρες με εμφανή αποτελέσματα τόσο στην αξία του κτιρίου όσο και στην διαφήμιση και την αναβάθμιση της εικόνας μιας πόλης ή μιας χώρας. Έρευνες σε Αμερική και Βρετανία, έδειξαν ότι οι πράσινες ταράτσες μπορούν να προσδώσουν από 6% ως 15% στην αξία του σπιτιού (Δ_6).

Το χαμηλότερο ενεργειακό κόστος, το χαμηλό επίπεδο ηχορύπανσης, τα μειωμένα έξοδα συντήρησης και η αισθητική αναβάθμιση των ορόφων και ακάλυπτων περιοχών αποτελούν πλεονεκτήματα τα οποία ανεβάζουν την αξία των κτιρίων των περιοχών και των πόλεων.

Η εγκατάσταση φύτευσης στα δώματα των κτιρίων μπορούν να δώσουν την δυνατότητα καλλιέργειας εμπορεύσιμων φυτικών ειδών (οπωροκηπευτικά). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί τουλάχιστον η αυτάρκεια των ιδιοκτητών του δώματος σε ποικιλία προϊόντων κάποιων καλλιεργούμενων ειδών μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις δαπάνες των νοικοκυριών τους (Δ_{10}).

Αν φυτεύονταν το 6% των δωματίων των κτιρίων του Τορόντο, η μείωση της απορροής των υδάτων θα εξοικονομούσε 60.000.000 \$, που θα χρησιμοποιούσαν για την κατασκευή χώρων αποθήκευσης και επεξεργασίας των υδάτων καθώς και του αποχετευτικού συστήματος (Peck et al, 2005).

Η δαπάνη για την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος σε απόλυτες τιμές μπορεί να είναι μηδενική ως πολύ υψηλή, ανάλογα με τη μορφή του δώματος και τις απαιτήσεις του χρήστη του (Δ_9). Όμως η οικονομική επιβάρυνση στη συνολική δαπάνη του κτιρίου θεωρείται πολύ χαμηλή. Κυμαίνεται κατά κανόνα από 0,1% έως 2% και εξαρτάται όχι μόνο από τη μορφή του δώματος αλλά και από το είδος και το μέγεθος του κτιρίου. Σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το 5%. Υπολογίζοντας τις ευεργετικές επιδράσεις της βλάστησης στα κτίρια, οικολογικές, μικροκλιματικές και εσωκλιματικές, όλη αυτή η οικονομική επιβάρυνση μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντη.

1.4 Μειονεκτήματα φυτεμένων δωματίων

Έπειτα, από ένα σύνολο λειτουργιών και οφελών που προσφέρουν τα φυτεμένα δώματα τόσο στην κοινωνία, στο περιβάλλον και στο κτίριο, παρατηρούνται και ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι αναλύονται ως εξής:

1.4.1 Οικονομική επιβάρυνση

Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δωματός απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, καθώς ένα πράσινο δώμα κοστίζει αρκετά παραπάνω από την τιμή κατασκευής ενός συμβατικού δωματός. Η διαφορά αυτή αποσβένεται μέσα σε δύο έτη και από εκεί και μετά αποτελεί κερδοφόρο επένδυση αφού εξοικονομεί χρήματα για το ιδιοκτήτη (Δ_8).

Η συντήρηση ενός φυτεμένου δωματός κυρίως όταν δεν έχει προηγηθεί προσεκτική μελέτη και εγκατάσταση απαιτεί οικονομικές επιβαρύνσεις. Το φυτικό υλικό του δωματός, οι τοπιακές κατασκευές και τα κατασκευαστικά στοιχεία του κήπου χρειάζονται περισσότερη συντήρηση από ένα συμβατικό δώμα (Δ_{11}).

Οι διαρροές νερού που προέρχονται κυρίως από την διάτρηση των υλικών διαστρωμάτων και οφείλονται στο ριζικό σύστημα των φυτών, έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση της υγρασίας στο δώμα, την καταστροφή του συστήματος μεμβρανών καθιστώντας αναγκαία την εγκατάσταση νέων υλικών επιβαρύνοντας παραπάνω τον οικονομικό προϋπολογισμό (Oberlander et al, 2002).

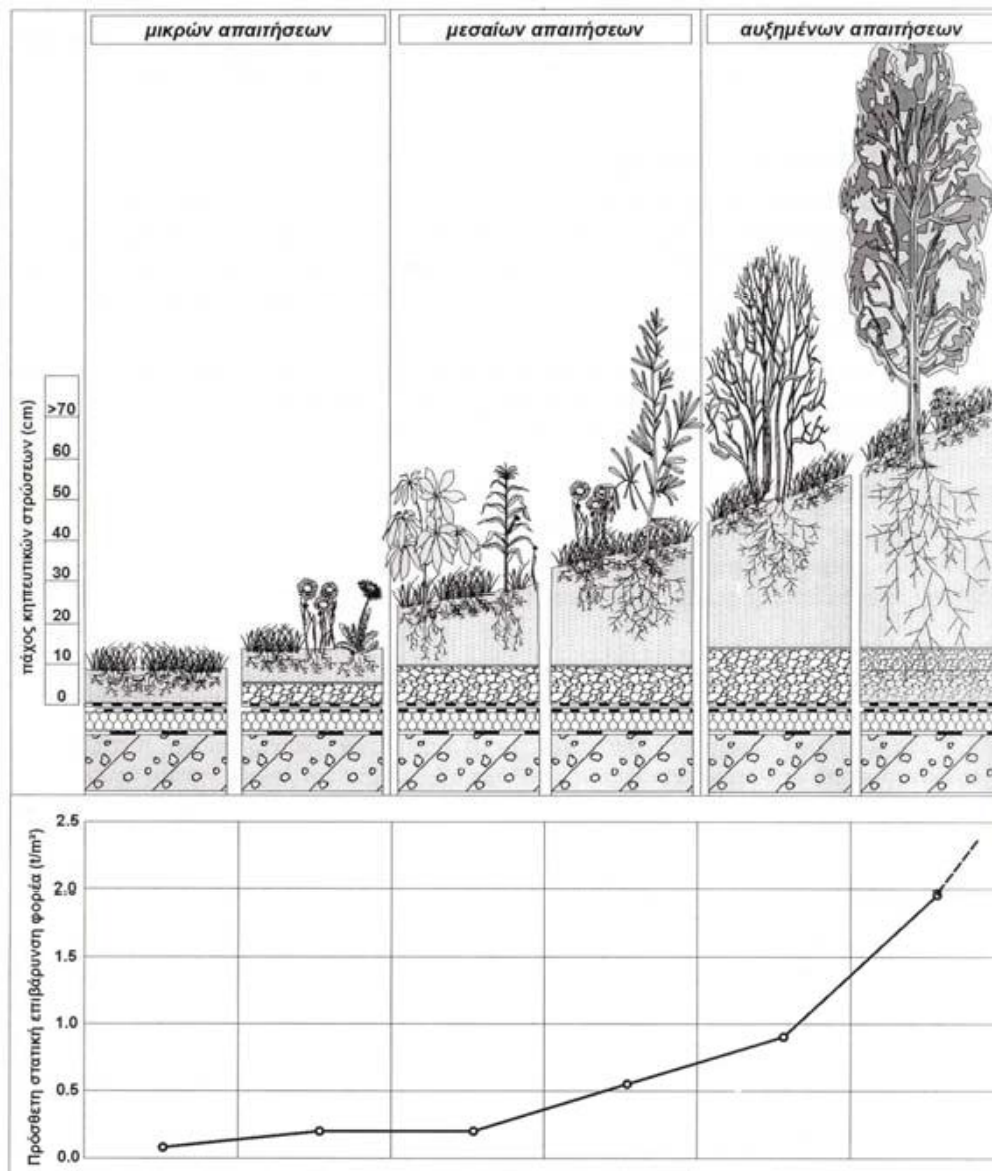
1.4.2 Περιβαλλοντικά - Οικολογικά

Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα τα οποία παρατηρούμε στα φυτεμένα δώματα και ιδιαίτερα στους εντατικού και λιγότερο στα ημί-εντατικού τύπου, είναι η έκλυση χημικών στοιχείων (σίδηρος, αλουμίνιο, φώσφορος και άζωτο) από φυτοφάρμακα και λιπάσματα και καταλήγουν στα υπόγεια αστικά νερά (Maren et al, 2003).

Ένα επίσης σημαντικό αρνητικό, είναι ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός ορισμένων ειδών πανίδας, όπως αράχνες, ποντίκια, αρουραίοι κ.α, τα οποία καθιστούν ενοχλητική την εμφάνιση και την παρουσίαση τους ιδιαίτερα στο εσωτερικό των κτιρίων (Ζαχαροπούλου, 2004).

1.4.3 Ασφαλείας

Η δημιουργία ή απαγόρευση της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος στηρίζεται αρχικά και μόνο σε έναν παράγοντα, αυτόν της φέρουσας στατικότητας. Σε περίπτωση που η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχτεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του φυτεμένου δώματος πρέπει να θεωρείται εξ' αρχής απαγορευτική(Δ₇).



Εικόνα 6. Στατική επιβάρυνση φορέα (Πηγή:<http://www.kepa.uoa.gr>)

Σε φυτεμένα δώματα που είναι εύκολη η πρόσβαση επισκεπτών θα πρέπει να λαμβάνεται σίγουρα η περιμετρική ασφάλεια του δώματος, ώστε να αποφευχθεί κάθε κίνδυνος (Oberlander et al, 2002).

Η μελέτη και κατασκευή του φυτεμένου δώματος θα πρέπει να γίνεται με απόλυτη προσοχή από ένα σύνολο επιστημονικών ειδικοτήτων με απόλυτη υπευθυνότητα και αξιοπιστία προς τον ιδιοκτήτη και τον επισκέπτη του δώματος.

1.5.Τεχνολογική εξέλιξη φυτεμένου δώματος

Η σύγχρονη τεχνολογία στον τομέα των φυτεμένων δωμάτων εξελίσσεται με στόχο τη δημιουργία χαμηλού και μέσου πρασίνου (εδαφοκάλυψη – θάμνοι μεσαίοι, δέντρα) στην οροφή με το μικρότερο δυνατό φορτίο, την αποφυγή πρόσθετου οπλισμού και το μικρότερο κόστος κατασκευής.

Τα βασικότερα προβλήματα που έλυσε η σύγχρονη τεχνολογία για την κατασκευή των φυτεμένων δωμάτων είναι η θερμική μόνωση, η στεγανοποίηση, η αποστράγγιση, η δημιουργία ελαφρού υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών, καθώς και η σωστή άρδευση για την ανάπτυξη και διατήρηση του επιθυμητού πρασίνου(Δ_{13}).

Στις χώρες της Ευρώπης (Γερμανία, Ολλανδία κ.λ.π) και στις ΗΠΑ εδώ και χρόνια υπάρχουν εξειδικευμένες εταιρείες που μελετούν, κατασκευάζουν και διαθέτουν τα κατάλληλα υλικά και φυτά ώστε να συνδυάζουν την ελαφριά κατασκευή και την υγιή ανάπτυξη του πρασίνου με άριστα οικονομοτεχνικά και αισθητικά αποτελέσματα ανάλογα με τη χρήση του φυτεμένου δώματος. Σήμερα λοιπόν είναι πολύ εύκολο να δημιουργηθούν υπέροχοι κήποι ή ακόμα ένα απλό καθιστικό, μια πέργκολα, μια σκιά ή μερικά δέντρα. Αρκούν 10 εκατοστά μόνο ειδικού υποστρώματος με βάρος γύρω στα 100 Kg/m² για τη δημιουργία ενός κήπου με ποώδη φυτά, φυτά εδαφοκάλυψης ή χλοοτάπητα. Με υπόστρωμα 30 εκατοστά οι δυνατότητες επεκτείνονται σε θάμνους, ενώ με την κατάλληλη στήριξη μπορούμε να συμπεριλάβουμε στο σχεδιασμό ακόμη και δέντρα.

1.5.1 Τύποι φυτεμένων δωμάτων

Διακρίνονται τρεις τύποι φυτεμένου δώματος, ανάλογα με την χρήση, την βλάστηση, το πάχος υποστρώματος ανάπτυξης φυτών τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή του και τη μέθοδο κατασκευής του.

1.5.1.1 Εκτατικός τύπος (extensine greenroof)

Το σύστημα αποτελείται από σύστημα υποδομής και ειδικό ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 7έως 15εκ., το οποίο μαζί με το φυτικό υλικό δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα (Kohler, M., 2005). Το φορτίο κυμαίνεται από 70 ως 120 kg/m² κορεσμένο, και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής στο σύνολο της επιτρέπει την εγκατάσταση της σχεδόν σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 30°. Σε κλίσεις άνω των 20° απαραίτητη είναι η πρόσθετη χρήση γεωκυψελών ή στοιχείων συγκράτησης του υποστρώματος. Ιδανικά για αυτό το είδος είναι τα φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτικοί τάπητες, χλοοτάπητες, αγριολούλουδα, είδη Sedum, φυτά εδαφοκάλυψης, βρύα και παχύφυτα περιορισμένης υπέργεια ανάπτυξης(FLL,2002). Κοστίζει περίπου 85€ το τετραγωνικό μέτρο.

Πλεονεκτήματα εκτατικού συστήματος φυτοδώματος:

- Εφαρμόζεται κυρίως σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων ή πρανή
- Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, στον άνεμο και στο ψύχος.
- Απλός σχεδιασμός και εγκατάσταση με μικρά φορτία
- Κατάλληλο για μεγάλες επιφάνειες
- Χαμηλό κόστος συντήρησης και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε εμπειρίας και τεχνογνωσίας
- Μειωμένο κόστος (Peck et al, 2003)
- Δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις εγκρίσεων και τεχνικών σχεδιασμού

Παρά τον μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων, παρουσιάζουν και ορισμένα *μειονεκτήματα* τα οποία είναι τα εξής:

- Μειωμένη συγκράτηση των όμβριων υδάτων
- Δυσκολία πρόσβασης, μειωμένη χρήση
- Περιορισμένος αριθμός ειδών φυτών για χρήση
- Μικρή ενεργειακή απόδοση



Εικόνα7. Φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου στην Σιγκαπούρη (School of Art and Design) (Πηγή:[http://www. greenroofs.com](http://www.greenroofs.com))

1.5.1.2 Ημι-εντατικός τύπος (semi-intensive greenroof)

Το σύστημα αποτελείται από σύστημα υποδομής και ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 12 έως 40εκ., με κορεσμένο φορτίο 120-250 kg/m²(Δ₁₄). Είναι ο ενδιάμεσος τύπος εντατικού και εκτατικού τύπου, εφαρμόζεται σε επικλινείς ή επίπεδες οροφές απαιτεί περιοδική συντήρηση (θρέψη, κλάδεμα, φυτοπροστασία, κλπ) και περιοδική άρδευση. Η ποικιλία των ειδών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνει χλοοτάπητες, θαμνοσυστάδες, ποώδη φυτά και ιθαγενής αυτοφυής μικρούς/μεσαίους θάμνους. Κοστίζει περίπου 95€ το τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 8. Φυτεμένο δώμα ημι-εντατικού τύπου στην Μεγάλη Βρετανία.
(Πηγή:[http:// www.zinco-greenroof.com](http://www.zinco-greenroof.com))

1.5.1.3 Εντατικός τύπος (intensive greenroof)

Απαιτούν εντατική διαχείριση και συντήρηση και η αρχή σχεδιασμού τους βασίζεται στην δημιουργία ενός υποστρώματος μεγάλου βάθους, στο οποίο θα φυτευθούν φυτά, που θα αρδεύονται συστηματικά και αυτοπονημένα και θα διαχειρίζεται συστηματικά την θρέψη τους (Boscoe, A., 2003). Το σύστημα αυτό συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, σε σύστημα υποδομής με υπόστρωμα 15-150 εκ. και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250 kg/m². Αυτός ο τύπος φυτεμένου δώματος απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ.) και περιλαμβάνει ποικιλία φυτών, μικρών δένδρων και θάμνων (Δ_{11}). Αποτελούν βαριά συστήματα, με συνέπεια να αυξάνονται οι πιθανότητες εμφάνισης διαρθρωτικών συνεπειών για το κτίριο (Caudrey, 2005). Ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η συντήρηση όλου του συστήματος θα πρέπει να γίνεται από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό. (Peck et al, 2003)

Πλεονεκτήματα εντατικού τύπου συστήματος:

- Υποστηρίζει πέραν του φυτικού υλικού, τοπιακές κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού κ.α
- Αξιόπιστη μόνωση και συγκράτηση των όμβριων υδάτων (Δ_8)
- Ελκυστικό οπτικά όλο τον χρόνο
- Δεν υπάρχει περιορισμός επιλογής φυτών
- Προσδόκιμο χρόνο ζωής αυξανόμενο

Μειονεκτήματα εντατικού τύπου φυτοδώματος:

- Μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- Μεγάλο βάρος εγκατάστασης, επιβαρύνει το κτίριο
- Απαιτεί εξειδικευμένο συνεργείο για την εγκατάσταση(Peck et al, 2003)
- Δεν εφαρμόζεται για κλίσεις > 3-5%



Εικόνα 9. Φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου στην Βασιλεία, Ελβετία. (Πηγή: <http://www.zinco-greenroof.com>)

1.5.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού φυτεμένου δώματος

Για την εγκατάσταση φυτεμένων δωμαίων είναι απαραίτητη προϋπόθεση η συνεργασία πολλών επαγγελματικών ειδικοτήτων και ειδικά συνεργεία εγκατάστασης με τον απαραίτητο μηχανολογικό εξοπλισμό, όπως Πολιτικοί μηχανικοί, Αρχιτέκτονες, Αρχιτέκτονες τοπίου, Γεωπόνοι και Ηλεκτρολόγοι. Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το δώμα πρέπει να λαμβάνονται ως σημαντικά κριτήρια για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου.

Οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν τον συνολικό σχεδιασμό του φυτεμένου δώματος αλλά και την σύνθεση της φύτευσης, είναι οι εξής:

- **Απλότητα**

Η πρώτη αρχή του σχεδιασμού είναι η απλότητα. Για την εφαρμογή αυτής της αρχής ο σχεδιαστής θα πρέπει πρώτα να κατανοήσει το χώρο που πρόκειται να σχεδιάσει και στη συνέχεια να προχωρήσει στην υλοποίηση των ιδεών του. Σε περιπτώσεις σαν αυτές που καθήκον του σχεδιαστή να δημιουργήσει απλότητα στο χώρο, έτσι ώστε να προσφέρει ένα χώρο για ξεκούραση και ηρεμία.

- **Ισορροπία**

Η δεύτερη αρχή του σχεδιασμού είναι η ισορροπία. Η ισορροπία, υπονοεί, εισάγει την αίσθηση της σταθερότητας. Πετυχαίνετε, με τη συμμετρική τοποθέτηση αντικειμένων γύρω από ένα κεντρικό κάθετο άξονα. Η ισορροπία πετυχαίνεται επίσης και σε μια ασύμμετρη διάταξη με τον κατάλληλο χειρισμό του όγκου, της απόστασης και του χώρου.

- **Αναλογία**

Τρίτη αρχή είναι η αρχή της αναλογίας. Η αναλογία εξετάζει τις σχέσεις ύψους και πλάτους μεταξύ όλων των στοιχείων που συνθέτουν έναν κήπο. Η αρχή αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για τα φυτά, τα κατασκευαστικά στοιχεία και τα κτίρια. Όλα πρέπει να βρίσκονται στο σωστό μέγεθος μεταξύ τους και σε γενικές γραμμές με τα άτομα που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο χώρο.

- **Εστίαση**

Η αρχή της εστίασης βρίσκει εφαρμογή σε κάθε εξωτερικό χώρο, σε ένα ή δύο επιλεγμένα σημεία. Βασίζεται στο γεγονός ότι προσελκύει αμέσως την προσοχή, όταν γίνει αντιληπτό κάποιο αντικείμενο ή μια σκηνή που αποτελούν το σημείο της εστίασης (σχήμα, χρώμα, μέγεθος, υφή, ήχος ή ακόμη και κίνηση).

- **Ρυθμός**

Η αρχή αυτή χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει την αίσθηση της κίνησης στον παρατηρητή. Ρυθμός στο οπτικό σκηνικό βρίσκεται στην πατέντα που δημιουργείται από «κτυπήματα» στη χωρική διάταξη των αντικειμένων, τα οποία ακολουθεί το μάτι μας. Ο ρυθμός διευθύνει και οδηγεί το μάτι μας στο σχεδιασμό. Υπονοεί, προτείνει κίνηση. Σχεδιασμός χωρίς ρυθμό είναι χωρίς ενδιαφέρον. Ο σωστός χειρισμός του δημιουργεί έκφραση και ενθουσιασμό.

Οι βασικές αρχές που υιοθετούνται κατά την συνολική μελέτη εγκατάστασης ενός φυτεμένου δώματος κτιρίου είναι (English Nature Research Reports, 2003):

- Επιλογή των κατασκευαστικών και φυτικών υλικών, ώστε η συνολική εγκατάσταση να φέρει το δυνατότερο μικρότερο φορτίο.
- Επιλογή κατάλληλων, ανθεκτικών και γηγενών, ή ήδη εγκλιματισμένων στο τοπικό περιβάλλον, φυτών.
- Η ανακύκλωση των όμβριων υδάτων και η χρησιμοποίησή τους κατά την άρδευση.
- Η σύνθεση φυτικών και δομικών υλικών, ώστε να είναι δυνατή ή δημιουργία κατάλληλων ενδιαιτημάτων.
- Η μείωση των πλακοστρωμένων επιφανειών.
- Χρήση όσο τον δυνατόν λιγότερων και απλών υλικών καθώς και υιοθέτηση απλών σχεδιαστικών προτάσεων.
- Η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών με μεγάλη διάρκεια χρήσης.
- Η ύπαρξη ειδικών χώρων παραγωγής compost, φυτικών υποστρωμάτων και ανακυκλώσιμων υλικών.
- Μελέτη του μικροκλίματος, όπως ένταση και κατεύθυνση ανέμου, μέση ηλιοφάνεια, σκίαση, το επίπεδο των βροχοπτώσεων κ.α.
- Δημιουργία επιμέρων χώρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρέχοντας αξιοπιστία στο σύνολο των αισθήσεων των επισκεπτών.

1.5.3 Εγκατάσταση φυτεμένων δωματίων

Υπάρχουν αρκετές διαβαθμίσεις όσον αφορά την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ της απλής και της σύνθετης κατασκευής. Μπορεί να λεχθεί ότι η δημιουργία των φυτεμένων δωματίων είναι ένα τεχνητό περιβάλλον το οποίο χωρίζεται από τη γη με την παρεμβολή μιας κτιριακής κατασκευής.

Η διασφάλιση μεγάλης διάρκειας ζωής ενός φυτεμένου δώματος προϋποθέτει τον προσδιορισμό και την ανάλυση των παραγόντων που καθιστούν ένα δώμα κατάλληλο για φύτευση.

Οι παράγοντες που εξετάζονται είναι οι εξής:

- ❖ Κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής (το μικροκλίμα της περιοχής, την εμφάνιση περιόδων ξηρασίας και παγετού, την συχνότητα και την ένταση των ετησίων βροχοπτώσεων καθώς και των επικρατούντων ανέμων κ.α).

- ❖ Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της στέγης/δώματος (απορροή του νερού των βροχοπτώσεων από τη στέγη, η κλίση απορροής της επιφάνειας του δώματος, η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου, η έκθεση των επιφανειών της στέγης, τα ρεύματα του αέρα, κ.α).
- ❖ Ιδιαίτερες απαιτήσεις του φυτικού υλικού.
- ❖ Ένταση καλλιεργητικών φροντίδων.

Η διαμόρφωση ενός φυτεμένου δώματος εκτός από τον προσδιορισμό και την ανάλυση των προαναφερόμενων παραγόντων, συνδυάζεται και από την άρτια εγκατάσταση των υλικών επικάλυψης του δώματος, την άρτια διαστρωμάτωση υλικών εγκατάστασης φυτικού υλικού καθώς και των κατάλληλων συστημάτων προστασίας του. Παρακάτω, προσαρτώ σχηματικά τα επίπεδα που θα πρέπει να εξασφαλίζει ένα φυτεμένο δώμα:



Εικόνα10. Επίπεδα φυτεμένου δώματος (Πηγή: <http://www.nophadrain.nl>)

1.5.3.1 Διαδικασία επικάλυψης δώματος

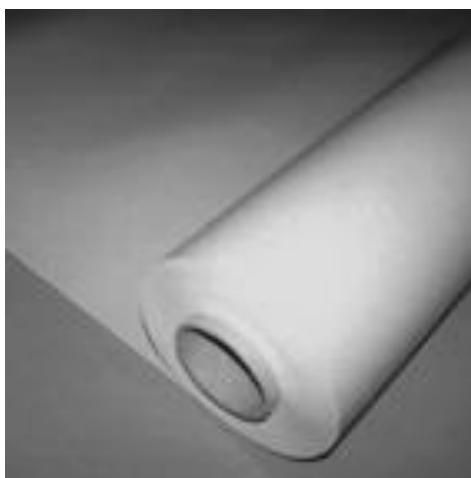
- i. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας
- ii. Διαχωριστική μεμβράνη
- iii. Δημιουργία φράγματος υδρατμών
- iv. Θερμομονωτικό επίπεδο
- v. Στεγανωτικό επίπεδο
- vi. Στρώση εξίσωσης των πιέσεων

i. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας

Δημιουργία στρώσης ρύσεων με χρήση κατάλληλου υλικού (ελαφροσκυρόδεμα, περλομπετόν, γαρμπιλοσκυρόδεμα κτλ.) με ελάχιστη κλίση 1.5%. Μετά την ξήρανση της τελικής στρώσης η επιφάνεια των ρύσεων θα πρέπει να είναι βατή και λεία και χωρίς σαθρά σημεία(Δ_{15}). Σημεία ατελειών επισκευάζονται τοπικά με τσιμεντοκονίαμα. Στη συνέχεια επαλείφεται η επιφάνεια των ρύσεων με υγρή ελαστομερή ασφαλτική κόλλα, ψυχρής εφαρμογής (Ευαγγελίου et al, 2008).

ii. Διαχωριστική μεμβράνη

Η διαχωριστική μεμβράνη τοποθετείται σε περίπτωση μη χημικής συμβατότητας των υλικών στεγάνωσης και του φυτεμένου δώματος(Δ_{15}). Η συγκεκριμένη μεμβράνη παρεμποδίζει την μετάδοση των συνεπειών που έχουν οι συστολές, οι διαστολές και η τραχύτητα της επιφάνειας του κτιρίου στις υπερκείμενες στρώσεις επικάλυψης του δώματος. Τα υλικά αυτά είναι κυρίως διάτρητες ασφαλτικές μεμβράνες οπλισμένες με υαλούφασμα ή συνθετικές μεμβράνες (Ευμορφοπούλου,1992).



Εικόνα 11. Διαχωριστική μεμβράνη. (Πηγή:[http:// www. prasinistegi.gr](http://www.prasinistegi.gr))

iii. Φράγμα υδρατμών

Αποσκοπεί στην παρεμπόδιση της συμπύκνωσης των υδρατμών που δημιουργούνται από το εσωτερικό της οροφής και στην παρεμπόδιση της διέλευσης των υδρατμών στο θερμομονωτικό επίπεδο που βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών(Ευμορφοπούλου,1992). Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι φύλλα PE, το συνθετικό καουτσούκ ή το πολυϊσοβουτυλένιο (Ευμορφοπούλου,1992).



Εικόνα 12. Φράγμα υδρατμών (Πηγή:[http:// www.monosimacon.com](http://www.monosimacon.com))

iv. Θερμομονωτικό επίπεδο

Το θερμομονωτικό επίπεδο βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών και αποτελείται από αφρώδη υλικά με την μορφή πλάκας, όπως είναι η αφρώδης πολυστερίνη, ο αφρός πολυουρεθάνης, ο εμποτισμένος φελλός, η εξηλεασμένη πολυστερίνη και το αφρώδες γυαλί(Δ_{14}). Γίνεται η τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών με τέτοιο τρόπο που να μην δημιουργούνται διάκενα, σύμφωνα με τη μελέτη θερμομόνωσης (Ευαγγελίου et al, 2008).

v. Στεγανωτικό επίπεδο

Η στεγανωτική στρώση δημιουργείται για την προστασία των υλικών επικάλυψης του δώματος από το νερό της βροχής και της άρδευσης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι είτε ασφαλτικά, όπως τα ασφαλτικά φύλλα και οι πολυμερισμένες ασφαλτικές μεμβράνες είτε σύνθετα θερμοπλαστικά, όπως η

άσφαλτος με πολυμερισμένο αιθυλένιο(ΕCB), το βινύλιο με πολυαιθυλένιο(ΕVΑ), το βουτυλικό καουτσούκ(ΠΑ)(Δ₅).

vi. Στρώση εξίσωσης των πιέσεων

Υπερκείμενα της στεγανωτικής στρώσης δημιουργείται η στρώση εξίσωσης των πιέσεων, με σκοπό την αιμάτωση ή και τον μηδενισμό των υπό πίεση υδρατμών που μπορούν να εμφανιστούν κάτω από την στρώση. (Ευαγγελίου et al, 2008).

1.5.3.2 Διαστρωμάτωση υλικών εγκατάστασης φυτικού υλικού

Η κατασκευή των φυτεμένων δωματίων πραγματοποιείται με επάλληλες λειτουργικές στρώσεις από υλικά με τεχνικά χαρακτηριστικά που να συνδυάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο που να εξασφαλίζουν ένα πλήρως λειτουργικό και βέλτιστο αποτέλεσμα.

- i. Μembrάνη ελέγχου ανάπτυξης ριζικού συστήματος
- ii. Μembrάνη συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης
- iii. Αποστραγγιστικό σύστημα
- iv. Διηθητικό Φύλλο
- v. Υπόστρωμα Ανάπτυξης Φυτών
- vi. Φυτικό υλικό

i. Μembrάνη ελέγχου ανάπτυξης ριζικού συστήματος

Η αντιρριζική μεμβράνη είναι κατασκευασμένη από ηλεκτρονικά ελεγμένο πολυαιθυλένιο (PE), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) ή εύκαμπτη πολυολεφίνη (FPO). Προσφέρει συνεχή προστασία στη μόνωση της οροφής από μηχανικές καταστροφές κατά την διάρκεια εγκατάστασης του φυτεμένου δώματος, από λίπανση, από την διείσδυση του ριζικού συστήματος των φυτών, αποτρέποντας έτσι την διάτρηση των στεγανώσεων της οροφής(Δ₆).



Εικόνα 13. Μεμβράνη PVC για στεγανοποιήσεις ταρατσών με αντιριζική αντοχή βάση της διεθνούς απαίτησης FLL. (Πηγή:[http:// www.renovat.gr](http://www.renovat.gr))

ii. Μεμβράνη συγκράτησης υγρασίας και μηχανικής προστασίας της μόνωσης

Ένα από τα βασικά ζητήματα που έχει να εξετάσει ο μελετητής κατά την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι η προστασία από την υγρασία. Η συσσώρευση υγρασίας στο δώμα για την καλή λειτουργία του και η επιθετικότητα των ριζών των φυτών είναι οι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στην επικάλυψη αλλά και στο φέροντα οργανισμό του δώματος(Δ_{16}). Η στρώση αυτή έχει την ικανότητα να συγκρατεί νερό και θρεπτικά στοιχεία και να τα παρέχει στα φυτά ετεροχρονισμένα, καθώς και την προστασία του δώματος από μηχανικές φθορές(Caudrey,2005). Η επιθετικότητα των ριζών αποτελεί το πιο σημαντικό πρόβλημα και η αντιμετώπιση της καθορίζει την επιτυχία της κατασκευής. Οι βλάβες που μπορεί να προκαλέσει είναι:

- Απόφραξη των υδρορροών
- Διάτρηση της στεγάνωσης του δώματος. Αποτέλεσμα της διάτρησης της στεγάνωσης από τις ρίζες είναι η διείσδυση της υγρασίας κάτω από αυτήν, οπότε καταστρέφεται – εφόσον υπάρχει η θερμομόνωση(Δ_8). Αλλά το πρόβλημα κυρίως βρίσκεται στη διείσδυση της υγρασίας στο φέροντα οργανισμό, με όλες τις επιπτώσεις του φαινομένου. Επιπλέον, οι ρίζες αναζητώντας την υγρασία διεισδύουν και στο φέροντα οργανισμό του δώματος και προκαλούν σε αυτόν μικρές ή μεγάλες μηχανικές βλάβες.

- Το υπόστρωμα είναι κατασκευασμένο από πολυεστερικές συνθετικές και ανακυκλωμένες ίνες. Έχει πάχος από 3 ως 7χιλ, και συγκρατεί νερό από 3 λιτ/τμ ως 7 λιτ/τμ.
- Προσφέρει επιπλέον προστασία στην υποκείμενη αντιριζική μεμβράνη, στα συστήματα στεγάνωσης από πλήγματα.



Εικόνα 14. Μεμβράνη συγκράτησης υγρασίας και μηχανικής προστασίας της μόνωσης. (Πηγή:[http:// www. prasinistegi. gr](http://www.prasinistegi.gr))

iii. Αποστραγγιστικό Σύστημα

Στην σύγχρονη τεχνολογία φυτεμένων δωματίων προτείνονται αποστραγγιστικά συστήματα που είναι κατασκευασμένα από θερμοδιαμορφωμένο πολυαιθυλένιο (HDPE), ή ανακυκλωμένο πολυστερένιο και από υδροφοβική διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) με αμφίπλευρες εγκολπώσεις, κενούς χώρους στους οποίους συσσωρεύεται νερό και από τους οποίους η περίσσεια ύδατος οδηγείται στις υδρορροές ή συγκεντρώνεται σε ειδική δεξαμενή για επανάχρηση και όχι πληθώρα υλικών όπως χαλίκι, ελαφρόπετρα, διογκωμένη άργιλος, αφρώδες γυαλί και σχιστόλιθος τα οποία μπορεί να δημιουργήσουν φυτοτοξικότητες καθώς και επιπλέον βάρος στο δώμα (Ευαγγελίου et al. 2008).

Το αποστραγγιστικό σύστημα πρέπει να λειτουργεί σαν αποθήκη νερού, με ενιαία αποστράγγιση και αερισμό του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών καθώς και προστασία για υποκείμενες μεμβράνες. Σε δώματα με κλίσεις μεγαλύτερη των 5° και ύψος φυτικού υλικού μικρότερο των 25cm, δεν κρίνεται απαραίτητο αποστραγγιστικό δίκτυο (Τσογγαράκης, 2005).

Το αποστραγγιστικό σύστημα αποτελείται συνήθως από ένα διάτρητο φύλλο πολυστερίνης με κωνοειδείς προεξοχές ορισμένου πάχους (11mm), και

επικολημένων αμφίπλευρα, με επανασυγκολλούμενη κόλλα διαρκείας, δύο μη υφαντών γεωϋφασμάτων(Δ_{17}). Ο κωνοειδής πυρήνας τους είναι διάτρητος έτσι ώστε, αφ' ενός μεν να αποστραγγίζει τα πλεονάζοντα νερά του ποτίσματος, αφ' ετέρου να συγκρατεί εντός των κώνων σημαντική ποσότητα νερού για την απαιτούμενη υγρασία του κηπευτικού χώματος, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο οικονομία ποτίσματος και άριστη λειτουργία του δώματος(FLL, 2002).



Εικόνα 15. Αποστραγγιστικό φύλλο. (Πηγή:[http:// www. prasinistegi. gr](http://www.prasinistegi.gr))

iv. Διηθητικό Φύλλο

Το διηθητικό φύλλο είναι κατασκευασμένο από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο και είναι σχεδιασμένο ώστε να αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχιδίων από το υπόστρωμα στο αποστραγγιστικό σύστημα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το φράξιμό του και να εμποδίσουν τη ροή του νερού. Πρέπει να τοποθετείται παράλληλα με το αποστραγγιστικό σύστημα και σε ομαλή επιφάνεια με αλληλοκάλυψη τουλάχιστον 10 cm του γεωφάσματος(Δ_6).

Ανθεκτικό σε λιπάσματα, οξέα, αλκάλια και οργανικές ενώσεις π.χ. φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ. Να είναι βιολογικά και χημικά ουδέτερο.



Εικόνα 16. Διηθητικό φύλλο. (Πηγή:<http://www.prasinistegi.gr>)

v. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών

Επιλέγεται υπόστρωμα το οποίο θα είναι εμπλουτισμένο με τα κατάλληλα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, με οργανικές ύλες πλούσιας φυτικής προέλευσης ή τύρφη (Minke, 2009).

Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών δίνει τη δυνατότητα στα φυτά:

- Να αναπτύξουν ένα πυκνό ριζικό σύστημα και ικανοποιεί τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ανάγκες των φυτών.
- Απαιτείται να έχει συγκεκριμένο πορώδες, pH και κοκκομετρία, ανάλογα με το φυτικό υλικό που θα επιλεγεί.
- Πρέπει να είναι σταθερό, να απορροφά και να συγκρατεί νερό για την ανάπτυξη των φυτών και να επιτρέπει μόνο την περίσσεια νερού να οδηγείται στο αποστραγγιστικό σύστημα.
- Πρέπει να επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμα και όταν είναι κορεσμένο με νερό.
- Πρέπει σε βάθος χρόνου να μην συμπιέζεται .
- Να αποτελεί σταθερή βάση για τα φυτά προκειμένου να αυξηθεί η ανθεκτικότητά τους στους ισχυρούς ανέμους.
- Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών πρέπει να είναι απαλλαγμένο από σπόρους ζιζανίων.
- Επίσης δεν πρέπει να υπάρχουν σε αυτό προνύμφες εντόμων ή σπόρια μυκήτων που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στα φυτά που θα εγκατασταθούν.

Όσο αυξάνεται το πάχος του υποστρώματος ανάπτυξης που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνει διαφοροποίηση στην περιεκτικότητα του φυτικού υποστρώματος όσον αφορά στην οργανική ουσία. Η οργανική ύλη δεν θα πρέπει να ξεπερνά το ποσοστό του 20% (Solomon, 2003).

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



Εικόνα 17. Φυτικό υπόστρωμα. (Πηγή:[http:// www.prasinistegi.gr](http://www.prasinistegi.gr))

Εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιούνται είναι:

A) Οργανικά

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

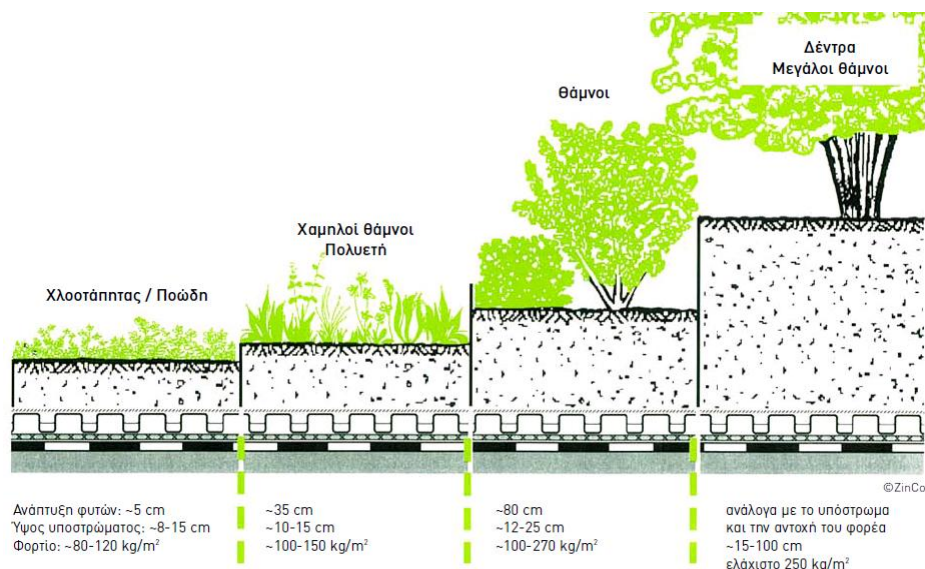
B) Ανόργανα

- Περλίτης
- Ελαφρόπετρα
- Γη των διατόμων
- Βερμικουλίτης
- Ζεόλιθος
- Λέκκα
- Άμμος

Τυπικά χαρακτηριστικά υποστρώματος ενός φυτεμένου δώματος:

- pH 6,5-8,5,
- Περιεκτικότητα σε άλατα <3,5
- Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία 3% ως 20% Συνολικός όγκος πόρων 60%-80%
- Μέγιστη Υδατοικανότητα 20%-50%
- Παρουσία Αργίλου <7%
- Κορεσμένο Ειδικό βάρος < 1.200 kg/m³

Η σύσταση και η δομή του υποστρώματος εξαρτώνται από το είδος του φυτικού υλικού και τις απαιτήσεις του σε υγρασία, αερισμό και θρεπτικά στοιχεία(Δ11).



Εικόνα 18. Ύψος- πάχος υποστρώματος φυτεμένου δώματος.

(Πηγή:<http://www.egreen.gr>)

vi. Φυτικό υλικό

Η επιλογή του φυτικού υλικού λαμβάνει υπ' όψη τους κλιματολογικούς και οικολογικούς παράγοντες, το ριζικό σύστημα των φυτών (για την αποφυγή διάτρησης των στεγανώσεων), το αισθητικό αποτέλεσμα και τον τύπο του φυτεμένου δώματος, που ορίζει το πάχος και το είδος του φυτικού υποστρώματος.

Βασικοί παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Η αντοχή των φυτικών ειδών στις υψηλές θερμοκρασίες, στην ηλιακή ακτινοβολία, στον πάγο και στην ένταση του ανέμου.
- Ανθεκτικότητα σε ασθένειες και ζωικούς εχθρούς
- Να μην υπερβαίνουν το μέγιστο μέγεθος για κάθε βάθος υποστρώματος (Γιαννούλη, 2007).
- Μειωμένες απαιτήσεις σε συντήρηση
- Να έχουν το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα όλο τον χρόνο (Oberlander et al, 2002).
- Εύκολη ικανότητα τους για αναπαραγωγή

Οι μέθοδοι εγκατάστασης του φυτικού υλικού εξαρτάται από τον τύπο του δώματος, το είδος του φυτικού υλικού και τις διαφορετικές μορφές φύτευσης. Οι συνήθεις τρόποι εγκατάστασης είναι (FLL, 1995):

- Χρήση μοσχευμάτων
- Φύτευση μεμονωμένων φυτών
- Σπορά με ή χωρίς συγκολλητικές ουσίες
- Υδροσπορά
- Εγκατάσταση χλοοτάπητα με ή χωρίς ενισχυτικά

1.5.4 Αρχές συντήρησης φυτεμένου δώματος

Γενικά, η συντήρηση σε ένα φυτεμένο δώμα δεν διαφέρει σημαντικά με αυτήν σε στέρεο έδαφος και περιλαμβάνει : την θρέψη, την άρδευση, την φυτοπροστασία, το κλάδεμα του φυτικού υλικού, την κοπή της χλόης, την σταθεροποίηση του και την ασφάλεια του δώματος. Εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του φυτεμένου δώματος και από τον προκείμενο σχεδιασμό του.

- *Άρδευση*

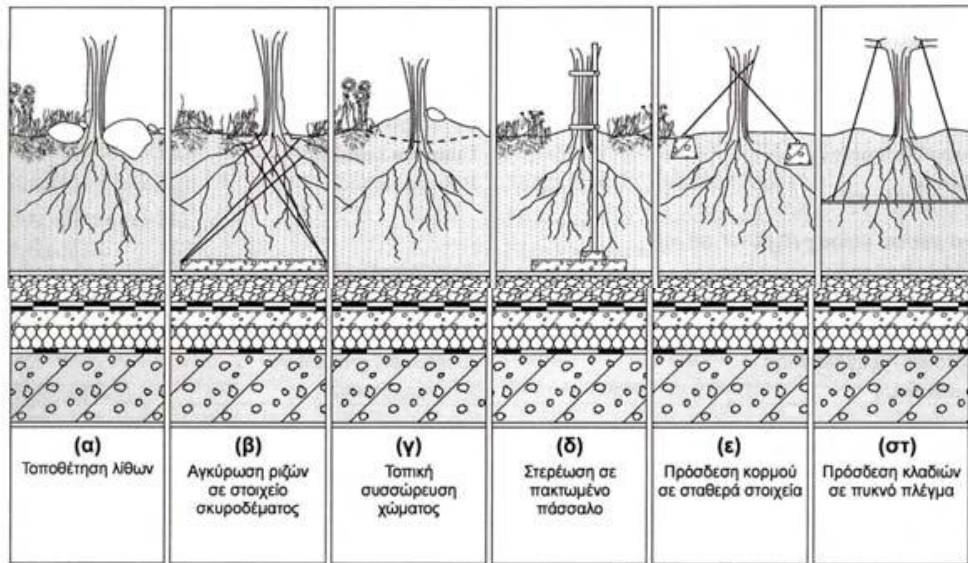
Η λειτουργία του αρδευτικού δικτύου είναι επικουρική την περίοδο ξηρασίας. Ο τύπος αρδευτικού δικτύου εξαρτάται από το είδος της βλάστησης που έχει εγκατασταθεί στα φυτεμένα δώματα και από τον τύπο του φυτεμένου δώματος. Το πότισμα είναι βασική προϋπόθεση για την καλή ανάπτυξη και διατήρηση των φυτών. Πολύ λίγα είδη φυτών αρκούνται μόνο στα νερά της βροχής και δεν έχουν ανάγκη ποτίσματος αλλά και σε εκείνες τις περιπτώσεις

θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα που θα διευκολύνουν τη συγκράτηση του βρόχινου νερού, όπως παχύτερη αποστραγγιστική στρώση που θα συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού και επιλογή των πλέον υδρόφιλων υλικών.

Ενώ το έδαφος διαθέτει θεωρητικά απεριόριστη ποσότητα νερού, την οποία μπορούν τα φυτά να αναζητήσουν με τη βαθύτερη διείσδυση των ριζών τους σε αυτό, δε συμβαίνει το ίδιο με το φυτεμένο δώμα. Αυτό αποτελεί μια κλειστή ενότητα, που μπορεί να συγκρατήσει μέχρι μια ορισμένη ποσότητα νερού που εύκολα μπορεί να εξαντληθεί. Επειδή μάλιστα αναπτύσσονται σε φυτά πολύ υψηλές θερμοκρασίες και επιδρά έντονα ο άνεμος, η εξάτμιση του νερού επιτυγχάνεται ευκολότερα και ταχύτερα. Για το λόγο αυτό πρέπει πάντα να προβλέπεται η τεχνητή άρδευση ώστε να διατηρείται μόνιμη υγρασία στο εδαφικό υπόστρωμα.

- *Σταθεροποίηση φυτικού υλικού*

Η διαδικασία αυτή βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα και σε φυτικό υλικό (δένδρα, θάμνοι) μεγάλων διαστάσεων. Οι μεγάλες εντάσεις ανέμων που επικρατούν στα δώματα των κτιρίων προϋποθέτει μέριμνα και πρόληψη του συγκεκριμένου φυτικού υλικού, με μεθόδους που αποσκοπούν στα βέλτιστα αποτελέσματα. Οι μέθοδοι αυτοί βρίσκουν εφαρμογή είτε στο υπέργειο μέρος του φυτικού υλικού με την χρήση πασσάλων(ξύλινων ή μεταλλικών) ή με την χρήση αντηρίδων, είτε στο υπόγειο ριζικό τους σύστημα με την χρήση εξειδικευμένων αντηρίδων συγκρατώντας έτσι το ριζόχωμα τους.



Εικόνα 19. Μέθοδοι σταθεροποίησης φυτικού υλικού από ισχυρούς ανέμους

(Πηγή: <http://www.kepa.uoa.gr>)

- *Ασφάλεια του δώματος και των επισκεπτών*

Τα φυτεμένα δώματα θα πρέπει να πληρούν τις απαραίτητες διαδικασίες ασφαλείας χρησιμοποιώντας ειδικά υλικά διακόσμησης (φυτοδοχεία, αδρανή υλικά κ.α) τα οποία δεν θα προσδίδουν στο δώμα επιπρόσθετο βάρος, να διαθέτουν αξιόπιστο σύστημα πυρασφάλειας και επιπλέον να διαθέτουν την κατάλληλη περίφραξη για την ασφάλεια των επισκεπτών.

1.6 Τα φυτά Δενδρολίβανο έρπων (*Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*”) και Τεύκριο χαμαιδρύς (*Teucrium chamaedrys* var *compactum*)

1.6.1 Δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis* “*Prostratus* ”)

1.6.1.1 Γεωγραφική διάδοση

Το δενδρολίβανο το έρπων συναντάται ως αυτοφυούμενο φυτό σε ασβεστώδη εδάφη, σε πετρώδη βουνά της Ισπανίας, της νοτίου Γαλλίας, του Αλγερίου, της Δαλματίας, της νοτίου Ιταλίας, της Ελλάδος και γενικά στις χώρες της μεσογείου.

Στην Ελλάδα συναντάται σε πετρώδες τόπους της ηπειρωτικής Ελλάδος, της Πελοποννήσου και των νησιών.

Επίσης συναντάται ως καλλιεργούμενο φυτό στους ανθόκηπους και στους λαχανόκηπους, είτε για χρήση μαγειρικής είτε ως αρωματικό για την παρασκευή διάφορων φαγητών.



Εικόνα 20. Το φυτό *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*”.

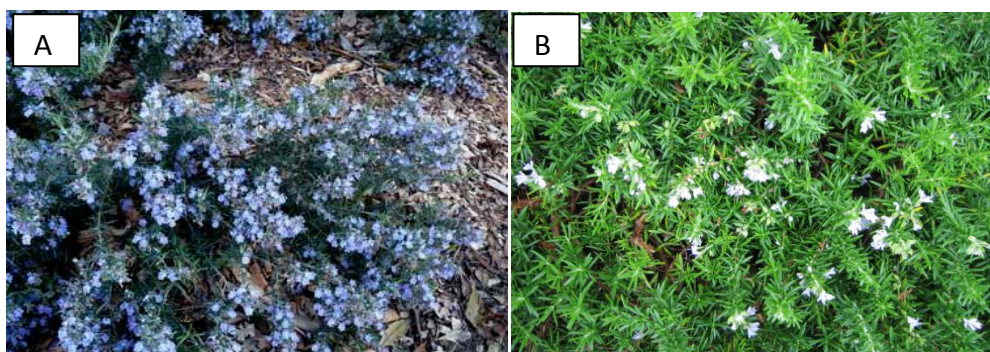
(Πηγή: [http:// www.gardenandplants.gr](http://www.gardenandplants.gr))

1.6.1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες

Είναι θάμνος φρυγανώδες, ξηροφυτικό, ύψους από 15-50 εκατοστά και πλάτος μέχρι και 2 μέτρα μέγιστο. Διακλαδίζεται έντονα, οι βλαστοί του είναι πυκνόφυλλοι και πλάγιας κατευθύνσεως (Stuart, 1992).

Φύλλα: Τα φύλλα του είναι επιφυή, αντίθετα, βαθύπράσινα τα κάτω είναι λευκόπρασσινα χνουδωτά. Είναι γραμμοειδή, επιμήκη με τα χείλη συνεστραμμένα.

Άνθη: Τα άνθη εκφύονται πολλά μαζί κατά σπονδύλους στις μασχάλες των φύλλων. Έχουν χρώμα κυανόλευκο ή λευκό, αρωματικά, μήκους 6-12 χλστ. Που εκφύονται σε διετείς ή πολυετείς βλαστούς μεταξύ των φύλλων.



Εικόνα 21. Ανθοφορία του *Rosmarinus Officinalis* “*Prostratus*”(A): Κυανό και (B): Λευκό χρώμα. (Πηγή: [http:// www. nortplantas.com](http://www.nortplantas.com))

Εποχή και εύρος άνθησης: Την περίοδο του καλοκαιριού από τον Ιούνιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο

Κάλυκας: Είναι δίχειλός, κωνοειδής με το άνω χείλος ωοειδές ακέραιο και το σχισμένο σε δύο λογχοειδές λοβούς.

Στεφάνη: Είναι δίχειλός με το κάτω χείλος τρίλοβο και το κάτω δισχιδές κυρτό.

Στήμονες: Δύο μακρά νήματα, Ανθήρες γραμμοειδείς μονόχωροι.

Καρπός: Κάρυο, λείο.

Ταχύτητα ανάπτυξης: Κανονική.

1.6.1.3 Συνθήκες περιβάλλοντος

Λόγω της ξηροφυτικής του διάπλασης κατέχει σημαντική αντοχή στην ξηρασία. Αναπτύσσεται ταχύτερα και ανθοφορεί περισσότερες φορές του έτους όταν καλλιεργείται υπό συνθήκες αρδεύσεις ή σε εδάφη που διατηρούν την υγρασία(Brickell, 1999).

Αναπτύσσεται καλύτερα σε θερμές περιοχές. Αλλά και σε χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα αναδεικνύει αξιόλογη αντοχή. Σε θερμοκρασίες από 0 έως -10 βαθμούς κελσίου δεν παρατηρείται κάποιο σοβαρό πρόβλημα στα φυτικά του μέρη, αντίθετα σε θερμοκρασίες κάτω του -10 έχουν παρατηρηθεί καταστροφή του υπέργειου μέρους του. Αντέχει σε μια μεγάλη κλίμακα pH του εδάφους(Newton, 1973).

1.6.1.4 Εχθροί και ασθένειες

Ανθεκτικό φυτό στις μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές, προσβάλλεται κάποτε από το ωίδιο όταν ο καιρός είναι ψυχρός και υγρός.

1.6.1.5 Πολλαπλασιασμός

Εμπορικά πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιασθεί και με σπόρο, αλλά τα παραγόμενα φυτά δεν θα είναι όμοια με το μητρικό φυτό από το οποίο ελήφθησαν τα μοσχεύματα, λόγω υβριδισμού (Wilson, 1993).

Τα μοσχεύματα πρέπει να είναι μήκους 8-10 εκατοστά και τα οποία πρέπει να φυτευτούν στο έδαφος με τρόπο ώστε να καλύπτεται από το έδαφος το μισό του μήκους του. Αφαιρούνται τα φύλλα στο κατώτερο 1/3 του μήκους τους και εμβαπτίζονται σε ορμόνη ριζοβολίας. Τοποθετούνται σε υδρονέφωση, ριζοβολούν εύκολα σε 2-3 βδομάδες. Το υπόστρωμα στο οποίο θα καλλιεργηθούν θα πρέπει να αποτελείται από ίσους όγκους χωνεμένης κοπριάς και ποταμίσιας άμμου (Σκρούμπας, 1990).

Τα μοσχεύματα φυτεύονται κατά γραμμές σε απόσταση μεταξύ τους των 40 cm και επί των γραμμών σε απόσταση 10 cm. Στην συνέχεια για έρθουν τα μοσχεύματα σε πλήρη επαφή με το έδαφος πιέζονται αρκετά καλά.

Το πότισμα τους πρέπει να είναι κανονικό και επαναλαμβανόμενο την αρχική περίοδο ως ότου τα μοσχεύματα αναπτύξουν ισχυρό ριζικό σύστημα.

Η λήψη των μοσχευμάτων πρέπει να γίνεται στα μέσα του φθινοπώρου (Οκτώβριος) ή στις αρχές της άνοιξης. Το φθινόπωρο είναι προτιμότερο διότι τα φυτά ριζοβολούν ευκολότερα, με αποτέλεσμα να αποφεύγουμε τα πολλά ποτίσματα και να έχουμε φυτά καλύτερης ανάπτυξης (Stuart, 1992).

Κατά την θερινή περίοδο της ξηρασίας πρέπει επίσης να ποτίζονται κανονικά, ώστε τα φυτά να μην υποφέρουν και να αναπτύσσονται κανονικά. Συνιστώνται, μια ή δύο επιφανειακές λίπανσης με νιτρικό άζωτο (Πιερρακέα, 1971).

1.6.1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

Αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη, αλλά ευδοκμεί σε ηλιαζόμενα και καλά αποστραγγισμένα.

Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας του δεν είναι ανάγκη να απασχολούμε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Λόφοι, πετρώδεις εκτάσεις, πρανή, αναχώματα τεχνικών έργων, προσφέρονται ικανοποιητικά για την καλλιέργεια αυτή.

Φύτευση: Αν η τοπογραφική διαμόρφωση του εδάφους του επιτρέπει, τότε τα φυτά φυτεύονται κατά γραμμές οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 1-1,5 μέτρα και επί των γραμμών η απόσταση είναι 70-80 εκατοστά. Η φύτευση θα πρέπει να γίνεται κατά

τους φθινοπωρινούς μήνες για να επωφελούνται τα φυτά με τις βροχοπτώσεις που επέρχονται.

Λίπανση : Σε μια συστηματική φυτεία αν τα εδάφη τα οποία θα φυτευτούν τα φυτά είναι φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία, καλό είναι πριν την φύτευση να γίνει λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα(Σκρούμπας,1990).

Διάρκειας της φυτείας : Είναι φυτό μακράς διάρκειας και καλλιέργειας πρακτικώς απεριόριστη.

Συγκομιδή-απόσταξη :Η καλύτερη εποχή για την απόσταξη τόσο από άποψη αποδόσεως όσο και της ποιότητας είναι όταν τα φυτά βρίσκονται σε άνθηση. Η εποχή της αποστάξεως είναι το χρονικό διάστημα από 15 Μαΐου μέχρι τέλος Ιουλίου.

1.6.1.7 Ιδιότητες

Είναι φυτό αρωματικό, φαρμακευτικό και μελισσοτροφικό. Τα φύλλα και τα άνθη χρησιμοποιούνται ως άρτυμα σε διάφορα φαγητά και θεωρούνται τονωτικά σπασμολυτικά αντιδιαβητικά και ηρεμιστικά. Επίσης περιέχουν αιθέριο έλαιο που χρησιμοποιείται στην φαρμακοποιία και στην σαπωνοποιία(Newton, 1973).

1.6.2 Τεύκριο χαμαιδρύς (*Teucrium chamaedrrys var compactum*)

1.6.2.1 Γεωγραφική διάδοση

Είναι φυτό γνωστό από την αρχαιότητα. Αναφέρεται ότι το χρησιμοποιούσαν για την γονιμοποίηση των συκών.

Το τεύκριο το χαμαιδρύς το συναντάται ως αυτοφυούμενο , σε ασβεστώδη και σε πετρώδη εδάφη στην νότια Ευρώπη, στη νοτιοδυτική Ασία και γενικά στις χώρες της μεσογείου. Στην Ελλάδα συναντάται σχεδόν σε όλες τις περιοχές της και ειδικά στις νότιες (Stuart, 1992).

Επίσης χρησιμοποιείται σαν καλλωπιστικό φυτό σε βραχόκηπους, ομάδες για εδαφοκάλυψη και γλάστρες. Κατάλληλα επίσης για χαμηλούς φυτικούς φράχτες, παραθαλάσσιες φυτεύσεις και σε λαχανόκηπους, ως αρωματικό για την παρασκευή διάφορων φαγητών.



Εικόνα 22. Το φυτό *Teucrium chamaedrys*.(Πηγή: [http:// www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

1.6.2.2 Βοτανικοί χαρακτήρες

Το γένος *Teucrium* αποτελείται περίπου από 300 ειδή φυτών. Είναι θάμνος φρυγανώδες, χαμηλής μορφολογικής διάταξης , αειθαλές σε θερμές περιοχές ή ημιαειθαλές σε ψυχρές. Είναι πολυετές φυτό, συμπαγές έχει βλαστό όρθιο τετραγωνικό, τριχωτό, ύψους 10-30 εκατοστά και το πλάτος του περίπου όσο το ύψος του(Stuart, 1992).

Φύλλα: Τα φύλλα του είναι μικρά, αντίθετα , επιφυή, τριχωτά, αρωματικά, στιλπνά, οδοντωτά, στην περιφέρεια και κατά εναλλαγή. Ο μίσχος των φύλλων τριχωτός . Όταν τρίβονται, τα φύλλα εκπέμπουν μια ισχυρή μυρωδιά μοιάζοντας με το σκόρδο.

Άνθη: Τα άνθη είναι μικρά και πολυάριθμα που εκφύονται ανά 2 σπονδύλους στις μασχάλες των φύλλων, μακράς διάρκειας και σχηματίζουν επάκριους, κοντούς, αραιούς βότρες. Τα άνθη του είναι ερμαφρόδιτα (έχει και τα αρσενικά και θηλυκά όργανα) και επικονιάζονται από τις μέλισσες



Εικόνα 23. Ανθοφορία του *Teucrium chamaedrys*.
(Πηγή:<http://flickr.com/pattyhankins>)

Εποχή και εύρος άνθησης: Περίπου για 60 ημέρες την περίοδο από τον Ιούνιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο.

Καρπός: Κάρυο.

Ταχύτητα ανάπτυξης: Αναπτύσσεται κανονικά προς αργά.

1.6.2.3 Συνθήκες περιβάλλοντος

Λόγω της ξηροφυτικής του διάπλασής κατέχει σημαντική αντοχή στην ξηρασία. Αυτοφύεται σε άγονα ή πετρώδη μέρη σε όλη την Ελλάδα. Ευδοκimeί σε ημιορεινές δροσερές περιοχές και σε χωράφια φτωχά μέτριας γονιμότητας, ξερικά, στεγνά, άγονα, καλά αποστραγγιζόμενα, αλκαλικά ή ουδέτερα εδάφη και ηλιόλουστες θέσεις. Απαιτεί προστασία από τους δυνατούς παγετούς. Σε δριμείς χειμώνες υποφέρει και γι' αυτόν το λόγο θα πρέπει να προφυλάσσεται (Brickell, 1999).

1.6.2.4 Εχθροί και ασθένειες

Ανθεκτικό φυτό στις μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές, προσβάλλεται σπάνια από το ωίδιο όταν ο καιρός είναι ψυχρός και υγρός και από ακάραια και αφίδες που καταπολεμούνται από διασυστηματικά εντομοκτόνα και ακαριαιοκτόνα (Βογιατζή et al, 2004).

1.6.2.5 Πολλαπλασιασμός

Πολλαπλασιάζεται εύκολα με μοσχεύματα μαλακού ξύλου, διαίρεση και με σπόρους που σπέρνονται σε σπορείο άλλα τα παραγόμενα φυτά θα κάνουν 3 χρόνια για να ανθοφορήσουν (Wilson, 1993).

Τα μοσχεύματα πρέπει να είναι μήκους 8-10 εκατοστά και τα οποία πρέπει να φυτευτούν στο έδαφος. Αφαιρούνται τα φύλλα στο κατώτερο 1/3 του μήκους τους και εμβαπτίζονται σε ορμόνη ριζοβολίας. Τοποθετούνται σε υδρονέφωση, ριζοβολούν εύκολα σε 2-3 βδομάδες. Το υπόστρωμα το οποίο μπορούν να καλλιεργηθούν είναι οποιοδήποτε ακόμη και αμμώδη (Σκρούμπας, 1990).

Τα μοσχεύματα φυτεύονται κατά γραμμές σε απόσταση μεταξύ τους των 30- 40 εκατοστών. Στην συνέχεια για έρθουν τα μοσχεύματα σε πλήρη επαφή με το έδαφος πιέζονται αρκετά καλά.

Η λήψη των μαλακών μοσχευμάτων πρέπει να γίνεται στο τέλος της άνοιξης και αρχές του καλοκαιριού και η σπορά την άνοιξη. Η μεταφύτευση γίνεται τον φθινόπωρο ή την άνοιξη σε αποστάσεις 30-40 εκατοστών.

Μερικές αρδεύσεις το καλοκαίρι και 2-3 σκαλίσματα είναι αρκετά για να αναπτυχθούν πολύ καλά.

1.6.2.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

Τα φυτά απαιτούν καλά-αποστραγγιζόμενο χώμα, προτιμούν τα όξινα, ουδέτερα και βασικά (αλκαλικά) χώματα, όπου μπορούν να αυξηθούν και στο πολύ αλκαλικό χώμα. Μπορούν να ευδοκιμήσουν στην ημι-σκιά (ελαφριά δασώδης περιοχή) ή σε προσήλια θέση. Απαιτεί το ξηρό ή ελαφρώς υγρό χώμα.

Φύτευση: Η φύτευση θα πρέπει να γίνεται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες για να επωφελούνται τα φυτά με τις βροχοπτώσεις που επέρχονται. Και σε αποστάσεις 30-40 εκατοστών μεταξύ τους.

Λίπανση: Συνιστώνται, μια ή δύο επιφανειακές λίπανσης με νιτρικό άζωτο.

Διάρκειας της φυτείας : Είναι φρυγανώδες, ανθεκτικό σε ανταγωνισμό με άλλα φυτά. Είναι φυτό μακράς διάρκειας και καλλιέργειας πρακτικώς απεριόριστη (Πιερρακέα, 1971).

1.6.2.7 Ιδιότητες

Είναι φυτό αρωματικό, φαρμακευτικό και μελισσοτροφικό. Το υπέργειο τμήμα θεωρείται επολωτικό, αντιπυρετικό, υποτασικό, εντομοδιωκτικό, τονωτικό και διουρητικό (Newton, 1973).

Μπορεί να προωθήσει την όρεξη, και να βοηθήσει την πέψη των τροφών. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή των liqueurs, των βερμούτ και των τονωτικών κρασιών.

1.7 Υποστρώματα ανάπτυξης

1.7.1 Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι φυσικό ελαφροβαρές αδρανές υλικό. Είναι φυσική πρώτη ύλη, άκαυστη, ηχοαπορροφητική, φιλική προς το περιβάλλον με χαμηλό ειδικό βάρος και άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες(Δ15).



Εικόνα 24. Ελαφρόπετρα.

(Πηγή:<http://www.worldlingo.com>)

1.7.1.1 Προέλευση

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό που διαθέτει πόρους, χημικά αδρανές, το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Αυτούς τους απέκτησε χάρη στην απότομη ψύξη της όταν ήταν λάβα. Το παραπάνω είχε ως αποτέλεσμα να μην προλάβουν να διαφύγουν οι ατμοί της κι έτσι οι φυσαλίδες αυτών, μετατράπηκαν σε κενά.

Στο εμπόριο υπάρχει η χοντρή ελαφρόπετρα και η λεπτή ελαφρόπετρα με μόνη τους διαφορά το μεγάλο μέγεθος της πρώτης σε σχέση με της δεύτερης. Άλλες

διαφορές μπορεί να παρουσιάζονται στην εμφάνιση ή και το χρώμα δίχως όμως αυτό να παίζει κάποιο σημαντικό ρόλο.

1.7.1.2 Χρήση

Το μικρό της βάρος, η απορροφητικότητα της, η ανθεκτικότητα της και πλήθος διάφορων ιδιοτήτων που διαθέτει, την κάνουν ιδανική για χρήση όχι μόνο ως μέσο αποστράγγισης σε φυτοδοχεία αλλά και σαν μέρος ενός μείγματος χώματος.

(Φιλλιπίδης, 1986)

Οι βασικές χρήσεις της ελαφρόπετρας στον γεωργικό τομέα είναι:

- Υδροπονικές καλλιέργειες ανθοκομικών φυτών
- Υδροπονικές καλλιέργειες λαχανοκομικών φυτών
- Βελτίωση εδαφών
- Συστατικό μειγμάτων για καλλιέργειες γλαστρικών φυτών
- Συστατικό φυτοχωμάτων για καλλιέργεια φυτών εξωτερικού χώρου ή εσωτερικού
- Βελτίωση και στράγγιση εδάφους χλοοταπίτων
- Κάλυψη επιφανειών εδάφους

1.7.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

- Είναι ελαφρύ υλικό
- Αδρανές
- Ικανότητα να απορροφά ποσότητες νερού
- Σωστή αποστράγγιση
- Χαμηλή τιμή η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2-3 φορές χαμηλότερη)
- Άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά

1.7.2 Κομπόστ

Με τον όρο compost εννοούμε ένα πλούσιο οργανικό φυσικό μίγμα που λειτουργεί ως εδαφοβελτιωτικό και λίπασμα το οποίο συντελείτε από μια εντελώς φυσική διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά απόβλητα (φρούτα, λαχανικά, φύλλα, κλαδέματα κ.α) μετατρέπονται, μέσω βιολογικής και μερικής αποσύνθεσης σε ένα φυσικό μίγμα (Μανίος, 2003).



Εικόνα 25. Τελική μορφή compost.

(Πηγή:[http:// www.compostcompulsion.tribe.net](http://www.compostcompulsion.tribe.net))

1.7.2.1 Ποιότητα του Compost

Η τελική ποιότητα του κομπόστ καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά και από την διαδικασία της κομποστοποίησης. Οι δυο αυτοί παράμετροι θα οδηγήσουν στην παραγωγή ενός προϊόντος η ποιότητα του οποίου θα εκτιμηθεί από μια σειρά φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων(Keeling, 1995).

Οι ιδιότητες μόνο που θα πρέπει να προσεχθούν για τα κομπόστ των φυτικών υπολειμμάτων είναι:

- Το pH, που συνήθως κυμαίνεται στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή.
- Η E.C, που μπορεί να είναι αυξημένη λόγω μεγάλη περιεκτικότητας σε θρεπτικά στοιχεία
- Η φυτοτοξικότητα που συνήθως με την ολοκλήρωση της χώνευσης και ωρίμανσης του κομπόστ ουσιαστικά μηδενίζεται(Wiersma et al 1986).

Οι βασικοί στόχοι της χρήσης κομπόστ είναι:

- Η κάλυψη των αναγκών των εδαφών σε οργανική ουσία και η ταυτόχρονη αύξηση των αργιλοχουμικών συμπλόκων.
- Αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στα οργανικά υλικά
- Μείωση των απωλειών με έκπλυση, λόγω μεγαλύτερης προσρόφησης των στοιχείων
- Άμβλυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, λόγω αξιοποίησης των γεωργικών υπολειμμάτων(Σιδηράς, 1997).

Τα οργανικά υλικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κομπόστ για γεωργική χρήση είναι:

- φλοιοί δένδρων και πριονίδια από βιομηχανίες ξύλου
- κλαδιά, φύλλα δενδροστοιχιών, οργανικό κλάσμα σκουπιδιών και λάσπες βιολογικού καθαρισμού απορρίμματα πόλεων
- υπολείμματα βάμβακος, μαλλιού και λιναριού από υφαντουργεία(Parafotiou et al, 2007)
- νεύρα φύλλων και τρίμματα καπνού από καπνοβιομηχανίες
- λάσπες από χαρτοβιομηχανίες
- υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, στέμφυλα οινοποιίας και υπολείμματα σφαγείων από βιομηχανίες τροφίμων
- υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος, ελαιοπυρήνες, πυρηνόξυλο, λióφυλλα άχυρο και φλοιοί ρυζιού από γεωργικές βιομηχανίες
- υπολείμματα καλλιεργειών, φύλλα και κλαδιά δενδροκομείων και κληματίδες από γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- κοπριά ορνιθοτροφείων, χοιροστασίων, βουστασίων και στρωμή από ζωοτεχνικές μονάδες
- οργανικές αποθέσεις και λιγνίτης από φυσικές πηγές (Σιδηράς, 1997).

1.7.2.2 Φυσικές ιδιότητες

- Κοκκομετρία: Να είναι διευρυμένη. Αυτό θα επιτρέψει την βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους και συνεπώς και του χλοοτάπητα.
- Ολικός όγκος πόρων: Να είναι όσο δυνατόν μεγαλύτερος για να μπορεί να συγκροτεί όσο μεγαλύτερη ποσότητα νερού και αέρα, μειώνοντας την συχνή άρδευση που μπορεί να δημιουργήσει μυκητιάσεις (Keeling, 1995).

- Υδατικές ιδιότητες: Να επιτρέπουν την συγκράτηση ικανών ποσοτήτων νερού με χαλαρές σχετικές δυνάμεις συγκράτησης ώστε να μπορεί να παραλαμβάνει και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα αέρα (Golueke, 1996).

1.7.2.3 Χημικές ιδιότητες

- Οργανική ουσία: Να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερη και πάνω από το 50% της ξηρής του ουσίας.
- Σχέση C/N: Να είναι χαμηλή και οπωσδήποτε κάτω του 20/1.
- E.C: Να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Σε περίπτωση αυξημένης E.C κάνουμε μίξη του κόμποστ με άλλα υλικά όπως τύρφη.
- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία: Να είναι αυξημένη. Αυτό όμως συνεπάγεται και αυξημένη E.C και επιβάλλεται προσοχή στις εφαρμογές του.
- Περιεκτικότητα σε βαριά μέταλλα: Να είναι όσο γίνεται χαμηλή και να μην υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια (Cayuela., 2004).
- Φυτοτοξική δράση: Να μην έχει καθόλου. Για το λόγο αυτόν θα πρέπει το κομπόστ να περνάει την φάση της χώνευσης για 2-3 μήνες μέχρι την ωρίμανση του (Cayuela., 2004).

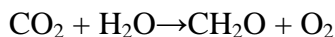
1.7.2.4 Βιολογικές ιδιότητες

- Απουσία ανθρωπογενών μικροοργανισμών: Καθορίζει την ασφάλεια ενός τέτοιου προϊόντος για την υγεία του χλοοτάπητα.
- Απουσία ζωικών ή φυτικών παθογόνων μικροοργανισμών: Καθορίζει την ασφαλή χρήση του υλικού στον χλοοτάπητα χωρίς τον κίνδυνο μεταφοράς και διάδοσης ασθενειών.
- Παρουσία μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών: Δημιουργεί ένα πλούσιο οικοσύστημα στο οποίο οι διάφοροι μικροοργανισμοί προσφέρουν προστασία από διάφορες ασθένειες κυρίως του ριζικού συστήματος(γαιοσκώληκες).

1.8 Φωτοσύνθεση

Η φωτοσύνθεση είναι μια αναβολική διεργασία μέσω της οποίας οι φωτοαυτότροφοι οργανισμοί μετατρέπουν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε μεταβολικά αξιοποιήσιμη μορφή. Στα ανώτερα φυτά, η διαδικασία της

φωτοσύνθεσης περιλαμβάνει μια σειρά σταδίων μέσω των οποίων το CO₂ και το H₂O μετατρέπονται σε υδατάνθρακες με ταυτόχρονη έκλυση O₂. Η χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης, συνοψίζεται ως εξής:



Οι υδατάνθρακες που σχηματίζονται με την φωτοσύνθεση περιέχουν περισσότερη ενέργεια από τα αρχικά μόρια CO₂ και H₂O. Η ενεργοβόρα αυτή μετατροπή δεν θα ήταν δυνατόν να ολοκληρωθεί χωρίς την αξιοποίηση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας.

Παρόλο που η παραπάνω συνοπτική αντίδραση μοιάζει απλή, η φωτοσύνθεση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία αποτελούμενη από πολυάριθμα στάδια τα οποία μπορούν να διακριθούν σε φυσικά, φωτοχημικά και καθαρά βιοχημικά. Τα φυσικά στάδια αφορούν στην φωτοσυλλογή και τα φωτοχημικά στη μετατροπή της ενέργειας σε χημική και περιλαμβάνονται στις λεγόμενες φωτεινές αντιδράσεις. Η διεξαγωγή των φωτεινών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης, όπως υπονοεί και το όνομά τους, εξαρτώνται άμεσα από την παρουσία φωτός. Τα βιοχημικά στάδια της φωτοσύνθεσης περιλαμβάνονται στις λεγόμενες σκοτεινές αντιδράσεις καθώς η διεξαγωγή τους δεν είναι άμεσα εξαρτώμενη από το φως

Οι '-φωτεινές αντιδράσεις-' είναι ανεξάρτητες από την θερμοκρασία και πραγματοποιούνται στις μεμβράνες των θυλακοειδών των grana χλωροπλαστών. Τα τελικά προϊόντα των αντιδράσεων αυτών είναι μόρια υψηλής ενέργειας (ATP και NADPH₂). Οι '-σκοτεινές αντιδράσεις-' χρησιμοποιούν την ενέργεια του ATP και του NADPH₂, για την αναγωγή του άνθρακα και τελικά τη σύνθεση σακχάρων. Οι σκοτεινές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στο στρώμα των χλωροπλαστών (Καράταγλης, 1999).

1.8.1 Μελέτη των φωτοσυνθετικών παραμέτρων μέσω του *in vivo* φθορισμού της χλωροφύλλης

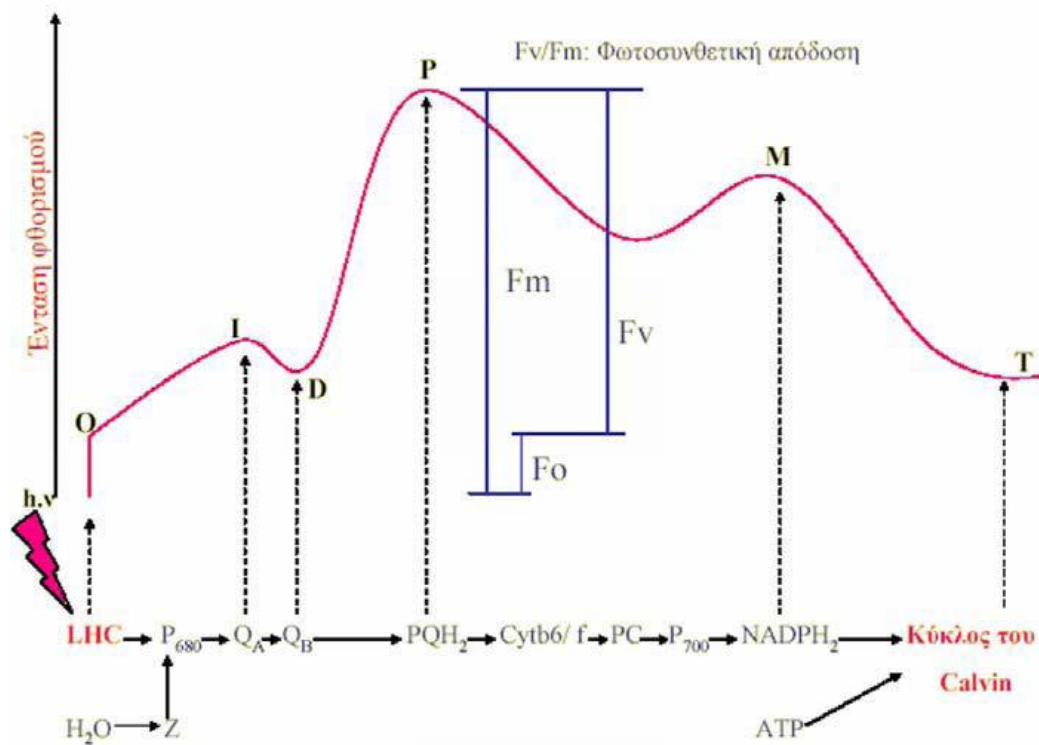
Η βασική αρχή της ανάλυσης του φθορισμού της χλωροφύλλης είναι απλή και αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη τεχνική στην φυσιολογία φυτών. Η φωτεινή ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια των χρωστικών στις φωτοσυνθετικές αντένες και η ενέργεια διέγερσης μεταφέρεται στα κέντρα αντίδρασης των φωτοσυστημάτων I και II (PSI και PSII).

Συγκεκριμένα για το PS II, του οποίου ο φθορισμός αποτελεί συνήθως αντικείμενο μελέτης της φθορισμομετρίας χλωροφύλλης, η διέγερση του κέντρου αντίδρασης οδηγεί σε διαχωρισμό φορτίου και ροής ηλεκτρονίων δηλαδή σε φωτοχημικό έργο (Niyogi, 2000). Ταυτόχρονα, μέρος της ενέργειας διέγερσης αποσβένεται ως θερμότητα ή επανεκπέμπεται ως φθορισμός. Η συνεισφορά των δύο αυτών διαδικασιών στην συνολική απόσβεση αλλάζει ανάλογα με τις συνθήκες αλλά και τη φυσιολογική κατάσταση και το είδος του δείγματος.

Συνεπώς, μεταβολές στο ρυθμό επιτέλεσης των φωτοχημικών αντιδράσεων ή και στον ρυθμό θερμικής απόσβεσης οδηγούν σε αντίστοιχες αλλαγές στα επίπεδα του εκπεμπόμενου φθορισμού καθώς οι τρεις αυτές διεργασίες λειτουργούν ανταγωνιστικά. Μέσω κατάλληλων πειραματικών πρωτοκόλλων, οι αυξομειώσεις των επιπέδων του φθορισμού της χλωροφύλλης μεταφράζονται σε παραμέτρους οι οποίες υποδηλώνουν τον τρόπο επιτέλεσης των φωτεινών αντιδράσεων και εν γένει της φωτοσύνθεσης.

i. Φθορισμός χλωροφύλλης και θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα του PS II (Φ_{PSII})

Η επαγωγή του φθορισμού σε ένα δείγμα εγκλιματισμένο στο σκοτάδι για ορισμένο χρονικό διάστημα ακολουθεί μια χαρακτηριστική κινητική που ονομάζεται φαινόμενο ή καμπύλη Kautsky (Εικ. 24). Η ανάλυση αυτής της κινητικής όταν η ακτινοβολία προκαλεί πλήρη κορεσμό του PS II παρέχει την θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του PSII (Φ_{PSII_0}). Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί στο μέγιστο δυνατό ποσοστό ενέργειας το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε φωτοχημικό έργο ως προς το συνολικό ποσό ενέργειας που απορροφά το PS II και αντιστοιχεί στο λόγο του μεταβλητού (F_v) προς τον μέγιστο (F_m) φθορισμό (Εικόνα 26).



Εικόνα 26. Τυπική καμπύλη Kautsky επαγωγής φθορισμού σε δείγμα εγκλιματισμένο στο σκοτάδι (ανοικτά φωτοχημικά κέντρα του PS II).

ii. Φωτοχημική απόδοση του PS II (Φ_{PSII})

Ο φωτισμός έως κορεσμού ενός δείγματος εγκλιματισμένου σε συγκεκριμένη ένταση ακτινικού φωτός (ακτινοβολίας η οποία απορροφάται από το PS II με συνέπεια την παραγωγή φωτοχημικού έργου) προκαλεί ανάλογη αύξηση του φθορισμού με χαρακτηριστική κινητική της οποίας η ανάλυση παρέχει την παράμετρο της λειτουργικής φωτοχημικής ικανότητας του PS II (Φ_{PSII}). Ουσιαστικά, η παράμετρος αυτή περιγράφει την πιθανότητα ένα φωτόνιο που απορροφήθηκε από το PS II, να οδηγήσει στην προώθηση ενός ηλεκτρονίου στην φωτοχημική αλυσίδα (White AJ, & Critchley C., 1999).

iii. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)

Ο φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων προκύπτει από το γινόμενο της παραμέτρου Φ_{PSIIo} και της πυκνότητας της φωτονιακής ροής (PFD) της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR). Όπως είναι αναμενόμενο, η παράμετρος αυτή σχετίζεται με τον ρυθμό φωτοσυνθετικής αφομοίωσης. Ωστόσο, υπό συνθήκες καταπόνησης, μπορεί να παρατηρηθεί απόκλιση στη σχέση μεταξύ

αυτών των δύο παραμέτρων λόγω παράλληλων διεργασιών απόσβεσης της φωτοχημικής ροής ηλεκτρονίων οι οποίες δεν συμβάλλουν όμως στην φωτοσυνθετική αφομοίωση (Fryer et al., 1998).

iv. Συντελεστής μη- φωτοχημικής απόσβεσης(NPQ)

Τα φυτά διαθέτουν έναν γρήγορα επαγόμενο μηχανισμό μη φωτοχημικής απόσβεσης (non-photochemical quenching, NPQ), μέσω του οποίου η ενεργειακή περίσσεια αποσβένεται ως θερμότητα μειώνοντας έτσι την ενεργειακή πίεση στα κέντρα αντίδρασης των φωτοσυστημάτων με σκοπό την αποτροπή της φωτοαναστολής λόγω βλάβης (Niyogi 2000, Szabo et al, 2005). Η δραστηριότητα του μηχανισμού αυτού μπορεί να προσδιοριστεί μη καταστροφικά *in vivo*, μέσω των μεταβολών του φθορισμού της χλωροφύλλης. Οι μεταβολές στο NPQ, αποτελούν εκτίμηση της αποδοτικότητας με την οποία πραγματοποιείται η απόσβεση της ενέργειας διέγερσης με την μορφή θερμότητας, κυρίως μέσω του κύκλου των ξανθοφυλλών. Η αύξηση του NPQ οφείλεται, είτε σε διαδικασίες που προστατεύουν ένα φύλλο από βλάβες λόγω ενεργειακού πλεονάσματος είτε σε συσσωρευμένη φωτοαναστολή. Ο διαχωρισμός των συνιστωσών του NPQ γίνεται μέσω της κινητικής απόσβεσης του NPQ όταν ο ιστός επανέλθει στο σκοτάδι μετά από ένα διάστημα σταθερού φωτισμού, καθώς κάθε μία συνιστώσα ηρεμεί σε διαφορετικό χρόνο, ο οποίος κυμαίνεται από μερικά λεπτά μέχρι αρκετές ώρες (Walters & Horton, 1991, Maxwell & Johnson, 2000). Το μεγαλύτερο μέρος του NPQ οφείλεται σε φωτοπροστατευτικές διαδικασίες, που απαιτούν την ύπαρξη χαμηλού pH στο εσωτερικό των θυλακοειδών και σχετίζονται με την φωτο-επαγόμενη παραγωγή της ξανθοφύλλης ζεαξανθίνης (Maxwell & Johnson, 2000).

1.9 Σκοπός του πειράματος

Τα τελευταία χρόνια γίνονται συνεχείς αναφορές στην ανάγκη για περισσότερο πράσινο στις πόλεις. Επιστήμονες, δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς, αλλά και οι κάτοικοι έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους στην δημιουργία φυτεμένων δωμάτων λόγω κυρίως της έλλειψης χώρων ελεύθερης γης.

Στην συγκεκριμένη μελέτη παρατηρήθηκε και αξιολογήθηκε σε σύστημα φυτοδώματος, η επίδραση 3 διαφορετικών τύπων υποστρώματος σε 2 διαφορετικά πάχη ανάπτυξης, στην εγκατάσταση και ανάπτυξη δυο ιθαγενών, ξυροφυτικών,

αυτοφυών φυτών της ελληνικής χλωρίδας του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' και του *Teucrium chamaedrys*.

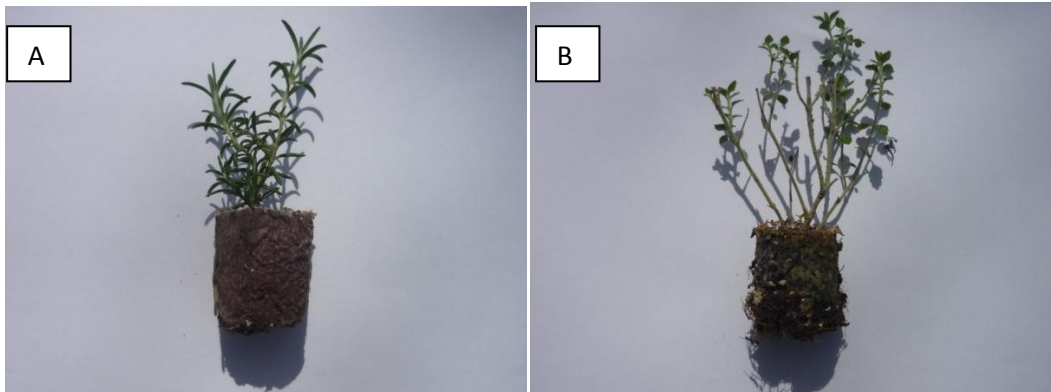
Σκοπός του πειράματος ήταν να αξιολογηθεί η δυνατότητα εγκατάστασης και ανάπτυξης των δυο αυτών αυτοφυών φυτών σε εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος, έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατότερο λιγότερο δυνατό βάρος ανά τ.μ, καθώς επίσης και να αξιολογηθεί η ικανότητα ανάπτυξης και η συμπεριφορά των δύο αυτών φυτών στους διαφορετικούς τύπους υποστρώματος.

Για ουσιαστικότερη και λεπτομερέστερη μελέτη της ανάπτυξης των επιλεγέντων φυτών μετρήθηκαν τόσο τα βιομετρικά χαρακτηριστικά τους (ύψος, νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους, φυλλική επιφάνεια, LAI και SLA, νωπό και ξηρό βάρος, επιφάνεια και μήκος ριζικού συστήματος) όσο και οι φυσιολογικοί δείκτες (Φ_{PSII} , Φ_{PSII} , ETR, και NPQ) στις διάφορες φάσεις ανάπτυξης τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Φυτικό υλικό

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν έρριζα μοσχεύματα των φυτών Δενδρολίβανου έρπων (*Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*”) και Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) της οικογένειας Labiatae (Εικ.), τα οποία προήλθαν από τα Φυτώρια Αντεμισάρη Α.Ε.



Εικόνα 27. Έρριζα μοσχεύματα *Rosmarinus Officinalis* “*Prostratus* ”(A) και *Teucrium chamaedrys*(B).

2.1.1 Κιβώτια εγκατάστασης έρριζων μοσχευμάτων

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι κιβωτίων της εταιρίας Holiday Land Α.Ε (Πειραιάς, Αττική), ώστε να μελετηθεί η ανάπτυξη του φυτικού υλικού σε δύο διαφορετικά πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). Συνολικά φυτεύτηκαν 18 κιβώτια για κάθε φυτό (18x2 είδη φυτών=36 κιβώτια), από τα οποία τα μισά (9) είχαν υπόστρωμα πάχους 7 cm και τα υπόλοιπα πάχους 15 cm. Τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν στο κήπο του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών πάνω σε ειδικά μεταλλικά τραπέζια.

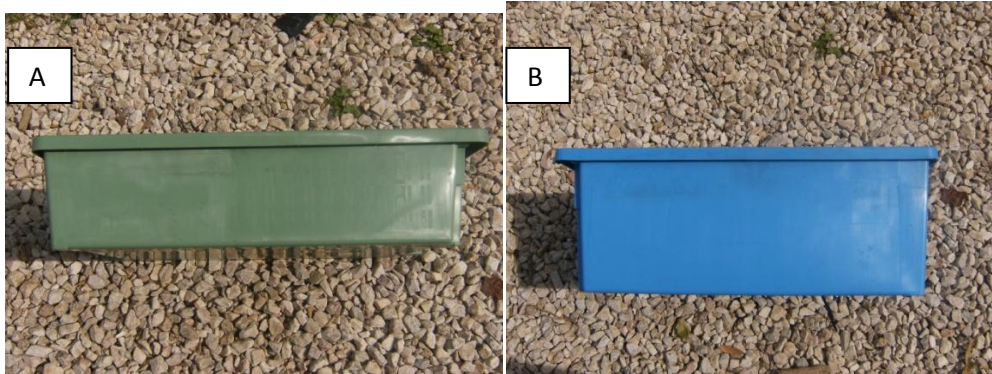
Τύποι κιβωτίων:

- Κιβώτιο A: AR 7922.760.415(χαμηλού πάχους υποστρώματος)
Εξωτερικές διαστάσεις:600*400*150mm
Εσωτερικές διαστάσεις:490*340*145mm
Βάρος:1,6kg
Χωρητικότητα:25l
- Κιβώτιο B: AR 7925.760.415(υψηλού πάχους υποστρώματος)
Εξωτερικές διαστάσεις:600*400*220mm

Εσωτερικές διαστάσεις:490*340*215mm

Βάρος:1,9kg

Χωρητικότητα:40l



Εικόνα 28. Κιβώτιο χαμηλού πάχους υποστρώματος (Α) Κιβώτιο υψηλού πάχους υποστρώματος(Β)

2.1.2 Υλικά διαστρωμάτωσης κιβωτίων φύτευσης

Στο κατώτερο μέρος των κιβωτίων τοποθετήθηκαν, από κάτω προς τα επάνω, τα εξής τρία υλικά:

- Αντιριζική μεμβράνη FLW 400

Αντιριζική μεμβράνη πολυαιθυλενίου οι οποία τοποθετείται στο κατώτερο επίπεδο της διαστρωμάτωσης έτσι ώστε να εμποδίζει το ριζικό σύστημα να την διαπεράσει προστατεύοντας την υγραμόνωση.



Εικόνα 29. Αντιριζική μεμβράνη FLW 400

- Αποστραγγιστική στρώση Diadrain 25

Η διάταξη των κυψελών έχει μελετηθεί έτσι ώστε να συγκρατούν τη μέγιστη ποσότητα νερού σε ξηροθερμικές συνθήκες και να την αποδίδουν στο ριζικό σύστημα των φυτών. Επίσης, ο σχεδιασμός τους επιτρέπει την βέλτιστη απορροή της περίσσειας νερού.



Εικόνα 30. Αποστραγγιστική στρώση Diadrain 25.

- Φύλλο διήθησης VLF 200

Τοποθετείται μετά το αποστραγγιστικό δίκτυο και πριν το φυτικό υπόστρωμα. Λειτουργεί ως φίλτρο ώστε να μην φράσσεται το κυψελωτό αποστραγγιστικό δίκτυο από την μεταφορά των τεμαχιδίων από το υπόστρωμά ανάπτυξης των φυτών.



Εικόνα 31. Διηθητικό φύλλο VLF 200.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρείας DIADEM, που εδρεύει στην Γερμανία και αντιπρόσωπος της στην Ελλάδα είναι η εταιρεία Πράσινη στέγη-Landco group (Μαιάνδρου 83 και Φλαβιανών, Νέα Φιλαδέλφεια, 14341).

2.1.3 Συστατικά υποστρωμάτων ανάπτυξης

Στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών έγινε η εδαφική ανάλυση των συστατικών των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών, δηλαδή του χώματος και της κομπόστας, τα αποτελέσματα των οποίων δίδονται ακολούθως:

i. Χώμα εδάφους

Συστατικά	Περιεκτικότητα
<i>Μηχανική Σύσταση</i>	<i>Άμμος 45.44% - Άργιλος 28.56%- Ιλύς 26% , Αργιλοπηλώδες</i>
<i>pH</i>	<i>7.3</i>
<i>Οργανική ουσία</i>	<i>0.63%</i>
<i>Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃)</i>	<i>20.09%</i>
<i>Ανταλλάξιμα κατιόντα K⁺ και Na⁺</i>	<i>K: 0.730 meq/100 gr εδάφους Na: 0.364 meq/100 gr εδάφους</i>
<i>I.A.K</i>	<i>14.82 meq/100 gr εδάφους</i>
<i>Ολικό Άζωτο</i>	<i>0.035%</i>
<i>Φώσφορος</i>	<i>9.77 ppm</i>

ii. Κομπόστα

Συστατικά	Περιεκτικότητα
<i>Οργανική ουσία</i>	<i>5.9 %</i>
<i>Βιολογικής αποσύνθεσης φυτικό κομπόστ</i>	<i>70%</i>
<i>Χουμοκομπόστ (geo HUMUS vermicompost)</i>	<i>10%</i>
<i>Μίγμα φυσικών πετρωμάτων</i>	<i>10%</i>
<i>Υγρασία</i>	<i>60-70%</i>
<i>pH</i>	<i>7.5</i>
<i>E.C</i>	<i>60 mS/cm</i>
<i>Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃)</i>	<i>59,04%</i>
<i>Ανταλλάξιμα κατιόντα K⁺ και Na⁺</i>	<i>K: 8.91 meq/100 gr εδάφους Na: 2.08 meq/100 gr εδάφους</i>
<i>I.A.K</i>	<i>14.10 meq/100 gr εδάφους</i>

Ολικό Άζωτο	0.28%
Φώσφορος	394.25 ppm

iii. Ελαφρόπετρα

- Φαινόμενο ειδικό βάρος (Φ.Ε.Β.) 0,6-0,8 Kg/L
- Ολικό πορώδες 70-75%
- Κοκκομετρία (6-12 mm)
- I.A.K: 5-6 meq/100 g ξηρού βάρους
- pH : 7,3
- EC: 0.2 dS/m

2.1.4 Σύνθεση υποστρωμάτων ανάπτυξης

Για την εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (ελαφρόπετρα, χώμα εδάφους και κομπόστα) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις:

A) 60% E : 40% K

B) 60% E : 40% X

Γ) 60% E : 20% K : 20% X

Όπου:

(E): ελαφρόπετρα (αδρανής- ηφαιστιογενούς προέλευσης) διαμέτρου 6-12mm.

(X): χώμα εδάφους

(K): κομπόστα (geo COMPOST της geo HUMUS) από ειδικό μείγμα από Vermicompost 100%, οργανικός χούμος, ίνες κοκοφοίνικα, ποταμίσια άμμο, ελαφρόπετρα και ζεόλιθος (ορυκτό).



Εικόνα 32. Υποστρώματα ανάπτυξης του φυτικού υλικού (A):ελαφρόπετρα, (B):χώμα, (Γ): κομπόστα.

2.1.4.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρώματος (pH και EC)

α) Φυσικές ιδιότητες

Πίνακας 1. Βάρος υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' και *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος σε ξηρή και κορεσμένη κατάσταση.

	Βάρος σε κορεσμό(g)	Ξηρό βάρος(g)
A	826.78	437.61
B	962.09	599.02
Γ	875.80	509.37

β) Χημικές ιδιότητες

Πίνακας 2. pH και EC των διαφόρων τύπων υποστρωμάτων ανάπτυξης σε αναλογία 1:5 κατά την εγκατάσταση του πειράματος των φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' και *Teucrium chamaedrys*

	pH	EC(μS/cm)
A	9.15	238.33
B	9.13	141.07
Γ	8.89	202.33

Πίνακας 3. Βάρος φυτεμένου δώματος σε κατάσταση κορεσμού και ξήρανσης στα δύο πάχη ανάπτυξης (7-15cm) και των τριών διαφορετικών τύπων υποστρώματος

Τύποι Υποστρώματος	Βάρος σε Κορεσμό	Ξηρό Βάρος
7cm		
A	12.53 Kg/κιβώτιο 75.22 Kg/ m ²	6.63 Kg/κιβώτιο 39.81 Kg/ m ²
B	14.58 Kg/κιβώτιο 87.53 Kg/ m ²	9.08 Kg/κιβώτιο 54.50 Kg/ m ²
Γ	13.27 Kg/κιβώτιο 79.68 Kg/ m ²	7.72 Kg/κιβώτιο 46.34 Kg/ m ²
15cm		
A	26.85 Kg/κιβώτιο 161.20 Kg/ m ²	14.21 Kg/κιβώτιο 85.32 Kg/ m ²

B	31.252 Kg/κιβώτιο	19.45 Kg/κιβώτιο
	187.58 Kg/ m ²	116.79 Kg/ m ²
Γ	28.45 Kg/κιβώτιο	16.55 Kg/κιβώτιο
	170.76 Kg/ m ²	99.31 Kg/ m ²

2.1.5 Πάχος και όγκος υποστρώματος

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε δύο πάχη υποστρώματος:

1. 7 cm
2. 15 cm

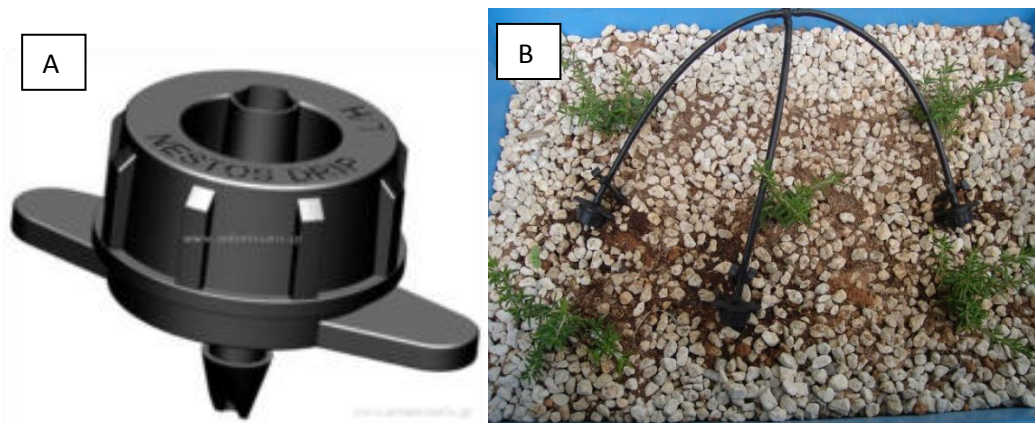
Για να υπολογιστεί όγκος του υποστρώματος μετρήθηκαν οι εσωτερικές διαστάσεις των δυο ειδών κιβωτίων και πολλαπλασιάστηκαν με το πάχος του κάθε υποστρώματος.

$$V_{7\text{cm}}=49 \times 34 \times 7 \text{cm}=11.662 \text{ cm}^3$$

$$V_{15\text{cm}}=49 \times 34 \times 15 \text{cm}=24.990 \text{ cm}^3$$

2.1.6 Άρδευση

Από την έναρξη του πειράματος η άρδευση του φυτικού υλικού γινόταν μέσω αυτόματου ποτίσματος. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ένας προγραμματιστής ηλεκτροβάνας τύπου Galcon 7001 D-E. Χρησιμοποιήθηκαν σταλακτές τύπου Νέστος σταθερής ροής 2lt/h της εταιρείας Palaplast (ΒΙ.ΠΕ. Θεσσαλονίκης Τ.Θ. 45 Τ.Κ. 570 22 Σίνδος) και τοποθετήθηκαν τρεις σε κάθε κιβώτιο ανάπτυξης.



Εικόνα 33. Σταλακτης Nestos 2 l/h (A) Διάταξη σταλακτών (B)

Στην αρχή του πειράματος, μετά την εγκατάσταση του φυτικού υλικού, η συχνότητα της άρδευσης ήταν 3 επαναλήψεις την εβδομάδα για την αντιμετώπιση

του μεταφυτευτικού στρες και η διάρκεια του ήταν 6 λεπτά. Στη συνέχεια, η άρδευση του φυτικού υλικού διατήρησε την αρχική του συχνότητα και ποσότητα (διάρκεια) κατά το χρονικό διάστημα (1 Απριλίου έως 20 Ιουλίου). Μόνο κατά την διάρκεια των μεγάλων θερμοκρασιών και χαμηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας (21 Ιουλίου έως 6 Σεπτεμβρίου), η συχνότητα της άρδευσης αυξήθηκε σε 5 επαναλήψεις την εβδομάδα διατηρώντας πάντα την ίδια διάρκεια. Στο τέλος της διάρκειας του πειράματος (7 Σεπτεμβρίου έως την λήξη του) η άρδευση προσαρμόστηκε στην αρχική συχνότητα και διάρκεια, λόγω ηπιότερων ατμοσφαιρικών συνθηκών (θερμοκρασίας και υγρασίας). Η άρδευση των κιβωτίων εφαρμόζονταν τις πρωινές ώρες (περίοδο ανοίγματος των στομάτων των φύλλων), περίπου 1 ώρα πριν την ανατολή του ηλίου και ποτέ της μεσημβρινές ώρες και η συνολική ποσότητα του νερού που λάμβανε κάθε κιβώτιο σε κάθε συχνότητα και διάρκεια άρδευσης ήταν 720 ml (κάθε φυτό λάμβανε 144 ml) .

2.1.7 Φυτοπροστασία

Καθ' όλη την περίοδο του πειράματος παρατηρήθηκε μία μόνο προσβολή εντόμου πάνω στο φυτό Τεύκριο (*Teucrium chamaedrys*). Τα συμπτώματα αρχικά παρατηρήθηκαν σε 6 φυτά του αναφερόμενου είδους. Τα 4 από τα 6 φυτά αναπτυσσότουσαν σε χαμηλό πάχος ανάπτυξης με υπόστρωμα: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστας και τα υπόλοιπα δύο φυτά σε υψηλό πάχος ανάπτυξης με το ίδιο υπόστρωμα. Η προσβολή αυτήν είχε σαν συνέπεια την συστροφή και το περιοδικό φάγωμα του ελάσματος του φυτού, οδηγώντας το σε σταδιακή αποφύλλωση του και πιθανώς την ξήρανση του.

Παρατηρώντας τα συγκεκριμένα συμπτώματα εφαρμόσαμε ένα πρόγραμμα φυτοπροστασίας αποτελούμενο από δύο συχνότητες ψεκασμού, στα είδη προσβεβλημένα φυτά , καθώς και προληπτικά για να μην επεκταθεί η δράση των εντόμων και στα άλλα υγιή φυτά, με χρονική διαφορά του ενός με του άλλου (ψεκασμού) στις 14 ημέρες. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε:

- 1^{ος} Ψεκασμός: Στις 2 Ιουνίου εφαρμόστηκε ψεκασμός με ένα πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο εμπορικού ονόματος (Decis 2.5 EC) και δραστικής ουσίας (deltamethrine 2,5% β/ο), σε συγκέντρωση 5cm³/10lt νερού για την καταπολέμηση μυζητικών και μασητικών εντόμων (προνόμφης λεπιδοπτέρου).

- 2^{ος} Ψεκασμός: Στις 16 Ιουνίου εφαρμόστηκε επαναληπτικός ψεκασμός με το ίδιο πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο (Decis 2.5 EC), ίδιας συγκέντρωσης 5cm³ /10lt νερού για την καταπολέμηση της προνύμφης.

Μετά το πέρας των 2 εβδομάδων από την τελευταία εφαρμογή ψεκασμού, παρατηρήθηκε φυτοτοξικότητα σε σύνολο 27 φυτών, με συνέπεια την ολική αποφύλλωση τους καθώς και την ολική ξήρανση τους.



Εικόνα 34. Αρχικό στάδιο φυτοτοξικότητας φυτού *Teucrium chamaedrys*.

2.1.8 Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης

i. Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ελήφθησαν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (Πιν.1) που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος. Η καταγραφή και η επεξεργασία των τιμών έγινε από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 4. Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα (°C).

Θερμοκρασία αέρος T(°C)	
Μήνας	Μ.Ο T(°C)
Απρίλιος	17.0
Μάιος	20.8
Ιούνιος	25.1
Ιούλιος	28.7
Άγουστος	29.8
Σεπτέμβριος	24.3

2.1.9 Περιγραφή του πειράματος και επεμβάσεις

Η μεταφύτευση των έρριζων μοσχευμάτων έγινε την 1 Απριλίου 2010, εντός του κήπου του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος, αφού απομακρύνθηκαν τα ανεπιθύμητα ζιζάνια που προϋπήρχαν, καλύφθηκε το έδαφος από μαύρο υλικό εδαφοκάλυψης αποτρέποντας την περαιτέρω ανάπτυξη τους και τοποθετήθηκαν μεταλλικά τραπέζια πάνω στα οποία τοποθετήθηκαν τα φυτεμένα κιβώτια με τυχαία σειρά. Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά μείγματα υποστρωμάτων ανάπτυξης, αναλογίας σύστασης ο/ο: (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) σε δύο διαφορετικά είδη κιβωτίων (διαφορετικού πάχους), ώστε να μελετηθεί η ανάπτυξη του φυτικού υλικού σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 90 φυτά του είδους *Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*” και 90 του είδους *Teucrium chamaedrys*. Συνολικά φυτεύτηκαν 18 κιβώτια για κάθε είδος (18x2 είδη φυτών=36 κιβώτια). Για κάθε είδος, 9 κιβώτια έφεραν υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 7 cm και 9 έφεραν υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 15 cm. Σε κάθε κιβώτιο τοποθετήθηκαν (5) ριζοβολημένα μοσχεύματα φυτών. Σε κάθε τύπο και ύψος υποστρώματος έγιναν τρεις επαναλήψεις.

Αφού προετοιμάστηκαν τα 3 διαφορετικά μίγματα και έγινε καλά η αναμειξή τους προστεθήκαν στα κιβώτια. Στη συνέχεια έγινε η φύτευση. Τα κιβώτια τοποθετήθηκαν εντελώς τυχαιοποιημένα πάνω στα μεταλλικά τραπέζια στο κήπο του

εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου και εν συνεχεία εγκαταστάθηκε το αρδευτικό σύστημα για την άρδευση των φυτών.

Πριν την έναρξη του πειράματος έγινε προσδιορισμός του pH και του EC και στα τρία μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

2.2 Μετρήσεις

Έγιναν μετρήσεις βιομετρικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους σε όλα τα φυτά και στα δύο είδη από όλες τις επεμβάσεις και επαναλήψεις κατά την διάρκεια των 6 μηνών της καλλιέργειας τους. Συγκεκριμένα:

2.2.1 Μέτρηση βιομετρικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του πειράματος

2.2.1.1 Πορεία ύψους

Το ύψος των φυτών μετριόταν με χάρακα, από την βάση του υπέργειου τμήματος (στο σημείο του λαιμού) του φυτού που βρίσκονταν στην άνω επιφάνεια του υποστρώματος μέχρι το σημείο που τελείωνε η κόμη του (η μέτρηση του ύψους των φυτών γίνονταν 2 φορές τον μήνα).

2.2.1.2 Ανθοφορία

Κατά την περίοδο της ανθοφορίας παρατηρήθηκε σποραδική άνθηση του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* “*Prostratus*”), κυρίως λόγω λανθάνοντος οφθαλμού. Από τα 90 φυτά δενδρολίβανου που εγκαταστάθηκαν ανθοφόρησαν τα 12 φυτά σε υποστρώματα ανάπτυξης υψηλού πάχους (15 cm). Η μέτρηση της ανθοφορίας των φυτών γίνονταν 2 φορές τον μήνα (ανά 15 ημέρες).

Συγκεκριμένα :

- Υπόστρωμα Α:60% ελαφρόπετρας:40% κομπόστας, πάχους 15 cm, άνθησαν 5 φυτά.
- Υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρας:40% χώματος, πάχους 15 cm, άνθησαν 3 φυτά.
- Υπόστρωμα Γ:60%ελαφρόπετρας:20% χώματος:20% κομπόστας, πάχους 15 cm, άνθησαν 4 φυτά.

2.2.2 Μέτρηση φυσιολογικών δεικτών

Η μελέτη του *in vivo* φθορισμού της χλωροφύλλης *a* πραγματοποιήθηκε με την χρήση του φορητού φθορισμέτρου χλωροφύλλης **Mini-PAM (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Germany)**. Το όργανο αυτό έχει την δυνατότητα να καταγράφει την απόκριση του φθορισμού της χλωροφύλλης σε διαφορετικές συνθήκες φυσικού ή τεχνητού φωτισμού. Οι βασικές παράμετροι που καταγράφηκαν κάτω από αυξανόμενες εντάσεις φωτισμού (η μέτρηση γινόταν σε συνθήκες εργαστηρίου με τεχνητό ακτινικό φως) ήταν: α) η θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II σε δείγματα τα οποία ήταν εγκλιματισμένα στο σκοτάδι (Φ_{PSII_0}) (η μέτρηση γινόταν νωρίς το πρωί), β) η λειτουργική φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), γ) η ταχύτητα ροής ηλεκτρονίων (ETR) και δ) ο συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης (NPQ).

Η παράμετρος Φ_{PSII_0} υπολογίστηκε ως $\Phi_{PSII_0} = F_v / F_m = (F_m - F_0) / F_m$, (Genty et al 1989), όπου F_v ο μεταβλητός φθορισμός, F_m ο μέγιστος φθορισμός και F_0 ο φθορισμός βάσης.

Η παράμετρος Φ_{PSII} υπολογίστηκε ως $\Phi_{PSII} = (F'_m - F_t) / F'_m$ (Genty et al 1989), όπου F'_m η μέγιστη τιμή του φθορισμού και F_t ο φθορισμός σταθερής κατάστασης (Shreiber et al, 1994).

Η παράμετρος ETR υπολογίστηκε ως $ETR = PAR \times \Phi_{PSII} \times A \times 0,5$ (Genty et al 1989), όπου PAR η ένταση της προσπίπτουσας φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας και A (= 0,84) ο συντελεστής απορροφητικότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στην εξίσωση, θεωρείται ότι ο συντελεστής κατανομής των απορροφούμενων φωτονίων μεταξύ των δύο φωτοσυστημάτων είναι 0,5.

Η παράμετρος μη-φωτοχημικής απόσβεσης κατά Stern-Volmer NPQ υπολογίστηκε ως $NPQ = (F_m - F'_m) / F'_m$ (Maxwell and Johnson, 2000). Η περίοδος εγκλιματισμού στο σκοτάδι ήταν περισσότερο από 20 min, ενώ του εγκλιματισμού σε κάθε τιμή έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας 3 min. Η ακτινοβολία κορεσμού εφαρμοζόταν σε ένταση $15000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ για χρόνο 0,8 s.

Σε κάθε περίπτωση, η ένταση της ακτινοβολίας μέτρησης ήταν σταθερή και η ενίσχυση σήματος ρυθμιζόταν κατάλληλα ώστε ο φθορισμός να βρίσκεται στα όρια μεταξύ 200-500 της κλίμακας του οργάνου.

Οι μετρήσεις έγιναν σε τρεις χρονικές περιόδους ανάπτυξης.

Πιο συγκεκριμένα:

- 9/06/2010: μέτρηση Φ_{PSII_0}
- 15/06/2010: μέτρηση Φ_{PSII} , ETR, NPQ
- 27/07/2010: μέτρηση Φ_{PSII_0} και Φ_{PSII} , ETR, NPQ
- 08/10/2010: μέτρηση Φ_{PSII_0} και Φ_{PSII} , ETR, NPQ

2.2.3 Μετρήσεις καταστροφικού πειράματος

2.2.3.1 Νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους

Στο τέλος του πειράματος (8-10 Οκτωβρίου 2010) πραγματοποιήθηκε κοπή στην βάση του λαιμού με κλαδευτικό ψαλίδι και συλλογή του υπέργειου μέρους κάθε φυτού, όπου μετρήθηκε το νωπό βάρος, σε ζυγό ακριβείας (METTLER PJ3600 DeltaRange)..

Στην συνέχεια μετρήθηκε το ξηρό βάρος κάθε φυτού σε ζυγό ακριβείας, αφ' ότου πρώτα είχαν αποξηρανθεί στο ξηραντήριο, σε θερμοκρασία 75 °C για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 4 ημερών.

2.2.3.2 Υπολογισμός φυλλικής επιφάνειας

Για τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας του κάθε φυτού (cm^2) χρησιμοποιήθηκε ένας ζυγός ακριβείας, ένας scanner και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Τα φύλλα από κάθε φυτό, κάθε επέμβασης και κάθε τύπου υποστρώματος αφαιρέθηκαν, ζυγίστηκαν και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στο scanner και με την βοήθεια του προγράμματος (*Wind Dias 3 Image Analysis System*) μετρήθηκε η φυλλική επιφάνεια του κάθε φύλου.



Εικόνα 35. Μεθοδολογία υπολογισμού φυλλικής επιφάνειας

Ο υπολογισμός της έγινε μετρώντας τον αριθμό των διακλαδώσεων και το μήκος της κάθε διακλάδωσης του κάθε φυτού. Με βάση το μήκος της κάθε διακλάδωσης και της φυλλικής επιφάνειας που της αναλογεί έγινε ανάγωγη των τιμών και υπολογισμός της συνολικής φυλλικής επιφάνειας κάθε φυτού.

2.2.3.3 Υπολογισμός του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Leaf area index) και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (Specific leaf area).

Μετά τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας κάθε φυτού υπολογίστηκε ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας(LAI) και ειδικής φυλλικής επιφάνειας σύμφωνα με τους τύπους:

$$LAI = \frac{\text{Φυλλική επιφάνεια φυτού (m}^2\text{)}}{\text{Επιφάνεια εδάφους (m}^2\text{)}} \quad (\text{Καραμάνος, 1993})$$

$$SLA = \frac{\text{Φυλλική επιφάνεια φυτού (m}^2\text{)}}{\text{Ξηρό βάρος φύλλων (g)}}$$

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) περιγράφει το μέγεθος της φωτοσυνθετικής μηχανής μιας φυτοκοινωνίας και λειτουργεί ως δείκτης για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ανάπτυξης μιας καλλιέργειας. Η μέγιστη τιμή του καθορίζεται από την πυκνότητα της καλλιέργειας η οποία ρυθμίζεται από την πυκνότητα της φύτευσης, από την λίπανση και τους καλλιεργητικούς χειρισμούς (Καραμάνος, 1993).

2.2.3.4 Ανάλυση – Μέτρηση του νωπού και ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος.

Αφ' ότου είχε αποχωριστή το υπέργειο μέρος του φυτού, ακολούθησε η παραλαβή του ριζικού συστήματος και ο καθαρισμός του από τα υπολείματα του εδάφους και τα αδρανή υλικά του υποστρώματος με εμβάπτιση σε νερό.

Ακολούθως μετρήθηκε το νωπό βάρος με ζυγό ακριβείας και στη συνέχεια το ξηρό του βάρος, αφού προηγουμένως τοποθετήθηκε κάθε ρίζα σε ξηραντήριο στους 75°C για τουλάχιστον τέσσερις μέρες.

Μετά τον υπολογισμό του βάρους ακολούθησε χρώση των ριζών για μέτρηση της επιφάνειας και του μήκους με χρωστική Trypanblau. Για την δημιουργία 500 ml χρωστικής χρειάστηκαν 50 ml φορμαλδεΐδης, 250 ml αιθανόλης, 25 ml οξικού οξέως, 0,5 Trypanblau (Dye cont. approx. 60%) και 175 ml νερό (Kokko et al, 1993).

Ο υπολογισμός της συνολικής επιφάνειας (*Area*) και του μήκους (*Length*) του ριζικού συστήματος πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος **DT scan**, ενός scanner και ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

2.2.4 Εδαφολογική ανάλυση συστατικών υποστρωμάτων

Στα εδαφικά δείγματα προκειμένου να υποστούν όλες τις απαραίτητες αναλύσεις και μεταχειρίσεις, προετοιμάστηκαν ως εξής:

- αεροξηράθηκαν
- λειοτριβήθηκαν και
- κοσκινίστηκαν με κόσκινο των 2 mm

Το κλάσμα της λεπτής γης, τα τεμαχίδια δηλαδή που είναι μικρότερα από 2 mm, αποθηκεύτηκε και χρησιμοποιήθηκε για όλες τις εργαστηριακές αναλύσεις που περιγράφονται παρακάτω.

2.2.4.1 Ανάλυση χόματος- κομπόστας

i. Μηχανική (κοκκομετρική) ανάλυση

Τα κλάσματα της αργίλου, της ιλύος και της άμμου υπολογίσθηκαν με την μέθοδο Βουγιούκου. Η μέθοδος στηρίζεται στο νόμο του Stokes. Σαν διασπορικό μέσον χρησιμοποιήθηκε το πολυμεταφωσφορικό νάτριο (sodium metaphosphate) ή πιο κοινώς γνωστό σαν Calgon(παρ. 2.1.3 (α))

ii. Προσδιορισμός εδαφικής οξύτητας (pH)

Ο προσδιορισμός του pH έγινε σε αιώρημα εδάφους – νερού 1:1, μετά από εξισορρόπηση 1 ώρας της εδαφικής πάστας(παρ. 2.1.3 (α)).

iii. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Walkley – Black ή υγράς καύσεως. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον προσδιορισμό του ποσού του οργανικού άνθρακα, από ένα ισχυρό οξειδωτικό, το $K_2Cr_2O_7$ 1N μέσα σε ένα ισχυρά όξινο περιβάλλον με την προσθήκη πυκνού H_2SO_4 . Η περίσσεια του οξειδωτικού τιτλοδοτείται με δισθενή θεικό σίδηρο ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Για να υπολογιστεί η % περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\text{Οργανική ουσία \%} = \text{Οργανικός άνθρακας} \times 1,72, \text{ (παρ. 2.1.3 (α))}$$

iv. Προσδιορισμός ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (I.A.K) εδαφικού δείγματος

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του οξικού αμμωνίου (1N CH_3COONH_4). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει 2 στάδια. Στο μεν πρώτο, όλα τα ανταλλάξιμα κατιόντα του εδαφικού κolloειδούς αντικαθίσταται από κατιόντα Νατρίου (Na^+), στο δε δεύτερο τα προσροφηθέντα Na^+ αντικαθίσταται από κατιόντα αμμωνίου (NH_4^+). Η συγκέντρωση των κατιόντων Na^+ του εκχυλίσματος, προσδιορίστηκε φλογοφωτομετρικώς και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε meq/100 g εδάφους ή $cmol_{(+)} kg^{-1}$ εδάφους ξηρού βάρους εδάφους(παρ. 2.1.3 (α)).

v. Ανταλλάξιμα κατιόντα K^+ και Na^+

Για τον προσδιορισμό των ανταλλαξιμών βασικών κατιόντων Na^+ και K^+ χρησιμοποιήθηκε σαν εκχυλιστικό διάλυμα 1N οξικού αμμωνίου. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε meq/100 g ή cmol_c/kg ξηρού βάρους εδάφους(παρ. 2.1.3 (α)).

vi. Ανθρακικό Ασβέστιο (Ισοδύναμο)

Ο υπολογισμός του ανθρακικού ασβεστίου έγινε με την μέθοδο Bernard. Βασίζεται στην έκλυση CO_2 κατά την προσθήκη στο εδαφικό δείγμα HCl 1:1. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή προσδιορίζονται όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους ανεξάρτητα από το κατιόν τους(παρ. 2.1.3 (α)).

vii. Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N)

Ο προσδιορισμός του Αζώτου (N) έγινε με χρήση της συσκευής Bucci. Βασίζεται στην έκλυση της (NH_3) μετά από απόσταξη αφού πρώτα είχε χρησιμοποιηθεί σε κωνική φιάλη 100ml βορικού οξέος 20%. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η ποσότητα της δεσμευμένης αμμωνίας και συνεπώς του αζώτου που περιέχεται στο δείγμα.

viii. Προσδιορισμός διαθέσιμου φωσφόρου (P)

Ο προσδιορισμός του Φωσφόρου (P) έγινε με την μέθοδο Olsen. Ο φώσφορος εκχυλίζεται από το έδαφος με διάλυμα 0,5M $NaHCO_3$, pH 8.5. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή στο διάλυμα αυτό εκχυλίζονται οι υπό διαλυτή μορφή ευρισκόμενες ενώσεις του φωσφόρου και τα ανταλλάξιμα φωσφορικά ανιόντα.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι περιγράφονται λεπτομερώς στο Soil Survey Laboratory Methods Manual (1996).

2.2.5 Εδαφολογική ανάλυση υποστρωμάτων ανάπτυξης

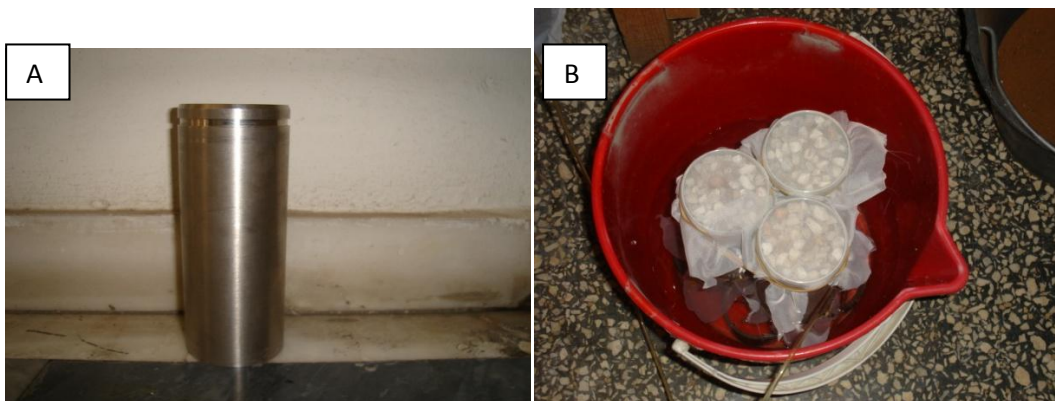
2.2.5.1 Προσδιορισμός φυσικών και χημικών ιδιοτήτων υποστρώματος (pH και EC)

i. Φυσικές ιδιότητες

Οι φυσικές ιδιότητες των αρχικών μιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εγκατάσταση του φυτικού υλικού προσδιορίστηκαν με βάση την μέτρηση του βάρους τους σε κατάσταση κορεσμού καθώς και την μέτρηση του ξηρού τους βάρους αφού πρώτα είχαν τοποθετηθεί στο ξηραντήριο (75°C) για τρεις ημέρες .

Η διαδικασία υπολογισμού του βάρους τους σε κορεσμό περιλάμβανε:

- Τρεις μεταλλικοί κύλινδροι ίδιων συγκεντρώσεων ακτίνας $R=3,5\text{cm}$ και ύψους $H=20\text{cm}$, οι οποίοι αντιστοιχούσαν ο καθένας σε κάθε ένα από τα τρία αρχικά μίγματα.
- Δύο πλαστικά δοχεία χωρητικότητας 10 lt.



Εικόνα 36. Μεταλλικός κύλινδρος(A) και πλαστικό δοχείο(B).

Σε κάθε κύλινδρο τοποθετήσαμε κάθε τύπο μίγματος, στου οποίου το κάτω και το επάνω μέρος του καλυπτόταν με πλαστική σίτα, η οποία ήτανε διάτρητη. Στο ένα από τα δύο πλαστικά δοχεία γεμίσαμε νερό σε συγκέντρωση 10 lt, και το τοποθετήσαμε στο μεγαλύτερο ύψος, ενώ το άλλο βρισκότανε στο έδαφος και περιείχε στο εσωτερικό του τους 3 μεταλλικούς κυλίνδρους. Με την βοήθεια ενός τριχοειδούς σωλήνα, μικρής διατομής, τοποθετήσαμε την μία άκρη του, στο δοχείο (με το νερό) που βρίσκονταν στο μεγαλύτερο ύψος και την άλλη άκρη του στο δοχείο που βρίσκονταν στο έδαφος (μεταλλικοί κύλινδροι). Με βάση το τριχοειδές φαινόμενο (όταν τα υγρά έρθουν σε επαφή με διάφορα στερεά σώματα), μικρή ποσότητα νερού με αργό και σταθερό ρυθμό εισχωρούσε στο δοχείο που βρισκότανε στο χαμηλότερο επίπεδο ύψους, με αποτέλεσμα μετά το χρονικό διάστημα της $1\frac{1}{2}$

ώρας να είχε επιτευχθεί η κατάσταση κορεσμού σε κάθε μεταλλικό κύλινδρο. Η διαδικασία αυτή έγινε συνολικά 3 φορές για κάθε τύπο υποστρώματος και τα αποτελέσματα των μετρήσεων αναγράφονται στον (παρ. 2.1.4.1, Πιν. 1).



Εικόνα 37. Διαδικασία υπολογισμού φυσικών ιδιοτήτων υποστρώματος σε κατάσταση κορεσμού.

ii. Χημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων ανάπτυξης (pH και EC)

Η μέτρηση του pH και του EC για κάθε είδος και πάχος υποστρώματος ανάπτυξης στο τέλος του πειράματος έγινε στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Για τον υπολογισμό τους λαμβάνονταν 100 cm³ υποστρώματος το οποίο τοποθετούνταν σε γυάλινο δοχείο χωρητικότητας 1 lt, μέσα στο οποίο γινόταν προσθήκη 500ml απιονισμένου νερού έτσι ώστε η αναλογία υπόστρωμα : νερού να είναι 1:5. Εν' συνεχεία, το συγκεκριμένο διάλυμα αναδεύονταν για 60 min. σε ειδικό μηχάνημα ανάδευσης (*I.K.A Ks 250 basic*), μέχρι να γίνει ομοιογενής ανάμιξη, οπότε στην συνέχεια λαμβανόταν η μέτρηση του pH με το pHμέτρο (*ThermoOrion model 710*) και η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) με το αγωγιμόμετρο (*EC- CON- 200*) (παρ. 2.1.4.1, Πίν. 2).

2.2.5.2 Υπολογισμός βάρους υποστρώματος ανάπτυξης

Για τον υπολογισμό του βάρους υποστρώματος ανά κιβώτιο υπολογίσαμε πρώτα τον όγκο του κυλίνδρου, σύμφωνα με τον τύπο $V_{\text{κυλίνδρου}} = \pi \times R^2 \times \upsilon$, όπου

$\pi=3,14$, R: η ακτίνα του και υ: το ύψος του σε σχέση με το βάρος που μας δίνει και στην συνέχεια κάναμε την αναγωγή με βάση τον όγκο του υποστρώματος που καταλαμβάνει το κάθε κιβώτιο.

Για τον υπολογισμό του βάρους υποστρώματος ανά m^2 επιφανείας υπολογίστηκε η επιφάνεια κάθε κιβωτίου σε σχέση με το βάρος που δίνει και στην συνέχεια έγινε αναγωγή στο m^2 .

Και στις δύο διαδικασίες, ο υπολογισμός έγινε με βάση το βάρος σε κατάσταση κορεσμού και το βάρος σε κατάσταση ξήρανσης(παρ. 2.1.4.1, Πίν. 3).

2.2.6 Πειραματικό σχέδιο

Χρησιμοποιήθηκε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο με πηγή παραλλακτικότητας τους τύπους των υποστρωμάτων καθώς και το πάχος τους. Οι μέσοι επεξεργάστηκαν με μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση με το κριτήριο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0,05$.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics plus 5.1.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά φυτό.

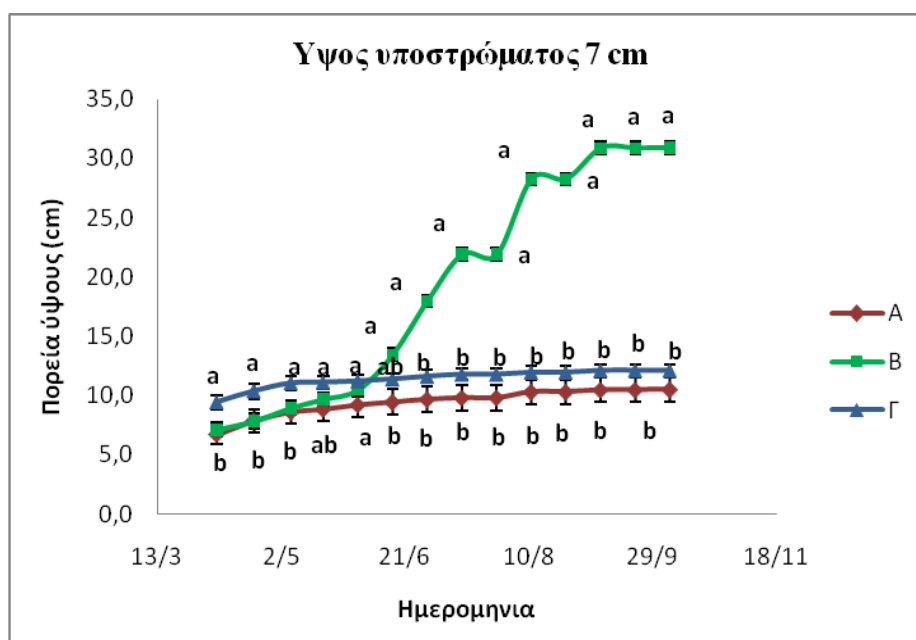
3.1 *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' (Δενδρολίβανο έρπον)

3.1.1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά

3.1.1.1. Μεταβολή του ύψους

Από την διπαραγοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων μεταξύ της μεταβολής του ύψους και του πάχους των υποστρωμάτων διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από τον τύπο του υποστρώματος και στα 2 πάχη που εξετάστηκαν (7 και 15 cm). Επομένως, ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση της επίδρασης του υποστρώματος στη μεταβολή του ύψους σε κάθε πάχος υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκε (7 και 15cm).

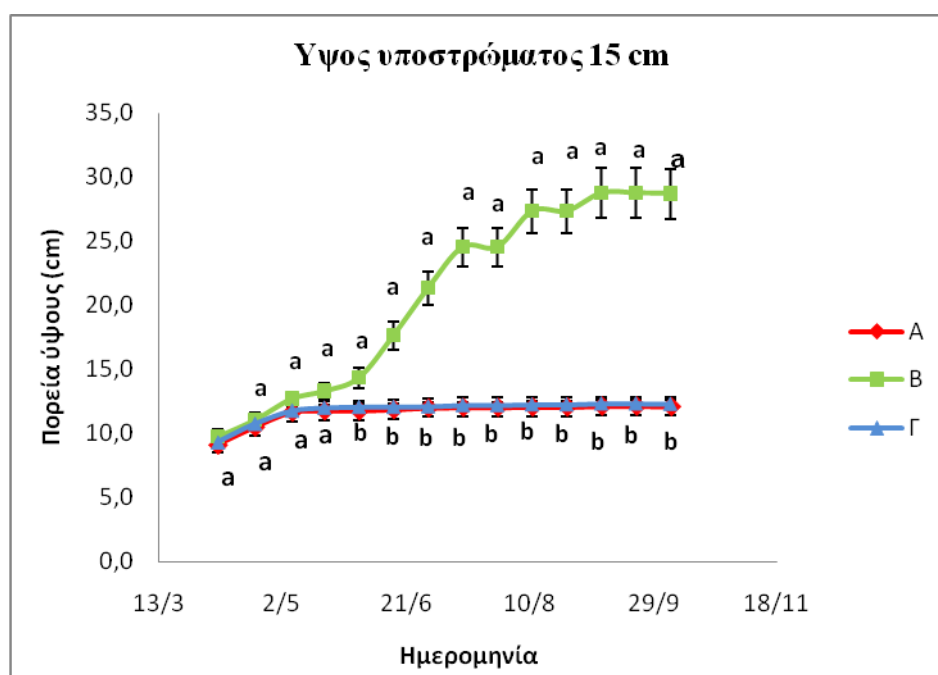
ι) Πάχος υποστρώματος 7 cm



Σχήμα 1. Μεταβολή του ύψους στο χρόνο, του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και πάχους υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

Παρατηρώντας την υψομετρική διαβάθμιση των φυτών αθροιστικά, από την περίοδο έναρξης του πειράματος μέχρι το τέλος του, στο χαμηλό πάχος υποστρώματος (7 cm), παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος στο ύψος του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'. Η παρουσία του χώματος στο υπόστρωμα Β είχε θετική επίδραση στο ύψος συμβάλλοντας στην μεγαλύτερη ανάπτυξη του είδους σε σύγκριση με τους άλλους χειρισμούς (υποστρώματα Α και Γ). Φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α (60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα) είχαν το μικρότερο ύψος σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η διαφοροποίηση αυτήν παρατηρήθηκε από τον 3^ο μήνα εγκατάστασης και μετά. Τέλος, στο υπόστρωμα Γ λόγω της σύστασης του όπως ήταν αναμενόμενο, είχε ενδιάμεση επίδραση στο ύψος σε σχέση με τους τύπους υποστρωμάτων Α και Β.

ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



Σχήμα 2. Μεταβολή του ύψους στο χρόνο του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και πάχους υποστρώματος 15 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

Και στο μεγαλύτερο πάχος το υπόστρωμα Β είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στην προώθηση του ύψους του είδους σε σχέση με τα υποστρώματα τους τύπος Α και Γ τα οποία είχαν την μικρότερη επίδραση στην προώθηση του ύψους των φυτών και καμία

Αποτελέσματα

διαφοροποίηση μεταξύ των μέσων τιμών μεταξύ τους. Η διαφοροποίηση αυτήν παρατηρήθηκε από τον 2^ο μήνα της εγκατάστασής του και μετά.

Συνεπώς, συγκρίνοντας, τα φυτά που αναπτύχθηκαν, στα δύο διαφορετικά πάχη υποστρώματος (7-15cm) των τριών διαφορετικών τύπων υποστρωμάτων Α, Β, Γ, παρατηρούμε ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα μίγματος χόματος (Β) παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη του ύψους τους σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας τους. Ακολούθως, το υπόστρωμα Γ είχε ενδιάμεση επίδραση της προώθησης του ύψους του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' λόγω της σύστασής του. Τέλος, το υπόστρωμα Α φαίνεται να έχει την μικρότερη επίδραση στην αύξηση του ύψους και ιδιαίτερα στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm).

3.1.1.2.Καταστροφικό Πείραμα

Κατά την καταστροφή των φυτών ηλικίας 6 μηνών έγιναν ορισμένες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η ανάπτυξη τους στους 3 τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χόμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χόμα) που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς επίσης και στα δύο πάχη υποστρώματος 7και 15cm).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στη συνέχεια:

3.1.1.2.1. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους

Πίνακας 5. Σύγκριση του συνολικού νωπού (Ν.Β) και ξηρού βάρους (Ξ.Β) για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χόμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χόμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος)

Υποστρώματα	N.B. (g)	Ξ.Β (g)
7 cm		
A	5.235 b*	1.600 b
B	12.09 a	5.242 a

Γ	4.906 b	1.720 b
15 cm		
A	3.083 b	1.566 b
B	13.686 a*	5.737 a*
Γ	4.072 b	1.748 b
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns* : μη σημαντική

Με βάση την διπαραγοντική ανάλυση στο νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους του (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') (Πιν 5), (παράγοντας A) και του πάχους του υποστρώματος (παράγοντας B) δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων. Επομένως, ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση του πάχους των υποστρωμάτων σε σχέση με τους τύπους όπου παρατηρήθηκαν τα εξής:

Φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα B έδωσαν τις υψηλότερες τιμές νωπού και ξηρού βάρους σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα A και στο υπόστρωμα Γ και στα δύο πάχη υποστρώματος, με καμία ουσιαστική διαφορά μεταξύ τους.

3.1.1.2.2 Φυλλική επιφάνεια υπέργειου μέρους

Πίνακας 6. Σύγκριση φυλλικής επιφάνειας για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υπόστρωμα	Φυλλική επιφάνεια (cm ²)/φυτό
7 cm	
A	0.733 b*
B	1.128 a
Γ	0.677 b
15 cm	
A	0.571 b
B	1.781 a*
Γ	0.644 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : μη σημαντική

Με βάση τα αποτελέσματα της φυλλικής επιφάνειας του υπέργειου μέρους του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') (Πιν. 6), παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα Β έδωσαν τις υψηλότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7 και 15 cm), σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α και στο υπόστρωμα Γ.

3.1.1.2.4 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(LAI) και ειδική φυλλική επιφάνεια(SLA)

Πίνακας 7. Σύγκριση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA) για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδωμάτος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	LAI(m ²)/φυτό	SLA(m ² /g)/ φυτό
7 cm		
A	0.0021 b*	0.674 a*
B	0.0031 a	0.337 b
Γ	0.0019 b	0.578 a
15 cm		
A	0.0016 b	0.575 a
B	0.0052 a*	0.511 a*
Γ	0.0018 b	0.543 a
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική αλληλεπίδραση

Με βάση τα αποτελέσματα του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας του (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) (Πιν 7.), παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Β έδωσαν μεγαλύτερο δείκτη φυλλικής επιφάνειας(LAI), σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α (60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα) και στο υπόστρωμα Γ.

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α (60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα), χαμηλού πάχους (7cm) έδωσαν υψηλότερες τιμές ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA), σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ και Β του ίδιου πάχους ανάπτυξης, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υψηλό πάχος υποστρώματος (15cm) δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στην ειδική φυλλική επιφάνεια τους σε κανένα από τους τρεις τύπους υποστρωμάτων (Α, Β και Γ).

3.1.1.2.5 Νωπό και ξηρό βάρος ριζικού συστήματος

Πίνακας 8. Σύγκριση του νωπού (N.B) και ξηρού βάρους (Ξ.B) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis 'Prostratus'* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	N.B. (g)	Ξ.B (g)
7 cm		
A	4.022 b*	0.679 b*
B	5.252 a	1.158 a
Γ	3.900 b	0.785 b
15 cm		
A	2.334 c	0.454 c
B	5.411 a	1.348 a
Γ	3.477 b	0.726 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική

Με βάση το νωπό και ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*), (Πιν.8) παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου ανάπτυξης των φυτών. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα B, (15cm), έδωσαν υψηλότερες τιμές νωπού και ξηρού βάρους σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν

στο υπόστρωμα Γ, ενώ το υπόστρωμα Α είχε την μικρότερη επίδραση, δίνοντας τις χαμηλότερες τιμές.

3.1.1.2.6 Συνολική επιφάνεια (Area) του ριζικού συστήματος

Πίνακας 9. Σύγκριση συνολικής επιφάνειας (Area) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδωμάτος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	Area (mm ²)/φυτό
7 cm	
A	4008 b
B	5124 ab
Γ	6098 a*
15 cm	
A	2596 b
B	6257 a*
Γ	4642 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns* : μη σημαντική

Συμφωνά, με την συνολική επιφάνεια (Area) που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), (Πιν.9) δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου

του υποστρώματος ανάπτυξης. Τα φυτά τα οποία καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα Β και στο υπόστρωμα Γ είχαν σημαντικά μεγαλύτερη επιφάνεια ριζικού συστήματος και στα δύο πάχη ανάπτυξης σε σχέση με το υπόστρωμα Α.

3.1.1.2.7 Μήκος (length) του ριζικού συστήματος

Πίνακας 10. Σύγκριση του μήκους (Length) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	Length(mm)/φυτό
7 cm	
A	5738 a*
B	6200 a
Γ	6377 a*
15 cm	
A	3654 b
B	6450 a
Γ	5089 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>

*υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns* : σημαντική

Όσον αφορά το μήκος (length) που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), (Πιν.10) δεν παρατηρήθηκε επίσης αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος

Αποτελέσματα

ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο χαμηλό πάχος υποστρώματος (7cm) δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στο μήκος του ριζικού συστήματος σε κανένα από τους τρεις τύπους υποστρωμάτων (Α, Β και Γ), ενώ αντίστοιχα στα υποστρώματα υψηλού πάχους (15cm), παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου υποστρώματος, με το υπόστρωμα Β να προηγείται του υποστρώματος Α και Γ.

3.1.2 Χημικές ιδιότητες(pH και EC)

Πίνακας 11. Σύγκριση των τιμών του pH και της EC για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτού *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος)

Υποστρώματα	pH	EC(μS/cm)
7 cm		
A	9.19 b	50.56 b
B	9.47 a	70.06 a
Γ	9.46 a	56.13 b
15 cm		
A	9.57 a*	91.3 a*
B	9.50 a	57.3 a
Γ	9.41 a	60.5 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>	<i>ns</i>

*υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns* : σημαντική

Αποτελέσματα

Με βάση τις τιμές του pH και της EC του υποστρώματος στο οποίο αναπτύχθηκε το Δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*), (Πιν.11) δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στα υψηλά πάχη (15cm) ανάπτυξης δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στο pH και στην EC μεταξύ των υποστρωμάτων, ενώ τα αντίστοιχα σε αυτά που καλλιεργήθηκαν στα χαμηλά πάχη (7cm), παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση, με τα υποστρώματα Β και Γ να προηγούνται του υποστρώματος Α όσον αφορά στο pH και το υπόστρωμα Β να προηγείται έναντι του Α και Γ όσον αφορά στην EC.

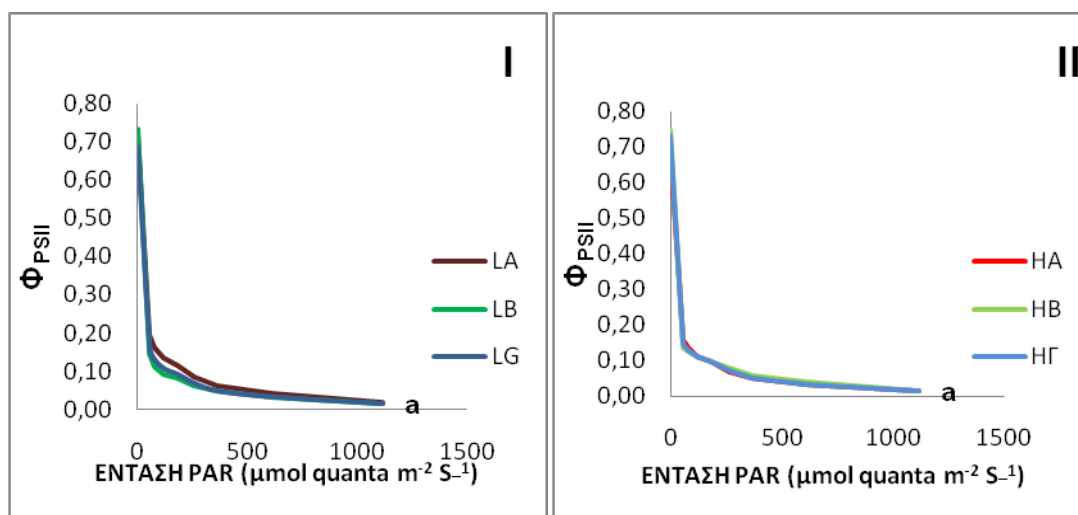
3.1.3 Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης του φυτού *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'

Η εκτίμηση της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών έγινε με βάση τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του PS II, Φ_{PSII_0} και Φ_{PSII} , της φαινόμενης ροής ηλεκτρονίων ETR, και της μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, NPQ σε τρεις περιόδους ανάπτυξης των φυτών.

Μετά από μονοπαραγοντική ανάλυση παρατίθενται τα αποτελέσματα της Φ_{PSII} , του ETR, του NPQ και του Φ_{PSII_0} για κάθε υπόστρωμα ανάπτυξης χωριστά και για κάθε τύπο υποστρώματος (Α, Β και Γ) σε σχέση με το πάχος (7-15cm).

1^η Μέτρηση: Ιούνιος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}

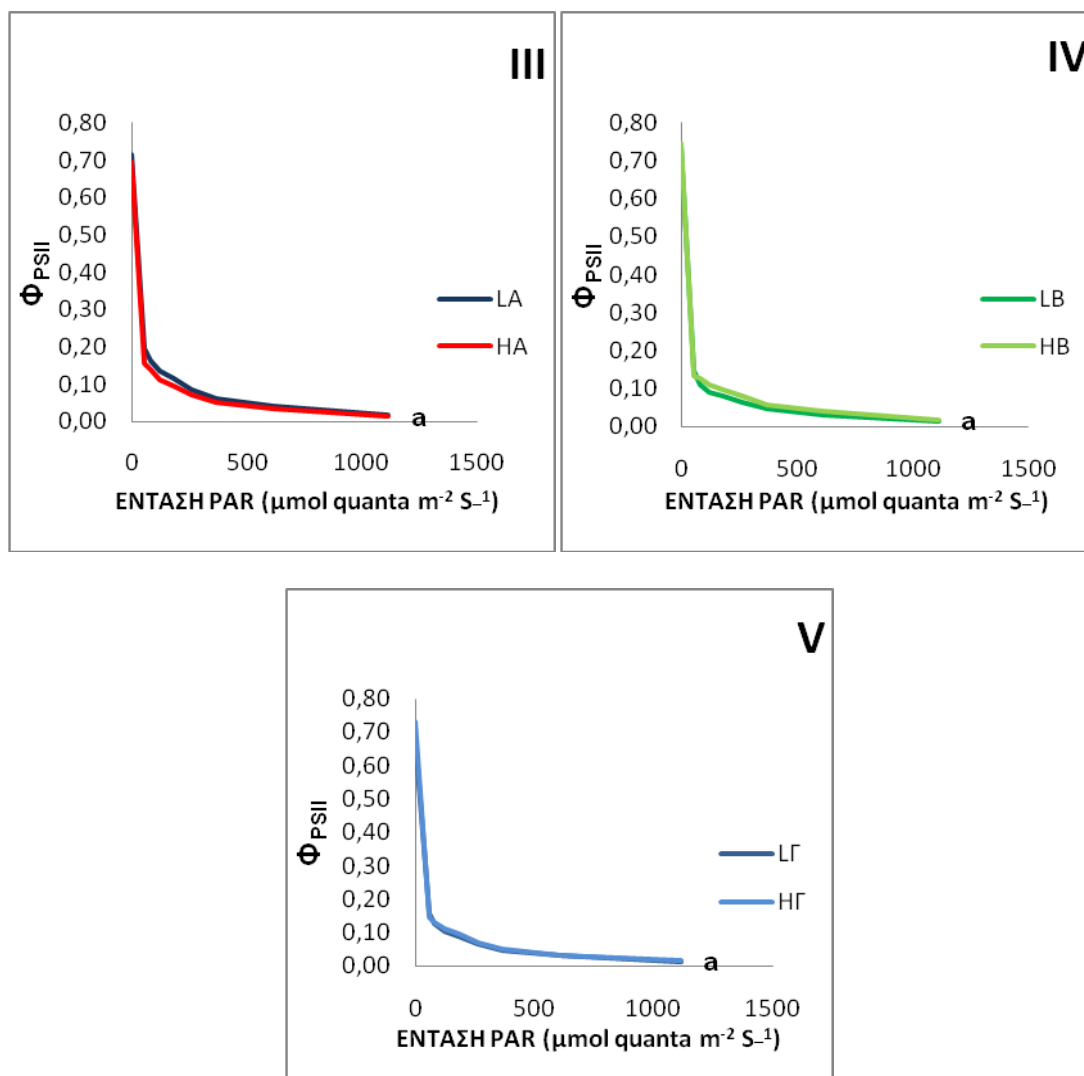


Σχήμα 3. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α,Β και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PS II (Φ_{PSII}) του (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) σε φύλλα του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), (σχ. 6), (διάγρ. I-II), δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές διαφορές στην λειτουργική

Αποτελέσματα

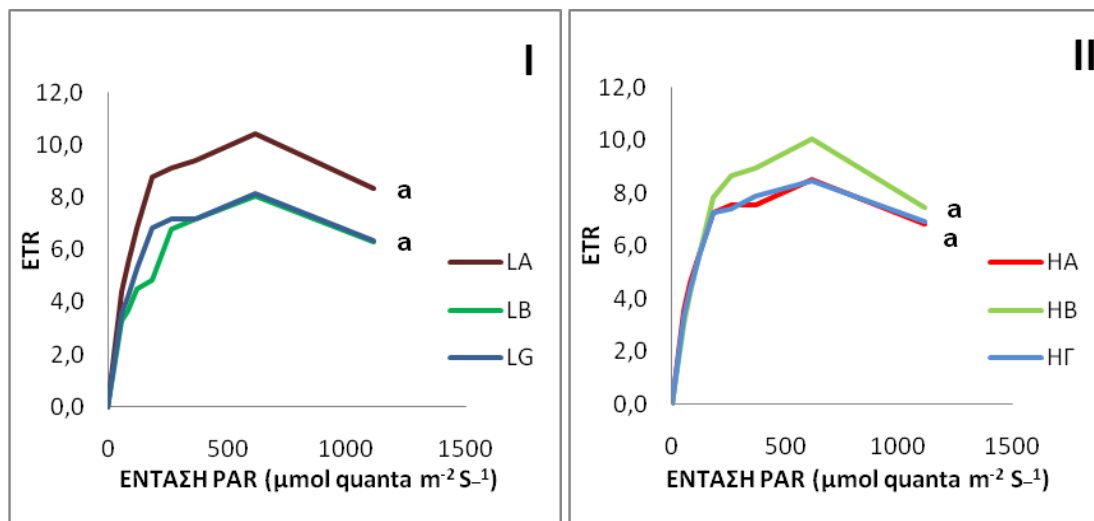
φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PS II μεταξύ των τριών τύπων υποστρώματων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 4. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (A, B και Γ). **III)** υπόστρωμα A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

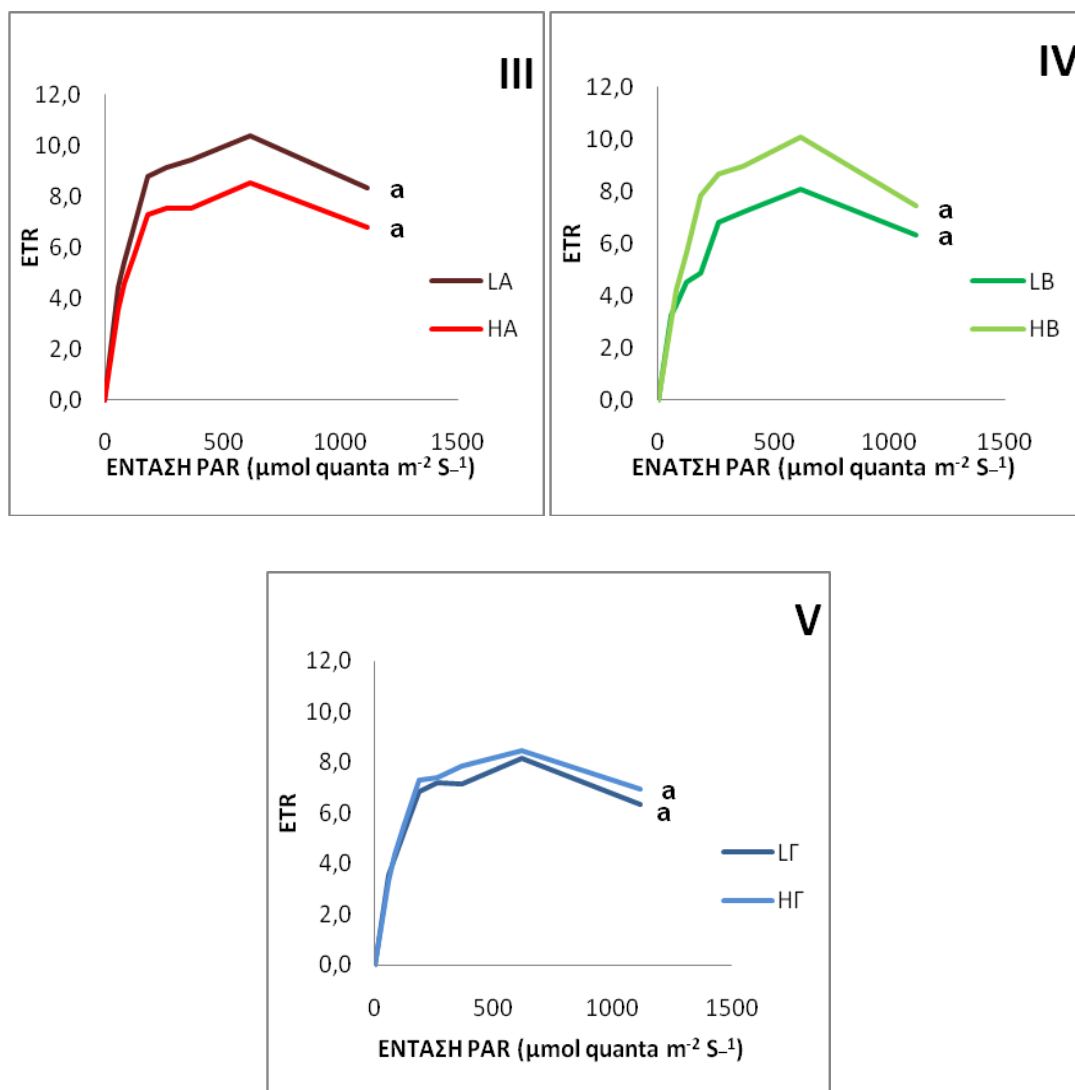
Στο σχ. 7 παρατηρείται ότι από τα διαγράμματα III-IV-V δεν υπάρχει ουσιαστική αλληλεπίδραση και διαφορές στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PS II του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 5. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

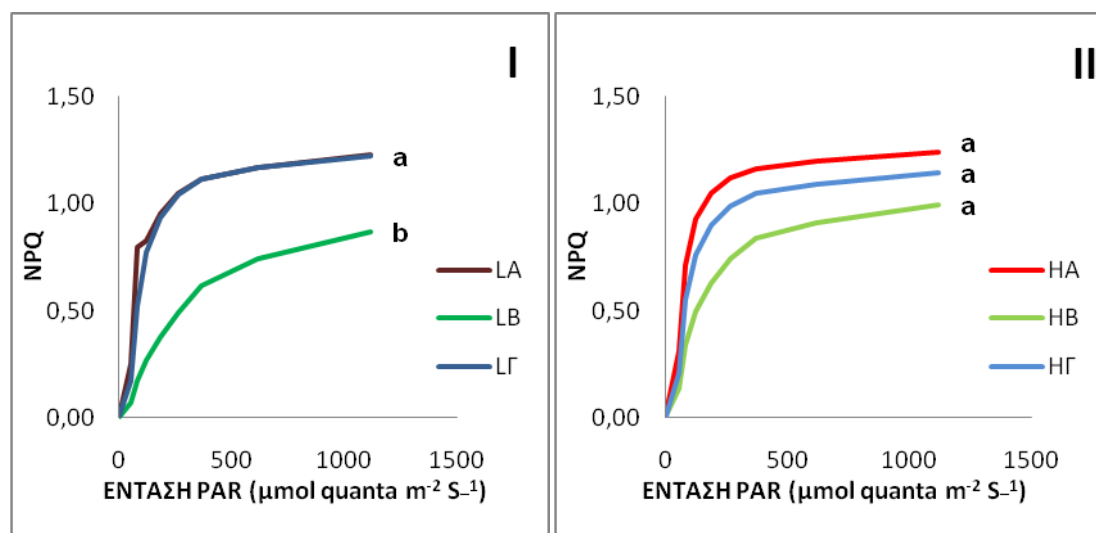
Με βάση τις μετρήσεις του φαινόμενου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) των φύλλων του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), παρατηρήθηκε (σχ. 8), (διάγρ. I-II), ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 6. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (A, B και Γ). **III**) υπόστρωμα A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV**) υπόστρωμα B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V**) υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

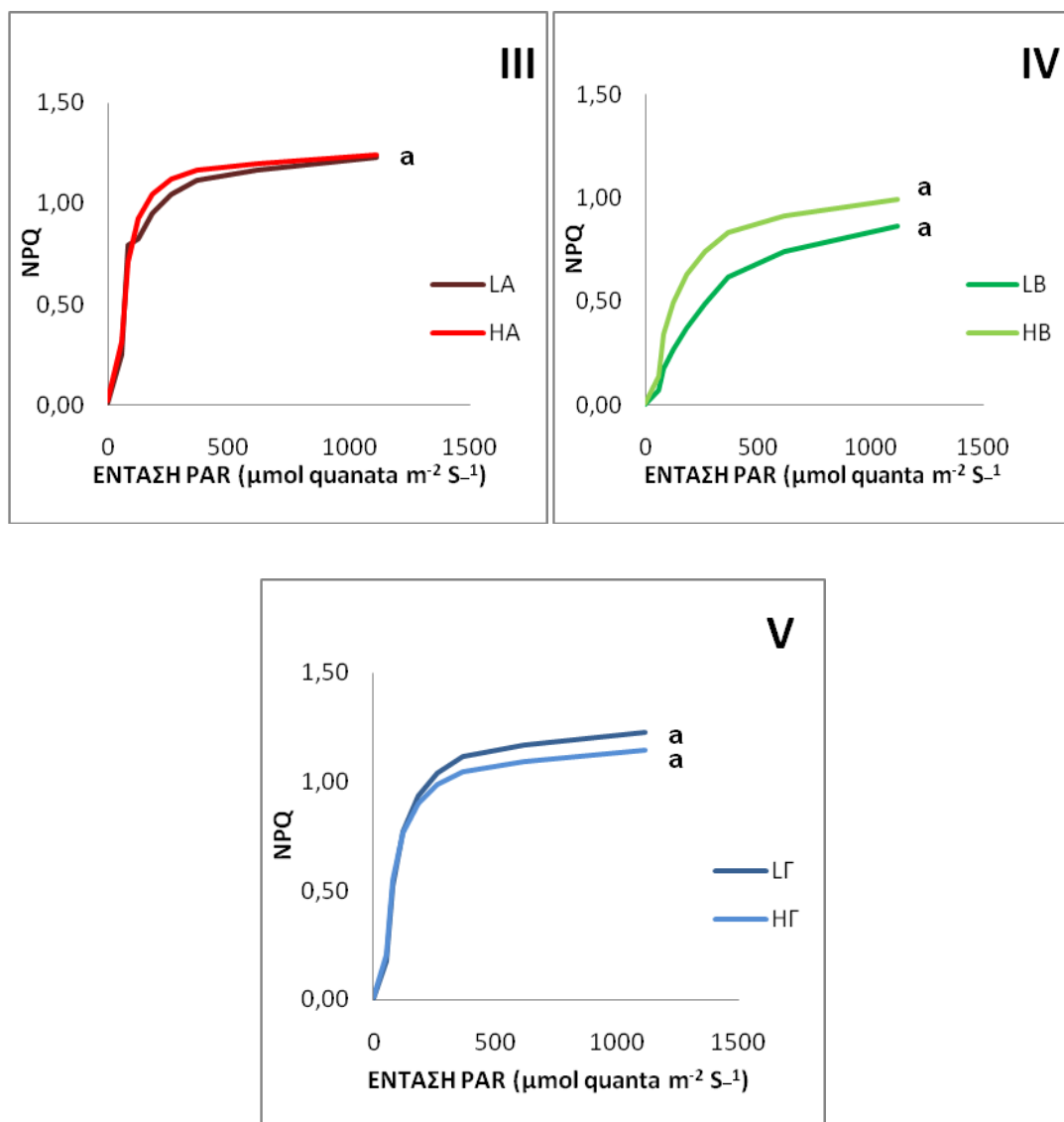
Στο (σχ. 9) παρατηρείται ότι από τα διαγράμματα III-IV-V δεν υπάρχει επίσης ουσιαστική αλληλεπίδραση και διαφορές στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 7. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

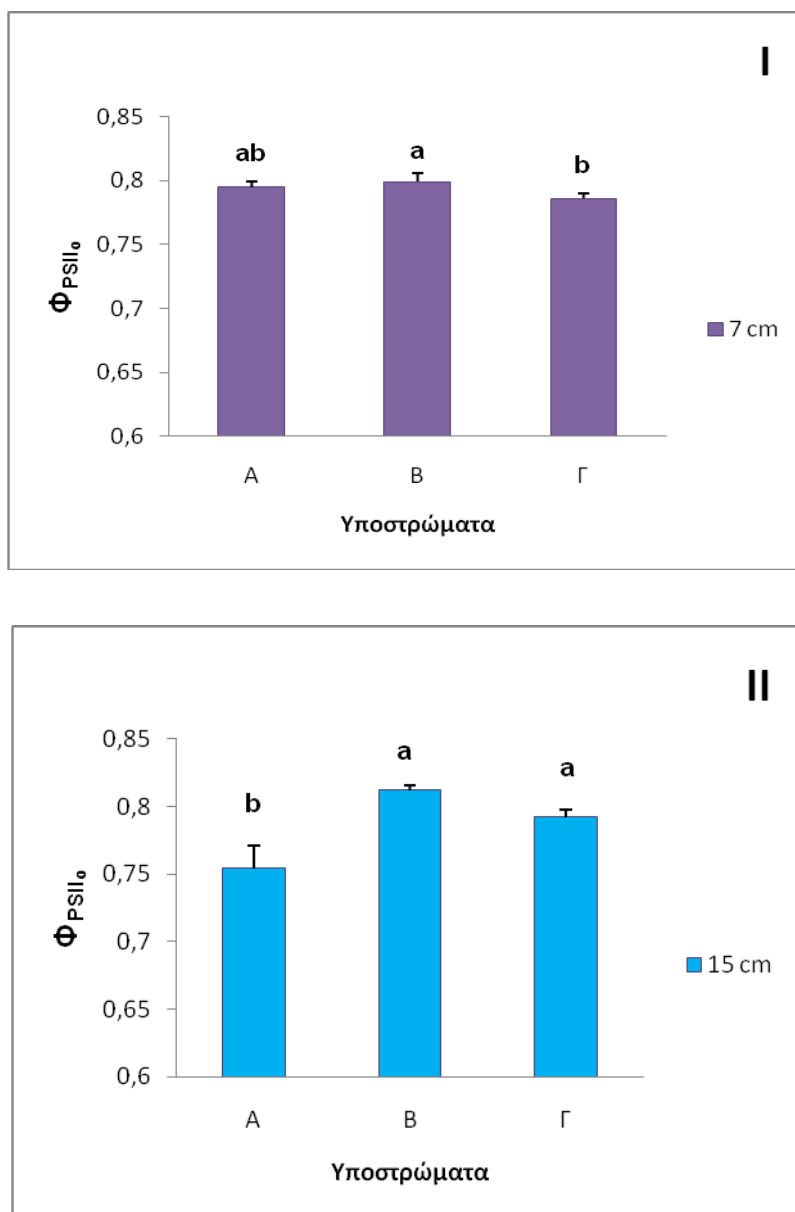
Σύμφωνα με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, (σχ. 10), παρατηρείται ότι στο διάγραμμα I, το υπόστρωμα Α και Γ πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Β έχοντας μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης. Σε αντίθεση με αυτό, στο διάγραμμα II δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων του υψηλού πάχους (15cm).



Σχήμα 8. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Στο (σχ. 11) παρατηρείται ότι από τα διαγράμματα III-IV-V δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του τύπου (Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

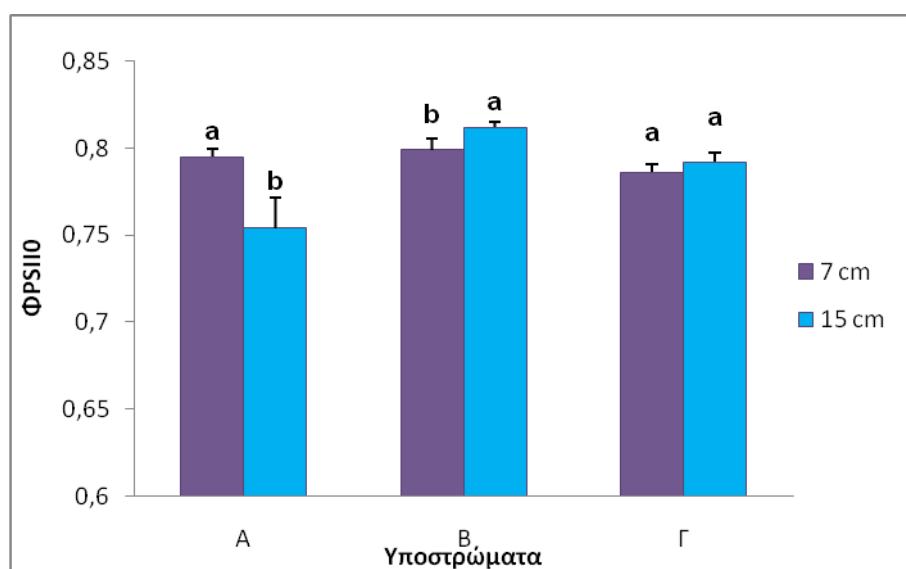
IV) Θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})



Σχήμα 9. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Αποτελέσματα

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) των φύλλων του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), στο διάγραμμα I του (σχ.12) παρατηρείται ότι το υπόστρωμα Β, χαμηλού πάχους (7cm) παρουσιάζει μικρή διαφορά (αν και στατιστικά σημαντικές) σε σχέση με το Γ. Σε αντίθεση με τα παραπάνω στο διάγραμμα II του (σχ.12), παρατηρούμε ότι καλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) παρουσιάζουν τα υποστρώματα Β και Γ σε σχέση με το υπόστρωμα Α. Η παράμετρος παρουσιάζει αρκετά χαμηλότερη τιμή στη μεταχείριση Α, πάχους (15cm) συγκριτικά με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις υποδηλώνοντας συγκεκριμένο επίπεδο καταπόνησης των φυτών ειδικά σε αυτή τη μεταχείριση.

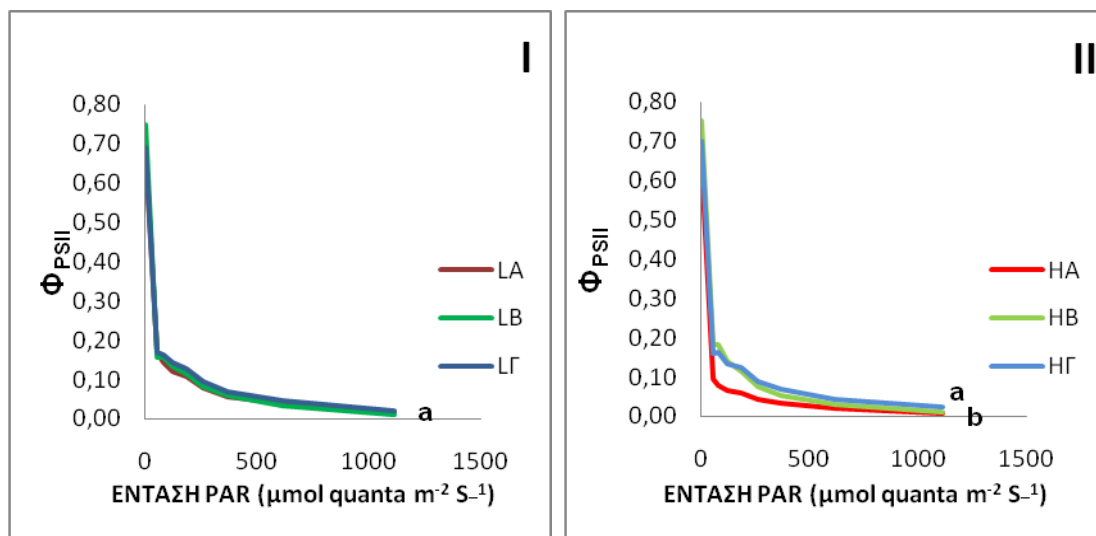


Σχήμα 10. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 3 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Συμφωνά με το (σχ. 13) παρατηρείται αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος, όπου στο υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm) το υπόστρωμα Β έχει την καλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II, σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους υποστρωμάτων και πάχη ανάπτυξης.

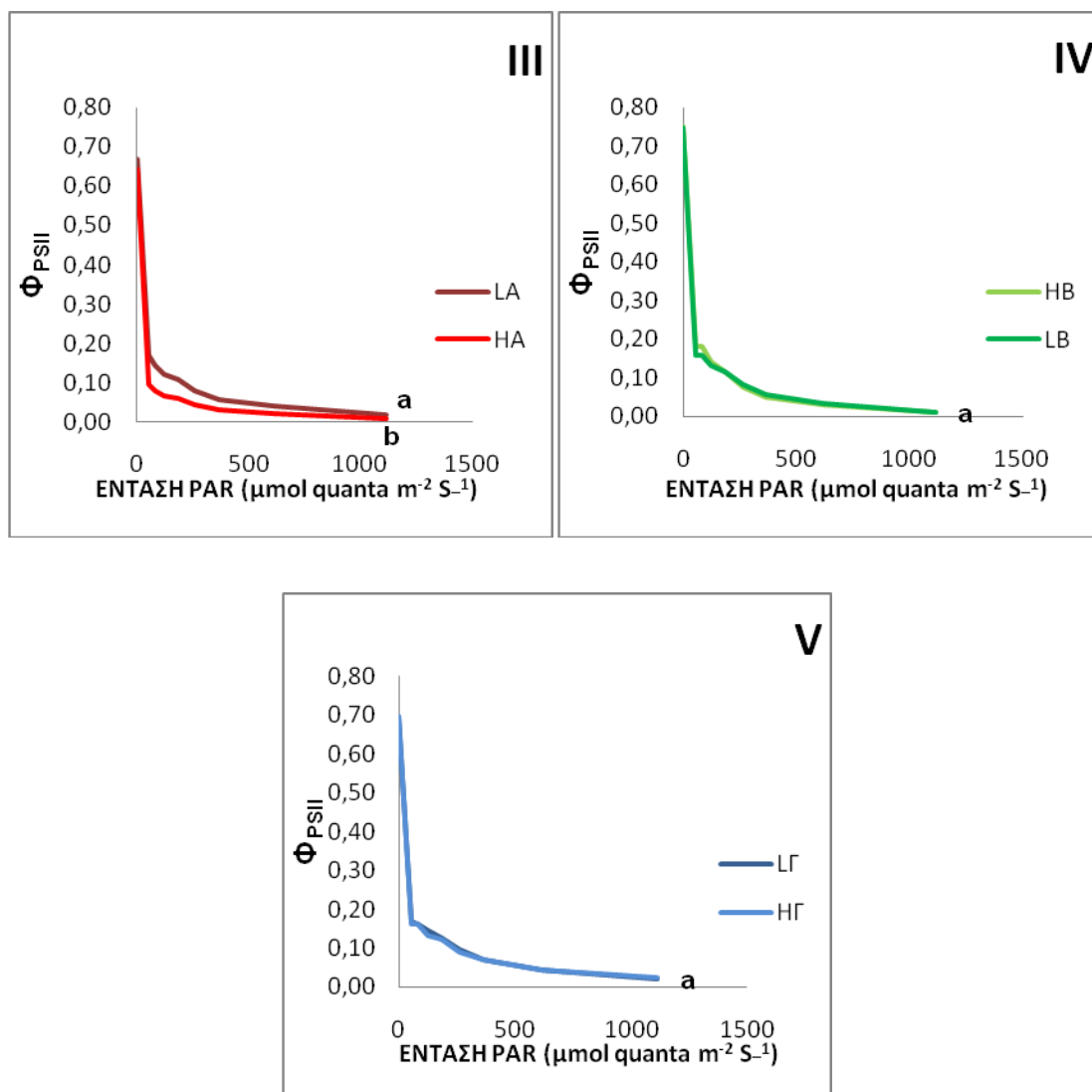
2^η Μέτρηση: Ιούλιος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}



Σχήμα 11. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A,B και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

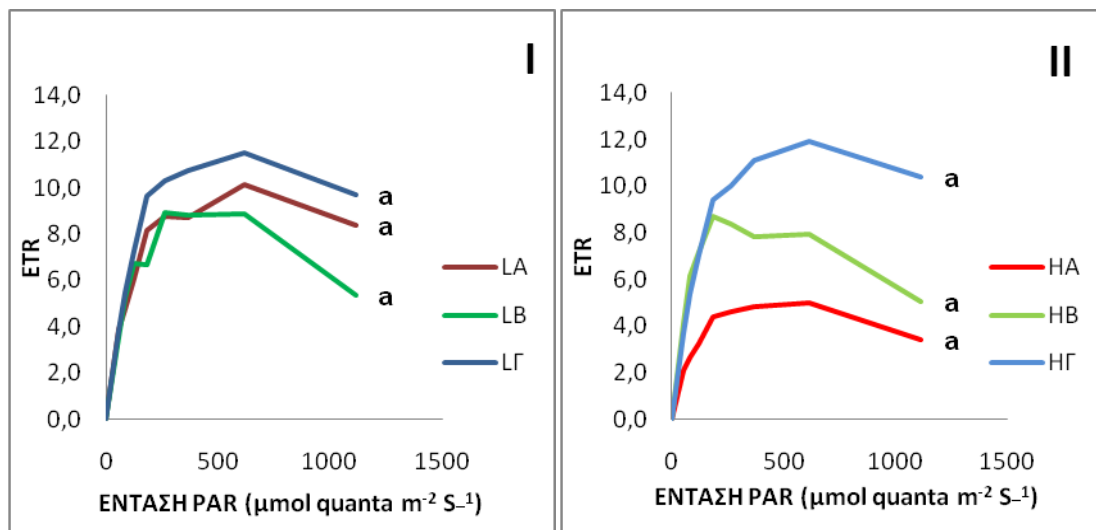
Σύμφωνα με τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), στο διάγραμμα I, του (σχ. 14) δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης του χαμηλού πάχους (7cm). Σε αντίθεση με αυτό, στο διάγραμμα II, του (σχ. 14) το υπόστρωμα Γ και Β πάχους (15cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Α έχοντας μεγαλύτερη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}).



Σχήμα 12. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 4 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (A, B και Γ). **III)** υπόστρωμα A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

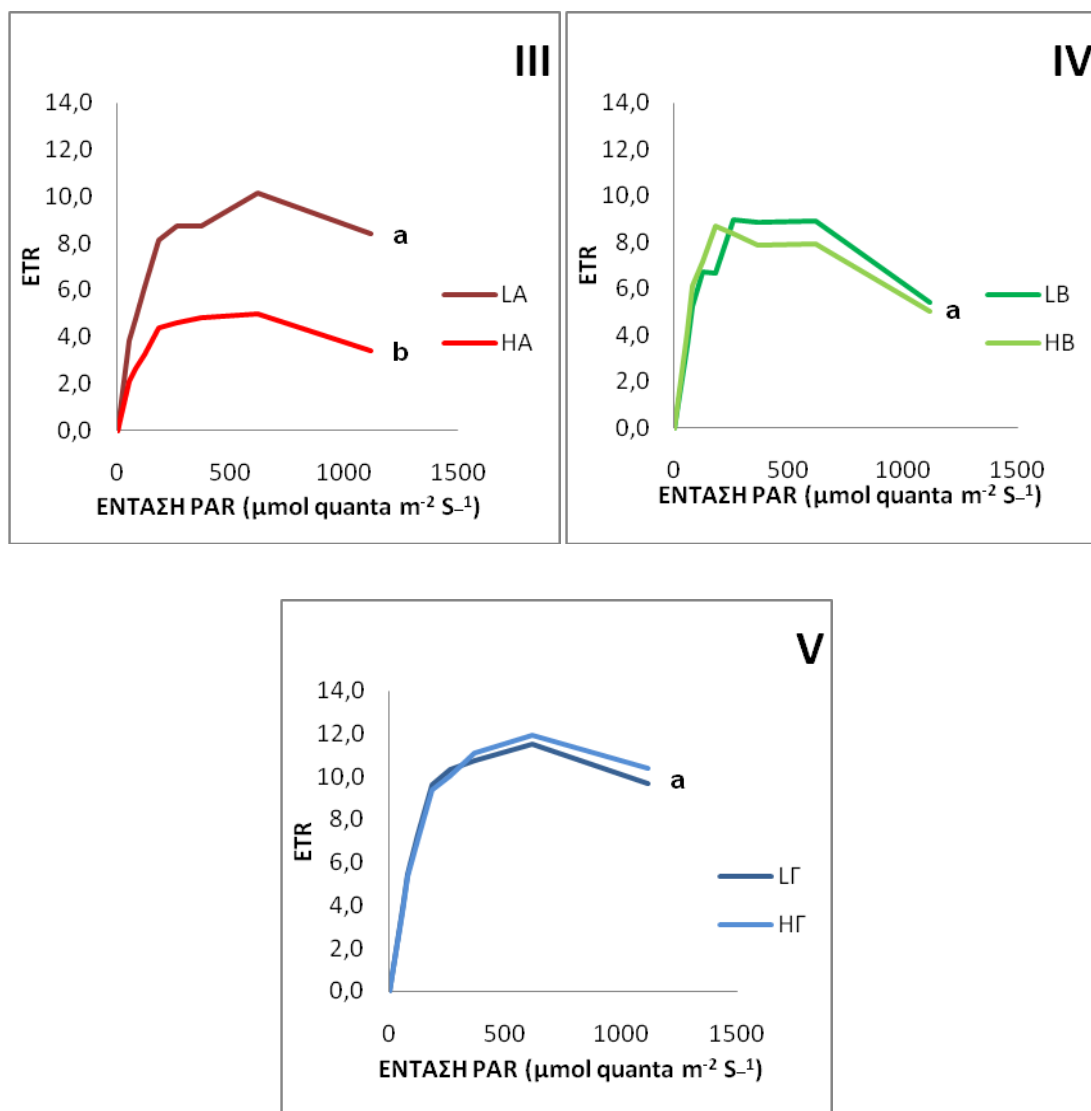
Στο διάγραμμα III, (σχ. 15), παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε χαμηλό πάχος (7cm), το υπόστρωμα A έχει σημαντικά καλύτερη λειτουργική φωτονιακή απόδοση απ' ό,τι έχει στο υψηλό πάχος (15cm). Στα υπόλοιπα διαγράμματα, IV και V (σχ. 15), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης για τα υποστρώματα B και Γ.

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 13. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις του φαινόμενου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), παρατηρήθηκε ότι στο διάγραμμα I και II του (σχ. 16) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις η κινητική της παραμέτρου ETR με την αύξηση της έντασης προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι πτωτική υποδηλώνοντας εξάντληση της χωρητικότητας της φωτοχημικής αλυσίδας ροής ηλεκτρονίων και φαινόμενη φωτοαναστολή της. Επίσης, στα υποστρώματα Β, χαμηλού πάχους(7cm), Β και Γ, υψηλού πάχους(15cm) η πτώση του ETR ήταν εμφανής ακόμα και σε μέτρια υψηλές εντάσεις προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

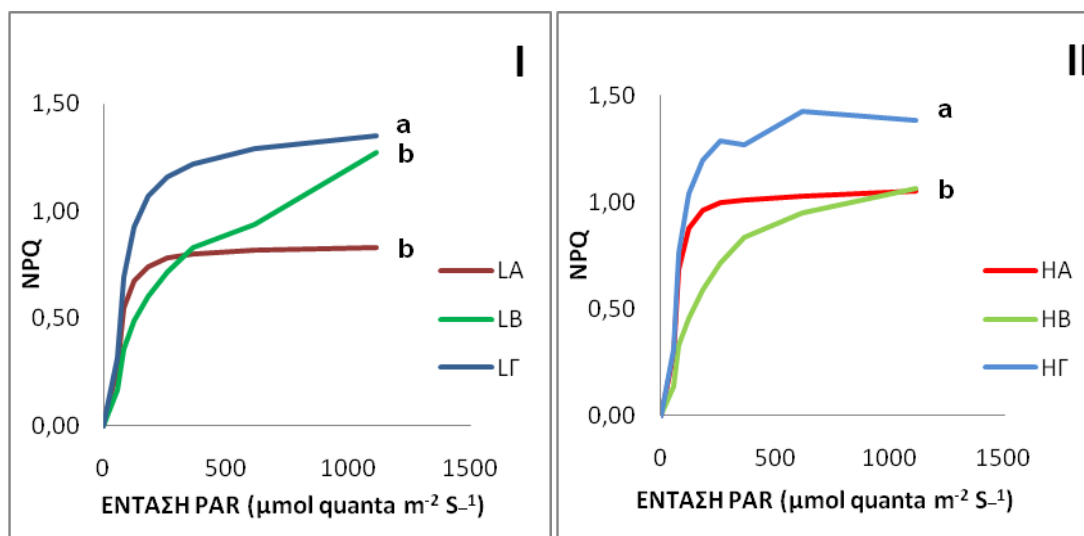


Σχήμα 14. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III**) υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV**) υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V**) υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n = 9$).

Σύμφωνα με το (σχ. 17), στο διάγραμμα III παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε χαμηλό πάχος (7cm), το υπόστρωμα Α έχει σημαντικά καλύτερο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) απ' ότι έχει στο υψηλό πάχος (15cm). Ιδιαίτερα στην περίπτωση του υποστρώματος Α, πάχους (15cm) οι τιμές του ETR ήταν οι απόλυτα χαμηλότερες όλων των άλλων μεταχειρίσεων υποδηλώνοντας σημαντική αδυναμία αξιοποίησης της ενέργειας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και

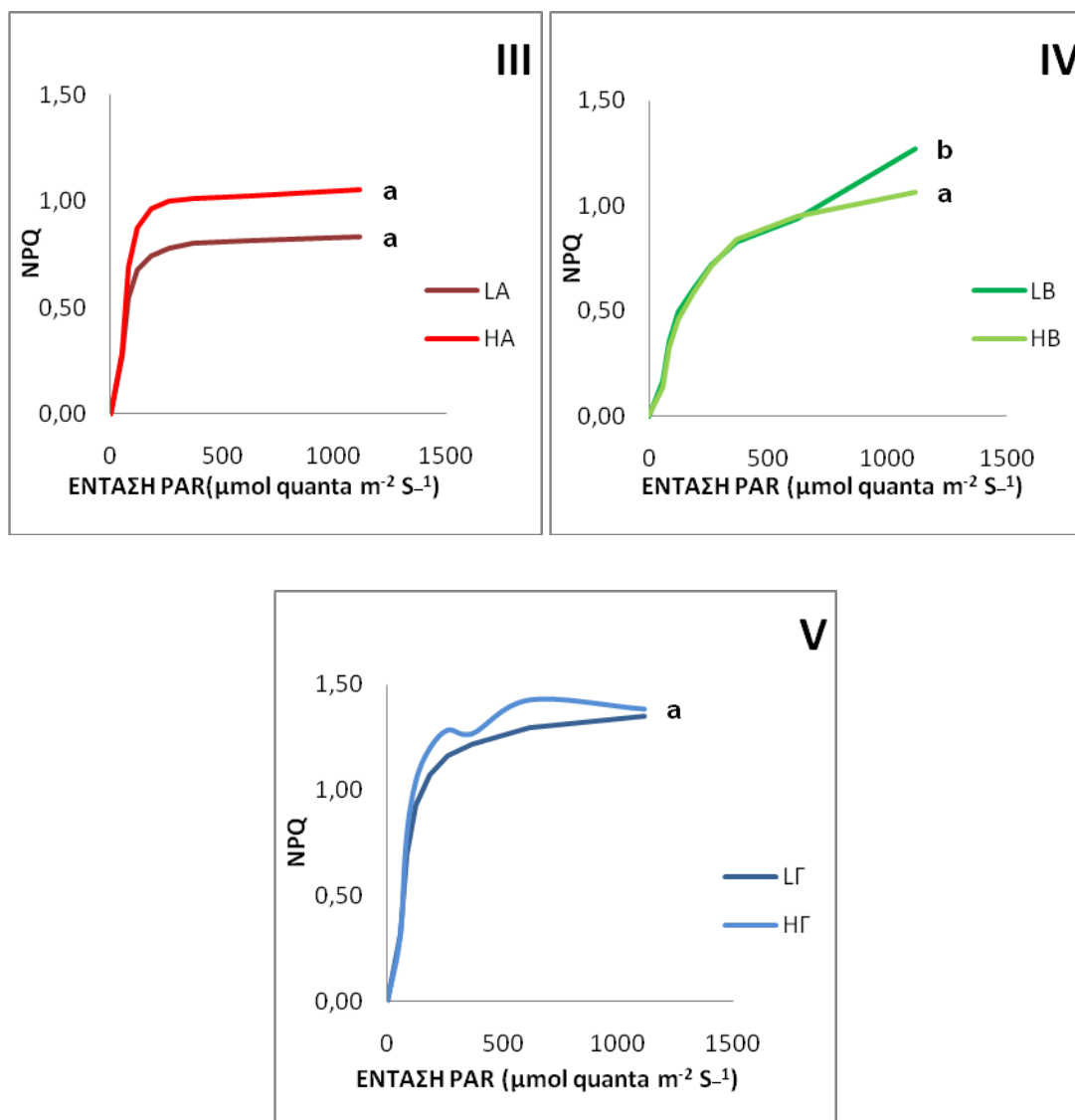
υψηλότερο κίνδυνο φωτοαναστολής. Στα υπόλοιπα διαγράμματα, IV και V, (σχ. 17), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης για τα υποστρώματα Β και Γ.

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 15. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

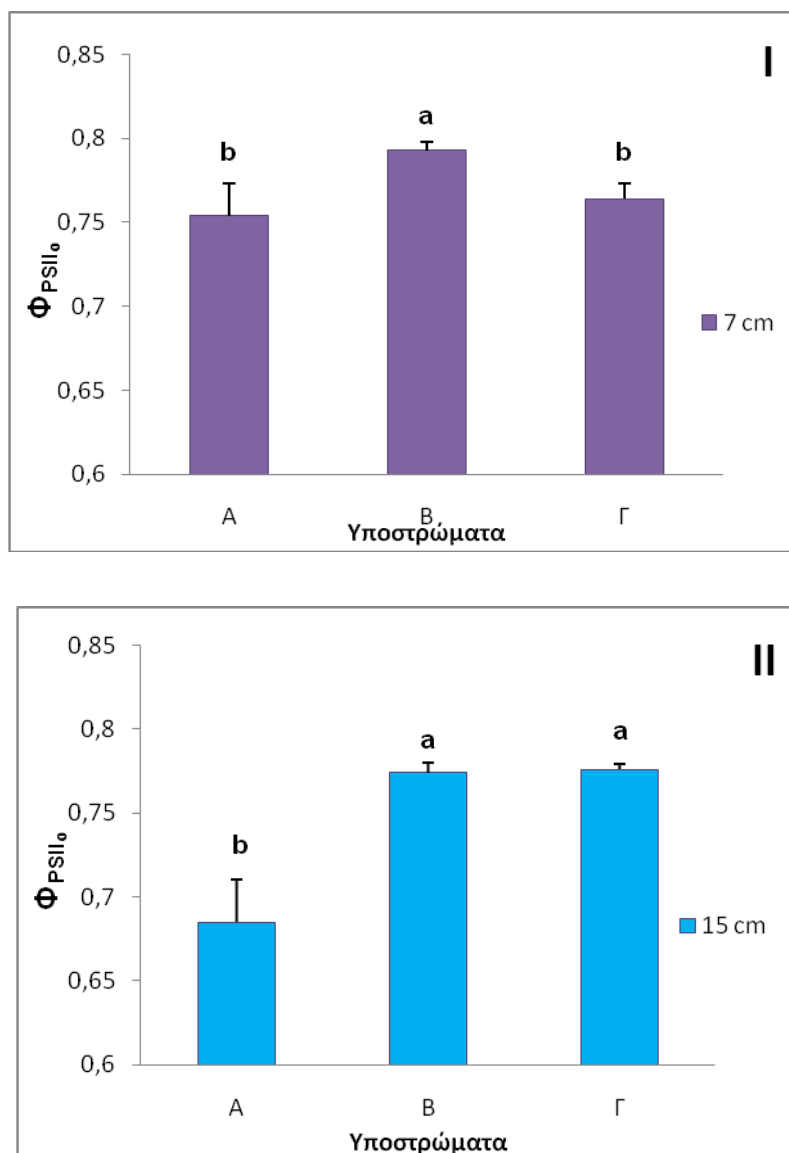
Σύμφωνα, με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII, (σχ. 18), διάγραμμα I, το υπόστρωμα Γ πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Β και Α. Ομοίως με αυτό, και στο διάγραμμα II, του (σχ. 18), παρατηρείται να προηγείται το υπόστρωμα Γ σε σχέση με τα υποστρώματα Α και Β.



Σχήμα 16. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 4 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με το (σχ. 19), στο διάγραμμα IV παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε υψηλό πάχος (15cm), το υπόστρωμα Β έχει σημαντικά καλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης απ' ότι έχει στο χαμηλό πάχος (7 cm). Στα υπόλοιπα διαγράμματα III και V, (σχ. 19), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης για τα υποστρώματα Α και Γ.

IV) Θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})

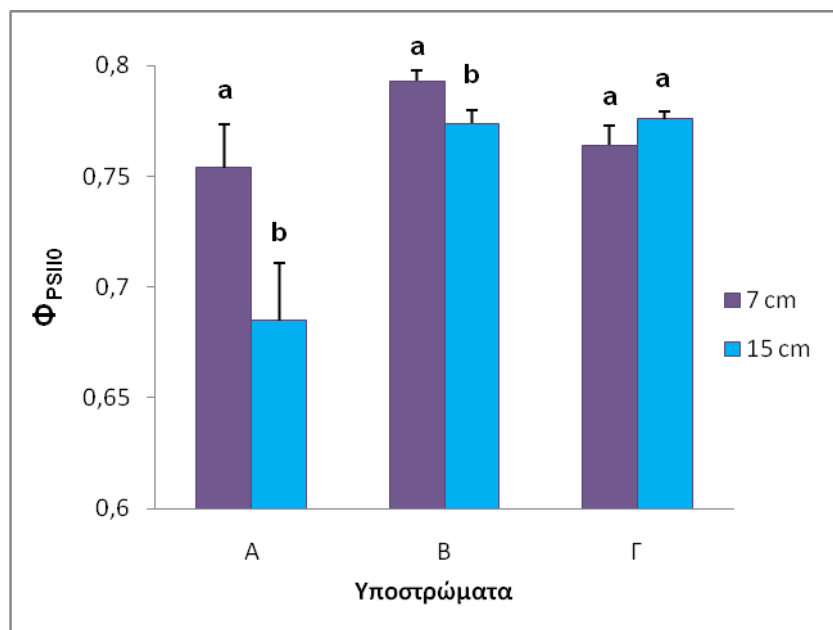


Σχήμα 17. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*), στο διάγραμμα I του (σχ.20) παρατηρείται ότι το υπόστρωμα B, χαμηλού πάχους (7cm) να παρουσιάζει σημαντική

Αποτελέσματα

διαφορά σε σχέση με το Γ και το Α, με αποτέλεσμα να έχει καλύτερη απόδοση φωτοχημικής ικανότητας. Αντιθέτως, στο διάγραμμα II, του (σχ.20), παρατηρούμε ότι καλύτερη απόδοση της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) παρουσιάζουν τα υποστρώματα Β και Γ σε σχέση με το υπόστρωμα Α.



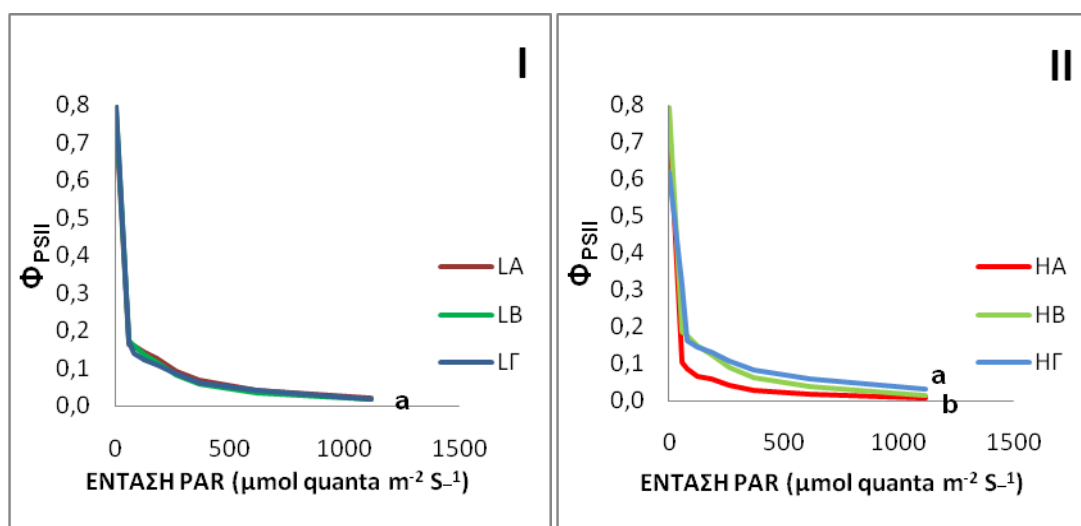
Σχήμα 18. Επίδραση του πάχους υποστρώματος(L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 4 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Συμφωνά με το (σχ. 21) παρατηρείτε αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος, όπου στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm) τα υποστρώματα Α,Β και Γ έχουν καλύτερη απόδοση της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II, απ' ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές της Φ_{PSII_0} ήταν μειωμένες στα υποστρώματα Α και Γ, πάχους(7cm) συγκριτικά με το απόλυτα μέγιστο όριο του 0,85 ενός υγιούς φύλλου ενώ στο υπόστρωμα Α, πάχους (15cm) ήταν αξιοσημείωτα μειωμένη υποδηλώνοντας συσσωρευμένες βλάβες στη φωτοσυνθετική συσκευή. Το αποτέλεσμα αυτό, ιδιαίτερα

για το υπόστρωμα Α, πάχους (15cm) σχετίζεται με την μειωμένη ικανότητα φωτοχημικής ροής ηλεκτρονίων η οποία παρατηρήθηκε (βλ. Σχ. 17).

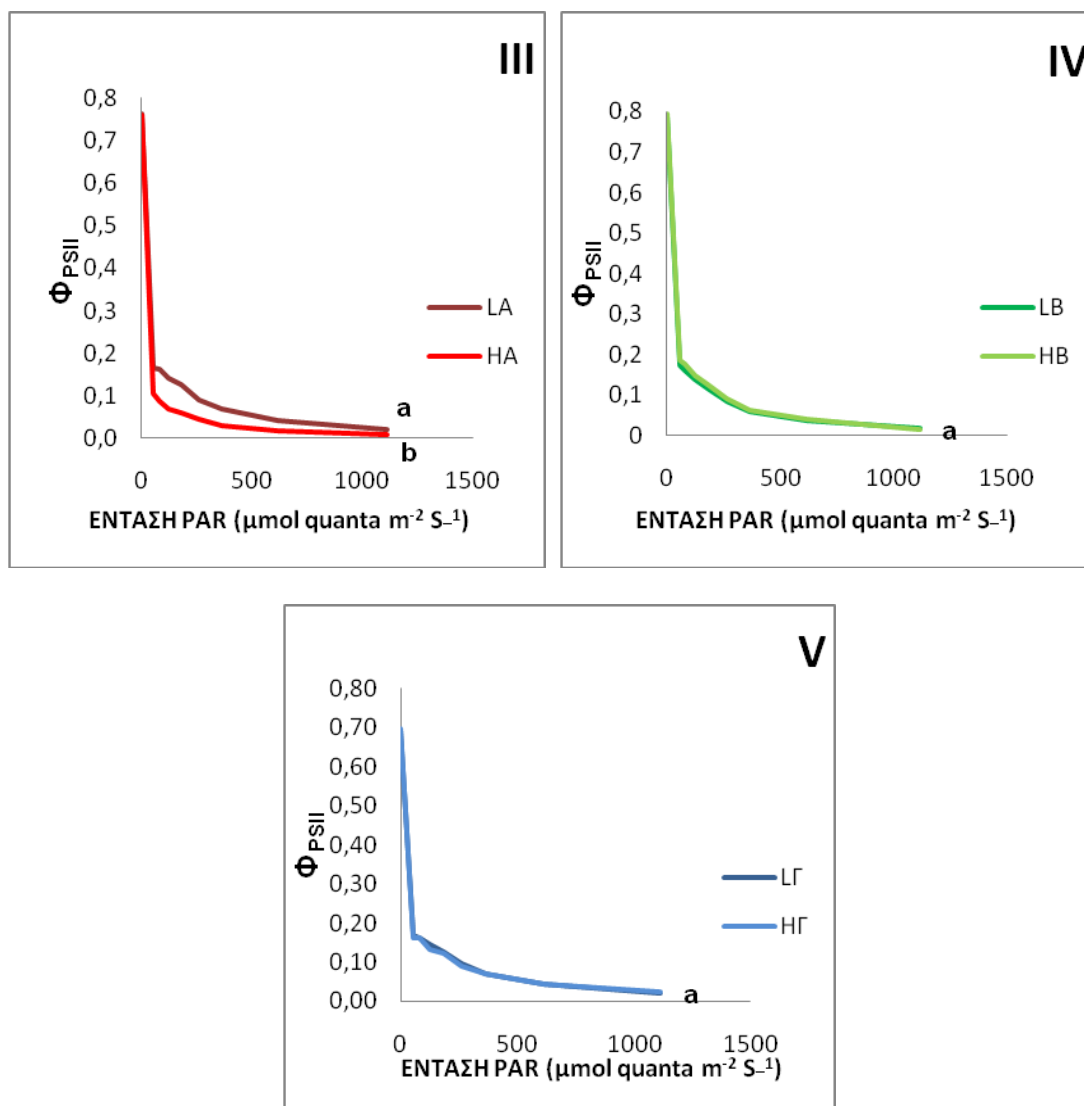
3^η Μέτρηση: Οκτώβριος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}



Σχήμα 19. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α,Β και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), στο διάγραμμα I του (σχ. 22), δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης του χαμηλού πάχους (7cm). Αντίθετα με αυτό, στο διάγραμμα II του (σχ. 22) το υπόστρωμα Γ πάχους (15cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Α και Β έχοντας καλύτερη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}).

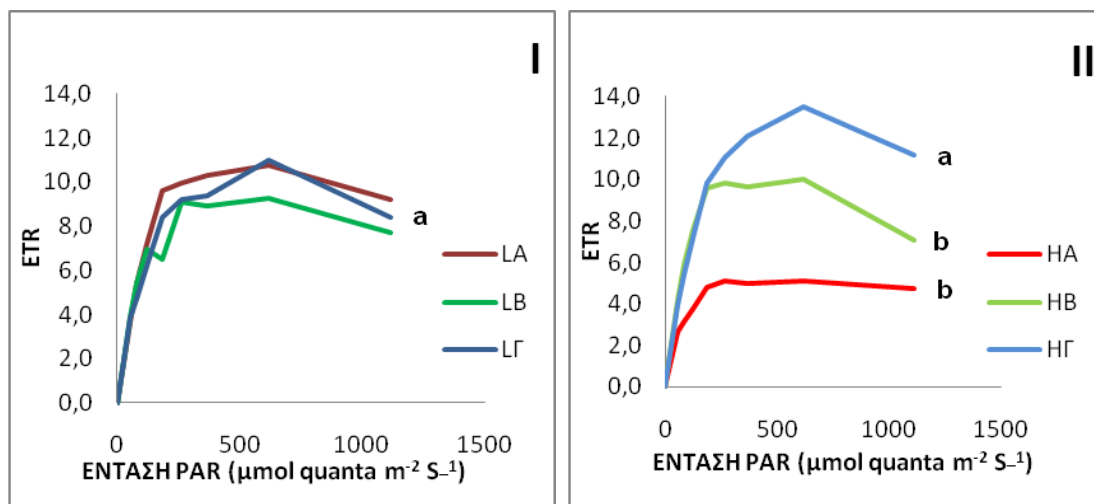


Σχήμα 20. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Στο διάγραμμα III, (σχ. 23) παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε χαμηλό πάχος (7cm), το υπόστρωμα Α έχει σημαντικά καλύτερη λειτουργική φωτονιακή απόδοση απ' ότι έχει στο υψηλό πάχος (15cm). Στα υπόλοιπα διαγράμματα IV και V του (σχ. 23) δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης για τα υποστρώματα Β και Γ. Ας σημειωθεί ότι οι

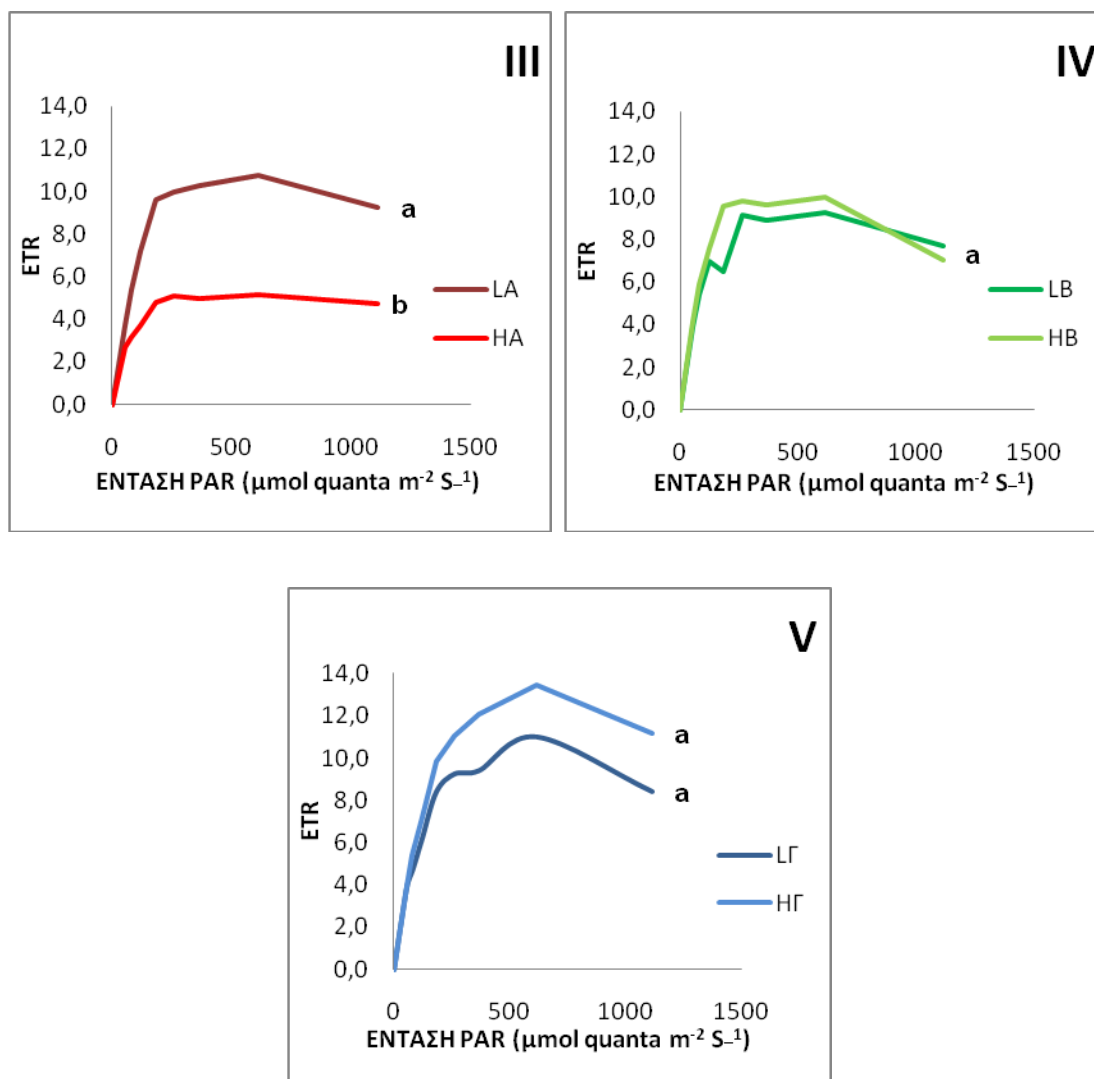
τιμές της Φ_{PSII} για το υπόστρωμα Α (15 cm) ήταν ιδιαίτερα χαμηλές συγκριτικά με τα υπόλοιπα υποστρώματα.

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 21. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις του φαινομένου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'), παρατηρήθηκε ότι στο διάγραμμα I του (σχ. 24) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm). Αντίθετα, στο διάγραμμα II του (σχ. 24) το υπόστρωμα Γ πάχους (15cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Α και Β έχοντας μεγαλύτερο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR).



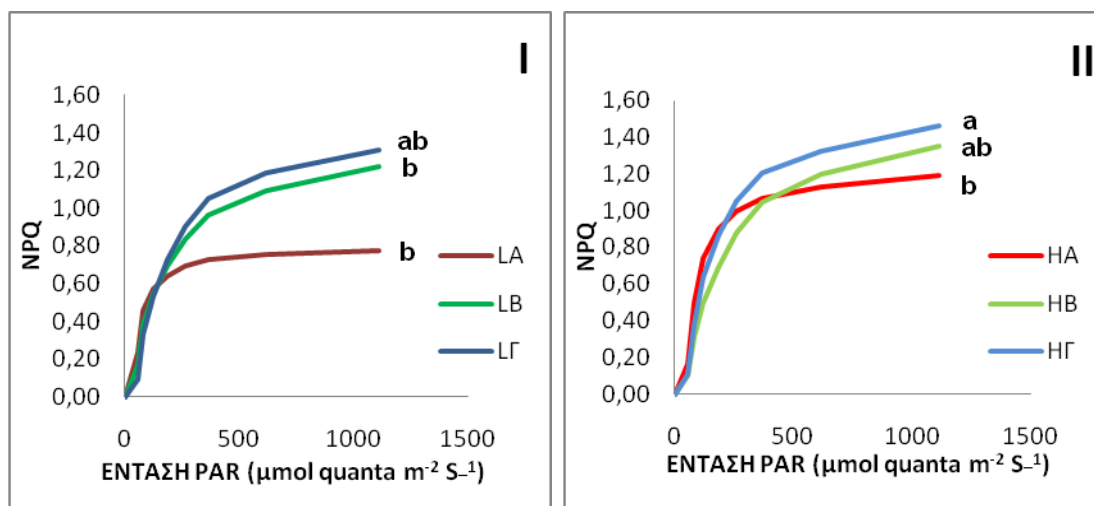
Σχήμα 22. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III**) υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV**) υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V**) υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με το (σχ. 25), στο διάγραμμα III παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε χαμηλό πάχος (7cm), το υπόστρωμα Α έχει σημαντικά καλύτερο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) απ' ότι έχει στο υψηλό πάχος (15cm). Στα υπόλοιπα διαγράμματα IV και V, του (σχ. 25), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης για τα υποστρώματα Β και Γ. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του υποστρώματος Α, πάχους (15cm) σημειώθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές της παραμέτρου ETR (αντίστοιχες με αυτές της προηγούμενης

Αποτελέσματα

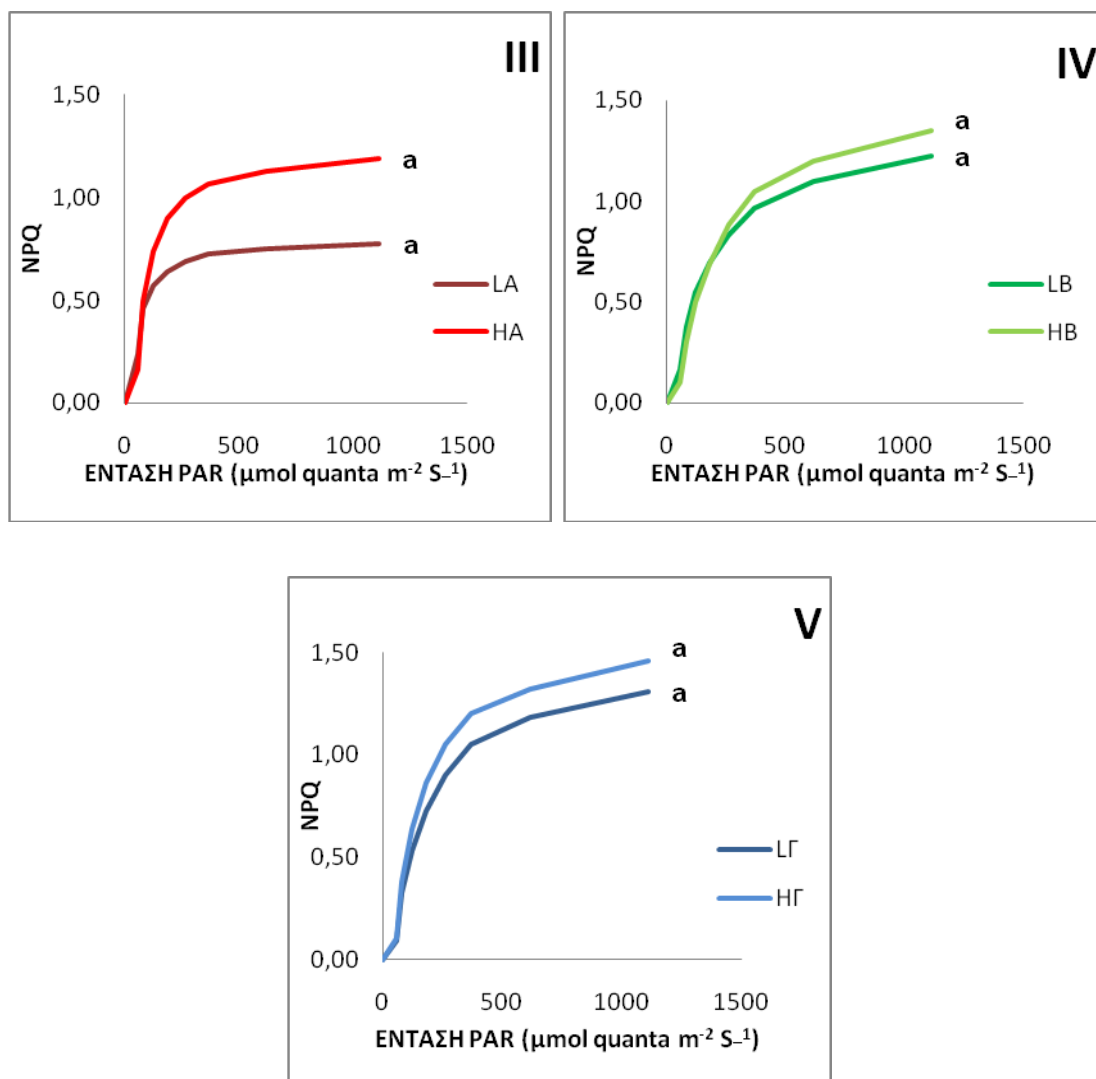
περιόδου μέτρησης) συγκριτικά με τις τιμές της παραμέτρου στα φυτά των υπολοίπων υποστρωμάτων υποδηλώνοντας σημαντική αδυναμία αξιοποίησης της ενέργειας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και υψηλό κίνδυνο φωτοαναστολής.

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 23. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

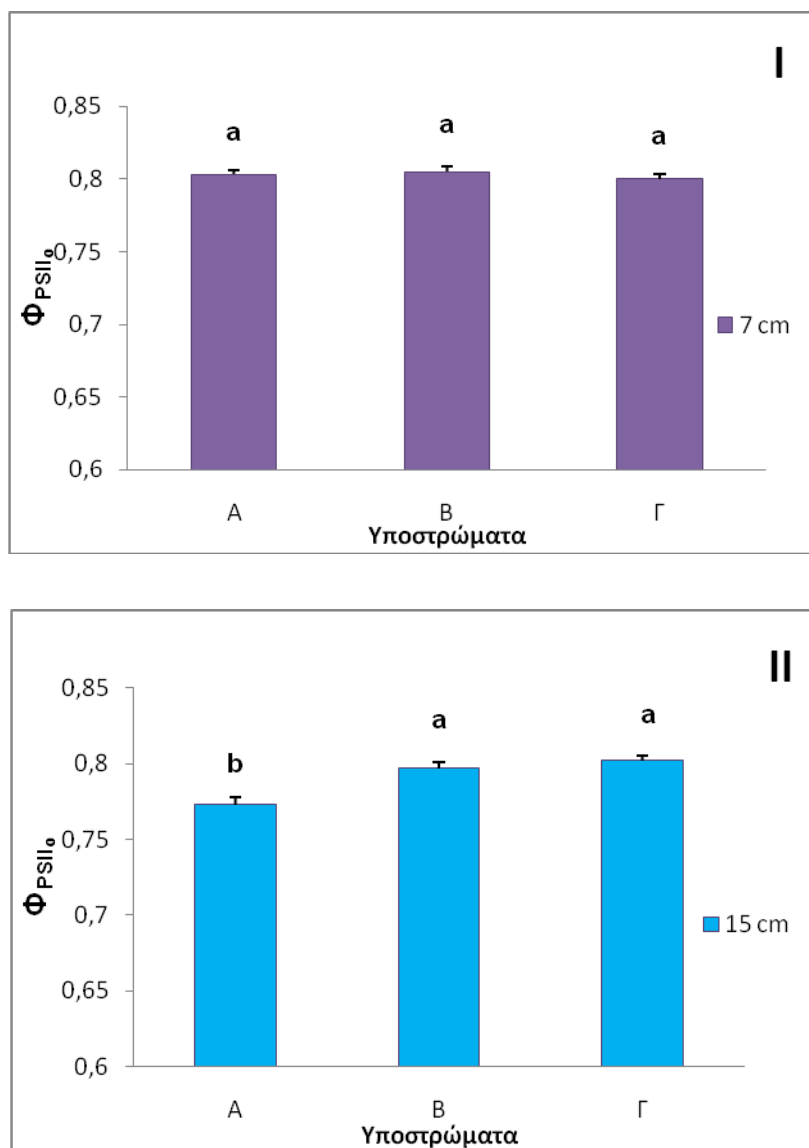
Σύμφωνα με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII, (σχ. 26), διάγραμμα I, το υπόστρωμα Γ πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα B και A έχοντας μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης. Σε αντίθεση με αυτό, στο διάγραμμα II του (σχ. 26) παρατηρείται να προηγείται το υπόστρωμα Γ και ελάχιστα το υπόστρωμα B σε σχέση με το υπόστρωμα A.



Σχήμα 24. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n = 9$).

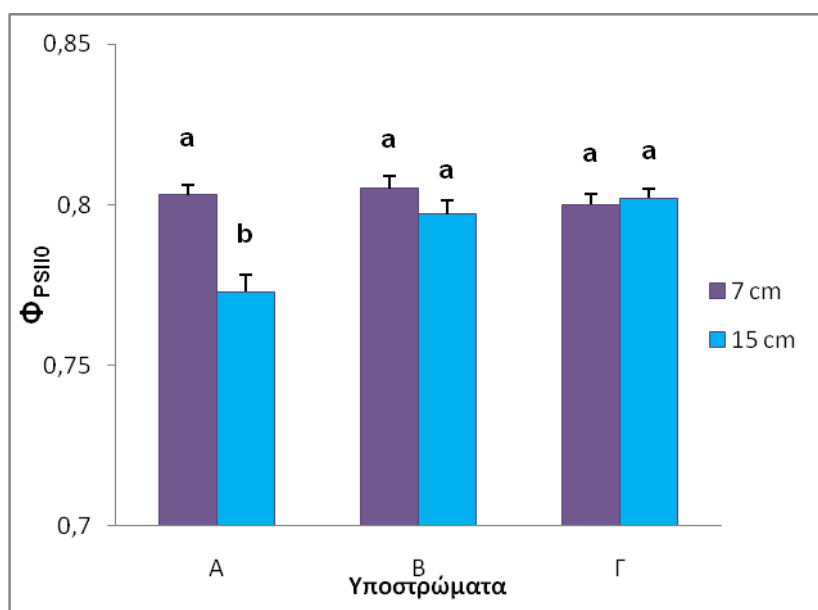
Σύμφωνα, με το (σχ. 27), παρατηρείται ότι από τα διαγράμματα III-IV-V δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του τύπου (Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

IV) Θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})



Σχήμα 25. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus') ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*), στο διάγραμμα I του (σχ.28) παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm). Αντίθετα, στο διάγραμμα II του (σχ.28) παρατηρούμε ότι καλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) παρουσιάζουν τα υποστρώματα B(60% ελαφρόπετρα:40% χώμα) και Γ σε σχέση με το υπόστρωμα A.



Σχήμα 26. Επίδραση του πάχους υποστρώματος(L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis 'Prostratus'*) ηλικίας 6 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

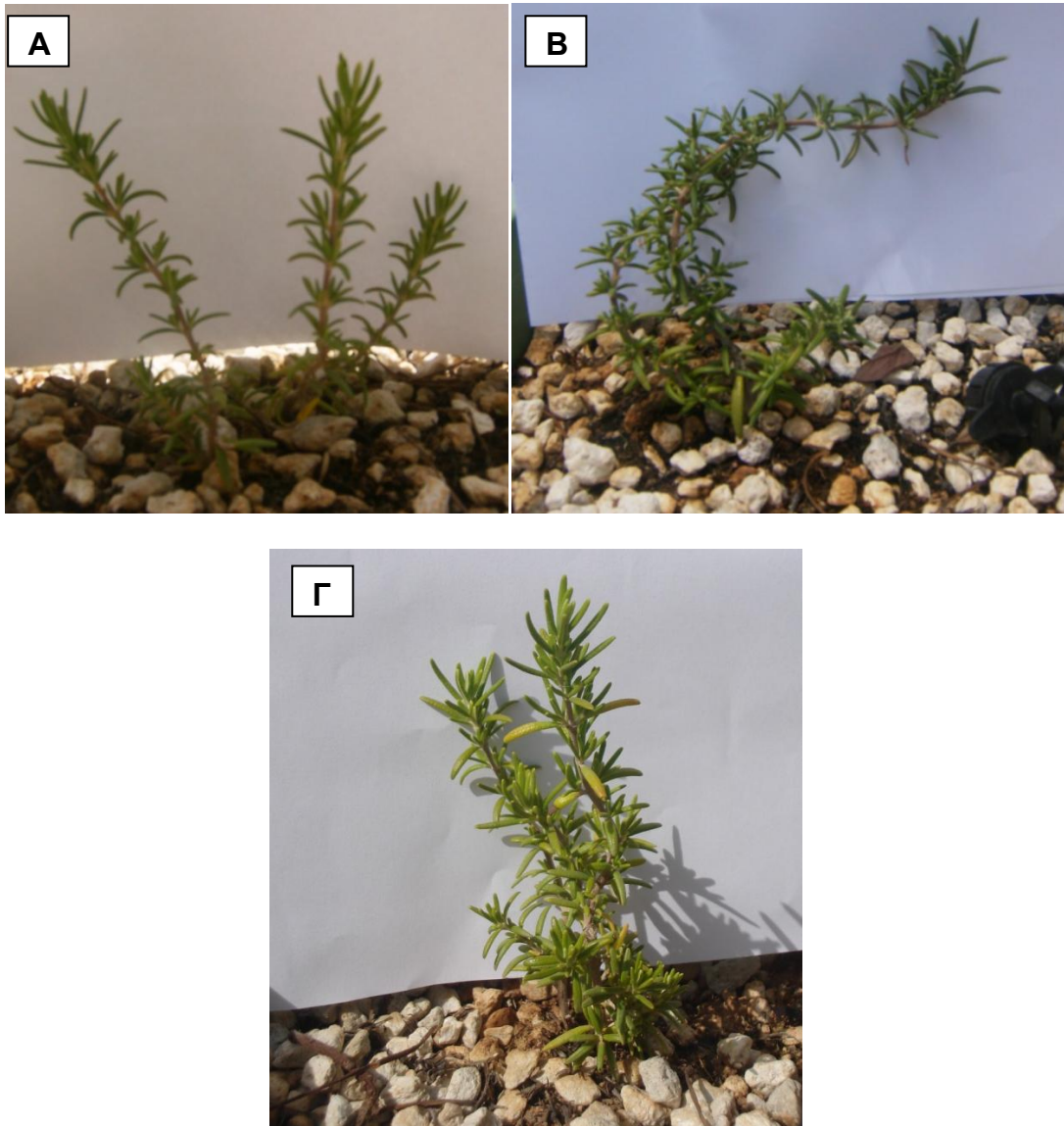
Συμφωνά με το (σχ. 29) παρατηρείτε αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος, όπου στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm) τα υποστρώματα A,B και Γ έχουν καλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II, απ' ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm). Ιδιαίτερα στην περίπτωση του υποστρώματος A, πάχους(15cm) πρέπει να τονιστεί ότι οι τιμές της Φ_{PSII_0} ήταν εμφανώς μειωμένες συγκριτικά με αυτές των φυτών των υπόλοιπων

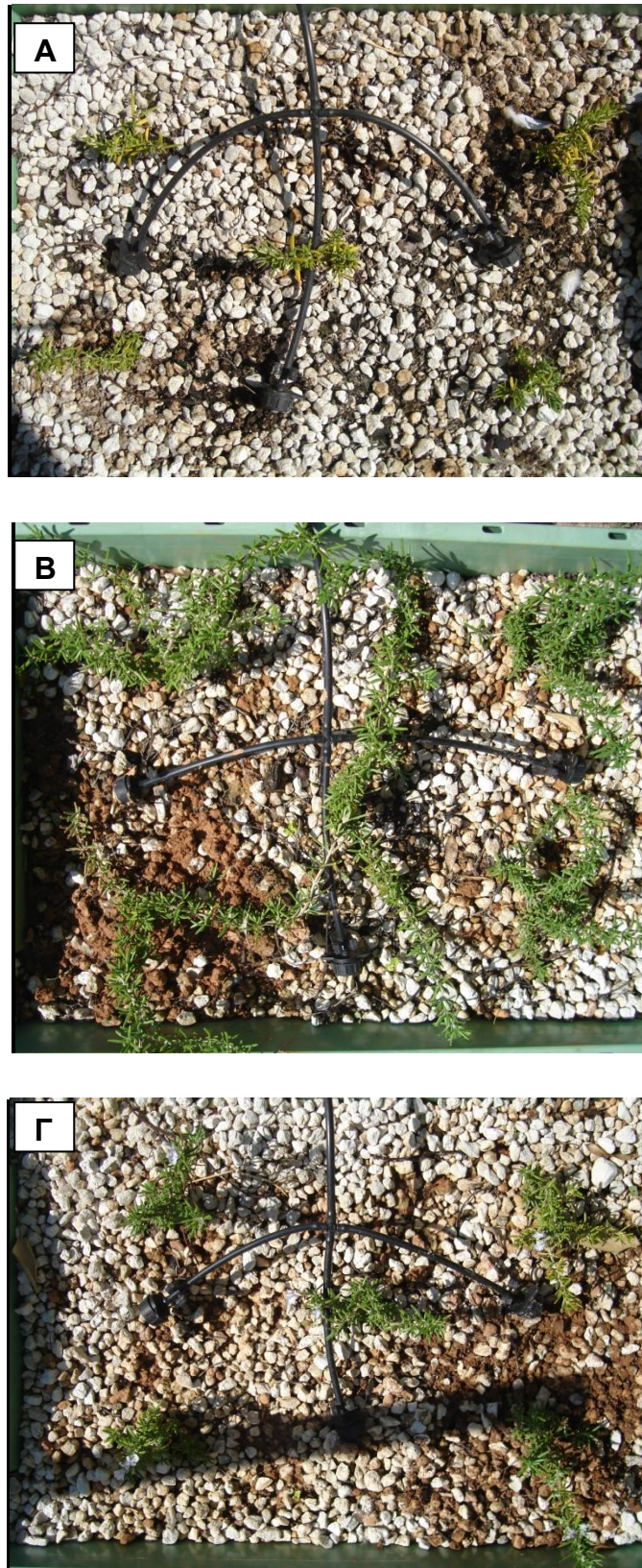
Αποτελέσματα

υποστρωμάτων υποδηλώνοντας συσσωρευμένη φωτοαναστολή αν και όχι στα επίπεδα που παρατηρήθηκαν κατά την προηγούμενη περίοδο μέτρησης.

3.1.4 Τεύχος φωτογραφιών

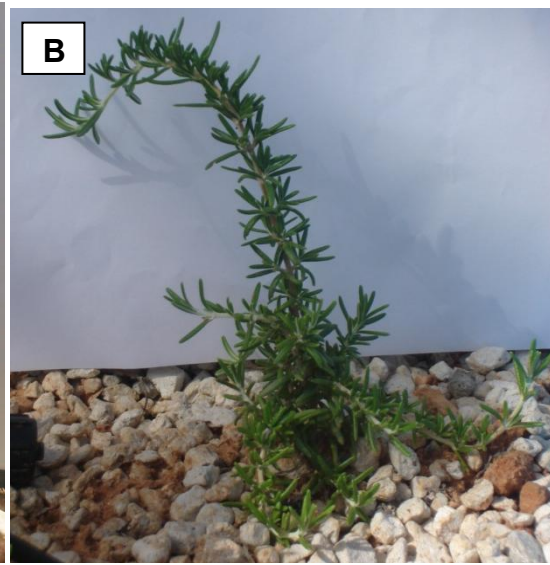
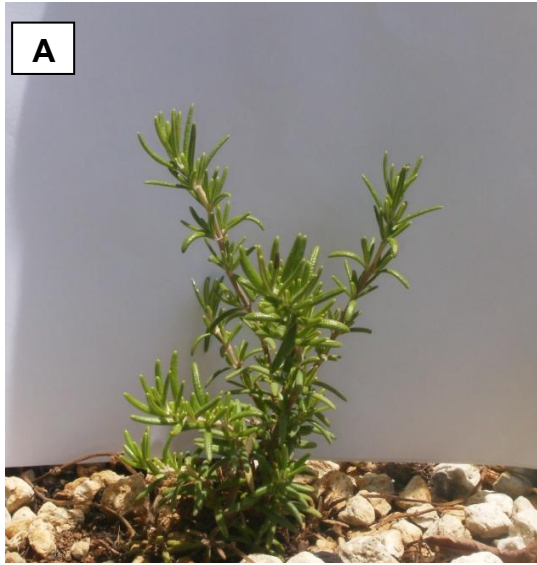
1) Χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm)

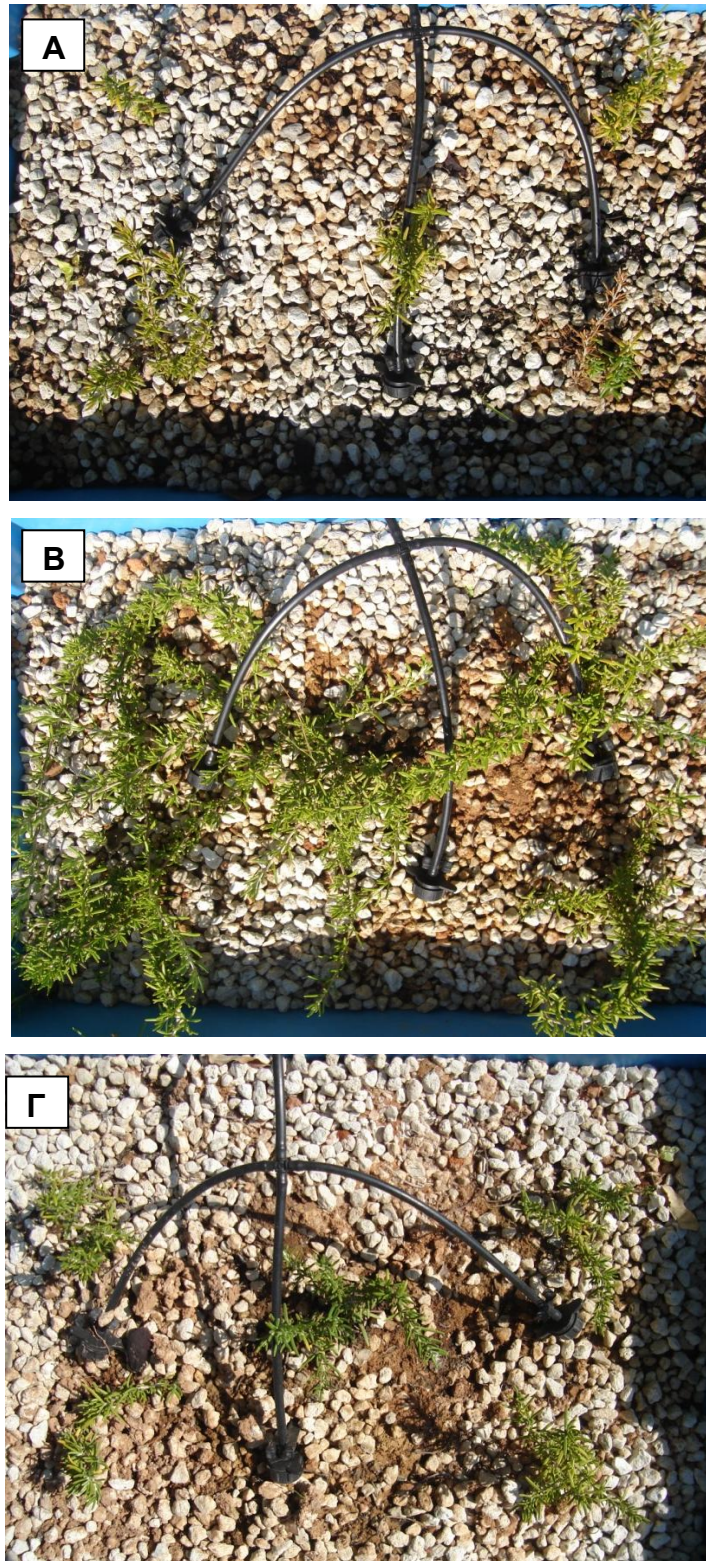




Εικόνα 38-39. Σύγκριση φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' για το πάχος ανάπτυξης 7 cm σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

II) Υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm)





Εικόνα 40-41. Σύγκριση φυτών *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' για το υψηλό πάχος ανάπτυξης 15 cm σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

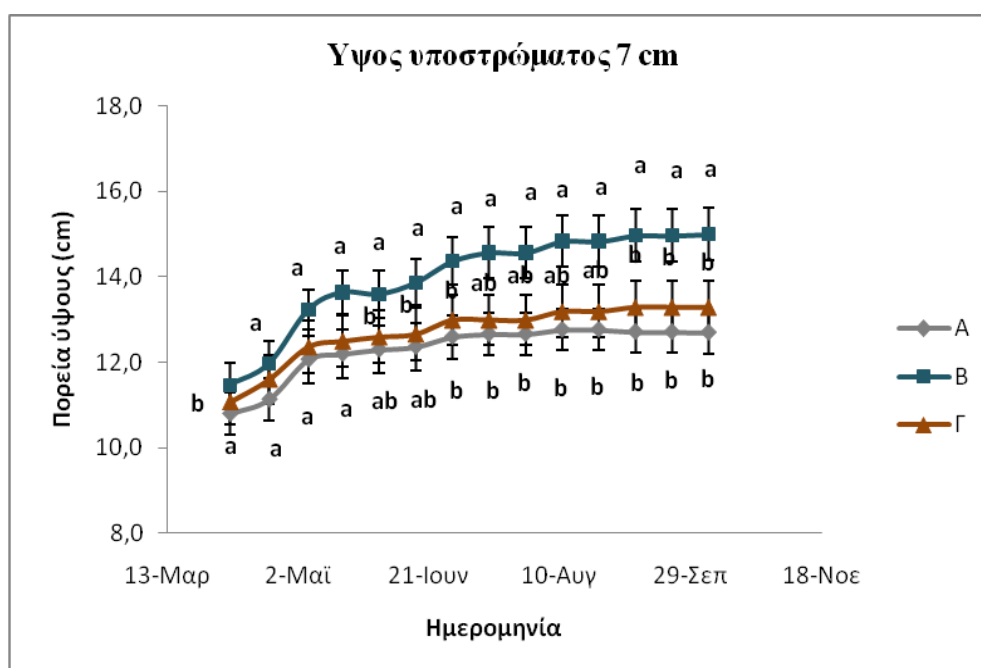
3.2 *Teucrium chamaedrys* (Τεύκριο)

3.2.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά

3.2.1.1. Μεταβολή του ύψους

Από την διπαραγοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων μεταξύ της μεταβολής του ύψους και του πάχους των υποστρωμάτων διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από τον τύπο του υποστρώματος και στα 2 πάχη που εξετάστηκαν (7 και 15 cm). Επομένως, ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση της επίδρασης του υποστρώματος στη μεταβολή του ύψους σε κάθε πάχος υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκε (7 και 15cm).

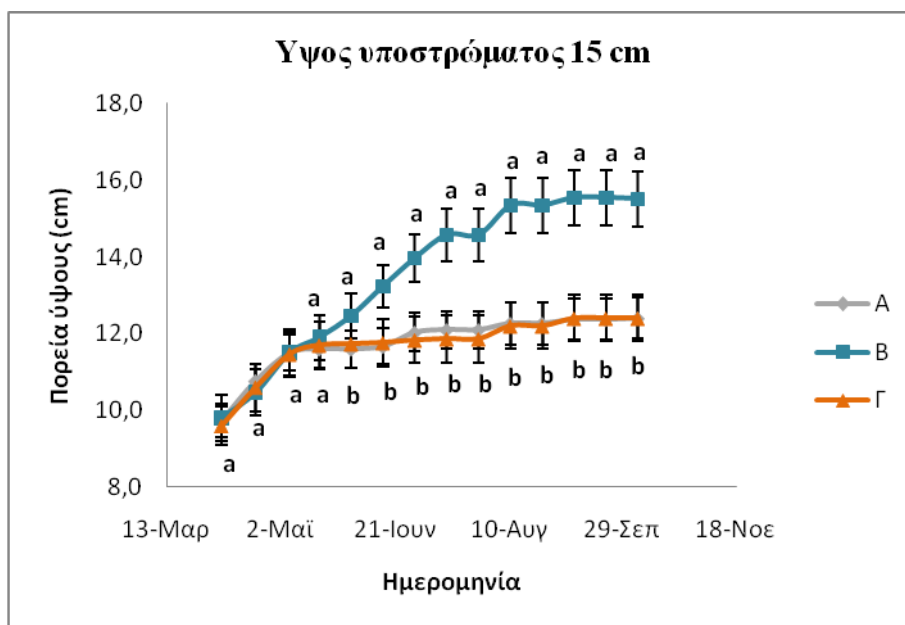
ι) Πάχος υποστρώματος 7 cm



Σχήμα 27. Μεταβολή του ύψους στο χρόνο του φυτού *Teucrium chamaedrys* σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και πάχους υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

Παρατηρώντας την υψομετρική διαβάθμιση των φυτών αθροιστικά, από την περίοδο έναρξης του πειράματος μέχρι το τέλος του, στο χαμηλό πάχος υποστρώματος (7 cm), παρατηρείται επίδραση του τύπου του υποστρώματος στις μεταβολές του ύψους. Η παρουσία του τύπου υποστρώματος Β επιδρά θετικά στην αύξηση του ύψους του συγκεκριμένου φυτού δίνοντας μεγαλύτερη απόδοση στην ανάπτυξη. Ο τύπος υποστρώματος Β είχε σημαντικά μεγαλύτερη επίδραση στην προώθηση του ύψους των φυτών σε σχέση με το υπόστρωμα Α η οποία είχε την μικρότερη επίδραση. Η διαφοροποίηση αυτήν παρατηρήθηκε από τον 2^ο μήνα εγκατάστασης του και μετά. Τέλος, στο υπόστρωμα Γ λόγω της σύστασης του όπως ήταν αναμενόμενο, είχε ενδιάμεση επίδραση στο ύψος σε σχέση με τους τύπους υποστρωμάτων Α και Β.

ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



Σχήμα 28. Μεταβολή του ύψους στο χρόνο του φυτού *Teucrium chamaedrys* σε διάφορους τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και πάχους υποστρώματος 15 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

Η παρουσία του τύπου υποστρώματος Β φαίνεται να έχει μεγαλύτερη απόδοση στην προώθηση του ύψους του συγκεκριμένου φυτού σε σχέση με τους τύπους υποστρώματος Α και Γ οι οποίοι είχαν μικρότερη επίδραση και καμία έντονη διαφορά στην υψομετρική τους διαβάθμιση μεταξύ τους. Η διαφοροποίηση αυτήν παρατηρήθηκε από τον 2^ο μήνα εγκαταστασής του και μετά.

Οπότε, συγκρίνοντας, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν και στα δύο διαφορετικά πάχη υποστρώματος (7-15cm) των τριών διαφορετικών τύπων υποστρωμάτων Α, Β και Γ, παρατηρούμε ότι την μεγαλύτερη υψομετρική αύξηση είχαν τα φυτά που αναπτυσσόταν στο υπόστρωμα Β και ειδικά αυτά που ήταν στο υψηλό πάχος υποστρώματος (15cm), ενώ το υπόστρωμα Γ είχε ενδιάμεση επίδραση της προώθησης του ύψους στο χαμηλό πάχος (7cm) υποστρώματος. Τέλος, το υπόστρωμα Α φαίνεται να έχει την μικρότερη επίδραση της αύξησης του ύψους ανεξαρτήτου πάχους υποστρώματος.

3.2.1.2. Καταστροφικό Πείραμα

Κατά την καταστροφή των φυτών ηλικίας 6 μηνών έγιναν ορισμένες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η ανάπτυξη τους στους 3 τύπους υποστρωμάτων (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς επίσης και στα δύο πάχη υποστρώματος 7 και 15cm).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στη συνέχεια:

3.2.1.2.1. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους

Πίνακας 12. Σύγκριση του νωπού (Ν.Β) και ξηρού βάρους (Ξ.Β) για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	N.B. (g)	Ξ.B (g)
7 cm		
A	2.264 b*	0.866 b
B	3.157 a	1.786 a
Γ	2.387 b	1.415 b
15 cm		
A	1.653 b	1.06 b
B	6.520 a*	2.669 a*
Γ	2.182 b	1.19 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική

Με βάση την διαπαραγοντική ανάλυση στο νωπό και ξηρό βάρος του συνολικού υπέργειου μέρους του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) (Πιν.12), παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους του υποστρώματος. Φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα Β έδωσαν τις υψηλότερες τιμές νωπού και ξηρού βάρους σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α και στο υπόστρωμα Γ και στα δύο πάχη υποστρώματος, χωρίς καμία ουσιαστική διαφορά μεταξύ τους.

3.2.1.2.2 Φυλλική επιφάνεια υπέργειου μέρους

Πίνακας 13. Σύγκριση φυλλικής επιφάνειας για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ

Αποτελέσματα

τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υπόστρωμα	Φυλλική επιφάνεια (cm^2)/φυτό
7 cm	
A	1.22 a*
B	0.778 b
Γ	0.575 b
15 cm	
A	0.497 b
B	0.940 a*
Γ	0.508 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική

Με βάση τα αποτελέσματα της φυλλικής επιφάνειας του υπέργειου μέρους του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) (Πιν.13), παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα A, χαμηλό πάχος (7cm) και στο υπόστρωμα B, υψηλό πάχος (15cm) έδωσαν τις υψηλότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας, σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ.

3.2.1.2.4 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας(LAI) και ειδική φυλλική επιφάνεια(SLA)

Πίνακας 14. Σύγκριση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA) για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε

Αποτελέσματα

επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	LAI(m ²)/φυτό	SLA(m ² /g)/φυτό
7 cm		
A	0.0036 a*	6.69 a*
B	0.0022 b	1.150 b*
Γ	0.0016 b	1.592 b
15 cm		
A	0.0014 b	2.55 a
B	0.0028 a	0.747 b
Γ	0.0014 b	1.078 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>s</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική

Με βάση τα αποτελέσματα του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) (Πιν. 14), παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α, χαμηλού πάχους (7cm) και στο υπόστρωμα Β, υψηλού πάχους ανάπτυξης (15cm) έδωσαν μεγαλύτερο δείκτη φυλλικής επιφάνειας(LAI), σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ.

Ενώ, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α (60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα) και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7-15cm), έδωσαν υψηλότερες τιμές ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA), σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Β και Γ.

3.2.1.2.5 Νωπό και ξηρό βάρος ριζικού συστήματος

Πίνακας 15. Σύγκριση του νωπού (N.B) και ξηρού βάρους (Ξ.Β) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	N.B. (g)	Ξ.Β (g)
7 cm		
A	1.614 a*	0.320 b*
B	2.270 a	0.522 a
Γ	2.334 a	0.442 b
15 cm		
A	0.910 c	0.182 c
B	3.070 a*	0.740 a*
Γ	1.917 b	0.390 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *s* : σημαντική, *ns*: μη σημαντική

Με βάση το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (Πιν. 15) παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση, των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος των φυτών. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm) δεν παρουσίασαν σημαντική επίδραση στην αύξηση των τιμών του νωπού βάρους (N.B) του ριζικού συστήματος και στους τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος, ενώ τα φυτά που

αναπτύχθηκαν στο υψηλό πάχος (15cm) και στο υπόστρωμα Β έδωσαν υψηλότερες τιμές νωπού βάρους σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ και τελικώς το υπόστρωμα Α με τις χαμηλότερες τιμές.

Αντιθέτως με το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (Πιν.15), στο ξηρό δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση, των παραγόντων του πάχους ανάπτυξης των φυτών. Φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Β έδωσαν υψηλότερες τιμές ξηρού βάρους σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ και τέλος στο υπόστρωμα Α.

4.2.1.2.6 Συνολική επιφάνεια (Area) του ριζικού συστήματος

Πίνακας 16. Σύγκριση συνολικής επιφάνειας (Area) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	Area (mm ²)/φυτό
7 cm	
A	6339 a
B	9345 a
Γ	8709 a
15 cm	
A	11864 a
B	22941 a*
Γ	10897 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns*: μη σημαντική

Συμφωνά με την επιφάνεια (Area) που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (Πιν. 16) δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος ανάπτυξης. Τα φυτά τα οποία αναπτύχθηκαν στους τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (A,B και Γ) και στα δύο διαφορετικά πάχη ανάπτυξης (7-15cm) δεν παρουσίασαν σημαντική επίδραση, με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη επιφάνεια ριζικού συστήματος ανεξαρτήτου πάχους και τύπου υποστρώματος.

3.2.1.2.7 Μήκος (length) του ριζικού συστήματος

Πίνακας 17. Σύγκριση του μήκους (Length) του ριζικού συστήματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτών *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	Length(mm)/φυτό
7 cm	
A	9461 b
B	19217 a
Γ	17827 ab*
15 cm	
A	7063 b
B	15292 a
Γ	13812 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns*: μη σημαντική

Όσον αφορά το μήκος (length) που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (Πιν.17) δεν παρατηρήθηκε επίσης αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο χαμηλό και υψηλό πάχος υποστρώματος (7-15cm) παρουσίασαν σημαντική διαφορά στο μήκος του ριζικού συστήματος, με το υπόστρωμα Β και Γ να προηγείται του υποστρώματος Α

3.2.2 Χημικές ιδιότητες(pH και EC)

Πίνακας 18. Σύγκριση των τιμών του pH και της EC για τη διερεύνηση της επίδρασης του τύπου (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στην ανάπτυξη φυτού *Teucrium chamaedrys* σε συνθήκες φυτοδώματος. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$. Η σύγκριση των μέσων έγινε για κάθε πάχος υποστρώματος).

Υποστρώματα	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)
7 cm		
A	9.25 b	64.1 a
B	9.46 a	54.0 a
Γ	9.40 a	56.6 a
15 cm		
A	9,56 a*	90.3 a*
B	9,50 a	70.0 a*
Γ	9,52 a*	57.23 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>	<i>ns</i>

* υποδηλώνει τη σημαντικότητα στη σύγκριση των μέσων μεταξύ του πάχους του υποστρώματος. *ns*: μη σημαντική

Με βάση τις τιμές του pH και της EC του υποστρώματος στο οποίο αναπτύχθηκε το φυτό Τεύκριο (*Teucrium chamaedrys*), (Πιν.18) δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων του πάχους και του τύπου του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, φυτά που καλλιεργήθηκαν στα υψηλά πάχη (15cm) ανάπτυξης δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στο pH και στην EC, ενώ τα αντίστοιχα που καλλιεργήθηκαν στα χαμηλά πάχη (7cm), παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση, με τα υποστρώματα Β και Γ να προηγούνται του υποστρώματος Α στο pH. Τέλος, στα χαμηλά πάχη (7cm) ανάπτυξης οι τιμές της EC του υποστρώματος, επίσης δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών διαφορετικών υποστρωμάτων.

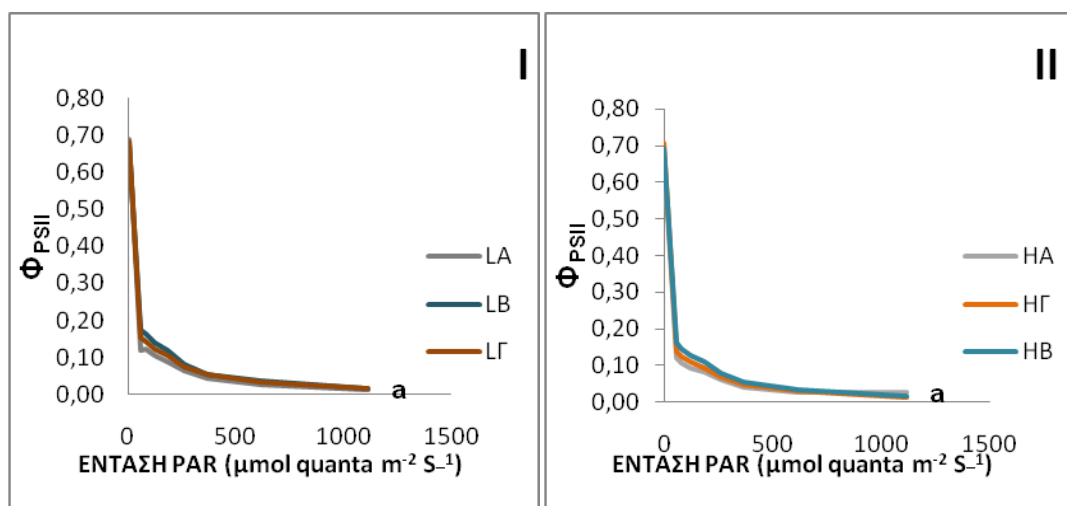
3.2.3 Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης του φυτού *Teucrium chamaedrys*

Η εκτίμηση της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών έγινε με βάση τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του PS II, Φ_{PSII_0} και Φ_{PSII} , της φαινόμενης ροής ηλεκτρονίων ETR, και της μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, NPQ σε τρεις περιόδους ανάπτυξης των φυτών.

Μετά από μονοπαραγοντική ανάλυση παρατίθενται τα αποτελέσματα της Φ_{PSII} , του ETR, του NPQ και του Φ_{PSII_0} για κάθε υπόστρωμα ανάπτυξης χωριστά και για κάθε τύπο υποστρώματος (Α, Β και Γ) σε σχέση με το πάχος (7-15cm).

1^η Μέτρηση: Ιούνιος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}

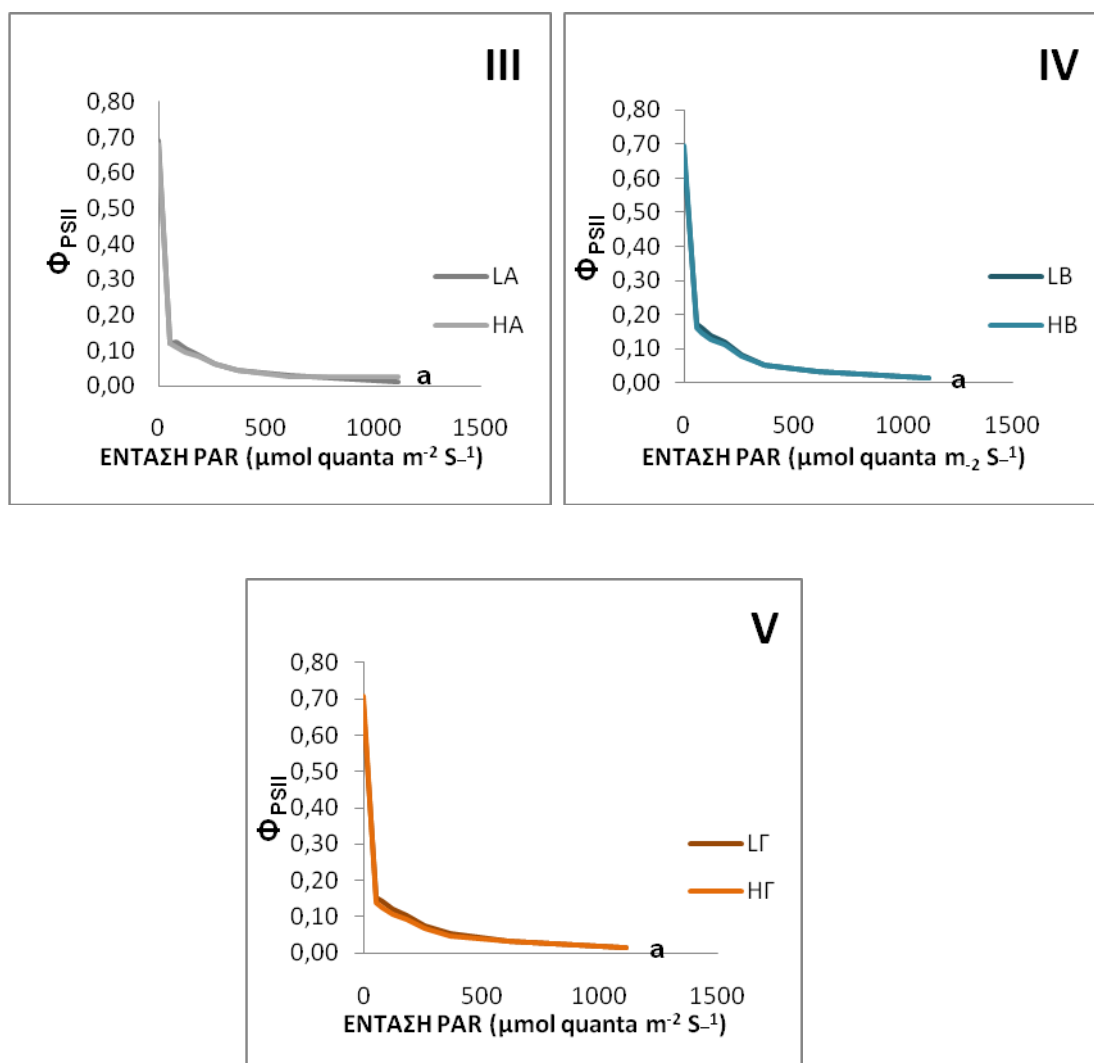


Σχήμα 29. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α,Β και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) στα φύλλα του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (σχ. 32) στο διάγραμμα I και II δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές διαφορές στην λειτουργική

Αποτελέσματα

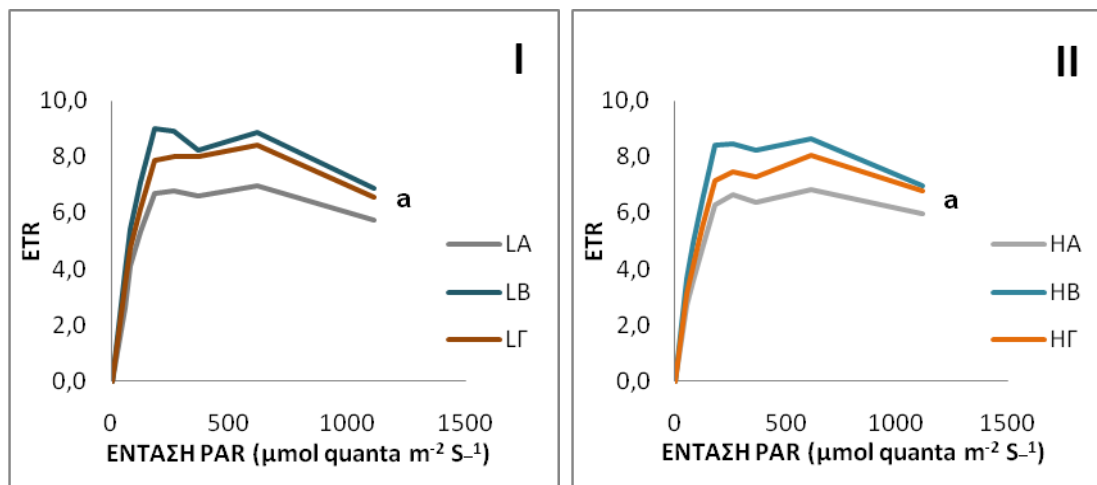
φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 30. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III**) υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV**) υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V**) υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

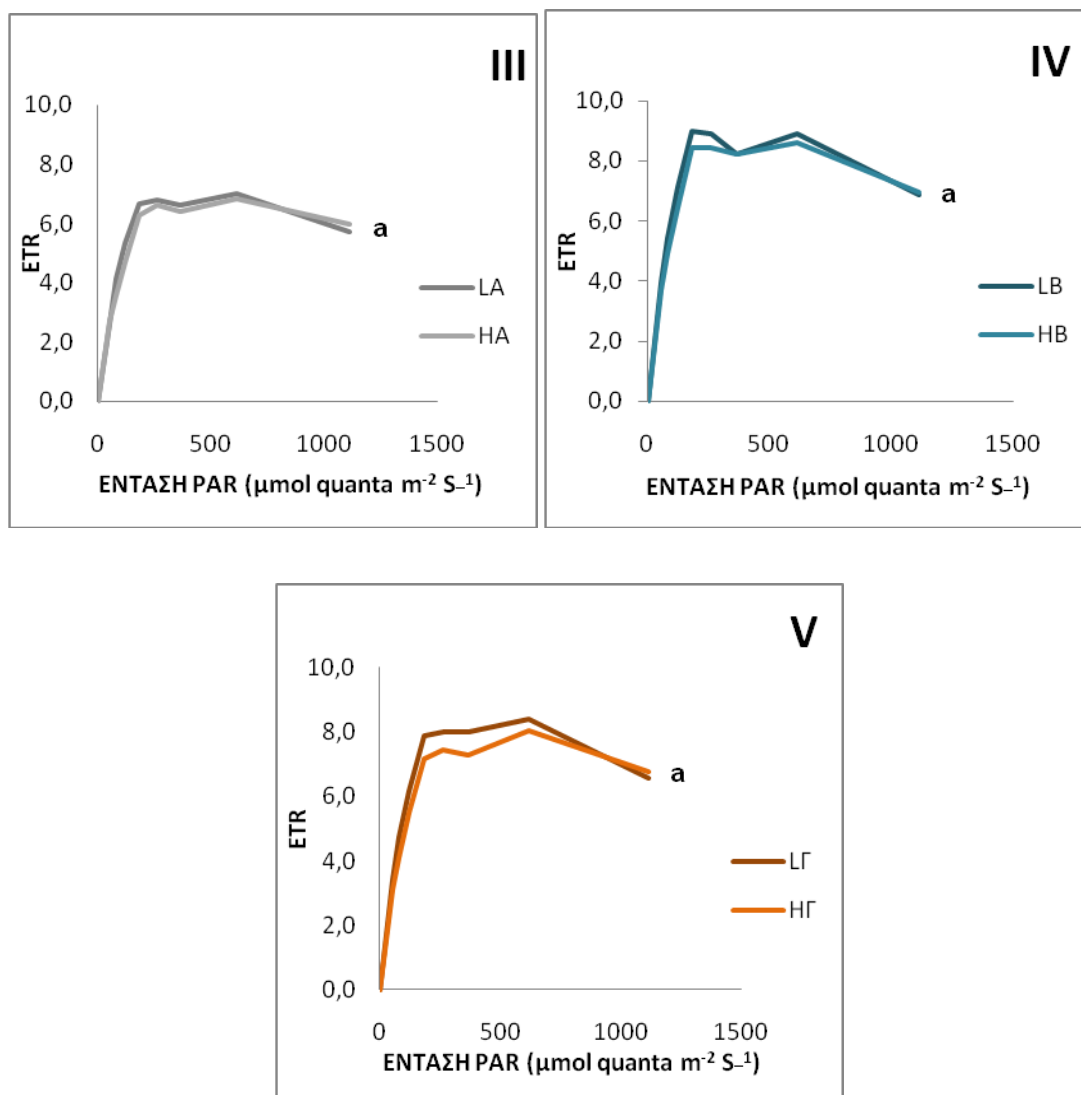
Παρατηρείται από τα διαγράμματα III-IV-V, του (σχ. 33) ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του τύπου (Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 31. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrrys* ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H:15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

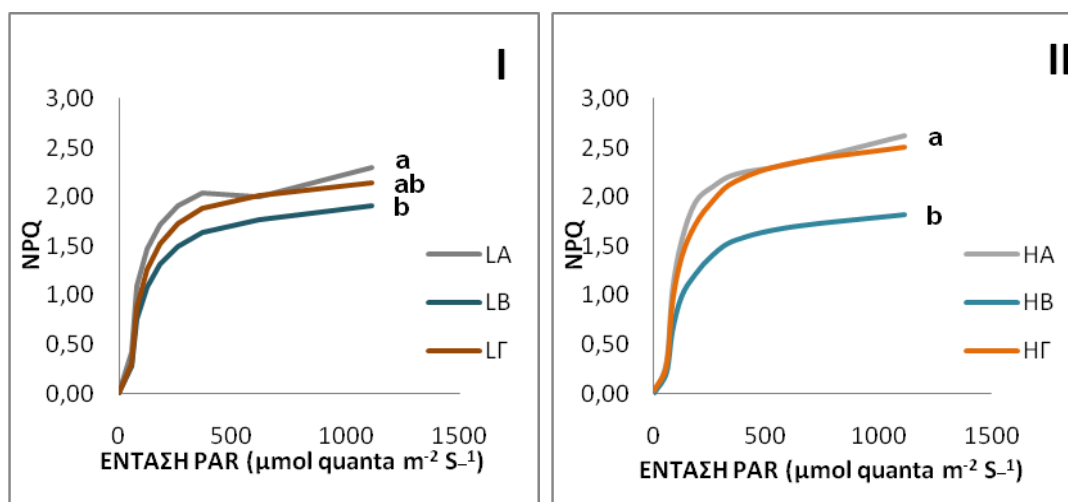
Με βάση τις μετρήσεις του φαινόμενου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) των φύλλων του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrrys*), παρατηρήθηκε ότι (διάγ. I-II) του (σχ. 34) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 32. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

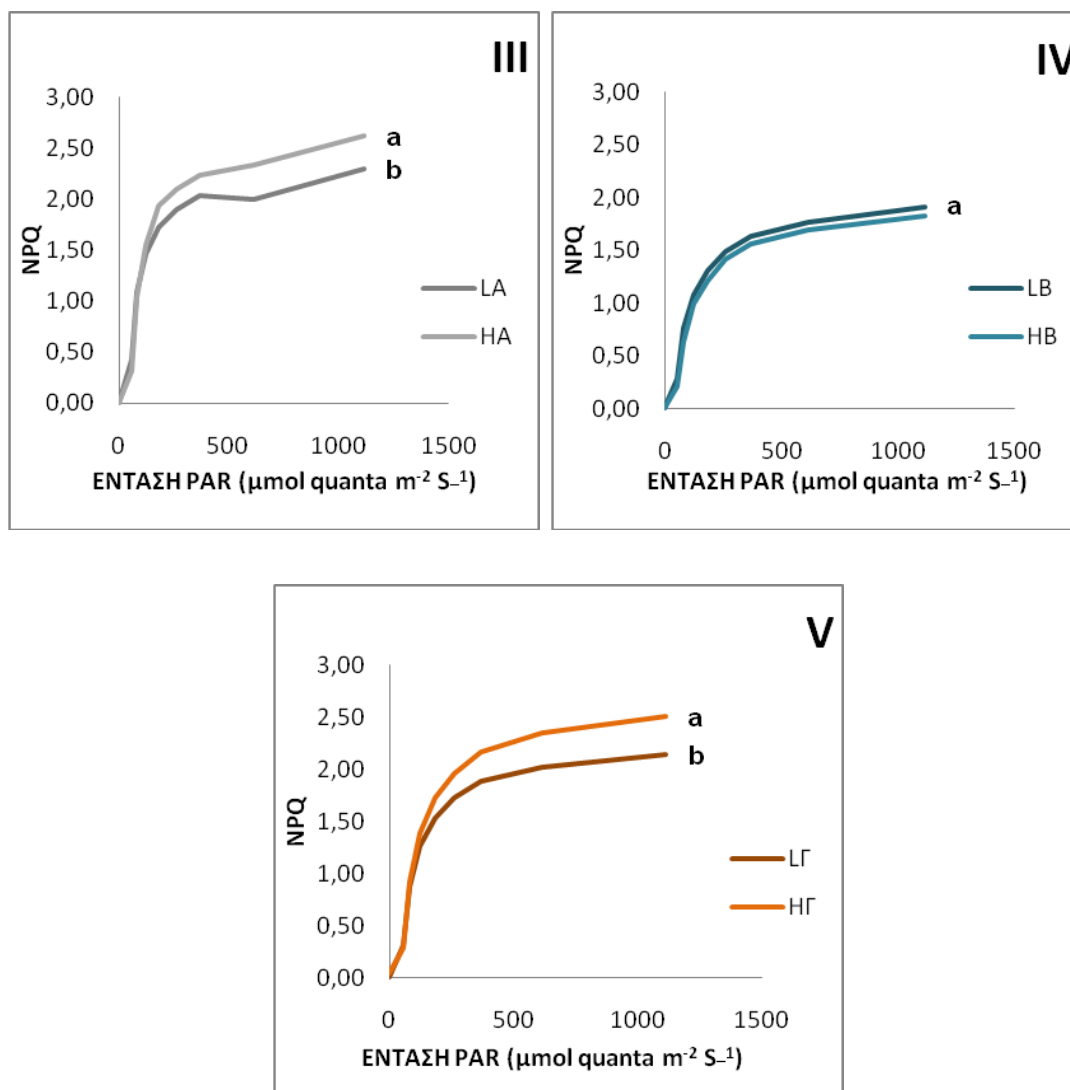
Παρατηρείται από τα διαγράμματα III-IV-V, του (σχ. 35) ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του τύπου (Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 33. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, στο διάγραμμα I, του (σχ. 36), το υπόστρωμα Α διέφερε σημαντικά και ελάχιστα το Γ πάχους (7cm) έχοντας μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης σε σχέση με το υπόστρωμα Β. Σε αντίθεση με αυτό, στο διάγραμμα II του (σχ. 36) παρατηρείται να προηγείται το υπόστρωμα Γ και το υπόστρωμα Α σε σχέση με το υπόστρωμα Β υψηλό πάχος (15cm).



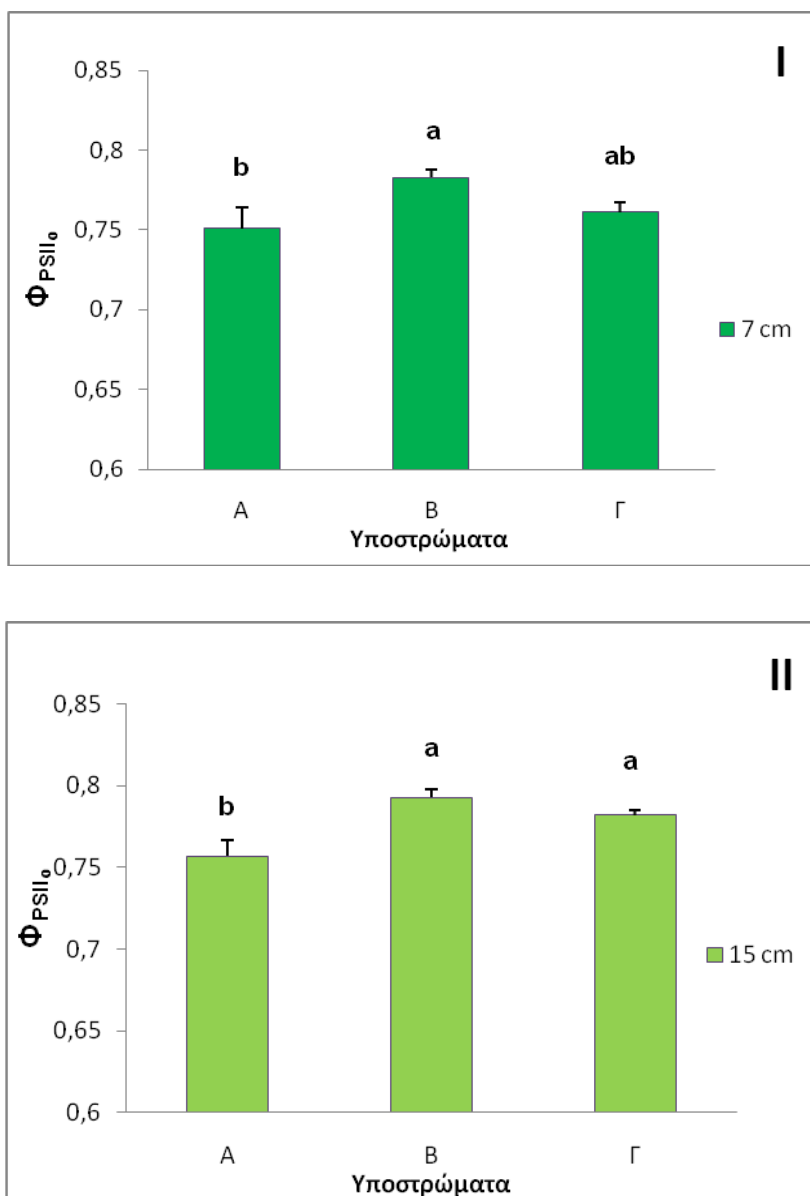
Σχήμα 34. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Παρατηρείται από το διάγραμμα III, (σχ. 37) ότι υπάρχει επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου σε υψηλό πάχος (15cm), το υπόστρωμα Α έχει σημαντικά μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης (NPQ) απ' ό τι έχει στο χαμηλό πάχος (7cm). Όμοια αποτελέσματα παρατηρείται και στο διάγραμμα V, όπου προηγείται το υπόστρωμα Γ, στο υψηλό πάχος (15cm) σε σχέση με το χαμηλό(7cm). Αντιθέτως με τα προαναφερόμενα, (διαγ. IV), (σχ. 37), στο υπόστρωμα Β, δεν

Αποτελέσματα

παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση και διαφορές στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7-15 cm).

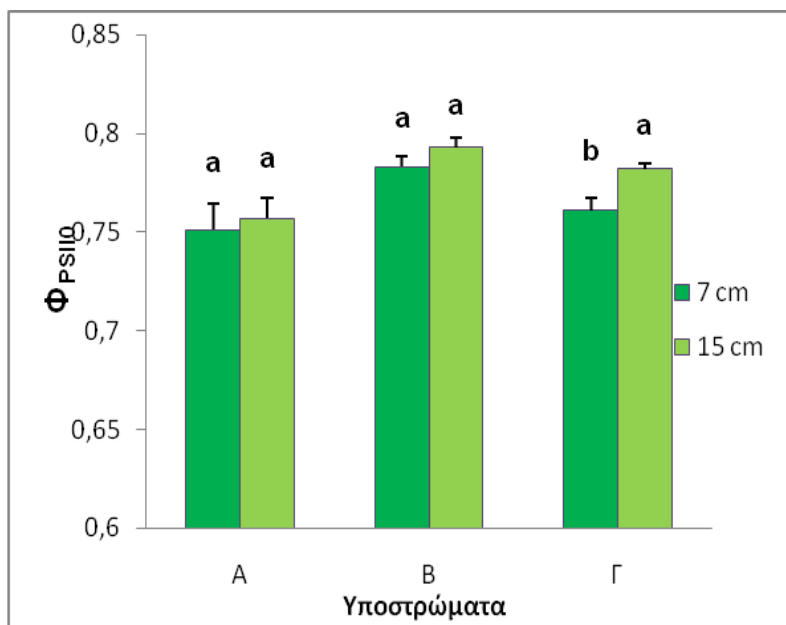
IV) Θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})



Σχήμα 35. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Αποτελέσματα

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) των φύλλων του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), τα φυτά του υποστρώματος Β και δευτερευόντως αυτά του υποστρώματος Γ έδειξαν υψηλότερες τιμές θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας σε σχέση με το υπόστρωμα Α.

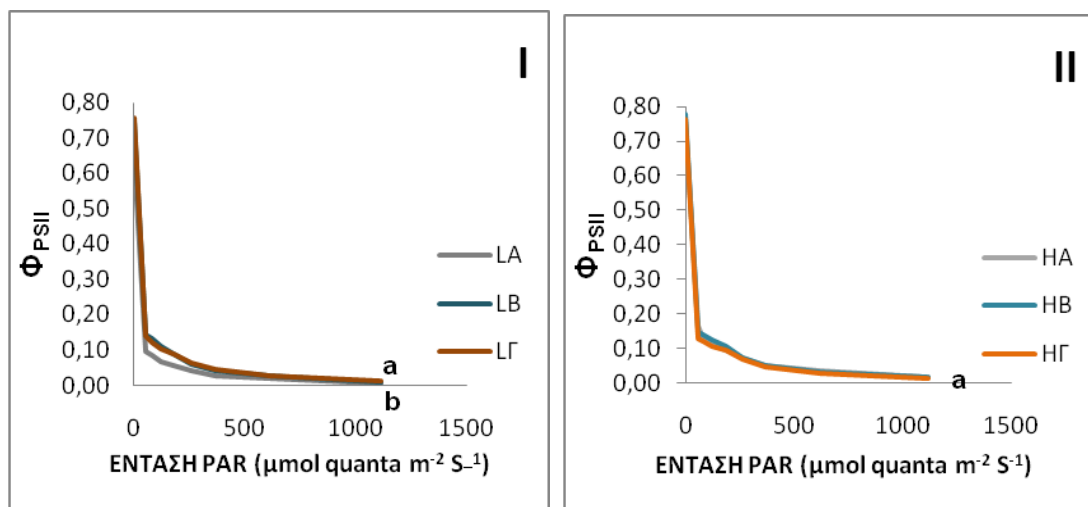


Σχήμα 36. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 3 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Μεταξύ των δύο διαφορετικών τιμών πάχους υποστρώματος, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε βαθύτερο υπόστρωμα έδωσαν ελαφρώς υψηλότερες τιμές της παραμέτρου Φ_{PSII_0} (σχ. 39).

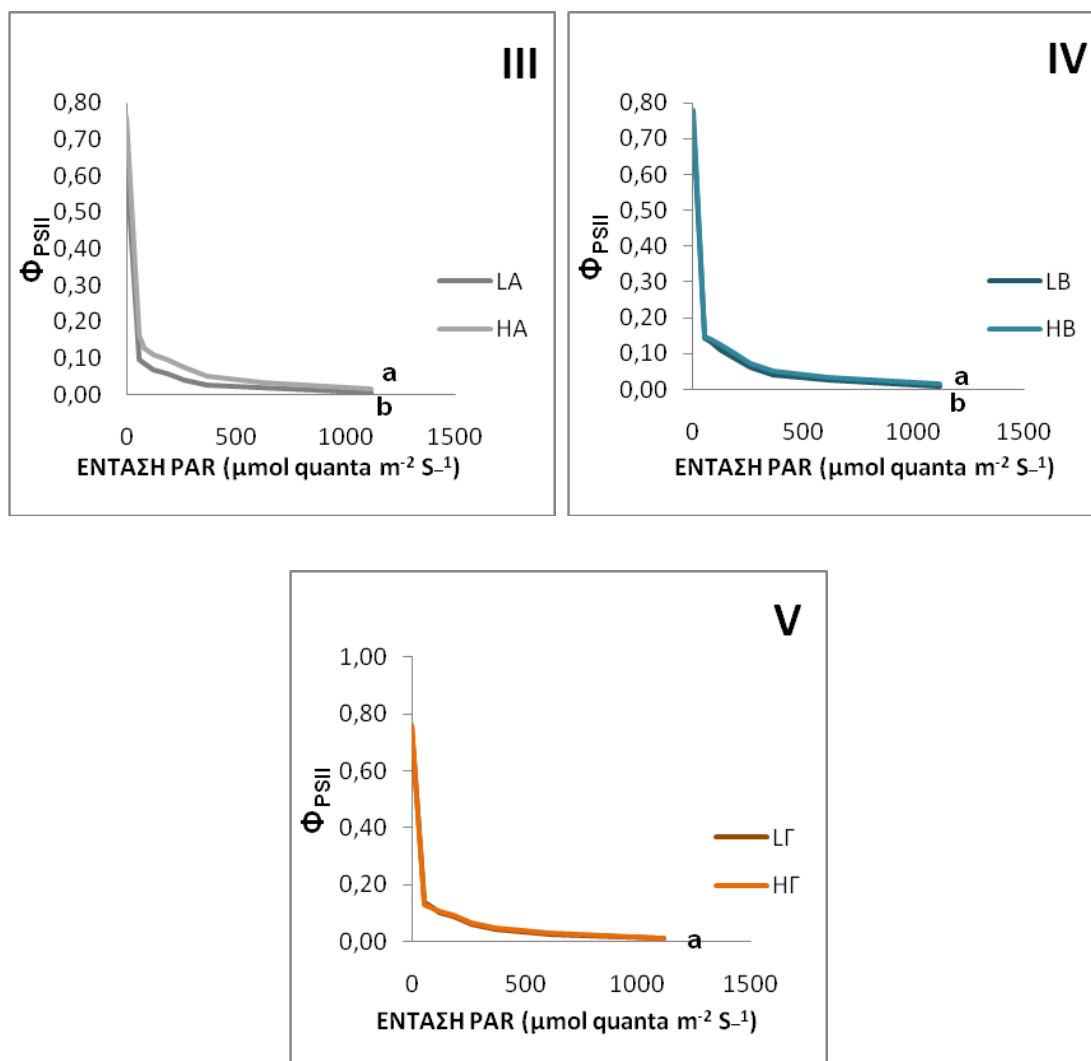
2^η Μέτρηση: Ιούλιος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}



Σχήμα 37. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α,Β και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), στο διάγραμμα I, του (σχ. 40) το υπόστρωμα Γ πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Α και Β έχοντας μεγαλύτερη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}). Αντίθετα, στο διάγραμμα II, (σχ. 40), δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης του υψηλού πάχους (15cm).

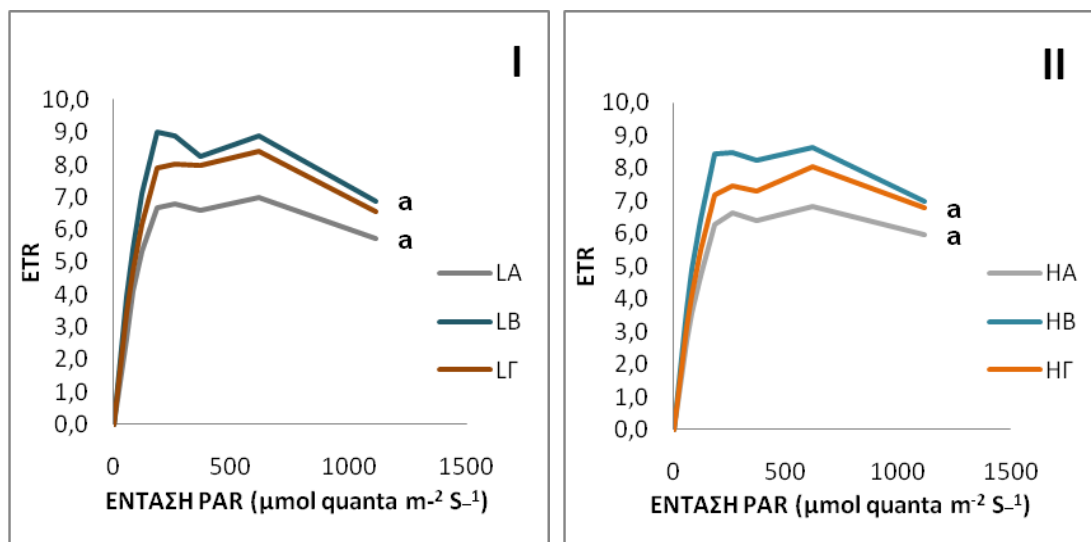


Σχήμα 38. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Στο διάγραμμα III, του (σχ. 41), παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου στο υψηλό πάχος (15cm), το υπόστρωμα Α έχει σημαντικά καλύτερη λειτουργική φωτονιακή απόδοση απ' ό τι έχει στο χαμηλό πάχος (7cm). Το ίδιο παρατηρείται και στο διάγραμμα IV, του (σχ. 41) όπου προηγείται το υπόστρωμα Β, στο υψηλό πάχος (15cm) σε σχέση με το χαμηλό(7cm). Αντίθετα, στο διάγραμμα,

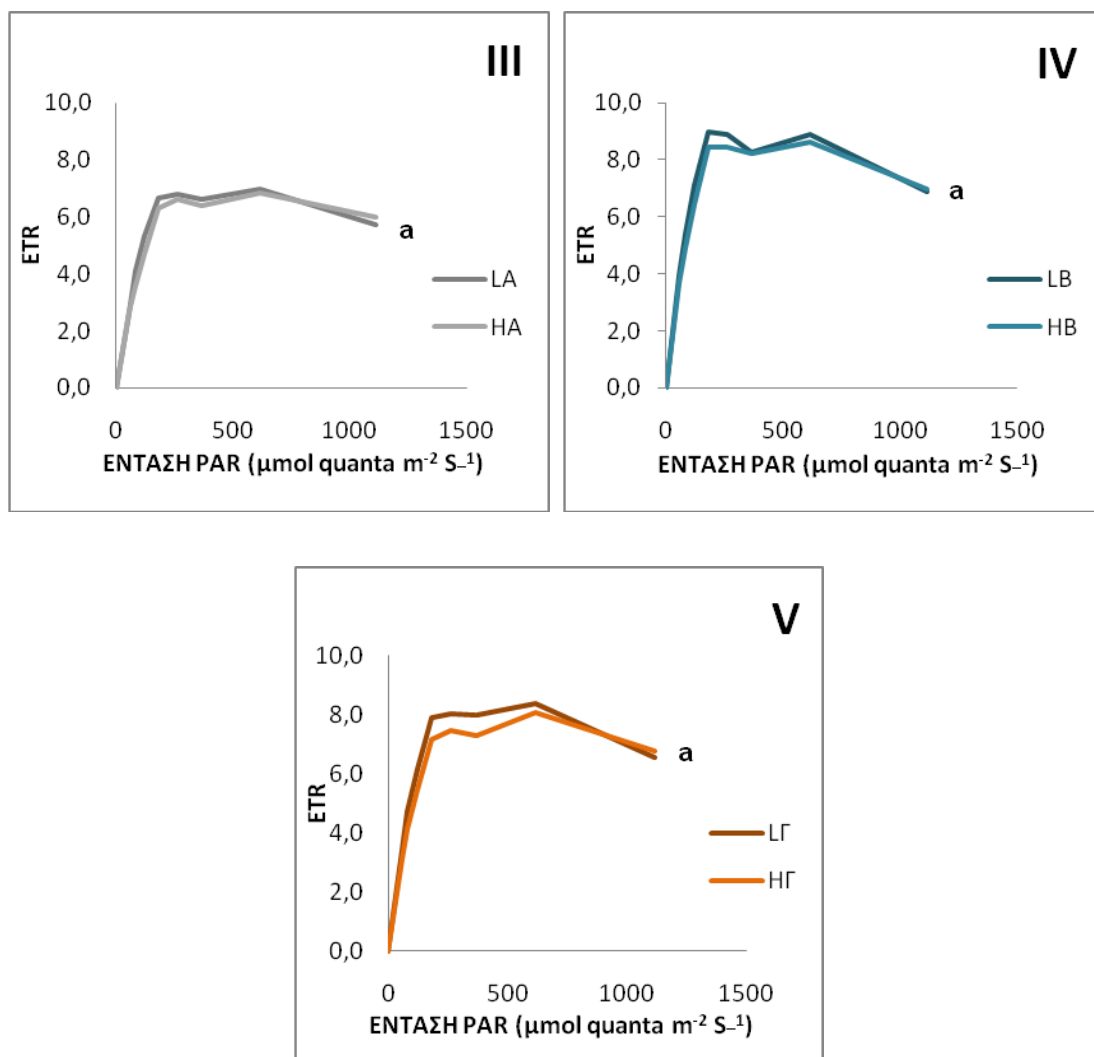
V δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης (7-15cm) για το υπόστρωμα Γ.

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 39. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

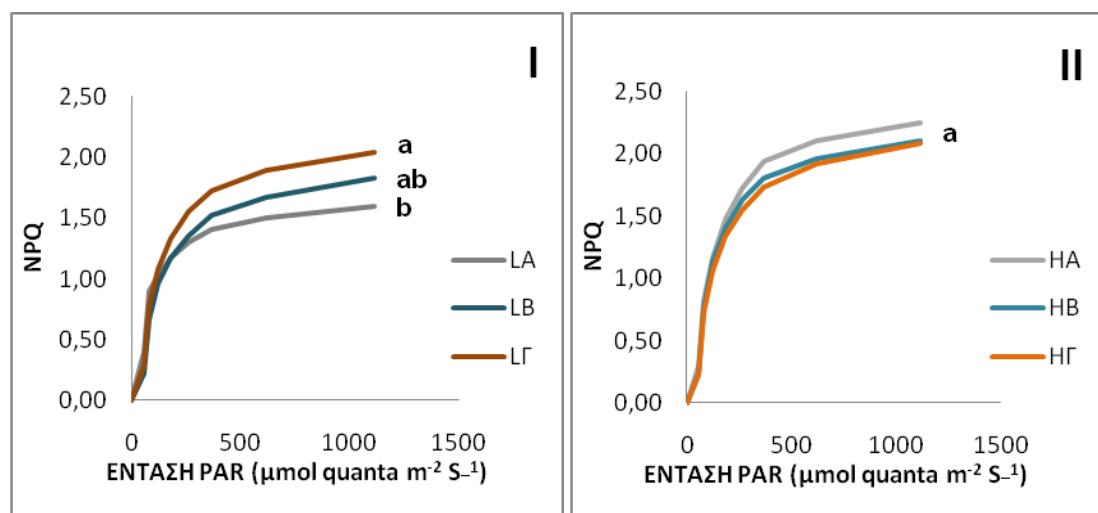
Με βάση τις μετρήσεις του φαινομένου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys*, παρατηρήθηκε ότι στο διάγραμμα. I και II του (σχ. 42) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 40. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (A, B και Γ). **III)** υπόστρωμα A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

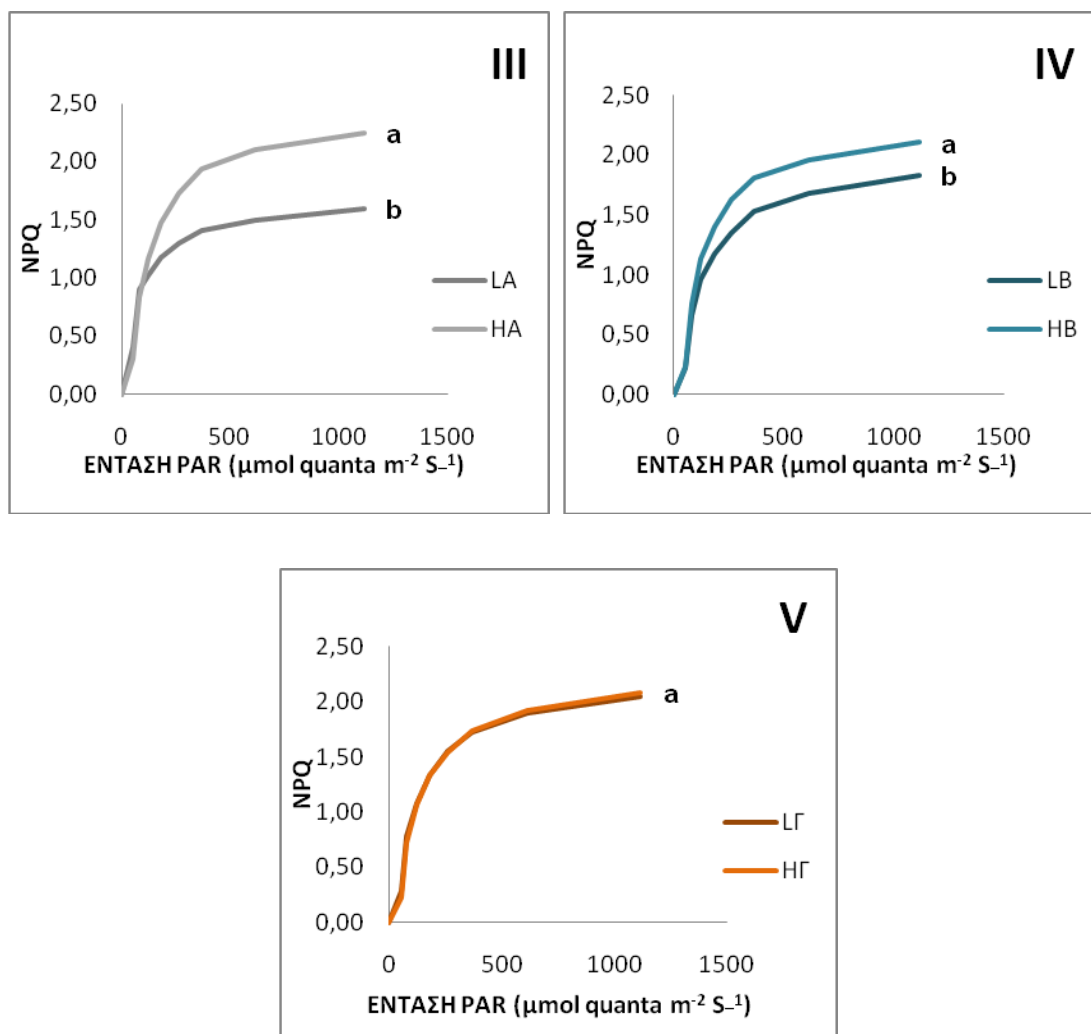
Παρατηρείται από τα διαγράμματα III-IV-V, του (σχ. 43) ότι δεν υπάρχει επίσης ουσιαστική αλληλεπίδραση και διαφορές στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 41. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

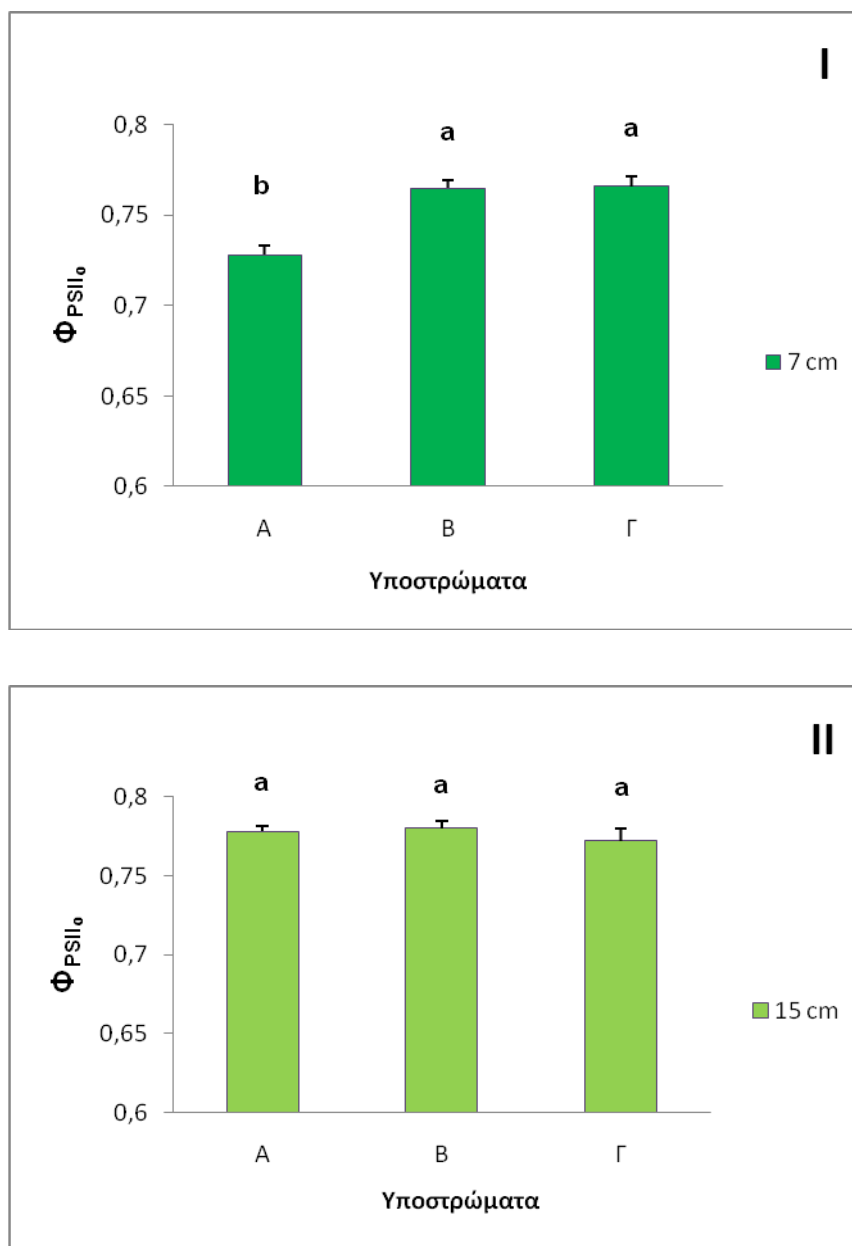
Σύμφωνα με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, (σχ. 44), διάγραμμα I, το υπόστρωμα Γ, πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά και ελάχιστα το Β έχοντας μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης σε σχέση με το υπόστρωμα Α. Αντίθετα, στο διάγραμμα II, (σχ. 44), δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης του υψηλού πάχους (15cm).



Σχήμα 42. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrrys* ηλικίας 4 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με το (σχ. 45), στο διάγραμμα III και IV παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου στο υψηλό πάχος (15cm), το υπόστρωμα Α και αντίστοιχα το υπόστρωμα Β έχουν σημαντικά καλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης (NPQ) απ' ότι έχουν στο χαμηλό πάχος (7cm). Αντίθετα, στο διάγραμμα V, του (σχ. 45), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση και διαφορές στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PS II (NPQ) και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7-15 cm) για το υπόστρωμα Γ.

IV) Θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})

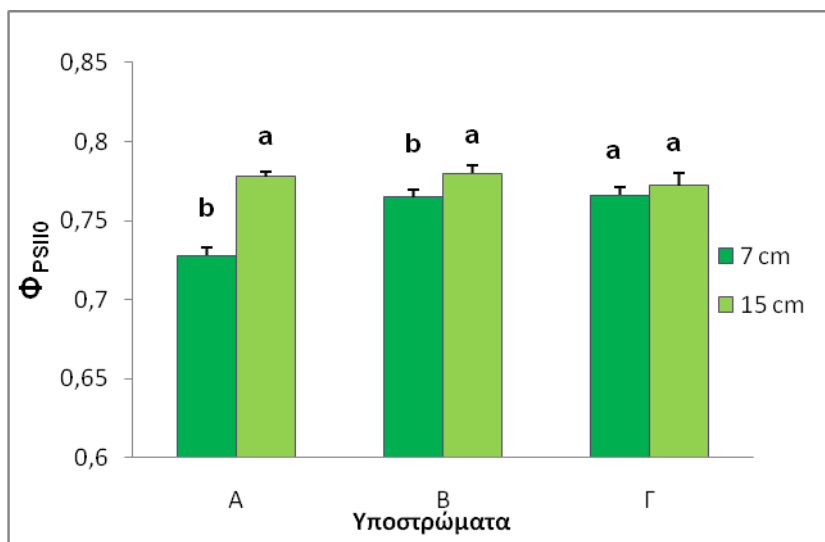


Σχήμα 43. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) στα φύλλα του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys*, (διάγρ. I) του (σχ. 46) παρατηρούμε ότι καλύτερη απόδοση της θεμελιώδης

Αποτελέσματα

φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) παρουσιάζουν τα υποστρώματα Β και Γ σε σχέση με το υπόστρωμα Α. Ενώ στο διάγραμμα II, του (σχ. 46), παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του τύπου(Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

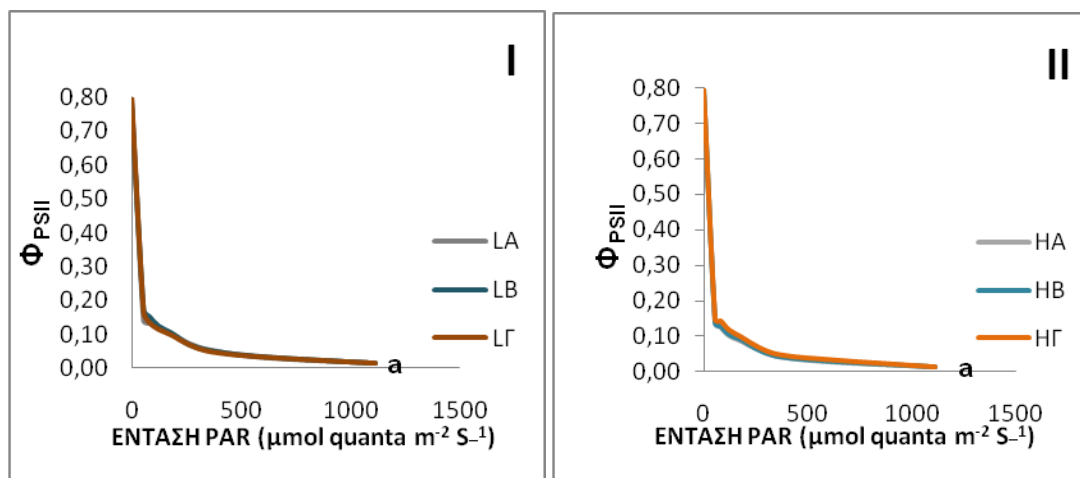


Σχήμα 44. Επίδραση του πάχους υποστρώματος(L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 4 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

Παρατηρείτε αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος, στο (σχ. 47), όπου στο υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm) τα υποστρώματα Α,Β και Γ έχουν καλύτερη απόδοση της θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II, απ' ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm).

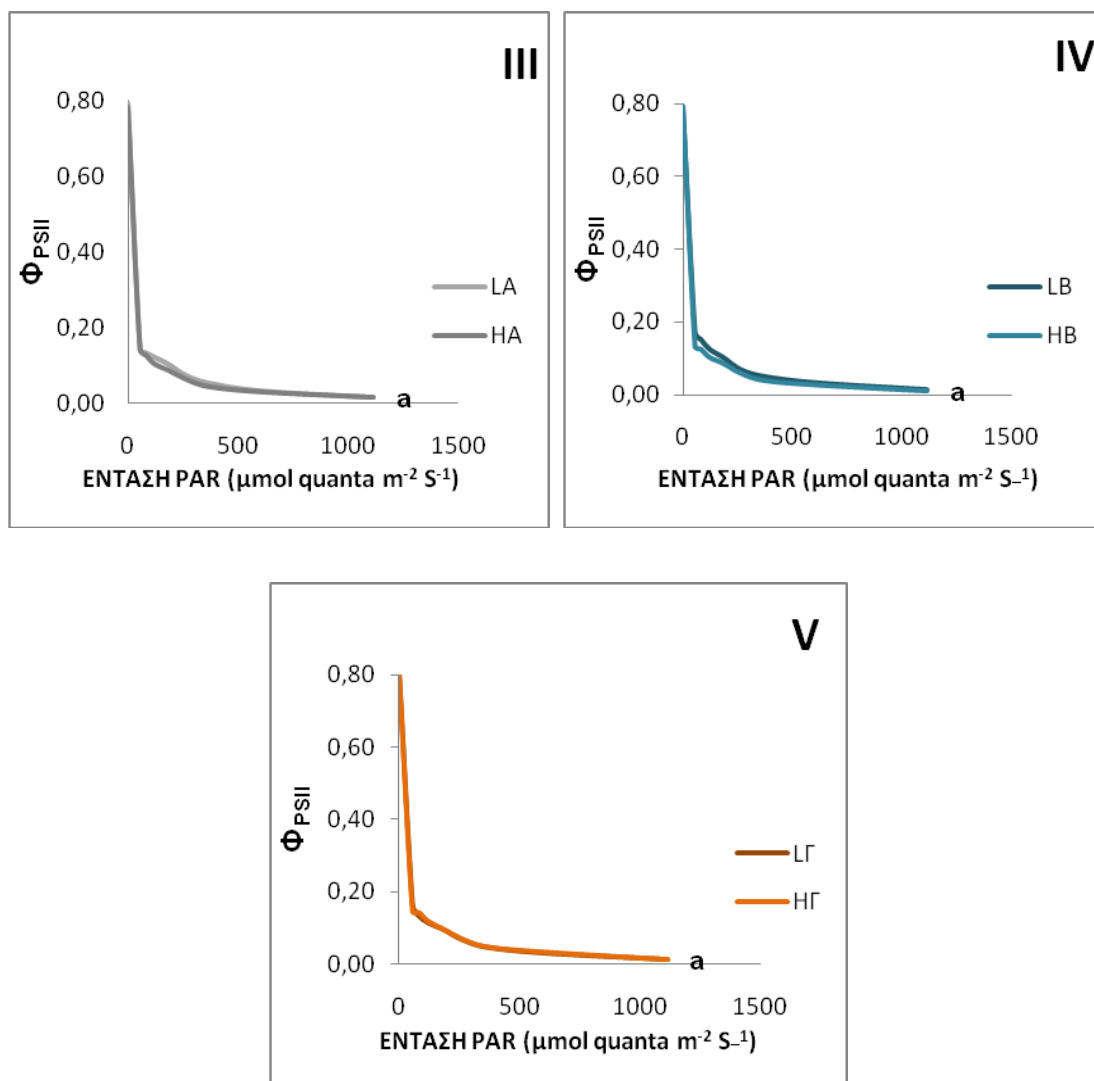
3^η Μέτρηση: Οκτώβριος 2010

I. Φωτοχημική απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής Φ_{PSII}



Σχήμα 45. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α,Β και Γ) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

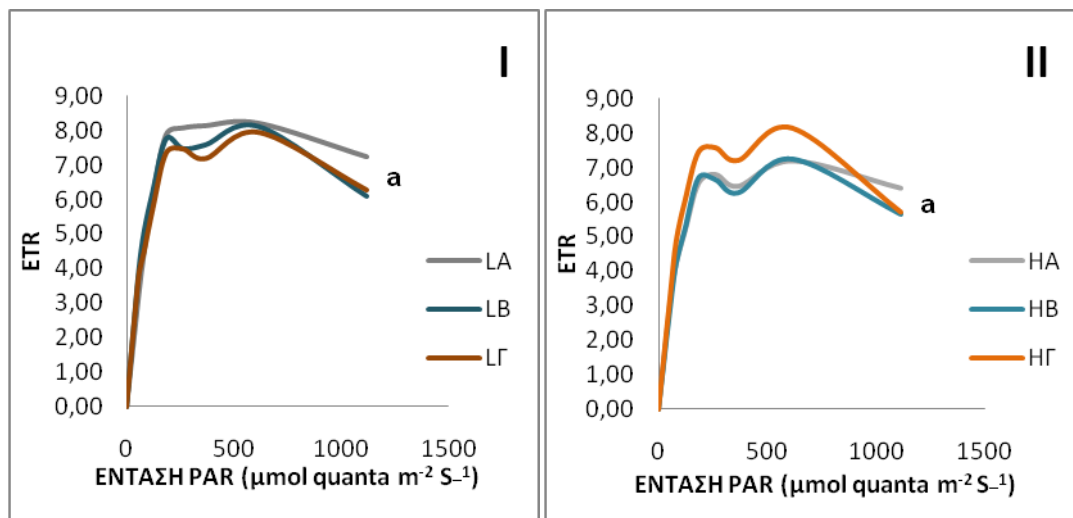
Με βάση τις μετρήσεις της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), (σχ. 48), (διάγρ. I-II) δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές διαφορές στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 46. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (A, B και Γ). **III**) υπόστρωμα A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV**) υπόστρωμα B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V**) υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

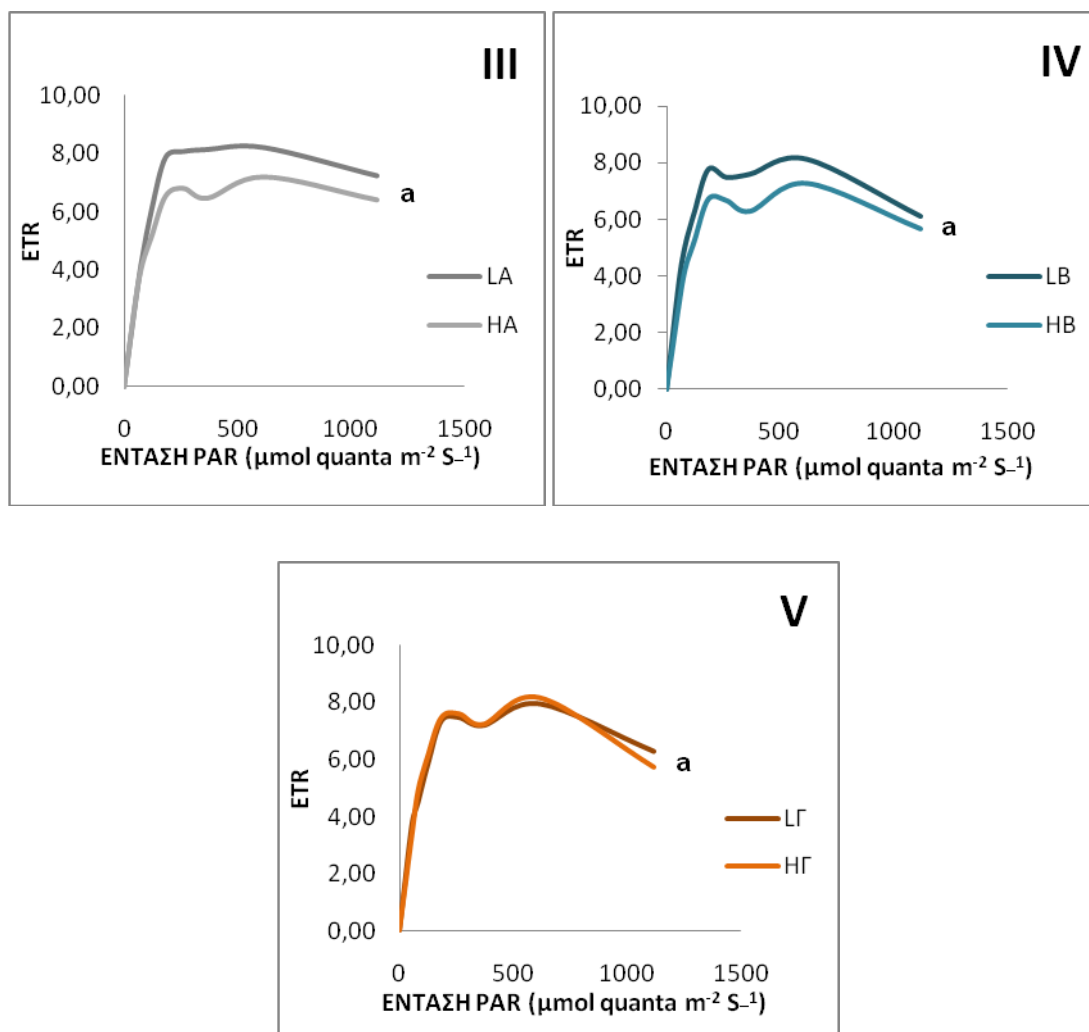
Παρατηρείται, από τα διαγράμματα III-IV-V, του (σχ. 49) ότι δεν υπάρχει σημαντική επίδραση και διαφορές στην λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

II. Φαινόμενος ρυθμός ροής ηλεκτρονίων (ETR)



Σχήμα 47. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

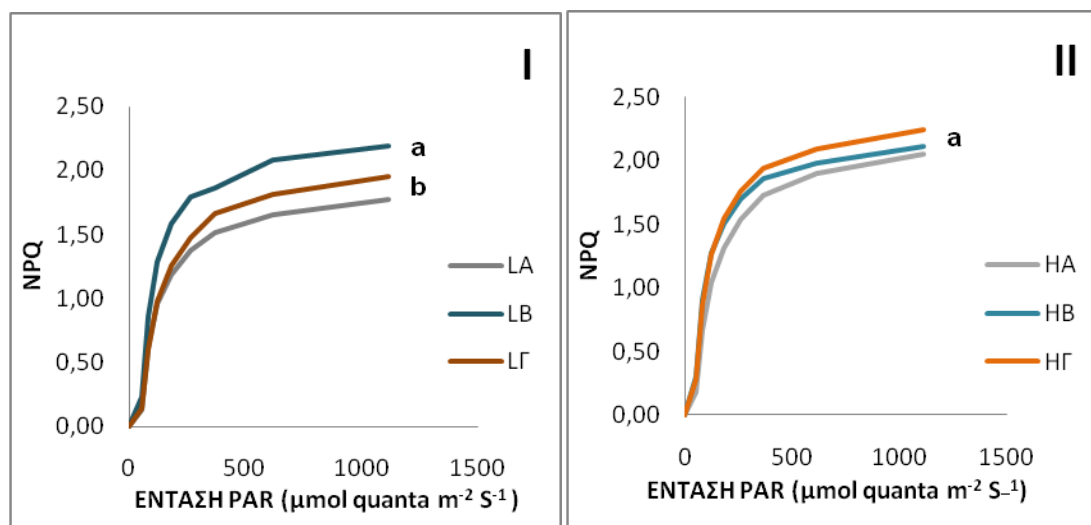
Με βάση τις μετρήσεις του φαινομένου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR) που εφαρμόστηκαν στην φυλλική επιφάνεια του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys*, παρατηρήθηκε ότι στο διάγραμμα. I και II του (σχ. 50) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τύπων υποστρωμάτων και των δύο παχών ανάπτυξης (7 και 15cm).



Σχήμα 48. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

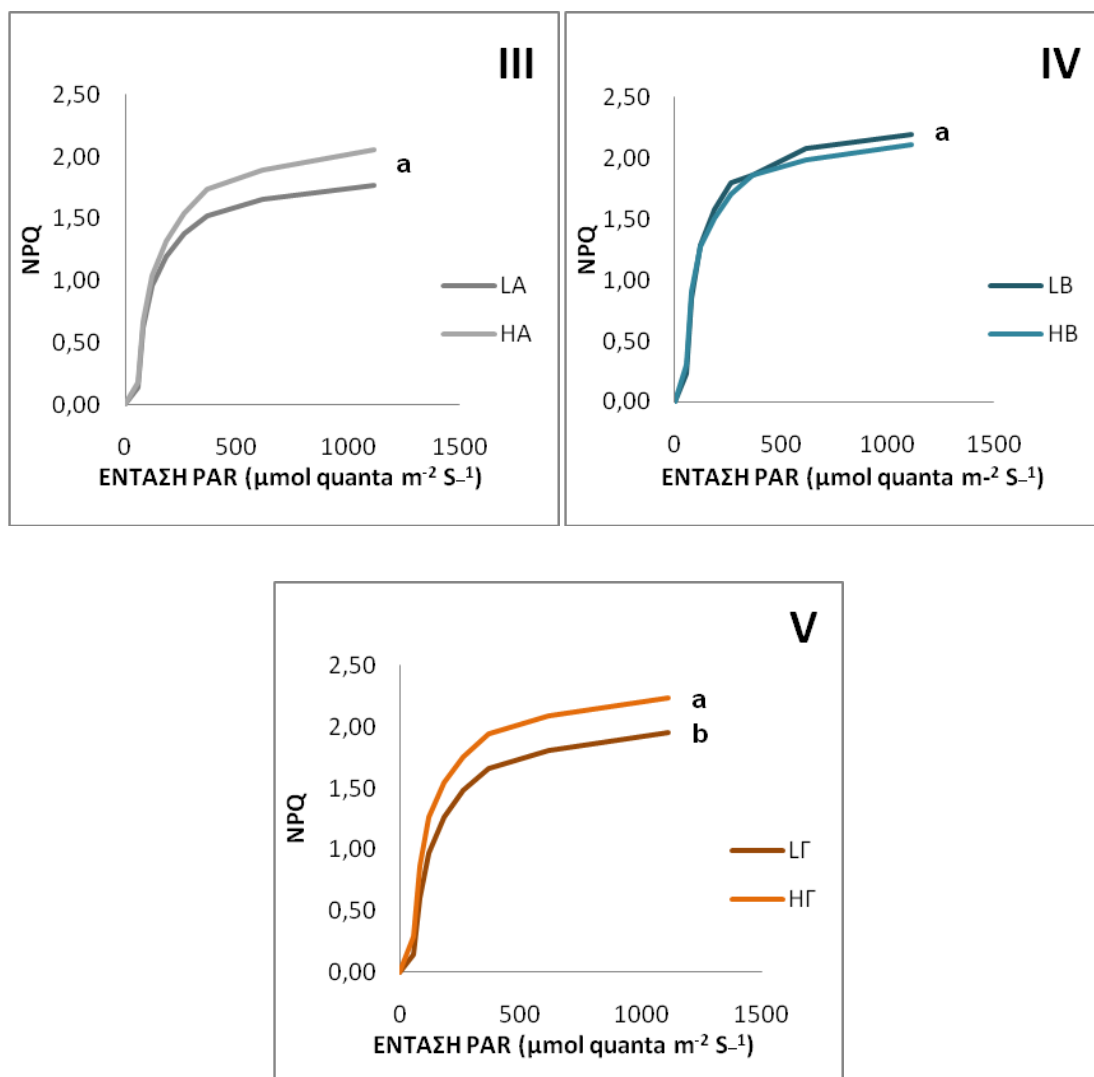
Σύμφωνα με το (σχ. 51), στο διάγραμμα III-IV-V, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές στον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) του τύπου (Α, Β και Γ) και του πάχους ανάπτυξης (7cm και 15cm).

III. Συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ)



Σχήμα 49. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β και Γ) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm). **I)** πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P<0.05$, $n=9$).

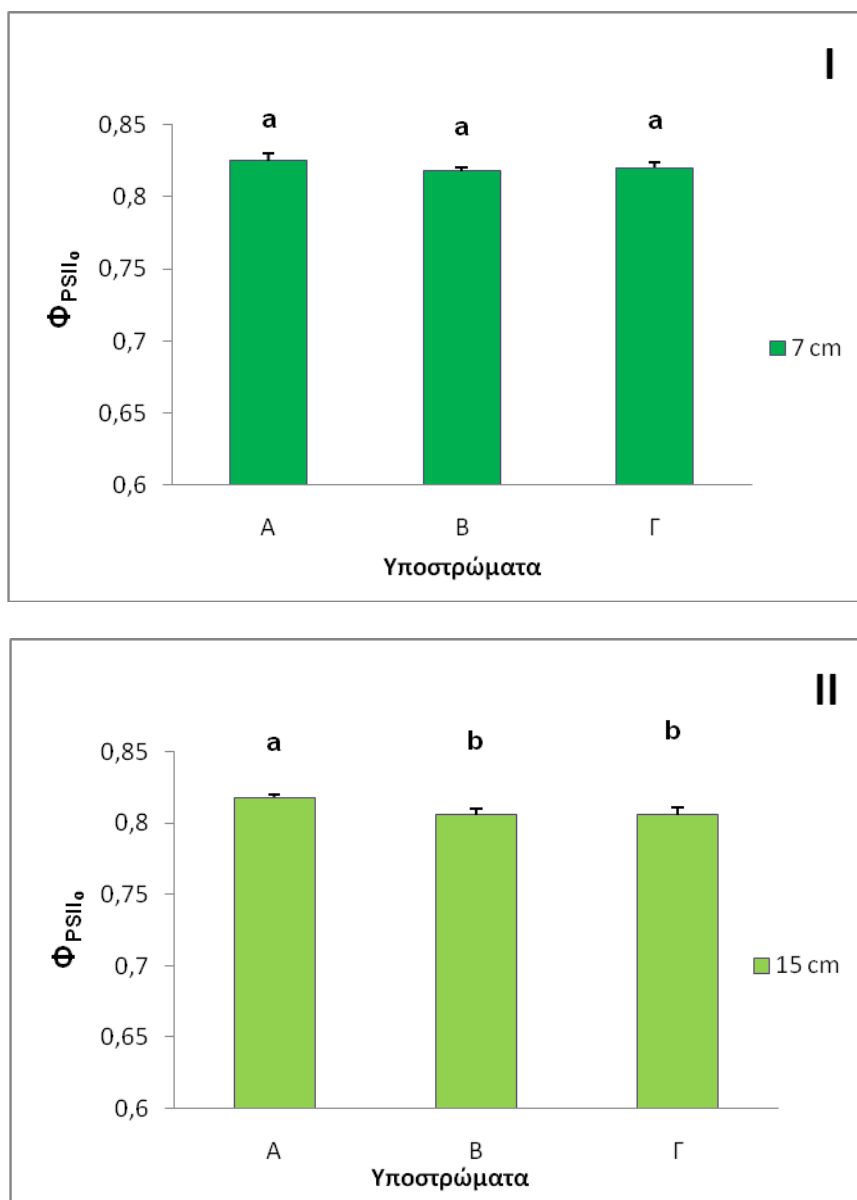
Σύμφωνα με τις μετρήσεις του συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού, (σχ. 52), διάγραμμα I, το υπόστρωμα Β πάχους (7cm) διέφερε σημαντικά σε σχέση με το υπόστρωμα Α και Γ έχοντας μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης. Αντίθετα, στο διάγραμμα II, (σχ. 52), δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης του υψηλού πάχους (15cm).



Σχήμα 50. Επίδραση του πάχους του υποστρώματος (L:7cm και H:15cm) στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII (NPQ) του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρώματος (Α, Β και Γ). **III)** υπόστρωμα Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, **IV)** υπόστρωμα Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και **V)** υπόστρωμα Γ: 60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα. (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με το (σχ. 53), στο διάγραμμα V παρατηρείται επίδραση του πάχους του υποστρώματος, όπου στο υψηλό πάχος (15cm), το υπόστρωμα Γ έχει σημαντικά καλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης απ' ότι έχει στο χαμηλό πάχος (7 cm). Στα υπόλοιπα διαγράμματα, III και IV, του (σχ. 53), δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους ανάπτυξης στον συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης για τα υποστρώματα Α και Β.

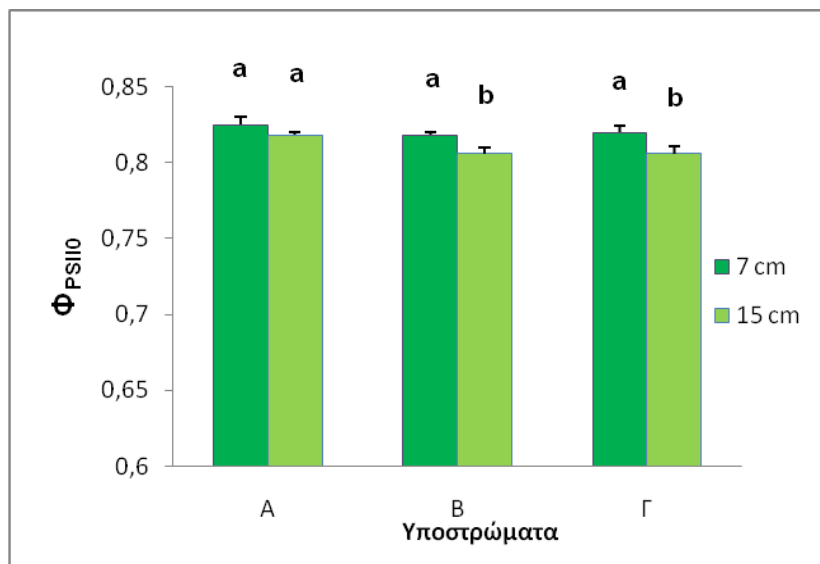
IV) Θεμελιώδης φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0})



Σχήμα 51. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B και Γ) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*) ηλικίας 6 μηνών σε 2 πάχη υποστρώματος (L:7cm-H:15cm) . **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Με βάση τις μετρήσεις της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) των φύλλων του φυτού Τεύκριου (*Teucrium chamaedrys*), στο διάγραμμα I του (σχ. 54) παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση και διαφορές μεταξύ του τύπου (A, B και Γ) και του πάχους ανάπτυξης

(7cm και 15cm). Αντίθετα, στο διάγραμμα II του (σχ. 54) παρατηρείται ότι καλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) παρουσιάζει το υπόστρωμα Α σε σχέση με το υπόστρωμα Β και Γ.

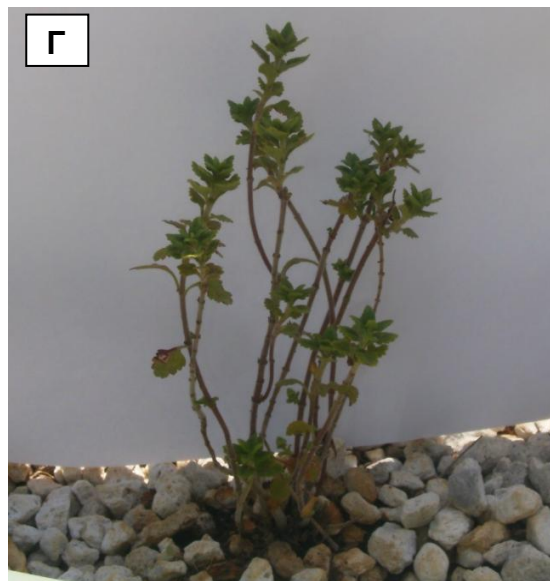
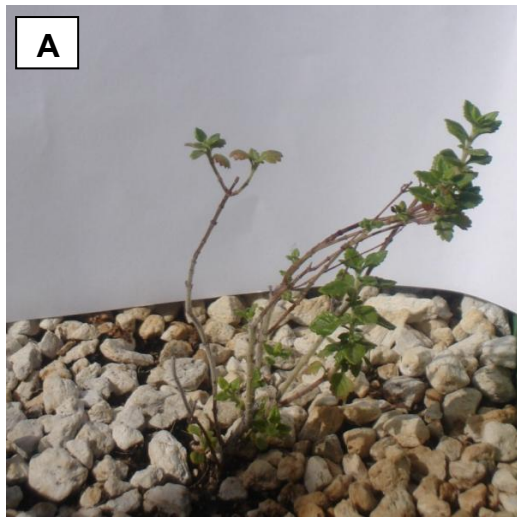


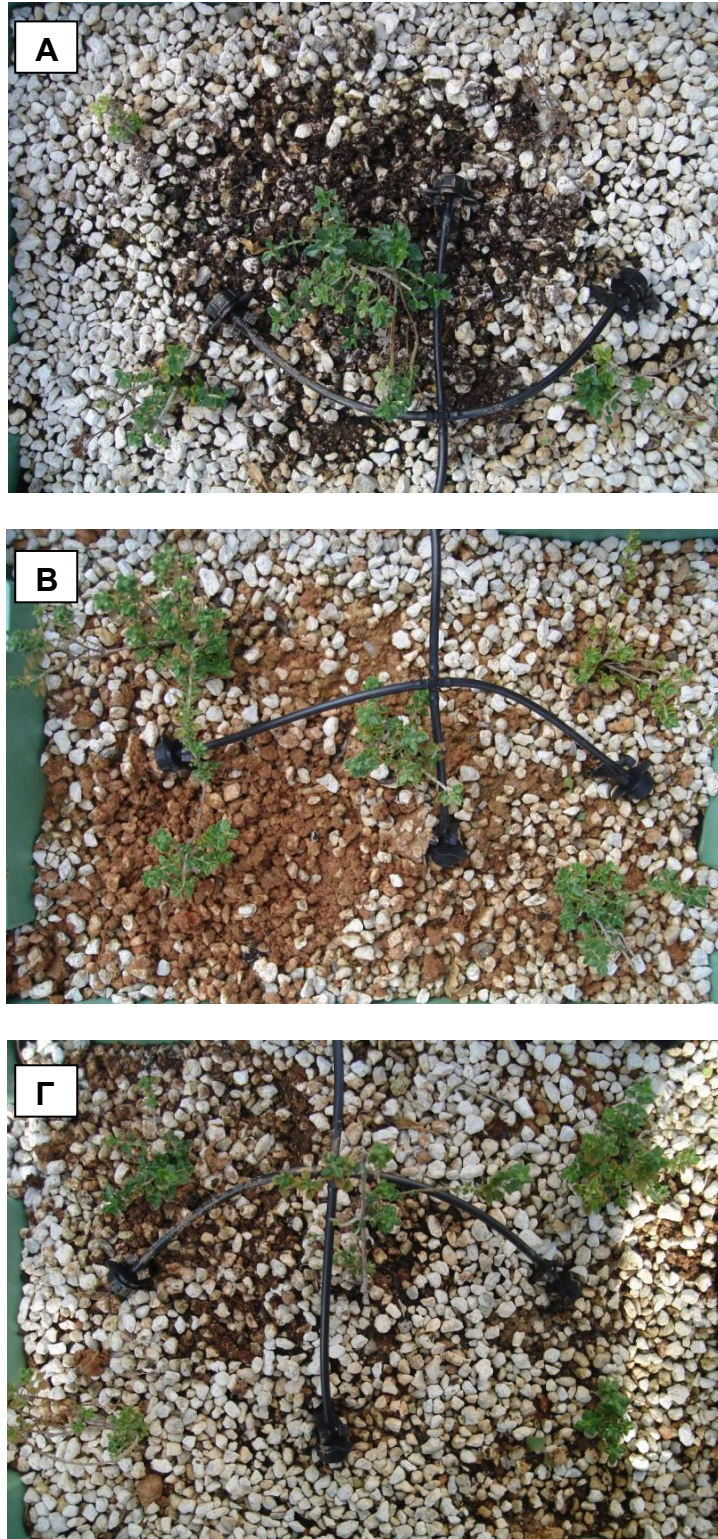
Σχήμα 52. Επίδραση του πάχους υποστρώματος(L:7cm-H:15cm) στην θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII_0}) του φυτού Τεύκριου *Teucrium chamaedrys* ηλικίας 6 μηνών στα τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης χωριστά. **I)** Πάχος L: 7cm, **II)** πάχος H: 15cm και (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα). (Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $n=9$).

Σύμφωνα με το (σχ.55), παρατηρείται αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος, όπου στο χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm) τα υποστρώματα Α, Β και Γ έχουν μεγαλύτερη απόδοση της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας του φωτοσυστήματος II, απ' ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm). Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, οι τιμές της Φ_{PSII_0} ήταν υψηλές υποδηλώνοντας την απουσία καταπόνησης σε αυτό το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών.

3.2.4 Τεύχος φωτογραφιών

1) Χαμηλό πάχος ανάπτυξης (7cm)

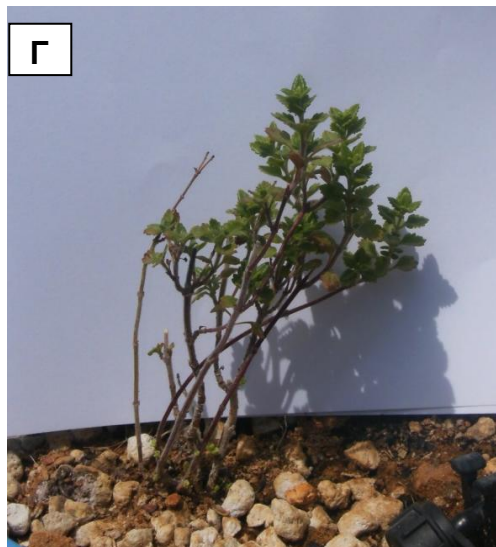
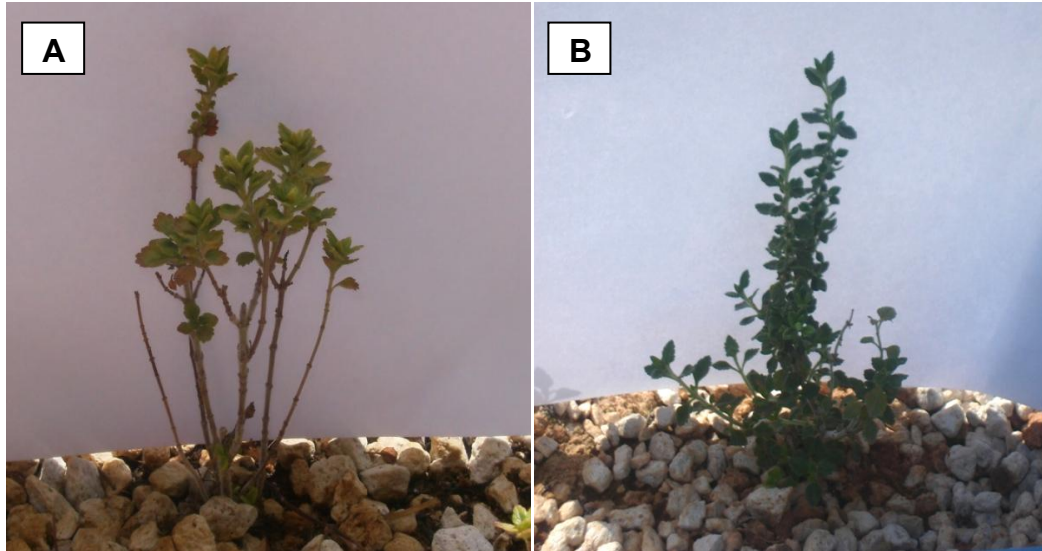


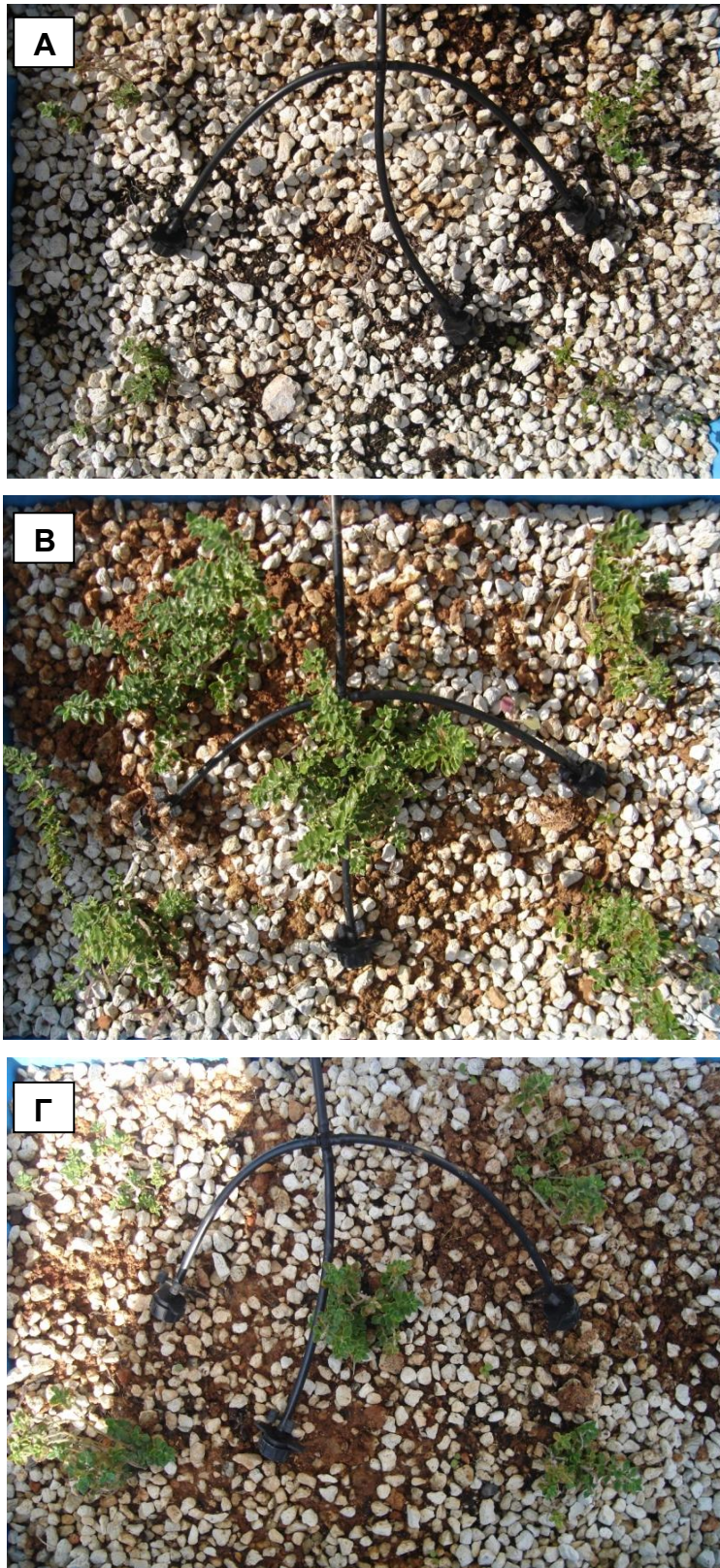


Εικόνα 42-43. Σύγκριση φυτών *Teucrium chamaedrys* για το πάχος ανάπτυξης 7 cm σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

Αποτελέσματα

II) Υψηλό πάχος ανάπτυξης (15cm)





Εικόνα 44-45. Σύγκριση φυτών *Teucrium chamaedrys* για το υψηλό πάχος ανάπτυξης 15 cm σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη στα δύο είδη φυτών παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση τόσο του πάχους όσο και του τύπου του υποστρώματος στην ανάπτυξή τους. Ειδικότερα στο:

4.1 Δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis* 'Prostratus')

Φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα μίγματος χώματος (B), παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών (Σχήμα. 1, 3). Το υπόστρωμα B έδωσε καλύτερες τιμές των βασικών παραμέτρων ανάπτυξης υπέργειου (νωπό και ξηρό βάρος, φυλλική επιφάνεια) και ριζικού συστήματος (μήκος και επιφάνεια ρίζας) (Πίνακας. 5, 6, 8, 9, 10). Οι παράμετροι αυτοί ήταν σημαντικά υψηλότεροι στο υπόστρωμα μεγαλύτερου βάθους (15 cm) σε σχέση με αυτό των 7 cm. Η καλύτερη δομή και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του χώματος πιθανόν να συνέβαλαν στη καλύτερη κίνηση – συγκράτηση της υγρασίας, στη καλύτερη θρέψη και ως εκ τούτου στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Έρευνα που έχει προηγηθεί, σε φυτά *Lantana camara* σε δώμα εντατικού τύπου και σε διάφορα υποστρώματα ανάπτυξης (100% έδαφος: 60%έδαφος-40% αφρώδους ρητίνης : 50% έδαφος-30% τύρφη-20% περλίτης : 60% τύρφη-40% αφρός ρητίνης), κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το υπόστρωμα χώματος (SL) και το υπόστρωμα χώματος (SL) με προσθήκη αφρώδους ρητίνης βελτιώνει την ανάπτυξη των συγκεκριμένων φυτών (Nektarios et al., 2004).

Το υπόστρωμα A (μίγμα κομπόστας), έδωσε φυτά με μικρότερες τιμές των παραμέτρων ανάπτυξης σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα ανεξάρτητα από το βάθος υποστρώματος. Η (Περγαλιώτη 2010), αναφέρει ότι ή καλλιέργεια σε μίγμα κομπόστας στεμφύλων, (2Κομπόστα:3Χώμα:5Περλίτη), οδήγησε στην ανάπτυξη εύρωστων φυτών ανεξαρτήτου πάχους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης, σε σχέση με την ανάπτυξη τους σε μίγμα τύρφης (2Τύρφη:3Χώμα:5Περλίτη). Επίσης, οι (Παπαφωτίου et al., 2009) αναφέρουν ότι η καλλιέργεια του φυτού *Ficus benjamina* σε υπόστρωμα μίγματος κομπόστας στεμφύλων και σε υπόστρωμα τύρφης, αναλογίας, 50% περλίτης: 37,5 Κομπόστας: 12,5% Τύρφης, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μίγμα κομπόστας στεμφύλων είχαν μεγαλύτερα νωπά και ξηρά βάρη του υπέργειου μέρους σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης, μετά από 7 μήνες καλλιέργειας. Ωστόσο στη

παρούσα μελέτη, φυτά που αναπτύχθηκαν σε μικρό πάχος υπόστρωμα Α (7cm), είχαν καλύτερη ανάπτυξη, συγκριτικά με αυτή σε υπόστρωμα μεγάλου πάχους (15cm) (Σχήμα.1-3). Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να σχετίζεται με την αδυναμία του ριζικού συστήματος να αναπτυχθεί στο σύνολο του όγκου του υποστρώματος, στην ταχύτερη αποξήρανση του υποστρώματος των 15 cm, στην χαμηλότερη περιεκτικότητα αυτού (των 15 cm) σε υγρασία, ή σε συνδυασμό των παραπάνω. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα της κομπόστας σε Ν συγκριτικά με το χώμα σε συνδυασμό με την υψηλότερη υγρασία στο υπόστρωμα συνέβαλε στη προώθηση της βλάστησης και της αύξησης της φυλλικής επιφάνειας καθώς και στην αύξηση των δεικτών LAI και SLA των φυτών (Πίν. 6, 7). Σε ένα φυτεμένο δώμα οι δείκτες αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο δεδομένου ότι αφορούν στη κάλυψη της επιφάνειας του υποστρώματος.

Το υπόστρωμα Γ έδωσε φυτά με ενδιάμεσες τιμές των παραμέτρων ανάπτυξης και στα δύο πάχη υποστρώματος (Σχήμα.1,3).

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης *in vivo* αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο απεικόνισης της φυσιολογικής κατάστασης του φυτού όσον αφορά στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

Η μέθοδος αυτή συνδέεται με την εκτίμηση βλαβών, καθώς και την έκταση αυτών σε ένα οργανισμό, που μπορεί να υπάρξουν ως αποτέλεσμα καταπόνησης ενός ή περισσοτέρων παραγόντων και δευτερευόντως με την παραγωγικότητά του. Οι (Durchman et al, 2006) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της φθορισμομετρίας χλωροφύλλης μετρώντας το δείκτη Fv/Fm, για την εκτίμηση της καταπόνησης μετά από στρες νερού διαφόρων ξυροφυτικών φυτών. Η συσχέτιση ωστόσο των φωτοσυνθετικών δεικτών με τα βιομετρικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης συμβάλλουν στη πληρέστερη εικόνα της εκτίμησης της φυσιολογικής κατάστασης του φυτού.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παράμετροι της λειτουργίας της φωτοσυνθετικής συσκευής που εξετάστηκαν βρέθηκαν σε συμφωνία με την μακροσκοπική εικόνα αλλά και τις παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών. Συγκεκριμένα, τα φυτά του υποστρώματος Β, έδειξαν σε πολλές περιπτώσεις, καλύτερες τιμές των βασικών παραμέτρων της φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) (Σχήμα. 3, 11, 19), και του ρυθμού μεταφοράς ηλεκτρονίων της φωτοχημικής αλυσίδας (ETR) (Σχήμα 6, 14, 22). Επιπλέον, οι διαφορές μεταξύ διαφορετικών τύπων, αλλά και πάχους υποστρώματος ήταν

μεγαλύτερες κατά την δυσμενή περίοδο του καλοκαιριού, όπου η εδαφική υγρασία είναι περιορισμένη λόγω μεγαλύτερης εξάτμισης και αυξημένων διαπνευστικών απωλειών των φύλλων. Επίσης η παράμετρος Φ_{PSII} , η οποία σχετίζεται με την φυσιολογική κατάσταση της φωτοσυνθετικής συσκευής και αποτελεί έναν σχετικά ευαίσθητο δείκτη συσσωρευμένης καταπόνησης των φυτών, έδειξε πολύ καλή σύμπτωση με την ανάπτυξη των φυτών (ειδικά με τις παραμέτρους ανάπτυξης του ριζικού συστήματος) συναρτήσει του τύπου του υποστρώματος, αλλά και της περιόδου μέτρησης (Σχήμα 10, 18, 26).

Από τα παραπάνω υποδηλώνεται πως ο βασικός παράγοντας ο οποίος επηρεάστηκε από την πειραματική μεταχείριση και με τη σειρά του καθόρισε την απόκριση των φυτών ήταν η διαθεσιμότητα του υποστρώματος σε υγρασία σε συνδυασμό με την ικανότητα ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών.

4.2 Τεύκριο (*Teucrium chamaedrrys*)

Από τη μελέτη της ανάπτυξης του *Teucrium chamaedrrys* ελήφθησαν ανάλογα αποτελέσματα με αυτά του *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus' με μικρότερες όμως διαφοροποιήσεις μεταξύ των φυτών και των πειραματικών μεταχειρίσεων.

Αναλυτικότερα, το υπόστρωμα Β (μίγμα χώματος), προώθησε σημαντικά την αύξηση του φυτού, τόσο σε μικρό όσο και σε μεγάλο πάχος υποστρώματος (7-15 cm), σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα που εξετάστηκαν. Μετά το πέρας των 6 μηνών καλλιέργειας, φυτά που αναπτύχθηκαν στο μεγάλο πάχος του υποστρώματος Β (15cm), υπερείχαν σημαντικά ως προς τα χαρακτηριστικά υπέργειου μέρους (τελικό ύψος, νωπό και ξηρό βάρος, φυλλική επιφάνεια), και ριζικού συστήματος (νωπό και ξηρό βάρος και επιφάνεια), σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε μικρό πάχος υπόστρωμα (7cm) (Σχήμα 27, 28, Πίνακας 12, 13, 15, 16). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη καλύτερη συγκράτηση και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα του νερού και των ανόργανων στοιχείων του χώματος (υπόστρωμα Β). Σύμφωνα με τους (Dunett et al, 2004), ή αύξηση του πάχους του υποστρώματος φαίνεται να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτικών ειδών σε συνθήκες φυτοδώματος μόνο και εφ' όσον υπάρχει εδαφική υγρασία.

Το μίγμα κομπόστας (υπόστρωμα Α), έδωσε τις μικρότερες τιμές των παραμέτρων ανάπτυξης (ύψος, νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου), με αυτές να υπολείπονται στο μικρό πάχος υποστρώματος έναντι του υψηλού, ενώ το υπόστρωμα

Γ, έδωσε φυτά με ενδιάμεσες τιμές των παραμέτρων αυτών ανάπτυξης (Σχήμα 27, 28, Πίνακας 12, 13).

Φυτά που αναπτύχθηκαν σε μικρό πάχος (7 cm) υποστρώματος Α, ανέπτυξαν πλούσια φυλλική επιφάνεια, σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα άλλα υποστρώματα (Β και Γ) του ίδιου πάχους υποστρώματος (Πίνακας 13).

Η περισσότερη ανάπτυξη φυλλικής επιφάνειας και οι μεγαλύτερες τιμές των δεικτών LAI και SLA, που παρατηρήθηκαν στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μίγμα κομπόστας (Α), ιδιαίτερα σε υπόστρωμα μικρού πάχους (7 cm), αποδίδεται στην μεγαλύτερη ποσότητα περιεχόμενης υγρασίας στο χαμηλό πάχος υποστρώματος, έναντι του διπλάσιου πάχους, σε συνδυασμό με τη μεγάλη περιεκτικότητα Ν της κομπόστας (παρ.2.1.3.ii). Επίσης η μεγάλη περιεκτικότητα σε CaCO_3 της κομπόστας συνέβαλε στην εξασφάλιση ευνοϊκών συνθηκών ανάπτυξης του είδους (Stuart, 1992).

Οι τιμές του pH των μιγμάτων ήταν γενικά υψηλές, και δεν ήταν απαγορευτικές για την καλλιέργεια, διότι δεν δημιουργήθηκε πρόβλημα στην ανάπτυξη του είδους, δεδομένου ότι αυτό φέρεται να αναπτύσσεται σε ασβεστώδη εδάφη (Stuart, 1992). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στις τιμές των μετρήσεων της EC και ειδικά στο υπόστρωμα Α μίγματος κομπόστας, (Wang et al., 1990).

Ως προς τις φωτοχημικές παραμέτρους που μετρήθηκαν, αυτές παρουσίασαν μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των περιόδων μετρήσεων. Η φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}) δεν παρουσίασε διαφοροποιήσεις μεταξύ των υποστρωμάτων, τόσο στα μικρού πάχους όσο και στα μεγάλου πάχους υποστρώματα ανάπτυξης (7-15 cm). Επίσης χαρακτηριστικό είναι, ότι κατά τη πρώτη περίοδο των μετρήσεων (Ιούνιος), η Φ_{PSII} παρουσίασε μείωση στις υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας, ένδειξη αδυναμίας εκμετάλλευσης της φωτεινής ακτινοβολίας, πιθανώς λόγω νεαρού σταδίου ανάπτυξης των φυτών (Σχήμα 29, 30). Σε αντιστοιχία με το Φ_{PSII} , βρίσκονται και οι δείκτες ETR και NPQ, για την ίδια περίοδο μετρήσεων (Σχήμα 31-34).

Ανάλογα κυμάνθηκαν οι δείκτες των φωτοχημικών παραμέτρων και στις άλλες περιόδους μέτρησης (2^η και 3^η).

Το φυτό αυτό φαίνεται πως ανταποκρίνεται καλύτερα στον περιορισμό της διαθεσιμότητας της εδαφικής υγρασίας συγκριτικά με το δενδrolίβανο. Ειδικότερα, οι διαφορές στις βασικές φωτοχημικές παραμέτρους μεταξύ μεταχειρίσεων, ακόμα και στη δυσμενέστερη περίοδο του καλοκαιριού, ήταν μικρές και η παράμετρος

Φ_{PSII} , έδωσε στο τέλος της δυσμενούς περιόδου και σε όλες τις κατηγορίες υποστρώματος, τιμές οι οποίες χαρακτηρίζονται από πλήρη ανάκαμψη των φυτών από την καταπόνηση του καλοκαιριού (Σχήμα 44, 52).

Ως εκ τούτου από τα δεδομένα των βιομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων συγκλίνουμε στην άποψη ότι το *Teucrium chamaedrrys* ανταποκρίνεται καλά στην εγκατάσταση του για φυτεμένα δώματα μικρού πάχους υποστρώματος (εκτατικού τύπου).

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα σχετικά με την απόδοση της φωτοσυνθετικής συσκευής των δύο φυτών συναρτήσει των πειραματικών χειρισμών, μπορεί να ειπωθεί ότι η τεχνική της φθορισμομετρίας χλωροφύλλης αποτελεί έναν σχετικά εύκολο και ευαίσθητο τρόπο απεικόνισης της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών όταν αυτά αναπτύσσονται σε συνθήκες οι οποίες είναι λιγότερο ή περισσότερο περιοριστικές για την ανάπτυξη και σε συνδυασμό με τις βιομετρικές παραμέτρους δίνει πληρέστερη εικόνα της ανάπτυξης των φυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Bernatzky A. 1974.** Gardens for Stepped Terrace Housing, από Urban Ecology, 1, σελ. 49-62.
- **Boscoe A. 2003.** An Assessment of the Potential of Green Roofs to Act as a Mitigation Tool for Increased Urban Densitie.
- **Caudrey D., 2005.** Green Roof Systems. Acknowledging the Potential. Bachelor of Science, Robert Gordon University.
- **Cayuela M.L., 2004.** Produccion Industrial de compost ecologico a partir de residuos de almazara. Ph.D. Thesis, University of Murcia, Spain.
- **Dunnett N. and Nolan A., 2004.** The effect substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. Act Hort., 643: 305-309.
- **Durhman A.K, Bradley Rowe D., Rugh C.L., 2006.** Effect of watering regimen on chlorophyll fluorescence and growth of selected green roof plant Taxa. HortScience 41(7):1623-1628.
- **English Nature Research Reports, 2003.** Green Roofs: “their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas”, Report number 498, EcoScenes Ltd.
- **Filippi C., Bedini S. Levi-Minzi R., Cardelli R. and Saviozzi A., 2002.** Composting of olive oil mill by products:chemical and microbiological evaluationw. Compost Science and Utilization, 10 (1):63-71.
- **FLL, 1995.** Guidelines for the planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites with Methods to be employed when investigating vegetation substrates and aggretrate-type drainage materials used at roof-greening sites and procedure for investigating resistance to root penetration at green- roof sites, The Landscaping and landscape Development Research Society. Bonn, Germany.
- **FLL, 2002.** Guidelines for the planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites with Methods to be employed when investigating vegetation substrates and aggretrate-type drainage materials used at roof-greening sites and procedure for investigating resistance to root penetration at green- roof sites,

The Landscaping and landscape Development Research Society. Bonn, Germany.

- **Fryer, M.J., Andrews, J.R., Oxborough, K., Blowers, D.A., Baker, N.R. 1998.** Relationship between CO₂ assimilation, photosynthetic electron transport, and active O₂ metabolism in leaves of maize in the field during periods of low temperature. *Plant Physiology*, 116: 571-580.
- **Genty, B., Brintais, J.-M., Baker, N.R. 1989.** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, 990: 87-92.
- **Goluoque C.G.& Diaz L.F., 1996.** Historical review of composting and its role in municipal waste management, p. 3-14. In the Science of Composting, Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, London, UK.
- **Hall D. & Rao K. 1993.** Photosynthesis. 4th Edition, by Cambridge University.
- **Herman R. 2003.** Green roofs in Germany: p. 41-45. *In Proc. of 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Chicago. 29-30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.
- **Jenrick A., 2005.** *Green roofs – A horticultural perspective*. Livingroofs.org
- **Keeling A.A., 1995.** Effects of compost stability on plant growth, microbiological parameters and nitrogen availability in media containing mixed gardenwaste compost.
- **Koehler, M., M. Schmidt, F.W. Grimme, M. Laar, 2002.** Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics. *Environmental and Health* 13(4):382-391.
- **Koehler M. 2003.** Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin, *από Urban Habitats*, Vol.4, No.1.
- **Koehler, M. 2004.** Ecological green roofs in Germany. *Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology*. 7(4):8-16.
- **Kokko E.G., Volkmar K.M., Gowen B.E., Entz T., 1993.** Determination of total root surface area in soil core samples by image analysis. *Soil Till. Res.* pp: 26,33-43.

- **Koppány A. 2005.** Green Roofs in the City Environment, από www.heja.szif.hu/ARC/CEA-010227-A/cea010227a.pdf.
- **Krause, G.H., Weis, E., 1991.** Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biology*.
- **Lawlor, D.W. 2001.** Photosynthesis. Oxford: Biosis Scientific Publishers.
- **Malcolm S., 1992.** Herbs and herbalism, London
- **Maxwell K & Johnson G.N. 2000.** Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51:659-668.
- **Minke G. 2009.** Φύτευση στεγών, εκδόσεις Παρατηρητής της Θράκης Α. Ε. Θεσσαλονίκη-Ξάνθη (σελ. 20-56).
- **Moran A., et al , 2003.** A north Carolina Field Study to Evaluate Greenroof Runoff Quantity, Runoff Quality and Plant Growth, ASAE, The Society for Engineering in Agricultural, Food and Biological Systems, Annual International Meeting, july.
- **Nektarios, P.A, Tsiotsiopolou P. and Chronopoulos I., 2004.** Soil Amendments Reduce Green Roof Garden Weight and Influence the Growth Rate of Lantana. *HortScience* 38 (4):618-622.
- **Newton D and C., 1973.** Stearn, WT Botanical Latin (Press 1966, distrib, Macmillan, Riverside N.J).
- **Niyogi K., 2000.** Safety valves for photosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology* 3:355-460.
- **Oberlander H.C., Whitrlaw E., Matsuzaki E., 2002.** Indroduction Manual for Greening Roofs. Technology Directorate, Public Works and Government Services, Canada.
- **Oberndorfer E. et al. 2007.** Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services, από *BioScience*, vol.57, No.10, November 2007.
- **Papafotiou M., Chatzipzvlidis I., Avajieneli B., Michos C., 2007.** Colouration Anthocyanin Concetration and Growth of Croton (*Codiaeum variegatum L.*) as Affected by Cotton Gin Trash Compost Participation in the Potting Medium. *HortScience*, 42 (1), 83-87.

- **Peck S., Chris Callaghan. 1999.** Greenbacks from the Green Roofs: Forging a new industry in Canada, P&A Peck and Associates, for CMHC/SCHL Canada. <http://www.greenroofs.org/pdf/Greenbacks.pdf>.
- **Peck, S. and I. Wieditz. 2003.** “Key steps to developing local green roof infrastructure roof markets”. p. 46-56. *In Proc. of 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago. 29-30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.*
- **Saiz S. et al. 2006.** Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs, 006, από *Environmental Science & Technology / Vol.40, No.13.*
- **Santamouris M., 2005.** Investigating and analysing the energy and enviromental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece, *Energy*, 32, pp. 1781-1788.
- **Schradera S., Bonigb M., 2006.** Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans, *Pedobiologia*, 50, pp. 347-356.
- **Schreiber U., Bilger W. & Neubauer C. 1994.** Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In “Ecophysiology of Photosynthesis-Ecological Studies – vol. 100” Eds Schultze ED & Caldwell MM. Springer-Verlag, Berlin pp 49-70.
- **Sherman, R. 2005.** Compost plays key role in green roof mixes, *BioCycle*, v 46, no3, March 2005, pg. 29-32, 34.
- **Szabo I. & Giacometti GM. 2005.** Light and oxygenic photosynthesis: energy dissipation as a protection mechanism against photo- oxidation. *EMBO report* 6: 629-634.
- **Szewczyk, Z. 2003.** Designing for waterproofing and maintenance, *Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Chicago, May 29-30 2003.*
- **Soil Survey Laboratory Methods Manual. 1996.** Soil Survey Investigations Report No.42.Version 3.0, United States Department of Agriculture.
- **Solomon N., 2003.** Vegetation systems atop buildings yield multiple environment benefits. *Architectural Record*. 191 (3):149-152.

- **Walters RG. & Horton P. 1991.** Resolution of components of non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching in barley leaves. *Photosynthesis Research* 27: 121-133.
- **Wang Y.T & Blessington T.M., 1990.** Growth and interior performance of Poinsettia in media containig composted cotton burrs. *HortScience* 25:407-408.
- **Wilson C.G., 1993.** *Mediterranean Wild Flowers*, HarperCollins Publishers, London. P.437.
- **White AJ, Critchley C. 1999.** Rapid light curves: a new fluorescence method to assess the state of the photosynthetic apparatus. *Photosynthesis Research* 59:63-72.
- **World Business Council for Sustainable Development, 2007.** *Energy Efficiency in Buildings, Business realities and opportunities*, EEB Facts and Trends Summary report.
- **Takebayashi H., Moriyama M., 2007.** Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island, *Building and Environment*, 42, pp.
- **Βογιατζή, Καμβούκου Ε., 2004.** Επιλογή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- **Γιαννουλη Δ., 2007.** Φυτοκάλυψη και περιβαλλοντικός σχεδιασμός. Μεταπτυχιακή μελέτη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- **Δροσόπουλος Ι., 1998.** Φυσιολογία φυτών. Μέρος Ι.169-171.
- **Ευαγγελιού Χ., Αλούπης Η., et al, 2008.** Τα φυτεμένα δώματα ως οικολογικοί αναγκαιότητα. Νέα υλικά και τεχνικές για την εφαρμογή τους και την εξέλιξη τους σε σύγχρονους αστικούς πνεύμονες, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου.
- **Ευμορφοπούλου Α., 1992.** Οι κήποι στα δώματα των κτιρίων, η συμβολή τους στο οικοσύστημα των αστικών κέντρων, κατασκευαστικές λύσεις και δυνατότητες εφαρμογής στον Ελληνικό χώρο, Διδακτορική διατριβή, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- **Ζαχαροπούλου Α., 2004.** Μελέτη των μεθοδολογιών ανάπτυξης φυτοκάλυψης σε δώματα και εφαρμογές στον σχεδιασμό τους. Μεταπτυχιακή

- μελέτη, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **Καραμάνος Α., 1993.** Γενική Γεωργία Μέρος Ι. το εναέριο περιβάλλον. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθίνα, pp.13-15.
 - **Καραταγλής Σ., 1999.** Φυσιολογία φυτών. Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 3^η Έκδοση, pp 203-218.
 - **Μανίος Θ., 2003.** Χουμοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων, Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου.
 - **Μιχαλάκη Τ., 2007.** Η συμβολή των φυτεμένων δωμάτων στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήματος Αρχιτεκτών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
 - **Νεκτάριος Π., Καστρίτσης Σ., Χρονόπουλος Ι., 2003.** Επίδραση εδαφοβελτιωτικών στην ανάπτυξη της λαντάνας (*Lantana camara* L.). Μελέτη, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
 - **Παπαφωτιου Μ., Περγαλιώτη Ν. , Μασσας Ι. και Χατζηπαυλιδης Ι., 2009.** Διερεύνηση της συνεργιστικής δράσης λίπανσης και διαφόρων κομποστών στην υπόγεια και υπέργεια ανάπτυξη του *Ficus benjamin*. Πρακτικά της Ελληνικής Εταιρείας των Οπωροκηπευτικών, 24^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο.
 - **Περγαλιώτη Ν., 2010.** Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και την συχνότητα άρδευσης στην ανάπτυξη των ξυροφυτικών ειδών *Hellichrysum italicum* και *Hellichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδωματος. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
 - **Πιερρακέα Α., 1971.** Πολύτιμα Βιομηχανικά αρωματικά φυτά, Αθήνα.
 - **Ρήγα-Καρανδεινού Α., 1995.** Θέματα οικολογίας αστικού περιβάλλοντος με ανθρωποκεντρική προσέγγιση. Αθήνα, Γ.Π.Α.
 - **Σιδηράς Ν., 1997.** Οργανική λίπανση και αμειψισπορές, Δ.Η.Ω
 - **Σκρούμπας Β., 1985.** Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- **Σκρούμπας Β., 1990.** Αρωματικά – Μελισσοτροφικά φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδος, Θεσσαλονική.
- **Τσογγαράκης Γ., 2005.** Πρόταση φυτοκάλυψη δώματος και επιλογή διαστρώσεων σε συνάρτηση με την βέλτιστη ανάπτυξη χλοοτάπητα και την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την χρήση αγροχημικών. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **Φιλλιπίδης Α., 1986.** Σημειώσεις Κοιτασματολογίας, Βιομηχανία Ορυκτά και Πετρώματα-Περλίτης, Α.Π.Θ .
- **Φουτρή Α., 2008.** Συγκριτική μελέτη συμβατικών και πράσινων ταρατσών. Αξιολόγηση κύκλου ζωής πράσινων ταρατσών. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήματος Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ

Δ₁: [http:// www.Peegep.gr/showdown.php](http://www.Peegep.gr/showdown.php)

Δ₂: [http:// www.bioprasino.gr](http://www.bioprasino.gr)

Δ₃: [http:// www.geohumus.gr](http://www.geohumus.gr)

Δ₄: http://www.greenroofs.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&It

Δ₅: [http:// www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)

Δ₆: http://www.prasinistegi.gr/prasines_steges

Δ₇: [http:// www.kepa.uoa.gr](http://www.kepa.uoa.gr)

Δ₈: [http:// www.oikosteges.gr](http://www.oikosteges.gr)

Δ₉: [http:// www.temple.edu/env-stud/seniorsem/section_3.htm](http://www.temple.edu/env-stud/seniorsem/section_3.htm)

Δ₁₀: [http:// www.f-l-l.de/english.html](http://www.f-l-l.de/english.html)

Βιβλιογραφία

Δ₁₁: [http:// www.egreen.gr](http://www.egreen.gr)

Δ₁₂: [http:// www.greenroofs.com/ecologicaladvantages.htm](http://www.greenroofs.com/ecologicaladvantages.htm)

Δ₁₃: [http:// www.dcgreenworks.org/LID/grbenefits.html](http://www.dcgreenworks.org/LID/grbenefits.html)

Δ₁₄: [http:// www.zinco.com](http://www.zinco.com)

Δ₁₅: [http:// www.greenroofs.com/public%20](http://www.greenroofs.com/public%20)

Δ₁₆: [http:// www.esha.gr](http://www.esha.gr)

Δ₁₇: <http://www.nophadrain.nl>

Δ₁₈: [http:// www.lava.gr](http://www.lava.gr)