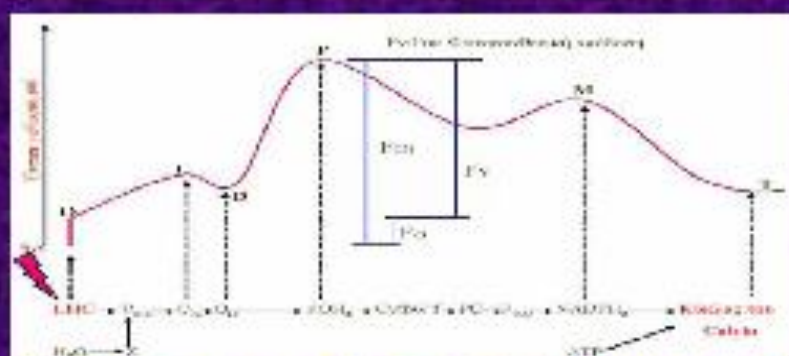


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΙΟΥ

Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος  
ανάπτυξης φυτών *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* και  
*Hyssopus officinalis* σε σύστημα φυτοδώματος



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΛΑΜΠΡΙΝΗΣ ΠΟΔΑΡΟΠΟΥΛΟΥ

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

Επίδραση του τύπου και του πάχους του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* και *Hyssopus officinalis* σε σύστημα φυτοδώματος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘ.: ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΑΚΟΥΜΙΑΝΑΚΗ-ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ

ΜΕΛΗ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΦΑΣΣΕΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

## ***Ευχαριστίες***

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα Α. Ακουμιανάκη-Ιωαννίδου, Λέκτορα του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου για την ανάθεση του θέματος, την επιστημονική της καθοδήγηση και την στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κο Γ. Λιακόπουλο για την καθοριστική βοήθειά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς επίσης και για τον χρόνο που αφιέρωσε στην ανάγνωση και εξέταση της παρούσας μελέτης.

Ακόμα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο κο Κ. Φασσέα για τη φιλοξενία του στο εργαστήριο ηλεκτρονικής μικροσκοπίας αλλά και για το χρόνο που αφιέρωσε για την επεξεργασία και ερμηνεία των δειγμάτων, την ανάγνωση και εξέταση της παρούσας μελέτης καθώς και τον κο Γ. Ψαροκωστόπουλο που μου έδειξε τη λειτουργία των οργάνων.

Την εταιρία DiaDem για την εγκατάσταση του πειραματικού φυτεμένου δώματος στη μελέτη του *Hyssopus officinalis*, καθώς και το κτήμα Βίωμα για τη προμήθεια των σποροφύτων του είδους.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ν. Ντούλα και τον κο Κ. Μπερτσουκλή για τη συνεχή βοήθειά τους και στήριξη καθ' όλη τη πορεία του πειράματος. Φυσικά δεν μπορώ να παραλείψω να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Β. Λώλη, ο οποίος ήταν δίπλα μου όλους αυτούς τους μήνες προσφέροντας πολύτιμη βοήθεια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στήριξαν από την αρχή του μεταπτυχιακού προγράμματος και ψυχολογικά και οικονομικά, καθώς και τους φίλους μου που είναι πάντα δίπλα μου για να με στηρίζουν σε κάθε δυσκολία.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract.....	3
1.1. Φυτεμένα δώματα.....	5
1.1.1. Η αρχή και η εξέλιξη των φυτεμένων δωματίων.....	5
1.1.2. Οφέλη από τα φυτεμένα δώματα.....	6
1.1.3. Τύποι φυτεμένων δωματίων.....	13
1.1.3.1. Εκτατικός τύπος.....	13
1.1.3.2. Ημιεντατικός τύπος.....	15
1.1.3.3. Εντατικός τύπος.....	16
1.1.4. Εγκατάσταση φυτεμένου δώματος.....	18
1.1.4.1. Κατασκευαστικά υλικά επικάλυψης δώματος.....	18
1.1.4.1.1. Προετοιμασία επιφάνειας και δημιουργία φράγματος υδρατμών.....	18
1.1.4.1.2. Δημιουργία Θερμομονωτικής Στρώσης.....	18
1.1.4.1.3. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας πριν τη στεγάνωση.....	18
1.1.4.1.4. Στεγανωτικές-Αντιριζικές στρώσεις.....	19
1.1.4.1.5. Προστασία στεγανωτικής στρώσης.....	20
1.1.4.1.6. Αποστραγγιστική στρώση.....	20
1.1.4.1.7. Υπόστρωμα Φύτευσης.....	21
1.1.4.1.8. Φύτευση.....	23
1.2. Σκοπός μελέτης.....	25
1.3. Φυτικό υλικό.....	27
1.3.1. <i>Mentha pulegium</i> .....	30
1.3.2. <i>Phlomis fruticosa</i> .....	30
1.3.3. <i>Hyssopus officinalis</i> .....	32
1.4. Χρήση κομποστοποιημένων υπολειμμάτων.....	35
1.5. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index) και ειδική φυλλική επιφάνεια (Specific Leaf Area).....	37
1.6. Φωτοσύνθεση.....	39
1.6.1. Γενικά στοιχεία.....	39
1.6.2. Η φυσιολογία της φωτοσύνθεσης.....	39
1.6.3. Η σημασία του φθορισμού της χλωροφύλλης a στη μελέτη της φωτοσύνθεσης.....	40
2. Υλικά και μέθοδοι.....	43



2.1.Πείραμα 1 <sup>ο</sup> .....	43
2.1.1.Φυτικό υλικό.....	43
2.1.2. Κιβώτια φύτευσης και αποστραγγιστική στρώση.....	43
2.1.3.Υλικά διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος.....	44
2.1.4. Συστατικά υποστρωμάτων.....	46
2.1.5. Σύνθεση υποστρωμάτων.....	47
2.1.6.Βάθος και όγκος υποστρώματος.....	49
2.1.7.Άρδευση.....	49
2.1.8.Λίπανση.....	50
2.1.9 Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης.....	51
2.1.10. Πειράματα και επεμβάσεις.....	51
2.1.11.Μετρήσεις.....	52
2.2.Πείραμα 2 <sup>ο</sup> .....	58
2.2.1.Φυτικό υλικό.....	58
2.2.2.Διάστρωση φυτεμένου δώματος.....	59
2.2.3.Συστατικά υποστρωμάτων.....	59
2.2.4.Σύνθεση υποστρωμάτων.....	59
2.2.5.Πάχος υποστρώματος.....	59
2.2.6.Άρδευση.....	59
2.2.7. Πειράματα και επεμβάσεις.....	59
2.2.8.Μετρήσεις.....	60
2.2.9.Πειραματικό σχέδιο.....	64
3.Αποτελέσματα.....	65
3.1. <i>Mentha pulegium</i> (Φλισκούνη).....	65
3.1.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά.....	65
3.1.1.1.Μεταβολή ύψους.....	65
3.1.1.2.Καταστροφικό πείραμα.....	67
3.1.1.2.1.Μέτρηση ξηρού βάρους.....	67
3.1.2.Χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων ανάπτυξης.....	68
3.1.3.Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης φυτών <i>Mentha pulegium</i> .....	70
3.1.4.Τεύχος φωτογραφιών.....	89
3.2. <i>Phlomis fruticosa</i> (Ασφάκα).....	92
3.2.1.Βιομετρικά χαρακτηριστικά.....	92
3.2.1.1. a. Πορεία ύψους.....	92

3.2.1.2.Καταστροφικό πείραμα.....	93
3.2.1.2.1.Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού.....	94
3.2.1.2.2.Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας.....	95
3.2.1.2.3.Μέτρηση Leaf Area Index (LAI) Specific Leaf Area (SLA).....	96
3.2.2.Χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων ανάπτυξης.....	97
3.2.3.Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης φυτών <i>Phlomis fruticosa</i> .....	99
3.2.4.Τεύχος φωτογραφιών.....	124
3.3. <i>Hyssopus officinalis</i> .....	127
3.3.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά.....	127
3.3.1.1.a.Μεταβολή ύψους.....	127
3.3.1.1.b.Αριθμός διακλαδώσεων/φυτό.....	129
3.3.1.2.Καταστροφικό.....	131
3.3.1.2.1.Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου.....	131
3.3.1.2.2.Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας.....	132
3.3.1.2.3.Μέτρηση Leaf Area Index (LAI) Specific Leaf Area (SLA).....	133
3.3.2.Ιστοχημεία.....	134
3.3.3.Φωτογραφικό υλικό.....	139
4.Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	140
5.Βιβλιογραφία.....	147

## Περίληψη

Στη παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση του είδους του υποστρώματος και του πάχους υποστρώματος στην ανάπτυξη των αυτοφυών ειδών *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* και *Hyssopus officinalis* σε σύστημα φυτεμένου δώματος .

Έριζα μοσχεύματα των ειδών *Mentha pulegium* και *Phlomis fruticosa* φυτεύτηκαν στη 1 Απριλίου του 2010, ανά πέντε (του ίδιου είδους) σε πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 60x40 cm, σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης και πάχη υποστρώματος 7 και 15 cm. Η σύσταση (v/v) των υποστρωμάτων ανάπτυξης ήταν: Α=60% ελαφρόπετρα : 40% κομπόστα, Β= 60% ελαφρόπετρα : 40% χώμα και Γ= 60% ελαφρόπετρα : 20% κομπόστα : 20% χώμα. η ελαφρόπετρα χρησιμοποιήθηκε σε ίση ποσότητα σε όλα τα υποστρώματα ανάπτυξης, γιατί ως αδρανές υλικό είναι ανθεκτικό στη συμπίεση, ελαφροβαρές και συγκρατεί υγρασία. Για κάθε πάχος και είδος υποστρώματος έγιναν από τρεις επαναλήψεις (κιβώτια). Τα κιβώτια τοποθετήθηκαν πάνω σε μεταλλικά τραπέζια στον κήπο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου. Για τη μελέτη του είδους *Hyssopus officinalis* χρησιμοποιήθηκε φυτικό υλικό ηλικίας 8 μηνών σε ήδη εγκατεστημένο φυτεμένο δώμα από τον Ιούλιο του 2009 σε αίθριο χώρο κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Και σε αυτό το φυτό χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια υποστρώματα και πάχη ανάπτυξης. Στη περίπτωση του *Hyssopus officinalis* τα φυτά ήταν εγκατεστημένα σε πειραματικά τεμάχια 1 m<sup>2</sup> και σε κάθε πειραματικό τεμάχιο φυτεύτηκαν 14 φυτά, για κάθε πάχος και είδος υποστρώματος. Η μελέτη της ανάπτυξης του είδους έγινε από το Μάρτιο έως τον Οκτώβριο του 2010.

Η ανάπτυξη των φυτών *Mentha pulegium* και *Phlomis fruticosa* αξιολογήθηκε μετρώντας στη διάρκεια της καλλιέργειας το ύψος, τις φωτοχημικές παράμετρους ΦPSII, ETR, NPQ και ΦPSIIo και στο τέλος του πειράματος το νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου, τη φυλλική επιφάνεια, LAI και το SLA. Επίσης προσδιορίστηκαν οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των συστατικών και των υποστρωμάτων ανάπτυξης. Η ανάπτυξη του φυτού *Hyssopus officinalis* αξιολογήθηκε μετρώντας το ύψος, τον αριθμό των διακλαδώσεων και στο τέλος του πειράματος το νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου, τη φυλλική επιφάνεια, το LAI και το SLA, επιπλέον για το συγκεκριμένο είδος έγινε μελέτη των μορφολογοανατομικών και ιστοχημικών χαρακτηριστικών του.

Στόχοι της μελέτης ήταν: α) η διερεύνηση της δυνατότητας εγκατάστασης και της ανάπτυξης των φυτών *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* και *Hyssopus officinalis* στα δύο πάχη υποστρωμάτων που ενδείκνυται για εκτατικούς τύπους φυτοδωμάτων β) η αξιολόγηση της επίδρασης του υποστρώματος σε βιομετρικές και φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών και γ) η μελέτη του μορφολογοανατομικών και ιστοχημικών χαρακτηριστικών του *Hyssopus officinalis*.

Και τα τρία είδη που μελετήθηκαν και ιδιαίτερα ο *Hyssopus officinalis* ανταποκρίθηκαν θετικά στις διάφορες επεμβάσεις. Ειδικότερα για τα φυτά *Mentha pulegium*, το μίγμα χώματος (υπόστρωμα Β) συνέβαλε σημαντικά στη καλή εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών κατά την ευνοϊκή περίοδο (μεγάλο νωπό, ξηρό βάρος, ETR και NPQ). Η κομπόστα (υπόστρωμα Β) είχε τη μικρότερη επίδραση στην ανάπτυξη ανεξάρτητα από το πάχος του υποστρώματος. Ενώ τα μικρότερου μεγέθους φυτά στο υπόστρωμα Γ, σε σχέση με αυτά στο Β υπόστρωμα ανταπεξήλθαν καλύτερα από την καταπόνηση που δέχθηκαν κατά την δυσμενή περίοδο του καλοκαιριού, ανεξάρτητα από το πάχος του υποστρώματος.

Στο *Phlomis fruticosa* επίσης το υπόστρωμα Β (μίγμα χώματος), είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών ανεξάρτητα του πάχους υποστρώματος. Γενικά τα υποστρώματα που περιείχαν χώμα (Β και Γ) έδωσαν φυτά με καλύτερες τιμές βασικών φωτοχημικών παραμέτρων, ενώ δεν ήταν εμφανής καμία επίδραση του πάχους του υποστρώματος. Επίσης κατά τη δυσμενή περίοδο ανάπτυξης (μέσα καλοκαιριού), η καταπόνηση των φυτών στο υπόστρωμα Α ήταν εμφανής.

Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τον *Hyssopus officinalis* ως προς την ανάπτυξή του με το υπόστρωμα Β να έχει τη καλύτερη επίδραση σε όλα τα βιομετρικά του χαρακτηριστικά ανεξάρτητα του πάχους του υποστρώματος. Από τη μελέτη των μορφολογο- ανατομικών και ιστοχημικών χαρακτηριστικών φύλλων του *Hyssopus officinalis* διαπιστώθηκε η τυπική δομή του φυτού, καθώς και η περιεκτικότητά του σε τερπενοειδή, φαινολικά και φλαβονοειδή από όπου συμπεραίνεται ότι ο *Hyssopus officinalis* συμπεριφέρεται ως αρωματικό, φυτό με ανθεκτικότητα σε βιωτικούς και αβιωτικούς παράγοντες., και ως τούτου κατάλληλο για φυτεύσεις σε φυτοδώματα.



**Abstract**

This study examined the effect of the type and the depth of substrate in the growth of native plants *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* and *Hyssopus officinalis* in green roof system.

Rooted cuttings of *Mentha pulegium* and *Phlomis fruticosa* 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% compote, [B]= 60% pumice: 40% soil and [G]= 60% pumice: 20% compote: 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. For the study of *Hyssopus officinalis* the plants used were 8 months old and had been planted on the roof of one of the buildings of the Agricultural University of Athens since July 2009. In the case of *Hyssopus officinalis* the plants were installed in 1 m<sup>2</sup> experimental plots and in each experimental plot 14 plants were planted, for each depth and substrate. The period of study was between March and October 2010.

The growth of plants *Mentha pulegium* and *Phlomis fruticosa* was evaluated by measuring the growth in height, the photochemical parameters YIELD, ETR, NPQ and Fv/Fm. At the end of experiment the fresh and dry weight of the above the ground parts, the leaf area, LAI and the SLA were estimated. Also, the natural and chemical attributes of components and the substrates of growth were determined. The growth of *Hyssopus officinalis* was evaluated by measuring the height, the number of ramifications and at the end of experiment the fresh and dry weight of the above the ground parts, the leaf area, the LAI and the SLA. For this species the morphological and histochemical characteristics were also studied.

The objects of the study were: a) the investigation of the possibility of installation and growth of the plants *Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa* and *Hyssopus officinalis* 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

and g) the study of some morphological and histochemical characteristics of *Hyssopus officinalis*.

The three types that were studied and particularly *Hyssopus officinalis* responded positively to the various treatments. More specifically for *Mentha pulegium*, the mix of soil (substrate B) contributed considerably to the good installation and growth of plants at the favorable period (big fresh, dry weight, ETR and NPQ). The compost (sublayer B) had the smaller effect in the growth, independent from the depth of the substrate. However, the smaller size plants in substrate G, compared with those in the B substrate, coped better with the stress that they were exposed to during the unfavorable period of summertime, independent of the depth of the substrate.

In addition, substrate B (mix of soil), had the biggest effect in the growth of plants in *Phlomis fruticosa*, regardless the depth of the substrate. In general, the substrates that contained soil (B and G) gave plants with higher values of basic photochemical parameters, while it was not obvious if the depth of the substrate had any observable effect. Moreover, during the unfavorable period of growth (in summertime), the stress of the plants in substrate A was evident.

Similar results were also observed for *Hyssopus officinalis*, as substrate B had better effect in all the biometrical characteristics regardless the depth of substrate. The study of the morphological and histochemical characteristics on the leaves of *Hyssopus officinalis* demonstrated its typical anatomy, as well as its high content in terpenoides, phenols and flavones which give *Hyssopus officinalis* its aromatic character and also provide the plant with resistance to abiotic and biotic factors, thus making the plant suitable for plantings on green roofs.

## 1.Εισαγωγή

### 1.1.Φυτεμένα δώματα

#### 1.1.1.Η αρχή και η εξέλιξη των φυτεμένων δωματίων

Φυτεμένα δώματα είναι οι στέγες που καλύπτονται από βλάστηση, η οποία αναπτύσσεται υπό ελεγχόμενες συνθήκες και παρουσιάζει ποικίλα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ενώ συμπεριφέρεται σαν οποιαδήποτε άλλη βλάστηση στο έδαφος. Οι πράσινες στέγες είναι επίσης γνωστές ως Πράσινες Ταράτσες, Οικολογικές Στέγες, Πράσινες Οροφές, Ταρατσόκηποι, Φυτεμένα Δώματα, Roof Gardens, κλπ. (Δ<sub>1</sub>).

Η εφαρμογή των φυτεμένων δωματίων ξεκινά, ουσιαστικά, με τις πρώτες ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με το χτίσιμο κατοικιών, ενώ χαρακτηριστικά παραδείγματα της ιστορίας, αποτελούν οι κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας στη Μεσοποταμία που χρονολογούνται από το 600 π.Χ.. Παρόμοιες τεχνικές εφαρμόζαν οι Βίκινγκς και οι Ινδιάνοι στα καταλύματά τους, ενώ Στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, αποτελούσαν στοιχείο πλούτου και καλαισθησίας.

Μια πιο ακριβής ιστορικά αναφορά κήπων σε στέγες αποτελούν τα Ζιγκουράτ, τα οποία συναντώνται στη περιοχή της Μεσοποταμίας το 2<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. και αποτελούσαν φυτοκαλυμμένες κλιμακωτές εξέδρες πάνω στις οποίες χιτίζοντουσαν οι χώροι λατρείας. Τα Φυτεμένα δώματα στη Σκανδιναβία και την Ισλανδία για χιλιάδες χρόνια αποτελούσαν έναν από τους βασικότερους τρόπους μόνωσης και προστασίας των κτιρίων από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Αντίστοιχα, στην Τανζανία η μόνωση λειτουργούσε προστατευτικά ενάντια στις υψηλές θερμοκρασίες και βοηθούσε να διατηρείται δροσερό το εσωτερικό ενός κτίσματος (Δ<sub>2</sub>).

Σήμερα οι στέγες που αποτελούν έως και το 32% της οριζόντιας επιφάνειας των δομημένων χώρων 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 (Δ5).

Από τις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα η τεχνογνωσία των φυτεμένων στεγών μετατρέπεται σε επιστήμη, καθώς μπορεί να αντιμετωπίσει με επιτυχία πολλές από τις προκλήσεις που συναντούν οι κάτοικοι πυκνοκατοικημένων περιοχών. Έως και τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι πράσινες στέγες αποτελούσαν μια τοπική πρακτική. Το πράσινο κίνημα ξεκινά τη δεκαετία του 60 μετά από τη συνειδητοποίηση της συνεχούς κακοποίησης του περιβάλλοντος και οι φυτεμένες στέγες κάνουν δυναμική επανεμφάνιση στον αρχιτεκτονικό και βιοκλιματικό σχεδιασμό.

### **1.1.2. Οφέλη από τα φυτεμένα δώματα**

#### **Οφέλη για το αστικό περιβάλλον**

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή επενδύσεων πράσινων στεγών, 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.

#### **Περιορισμός του φαινομένου της αστικής θερμής νησίδας**

Τα αστικά κέντρα παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι οι περιαστικές περιοχές. Ένα τυπικό καλοκαιρινό απόγευμα ο αέρας στο κέντρο μίας πόλης είναι τουλάχιστον 2,5°C θερμότερος από ότι στο περιβάλλοντα αγροτικό χώρο. Ο κυριότερος λόγος των αυξημένων θερμοκρασιών στις πόλεις είναι η αφθονία σκληρών επιφανειών (τσιμέντο, ασφαλτος) και η απουσία φυτεμένων αδόμητων χώρων. Το πανεπιστήμιο της Ατλάντας στις ΗΠΑ και το πανεπιστήμιο Trend στο Ηνωμένο Βασίλειο έχουν καταγράψει διαφορετικές θερμοκρασίες σε σκιερές και μη περιοχές. Η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει και τους 10°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα φυτά δεν επιτρέπουν στις ηλιακές ακτίνες να φτάσουν στις επιφάνειες των κτιρίων και να τις θερμάνουν, ενώ μέσω των βιολογικών τους διαδικασιών, όπως η διαπνοή και η θερμική συμπεριφορά τους λόγω του περιεχόμενου νερού συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας (Takebayashi et al, 2007).

Η φυσική βλάστηση στις στέγες των κτιρίων συμβάλει στη μείωση υψηλών θερμοκρασιών και των κάθετων ρευμάτων αέρα. Έρευνες έδειξαν ότι φυτοκάλυψη του 6% των στεγών του Τορόντο, θα μείωνε τη θερμοκρασία της πόλης κατά 1-2 °C και θα εμπόδιζε την παραγωγή 0,62 μεγατόνων αερίων του θερμοκηπίου (Clark et al, 2007), ενώ θα υπήρχε μείωση κατά 10 °C της θερμοκρασίας στο 1/3 της πόλης, αν το 50% των κτιρίων είχαν πράσινες στέγες (Saiz et al, 2006). Επιπλέον, τα ποσοστά υγρασίας στις πόλεις αυξάνονται κατά 5-10% (Bernatzky, 1974). Με τον τρόπο αυτό, οι πράσινες στέγες μειώνουν το φαινόμενο των αστικών θερμικών νησίδων που ταλαιπωρεί τους κατοίκους και τους ωθεί σε ενεργειακή σπατάλη και ατμοσφαιρική ρύπανση (κλιματιστικά, όζον, κλπ.) (Δ<sub>3</sub>).

Η δημιουργία ενός συνεχόμενου δικτύου φυτεμένων δωματίων στην πόλη, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στις οροφές των κτιρίων που καλύπτονται από σκληρά υλικά είναι δραματικά μεγαλύτερες από αυτές που καλύπτονται από φυτεμένο δώμα. Ημέρα όπου η θερμοκρασία του αέρα άγγιζε τους 35 °C, σημειώθηκαν θερμοκρασίες 70 °C σε ακάλυπτη στέγη, τη στιγμή που σε φυτεμένο δώμα ήταν 25 °C (Moran et al., 2009). Οι διαφορές στις θερμοκρασίες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή θερμότητας στο κτίριο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του. Έτσι μειώνεται η χρήση συσκευών για την ψύξη των εσωτερικών χώρων των κτιρίων γεγονός το οποίο οδηγεί σε περαιτέρω μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

### **Βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας**

Οι πράσινες στέγες βελτιώνουν την ποιότητα της βεβαρημένης ατμόσφαιρας των αστικών κέντρων, λειτουργώντας ως φορείς οξυγόνου και φιλτράροντας τα ελεύθερα βλαβερά αιωρούμενα σωματίδια έως και 80%. Με τον τρόπο αυτό, συμβάλλουν σημαντικά στην παροχή των πόλεων με φρέσκο αέρα, ακόμη και σε μέρες με λίγο ή καθόλου άνεμο (Bernatzky, A., 1974).

Η χρήση υγρών καυσίμων έχει οδηγήσει σε μια τερατώδη αύξηση του CO<sub>2</sub> κατά 25% τα τελευταία 150 χρόνια. Αυτή η αύξηση, σύμφωνα με τα βασικά μοντέλα επιδείνωσης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του

πλανήτη έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζει τις ακραίες τιμές των ετήσιων θερμοκρασιών στον πλανήτη με καταστροφικά αποτελέσματα. Τα φυτά στις φυτεμένες ταράτσες ενεργούν με καταλυτικούς τρόπους:

- a) Ψύχουν την ατμόσφαιρα και μειώνουν το σχηματισμό νέφους. Η μείωση της θερμοκρασίας κατά 2 °C είναι αρκετή για μείωση του σχηματισμού νέφους (συγκέντρωση όζοντος στην ατμόσφαιρα) της τάξης του 10-20% (World Business Council for Sustainable Development, 2007).
- b) Τα στόματα των φύλλων απομακρύνουν τους ρύπους (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> και μικροσωματίδια. Μέσω των βιολογικών διαδικασιών ανάπτυξης των φυτών στοιχεία που επιβαρύνουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας αποθηκεύονται στους ιστούς τους. Οι πράσινες ταράτσες είναι σε θέση να συγκρατούν ατμοσφαιρικούς ρύπους και μικροσωματίδια σκόνης και αιθάλης, αλλά και τα βαριά μέταλλα από τον αέρα. Επιπλέον αφομοιώνουν διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνουν οξυγόνο στον αέρα μέσω της φωτοσύνθεσης (Jenrick, 2005).
- c) Βελτιώνουν την ορατότητα, καθώς η αιθαλομίχλη ελαττώνεται και αυξάνεται η ορατότητα ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας (Jenrick, 2005).

### **Μείωση της ηχορρύπανσης**

Έρευνες έχουν δείξει ότι φυτεμένα δώματα είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση του ήχου έως και 8dB στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Επίσης, λόγω της μείωσης των ελεύθερων σκληρών επιφανειών μειώνεται η αντανάκλαση του ήχου από αυτές με αποτέλεσμα τη μείωση της ηχορρύπανσης στους εξωτερικούς χώρους κατά 3-4 dB (Jenrick, 2005).

### **Διαχείριση όμβριων υδάτων**

Μία μέση πράσινη στέγη μπορεί να απορροφήσει άμεσα ως και 75% της βροχόπτωσης, ενώ 60% του καδμίου, χαλκού και σιδήρου αφαιρούνται από το νερό της βροχής, αν περάσουν μέσα από τη βλάστησή της (Δ<sub>5</sub>). Με τον τρόπο αυτό, οι πράσινες στέγες επιδρούν ρυθμιστικά στις ακραίες τιμές των ξαφνικών πλημμυρών και κατ' επέκταση στην ποιότητα των υπόγειων ή θαλάσσιων υδάτων, λειτουργώντας ως μέσα ανάσχεσης και φίλτρα καθαρισμού τους (Δ<sub>4</sub>).



Στις πυκνοδομημένες περιοχές, το μεγαλύτερο ποσοστό από το νερό της βροχής προσπίπτει σε σκληρές αδιαπέραστες επιφάνειες όπως οι συμβατικές στέγες, οι δρόμοι και τα πεζοδρόμια. Αυτό το ποσοστό της βροχής των πόλεων καταλήγει στο σύστημα όμβριων λυμάτων, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται φαινόμενα υπερχειλίσις των υπονόμων και πλημμύρες ακόμα και σε περιπτώσεις που το φαινόμενο θα μπορούσε εύκολα να αποφευχθεί καθώς η βροχόπτωση δεν είναι ισχυρή.

Οι πράσινες ταράτσες εξομαλύνουν τα προβλήματα που προκαλούνται από το νερό της βροχής:

- Συγκρατούν το νερό στο ριζικό υπόστρωμα της κατασκευής. Ακολουθώντας μέσω της διαδικασίας της διαπνοής, ένα ποσοστό του νερού της βροχής επιστρέφει σταδιακά στην ατμόσφαιρα.
- Το νερό συγκρατείται στα διάφορα στρώματα της κατασκευής έως ότου εξατμιστεί (Jenrick, 2005).

Μελέτες έχουν δείξει ότι η ικανότητα συγκράτησης νερού εξαρτάται από το βάθος υποστρώματος. Σε πράσινες ταράτσες με 4 cm υπόστρωμα συγκρατείται το 48% από το νερό της βροχής, όταν η επιφάνεια είναι απλά καλυμμένη με χώμα και έως 82% όταν η επιφάνεια είναι φυτοκαλυμμένη (VanWoert et al, 2005). Σύμφωνα με τους Getter et al, 2006, η μείωση της απορροής μπορεί να κυμανθεί από 60% έως 100%. Αυτό εξαρτάται από σχεδιαστικούς παράγοντες, όπως το βάθος και το είδος του υποστρώματος, η πυκνότητα και το είδος του φυτικού υλικού, καθώς και από παράγοντες, όπως ο καιρός, η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης. Σε ένα φυτεμένο δώμα με φυτοκάλυψη από βρύα και Sedum πάχους 2,5 cm πάνω από αμμοχάλικο πάχους 5 cm παρατηρήθηκε απορροή 42%. Όταν η φυτοκάλυψη αποτελείται από γλοοτάπητα και ποώδη βλάστηση πάχους 10 cm, η απορροή είναι μόλις 29% (Scholz-Barth, 2001)

### **Βιοποικιλότητα**

Οι πράσινες στέγες μπορούν να προσφέρουν νέους χώρους επανεγκατάστασης της εκτοπισμένης άγριας φύσης. Οι φυτεμένοι αυτοί χώροι θα βοηθήσουν μία πληθώρα ασπόνδυλων, μικρών πουλιών, εντόμων αλλά και φυτών να επιστρέψουν στο φυσικό τους περιβάλλον. Το μέσο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των φυτών στις

πράσινες ταράτσες μπορεί να φιλοξενήσει μικροοργανισμούς που ζουν στο χώμα και έτσι να προωθηθεί ένα είδος αστικής οικολογίας (Schradera, 2006).

### **Οφέλη για το κτίριο**

Η παρουσία βλάστησης σε μία στέγη την προφυλάσσει και παρατείνει τη διάρκεια ζωής της, κρατώντας την αλώβητη, μέσω μόνωσης, από εξωτερικούς παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, οι ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές, η υγρασία, κλπ. ( $\Delta_3$ ). Το καλοκαίρι, ανάλογα με τη βλάστηση, μία πράσινη στέγη μπορεί να συγκρατήσει 70-90% της βροχής, ενώ το χειμώνα 25-40%. π.χ. μία στέγη με πάχος φύτευσης 4-20 cm, μπορεί να συγκρατήσει 10-15 cm νερού ( $\Delta_4$ ). Κατ' επέκταση, μειώνονται οι κατασκευαστικές απαιτήσεις της στέγης όσον αφορά στο φυσικό, χημικό ή βιολογικό στρες και ενισχύεται η αποτελεσματικότητα των υδατοστεγανών μεμβρανών, λόγω των μειωμένων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας ( $\Delta_1$ ).

Σε μία καλοκαιρινή μέρα, η θερμοκρασία μίας απλής στέγης θα αυξηθεί από 25°C σε 60-80 °C. Με την κάλυψή της με βλάστηση, δεν θα ανέβει πάνω από 25°C, συμβάλλοντας σε οικονομία ενέργειας. Σε πείραμα που έγινε από τον Kotsiris *et al*, (2010) μετρήθηκε ο δείκτης  $u$  (δείκτης θερμοπερατότητας) σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης φυτεμένων δωματίων σε βάθος 8 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν το υπόστρωμα ανάπτυξης είναι ο υδρόφιλος πετροβάμβακας ο δείκτης  $u$  ήταν αρκετά χαμηλός που σημαίνει σίγουρη ενεργειακή εξοικονόμηση, ενώ τα άλλα δύο υποστρώματα άμμου με περλίτη και ελαφρόπετρας με τύρφη έδωσαν υψηλές τιμές του δείκτη  $u$  και για να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση πρέπει το υπόστρωμα ανάπτυξης να έχει μεγαλύτερο βάθος.

Τέλος, η βλάστηση στη στέγη, προστατεύει το κτίριο από πιθανότητα πυρκαγιάς ( $\Delta_1$ ).

### **Θερμομόνωση κτιρίου**

Τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και συγκρατούν τη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Ανάλογα με τον τύπο υποστρώματος και

την υγρασία που συγκρατεί μπορεί να επηρεάσει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Peurportier, 2001).

### **Οικονομικά οφέλη**

Το 2005, η Πολιτεία του Τορόντο εκπόνησε μία έρευνα που αποσκοπούσε στον υπολογισμό του κόστους και του οικονομικού οφέλους των πράσινων στεγών, με ιδιαίτερα εντυπωσιακά ευρήματα, που κατέληγαν στο ότι η πόλη θα εξοικονομούσε τον πρώτο χρόνο \$312,000,000 και κάθε επόμενο χρόνο \$37,000,000, αν το 75% των στεγών της πρασίνιζε (ποσοστό που αντιστοιχεί σε περίπου 50.000.000 m<sup>2</sup>) (Robertson, 2007, Peck, 2005).

### **Κέρδος από εξοικονόμηση ενέργειας**

Όπως προαναφέρθηκε, οι πράσινες στέγες επιδρούν σημαντικά στην ενεργειακή οικονομία των κτιρίων, εξασφαλίζοντας δροσιά τους θερμούς μήνες και εμποδίζοντας το πάγωμα της οροφής το χειμώνα ( $\Delta_2$ ). Έρευνες έχουν δείξει ότι μπορούν να μειώσουν τα έξοδα κλιματισμού, για τον όροφο που είναι ακριβώς από κάτω, κατά 25%-50% ( $\Delta_3$ ). Η εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από το μέγεθος του κτιρίου, το κλίμα και τον τύπο της εφαρμογής. Έρευνα που έγινε στον Καναδά, έδειξε ότι μία τυπική μονοκατοικία με πράσινη στέγη και 10 cm πάχος χώματος, θα είχε 25% μείωση στις καλοκαιρινές ενεργειακές ανάγκες και αντίστοιχες δαπάνες της ( $\Delta_4$ ).

Στην Ελλάδα, ο συντελεστής στάθμισης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι 1,645% στο Δείκτη Τιμών Καταναλωτή. Αυτό σημαίνει για το μέσο νοικοκυριό €1,6 /€100δαπανών από τον οικογενειακό προϋπολογισμό. Μια μέση μείωση της τάξης του 30% στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, μέσω της φύτευσης πρασίνου στη στέγη, θα σήμαινε για ένα νοικοκυριό –ανάλογα με την κατηγορία kWh- μέσο μηνιαίο κέρδος από €5 έως €19.

Όσον αφορά το πετρέλαιο θέρμανσης, περίπου 2 l/m<sup>2</sup> μπορούν να εξοικονομηθούν κάθε χρόνο, μέσω της μόνωσης από τις χαμηλές θερμοκρασίες και τον κρύο αέρα ( $\Delta_5$ ). Σύμφωνα με ανακοίνωση του ΥΠ.ΑΝ. στις 2 Μαΐου 2008, η τιμή ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης ανάλογα με τις περιοχές της Ελλάδας, κυμαίνεται από 0,689€ έως 0,92€ (ΥΠ.ΑΝ.). Η παραπάνω εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, θα σήμαινε ετήσιο κέρδος από €1,378 m<sup>2</sup> έως €1,84 / m<sup>2</sup>. Για ένα διαμέρισμα 80 m<sup>2</sup>, αυτό θα σήμαινε

μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης κατά περίπου 16% και των αντίστοιχων δαπανών από €110,24, έως €147,2 το έτος.

Ένας πρόχειρος υπολογισμός κόστους – οφέλους για μία μέση εκτατική πράσινη εφαρμογή σε στέγη 40 m<sup>2</sup>. μίας μονοκατοικίας 80 m<sup>2</sup>, δεδομένου ότι γίνεται χρήση κλιματιστικού για 4 μήνες του χρόνου και πετρελαίου θέρμανσης τους υπόλοιπους 8, έχει ως εξής (ισχύει, κυρίως, για το διαμέρισμα που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη στέγη):

Κόστος κατασκευής: €80 X 40τ.μ. = €3.200.

Μέσο ετήσιο κέρδος σε ρεύμα: €48 (€12 X 4 μήνες)

+

Μέσο ετήσιο κέρδος σε πετρέλαιο θέρμανσης: €129 =

Μέσο ετήσιο κέρδος από εξοικονόμηση ενέργειας: €177.

Υπολογιζόμενος χρόνος απόσβεσης: 18 έτη.

Σημείωση: Ο αριθμός των ετών της απόσβεσης φαίνεται μεγάλος, ωστόσο τα έξοδα κατασκευής σε μία πολυκατοικία, μοιράζονται μεταξύ των ενοίκων. Επιπλέον, στα παραπάνω θα έπρεπε να συνυπολογιστούν και τα κέρδη από άλλα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη τα οποία, στα πλαίσια της παρούσης, δεν είναι εύκολο να αποτιμηθούν.

### **Δίκτυο αποχέτευσης**

Η απορρόφηση ως και 75% του νερού της βροχής από τις πράσινες στέγες, μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικότερη λειτουργία του αστικού συστήματος αποχέτευσης (Δ<sub>1</sub>).

### **Δαπάνες υγείας**

Μέσω της βελτίωσης της ατμόσφαιρας των πόλεων και της επίδρασης που αυτή έχει στη σωματική και ψυχική υγεία των κατοίκων, μπορούν να επιφέρουν σημαντική μείωση των δαπανών για ανάγκες στον τομέα της δημόσιας υγείας. Έχει υπολογιστεί, για παράδειγμα, ότι με το πρασίνισμα 10% των στεγών του Ντιτρόιτ, οι μειώσεις αυτές ανέρχονται σε ποσά μεταξύ \$25.8 εκ. - \$97.7 εκ., ενώ στο Σικάγο μεταξύ \$31 εκ. - \$118 εκ. (Clark et al, 2007).

### **Δαπάνες διατροφής**

Η δυνατότητα που οι ένοικοι ενός κτιρίου έχουν να καλλιεργήσουν είδη διατροφής (λαχανικά, φρούτα, βότανα, κλπ.), μπορούν να μειώσουν τις αντίστοιχες δαπάνες των νοικοκυριών. Παράδειγμα αντίστοιχης οικονομίας αποτελεί το ξενοδοχείο Fairmount Waterfront στο Βανκούβερ, το οποίο καλλιεργεί βότανα, λουλούδια και λαχανικά στην οροφή του, μειώνοντας κατά \$30.000 τα έξοδα της κουζίνας του (Δ<sub>4</sub>).

### **Αξία ακινήτων**

Οι κήποι στις στέγες, προσδίδουν, εν γένει, αισθητικά οφέλη στα κτίρια και τις πόλεις. Ανεβάζουν, έτσι, την αξία των ακινήτων, λόγω της αισθητικής τους αναβάθμισης (Δ<sub>1</sub>). Έρευνες σε Αμερική και Βρετανία, έδειξαν ότι οι πράσινες ταράτσες μπορούν να προσδώσουν από 6% ως 15% στην αξία του σπιτιού (Δ<sub>4</sub>).

#### **1.1.3. Τύποι φυτεμένων δωμάτων**

Οι τύποι φυτεμένων δωμάτων διακρίνονται σε εκτατικοί, ημιεντατικοί και εντατικοί ανάλογα με το βάθος του εδαφικού υποστρώματος και της συντήρησης που χρειάζονται.

##### **1.1.3.1. Εκτατικός τύπος**

Ο εκτατικός τύπος συνήθως επιλέγεται σε περιπτώσεις στις οποίες τα χαρακτηριστικά του δώματος και η στατική μελέτη του κτιρίου δεν επιτρέπουν να υπερβεί η κατασκευή το βάρος των 150 kg/m<sup>2</sup>. Μπορεί να εφαρμοστεί σε σημεία, όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη ή μη επιτρεπτή και σε περιπτώσεις στις οποίες στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο. Η διαστρωμάτωση του εκτατικού τύπου περιλαμβάνει τη ριζοαπωθητική μεμβράνη, την προστατευτική μεμβράνη, το αποστραγγιστικό δίκτυο, την διαχωριστική μεμβράνη, ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα ύψους 0,08-0,20 m και χαμηλή βλάστηση, όπως αρωματικά φυτά, ποώδη, φυτά εδαφοκάλυψης και χλοοτάπητας (Δ<sub>4</sub>, Δ<sub>5</sub>).



Εικόνα 1. Εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα στον ΟΛΠ, στο Ν. Ικόνιο  
([www.prasinistegi.gr](http://www.prasinistegi.gr))



### 1.1.3.2. Ημιεντατικός τύπος

Επιλέγουμε την κατασκευή μίας πράσινης στέγης ημιεντατικού τύπου, όταν επιθυμούμε να έχουμε περισσότερες επιλογές διαμόρφωσης, μεγεθών, υλικών και φυτευτικών συνδυασμών στο χώρο. Η διαστρωμάτωση αποτελείται από τη ριζοαπωθητική μεμβράνη, την προστατευτική μεμβράνη, το αποστραγγιστικό δίκτυο, την διαχωριστική μεμβράνη, ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα ύψους 0,20-0,45 m και βλάστηση όπως θάμνοι ύψους 0,70-1,50 m οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν με ποώδη ή φυτά εδαφοκάλυψης (Peck and Kuhn, 2003, Δ<sub>4</sub>, Δ<sub>5</sub>).



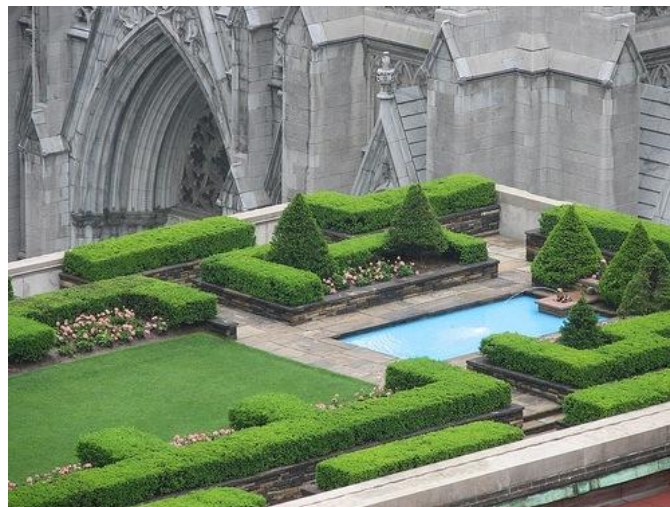
Εικόνα 2. Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα σε δημοτικό σχολείο (DIADEM)

### 1.1.3.3. Εντατικός τύπος

Η διαστρωμάτωση του εντατικού τύπου περιλαμβάνει ότι και οι δύο προγενέστεροι, με τη διαφορά ότι το φυτικό υπόστρωμα μπορεί να κυμαίνεται σε ύψος από 0,45-1,20 m που σημαίνει ότι μπορούν να τοποθετηθούν φυτά και δένδρα μεγάλου ύψους. Σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνται πιο εξειδικευμένα υλικά και πιο ισχυρές προστατευτικές και διηθητικές μεμβράνες. Ο εντατικός τύπος μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε το φυτικό υλικό και την αισθητική του χώρου χωρίς περιορισμούς όπως θα επιλέγαμε για έναν κήπο (Δ<sub>4</sub>, Δ<sub>5</sub>).



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



Εικόνα 4. Εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο κέντρο Rockefeller ([www.buildandrebuilt.com](http://www.buildandrebuilt.com))

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εκτατικού και εντατικού τύπου φυτεμένων δωματίων.

Εκτατικός τύπος	Εντατικός τύπος
<b>Πλεονεκτήματα</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαφριά κατασκευή. Το μικρό βάθος που απαιτείται για την ανάπτυξη των ριζών δεν προσθέτει βάρος.</li> <li>• Μπορεί να εφαρμοστεί σε ταρατσες με κλίση έως 30°.</li> <li>• Δεν χρειάζεται η γνώση ειδικών τεχνικών για την εγκατάστασή της.</li> <li>• Τα φυτά επιλέγονται στην πλήρη ανάπτυξή τους, έχουν μικρό ύψος, δεν χρειάζονται ιδιαίτερη φροντίδα και συμβάλλουν στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που προσομοιάζει σε φυσικό.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δυνατότητα χρήσης ποικίλων φυτών.</li> <li>• Προσομοιάζει με τυπικό κήπο. Παρέχει τη δυνατότητα επισκεψιμότητας.</li> <li>• Μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα.</li> <li>• Μείωση μεγάλου ποσοστού της ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου.</li> <li>• Μεγάλη συγκράτηση όμβριων υδάτων.</li> </ul>
<b>Μειονεκτήματα</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μικρότερη μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας και μικρότερη συγκράτηση όμβριων υδάτων.</li> <li>• Μικρότερο πλήθος επιλογών φυτών.</li> <li>• Δεν επιτρέπει τη χρήση του από τους ιδιοκτήτες.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλο βάρος φορτίου.</li> <li>• Χρειάζεται συντήρηση.</li> <li>• Μεγάλο κόστος κατασκευής και συντήρησης.</li> </ul>

#### **1.1.4. Εγκατάσταση φυτεμένου δώματος**

Τα συστήματα των φυτεμένων δωματίων αποτελούνται βασικά από τρία στρώματα: το αποστραγγιστικό, το μέσο ανάπτυξης και το φυτικό υλικό. Για κάθε στρώση του υποστρώματος υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεταξύ των κατασκευαστών, σε σχέση με τα υλικά και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί ο στόχος του κάθε στρώματος. Η επιφάνεια του δώματος πρέπει πριν την εγκατάσταση να είναι αδιαβροχοποιημένη. Το πιο κοινό υλικό για το σκοπό αυτό είναι η επίστρωση «ελαστικής» ασφάλτου (Δ<sub>6</sub>).

##### **1.1.4.1.Κατασκευαστικά υλικά επικάλυψης δώματος**

###### **1.1.4.1.1.Προετοιμασία επιφάνειας και δημιουργία φράγματος υδρατμών**

Η επιφάνεια του δώματος καθαρίζεται καλά και επισκευάζεται τοπικά από τυχόν φθορές. Στη συνέχεια γίνεται επάλειψη της επιφάνειας σε δύο στρώσεις κατ' ελάχιστον, με ελαστομερές ασφαλικό γαλάκτωμα για τη δημιουργία φράγματος υδρατμών (Ευαγγελίου κ.α, 2008).

###### **1.1.4.1.2.Δημιουργία Θερμομονωτικής Στρώσης**

Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται για να προφυλάσσει τόσο τη φέρουσα πλάκα όσο και τους εσωτερικούς χώρους από τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος. Η θερμομονωτική στρώση στα πράσινα δώματα πρέπει να έχει σημαντική αντοχή σε θλίψη αντίστοιχη με την καταπόνηση από τη φύτευση. Ως πιο ενδεδειγμένο υλικό είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη που παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε θλίψη αλλά και σε υγρασία (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>, Δ<sub>7</sub>).

###### **1.1.4.1.3. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας πριν τη στεγάνωση**

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 βαθιά και λεία και χωρίς σαθρά σημεία. Σημεία ατελειών επισκευάζονται τοπικά με τσιμεντοκονίαμα. Στη

συνέχεια επαλείφεται η επιφάνεια των ρύσεων με υγρή ελαστομερή ασφαλτική κόλλα, ψυχρής εφαρμογής (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>, Δ<sub>7</sub>).

#### **1.1.4.1.4.Στεγανωτικές-Αντιριζικές στρώσεις**

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με *διπλή στρώση αντιριζικών ασφαλτικών μεμβρανών*, οι οποίες θα είναι πλήρως επικολλημένες στην υποκείμενη επιφάνεια (Ευαγγελίου κ.α, 2008).

Οι μεμβράνες αυτές αποτελούνται κατά βάση από τροποποιημένη άσφαλτο (APP - 10 °C ή SBS -20 °C), φέρουν ως εσωτερικό οπλισμό Sprunbond πολυεστερικό ύφασμα υψηλών μηχανικών αντοχών και έχουν άνω και κάτω επικάλυψη φιλμ πολυαιθυλενίου. Εμπεριέχουν δε στην μάζα τους ειδικό αντιριζικό πρόσθετο για προστασία από την διάτρηση των ριζικών συστημάτων (Ευαγγελίου κ.α, 2008).

Η επικόλληση των αντιριζικών ασφαλτικών στεγανωτικών φύλλων επιτυγχάνεται πάντοτε με χρήση φλόγιστρου προπανίου. Η διάστρωση των φύλλων της πρώτης μεμβράνης πραγματοποιείται πάντοτε από το κατώτερο σημείο των ρύσεων με την κατά μήκος διάσταση κάθετη προς τις ρύσεις. Οι κατά μήκος αλληλοεπικαλύψεις των φύλλων της μεμβράνης είναι κατά 8-10 cm και η επικόλληση επιτυγχάνεται στο σημείο αυτό με θερμοκόλληση-σύντηξη του ίδιου υλικού, αφού έχει προηγηθεί η συγκόλληση του υπολοίπου σώματος της μεμβράνης με το υπόστρωμα. Η θερμοκρασία συγκόλλησης είναι τέτοια, ώστε στο άκρο της αλληλοεπικάλυψης της μεμβράνης να εμφανίζεται πάντοτε συντηγμένο υλικό. Οι κατά πλάτος του ρολού επικαλύψεις (περίπου 15 cm), δεν πρέπει να συμπίπτουν έτσι ώστε να εμφανίζονται τέσσερις γωνίες στο ίδιο σημείο. Για το λόγο αυτό η κάθε σειρά ξεκινά με εναλλαγή διαφορετικού μήκους μεμβράνης (π.χ. μισό, ολόκληρο, μισό κλπ) (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>, Δ<sub>7</sub>).

Επί των στηθαίων και γενικά επί των κατακόρυφων επιφανειών τοποθετείται λωρίδα της πρώτης ασφαλτικής στεγανωτικής μεμβράνης, ελάχιστου πλάτους 50 cm, και κολλάται με φλόγιστρο πάνω στην κατακόρυφη επιφάνεια που έχει ασταρωθεί προηγουμένως με ασφαλτικό βερνίκι. Η μεμβράνη πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε το κατακόρυφο τμήμα της να ανέρχεται σε ύψος 15-20 cm από το υψηλότερο σημείο των ρύσεων.

Ακολουθεί διάστρωση και επικόλληση της δεύτερης αντιριζικής ασφαλικής στεγανωτικής μεμβράνης. Η επικόλληση γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο πάνω στα φύλλα της πρώτης στρώσης με παράλληλη μετατόπιση κατά 50 cm, έτσι ώστε τα φύλλα της δεύτερης στεγανωτικής στρώσης κάθε φορά να καλύπτουν τις αλληλοεπικαλύψεις των φύλλων της πρώτης στεγανωτικής στρώσης.

Επί των στηθαίων και γενικά επί των κατακόρυφων επιφανειών απόληξης ανέρχεται λωρίδα της δεύτερης στεγανωτικής μεμβράνης, ελαχίστου πλάτους 50 cm, η οποία υπερκαλύπτει τη λωρίδα της πρώτης στεγανωτικής μεμβράνης κατά τουλάχιστον 15 cm, και στερεώνεται μηχανικά με λάμα γαλβανισμένης λαμαρίνας ανοικτού Γ, πλάτους 3 cm, (1,25 mm πάχους), βίδες και βύσματα.

Προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε το κατακόρυφο τμήμα της αντιριζικής ασφαλικής στεγανωτικής μεμβράνης να ανέρχεται τουλάχιστον 15 cm από το τελικό ύψος του υποστρώματος φύτευσης. Η λάμα σφραγίζεται με ελαστομερή μαστίχη πολυμερούς βάσεως, αφού προηγουμένως η επιφάνεια της έχει καθαριστεί και ασταρωθεί με κατάλληλο βερνίκι (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>, Δ<sub>7</sub>).

#### **1.1.4.1.5. Προστασία στεγανωτικής στρώσης**

Ακολουθεί προστατευτική στρώση από υψηλής πυκνότητας φύλλο πολυαιθυλενίου (HDPE), ελαχίστου πάχους 0.75 mm, επάνω από τη στεγανωτική στρώση, για να αποφευχθεί πιθανός «τραυματισμός» της στεγανωτικής μεμβράνης κατά τις εργασίες που ακολουθούν (Ευμορφοπούλου, 1992, Δ<sub>7</sub>).

#### **1.1.4.1.6. Αποστραγγιστική στρώση**

Επάνω από την προστατευτική στρώση τοποθετείται η στρώση αποστράγγισης. Η σύγχρονη τεχνολογία φυτεμένων δωμαίων προτείνει έναντι του χαλικιού, πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, οι οποίες συνδυάζουν τις στρώσεις διήθησης, αποστράγγισης και διαχωρισμού-προστασίας σε ένα προϊόν, ενοποιημένο, και εξαιρετικά ελαφρύ.

Οι αποστραγγιστικές μεμβράνες αποτελούνται συνήθως από ένα διάτρητο φύλλο πολυστερίνης με κωνοειδείς προεξοχές ορισμένου πάχους (11 mm κατ' ελάχιστο), και



επικολημένων αμφίπλευρα, με επανασυγκολλούμενη κόλλα διαρκείας, δύο μη υφαντών γεωϋφασμάτων. Ο κωνοειδής πυρήνας τους είναι διάτρητος έτσι ώστε, αφ' ενός μεν να αποστραγγίζει τα πλεονάζοντα νερά του ποτίσματος του κήπου, 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 κήπου.

Οι αποστραγγιστικές μεμβράνες διαστρώνονται με αλληλοεπικάλυψη τουλάχιστον 10 cm. Για το λόγο αυτό τα γεωϋφάσματα της επάνω όψης δύο διπλανών φύλλων αποκολλώνται προσωρινά από τον κωνοειδή πυρήνα. Οι δύο πυρήνες ενώνονται και τα δύο γεωϋφάσματα επανασυγκολλώνται έτσι ώστε να δημιουργείται ενιαία αποστραγγιστική επιφάνεια.

Με τα υλικά αυτά αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά η πρόκληση της στατικής επιβάρυνσης. Η στατική επιβάρυνση που επιφέρει ένα φυτεμένο δώμα οφείλεται παραδοσιακά στο βάρος της αποστραγγιστικής στρώσης, στο βάρος του χώματος φύτευσης και στην ίδια τη φύτευση (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>, Δ<sub>7</sub>).

#### **1.1.4.1.7. Υπόστρωμα Φύτευσης**

Επάνω από τις αποστραγγιστικές μεμβράνες διαστρώνεται το υπόστρωμα φύτευσης, που είναι μείγμα ανόργανων και οργανικών ουσιών σε διαφορετικές συστάσεις (ποιότητες) ανάλογα με τον τύπο φύτευσης για τον οποίο προορίζεται (εκτατικός ή εντατικός). Κατά την εγκατάσταση βλάστησης σε φυτεμένα δώματα είναι επιθυμητό να επιλεγεί εδαφικό υπόστρωμα με όσο το δυνατόν μικρότερο βάρος, το οποίο ταυτόχρονα θα μπορεί να υποστηρίξει και την ανάπτυξη του φυτικού υλικού (Nektarios *et al*, 2003). Το υπόστρωμα ανάπτυξης παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο στη βιωσιμότητα των φυτών σε ένα φυτεμένο δώμα, γιατί αποτελεί τη πηγή τροφοδοσίας τους με θρεπτικά στοιχεία, νερό, οξυγόνο και επιπλέον εξασφαλίζει τη στήριξή τους. Το υλικό αυτό είναι ελαφρύτερο από το παραδοσιακό «κηπόχωμα», στο κορεσμό και δίνει επίσης λύση στο θέμα της στατικής επιβάρυνσης του δώματος (Ευαγγελίου κ.α, 2008, Δ<sub>6</sub>).

Επίσης σημαντικό ρόλο στη σύσταση του υποστρώματος ανάπτυξης έχει και ο τύπος φυτεμένου δώματος που θα εφαρμόσουμε, καθώς και το στατικό φορτίο του κτιρίου. Γενικά ένα υπόστρωμα ανάπτυξης πρέπει να πληροί τις εξής προϋποθέσεις:

- Να είναι κατάλληλο για τα φυτά που θα χρησιμοποιήσουμε
- Να έχει υψηλή διηθητική ικανότητα
- Να συγκρατεί υγρασία
- Να μην περιέχει ιλύ που μπορεί να φράξει το φίλτρο διαχωρισμού
- Να έχει μειωμένο φορτίο (Nektarios *et al*, 2005)
- Να μην περιέχει τοξικές ουσίες για τα φυτά ή βλαβερές για τις υποκείμενες διαστρώσεις.

Στις περιπτώσεις εντατικής φύτευσης πολλές φορές προτείνεται η τοποθέτηση ειδικών στρώσεων συγκράτησης υγρασίας από ορυκτοβάμβακα, επάνω από την αποστραγγιστική στρώση και πριν το υπόστρωμα φύτευσης. Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ νερό στη μάζα τους κατά το πότισμα και να το αποδίδουν σταδιακά στον κήπο, οπότε χρησιμοποιούνται ως επιπλέον αποθήκες νερού σε ένα σύστημα εντατικής φύτευσης (Δ6). Στις περιπτώσεις εκτατικής φύτευσης, όπου τα επιτρεπτά φορτία και πάχη φύτευσης είναι πολύ μικρά, οι ορυκτοβάμβακες μπορούν να αντικαταστήσουν ακόμη και το υπόστρωμα φύτευσης.

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

#### A) Ανόργανα εδαφοβελτιωτικά

- Άμμος
- Διογκωμένη άργιλος
- Γη διατόμων
- Περλίτης
- Βερμικουλίτης
- Ελαφρόπετρα

- Ζεόλιθοι
- Πετροβάμβακας (Kotsiris *et al*, 2010)
- Αφρός ρητίνης (Nektarios *et al*, 2003)

#### B) Οργανικά εδαφοβελτιωτικά

- Τύρφη (Περγαλιώτη, 2010)
- Χούμος
- Κομποστοποιημένα υλικά (Τσογγαράκης, 2005, Περγαλιώτη, 2010, Παπαφωτίου κ.α, 2009 και Papafotiou *et al.*, 2007)

#### 1.1.4.1.8.Φύτευση

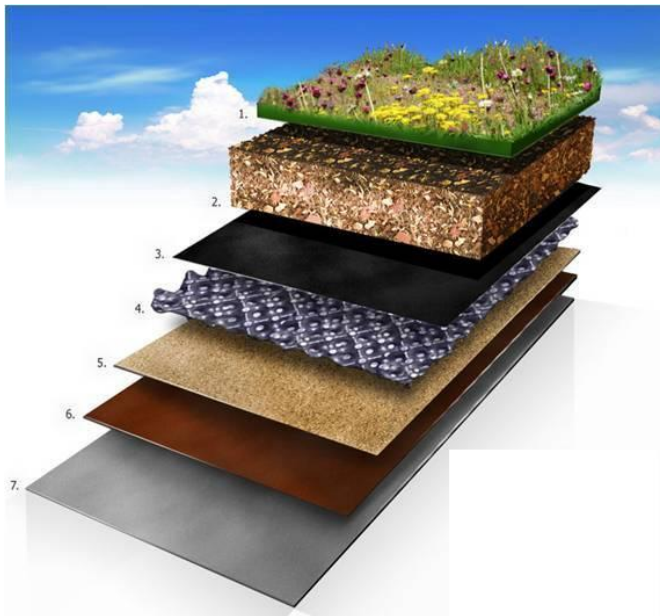
Ακολουθεί φύτευση εκτατικού ή εντατικού τύπου. Είναι αναμενόμενο ότι ένα φυτεμένο δώμα χρειάζεται μεγαλύτερη φροντίδα, προσοχή και συντήρηση από ένα μη φυτεμένο δώμα. Ωστόσο, στις περιπτώσεις εκτατικών τύπων φύτευσης, με τα ειδικά υποστρώματα φύτευσης και την επιλογή κατάλληλης χλωρίδας, η οποία να ανθίσταται σε συνθήκες μικρής υγρασίας, μεγάλης έκθεσης στον ήλιο και τον αέρα, η συντήρηση που απαιτείται μπορεί να περιοριστεί στο ελάχιστο (μία με δύο επισκέψεις το χρόνο) (Ευαγγελίου κ.α, 2008).

Το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός τοπίου στο φυτεμένο δώμα, εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά, θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα συμβάλλουν στην επιβίωσή του στις αντίξοες συνθήκες του φυτοδώματος και θα εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητα του φυτεμένου δώματος.

Τα βασικότερα ειδικά χαρακτηριστικά των φυτών ενός φυτεμένου δώματος είναι:

- να μπορούν να αναγεννώνται σε περιπτώσεις ξήρανσης

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



1. Φυτικό υλικό
2. Υπόστρωμα ανάπτυξης
3. Διηθητικό φύλλο
4. Αποστραγγιστικό δίκτυο
5. Φύλλο προστασίας και συγκράτησης υγρασίας
6. Αντιρριζική μεμβράνη
7. Μόνωση δώματος

Εικόνα 5. Τυπική διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος

## 1.2.Σκοπός μελέτης

Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια της ανάγκης για περισσότερο πράσινα και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα σε πολλές περιοχές του κόσμου, παρατηρείται αυξανόμενη τάση για περισσότερες εφαρμογές φυτεμένων δωματίων. Οι πράσινες στέγες εμφανίζουν ποικίλα πλεονεκτήματα και θεωρούνται ικανές να υποκαταστήσουν, σε κάποιο βαθμό και να συμβάλλουν στην αύξηση των χώρων πρασίνου, που είναι περιορισμένοι στις σύγχρονες πόλεις. Για να αποτελέσουν όμως τα φυτεμένα δώματα λύση για τη βιωσιμότητα των αστικών κέντρων θα πρέπει να γίνει εκτενής έρευνα, ώστε να δοθούν απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα που έχουν δημιουργηθεί για πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με την δημιουργία φυτεμένων δωματίων. Εξειδικευμένη μελέτη χρήσης υποστρωμάτων διαφορετικής σύστασης σε συνδυασμό με την επιλογή και μελέτη της ανάπτυξης διαφόρων ειδών καλλωπιστικών φυτών, αποτελεί σημαντικό θέμα που εντάσσεται στη γενικότερη έρευνα.

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η ανάπτυξη τριών αυτοφυών φυτών της ελληνικής χλωρίδας (*Mentha pulegium*, *Phlomis fruticosa*, *Hyssopus officinalis*) σε συνθήκες φυτεμένου δώματος, σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης. (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα και Γ:60% ελαφρόπετρα:20% χώμα:20% κομπόστα) και σε δύο βάθη υποστρώματος (7 και 15 cm). Ως βασικό συστατικό των υποστρωμάτων διατηρήθηκε η ελαφρόπετρα, ένα αδρανές φυσικό προϊόν με σημαντικά πλεονεκτήματα όπως μικρό βάρος, μεγάλο πορώδες και μικρό βαθμό συμπίεσης στο χρόνο, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα κατάλληλα για ανάπτυξη φυτεμένων δωματίων. Επίσης εξετάστηκε η συμμετοχή του χώματος και της κομπόστας, καθώς και του συνδυασμού των δύο αυτών οργανικών συστατικών στο υπόστρωμα ανάπτυξης προκειμένου να διαπιστωθεί το καταλληλότερο για κάθε είδος.

Ειδικότερα για τον *Hyssopus officinalis*, η μελέτη αφορούσε στη συμπεριφορά ανάπτυξής του στους χειρισμούς που αναφέρθηκαν (πάχη και τύπους) υποστρωμάτων), σε συνθήκες εγκαταστημένου φυτοδώματος σε αίθριο κτιρίου στο Γ.Π.Α. Το είδος γνωστό από την αρχαιότητα, παρουσιάζει δε ιδιαίτερο ενδιαφέρον χρήσης τελευταία στη εμπορική Ανθοκομία. Για πληρέστερη εικόνα και εκτίμησης της συμπεριφοράς σε διάφορα περιβάλλοντα και ειδικότερα σε φυτεμένα δώματα κρίθηκε σκόπιμη η μελέτη των μορφολογοανατομικών και ιστοχημικών χαρακτηριστικών του.

Το πάχος του υποστρώματος αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα δεδομένου ότι σχετίζεται με την επιβάρυνση του φέροντα ιστού του κτιρίου. Έτσι επίσης σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη και η αξιολόγηση της ανάπτυξης και των τριών αυτών ειδών που επιλέχθηκαν, σε υποστρώματα μικρού βάθους (7 και 15 cm), έτσι ώστε να υπάρξει η μικρότερη δυνατή προσθήκη βάρους στο κτίριο με τη κατασκευή του φυτεμένου δώματος.

### 1.3.Φυτικό υλικό

Τελευταία τα αρωματικά φυτά της Ελληνικής χλωρίδας εισάγονται για χρήση ανθοκομική σε διάφορες εφαρμογές πρασίνου ολοένα και περισσότερο. Αυτό οφείλεται σε μία σειρά πλεονεκτημάτων όπως το ότι είναι εγκλιματισμένα στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, διαθέτουν μηχανισμούς αντίδρασης και εγκλιματισμού σε αντίξοες συνθήκες (τα περισσότερα είναι ξηροφυτικά είδη), ενώ παράλληλα με τη χρήση τους συμβάλλουμε στη διατήρηση ή στην επαναφορά της αυτοφυούς χλωρίδας που τείνει να εξαφανιστεί. Τρία εξ αυτών αναφέρονται εκτενέστερα παρακάτω.

#### 1.3.1.*Mentha pulegium*

Οικογένεια: Lamiaceae, Labiatae

Επιστημονικό όνομα: *Mentha pulegium*

Ελληνικό όνομα : Φλισκούνι, γληφώνι

Αγγλική ονομασία: Pennyroyal



Εικόνα 6. Φυτό *Mentha pulegium*.

#### Περιγραφή

Το φυτό *Mentha pulegium* είναι γνωστό από τα χρόνια του Αθηναίου και η ονομασία *pulegium* αναφέρεται στην ιδιότητα του φυτού να απωθεί του ψύλλους που στα λατινικά λέγονται *pulex*. Είναι γνωστό διεθνώς ως ευρωπαϊκό *pennyroyal*, ανήκει στην

οικογένεια Labiatae και είναι ένα πολυετές, χαμηλό φυτό που φύτεται σε όλη την Ευρώπη και τη δυτική Ασία.

Το *Mentha pulegium* είναι πολυετής πόα. Οι βλαστοί στην αρχή της άνοιξης έρπουν και ριζοβολούν σχεδόν σε κάθε γόνατο που ακουμπά στο έδαφος. Τέλος Μαΐου ή και αργότερα, όταν η θερμοκρασία είναι αισθητά υψηλότερη από τη μέση θερμοκρασία της άνοιξης, εκπτύσσει ανθοφόρα στελέχη ύψους 30-40 cm τα οποία είναι τετραγωνικής τομής με αραιό κοντό χνούδι. Τα φύλλα είναι χρώματος ανοικτού πράσινου, ωοειδή, λεία στην περιφέρεια, πολύ μικρότερα από της μέντας και του δυόσμου. Εκφύονται αντίθετα ανά δύο και εναλλάσσονται στα γόνατα σταυροειδώς. Οι ταξιανθίες και τα άνθη μοιάζουν πολύ με της μέντας σε χρώμα και μέγεθος (Δ<sub>9</sub>).

Αναπτύσσεται σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου, κοντά στη θάλασσα με αρκετή υγρασία και μεγαλώνει περισσότερο σε γόνιμα εδάφη με περιστασιακή σκιά. Το *Mentha pulegium* φύτεται και στην Ελλάδα, κυρίως στις νότιες περιοχές. Σχηματίζει εκτεταμένους πληθυσμούς, συχνά καλύπτοντας μεγάλες εκτάσεις εγκαταλειμμένων χωραφιών που δεν προσφέρονται για καλλιέργεια. Στη χώρα μας είναι γνωστό με το κοινό όνομα φλισκούνι. Όπως και οι κοντινοί συγγενείς του, το *Mentha pulegium* είναι πολύ αρωματικό και το αιθέριο έλαιο που περιέχει έχει ανάλογες ιδιότητες με τις άλλες μέντες. Η οσμή και η γεύση του *pennyroyal* είναι πιο δριμεία και καυστική από τις άλλες μέντες, άρα και λιγότερη ευχάριστη (Δ<sub>9</sub>, Δ<sub>10</sub>).

### **Πολλαπλασιασμός**

Το *Mentha pulegium* πολλαπλασιάζεται κυρίως με σπόρο. Μπορεί να πολλαπλασιασθεί όμως με χλωρά μοσχεύματα καθώς και με διαίρεση των φυτών πριν την ανθοφορία σε μέρη βλαστών που φέρουν ρίζες, γιατί οι έρποντες βλαστοί ριζοβολούν σχεδόν σε κάθε γόνατο που ακουμπά στο έδαφος. Τα σπορεία μπορούν να ετοιμαστούν από το Φεβρουάριο. Ο σπόρος που είναι πολύ μικρός, 12.000 σπόροι ανά γραμμάριο, και σπέρνεται σε ανοικτά σπορεία. Απαιτούνται 10 m<sup>2</sup> σπορείου για κάθε στρέμμα καλλιέργειας φλισκουνιού, με 2 g σπόρου περίπου ανά τετραγωνικό μέτρο, για παραγωγή γυμνόριζων σποροφύτων. Μπορεί να σπαρθεί επίσης σε τελάρα και όταν τα φυτάρια βγάλουν τα πρώτα κανονικά φυλλάρια μεταφυτεύονται πρώτα σε μικρά γλαστράκια (δίσκοι με κυψελίδες) και αργότερα στο χωράφι. Οι σπόροι σε θερμοκρασίες 15-20 °C φυτρώνουν σε 10 περίπου ημέρες και 10 ημέρες αργότερα, τα



πολύ λεπτά φυτάρια από τα τελάρα μπορούν να μεταφυτευθούν σε γλαστράκια - δίσκους. Η φύτευση στο χωράφι μπορεί να γίνει από τον Απρίλιο έως τα μέσα Μαΐου (Δ<sub>9</sub>). Επίσης, σπορόφυτα του είδους σε εμπορικό μέγεθος έτοιμα για μεταφύτευση, μπορούν να παραχθούν σε float system σε διάστημα μόλις 2 μηνών (Akoumianaki *et al.*, 2010).

### **Καλλιέργεια και καλλιεργητικές φροντίδες**

Η προετοιμασία του χωραφιού για τη φύτευση του *Mentha pulegium* γίνεται με ένα ή δύο οργώματα, ανάλογα με το είδος της προηγούμενης καλλιέργειας και τη μηχανική σύσταση του εδάφους και ένα σβάρνισμα ή σταυρωτό καλλιεργητή λίγο πριν τη μεταφύτευση των φυτών. Τα φυτάρια των σπορειών, που αποτελούνται από τρεις-τέσσερις έρποντες βλαστούς, φυτεύονται σε απόσταση 20 cm το ένα από το άλλο επί της γραμμής και 60 cm μεταξύ των γραμμών. Εφόσον η καλλιέργεια ποτίζεται κανονικά, σκαλιστεί τουλάχιστον μια φορά και βοτανισθεί, αν χρειασθεί μια ή δυο φορές, οι έρποντες βλαστοί σε 2,5 περίπου μήνες θα έχουν καλύψει όλο το χωράφι και θα αρχίσει η έκπτυξη των ανθοφόρων στελεχών. Το χειμώνα καταστρέφεται όλο το υπέργειο τμήμα και αναβλαστάνει την επόμενη άνοιξη. Η καλλιέργεια είναι πολυετής αλλά καλύτερα να διατηρείται μόνο μια χρονιά ή το πολύ δύο (Δ<sub>9</sub>).

Το *Mentha pulegium* καλλιεργείται κυρίως για τη δρόγη του. Για ποιοτική δρόγη πρέπει να συγκομίζονται οι έρποντες βλαστοί και τα ανθοφόρα στελέχη στην έναρξη της άνθησης. Η απόδοση σε νωπούς βλαστούς με τα ανθοφόρα στελέχη πριν ανθίσουν μπορεί να φθάσει μέχρι 700 κιλά/στρ. Η απόδοση σε αιθέριο έλαιο ίση με 2 λίτρα ανά στρέμμα θεωρείται ικανοποιητική, ενώ σε πλούσια εδάφη, με σωστές καλλιεργητικές φροντίδες και με κατάλληλη ποικιλία, μπορεί να φθάσει μέχρι και το διπλάσιο (Δ<sub>9</sub>).

### **Χρήσεις**

Η δρόγη του *Mentha pulegium*, κυρίως φύλλα και άνθη, χρησιμοποιείται ως ευχάριστο και τονωτικό τσάι. Το αιθέριο έλαιο χρησιμοποιείται στην κοσμετολογία και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή μενθόλης, η οποία, εκτός από την κοσμετολογία, χρησιμοποιείται σε ορισμένα φαρμακευτικά σκευάσματα και στον αρωματισμό των τσιγάρων, για να γίνουν πιο ελκυστικά ιδίως στους νέους. Επίσης η μενθόλη είναι

συστατικό του λαδιού της μέντας. Χρησιμοποιείται τοπικά ως αναλγητικό σε περιπτώσεις νευραλγίας, πονοκεφάλων ισχιαλγίας. Έχει αντισηπτική δράση (Δ<sub>9</sub>).

Σημαντική είναι και η χρήση του φυτού για την αποκατάσταση τοπίων σε μεγάλους χώρους, όπου τα υπάρχοντα είδη δεν επηρεάζονται από την επιθετική ανάπτυξη των εύρωστων ριζωμάτων. Το *Mentha pulegium* χρησιμοποιείται επίσης και ως καλλωπιστικό φυτό (Δ<sub>10</sub>).

### 1.3.2. *Phlomis fruticosa*

Οικογένεια: Lamiaceae, Labiatae

Επιστημονικό όνομα: *Phlomis fruticosa*

Ελληνικό όνομα: Ασφάκα



Εικόνα 7. Φυτό *Phlomis fruticosa*

### Περιγραφή

Ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (Labiatae) και απαντάται σε φρυγανώδεις και βραχώδεις πλαγιές, συνήθως πάνω σε ασβεστολιθικό υπόθεμα, από χαμηλά έως μέσα υψόμετρα. Είναι είδος της Αν. Μεσογείου, αρκετά διαδεδομένο στην Ελλάδα. Καλύπτεται από γκριζωπό τρίχωμα και φθάνει σε ύψος μέχρι 1,5 m. Τα φύλλα του έχουν επίμηκες σχήμα με χρώμα υπόλευκο κι είναι χνουδάτα και βελούδινα στην αφή.

Τα κατώτερα είναι έμμισχα, ελλειπσοειδή ή λογχοειδή, μήκους 3-9 cm και τα ανώτερα, συνήθως, άμισχα, λογχοειδή.

Ανθίζει την Άνοιξη και τα άνθη του είναι κίτρινα, χαρακτηριστικό της οικογένειας των Χειλανθών, τα οποία διατηρούνται μέχρι τον Ιούνιο, ανάλογα με το υψόμετρο. Διατάσσονται ανά 14-36 σε σπονδύλους. Έχουν καμπανοειδή κάλυκα, ο οποίος διαιρείται σε πέντε οδόντες και σχετικά μεγάλη (2-3,5 cm), συμπέταλη, δίχειλη, εντυπωσιακή, κίτρινη στεφάνη ( $\Delta_{18}$ ).

### **Πολλαπλασιασμός-Καλλιεργητικές φροντίδες**

Τα φυτά του *Phlomis fruticosa* πολλαπλασιάζονται κυρίως με μοσχεύματα. Ευδοκίμει σε στεγνά, άγονα, αλκαλικά ή ουδέτερα εδάφη και ηλιόλουστες θέσεις, ενώ συνιστώνται για παραθαλάσσιες φυτεύσεις. Είναι αρκετά ανθεκτικό στη ξηρασία και στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ μπορεί να αντέξει μέχρι και  $-25^{\circ}\text{C}$ . Σαν φυτό δεν έχει ιδιαίτερες καλλιεργητικές φροντίδες, απλά στο τέλος της άνοιξης συνιστάται να αφαιρούνται οι εξωτερικοί ξυλώδεις βλαστοί (Πατλής, 2003).

### **Χρήσεις**

Φυτεύεται σε βραχόκηπους, σε ομάδες για εδαφοκάλυψη, για σχηματισμό μπουρντούρας και σε γλάστρες. Είναι από τα λίγα φυτά όπου δεν μπορούν εύκολα οι μέλισσες να παραλάβουν το νέκταρ από τα άνθη τους, ενώ τα παλιά τα χρόνια το φυτό χρησιμοποιούταν ως καύσιμη ύλη και παραγωγή μπαρουτιού (Πατλής, 2003).

### 1.3.3. *Hyssopus officinalis*

Οικογένεια: Lamiaceae, Labiatae

Επιστημονικό όνομα: *Hyssopus officinalis*

Ελληνικό όνομα : Ύσσωπος

Αγγλική ονομασία: Hyssop



Εικόνα 8. Φυτό *Hyssopus officinalis*

### Περιγραφή



Ο Ύσσωπος είναι αρωματικό φυτό του γένους *Hyssopus* της οικογένειας Lamiaceae και κατάγεται από την Νότια Ευρώπη, την Μέση Ανατολή και από τη περιοχή γύρω από τη Κασπία θάλασσα. Η χρήση του είναι γνωστή από την Κλασσική αρχαιότητα. Τον αναφέρει ο Διοσκουρίδης. Ο Δαβίδ στους ψαλμούς του (51:7) λέγει μεταξύ άλλων: «Ραντιείς με υσσώπω και καθαρισθήσομαι πλυνείς με και υπέρ χιόνα λευκανθήσομαι». Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη ύσσωπος της οποίας ο όρος αναπτύχθηκε από την εβραϊκή λέξη esob. Το φυτό αναφέρεται ως αρωματικό στην εβραϊκή Tamanh και στο ευαγγέλιο του Ιωάννη (Δ<sub>11</sub>).

Ο *Hyssopus officinalis* είναι πολυετής θάμνος ύψους 70-80 cm με ξυλώδεις βλαστούς στη βάση του. Όταν καλλιεργείται στο έδαφος μπορεί να καλύψει το έδαφος

σε μια ακτίνα 90-100 cm. Τα φύλλα του είναι λογχοειδή, σκούρα πράσινα με έντονο άρωμα και το μήκος τους φτάνει τα 2-2,5 cm. Δίνει μαζική ανθοφορία από τα τέλη Ιουνίου μέχρι τον Σεπτέμβριο και προσελκύει πλήθος μελισσών. Σχηματίζει μπλέ-βιολετί άνθη σε επιμήκεις επάκριες ταξιανθίες. Υπάρχουν ποικιλίες με λευκά ή ανοιχτορόδινα άνθη, καθώς και νέες ποικιλίες με δίχρωμη ανθοφορία. (Δ<sub>12</sub>, Δ<sub>13</sub>, Δ<sub>15</sub>, Δ<sub>16</sub>).

### **Πολλαπλασιασμός**

Πολλαπλασιάζεται με σπόρους που σπέρνονται τον Απρίλιο, είτε με διαίρεση του φυτού την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, ή με μοσχεύματα την Άνοιξη σε σκιερό μέρος. (Pérez, 2002, Δ<sub>12</sub>). Τα φυτά που προέρχονται από σπόρο ή μοσχεύματα, αφού αναπτυχθούν αρκετά φυτεύονται στην τελική τους θέση και ποτίζονται αρκετά μέχρι την πλήρη εγκατάστασή τους. Τα τελευταία χρόνια το φυτό καλλιεργείται και με τη μέθοδο της ιστοκαλλιέργειας (Toma *et al*, 2004).

### **Συνθήκες καλλιέργειας και καλλιεργητικές φροντίδες**

Ο *Hyssopus officinalis* προτιμάει ελαφριά, ξηρά ασβεστολιθικά εδάφη με ηλιόλουστη έκθεση. Αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες, μέχρι -5 °C, ενώ υπάρχουν αναφορές ότι αντέχει και στους -25 °C όταν το φυτό βρίσκεται σε λήθαργο. Εάν βρίσκεται στο έδαφος κατά τη διάρκεια των χαμηλών θερμοκρασιών θέλει σκέπασμα για προστασία, ενώ αν βρίσκεται σε γλάστρα μπορούμε να το μεταφέρουμε σε εσωτερικό χώρο με καλό φωτισμό.

Το φυτό παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στην έλλειψη νερού. Μόνο σε περίοδο έντονης ξηρασίας θέλει μικρές ποσότητες νερού. Δεν χρειάζεται κλάδεμα, μόνο μετά τη περίοδο άνθησης όπου με ένα ψαλίδι κόβουμε τους βλαστούς, ώστε να διατηρηθεί το σχήμα του φυτού (Δ<sub>12</sub>, Δ<sub>13</sub>, Δ<sub>14</sub>, Δ<sub>16</sub>).

Οι σπουδαιότερες καλλιεργητικές εργασίες είναι η καταστροφή των ζιζανίων και η λίπανση. Η ζιζανιοκτονία γίνεται με σκαλίσματα γιατί δεν βρέθηκε ακόμα το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο.

Η συλλογή του Ύσσωπου γίνεται όταν τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο της πλήρους ανθήσεως (Ιούνιο-Ιούλιο). Σε μικρές καλλιέργειες η συλλογή γίνεται με το χέρι ενώ σε μεγάλες γίνεται με χορτοκοπτικές μηχανές. Μετά το κόψιμο τα φυτά συγκεντρώνονται σε μεγάλους σωρούς όπου αποξηραίνονται. Σε μικρές ποσότητες η ξήρανση γίνεται υπό σκιά σε υπόστεγα. Στη συνέχεια διαχωρίζονται τα φύλλα και άνθη από τους βλαστούς και το προϊόν είναι έτοιμο προς πώληση.

Στο πρώτο χρόνο της φυτεύσεως η παραγωγή είναι (20-25 Kg/στρ.). Το δεύτερο χρόνο η παραγωγή αυξάνει και φτάνει τα 300 περίπου Kg/στρ. που είναι και η μεγαλύτερη και συνεχίζεται η ίδια τα επόμενα χρόνια. Ο Ύσσωπος περιέχει αιθέριο έλαιο που ανέρχεται σε 0,15% κ.ό της χλωρής και και μέχρι 0,8% κ.ό της ξηρής δρόγης. Το αιθέριο έλαιο παραλαμβάνεται με τη μέθοδο της αποστάξεως που διαρκεί μερικές ώρες. Έχει χρώμα ανοιχτό κίτρινο έως κιτρινοπράσινο ή είναι άχρωμο με οσμή γλυκιά –καμφορώδη ( $\Delta_{17}$ ).

### Χρήσεις

Ο *Hyssopus officinalis* είναι γνωστός σαν φυτό για την καλλωπιστική του αξία και το άρωμά του, είναι ένα από τα αρωματικά φυτά που έχουν ευρύτατη χρήση στη φαρμακευτική και στη μαγειρική (Fluck, 1988). Έχει τέτοιες ιδιότητες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αφέψημα, αλλά και ως αιθέριο έλαιο με σημαντικές θεραπευτικές ιδιότητες. Είναι χαλαρωτικό βότανο με αποχρεμπτικές, αντιβηχικές και αντισηπτικές ιδιότητες.

Χρησιμοποιείται ευρέως στη παρασκευή φαρμάκων πχ κολλύριων, στοματικών διαλυμάτων κλπ (Pérez, 2002,  $\Delta_{12}$ ). Οι Gabriela et al, 1998 μελέτησαν την αντιμικροβιακή δράση των αιθέριων ελαίων του *Hyssopus officinalis*. Τα αποτελέσματα έδειξαν αντιμικροβιακή δράση στο *Enterococcus* spp., και στο *Escherichia coli*. Όμως καλύτερα αποτελέσματα έδωσε στο να εμποδίζει τη φυσιολογική λειτουργία ζυμών όπως *Candida albicans*, *C. krusei* και *C. tropicalis*. Οι Hideyuki et al, (2004) μελέτησαν την ύπαρξη α-γλυκοσιδάσης σε φύλλα αποξηραμένου Ύσσωπου μετά από μεθανολική εκχύλιση. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η ανασταλτική α –γλυκοσιδάση να ενταχθεί στη θεραπεία των ατόμων που είναι εθισμένα σε φάρμακα και ναρκωτικά και να παρεμποδίσει τον διαβήτη. Επίσης, ο Ύσσωπος προστατεύει τα λάχανα από την Λαμπρινή Ποδαροπούλου

λευκή πεταλούδα (πιερίδα), ενώ όταν καλλιεργείται κοντά σε αμπελώνα βελτιώνονται οι αποδόσεις του ( $\Delta_{14}$ ). Το *Hyssopus officinalis* εκτός από αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό έχει και καλλωπιστική χρήση σε χαμηλούς φράκτες, σχηματοποιημένες μπορντούρες, γραμμικές φυτεύσεις κ.ά ( $\Delta_{15}$ ).

#### **1.4.Χρήση κομποστοποιημένων υπολειμμάτων**

Η κομπόστα είναι μερικώς αποσυντεθειμένη οργανική ύλη. Προέρχεται από φυτικά υπολείμματα του κήπου, γεωργικών καλλιεργειών ή της κουζίνας, τα οποία η ίδια η φύση τα μετατρέπει σε ένα πλούσιο φυτόχωμα που χρησιμεύει για λίπασμα και βελτιωτικό εδάφους. Τα τελευταία χρόνια η χρήση κομπόστας γίνεται ολοένα και περισσότερο λόγω της ανάγκης για αξιοποίηση των υπολειμμάτων καλλιεργειών και της διάθεσής τους με φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της κομπόστας είναι:

- η χρήση κομπόστας ενισχύει την ανθεκτικότητα και την άμυνα των φυτών στα διάφορα παθογόνα.
- Εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικά συστατικά, φυσικές ορμόνες και φυσικά αντιβιοτικά.
- Βοηθάει στη μείωση των φυτοπαθογόνων και των εχθρικών οργανισμών του εδάφους.
- Βοηθάει στην αποφυγή έκπλυσης των θρεπτικών συστατικών στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Βελτιώνει τη σταθερότητα των εδαφών και μειώνει τους κινδύνους διάβρωσης.
- Το έδαφος αερίζεται καλύτερα με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών μας.
- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού.
- Καλύτερη ρύθμιση θερμοκρασίας εδάφους. (Μαρσέλος κ.ά, 2000)

Ένα από τα μειονεκτήματα της κομπόστας είναι η απουσία ανόργανων στοιχείων, αυτό όμως αντιμετωπίζεται εύκολα με τη προσθήκη λιπάσματος.

Η κομποστοποίηση αποτελεί εξειδικευμένη μορφή σταθεροποίησης αποβλήτων κατά την οποία οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού είναι τέτοιες που εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ευνοϊκών για την ανάπτυξη και επικράτηση θερμοφίλων μικροοργανισμών. Ο ορισμός αυτός προσδιορίζει σε τελευταία ανάλυση μία ελεγχόμενη βίο-οξειδωτική διαδικασία, η οποία:

- a) αφορά ετερογενή οργανικά υλικά σε στερεή κατάσταση
- b) περνάει από μία αρχική φάση αποικοδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες της θερμοφίλης περιοχής και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες και
- c) οδηγεί σε μία κατάσταση σταθεροποίησης το τελικό προϊόν της οποίας χαρακτηρίζεται ως ώριμη κομπόστα (Μπαλής, 1994).

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

- φλοιοί δένδρων και πριονίδια από βιομηχανίες ξύλου
- κλαδιά, φύλλα δενδροστοιχιών, οργανικό κλάσμα σκουπιδιών και λάσπες βιολογικού καθαρισμού απορρίμματα πόλεων
- υπολείμματα βάμβακος, μαλλιού και λιναριού από υφαντουργεία
- νεύρα φύλλων και τρίμματα καπνού από καπνοβιομηχανίες
- λάσπες από χαρτοβιομηχανίες
- υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, στέμφυλα οиноποιίας και υπολείμματα σφαγείων από βιομηχανίες τροφίμων
- υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος, ελαιοπυρήνες, πυρηνόξυλο, λιόφυλλα άχυρο και φλοιοί ρυζιού από γεωργικές βιομηχανίες



- υπολείμματα καλλιεργειών, φύλλα και κλαδιά δενδροκομείων και κληματίδες από γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- κοπριά ορνιθοτροφείων, χοιροστασίων, βουστασίων και στρωμνή από ζωοτεχνικές μονάδες
- οργανικές αποθέσεις και λιγνίτης από φυσικές πηγές (Σιδηράς, 1997, Μαρσέλος *et al*, 2000).

Οι απαραίτητες συνθήκες για να δημιουργηθεί η κομπόστα είναι:

- να καλύπτονται οι ανάγκες των μικροοργανισμών σε οξυγόνο, αυτό επιτυγχάνεται με αναμόχλευση. Τις πρώτες εβδομάδες όπου οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές, γίνονται πιο συχνές αναμοχλεύσεις του σωρού.
- Η θερμοκρασία του σωρού κομποστοποίησης καθορίζει το ρυθμό των βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Η επιλογή του θερμοκρασιακού καθεστώτος εξαρτάται από το είδος του υποστρώματος και τους επιδιωκόμενους στόχους (> 55 °C: για το μέγιστο ποσοστό εξυγίανσης, >65 °C: για το μέγιστο ποσοστό σταθεροποίησης, 35-40 °C: για τη μέγιστη μικροβιακή ποικιλότητα). Στα περισσότερα συστήματα κομποστοποίησης η καταλληλότερη θερμοκρασία είναι αυτή των 55 °C (Stendiford, 1996).
- Απαραίτητη υγρασία 55-65%.

Με δεδομένο ότι η κομπόστα προέρχεται από μη σταθερή σύνθεση, η οποία εξαρτάται από τη ποσότητα και τη ποιότητα των πρωτογενών υλικών, στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι κομπόστας με καθορισμένη σύνθεση και σύσταση.

### **1.5. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index) και ειδική φυλλική επιφάνεια (Specific Leaf Area)**

Οι δείκτες LAI και SLA είναι σημαντικοί προκειμένου να εκτιμηθεί το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι δείκτες αυτοί σε εφαρμογές φυτεμένων δωματίων.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) ουσιαστικά περιγράφει την ανάπτυξη της επιφάνειας των φύλλων ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους μίας φυτοκοινωνίας και λειτουργεί ως βασικός δείκτης για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ανάπτυξης μίας καλλιέργειας.

Στις ετήσιες καλλιέργειες, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αυξάνεται εκθετικά κατά την περίοδο της έντονης ανάπτυξης των φυτών, αποκτά μια μέγιστη τιμή κατά τη περίοδο της άνθησης και ακολούθως υφίσταται μείωση στο διάστημα πριν από το τέλος της καλλιέργειας, που οφείλεται στη γήρανση και στη σταδιακή πτώση των μεγαλύτερων σε ηλικία φύλλων των φυτών της καλλιέργειας. Η μέγιστη τιμή του LAI καθορίζεται από την πυκνότητα της καλλιέργειας, που ρυθμίζεται από την πυκνότητα της φύτευσης, από την λίπανση και τους καλλιεργητικούς χειρισμούς (Καραμάνος, 1993).

Σε φυσικά οικοσυστήματα και φυτοκοινωνίες, ο LAI αυξάνει κατά τρόπο που εξαρτάται από το ισοζύγιο του νερού, την επάρκεια σε θρεπτικά, την κατανομή του φωτός μέσα στη φυτική κόμη και μία σειρά από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία). Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω κατανοείται ότι ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αντανακλά σε μεγάλο βαθμό την πραγματική παραγωγική ικανότητα, δηλαδή την απόδοση μιας καλλιέργειας. Η γνώση των μεταβολών του δείκτη, καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας, αποτελεί ένα μέτρο της παραγωγικότητάς της, καθώς και ένα τρόπο για την κατανόηση και παρακολούθηση οντογενετικών αλλαγών και χαρακτηριστικών ανάπτυξης.

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

Για τον υπολογισμό του LAI ενός μόνο φυτού (Δ10).

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) υπολογίζεται:

$$SLA = \frac{\text{Φυλλική επιφάνεια φυτού (m}^2\text{)}}{\text{Ξηρό βάρος φύλλων (g)}} \quad (\text{Καραμάνος, 1993, } \Delta_{19})$$

## 1.6. Φωτοσύνθεση

### 1.6.1. Γενικά στοιχεία

Φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας οι αυτότροφοι οργανισμοί χρησιμοποιούν ανόργανα συστατικά για να συνθέσουν οργανικές ενώσεις. Για να είναι ενεργειακά δυνατή η παραπάνω διαδικασία απαιτείται ενέργεια η οποία παρέχεται από τη δέσμευση της ενέργειας του ήλιου. Έτσι, προϋπόθεση για την πραγματοποίηση της φωτοσύνθεσης είναι η παρουσία φωτός κατάλληλων μηκών κύματος. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (Photosynthetically Active Radiation, PAR) και περιλαμβάνει μήκη κύματος μεταξύ 400 και 700 nm (Taiz and Zeinger, 1998). Η συνοπτική χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης περιλαμβάνει τη μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού σε υδατάνθρακες με την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα εκλύεται μοριακό οξυγόνο ως παραπροϊόν. Οι υδατάνθρακες που σχηματίζονται περιέχουν υψηλότερα ποσά ενέργειας από τα αρχικά υποστρώματα και χρησιμοποιούνται τόσο από τους ίδιους τους αυτότροφους οργανισμούς, οι οποίοι αποτελούν τους παραγωγούς όσο και από τους υπόλοιπους οργανισμούς μέσω της κατανάλωσης φυτικής τροφής. Τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως δομικές μονάδες σε διάφορες αναβολικές αντιδράσεις είτε να παράσχουν μέρος της περιεχόμενης ενέργειάς τους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κυττάρου κατά την αναπνευστική λειτουργία όπου ελευθερώνονται ως προϊόντα τα αρχικά υποστρώματα της φωτοσύνθεσης (Hall and Rao, 1999).

### 1.6.2. Η φυσιολογία της φωτοσύνθεσης

Στα ανώτερα φυτά, οι πιο δραστήριοι φωτοσυνθετικά ιστοί είναι τα φύλλα και ιδιαίτερα οι ανώτερες στοιβάδες κυττάρων του μεσοφύλλου. Τα φωτοσυνθετικά κύτταρα περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό εξειδικευμένων ως προς την επιτέλεση της φωτοσύνθεσης οργανιδίων τα οποία ονομάζονται χλωροπλάστες. Στους χλωροπλάστες

πραγματοποιείται εξ' ολοκλήρου η αλληλουχία των φωτοχημικών και βιοχημικών σταδίων της φωτοσύνθεσης, από την αρχική δέσμευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας ως την βιοσύνθεση των υδατανθράκων (Hall and Rao, 1999). Η φωτοσύνθεση μπορεί να διακριθεί σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση διεξάγονται οι φωτεινές αντιδράσεις, οι οποίες πραγματοποιούνται πάνω στις εσωτερικές μεμβράνες των χλωροπλαστών γνωστές ως θυλακοειδή και περιλαμβάνουν την απορρόφηση του φωτός, τη μεταφορά της ενέργειας στα κέντρα αντίδρασης και τις αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων και πρωτονίων οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή NADPH και ATP. Στη δεύτερη φάση διεξάγονται οι σκοτεινές αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στο στρώμα των χλωροπλαστών και δεν απαιτούν άμεσα την παρουσία φωτός. Οι αντιδράσεις αυτές περιλαμβάνουν την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα και τη σύνθεση υδατανθράκων, χρησιμοποιώντας το NADPH και το ATP που παράγονται κατά τις φωτεινές αντιδράσεις. Παράλληλα με τις παραπάνω βιοχημικές αντιδράσεις, τα φύλλα διαθέτουν ένα σύνολο από φυσιολογικούς μηχανισμούς και συγκεκριμένα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά, ώστε η όλη διαδικασία να πραγματοποιείται με τη μέγιστη απόδοση σε επίπεδο οργάνου (Αιβαλάκης κ.α., 2003).

### **1.6.3. Η σημασία του φθορισμού της χλωροφύλλης *a* στη μελέτη της φωτοσύνθεσης**

Η ενέργεια της φωτεινής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές μπορεί να διοχετευτεί σε τρεις εναλλακτικές οδούς: (α) φωτοχημικές αντιδράσεις οι οποίες συνίστανται στη φωτόλυση του νερού και τη ροή ηλεκτρονίων προς διάφορους αποδέκτες (φωτοχημική απόσβεση), (β) απόσβεση της ενέργειας των διεγερμένων μορίων υπό μορφή θερμότητας (μη φωτοχημική απόσβεση) και (γ) επαναεκπομπή της ενέργειας διέγερσης μέσω φθορισμού. Καθώς η ενέργεια που απορροφάται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες είναι σταθερή, οι τρεις παραπάνω οδοί απόσβεσής της είναι ποσοτικά εξαρτώμενες με τέτοιο τρόπο ώστε αλλαγές σε μια από αυτές να επηρεάζει την συμβολή των υπολοίπων δύο. Πιο συγκεκριμένα, οι αλλαγές στην φωτοχημική ή / και στην μη φωτοχημική απόσβεση έχουν άμεσο αντίκτυπο στα επίπεδα του εκπεμπόμενου φθορισμού. Επομένως, μελετώντας τον φθορισμό που προέρχεται συγκεκριμένα από τα μόρια χλωροφύλλης *a* του φωτοσυστήματος II, είναι δυνατή η λήψη πληροφοριών για την συμβολή της φωτοχημικής και μη φωτοχημικής απόσβεσης της ενέργειας στους χλωροπλάστες (Maxwell and Johnson, 2000). Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος το 90% περίπου του εκπεμπόμενου φθορισμού

προέρχεται από το φωτοσύστημα II και πιο συγκεκριμένα από τα σύμπλοκα πρωτεϊνών-χλωροφύλλης *a* της αντένας φωτοσυλλογής (Govindjee, 2004). Επιπλέον, μόνο το τμήμα του φθορισμού που προέρχεται από το φωτοσύστημα II ανταποκρίνεται στις αλλαγές των φωτοχημικών αντιδράσεων των θυλακοειδών με συνέπεια οι όποιες αλλαγές στα επίπεδα του εκπεμπόμενου φθορισμού να προέρχονται από το φωτοσύστημα II (Govindjee, 1995 και Govindjee, 2004). Επειδή η αύξηση της φωτοχημικής ή / και μη φωτοχημικής απόσβεσης της ενέργειας διέγερσης προκαλεί μείωση του εκπεμπόμενου φθορισμού, τα παραπάνω φαινόμενα περιγράφονται και υπό όρους απόσβεσης του φθορισμού, δηλαδή ως φωτοχημική και ως μη φωτοχημική απόσβεση του φθορισμού.

Η μελέτη του φθορισμού χλωροφύλλης παρέχει πλήθος παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με τη συμβολή των διαφόρων παραγόντων φωτοσυλλογής και μεταφοράς της ενέργειας προς τα φωτοχημικά κέντρα, τους τρόπους απόσβεσης της ενέργειας, τον λειτουργικό πληθυσμό και το βαθμό αδρανοποίησης των φωτοσυστημάτων II. Ταυτόχρονα αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο μελέτης της φωτοσυνθετικής λειτουργίας ως σύνολο καθώς η λειτουργία του φωτοσυστήματος II σχετίζεται άμεσα με την παροχή ενέργειας για την φωτοσυνθετική αφομοίωση του CO<sub>2</sub>. Επίσης, ο φθορισμός που προέρχεται από το PSII αποτελεί έναν ευαίσθητο δείκτη για τον βαθμό καταπόνησης του φυτικού οργανισμού εξαιτίας ορισμένων δυσμενών παραγόντων του περιβάλλοντος όπως ακτινοβολίες, τροφοπενίες και τοξικότητες, έλλειψη νερού, κ.ά.

Τα συνήθη πειράματα μελέτης του φθορισμού της χλωροφύλλης αποσκοπούν στον υπολογισμό δύο βασικών παραμέτρων: αυτού της φωτοχημικής απόδοσης της φωτοσυνθετικής συσκευής ( $\Phi_{PSII}$  ή Yield) και αυτού της μη φωτοχημικής απόσβεσης της ενέργειας από τον φωτοσυλλεκτικό μηχανισμό (NPQ). Επιπλέον, επειδή ο δεύτερος τρόπος απόσβεσης λειτουργεί μόνο κάτω από συνθήκες επαγωγής της φωτοσύνθεσης, δηλαδή μόνο κάτω από συνθήκες φωτός, η μέτρηση του εκπεμπόμενου φθορισμού σε ένα δείγμα εγκλιματισμένο στο σκοτάδι για ορισμένο χρονικό διάστημα παρέχει την μέγιστη δυνατή φωτοχημική απόδοση ή αλλιώς την θεμελιώδη φωτοχημική ικανότητα ( $\Phi_{PSII_0}$ ). Σε συνθήκες φωτισμού του δείγματος, ο συνδυασμός της παραμέτρου της  $\Phi_{PSII}$  με την φωτονιακή ροή παρέχει τον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR) κατά μήκος της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο φωτοσυστημάτων (Genty et al, 1989). Η παράμετρος αυτή είναι χρήσιμη καθώς, κάτω από ορισμένες

προϋποθέσεις, είναι ανάλογη του ρυθμού φωτοσυνθετικής αφομοίωσης του CO<sub>2</sub> (Logan et al., 2007).

## 2.Υλικά και μέθοδοι

### 2.1.Πείραμα 1<sup>ο</sup>

#### 2.1.1.Φυτικό υλικό

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ριζοβλημένα μοσχεύματα των φυτών *Mentha pulegium* (Εικ.1) και *Phlomis fruticosa* (Εικ.2). Το φυτικό υλικό το προμηθευτήκαμε από την εταιρεία Marigold Plants A.E στη περιοχή του Μαραθώνα.

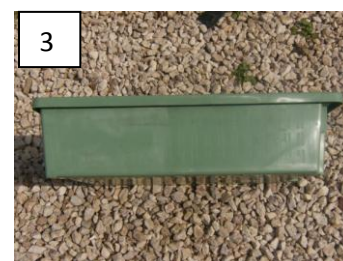


Εικόνες 1&2. Έρριζα μοσχεύματα των φυτών *Mentha pulegium* (1) και *Phlomis fruticosa* (2)

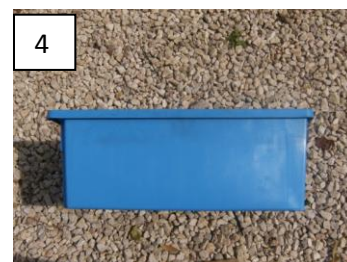
#### 2.1.2. Κιβώτια φύτευσης και αποστραγγιστική στρώση

Η μεταφύτευση των μοσχευμάτων έγινε στη 1 Απριλίου 2010 σε πλαστικά κιβώτια της εταιρείας Holiday Land A.E. (Πειραιάς, Αττική). Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι κιβωτίων (Εικ. 3 & 4):

- Κιβώτιο 1: Για χαμηλό πάχος υποστρώματος (7 cm)  
Εξωτερικές διαστάσεις: 60x40x15 cm  
Εσωτερικές διαστάσεις: 49x34x14,5 cm  
Βάρος: 1,6 Kg  
Χωρητικότητα: 25 L



- Κιβώτιο 2: Για υψηλό πάχος υποστρώματος (15 cm)  
Εξωτερικές διαστάσεις: 60x40x22 cm  
Εσωτερικές διαστάσεις: 49x34x21,5 cm  
Βάρος: 1,9 Kg  
Χωρητικότητα: 40 L



Τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν στο κήπο του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών πάνω σε ειδικά μεταλλικά τραπέζια (9 κιβώτια/τραπέζι) (Εικ. 5).



Εικόνα 5. Πειραματικά τεμάχια πειράματος

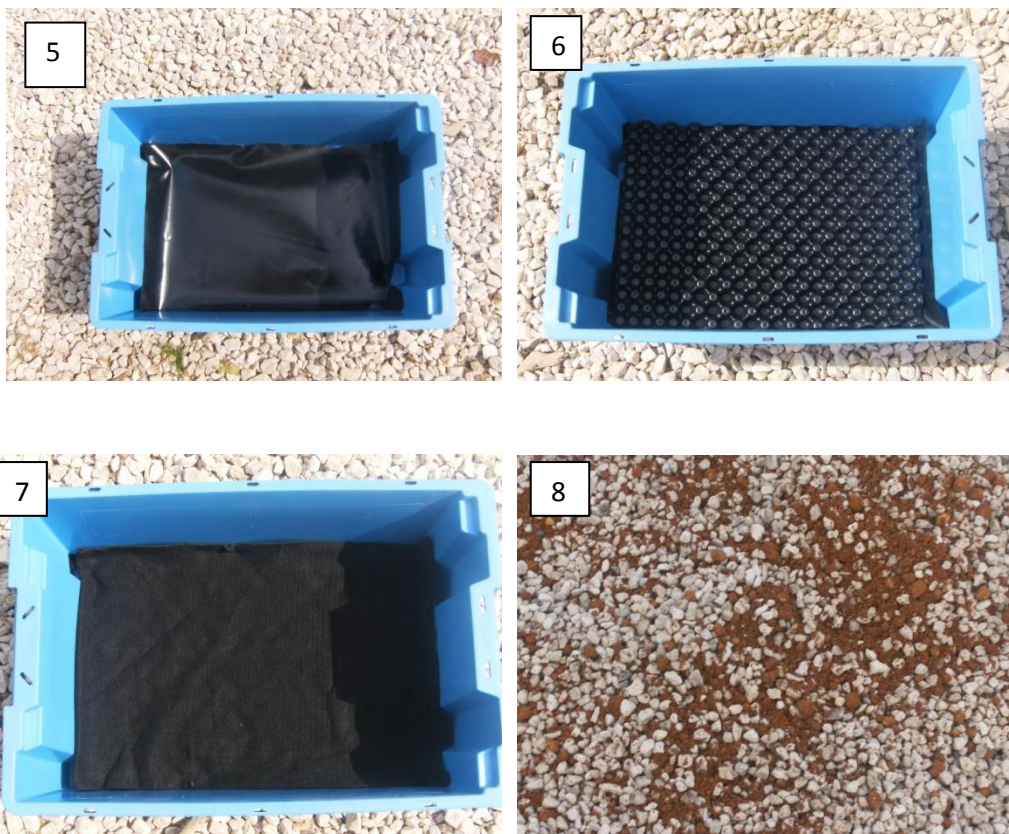
### 2.1.3.Υλικά διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος

Στο πυθμένα των κιβωτίων τοποθετήθηκαν με σειρά από κάτω προς τα πάνω, τα εξής τρία υλικά υποδομής φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου:

1. Μεμβράνη ριζοπροστασίας (FLW-400, Diadem): χρειάζεται για την προστασία της μεμβράνης υγρομόνωσης, από τη διαβρωτική ικανότητα ορισμένων ριζών (Εικ.5).



2. Αποστραγγιστικό στοιχείο (DiaDrain-25, Diadem) (από κυψέλες για αποθήκευση νερού και οπές για αερισμό του ριζικού συστήματος και εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα ανάπτυξης) (Εικ.6).
3. Διηθητικό φύλλο: για την προστασία του υποκείμενου φίλτρου αποστράγγισης και τη γρήγορη απαγωγή του πλεονάζοντος νερού (VLF-150, Diadem) (Εικ.7).
4. Υπόστρωμα (Εικ.8).



Εικόνα 5-8. Μembrάνη ριζοπροστασίας (5), αποστραγγιστικό στοιχείο (6), γεωφύλαγμα (7) και υπόστρωμα ανάπτυξης (8) σε κιβώτιο εγκατάστασης.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρίας DIADEM, που εδράζει στη Γερμανία και ο αντιπρόσωπός της στην Ελλάδα είναι η εταιρία Πράσινη Στέγη (Μαιάνδρου 83 και Φλαβιανών, Νέα Φιλαδέλφεια-Αθήνα).

Το διηθητικό φύλλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου VLF-150, το οποίο κατασκευάζεται από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, πάχους 1,9 mm, βάρους 0,1 Kg/m<sup>2</sup> και τοποθετήθηκε με τρόπο ώστε να καλύπτει τα τοιχώματα του κιβωτίου μέχρι το ύψος του υποστρώματος για αποφυγή μεταφοράς των τεμαχιδίων του υποστρώματος

ανάπτυξης στις κατώτερες στρώσεις προκαλώντας ζημιά στο αποστραγγιστικό σύστημα. Το αποστραγγιστικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου DiaDrain-25 και κατασκευάζεται από ανακυκλωμένο πολυστυρένιο, πάχους 2,5 cm, βάρους 1,3 Kg/m<sup>2</sup> με χωρητικότητα νερού 9,52 l/m<sup>2</sup> και μέγιστο επιτρεπόμενο όριο φορτίου 484 KN/ m<sup>2</sup>.

## 2.1.4. Συστατικά υποστρωμάτων

### 2.1.4.1. Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν της εταιρίας LAVA ΑΕ και είχε τα εξής χαρακτηριστικά: Φ.Ε.Β= 0,6-0,8 Kg/l, ολικό πορώδες= 70-75%, pH= 7,3, ΙΑΚ= 5-6 meq/100 g d.w και EC= 0,2 ds/m.

### 2.1.4.2. Κομπόστα

Η κομπόστα (geo COMPOST) που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν της geo HUMUS. Ο υπολογισμός των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων έγινε στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (παρ. 2.1.11.3.1)

<b>ΚΟΜΠΟΣΤΑ (geo-Compost)</b>	
<b>Συστατικά</b>	<b>Περιεκτικότητα</b>
<b>pH</b>	7.5
<b>Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO<sub>3</sub>)</b>	59,04%
<b>Ανταλλάξιμα κατιόντα K<sup>+</sup> και Na<sup>+</sup></b>	K: 8.91 meq/ 100 g εδάφους Na: 2.08 meq/ 100 g εδάφους
<b>Ι.Α.Κ</b>	14.10 meq/100 g εδάφους
<b>Ολικό Άζωτο</b>	0.28%
<b>Φώσφορος</b>	394.25 ppm
<b>E.C</b>	60 mS/m
<b>Ολικό Άζωτο</b>	0.28%
<b>Φώσφορος</b>	394.25 ppm

### 2.1.4.3. Χώμα

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε χώμα αργιλοπηλώδους σύστασης το οποίο προμηθευτήκαμε από το θερμοκήπιο Καλλωπιστικών φυτών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Ο υπολογισμός των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων έγινε στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (παρ. 2.1.11.3.1).

<b>ΧΩΜΑ</b>	
<b>Συστατικά</b>	<b>Περιεκτικότητα</b>
<b>Μηχανική Σύσταση</b>	Άμμος 45.44% - Άργιλος 28.56% - Ιλύς 26%
<b>pH</b>	7.3
<b>Οργανική ουσία</b>	0.63%
<b>Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO<sub>3</sub>)</b>	20.09%
<b>Μακροστοιχεία (K, Na)</b>	K: 0.730 meq/ 100 g εδάφους Na: 0.364 meq/100 g εδάφους
<b>I.A.K</b>	14.82 meq/100 g ξηρού εδάφους
<b>Ολικό Άζωτο</b>	0.28%
<b>Φώσφορος</b>	9.77 ppm

### 2.1.5. Σύνθεση υποστρωμάτων

Για την ανάπτυξη των φυτών χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά μίγματα υποστρωμάτων (Α, Β, Γ) ελαφρόπετρας (Ε), κοσκινισμένου χώματος (Χ) και κομπόστας (Κ) (geo COMPOST της geo HUMUS) (Εικ.9) σε αναλογίες:

- Α= 6Ε : 4Κ v/v
- Β= 6Ε : 4Χ v/v
- Γ=6Ε : 2Κ : 2Χ v/v

Μετά την πολύ καλή ανάμιξη των συστατικών και την σύνθεση των τριών υποστρωμάτων έγινε προσδιορισμός των χημικών ιδιοτήτων για κάθε υπόστρωμα χωριστά (Πίνακας 1). Ο υπολογισμός του pH και του EC έγινε στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής με χρήση ειδικών οργάνων (παρ. 2.1.11.3.2).

Πίνακας 1. Προσδιορισμός pH και EC υποστρωμάτων ανάπτυξης σε αναλογία 1:5.

Υποστρώματα	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
A	9.15	238
B	9.13	141
Γ	8.89	202



Εικόνα 9. Τα συστατικά σύνθεσης των τριών υποστρωμάτων. Από αριστερά προς τα δεξιά : κομπόστα, χώμα και ελαφρόπετρα

Για τις ανάγκες του πειράματος υπολογίστηκε το βάρος στη κατάσταση κορεσμού καθώς επίσης και το ξηρό βάρος των υποστρωμάτων ανάπτυξης (παρ. 2.1.11.3.2) ανά κιβώτιο, αλλά και ανά  $\text{m}^2$ , ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε το βάρος που προσδίδει στο δώμα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Κορεσμένο και ξηρό βάρος των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκαν και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7 και 15 cm).

Υποστρώματα	Κορεσμένο βάρος	Ξηρό βάρος ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )
	7 cm	
A	12,53 $\text{Kg}/\text{κιβώτιο}$ 75,5 $\text{Kg}/\text{m}^2$	6,6 $\text{Kg}/\text{κιβώτιο}$ 39,8 $\text{Kg}/\text{m}^2$
B	14,58 $\text{Kg}/\text{κιβώτιο}$ 87,8 $\text{Kg}/\text{m}^2$	9,08 $\text{Kg}/\text{κιβώτιο}$ 54,7 $\text{Kg}/\text{m}^2$

Γ	13,28 Kg/κιβώτιο	7,72 Kg/κιβώτιο
	80,0 Kg/m <sup>2</sup>	46,5 Kg/m <sup>2</sup>
15 cm		
A	26,86 Kg/κιβώτιο	14,21 Kg/κιβώτιο
	161,8 Kg/m <sup>2</sup>	85,6 Kg/m <sup>2</sup>
B	31,25 Kg/κιβώτιο	19,46 Kg/κιβώτιο
	188,3 Kg/m <sup>2</sup>	117,2 Kg/m <sup>2</sup>
Γ	28,45 Kg/κιβώτιο	16,55 Kg/κιβώτιο
	171,4 Kg/m <sup>2</sup>	99,7 Kg/m <sup>2</sup>

### 2.1.6.Βάθος και όγκος υποστρώματος

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε δύο βάθη υποστρώματος:

1. 7 cm
2. 15 cm

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

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

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

### 2.1.7.Άρδευση

Από την έναρξη του πειράματος (1 Απριλίου 2010) η άρδευση γινόταν σε όλες τις περιπτώσεις με αυτόματο σύστημα, όπου χρησιμοποιήθηκαν δύο προγραμματιστές ηλεκτροβάνας τύπου Galcon 7001 D-E. Το αυτόματο ελέγχθηκε και ρυθμίστηκε να ποτίζει μέχρι να παρατηρηθεί απορροή σε όλα τα κιβώτια ανάπτυξης. Σε κάθε κιβώτιο τοποθετήθηκαν από τρεις περιστρεφόμενοι σταλλάκτες σταθερής παροχής (2 l/h) (Εικ. 10). Η διάρκεια του ποτίσματος ήταν 6 λεπτά τη φορά, ενώ η ποσότητα νερού ανά

κιβώτιο σε κάθε άρδευση ήταν 720 ml. Σε κάθε άρδευση η ποσότητα νερού που λάμβανε κάθε φυτό ήταν ίση με 144 ml. Ο αριθμός των εβδομαδιαίων ποτισμάτων έγινε με βάση την εποχή και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα:

- 1 Απριλίου έως 20 Ιουλίου 2010: 3 φορές την εβδομάδα
- 21 Ιουλίου έως 6 Σεπτεμβρίου 2010 : 5 φορές την εβδομάδα
- 7 Σεπτεμβρίου έως λήξη του πειράματος: 3 φορές την εβδομάδα



Εικόνα 10. Διάταξη σταλλακτών στο κιβώτιο

### 2.1.8.Λίπανση

Στις 6 Σεπτεμβρίου έγινε λίπανση σε όλες τις επεμβάσεις με το βραδείας αποδέσμευσης λίπασμα Floranid Permanent Isodur (16+7+15 (+2)) της εταιρίας Compro ώστε τα φυτά να επανακάμψουν από τους καύσωνες του Αυγούστου και τις υψηλές θερμοκρασίες του μήνα Σεπτέμβρη.

## 2.1.9 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 των τιμών ελήφθησαν και επεξεργάστηκαν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

**Πίνακας 1.** Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρος T(°C) κατά τους μήνες διεξαγωγής των πειραμάτων .

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

### 2.1.10. Πειράματα και επεμβάσεις

#### 2.1.10.1.Εγκατάσταση και περιγραφή πειράματος

Το πείραμα ξεκίνησε την 1<sup>η</sup> Απριλίου του 2010 εντός του κήπου του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37°58'57.73''N, 23°42'19.42''E) και ολοκληρώθηκε σε 6 μήνες (Οκτώβριο). Στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος, αφού πρώτα καλύφθηκε το έδαφος από μαύρο πλαστικό τοποθετήθηκαν μεταλλικά τραπέζια πάνω στα οποία τοποθετήθηκαν τα φυτεμένα κιβώτια με τυχαία σειρά. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 90 φυτά του είδους *Mentha pulegium* και 90 του είδους *Phlomis fruticosa*. Για κάθε φυτό που μελετήθηκε σε κάθε πάχος και είδος υποστρώματος γεμίσαμε 3 κιβώτια και σε κάθε ένα από αυτά φυτεύτηκαν 5 φυτά, δηλαδή για κάθε πάχος και είδος υποστρώματος χρησιμοποιήθηκαν 15 φυτά (3 υποστρώματα x 5 φυτά για κάθε πάχος υποστρώματος).



Σε όλα τα κιβώτια από το πυθμένα και προς τα πάνω τοποθετήθηκαν κατά σειρά η η αντιριζική μεμβράνη, η αποστραγγιστική στρώση, το διηθητικό φύλλο και ακολούθως το υπόστρωμα ανάπτυξης. Κατά την προετοιμασία των μιγμάτων των τριών διαφόρων υποστρωμάτων, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη πολύ καλή ανάμειξη των συστατικών του για εξασφάλιση ομοιόμορφης σύστασης στο μέσο ανάπτυξης των φυτών. Μετά τη φύτευση, τα κιβώτια τοποθετήθηκαν εντελώς τυχαιοποιημένα πάνω στα μεταλλικά κρεβάτια στο κήπο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου και ακολούθησε άρδευση αρχικά μέχρις απορροής και στη συνέχεια με ρυθμιζόμενη ποσότητα με εγκατάσταση αυτόματου συστήματος άρδευσης.

### **2.1.11.Μετρήσεις**

#### **2.1.11.1.Μέτρηση βιομετρικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του πειράματος**

Έγιναν μετρήσεις βιομετρικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους σε όλα τα φυτά και στα δύο είδη από όλες τις επεμβάσεις και επαναλήψεις.

##### **2.1.11.1.1.Πορεία ύψους**

Κάθε δεκαπενθήμερο γινόταν έλεγχος της πορείας του ύψους των φυτών. Η μέτρηση του ύψους γινόταν με χρήση χάρακα από το λαιμό του φυτού μέχρι τον ακραίο οφθαλμό.

##### **2.1.11.1.2.Ανθοφορία**

Η καταγραφή έγινε μόλις εμφανίστηκαν τα πρώτα έγχρωμα φύλλα. Ανθοφορία είχαμε σε όλα τα φυτά του *Mentha pulegium* (έναρξη ανθοφορίας 15 Ιουνίου 2010), ενώ στο *Phlomis fruticosa* (έναρξη ανθοφορίας 5 Ιουλίου) άνθισε μόνο ένα φυτό από υπόστρωμα Β (6Ε : 4Χ). Οι παρατηρήσεις αυτές δεν αξιολογούνται , γιατί θεωρούνται τυχαίες.

##### **2.1.11.1.3.Μέτρηση φυσιολογικών δεικτών**

Έγιναν μετρήσεις φυσιολογικών δεικτών φθορισμού της χλωροφύλλης στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII (ΦPSII), στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII (Φ<sub>PSIIo</sub>), στον φαινόμενο ρυθμό ροής



ηλεκτρονίων (ETR) και στον συντελεστή μη φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII (NPQ).

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 δύο βασικές παράμετροι που καταγράφηκαν ήταν η θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα του φωτοσυστήματος II σε δείγματα τα οποία ήταν εγκλιματισμένα στο σκοτάδι ( $\Phi_{PSII_0}$ ) (η μέτρηση γινόταν νωρίς το πρωί) και η φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II κάτω από αυξανόμενες εντάσεις φωτισμού ( $\Phi_{PSII}$ ) (η μέτρηση γινόταν σε συνθήκες τεχνητού ακτινικού φωτός εντός του εργαστηρίου).

Η παράμετρος ETR υπολογίστηκε ως  $ETR = Q \times \Phi_{PSII} \times A \times 0,5$ , όπου Q η ένταση της προσπίπτουσας φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας και A (= 0,84) ο συντελεστής απορροφητικότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στην εξίσωση, θεωρείται ότι ο συντελεστής κατανομής της φωτονιακής ενέργειας μεταξύ των δύο φωτοσυστημάτων είναι 0,5. Η παράμετρος 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 στις αλλαγές της 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 του σήματος ρυθμιζόταν κατάλληλα ώστε ο φθορισμός να βρίσκεται στα όρια μεταξύ 200-500 της κλίμακας του οργάνου.

Πιο αναλυτικά οι μετρήσεις που έγιναν ήταν:

- 9/06/2010: μέτρηση  $\Phi_{PSII_0}$
- 15/06/2010: μέτρηση  $\Phi_{PSII}$ , ETR, NPQ
- 27/07/2010: μέτρηση  $\Phi_{PSII_0}$ ,  $\Phi_{PSII}$ , ETR, NPQ
- 08/10/2010: μέτρηση  $\Phi_{PSII_0}$ ,  $\Phi_{PSII}$ , ETR, NPQ

#### **2.1.11.2. Μετρήσεις καταστροφικού πειράματος**

Το καταστροφικό πείραμα έγινε σε φυτά ηλικίας 6 μηνών. Στα φυτά τα οποία απομακρύνθηκαν έγιναν οι εξής μετρήσεις:

#### **2.1.11.2.1.Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου μέρους**

Η μέτρηση του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους έγινε μετά την έξοδό τους από τα κιβώτια φύτευσης με χρήση ζυγού ακριβείας (METTLER PJ3600 DeltaRange).

Η μέτρηση του ξηρού βάρους έγινε κατόπιν αποξηράνσεως των φυτών σε ξηραντήριο, σε θερμοκρασία 70 °C, για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 3 ημερών.

#### **2.1.11.2.2.Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας, Leaf Area Index (LAI) και Specific Leaf Area (SLA)**

Μετά την απομάκρυνση των φυτών από τα κιβώτια φύτευσης έγινε αφαίρεση των φύλλων. Τα φύλλα κάθε φυτού τοποθετήθηκαν σε σαρωτή ανάλυσης 600dpi και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν σε έγχρωμη μορφή για να αναλυθούν με το WinDias 3 Image Analysis System. Τα LAI και SLA υπολογίστηκαν με βάση τους αντίστοιχους τύπους που αναφέρονται στην εισαγωγή.

#### **2.1.11.3.Εδαφολογικές αναλύσεις**

Εδαφολογικές αναλύσεις έγιναν τόσο στα συστατικά όσο και μίγματα των υποστρωμάτων, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

##### **2.1.11.3.1.Εδαφολογική ανάλυση συστατικών υποστρωμάτων**

###### **I) Προετοιμασία των δειγμάτων**

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.

###### **II) Μηχανική ανάλυση**

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

### **III) Εδαφική οξύτητα (pH)**

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

### **IV) Οργανική ουσία**

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Walkley – Black ή υγρής καύσης. 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 θειικό σίδηρο ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Για να υπολογιστεί η % περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\text{Οργανική ουσία \%} = \text{Οργανικός άνθρακας} \times 1,72$$

### **V) 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 τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους ανεξάρτητα από το κατιόν τους.

### **VI) Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (I.A.K.)**

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 κολλοειδούς 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.

### **VII) Ανταλλάξιμα κατιόντα $K^+$ και $Na^+$**

Για τον προσδιορισμό των ανταλλαξιμών βασικών κατιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  χρησιμοποιήθηκε σαν εκχυλιστικό διάλυμα 1N οξικού αμμωνίου. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε meq/100 g ή cmol<sub>c</sub>/kg ξηρού βάρους εδάφους.

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

### **VIII) Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N)**

Ο προσδιορισμός του Αζώτου (N) έγινε με χρήση της συσκευής Bucci. Βασίζεται στην έκλυση της ( $\text{NH}_3$ ) 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.

### **IX) Προσδιορισμός διαθέσιμου φωσφόρου (P)**

Ο προσδιορισμός του Φωσφόρου (P) έγινε με την μέθοδο Olsen. Ο φώσφορος εκχυλίζεται από το έδαφος με διάλυμα 0,5M  $\text{NaHCO}_3$ , 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.

#### **2.1.11.3.2.Εδαφολογική ανάλυση υποστρωμάτων ανάπτυξης**

Για τις ανάγκες του πειράματος χρειάστηκε να γίνει προσδιορισμός του pH, της EC, του βάρους σε κορεσμό και μη των ειδικών υποστρωμάτων ανάπτυξης. Για τη μέτρηση του βάρους σε κορεσμό για κάθε υπόστρωμα έγιναν από τρεις επαναλήψεις, ώστε να είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Πιο αναλυτικά για τη μέτρηση γεμίστηκαν τρεις μεταλλικοί κύλινδροι (δ: 7 cm h: 20 cm) με το προς μέτρηση υπόστρωμα και τα άκρα των κυλίνδρων σφραγίστηκαν με τούλι, ώστε να μην υποχωρήσει το μίγμα από το εσωτερικό τους.

Στη συνέχεια οι κύλινδροι τοποθετήθηκαν μέσα σε ένα πλαστικό κουβά και δέθηκαν σφικτά μεταξύ τους για να σταθεροποιηθούν και προστέθηκε αργά αργά νερό (τριχοειδές φαινόμενο) στο κουβά μέχρι το σημείο που οι κύλινδροι καλύφθηκαν πλήρως με νερό. Το νερό προστέθηκε σταδιακά, ώστε να φύγει όλος ο αέρας από τους πόρους του μίγματος. Αφού ο κουβάς πληρώθηκε με νερό, τα μίγματα παρέμειναν για μια ώρα και μετά ζυγίστηκε το βάρος τους σε κορεσμό με ζυγό δύο δεκαδικών ψηφίων

(METTLER PJ3600 DeltaRange). Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για τρεις μέρες μέχρι να ξεραθούν εντελώς και ζυγίστηκε το ξηρό τους βάρος. Μετά από επεξεργασία των αποτελεσμάτων που πήραμε υπολογίστηκε το κορεσμένο βάρος του υποστρώματος σε  $\text{Kg/m}^2$  για το κάθε πάχος υποστρώματος ξεχωριστά (Πίνακας 1).

Για τη μέτρηση του pH των υποστρωμάτων χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Thermo onion model 710. Για τη μέτρηση τοποθετήθηκαν 100 g από κάθε μίγμα σε 500 mL νερού, αναδεύτηκαν για 60 min, ώστε να γίνει πλήρης ομογενοποίηση και στη συνέχεια βυθίστηκε το ηλεκτρόδιο του pHμέτρου για να γίνει η μέτρηση. Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της EC με το όργανο Cyberscan 200. Για κάθε μίγμα έγιναν τρεις επαναλήψεις για κάθε κατηγορία μέτρησης.

#### **2.1.11.4. Πειραματικό σχέδιο**

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο με δύο παράγοντες, το πάχος του υποστρώματος (παράγοντας A) και το τύπο του υποστρώματος (παράγοντας B). Οι μέσοι των επεμβάσεων επεξεργάστηκαν με διπαραγοντική και μονοπαραγοντική 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.

## **2.2. Πείραμα 2<sup>ο</sup>**

### **2.2.1. Φυτικό υλικό**

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν σπορόφυτα του φυτού *Hyssopus officinalis*, Ύσσωπος. Η προμήθεια του φυτικού υλικού έγινε από το κτήμα Βίωμα στη Θεσσαλονίκη.

### **2.2.2.Διάστρωση φυτεμένου δώματος**

Για την ανάπτυξη των σποροφύτων έγινε εγκατάσταση εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος με τα εξής υλικά από κάτω προς τα πάνω:

1. Μεμβράνη ριζοπροστασίας (FLW-400, Diadem): χρειάζεται για την προστασία της μεμβράνης υδρομόνωσης, από τη διαβρωτική ικανότητα ορισμένων ριζών
2. Προστατευτική μεμβράνη (VLU-300, Diadem)
3. Αποστραγγιστικό στοιχείο (DiaDrain-25, Diadem) (από κυψέλες για αποθήκευση νερού και οπές για αερισμό του ριζικού συστήματος και εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα ανάπτυξης)
4. Διηθητικό φύλλο (VLF-150, Diadem): για την προστασία του υποκείμενου φίλτρου αποστράγγισης και τη γρήγορη απαγωγή του πλεονάζοντος νερού.
5. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρίας DIADEM, που εδράζει στη Γερμανία και ο αντιπρόσωπός της στην Ελλάδα είναι η εταιρία Πράσινη Στέγη (Μαιάνδρου 83 και Φλαβιανών, Νέα Φιλαδέλφεια-Αθήνα).

Το διηθητικό φύλλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου VLF-150, το οποίο κατασκευάζεται από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, πάχους 1,9 mm, βάρους 0,1 Kg/m<sup>2</sup> και τοποθετήθηκε με τρόπο ώστε να καλύπτει τα τοιχώματα του κιβωτίου μέχρι το ύψος του υποστρώματος για αποφυγή μεταφοράς των τεμαχιδίων του υποστρώματος ανάπτυξης στις κατώτερες στρώσεις προκαλώντας ζημιά στο αποστραγγιστικό σύστημα. Το αποστραγγιστικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου DiaDrain-25 και κατασκευάζεται από ανακυκλωμένο πολυστυρένιο, πάχους 2,5 cm, βάρους 1,3 Kg/m<sup>2</sup> με χωρητικότητα νερού 9,52 L/m<sup>2</sup> και μέγιστο επιτρεπόμενο όριο φορτίου 484 KN/ m<sup>2</sup>. Το υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και μηχανικής προστασίας της μόνωσης ήταν τύπου VLU-300 από συνθετικό υλικό, πάχους 1,8 mm, βάρους 0,3 Kg/m<sup>2</sup> και με ικανότητα συγκράτησης νερού.

### **2.2.3.Συστατικά υποστρωμάτων**

Όμοια με το πείραμα 1.

#### 2.2.4.Σύνθεση υποστρωμάτων

Όμοια με το πείραμα 1.

#### 2.2.5.Πάχος υποστρώματος

Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε δύο πάχη 7 και 15 cm.

#### 2.2.6.Άρδευση

Από τις 19 Ιουνίου 2009 μέχρι τις 24 Ιουνίου 2009 η άρδευση των φυτών έγινε με ποτιστήρι, ενώ από τις 19 Ιουνίου 2009 η άρδευση γινόταν με αυτόματο σύστημα (WTA2875). Σε κάθε φυτό αντιστοιχούσε ένας σταλλάκτης σταθερής παροχής (2 L/h). Η συχνότητα και ο χρόνος των αρδεύσεων άλλαζαν ανάλογα με την εποχή και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα:

- 25 Ιουνίου έως 2 Ιουλίου 2009: 10 λεπτά ανά δύο ημέρες
- 3 Ιουλίου έως 7 Ιουλίου 2009: δεν έγινε άρδευση
- 8 Ιουλίου έως 4 Νοεμβρίου 2009: τρία λεπτά ανά δύο ημέρες
- 5 Νοεμβρίου έως 10 Φεβρουαρίου 2010: ένα λεπτό ανά τρεις ημέρες
- 11 Φεβρουαρίου 2010 έως λήξη πειράματος: δύο λεπτά ανά τρεις ημέρες

#### 2.2.7. Πειράματα και επεμβάσεις

##### 2.2.7.1.Εγκατάσταση και περιγραφή πειράματος

Το πείραμα ξεκίνησε στις 19 Ιουνίου του 2009 σε αίθριο κτιρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37°58'54.65''N, 23°42'19.33''E) και ολοκληρώθηκε στις 12 Ιουλίου 2010. Στο συγκεκριμένο πείραμα μελετήθηκε η πορεία ανάπτυξης φυτών ηλικίας 8 μηνών, δηλαδή το χρονικό διάστημα Μαρτίου-Ιουλίου 2010. Ο χώρος διεξαγωγής του πειράματος διαιρέθηκε σε 12 τεμάχια διαστάσεων 1x1 m το καθένα, από τα οποία για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος τα 6 φυτεύτηκαν με το φυτό *Hyssopus officinalis* (Σχήμα 1). Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 84 φυτά. Σε κάθε τεμάχιο για κάθε πάχος και είδος υποστρώματος φυτεύτηκαν 14 φυτά (14 φυτά x 3 υποστρώματα για κάθε πάχος).

<i>Hyssopus officinalis</i>	<i>Hyssopus officinalis</i>	<i>Hyssopus officinalis</i>	
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--

Υπόστρωμα Β (7 cm)	Υπόστρωμα Β (15 cm)	Υπόστρωμα Α (15 cm)	Άλλο πείραμα
<i>Hyssopus officinalis</i> Υπόστρωμα Γ (7 cm)	Άλλο πείραμα	<i>Hyssopus officinalis</i> Υπόστρωμα Γ (15 cm)	Άλλο πείραμα
<i>Hyssopus officinalis</i> Υπόστρωμα Α (7 cm)	Άλλο πείραμα	Άλλο πείραμα	Άλλο πείραμα

Σχήμα 1. Απεικόνιση πειραματικών τεμαχίων

Σε όλα τα πειραματικά τεμάχια από κάτω και προς τα πάνω τοποθετήθηκαν κατά σειρά η αντιριζική μεμβράνη, το φύλλο προστασίας, η αποστραγγιστική στρώση, το διηθητικό φύλλο και ακολούθως το υπόστρωμα ανάπτυξης. Κατά την προετοιμασία των μιγμάτων των τριών διαφόρων υποστρωμάτων, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη πολύ καλή ανάμειξη των συστατικών του για εξασφάλιση ομοιόμορφης σύστασης στο μέσο ανάπτυξης των φυτών. Η επιλογή των πειραματικών τεμαχίων έγινε τυχαία.

## 2.2.8.Μετρήσεις

### 2.2.8.1. Μέτρηση βιομετρικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του πειράματος

Έγιναν μετρήσεις βιομετρικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους σε όλα τα φυτά από όλες τις επεμβάσεις.

#### 2.2.8.1.1 Πορεία ύψους

Κάθε μήνα γινόταν έλεγχος της πορείας του ύψους των φυτών. Η μέτρηση του ύψους γινόταν με χρήση χάρακα από το λαιμό του φυτού μέχρι τον ακραίο οφθαλμό

#### 2.2.8.1.2.Μέτρηση αριθμού διακλαδώσεων

Κάθε μήνα γινόταν καταμέτρηση του αριθμού διακλαδώσεων σε κάθε φυτό ξεχωριστά.

#### 2.2.8.1.3.Ιστοχημική ανάλυση μορφολογικών και ανατομικών χαρακτηριστικών

**I) Προετοιμασία νωπών σκευασμάτων για παρατήρηση με οπτικό μικροσκόπιο (O.M.)**



Για παρατήρηση με το Ο.Μ. (φθορισμού και φωτεινού πεδίου μετά από εφαρμογή ιστοχημικών μεθόδων), κόπηκαν εγκάρσιες τομές πάχους 25  $\mu\text{m}$  με κρυστόμο (κρυοστάτη) τύπου Leica CM1850 σε θερμοκρασία  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  και με χρήση υγρού ψύξης-έγκλισης Jung Tissue Freezing Medium (Leica Microsystems Nussloch GmbH, Germany).



Εικόνα 12. Οπτικό Μικροσκόπιο (Ο.Μ.)

## II) Μικροσκοπία φθορισμού

Για τη παρατήρηση με το μικροσκόπιο φθορισμού οι τομές ξεπλύθηκαν αρχικά με αποσταγμένο νερό σε ύαλο ωρολογίου και στη συνέχεια είτε παρατηρήθηκαν απευθείας σε σταγόνα νερού είτε ύστερα από κατάλληλη χρώση.

Το οπτικό μικροσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε για όλες τις παρατηρήσεις και τη φωτογράφιση ήταν τύπου Olympus BX40 εξοπλισμένο με ψηφιακή βιντεοκάμερα Olympus DP71. Για το μικροσκόπιο φθορισμού χρησιμοποιήθηκε φίλτρο διεγέρτη BP 330-385 και φίλτρο φραγμού BA 420.

## III) Σύσταση διαλυμάτων

### I. Μονιμοποιητικό διάλυμα Karnovsky

2 g παραφορμαλεύδης διαλύονται σε 25 mL αποσταγμένο νερό, στους  $60-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  με ανάδευση. Προστίθεται 1N NaOH σταγόνα-σταγόνα με συνεχή ανάδευση μέχρι το διάλυμα να γίνει διαυγές. Όταν κρυώσει το διάλυμα, προστίθενται 10

mL γλουταρικής αλδεύδης 25% και συμπληρώνεται το διάλυμα μέχρι τα 50 mL με κακοδυλικό ρυθμιστικό διάλυμα. Το τελικό pH είναι 7,2.

## II. Ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών 0,1 M (Sorensen)

Διάλυμα stock A:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  35,61 g/L

Διάλυμα stock B:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  27,60 g/L

Τα διαλύματα A και B μπορούν να διατηρηθούν στους 4 °C για μερικές εβδομάδες. Για ρυθμιστικό διάλυμα με pH 7,2, 36 mL από το A ανακατεύονται με 14 mL από το B και συμπληρώνεται μέχρι τα 100 mL με αποσταγμένο νερό.

## IV) Χρωστικές

### I. Αντιδραστήριο Nadi

Το αντιδραστήριο χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό τερπενοειδών, τα οποία και αποκτούν χρώμα ιώδες-βιολετί. Το διάλυμα παρασκευάζεται ακριβώς πριν χρησιμοποιηθεί. Επειδή είναι φωτοευαίσθητο διατηρείται σε σκουρόχρωμο μπουκαλάκι και η χρώση των τομών γίνεται στο (Pasqua et al., 2003). Για την Παρασκευή του διαλύματος αναμιγνύονται 0,5 mL από 1% *a-naphthol* σε 40% αλκοόλη, με 0,5 mL από 1% *N,N*-dimethyl-*p*-phenylenediamine monohydrochloride σε αποσταγμένο νερό και με 49 mL φωσφορικού ρυθμιστικού διαλύματος 0,05 M (pH 7,2). Οι τομές παραμένουν στο αντιδραστήριο για 1 h. Η παρατήρηση γίνεται σε γλυκερόλη για το O.M.

### II. Sudan IV

Το αντιδραστήριο χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό λιπιδίων, κουτίνης και σουβερίνης, εκτός των φωσφορολιπιδίων, τα οποία και χρωματίζονται κόκκινα. Η αντίδραση στηρίζεται στην επιλεκτική διαλυτότητα της χρωστικής στα λιπίδια (Jensen, 1962).

Επειδή χρησιμοποιείται διάλυμα σε αλκοόλη απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην διατήρηση των χρόνων, διότι η αλκοόλη είναι διαλύτης των λιπών και μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα από την μεγάλη παραμονή τους στο διάλυμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κορεσμένο διάλυμα σε αλκοόλη.

Οι τομές εμβαπτίζονται στο διάλυμα για 2-5 min. Ακολουθεί γρήγορη έκπλυση σε 50% αλκοόλη. Τέλος, γίνεται παρατήρηση σε γλυκερόλη στο O.M.

### III. Τριχλωριούχο Αργίλιο/ Aluminium Trichloride ( $AlCl_3$ )

Το διάλυμα αυτό χρησιμοποιείται στον εντοπισμό φλαβονών (flavones), φλαβονολών (flavonols) και φλαβονονών (flavanones) με το μικροσκόπιο φθορισμού. Ο φθορισμός που προκύπτει είναι πρασινοκίτρινος για τις φλαβόνες, κίτρινος για τις φλαβονόλες και μπλε για τις φλαβονόνες. Το διάλυμα παρασκευάζεται είτε με νερό είτε με αιθυλική αλκοόλη, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο (Guerin et al, 1971).

Το διάλυμα προκύπτει με διάλυση 5% χλωριούχου αργιλίου σε νερό ή σε αιθυλική αλκοόλη. Οι τομές τοποθετούνται σε λίγες σταγόνες διαλύματος και ακολουθεί η άμεση παρατήρηση στο μικροσκόπιο φθορισμού.

### IV. Dragendorff's

Η χρωστική αυτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση νιτρικών, αλκαλοειδών, αντιαρρυθμιακών ουσιών και απολυμαντικών καθώς επίσης ανιχνεύει την ύπαρξη φαινολών.

## 2.2.8.2.Μετρήσεις καταστροφικού πειράματος

Το καταστροφικό πείραμα έγινε σε φυτά ηλικίας 13 μηνών. Στα φυτά τα οποία απομακρύνθηκαν έγιναν οι εξής μετρήσεις:

### 2.2.8.2.1.Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου

Η μέτρηση του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους έγινε μετά την έξοδό τους από τα τεμάχια φύτευσης με χρήση ζυγού ακριβείας (METTLER PJ3600 DeltaRange).

Η μέτρηση του ξηρού βάρους έγινε κατόπιν αποξηράνσεως των φυτών σε ξηραντήριο, σε θερμοκρασία 70 °C, για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 3 ημερών.

### 2.2.8.2.2. Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας, Leaf Area Index (LAI) και Specific Leaf Area (SLA)

Όμοια με πείραμα 1<sup>ο</sup>.

### **2.2.9.Πειραματικό σχέδιο**

Όμοια με το πείραμα 1<sup>ο</sup>.

### 3. Αποτελέσματα

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

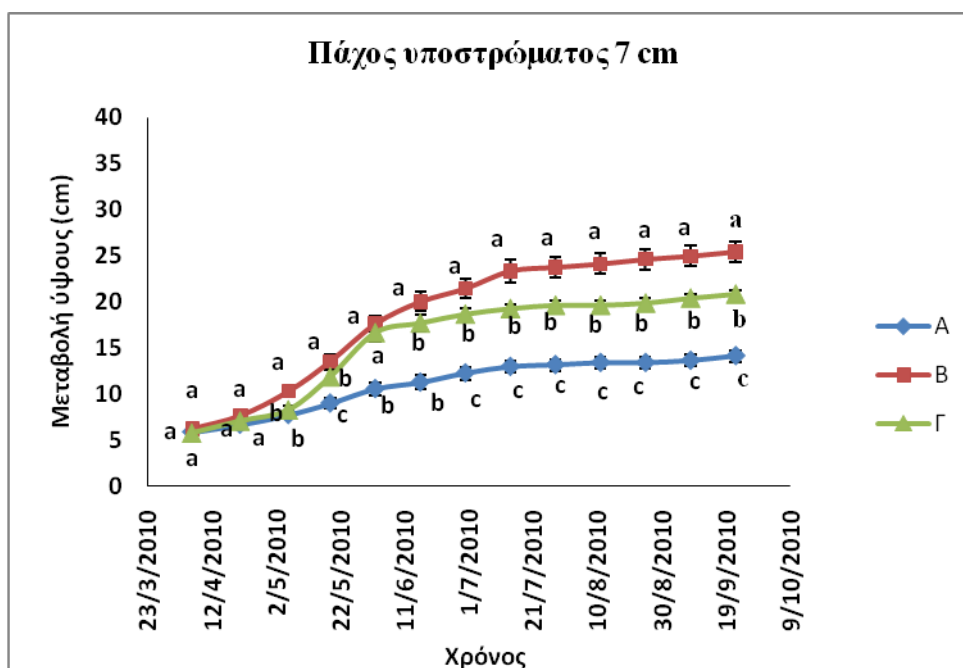
#### 3.1. *Mentha pulegium* (Φλισκούνη)

##### 3.1.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά

##### 3.1.1.1. Μεταβολή ύψους

Στην διπαραγοντική ανάλυση μεταξύ της μεταβολής του ύψους (παράγοντας Α) και του πάχους υποστρώματος (παράγοντας Β) διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα) και στα δύο πάχη που εξετάστηκαν.

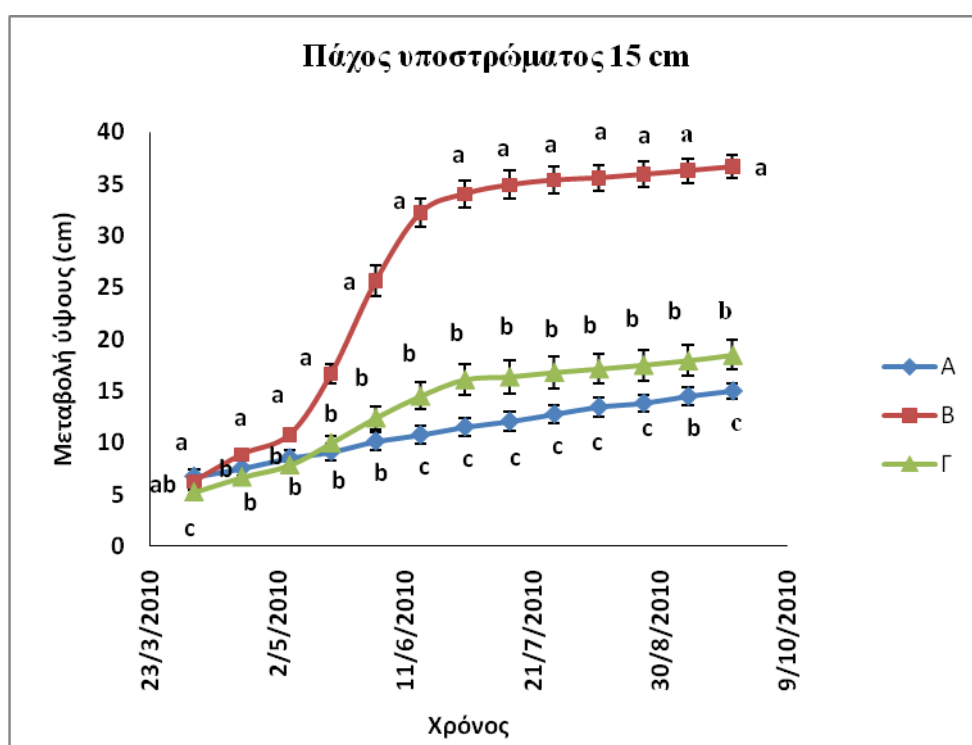
##### i) Πάχος υποστρώματος 7 cm



Σχήμα 1. Μεταβολή ύψους στο χρόνο της *Mentha pulegium* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και πάχος υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Το υπόστρωμα Β φαίνεται από την αρχή να έχει τη μεγαλύτερη απόδοση στην ανάπτυξη της *Mentha pulegium*. Η διαφοροποίηση αυτή φαίνεται από τις δύο πρώτες εβδομάδες. Το χόμα ως συστατικό του υποστρώματος (Β) είχε σημαντικά τη μεγαλύτερη επίδραση στην προώθηση του ύψους των φυτών σε σχέση με την κομπόστα (συστατικό του υποστρώματος Α) η οποία είχε την μικρότερη επίδραση. Η διαφοροποίηση αυτή παρατηρήθηκε από την 4<sup>η</sup> μέτρηση, δηλαδή σε φυτά ηλικίας 2 μηνών. Το υπόστρωμα Γ όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω της σύστασής του είχε ενδιάμεση επίδραση στο ύψος σε σχέση με τα υποστρώματα Α και Β.

## ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



Σχήμα 2. Μεταβολή ύψους στο χρόνο της *Mentha pulegium* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60%ελαφρόπετρα:40%κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χόμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χόμα) και πάχος υποστρώματος 15 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Από το σχήμα 2 παρατηρείται ότι το υπόστρωμα Β σε βάθος υποστρώματος 15 cm παρουσίασε καλύτερη εγκατάσταση φυτών και μεγαλύτερο ύψος. Παρότι η *Mentha pulegium* είναι εδαφοκαλυπτικό φυτό είναι σημαντικό ότι το χόμα ως συστατικό (υπόστρωμα Β) συνέβαλε στη καλύτερη ανάπτυξη του ακόμα και σε βαθύτερα υποστρώματα. Η κομπόστα ως συστατικό του υποστρώματος Α είχε την μικρότερη

επίδραση στη πορεία του ύψους, σε αντίθεση με το υπόστρωμα Γ που είχε ενδιάμεση αντίδραση, λόγω της ισόποσης ποσότητας που περιείχε σε χώμα και κομπόστα.

### 3.1.1.2.Καταστροφικό πείραμα

Κατά την καταστροφή των φυτών ηλικίας 6 μηνών έγιναν κάποιες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η ανάπτυξη τους στα δύο πάχη και στους διάφορους τύπους υποστρώματος. Στη διπαραγοντική ανάλυση διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) και στα δύο πάχη (7 και 15 cm). Στη συνέχεια ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση για κάθε πάχος υποστρώματος (7 και 15 cm) χωριστά και για κάθε υπόστρωμα σε σχέση με το πάχος του.

#### 3.1.1.2.1.Μέτρηση ξηρού βάρους

Πίνακας 1. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο ξηρό βάρος (Ξ.Β) φυτών ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). 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  $P<0.05$ ).

Υποστρώματα	Ξ.Β (g d.w)
7 cm	
A	0.13 b
B	0.63 a
Γ	0.25 b
15 cm	
A	0.12 c
B	1.63 a*
Γ	0.31 b*
Αλληλεπίδραση	s

Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο διαφορετικά πάχη. S: σημαντική αλληλεπίδραση.

Στο πίνακα 1 παρατηρείται ότι το χώμα ως συστατικό του υποστρώματος Β σε πάχος 15 cm προώθησε την καλύτερη θρέψη των φυτών δίνοντας δύο φορές μεγαλύτερο ξηρό βάρος (Ξ.Β) από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος 7 cm. Επίσης φαίνεται να διαφοροποιείται σημαντικά το ξηρό βάρος (Ξ.Β) μεταξύ των δύο παχών σε φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Γ, τα οποία σημαντικά μεγαλύτερο Ξ.Β στα 15 cm σε σχέση με αυτά στα 7 cm.

### 3.1.2.Χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων ανάπτυξης

Πίνακας 2. Αρχική μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) των υποστρωμάτων ανάπτυξης πριν τη φύτευση. 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  $P<0.05$ ).

	pH	EC (μS/cm)
A	9.15	238
B	9.13	141
Γ	8.89	202

Από το πίνακα 2 παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα του pH έδειξαν ότι τα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν αλκαλικά. Υψηλότερο pH παρουσίασαν τα υποστρώματα Α και Β, ενώ χαμηλότερο το υπόστρωμα Γ. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος Α συμβάδισε με τα αποτελέσματα του pH δίνοντας εξίσου υψηλή EC, ενώ στο υπόστρωμα Β δεν παρουσιάστηκε η ίδια εικόνα καθώς είχε την μικρότερη EC από τα άλλα δύο υποστρώματα ανάπτυξης



Πίνακας 3. Μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης και στα δύο πάχη υποστρώματος στο τέλος του πειράματος μετά τη καταστροφή των φυτών. 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  $P<0.05$ ).

	<b>pH</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>
<b>7 cm</b>		
<b>A</b>	8,87	113
<b>B</b>	9.37	80
<b>Γ</b>	8.98	140
<b>15 cm</b>		
<b>A</b>	8.45	112
<b>B</b>	8.99	168
<b>Γ</b>	8.92	105

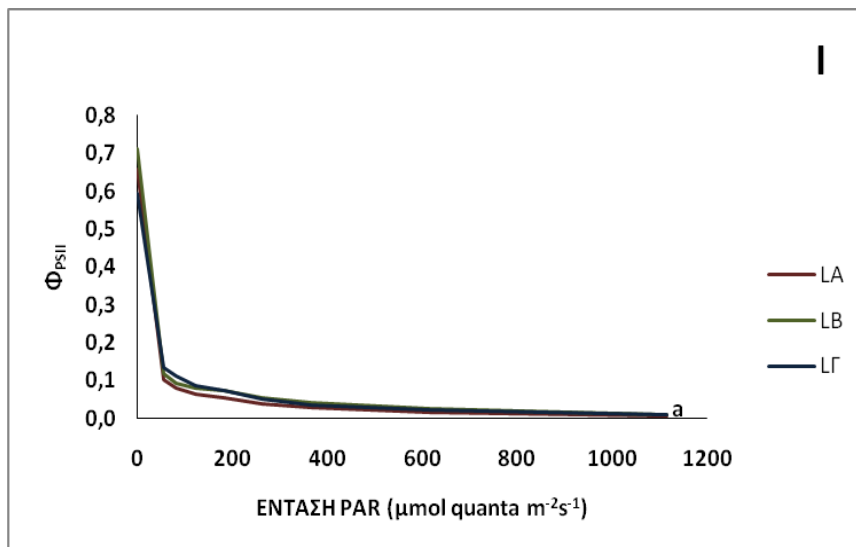
Στο πίνακα 3 παρατηρείται ότι το υπόστρωμα Β και στα δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm) είχε το μεγαλύτερο pH, ενώ το υπόστρωμα Α έδωσε τη μικρότερη τιμή pH. Στο πάχος των 7 cm τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα είχε το υπόστρωμα Γ, ενώ τη μικρότερη το υπόστρωμα Β. Σε αντίθεση με το χαμηλό πάχος υποστρώματος το υπόστρωμα Β στο πάχος των 15 cm παρουσίασε τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα, η εικόνα αυτή είναι ανάλογη με την υψηλή τιμή του pH. Το υπόστρωμα Γ σε πάχος 15 cm είχε τη μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

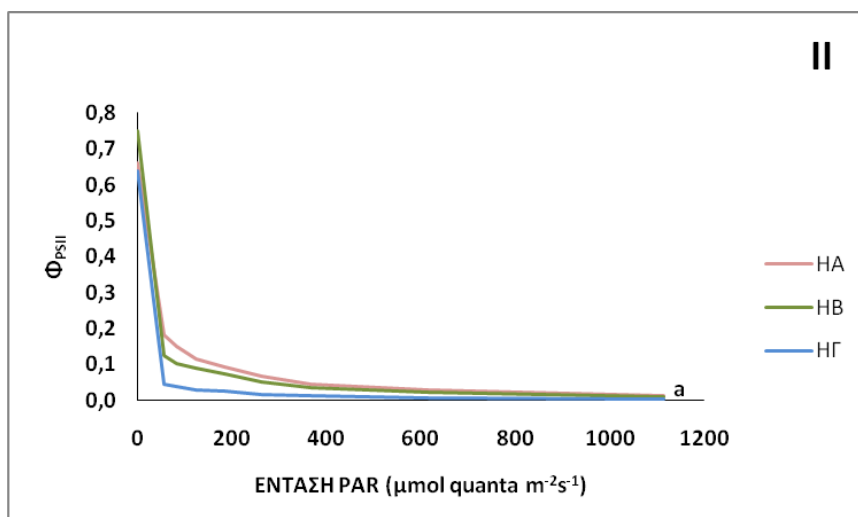
### 3.1.3. Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης φυτών *Mentha pulegium*

Η εκτίμηση της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών έγινε στη βάση των μετρήσεων που αφορούσαν τη λειτουργική φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII, τον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR), τον συντελεστή μη φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII (NPQ) και τη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ).

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μετά από μονοπαραγοντική ανάλυση της λειτουργικής φωτονιακής απόδοσης της φωτοχημείας του PSII, του φαινόμενου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR), του συντελεστή της μη -φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII (NPQ) και της θεμελιώδους φωτονικής απόδοσης της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ) για κάθε πάχος υποστρώματος χωριστά (7 και 15 cm) και για κάθε υπόστρωμα σε σχέση με το πάχος του, αντίστοιχα.

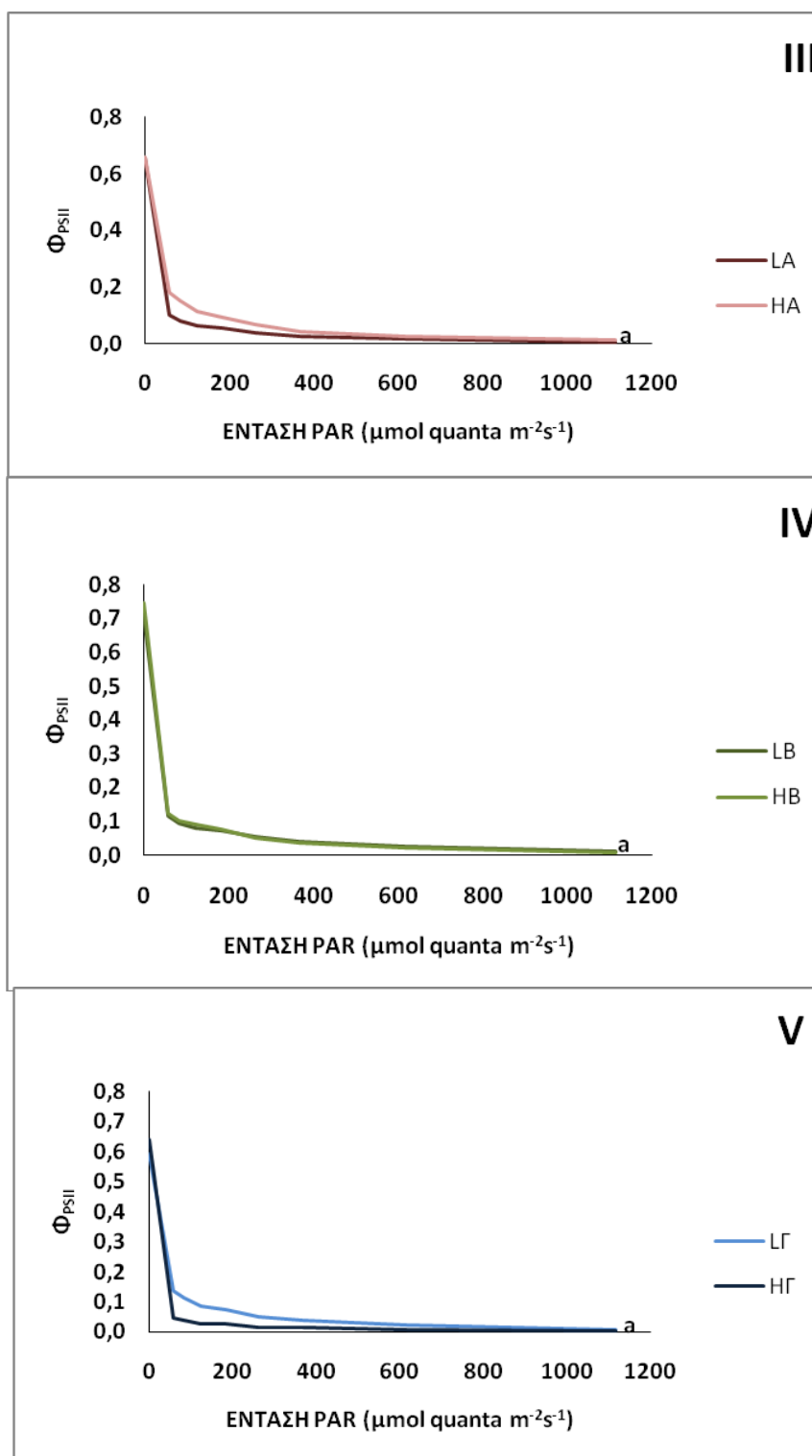
1<sup>η</sup> μέτρηση: Ιούνιος





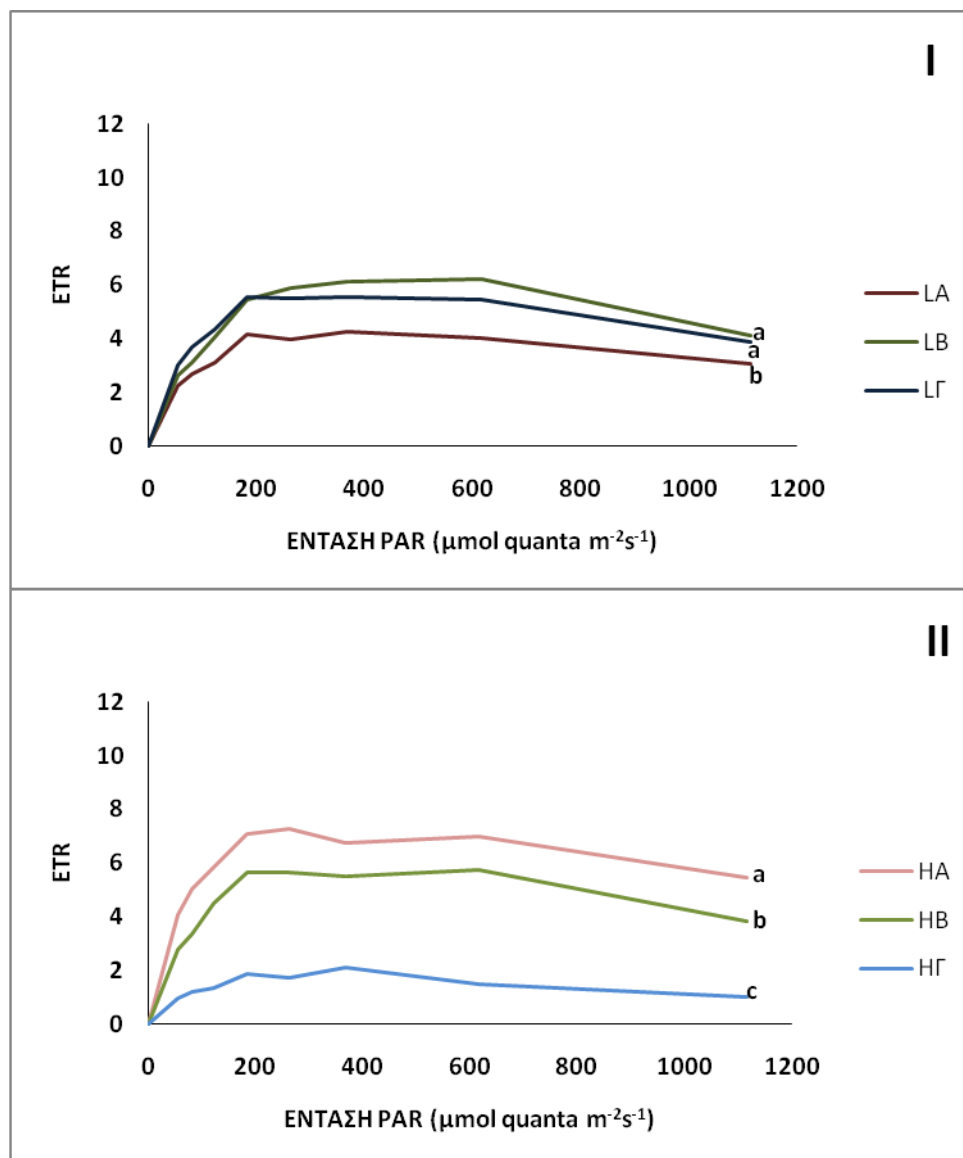
Σχήμα 3. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L: 7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στα διαγράμματα I και II δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης (Α, Β, Γ) και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).

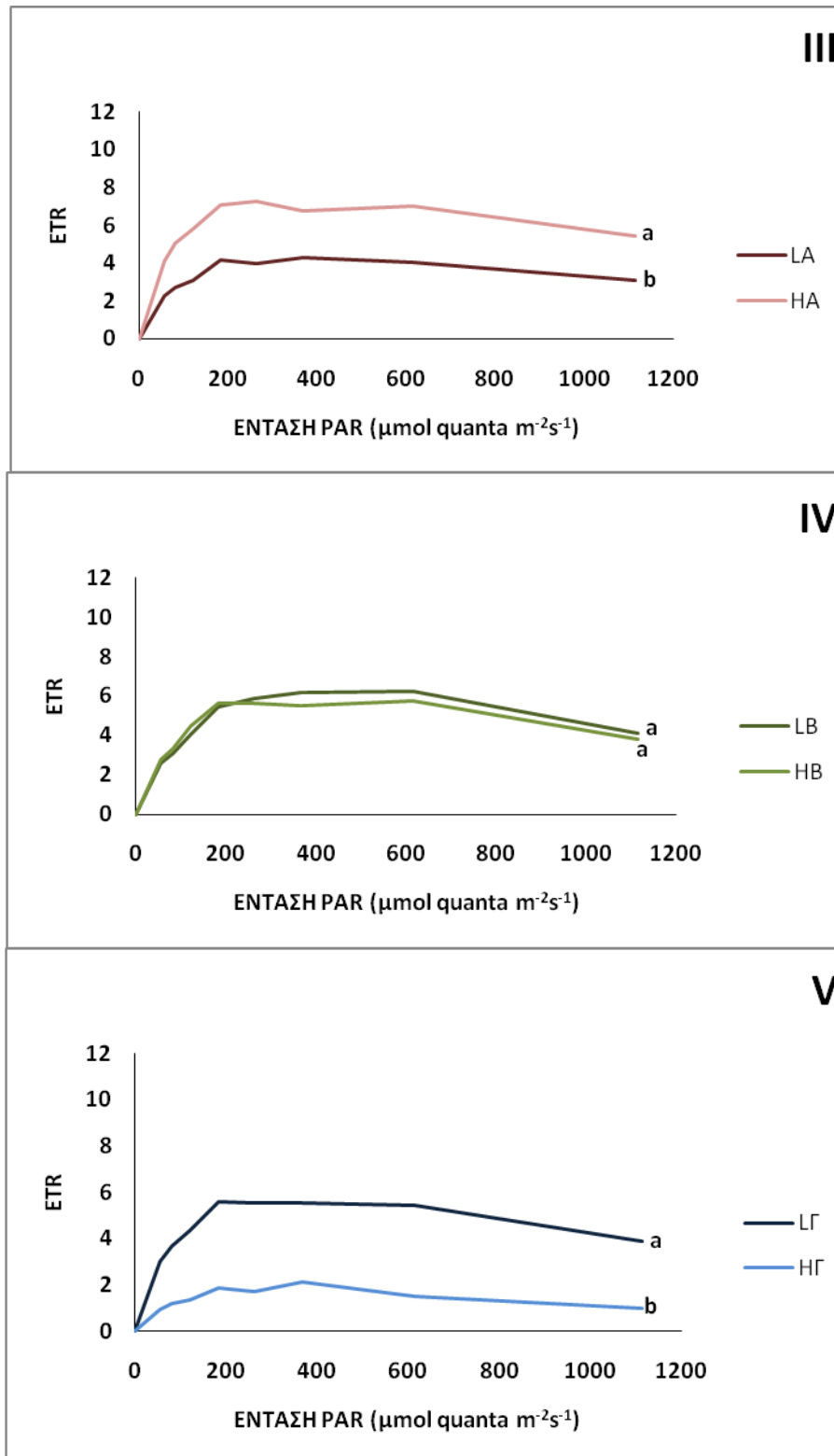


Σχήμα 4. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στα διαγράμματα III, IV και V (Σχήμα 4) δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII στη μεγαλύτερη ένταση μεταξύ των δύο παχών (7 και 15 cm) για τα διάφορα υποστρώματα (Α, Β, Γ).



Σχήμα 5. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (Η: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος Η: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

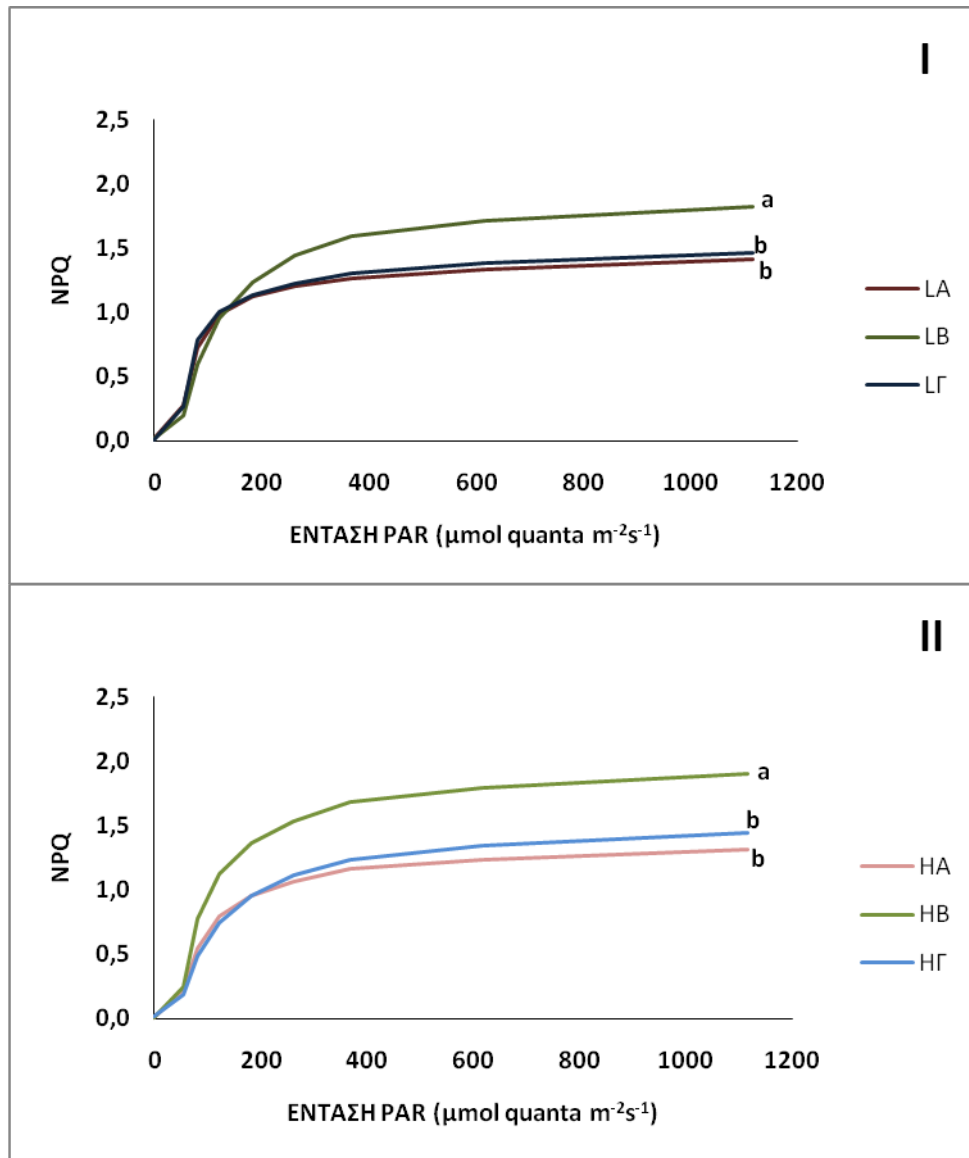


Σχήμα 6. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). ΙΙΙ: υπόστρωμα Α, ΙV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από

διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο διάγραμμα I (Σχήμα 5) παρατηρείται σημαντική διαφορά στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων στη μεγαλύτερη ένταση φωτός για το υποστρώμα Β σε πάχος 7 cm. Εξίσου καλά αποτελέσματα παρατηρούνται και στο υπόστρωμα Γ. Είναι εμφανές ότι στο αποτέλεσμα αυτό σημαντικό ρόλο παίζει η ύπαρξη του συστατικού χρώματος και στα δύο υποστρώματα. Στο διάγραμμα II (Σχήμα 5) παρατηρείται ότι σε πάχος υποστρώματος 15 cm τα καλύτερα αποτελέσματα παρατηρούνται στο υπόστρωμα Α. το υπόστρωμα Β παρουσίασε μία ενδιάμεση κατάσταση, ενώ το υπόστρωμα Γ έδωσε σημαντικά χαμηλότερη τιμή του ETR και την απόλυτα χαμηλότερη τιμή όλων των μεταχειρίσεων.

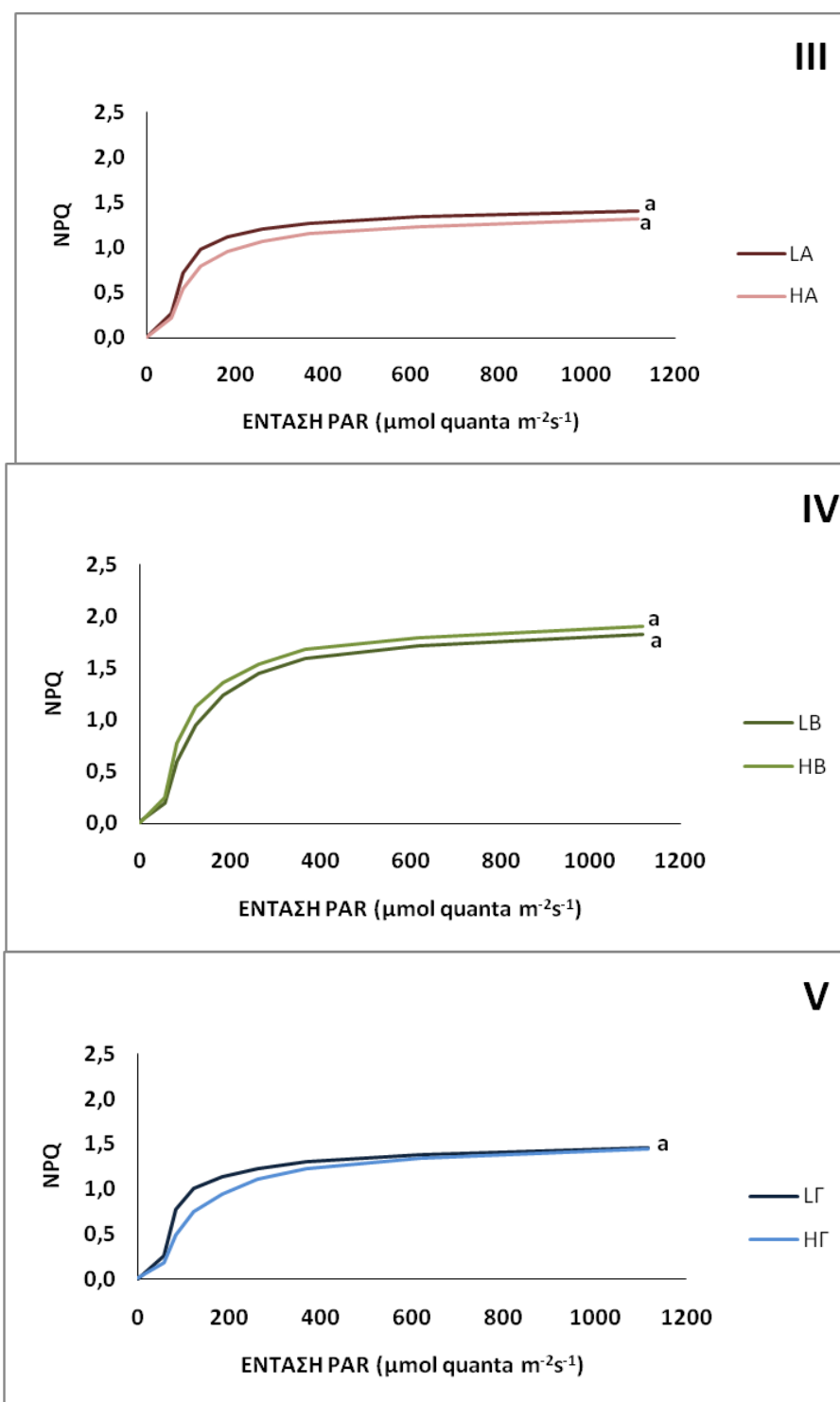
Στο σχήμα 6 παρατηρείται από το διάγραμμα III και IV ότι το πάχος υποστρώματος των 7 cm είχε σημαντικά μεγαλύτερη επίδραση στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων στη μέγιστη ένταση φωτός για τους τύπους υποστρώματος Α και Γ. στο υπόστρωμα Β δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος.



Σχήμα 7. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (Η: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος Η: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

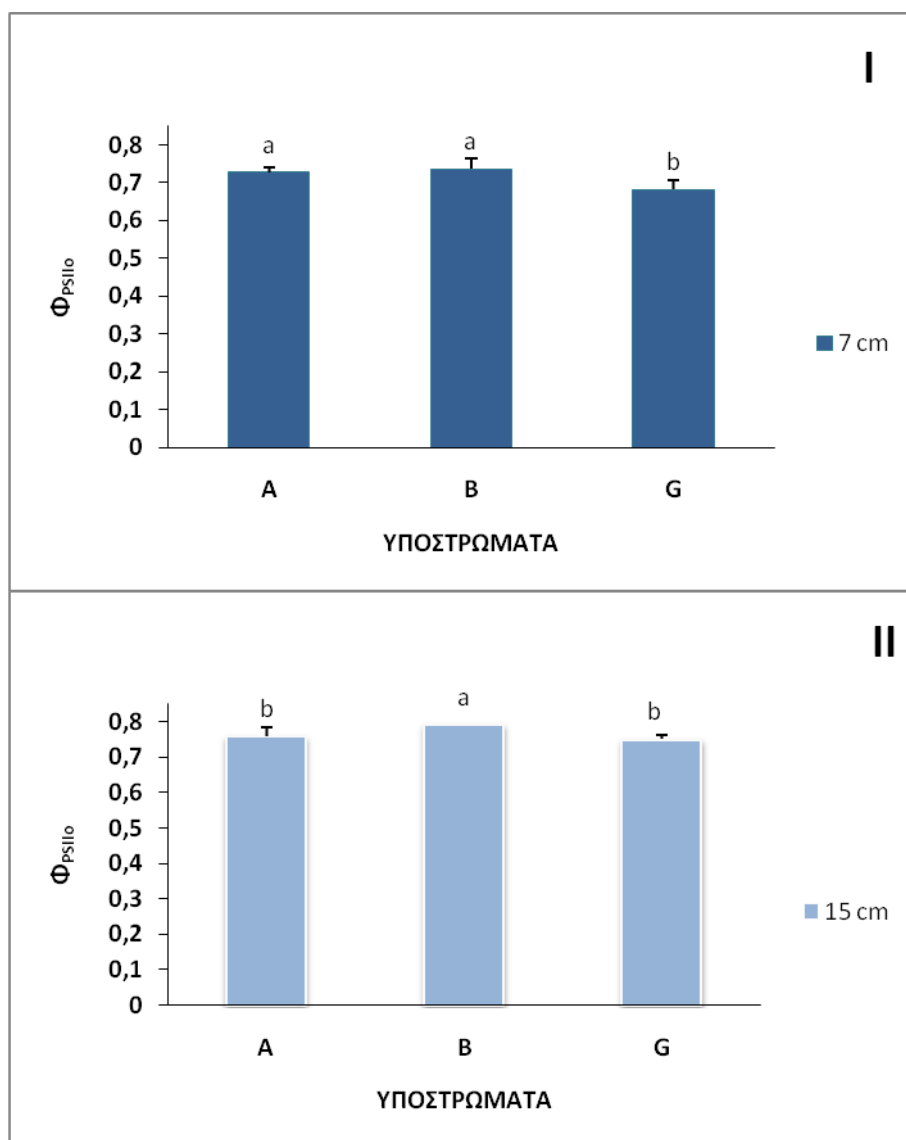
Στο σχήμα 7 παρατηρείται από τα διαγράμματα I και II ότι το υπόστρωμα Β έδωσε φυτά με μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή μη φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII στη μεγαλύτερη ένταση και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7 και 15 cm). Τα υποστρώματα Α και Γ δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των παχών ανάπτυξης.





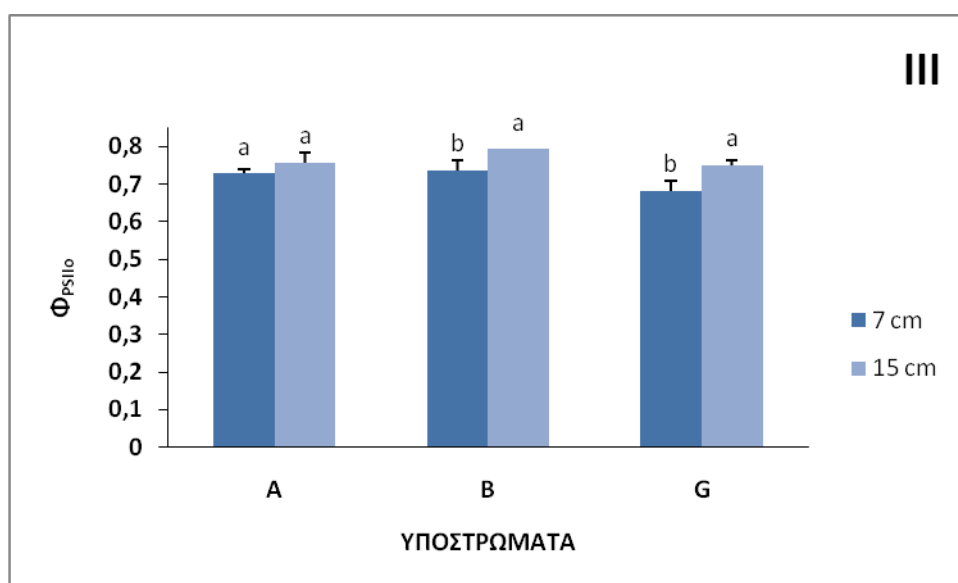
Σχήμα 8. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). III: υπόστρωμα Α, IV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 8 από τα διαγράμματα III, IV και V παρατηρείται ότι η επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο συντελεστή μη φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII στη μεγαλύτερη ένταση και στους τρεις τύπους υποστρωμάτων ανάπτυξης (Α, Β, Γ) ήταν μη σημαντική.



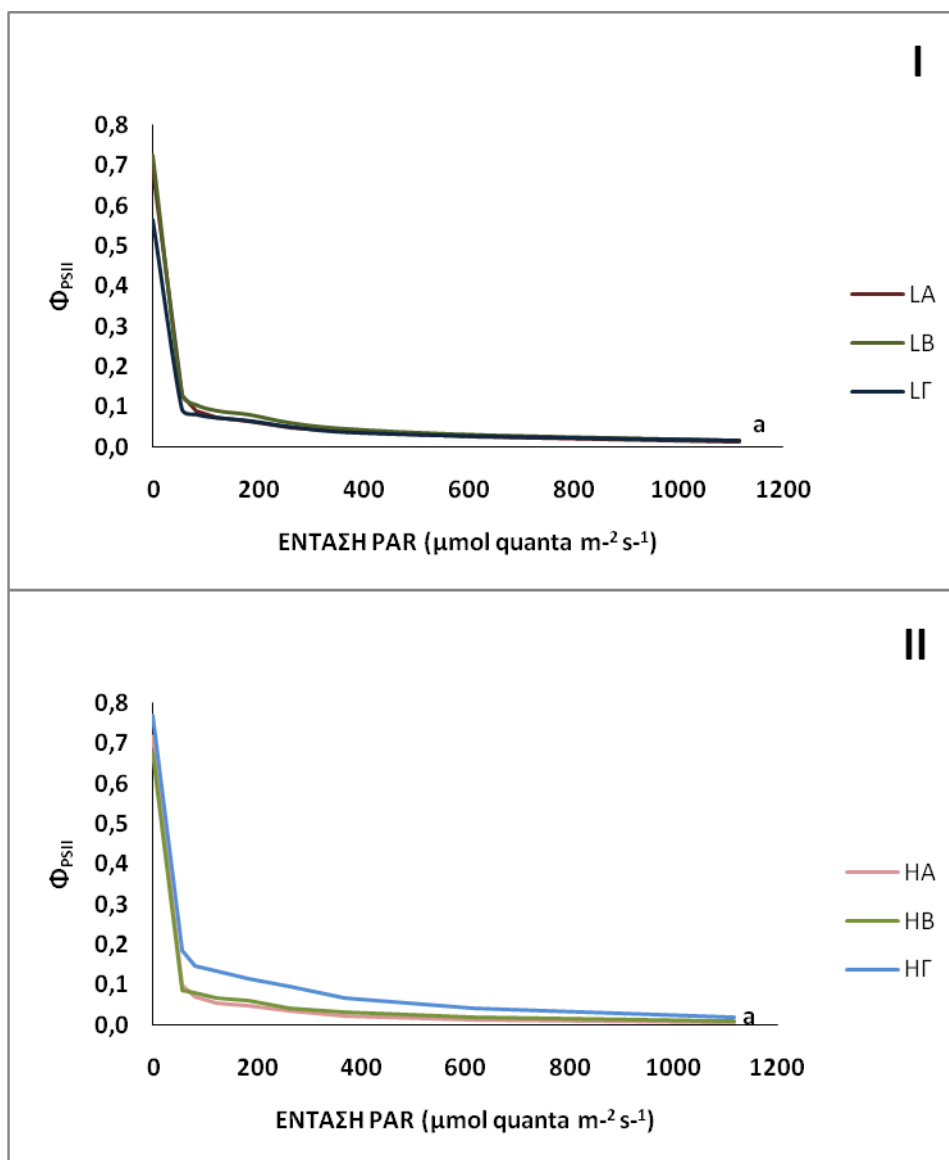
Σχήμα 9. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII f0}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο σχήμα 9 παρατηρείται από το διάγραμμα I ότι τα υποστρώματα A και B παρουσίασαν σημαντική επίδραση στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ), στο πάχος υποστρώματος των 7 cm. Σε αντίθεση με το υπόστρωμα Γ όπου η επίδραση αυτή ήταν μικρότερη. Στο διάγραμμα II παρατηρείται ότι το χόμα ως συστατικό του υποστρώματος B επέδρασε σημαντικά στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ) στη μέγιστη ένταση φωτός στο πάχος υποστρώματος των 15 cm.



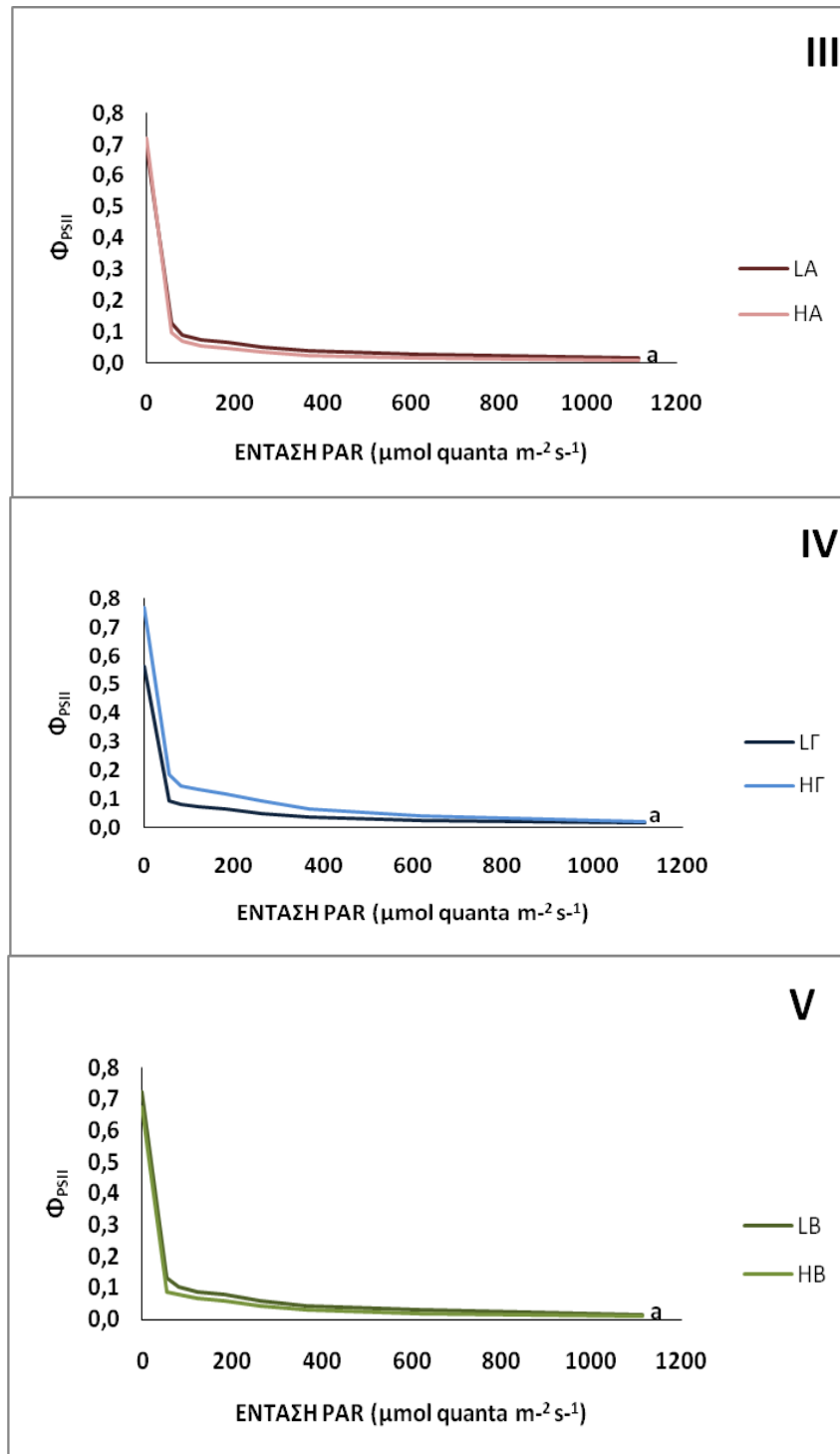
Σχήμα 10. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χόμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χόμα). (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 10 παρατηρείται από το διάγραμμα III ότι πάχος υποστρώματος των 15 cm επέδρασε σημαντικά στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ) στη μέγιστη ένταση φωτός στους τύπους υποστρώματος B και Γ, ενώ στο υπόστρωμα A δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των παχών ανάπτυξης. Ωστόσο, οι τιμές της παραμέτρου  $\Phi_{PSII_0}$  ήταν σε όλες τις μεταχειρίσεις σε σχετικά υψηλά επίπεδα υποδηλώνοντας την απουσία σοβαρών βλαβών στα φυτά.

2<sup>η</sup> μέτρηση: Ιούλιος

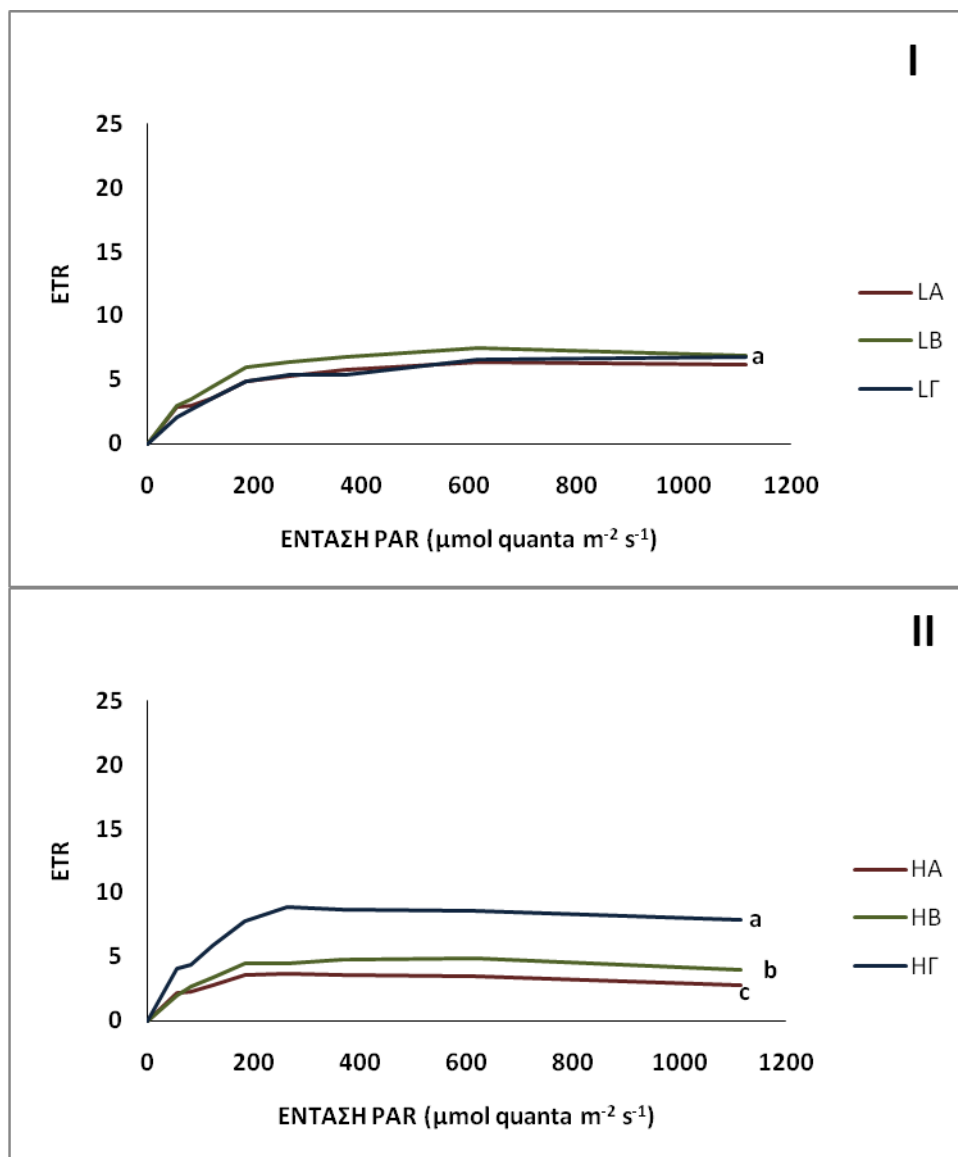
Σχήμα 11. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 11 από τα διαγράμματα I και II δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος στη λειτουργική φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII στη μέγιστη ένταση φωτός και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).

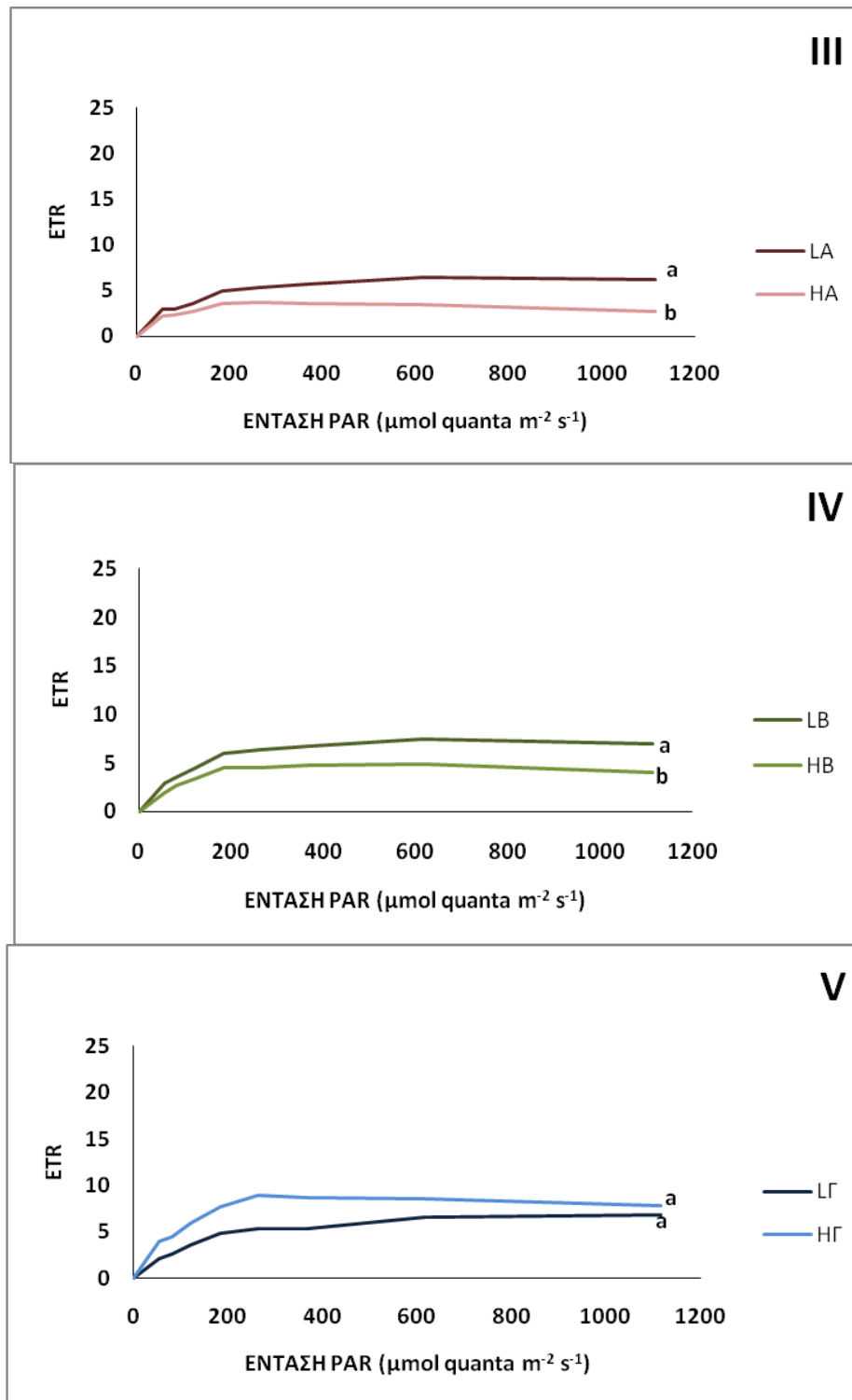


Σχήμα 12. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 12 από τα διαγράμματα III, IV και V δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση των δύο παχών στη λειτουργική φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII στη μέγιστη ένταση φωτός και στους τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (Α, Β, Γ).



Σχήμα 13. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

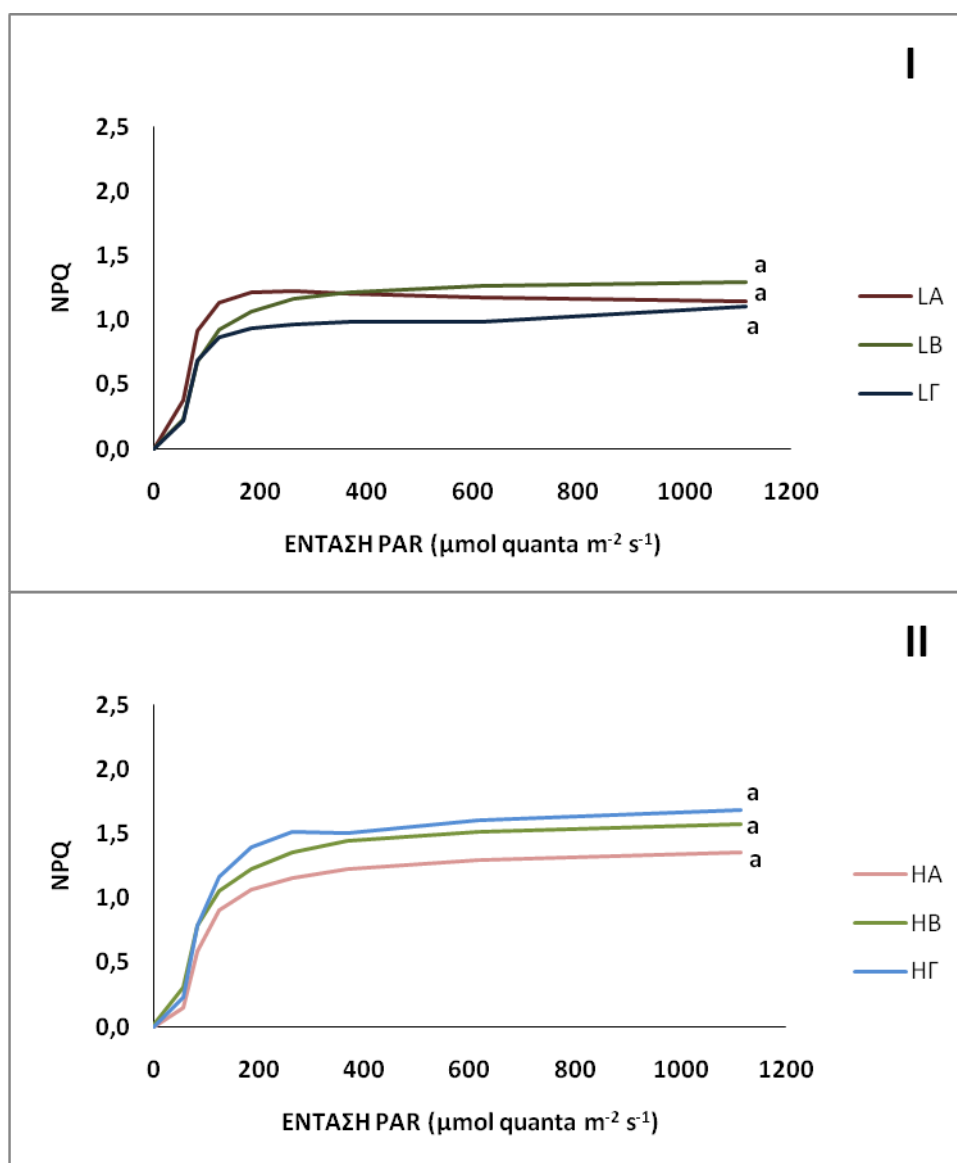


Σχήμα 14. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων συναρτήσεως της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). ΙΙΙ: υπόστρωμα Α, ΙV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο διάγραμμα I του σχήματος 13 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων στη μέγιστη ένταση φωτός σε φυτά ηλικίας 4 μηνών στο πάχος των 7 cm. Σε αντίθεση με το διάγραμμα II όπου παρατηρείται σημαντική επίδραση του υποστρώματος Γ στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων στη μέγιστη ένταση φωτός σε φυτά ηλικίας 4 μηνών στο πάχος των 15 cm. Μέτρια επίδραση στα 15 cm είχαμε στο υπόστρωμα Β, ενώ το υπόστρωμα Α έδωσε το χαμηλότερο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων.

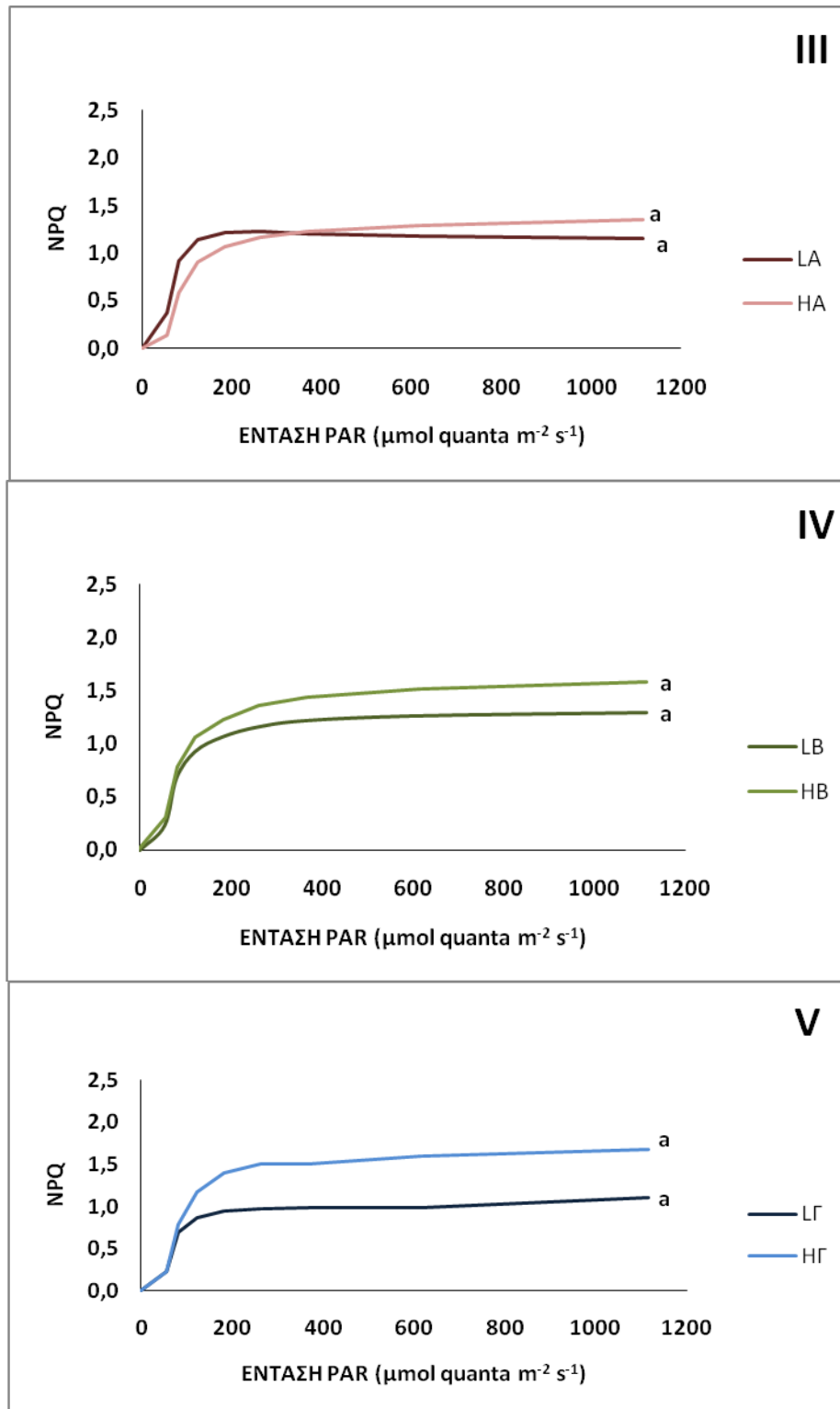
Στα διαγράμματα III και IV του σχήματος 14 παρατηρείται σημαντική επίδραση του πάχους υποστρώματος των 7 cm στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων στα υποστρώματα Α και Β, ενώ στο διάγραμμα V δεν παρατηρείται καμία επίδραση του υποστρώματος μεταξύ των δύο παχών (7 και 15 cm).





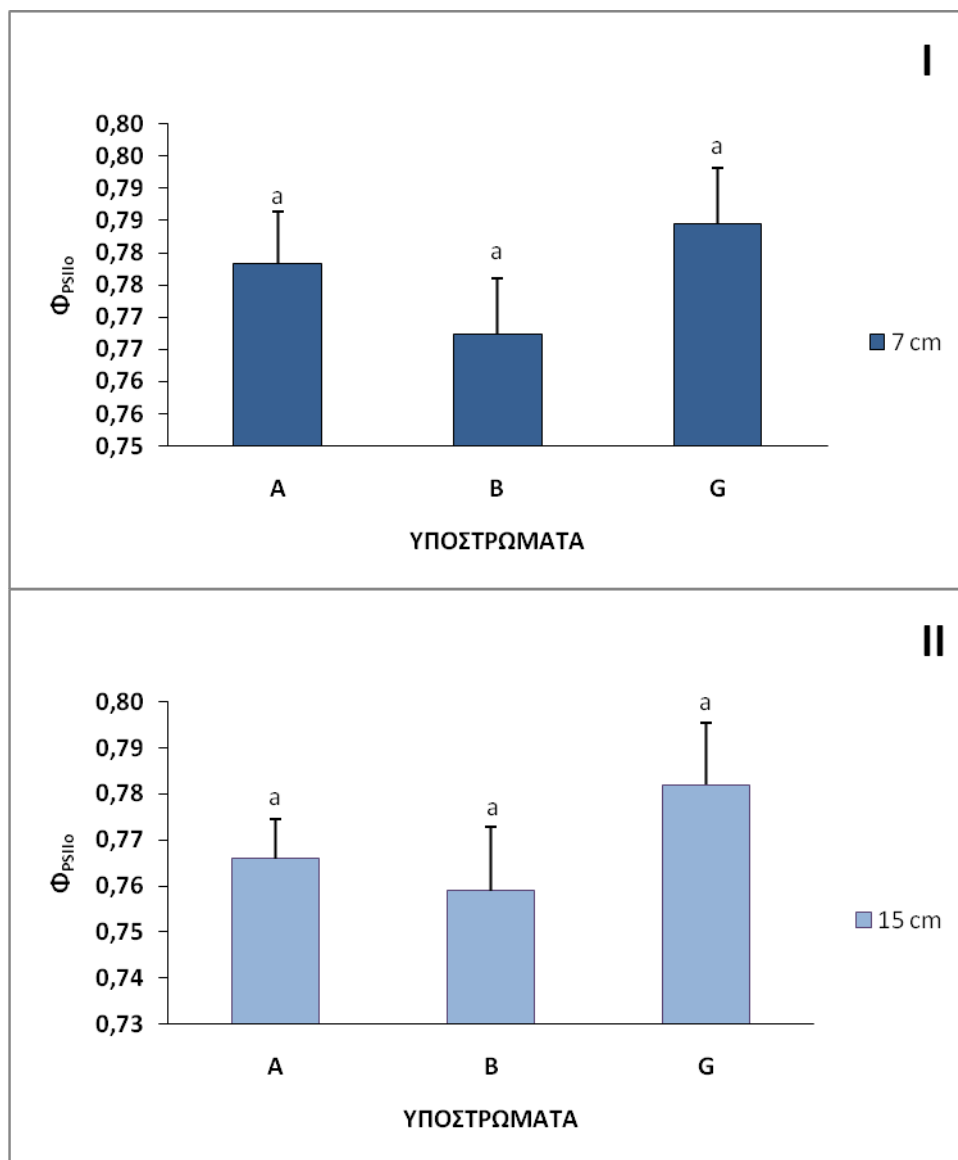
Σχήμα 15. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 15 δεν παρατηρείται από τα διαγράμματα I και II σημαντική επίδραση του τριών διαφορετικών υποστρωμάτων (Α, Β, Γ) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών και για τα δύο πάχη (7 και 15 cm).



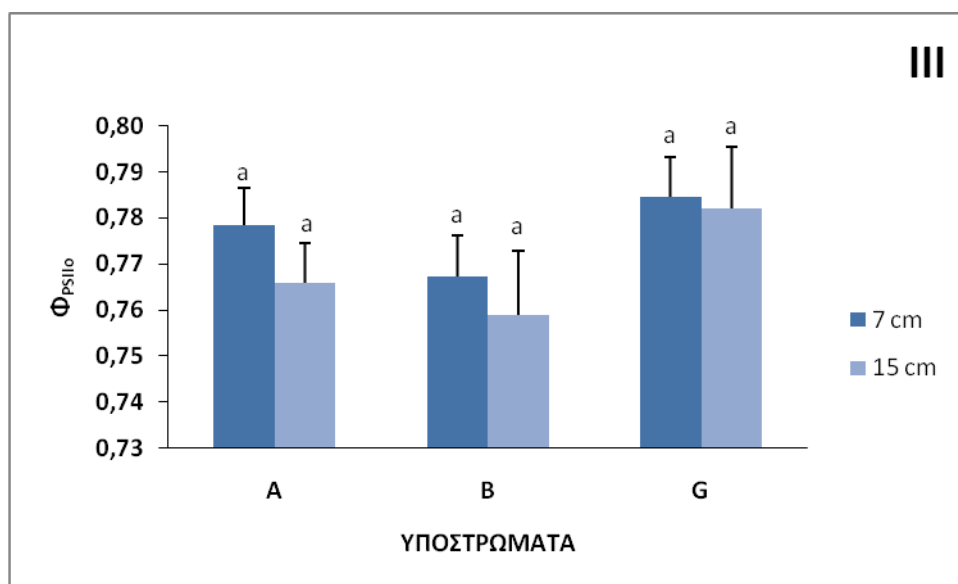
Σχήμα 16. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). III: υπόστρωμα Α, IV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 16 δεν παρατηρείται από τα διαγράμματα III, IV και V σημαντική επίδραση των παχών (7 και 15 cm) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών και στους τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων (Α, Β, Γ).



Σχήμα 17. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSIIo}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

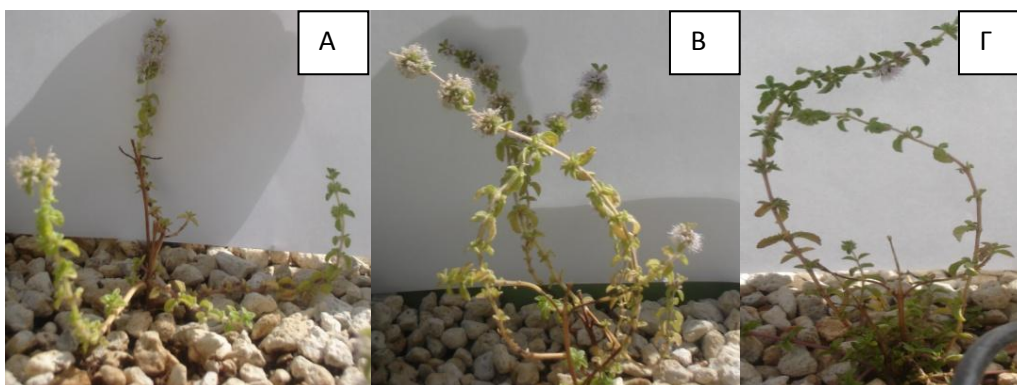
Στα διαγράμματα I και II δεν παρατηρείται καμία επίδραση και στους τρεις τύπους υποστρώματος (A, B, Γ) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII στη μέγιστη ένταση φωτός και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).



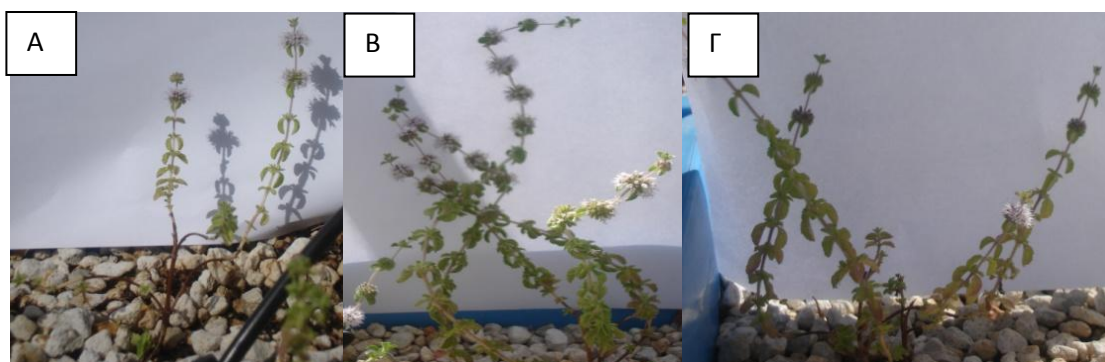
Σχήμα 18. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSIIo}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα). (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο διάγραμμα III του σχήματος 18 δεν παρατηρείται επίδραση και των δύο παχών (7 και 15 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII σε φυτά *Mentha pulegium* ηλικίας 4 μηνών και στους τρεις τύπους υποστρώματος (A, B, Γ). Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάθε περίπτωση, τα φυτά έδωσαν αρκετά υψηλές τιμές της παραμέτρου  $\Phi_{PSIIo}$  υποδηλώνοντας απουσία σοβαρών βλαβών από καταπόνηση. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό δεδομένης της περιόδου μέτρησης η οποία χαρακτηρίζεται από σημαντική παρουσία παραγόντων καταπόνησης.

### 3.1.4. Τεύχος φωτογραφιών



Εικόνα 1. Σύγκριση φυτών *Mentha pulegium* για το βάθος ανάπτυξης 7 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

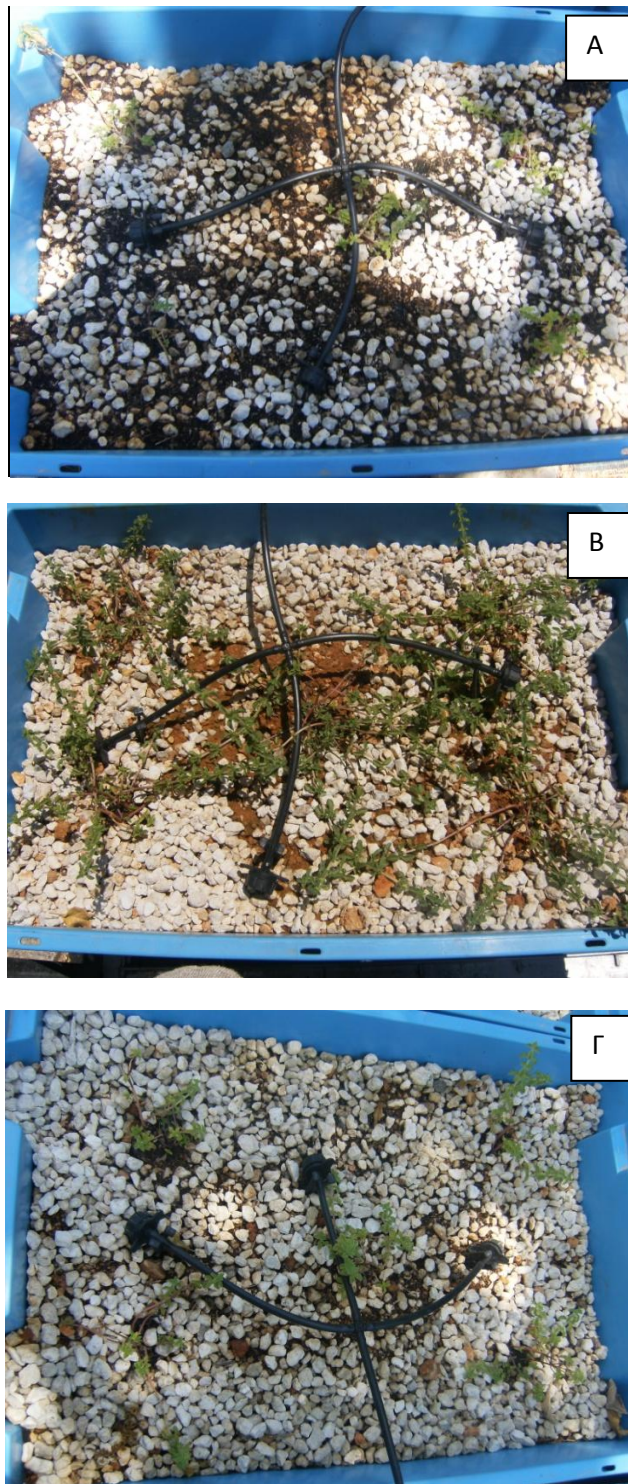


Εικόνα 2. Σύγκριση φυτών *Mentha pulegium* για το βάθος ανάπτυξης 15 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).





Εικόνα 3. Ανάπτυξη φυτών *Mentha pulegium* σε ηλικία 1 μηνός για το βάθος ανάπτυξης 7 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).



Εικόνα 4. Ανάπτυξη φυτών *Mentha pulegium* σε ηλικία 1 μηνός για το βάθος ανάπτυξης 15 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).



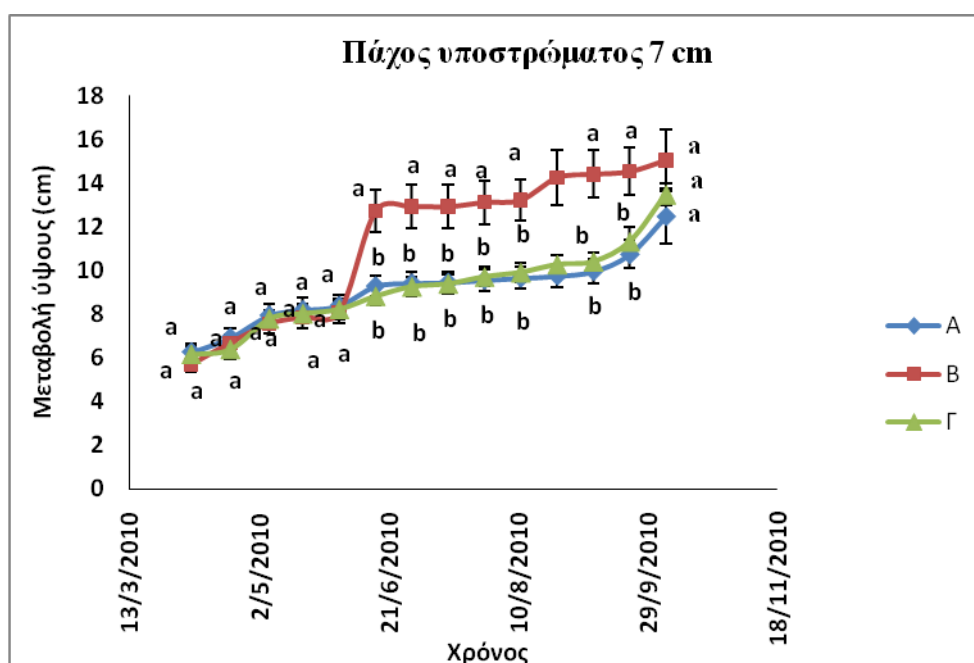
### 3.2. *Phlomis fruticosa* (Ασφόκα)

#### 3.2.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά

##### 3.2.1.1.a. Πορεία ύψους

Στην διπαραγοντική ανάλυση μεταξύ της μεταβολής του ύψους (παράγοντας A) και του πάχους υποστρώματος (παράγοντας B) δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και στα δύο πάχη που εξετάστηκαν.

##### i) Πάχος υποστρώματος 7 cm



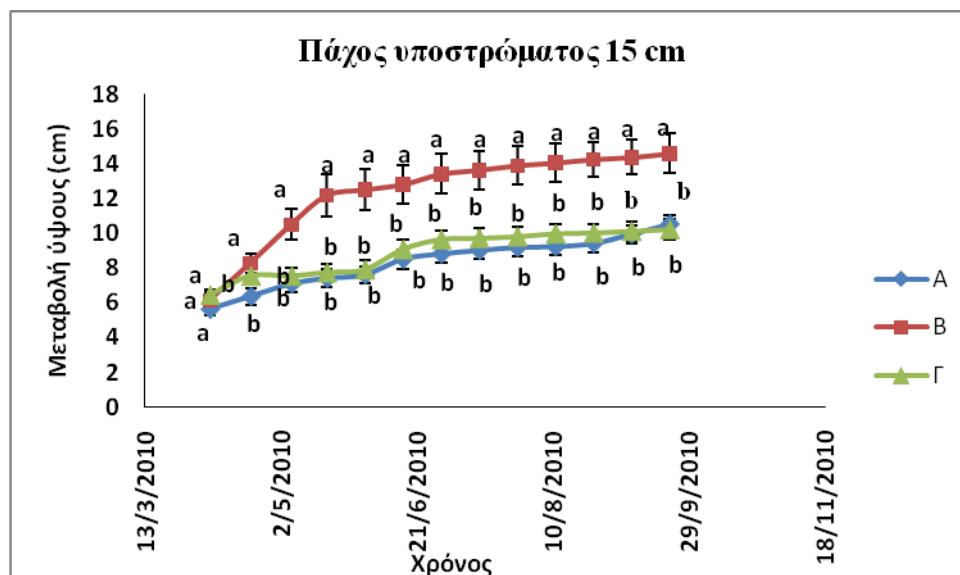
Σχήμα 1. Μεταβολή ύψους στο χρόνο του *Phlomis fruticosa* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και πάχος υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 1 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος στο τελικό ύψος που απέκτησαν φυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος υποστρώματος 7 cm. Καθόλη όμως τη διάρκεια του πειράματος φαίνεται ότι το υπόστρωμα B επέδρασε σημαντικά στο ύψος των φυτών, τα οποία από τους δύο πρώτους κιάλας μήνες είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ύψος από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα A και



Γ σε πάχος 7 cm. Το χώμα ως συστατικό του υποστρώματος Β προώθησε την ανάπτυξη των φυτών, τα οποία εγκαταστάθηκαν πολύ γρήγορα και αναπτύχθηκαν σημαντικά.

## ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



Σχήμα 2. Μεταβολή ύψους στο χρόνο της *Phlomis fruticosa* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και πάχος υποστρώματος 15 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο σχήμα 2 παρατηρείται ότι τα φυτά του *Phlomis fruticosa* που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Β και σε μεγάλο πάχος (15 cm) σε ηλικία 15 ημερών είχαν αποκτήσει σημαντικά μεγαλύτερο ύψος από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α και Γ αντίστοιχα. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα Α και Γ και σε βάθος υποστρώματος 15 cm απέκτησαν μικρότερο ύψος από αυτά που αναπτύχθηκαν στα ίδια υποστρώματα αλλά σε βάθος 7 cm (σχήμα 1 και 2).

### 3.2.1.2. Καταστροφικό πείραμα

Κατά την καταστροφή των φυτών *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών έγιναν κάποιες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η ανάπτυξη τους στα δύο πάχη και στους διάφορους τύπους υποστρώματος. Στη διπαραγοντική ανάλυση διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του

υποστρώματος (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) στο νωπό και ξηρό βάρος των φυτών, στους δείκτες LAI (Leaf Area Index) και SLA (Specific Leaf Area) και στα δύο πάχη (7 και 15 cm). Στη φυλλική επιφάνεια δεν διαπιστώθηκε καμία αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος και για τους τρεις τύπους (A, B, Γ). Στη συνέχεια ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση για κάθε πάχος υποστρώματος (7 και 15 cm) χωριστά και για κάθε υπόστρωμα σε σχέση με το πάχος του.

### 3.2.1.2.1. Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού

Πίνακας 1. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στο νωπό βάρος (N.B) και ξηρό βάρος (Ξ.B) φυτών ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο διαφορετικά πάχη. S: σημαντική αλληλεπίδραση.

	N.B (B) (g)	Ξ.B (Φ) (g)
7 cm		
A	1.55 b	0,78 b
B	3.78 a	1,17 a
Γ	4.07 a	1,09 a
15 cm		
A	-	-
B	7,27 a*	1,86 a
Γ	2.53 b	0,64 b
Αλληλεπίδραση	s	s

\*Στο υπόστρωμα A (15 cm βάθος) δεν υπήρχε διαθέσιμο φυτικό υλικό τη περίοδο του καταστροφικού πειράματος.

Στον πίνακα 1 παρατηρείται ότι υπάρχει αλληλεπίδραση στο πάχος υποστρώματος τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος φυτού. Στο νωπό βάρος και ξηρό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν σε πάχος 7 cm δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές, ενώ

στα αντίστοιχα υποστρώματα στο πάχος των 15 cm παρατηρείται σημαντική επίδραση του υποστρώματος, με το υπόστρωμα Β να προηγείται του υποστρώματος Γ στο νοπό βάρος και στο ξηρό βάρος.

### 3.2.1.2.2. Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας

Πίνακας 2. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη φυλλική επιφάνεια ανά φυτό ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). 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  $P<0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο διαφορετικά πάχη. *ns*: μη σημαντική αλληλεπίδραση.

Υπόστρωμα	Φυλλική επιφάνεια (cm <sup>2</sup> )
7 cm	
A	46,48 a
B	54,25 a
Γ	71,90 a*
15 cm	
A	-
B	58,43 a
Γ	51,20 a
Αλληλεπίδραση	<i>ns</i>

\*Στο υπόστρωμα Α (15 cm βάθος) δεν υπήρχε διαθέσιμο φυτικό υλικό τη περίοδο του καταστροφικού πειράματος.

Στο πίνακα 2 δεν παρατηρείται να υπάρχει αλληλεπίδραση του πάχους (7 και 15 cm) στην φυλλική επιφάνεια των φυτών *Phlomis fruticosa*. Η φυλλική επιφάνεια δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε κανένα από τα υποστρώματα ανάπτυξης (Α, Β και Γ).

### 3.2.1.2.3. Μέτρηση Leaf Area Index (LAI) Specific Leaf Area (SLA)

Πίνακας 3. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο Leaf Area Index (LAI) Specific Leaf Area (SLA) φυτών ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). 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  $P < 0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο διαφορετικά πάχη. *s*: σημαντική αλληλεπίδραση.

	LAI	SLA (cm <sup>2</sup> /g d.w)
7 cm		
A	273,43 c	109,80 a
B	319,11 b	80,82 c *
Γ	422,91 a*	109,76 b *
15 cm		
A	-	-
B	398,56 b*	58,60 a
Γ	301,18 a	34,60 b
Αλληλεπίδραση	<i>s</i>	<i>s</i>

\*Στο υπόστρωμα Α (15 cm βάθος) δεν υπήρχε διαθέσιμο φυτικό υλικό τη περίοδο του καταστροφικού πειράματος.

### 3.2.2. Χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων ανάπτυξης

Πίνακας 4. Αρχική μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) των υποστρωμάτων ανάπτυξης πριν τη φύτευση. 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  $P<0.05$ ).

	<b>pH</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>
<b>A</b>	9.15	0.0238
<b>B</b>	9.13	0.0141
<b>Γ</b>	8.89	0.0202

Τα αποτελέσματα του pH έδειξαν ότι τα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα στο πείραμα ήταν αλκαλικά. Υψηλότερο pH παρουσίασαν τα υποστρώματα A και B, ενώ χαμηλότερο το υπόστρωμα Γ. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος A συμβάδισε με τα αποτελέσματα του pH δίνοντας εξίσου υψηλή EC, ενώ στο υπόστρωμα B δεν παρουσιάστηκε η ίδια εικόνα καθώς είχε την μικρότερη EC από τα άλλα δύο υποστρώματα ανάπτυξης.

Πίνακας 5. Μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης και στα δύο πάχη υποστρώματος στο τέλος του πειράματος μετά τη καταστροφή των φυτών. A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
<b>7 cm</b>		
A	8.92	62.08
B	8.87	185.47
Γ	9.23	123.27
<b>15 cm</b>		
A	8.74	91.67
B	8.07	293.00
Γ	8.18	334.33

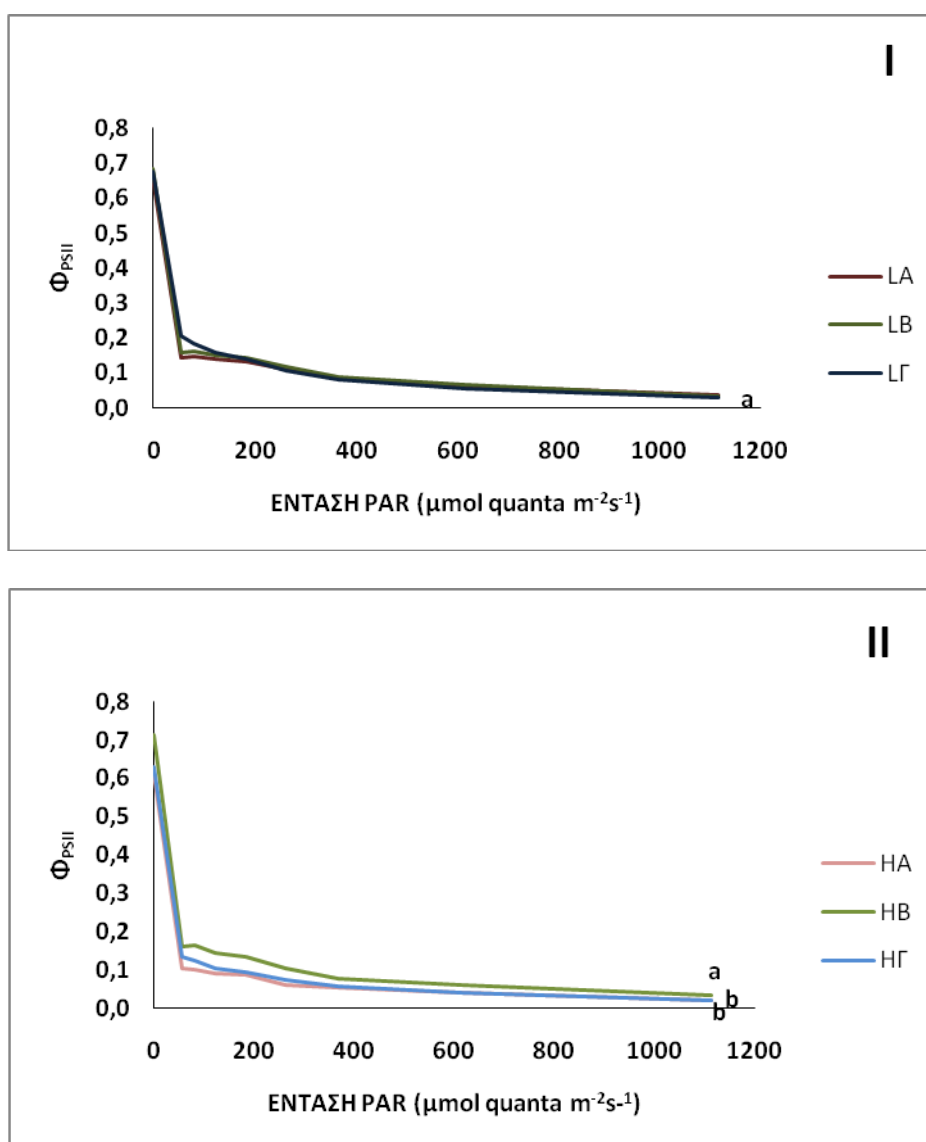
Στο πίνακα 5 παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη τιμή του pH στο πάχος των 7 cm την είχε το υπόστρωμα Γ, ενώ τη χαμηλότερη το υπόστρωμα Β. Στο πάχος των 15 cm τη μεγαλύτερη τιμή του pH είχαμε στο υπόστρωμα Α, ενώ τη χαμηλότερη είχαμε και εδώ στο υπόστρωμα Β. τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα σε πάχος 7 cm είχε το υπόστρωμα Β, λίγο μικρότερη είχε το υπόστρωμα Γ, ενώ το υπόστρωμα Α είχε έως και δύο φορές πιο χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Το υπόστρωμα Α και στο πάχος των 15 cm παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Το υπόστρωμα Γ είχε τη μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρική αγωγιμότητα από όλα τα υποστρώματα, ενώ το υπόστρωμα Β παρουσίασε κι αυτό αρκετά υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

### 3.2.3. Αξιολόγηση φυσιολογικών δεικτών ανάπτυξης φυτών *Phlomis fruticosa*

Η εκτίμηση της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών έγινε στη βάση των μετρήσεων που αφορούσαν τη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας (Φ) του PSII, τον φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (ETR), τον συντελεστή μη φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII (NPQ) και τη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{\text{PSIIo}}$ ).

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μετά από μονοπαραγοντική ανάλυση της λειτουργική φωτονιακής απόδοσης της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ), του φαινομένου ρυθμού ροής ηλεκτρονίων (ETR), του συντελεστή της μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII (NPQ) και της θεμελιώδους φωτονικής απόδοσης της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII_0}$ ) για κάθε πάχος υποστρώματος χωριστά (7 και 15 cm) και για κάθε υπόστρωμα σε σχέση με το πάχος του, αντίστοιχα.

1<sup>η</sup> μέτρηση: Ιούνιος

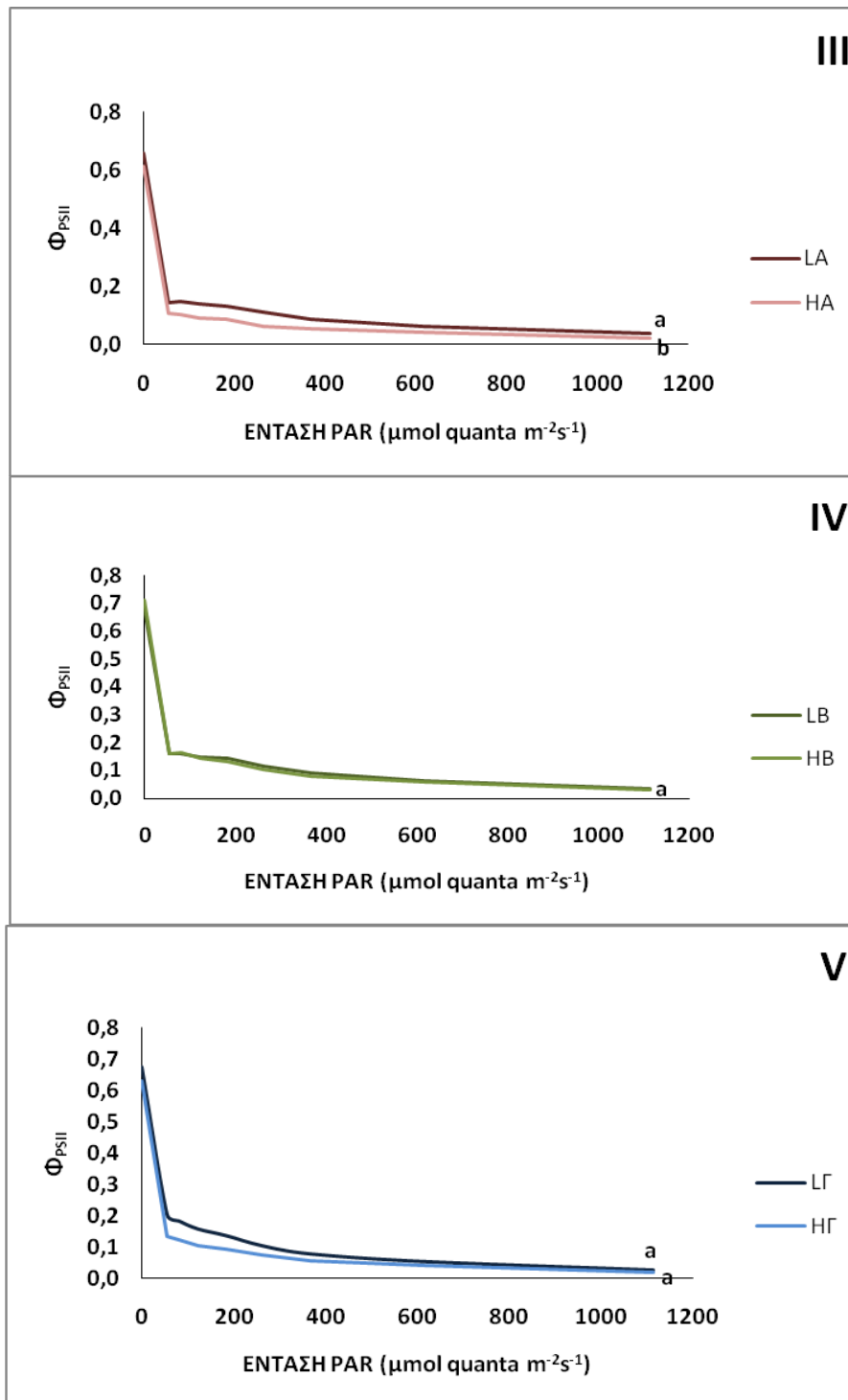


Σχήμα 3. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L: 7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B:

60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

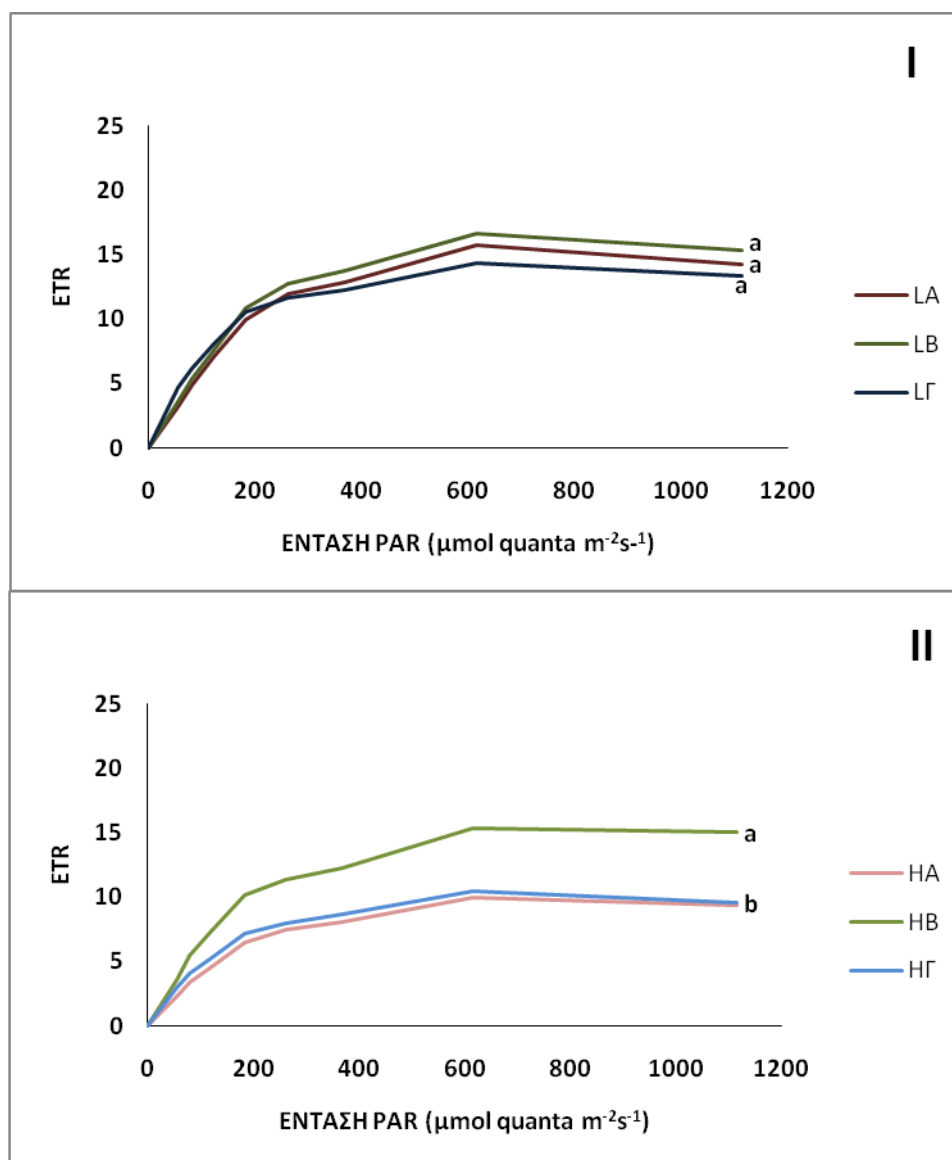
Στο διάγραμμα I του σχήματος 3 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος (A, B, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης στο πάχος των 7 cm. Σε αντίθεση με το διάγραμμα II όπου το υπόστρωμα B επέδρασε σημαντικά στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII σε πάχος ανάπτυξης 15 cm.



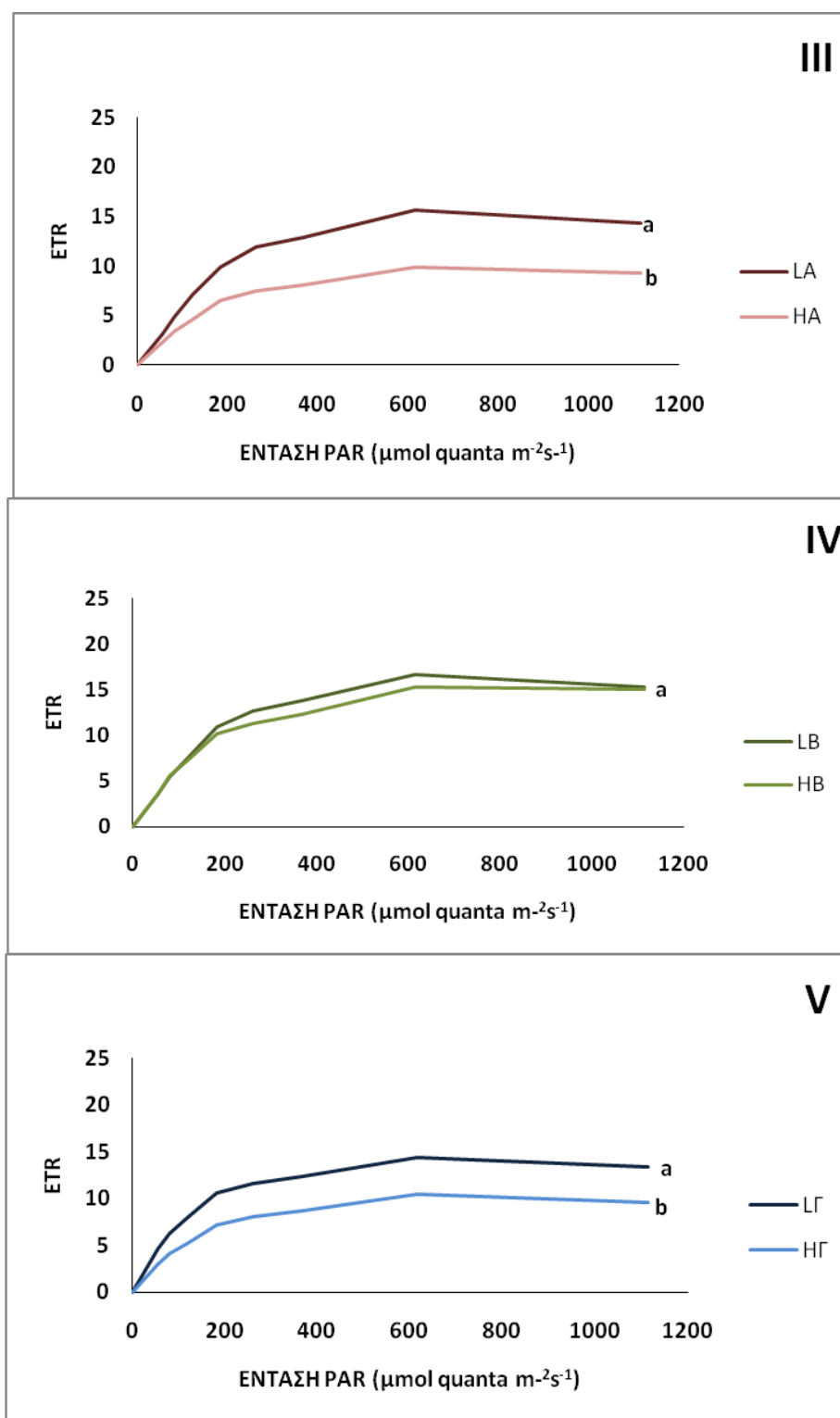


Σχήμα 4. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο διάγραμμα III του σχήματος 4 φαίνεται ότι το υπόστρωμα Α σε βάθος 7 cm έδωσε σημαντικά μεγαλύτερη λειτουργική φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII, ενώ στα διαγράμματα IV και V δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους του υποστρώματος στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII για τα υποστρώματα Β και Γ.



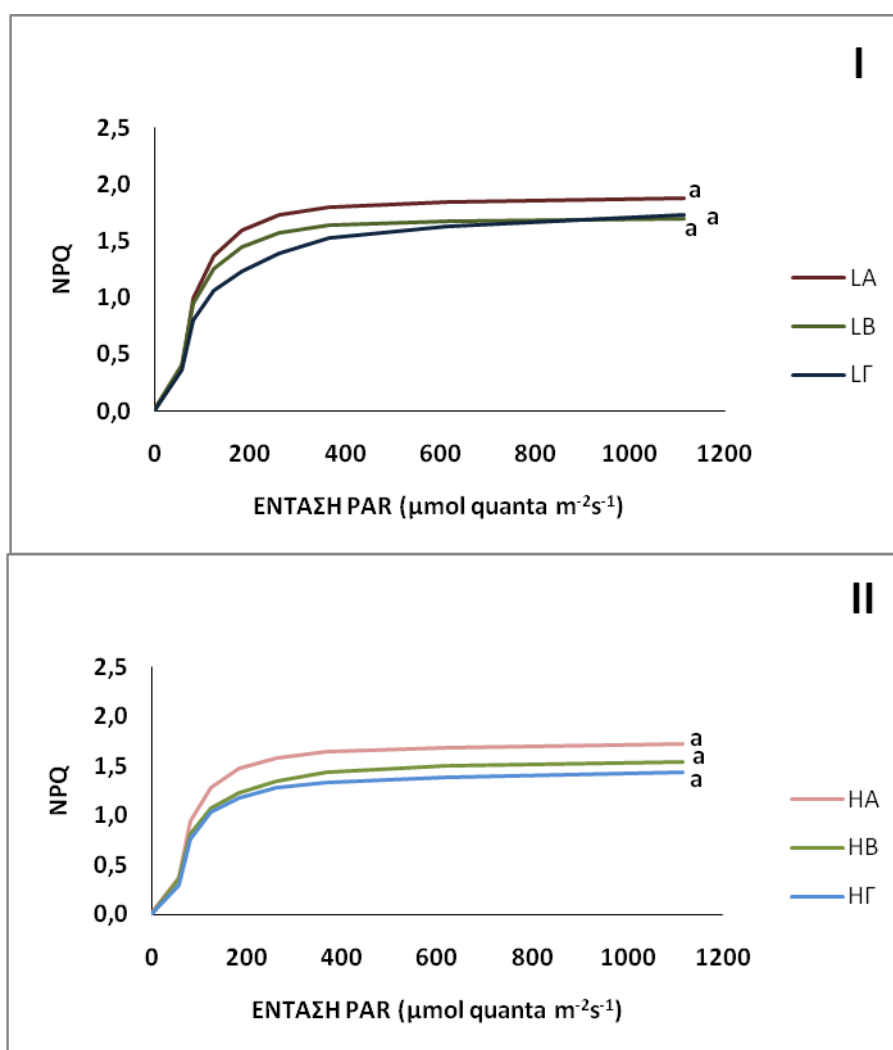
Σχήμα 5. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (Η: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος Η: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).



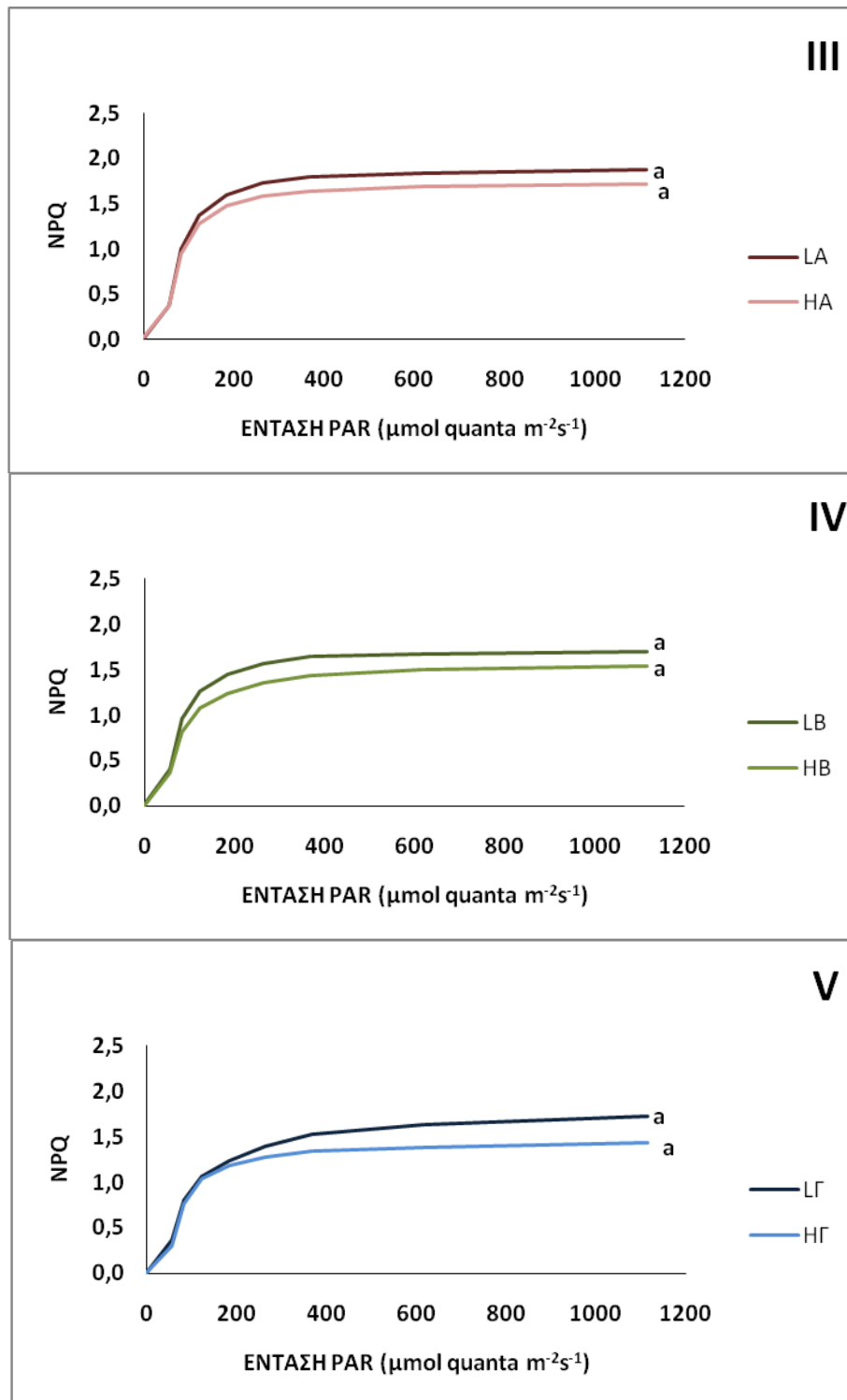
Σχήμα 6. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). ΙΙΙ: υπόστρωμα Α, ΙV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο διάγραμμα I του σχήματος 5 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων μεταξύ των τριών υποστρωμάτων ανάπτυξης στο πάχος των 7 cm. Αντίθετα, σύμφωνα με το διάγραμμα II, τα φυτά του υποστρώματος Β έδειξαν σημαντικά υψηλότερες τιμές του ETR συγκριτικά με τα φυτά των άλλων δύο υποστρωμάτων για πάχος ανάπτυξης 15 cm.

Στα διαγράμματα III και IV του σχήματος 6 φαίνεται ότι για τα υποστρώματα Α και Γ, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε βάθος 7 cm έδειξαν σημαντικά υψηλότερες τιμές του ETR συγκριτικά με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε βάθος 15 cm.



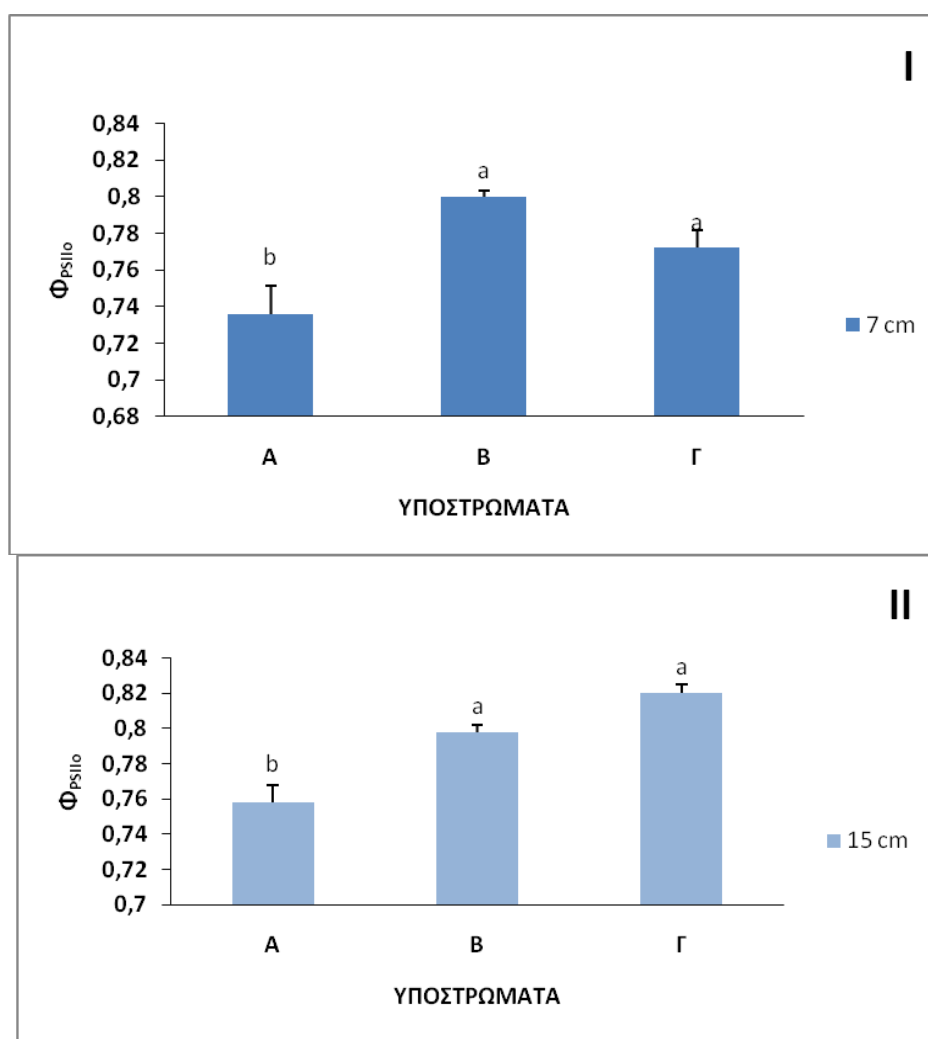
Σχήμα 7. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).



Σχήμα 8. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στο συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

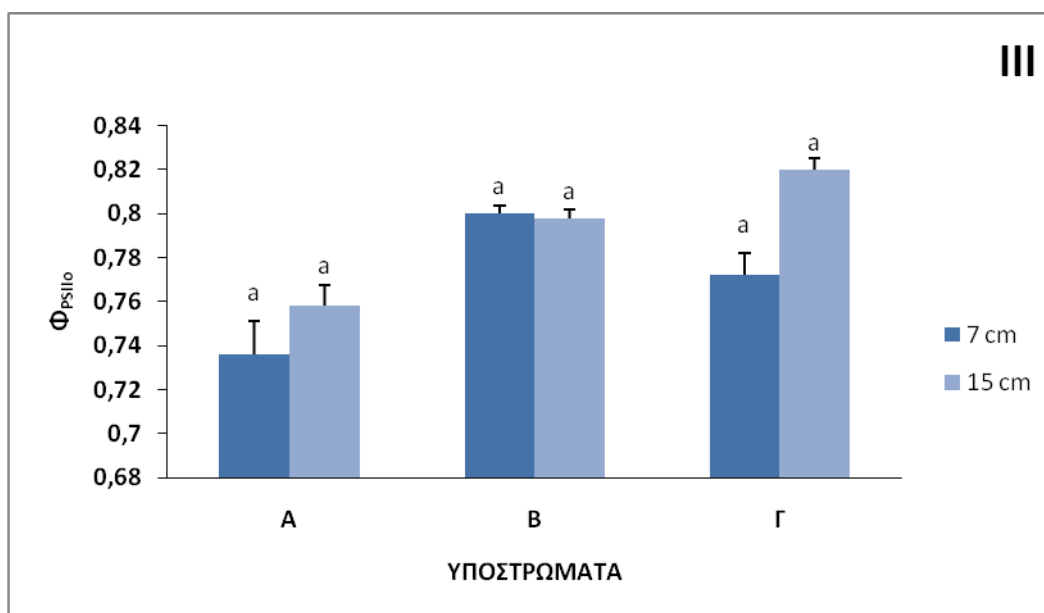
Στα διαγράμματα I και II του σχήματος 7 δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του τύπου του υποστρώματος (A, B, Γ) στο συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).

Στα διαγράμματα III, IV και V του σχήματος 8 δεν παρατηρείται καμία σημαντική επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο συντελεστής μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII και στα τρία υποστρώματα ανάπτυξης (A, B, Γ).



Σχήμα 9. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSIIo}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

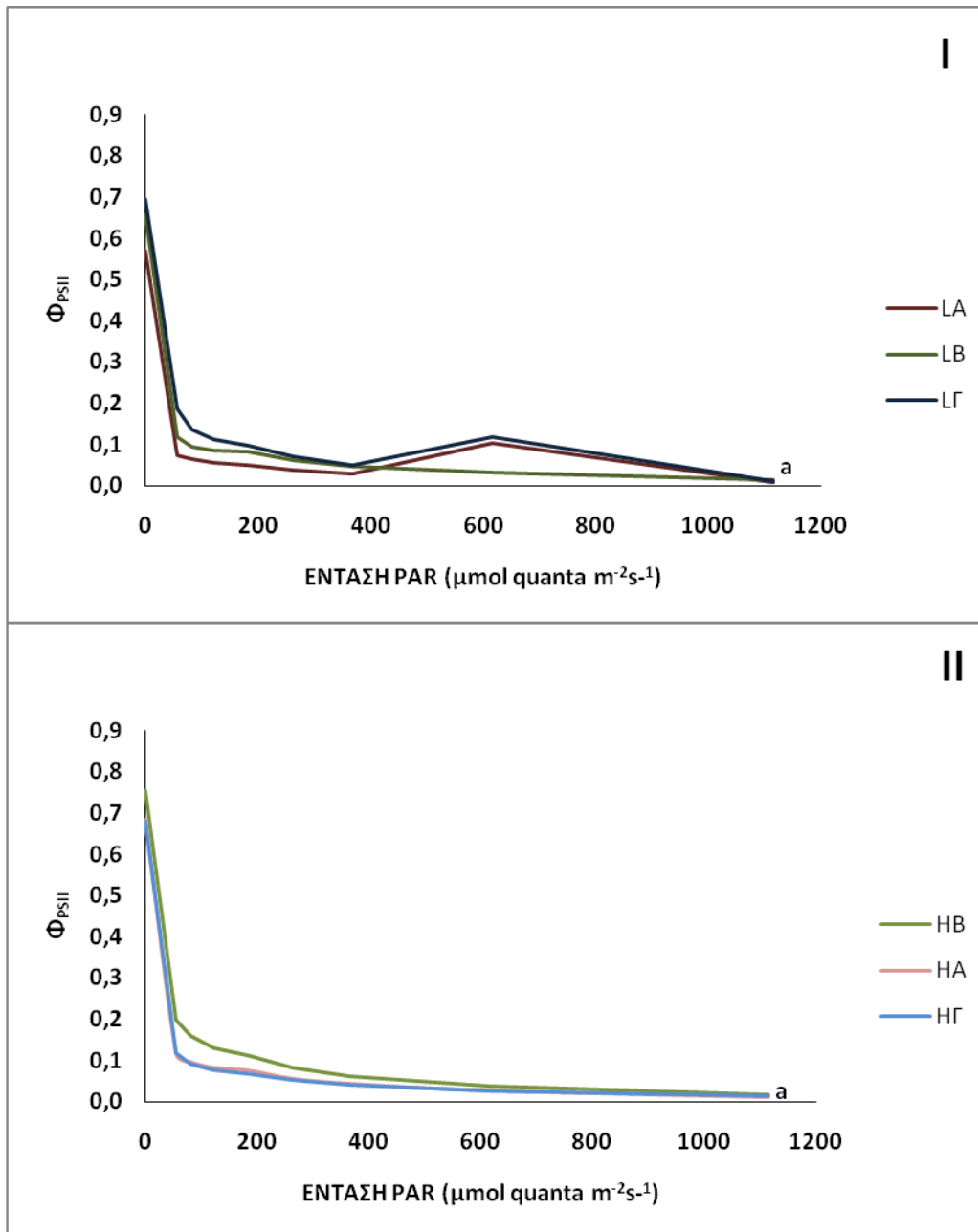
Στα διαγράμματα I και II παρατηρείται ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα Β και Γ έδειξαν σημαντικά υψηλότερες τιμές του δείκτη  $\Phi_{PSII}$  και στα δύο πάχη (7 και 15 cm) συγκριτικά με τα φυτά του υποστρώματος Α.



Σχήμα 10. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα). (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

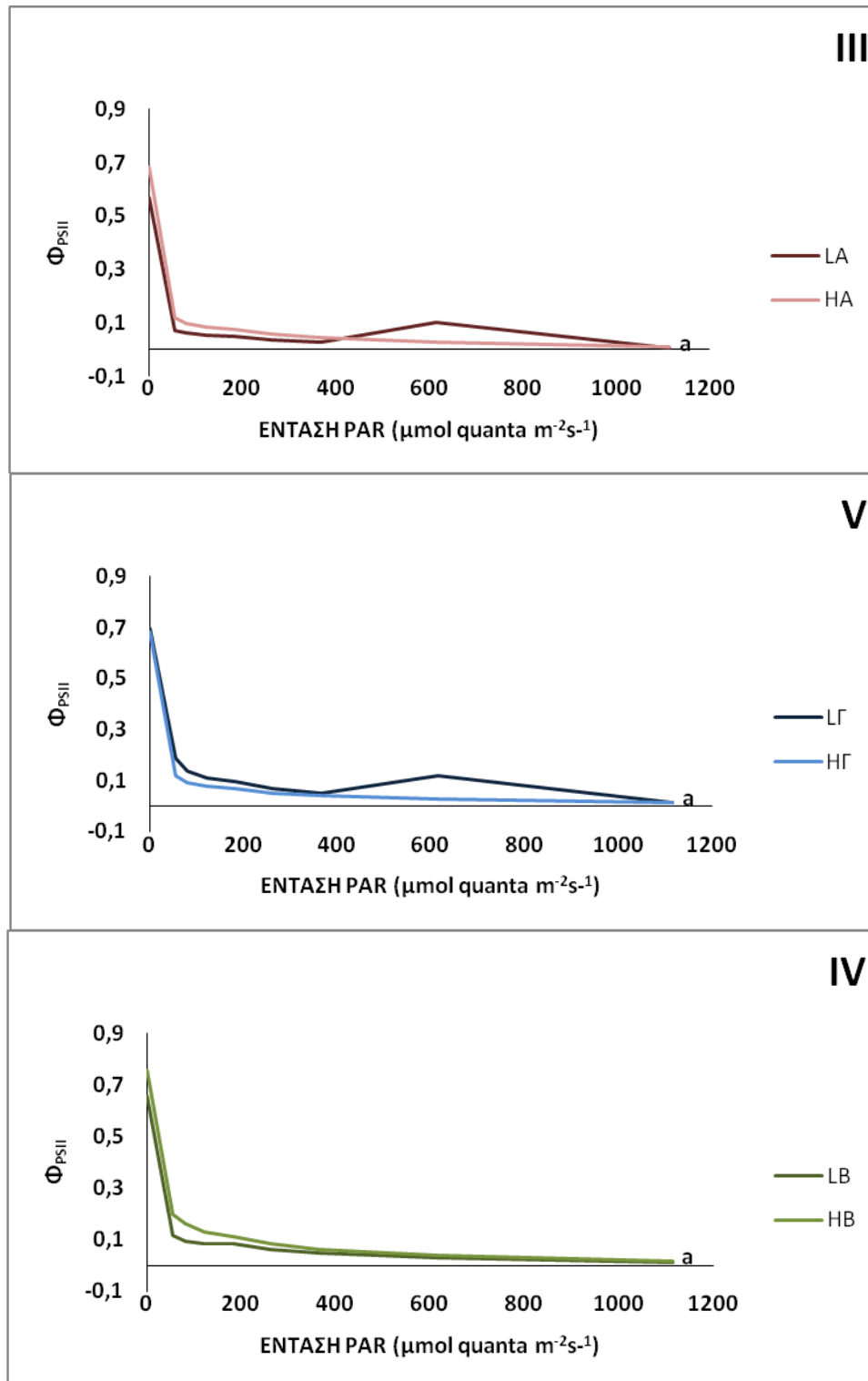
Στο σχήμα 10 παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση του πάχους ανάπτυξης για τα υποστρώματα Α, Β και Γ στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση της φωτοχημείας του PS II.

2<sup>η</sup> μέτρηση: Ιούλιος



Σχήμα 11. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{\text{PSII}}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

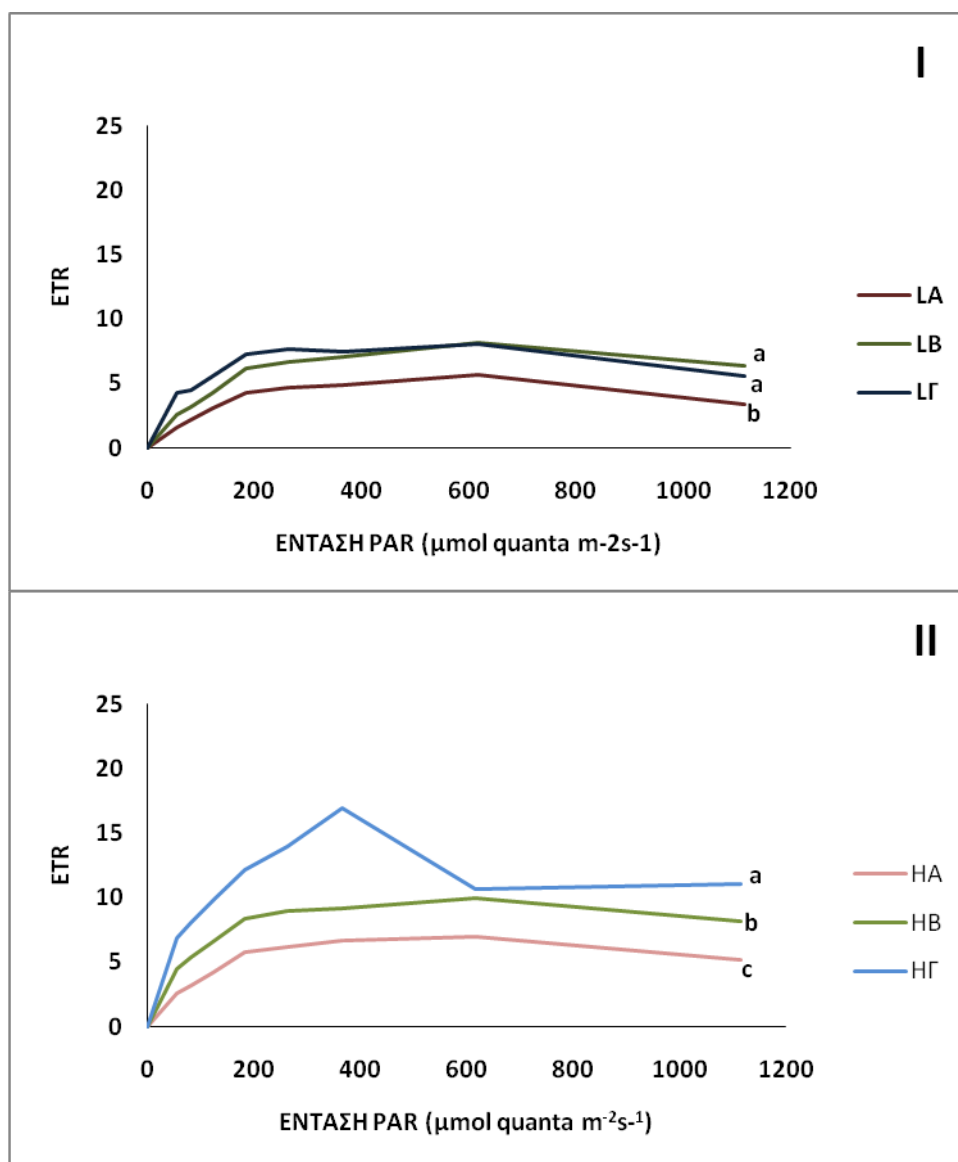




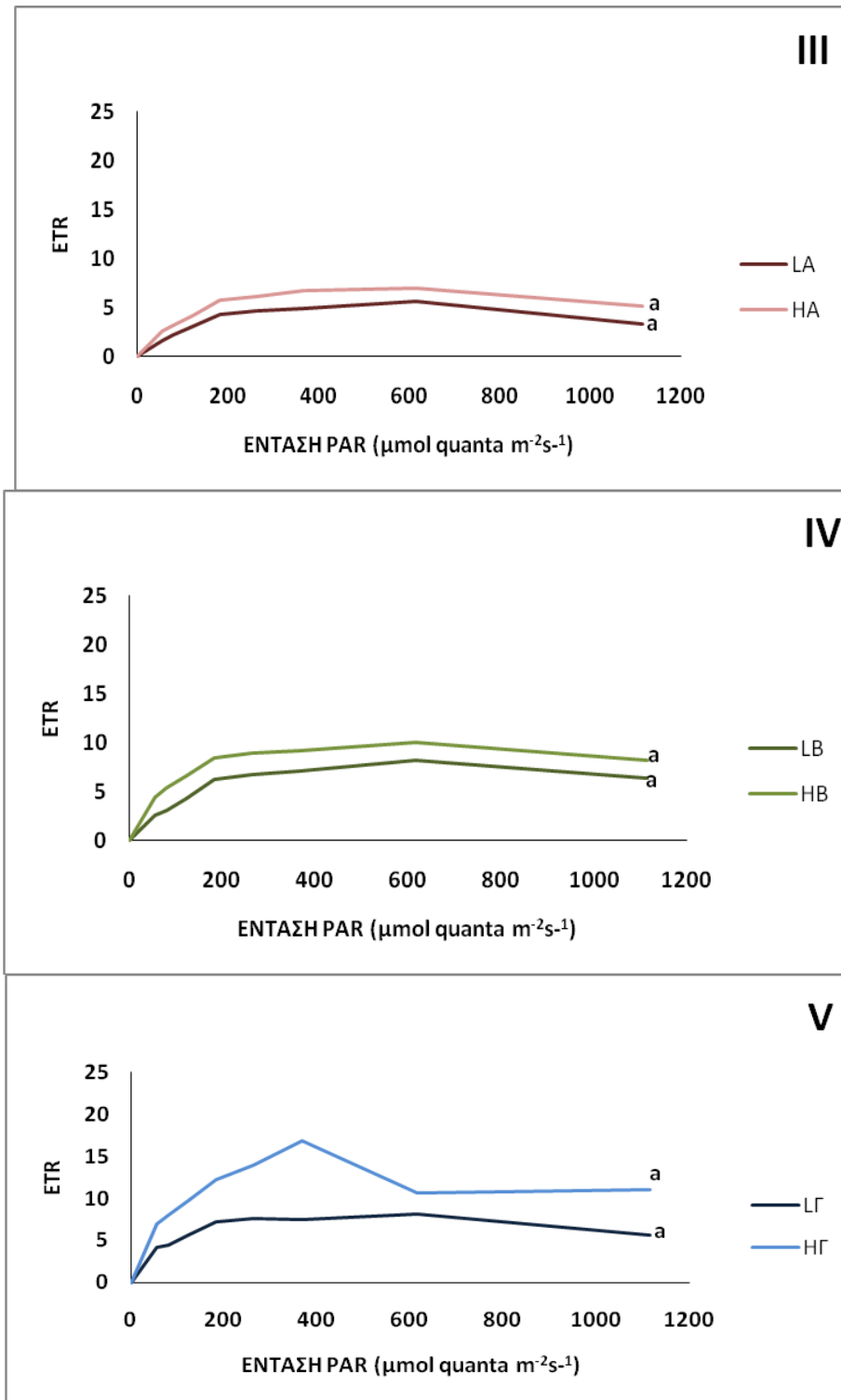
Σχήμα 12. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). ΙΙΙ: υπόστρωμα Α, ΙV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στα διαγράμματα I και II (σχήμα 11) δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) της φωτοχημείας του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).

Στο σχήμα 12 από τα διαγράμματα III, IV και V ότι δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση του τύπου του υποστρώματος (A, B και Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).



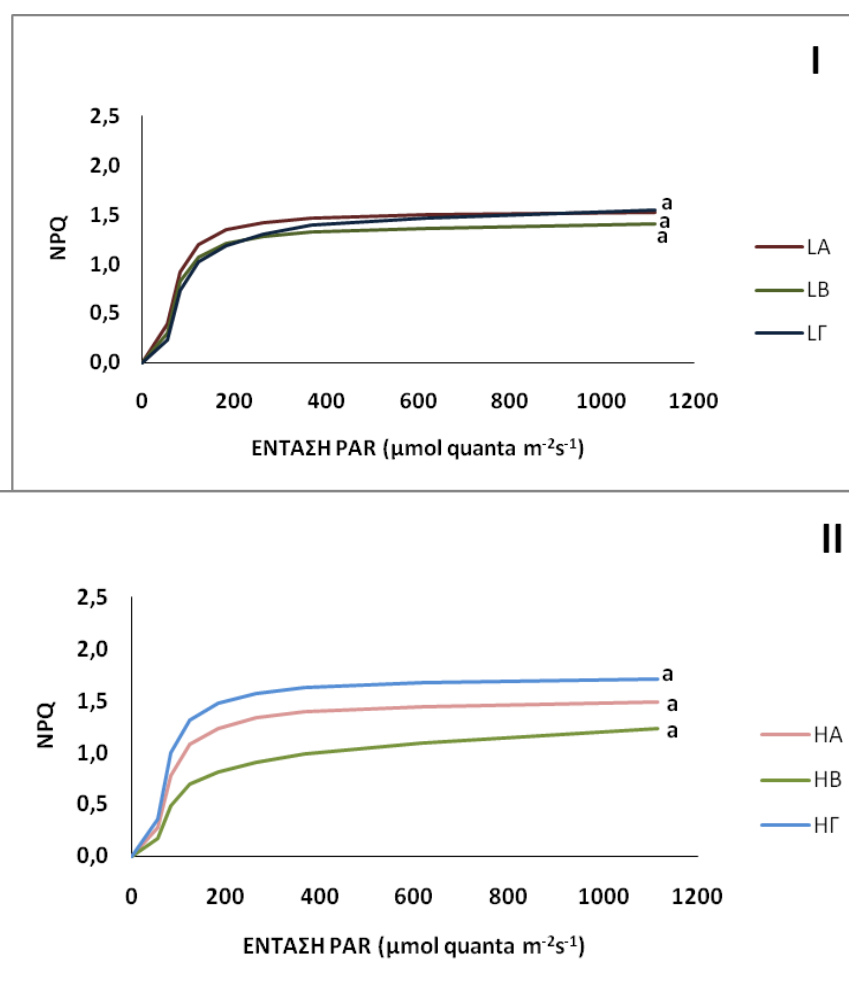
Σχήμα 13. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).



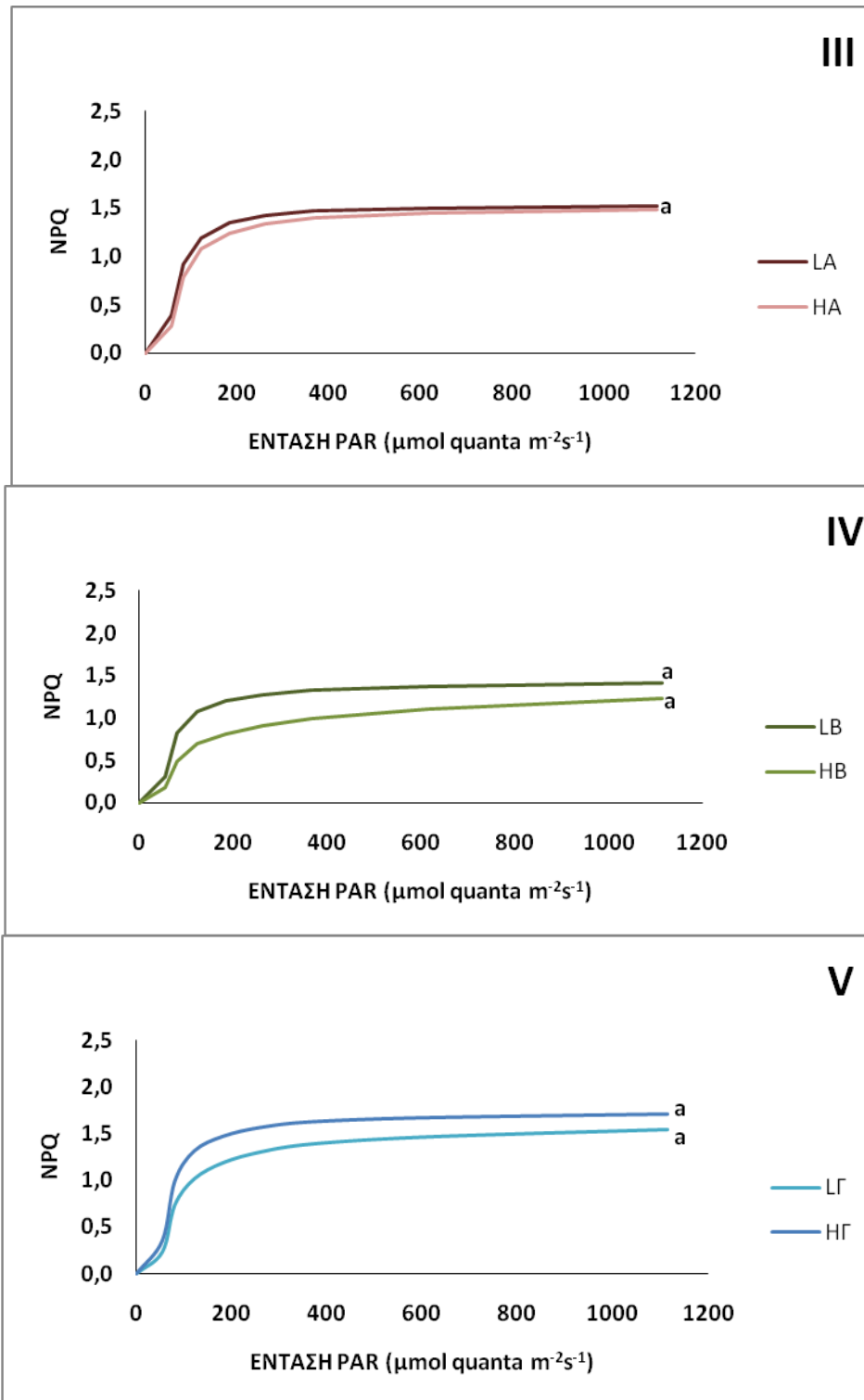
Σχήμα 14. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). III: υπόστρωμα A, IV: υπόστρωμα B, V: υπόστρωμα Γ. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05).

Στο διάγραμμα I (Σχήμα 13) παρατηρείται σημαντική επίδραση των υποστρώματων Β και Γ στο πάχος 7 cm στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων. Στο διάγραμμα II το υπόστρωμα Γ σε πάχος 15 cm έδωσε μεγαλύτερο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων, ενώ το υπόστρωμα Β ακολούθησε δεύτερο. Σε κάθε περίπτωση, τα φυτά του υποστρώματος Α έδειξαν τις χαμηλότερες τιμές του ETR..

Στα διαγράμματα III, IV και V του σχήματος 14 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων και στους τρεις τύπους υποστρώματων (Α, Β, Γ).



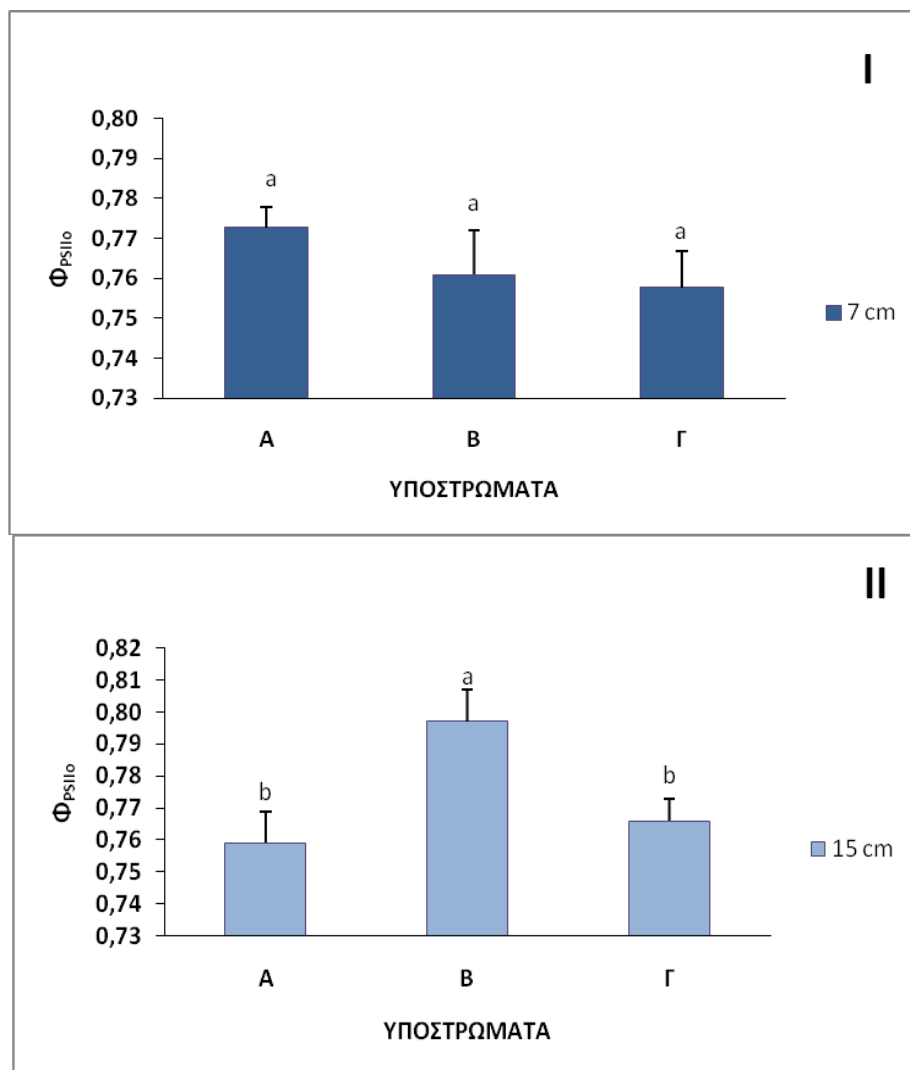
Σχήμα 15. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).



Σχήμα 16. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού της χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 3 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). III: υπόστρωμα Α, IV: υπόστρωμα Β, V: υπόστρωμα Γ. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

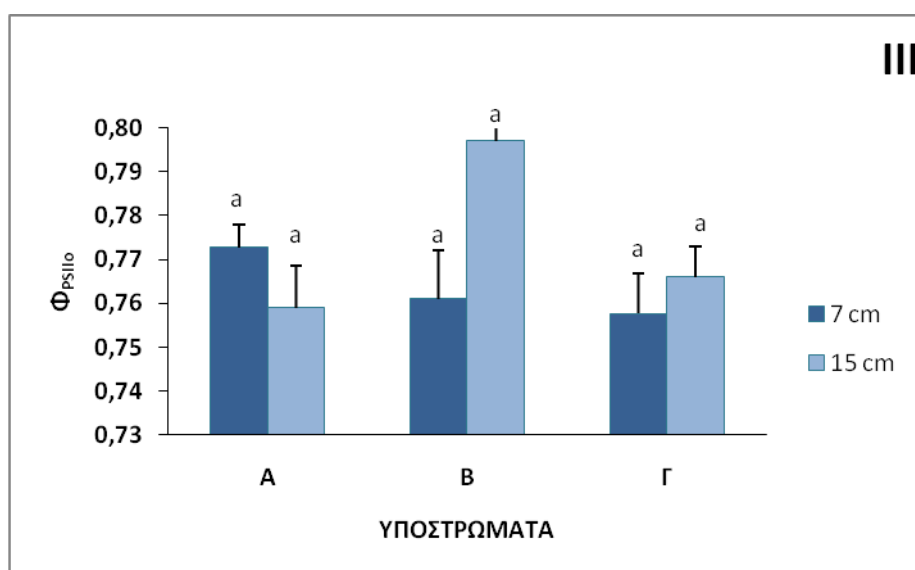
Στα διαγράμματα I και II (Σχήμα 15) δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος στο συντελεστή μη- φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).

Στα διαγράμματα III, IV και V του σχήματος 16 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο συντελεστή μη- φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII και στους τρεις τύπους υποστρώματων (Α, Β, Γ).



Σχήμα 17. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSIIo}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

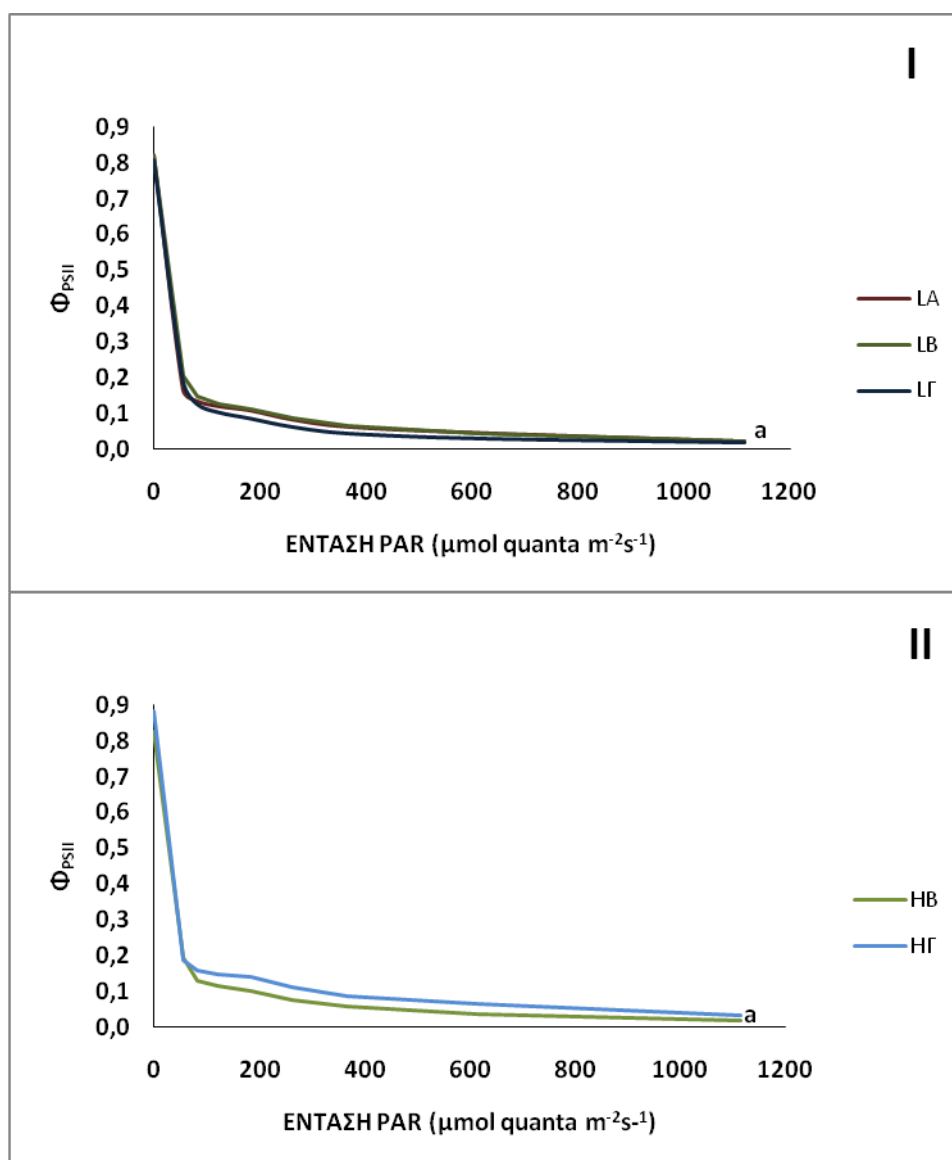
Στο διάγραμμα I του σχήματος 17 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII και στους τρεις τύπους υποστρώματων (Α, Β, Γ). σε αντίθεση με το διάγραμμα II όπου το υπόστρωμα Β έδωσε σημαντικά μεγαλύτερη επίδραση στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII στο πάχος των 15 cm σε σχέση με τα υποστρώματα Α και Γ στο ίδιο πάχος.



Σχήμα 18. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{\text{PSIIo}}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 4 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (Α, Β, Γ). Α: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα). (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 10 παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση του βάθους ανάπτυξης για τα υποστρώματα Α, Β και Γ στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση της φωτοχημείας του PSIIo για τα φύλλα του είδους *Phlomis fruticosa*.

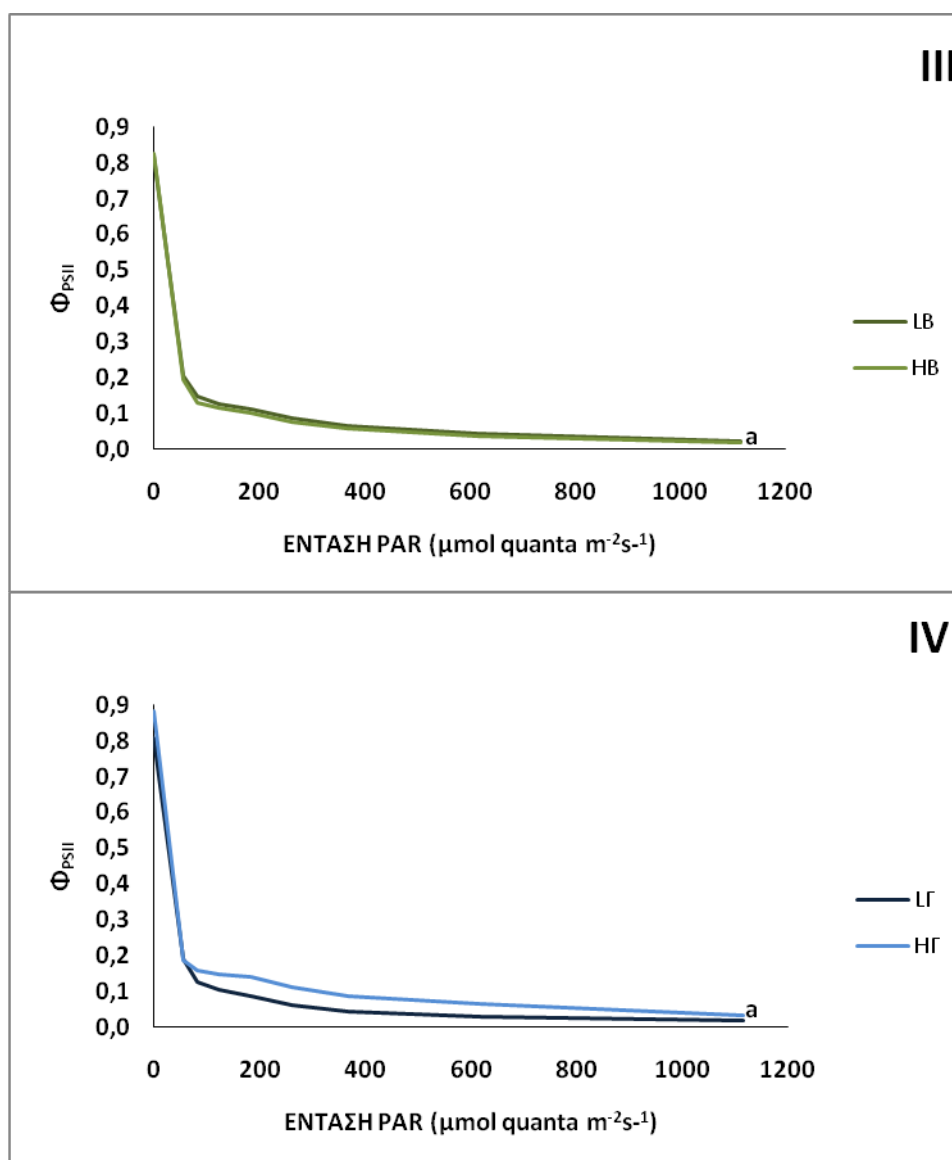
3<sup>η</sup> μέτρηση: Οκτώβριος



Σχήμα 19. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII (Φ<sub>PSII</sub>) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L: 7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.05).

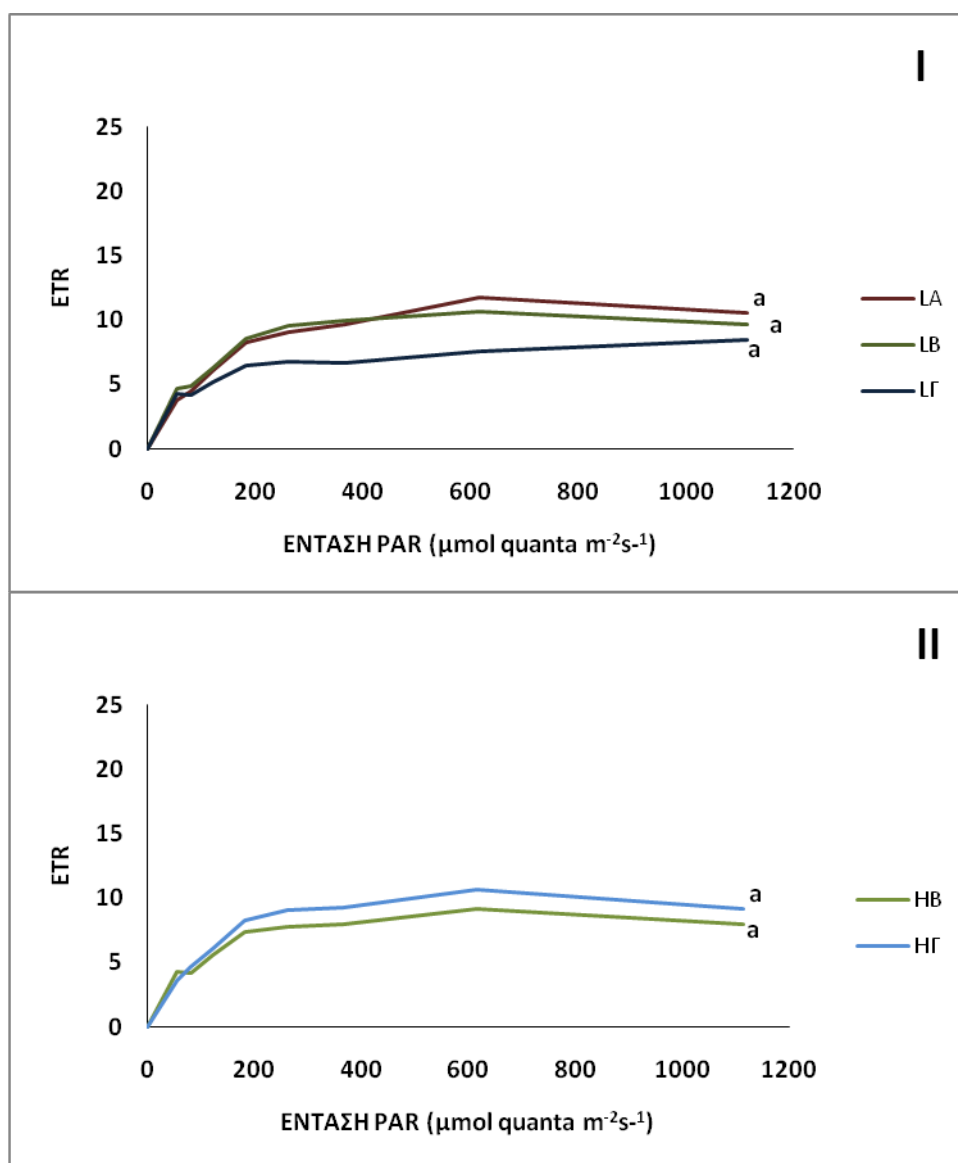
Στα διαγράμματα I και II του σχήματος 19 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος στη λειτουργική φωτονική απόδοση (Φ) της φωτοχημείας του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).





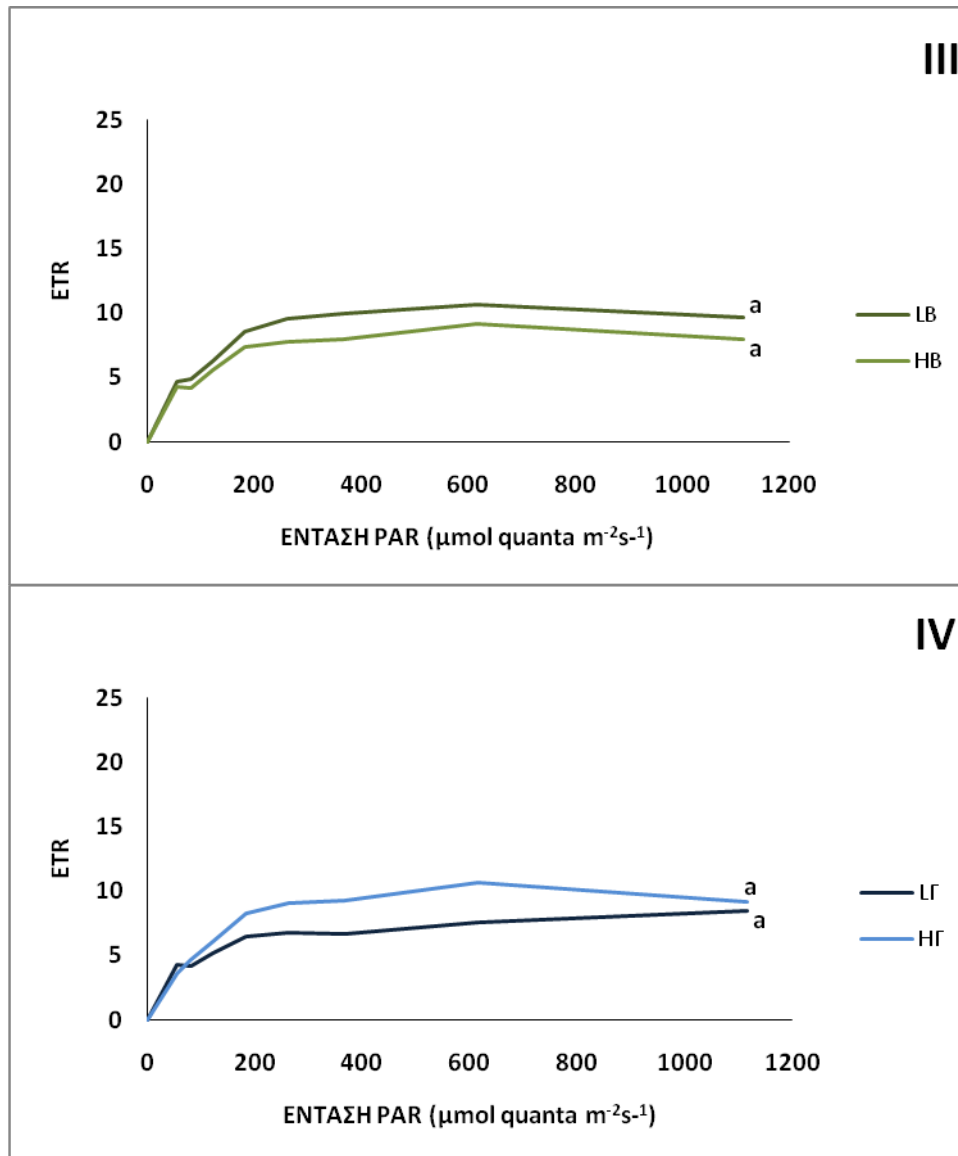
Σχήμα 20. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (B,  $\Gamma$ ). III: υπόστρωμα B IV: υπόστρωμα  $\Gamma$ . B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα,  $\Gamma$ :60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο σχήμα 20 από τα διαγράμματα III και IV παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση του τύπου του υποστρώματος ( B και  $\Gamma$ ) στη λειτουργική φωτονιακή απόδοση της φωτοχημείας του PSII και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).



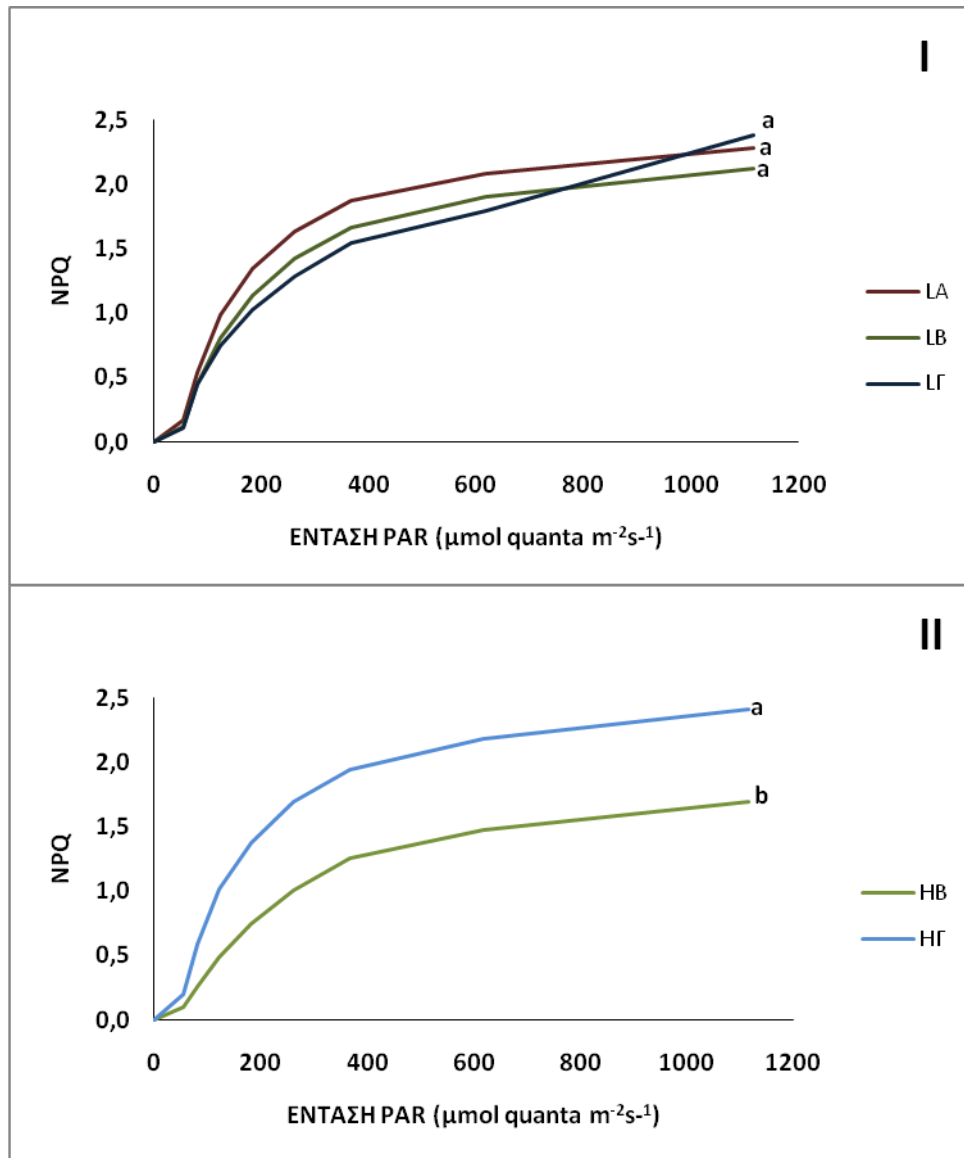
Σχήμα 21. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στα διαγράμματα I και II δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος (A, B, Γ) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων και για τα δύο πάχη (7 και 15 cm).



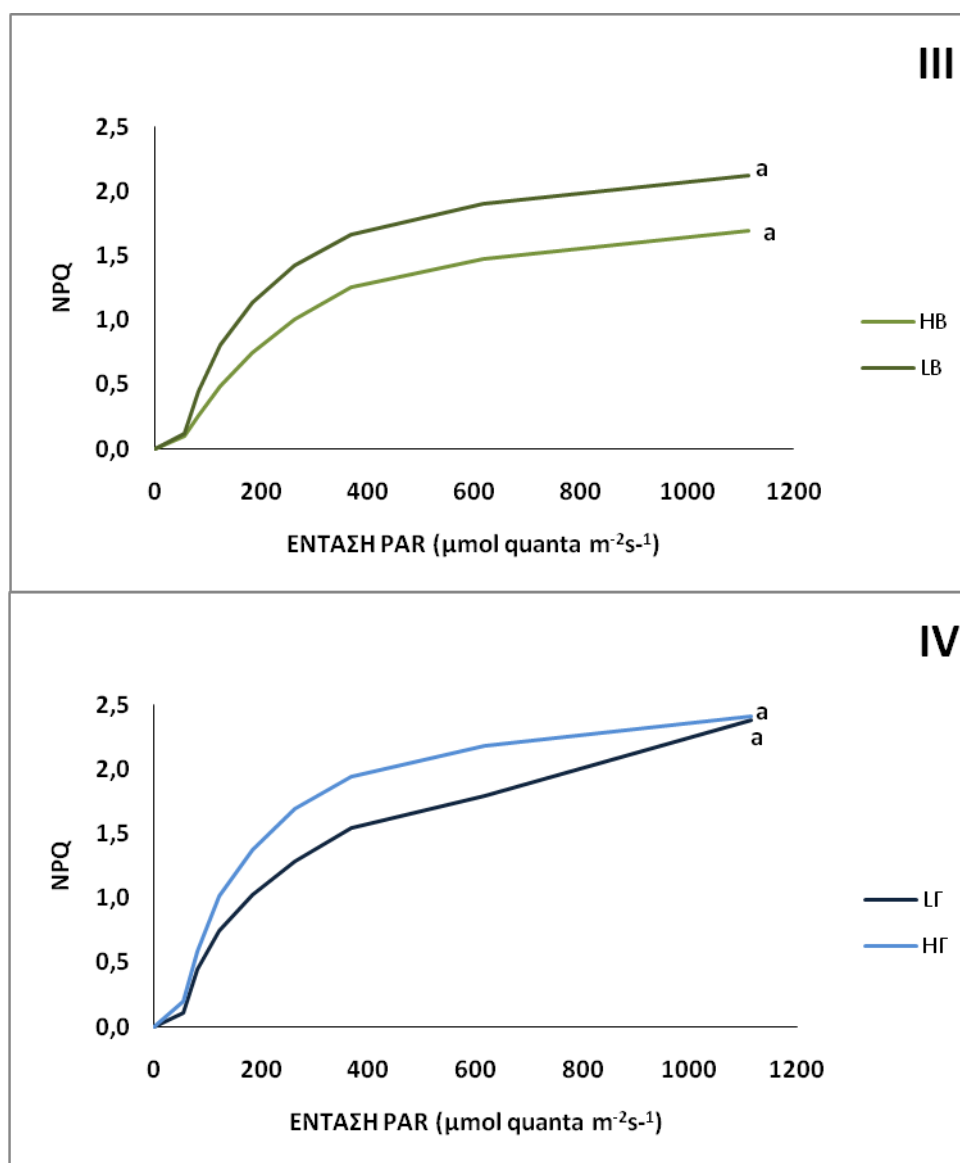
Σχήμα 22. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm, L:7 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ηλεκτρονίων συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (B, Γ). III: υπόστρωμα Β, IV: υπόστρωμα Γ. Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στα διαγράμματα III και IV του σχήματος 22 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο φαινόμενο ρυθμό ροής ηλεκτρονίων και στους τρεις τύπους υποστρώματων (A, B, Γ).



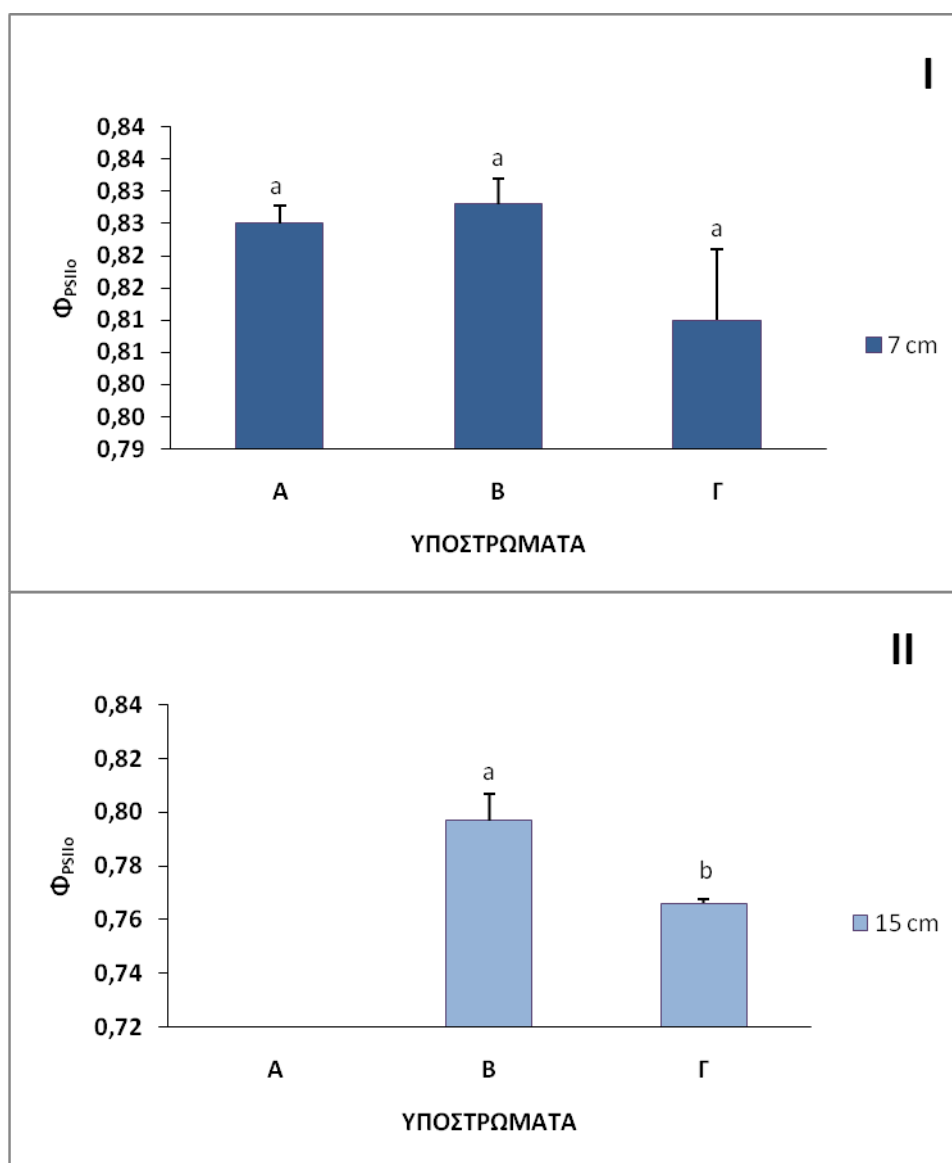
Σχήμα 23. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L:7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ).

Στο διάγραμμα I του σχήματος 23 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του τύπου του υποστρώματος στο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII στο πάχος των 7 cm, ενώ στο διάγραμμα II παρατηρείται ότι το υπόστρωμα Γ έδωσε μεγαλύτερο συντελεστή μη-φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII σε πάχος 15 cm από το υπόστρωμα B για το ίδιο πάχος.



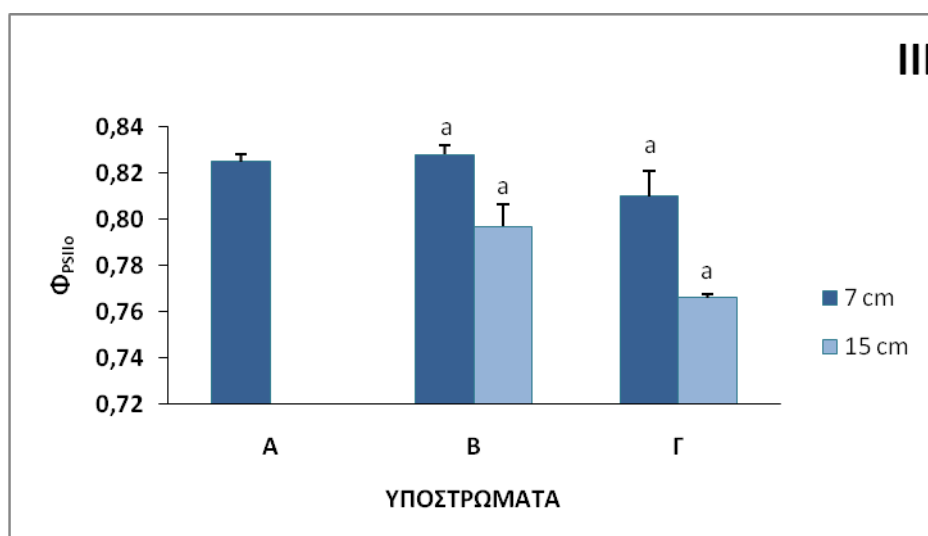
Σχήμα 24. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στο συντελεστής μη- φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (B, Γ). III: υπόστρωμα B IV: υπόστρωμα Γ. B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στα διαγράμματα III και IV του σχήματος 24 δεν παρατηρείται καμία επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στο συντελεστής μη- φωτοχημικής απόσβεσης του φθορισμού χλωροφύλλης του PSII και στους δύο τύπους υποστρώματων (B, Γ).



Σχήμα 25. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε δύο πάχη (H: 15 cm L: 7 cm). I: πάχος L: 7 cm II: πάχος H: 15 cm. A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα. (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

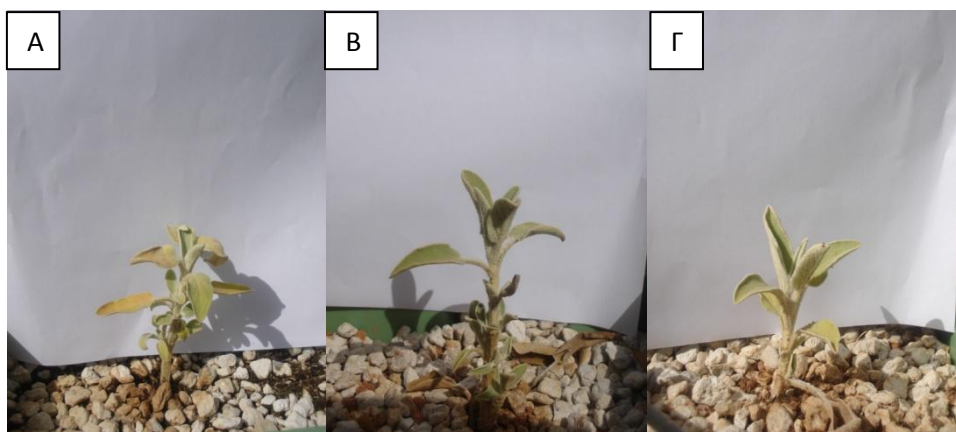
Στο διάγραμμα I του σχήματος 25 δεν παρατηρείται καμία επίδραση των τριών υποστρωμάτων στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII στο πάχος των 7 cm. Στο διάγραμμα II όμως παρατηρείται ότι σε πάχος 15 cm το υπόστρωμα B έδωσε μεγαλύτερη τιμή στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII από το υπόστρωμα Γ.



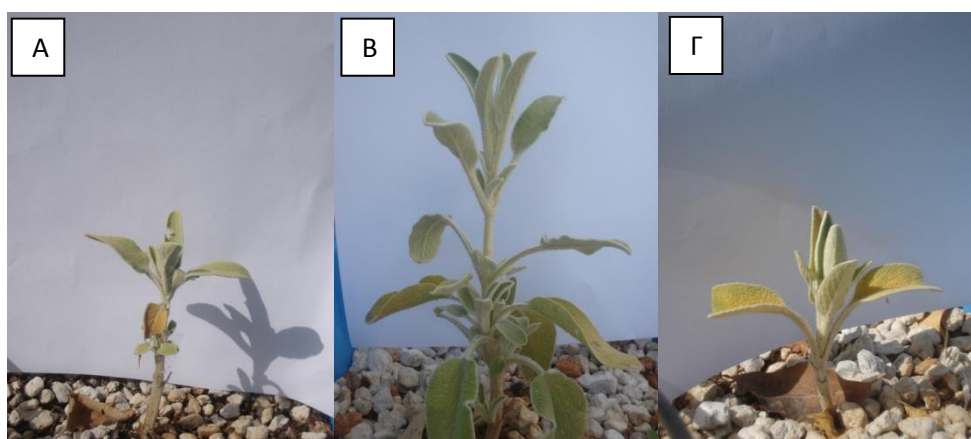
Σχήμα 26. Επίδραση του πάχους υποστρώματος (H: 15 cm L:7 cm) στη θεμελιώδη φωτονιακή απόδοση του φωτοσυστήματος PSII ( $\Phi_{PSIIo}$ ) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε φυτά *Phlomis fruticosa* ηλικίας 6 μηνών σε διαφορετικά υποστρώματα χωριστά (A, B, Γ). A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα). (n=9. Στην υψηλότερη ένταση οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 26 παρατηρείται ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση των δύο παχών (7 και 15 cm) στη θεμελιώδη φωτονική απόδοση ( $\Phi$ ) του φωτοσυστήματος PSII και στους τρεις τύπους υποστρωμάτων ανάπτυξης. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο, οι τιμές του δείκτη  $\Phi_{PSIIo}$  ήταν σε υψηλά επίπεδα υποδηλώνοντας την απουσία βλαβών στα φυτά.

### 3.2.4. Τεύχος φωτογραφιών



Εικόνα 1. Σύγκριση φυτών *Phlomis fruticosa* για το βάθος ανάπτυξης 7 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).



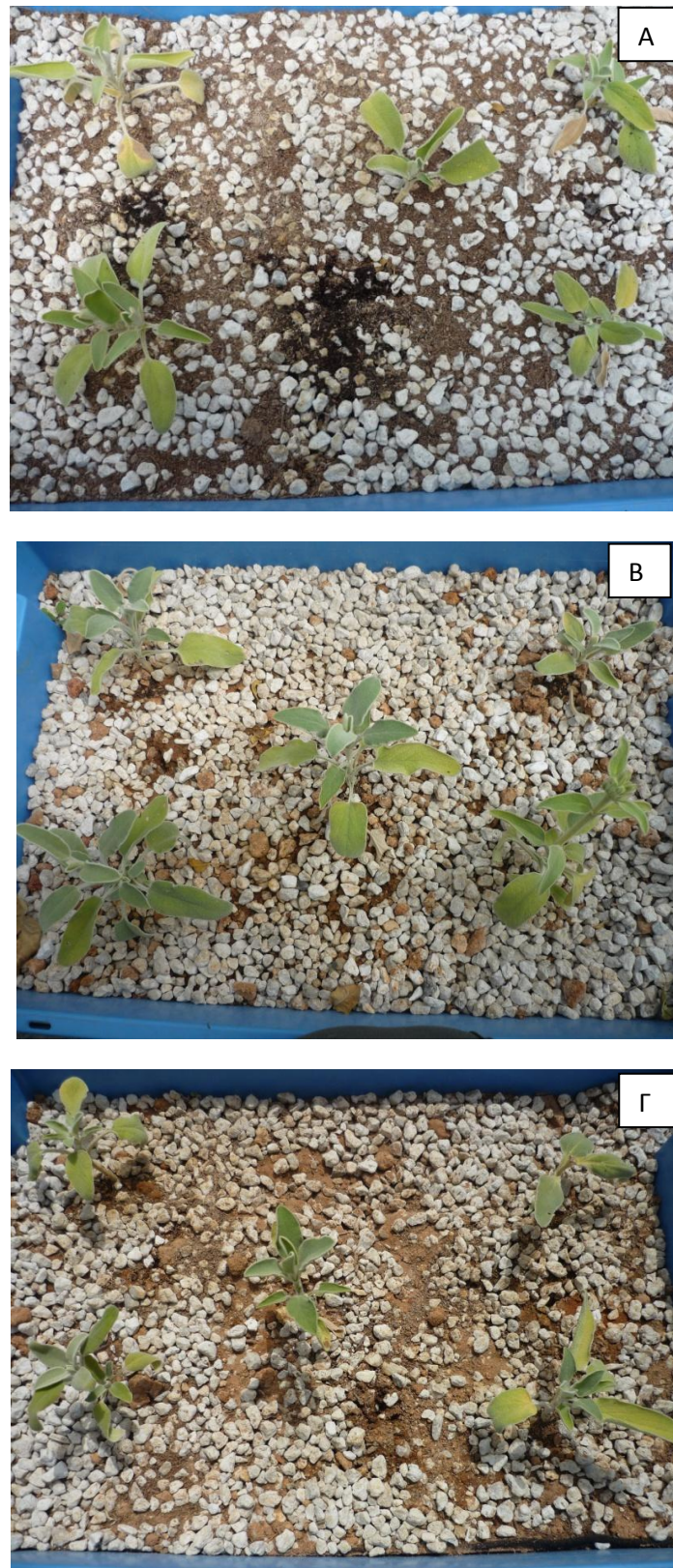
Εικόνα 2. Σύγκριση φυτών *Phlomis fruticosa* για το βάθος ανάπτυξης 15 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).





Εικόνα 3. Ανάπτυξη φυτών *Phlomis fruticosa* σε ηλικία 1 μηνός για το βάθος ανάπτυξης 7 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).





Εικόνα 4. Ανάπτυξη φυτών *Phlomis fruticosa* σε ηλικία 1 μηνός για το βάθος ανάπτυξης 15 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

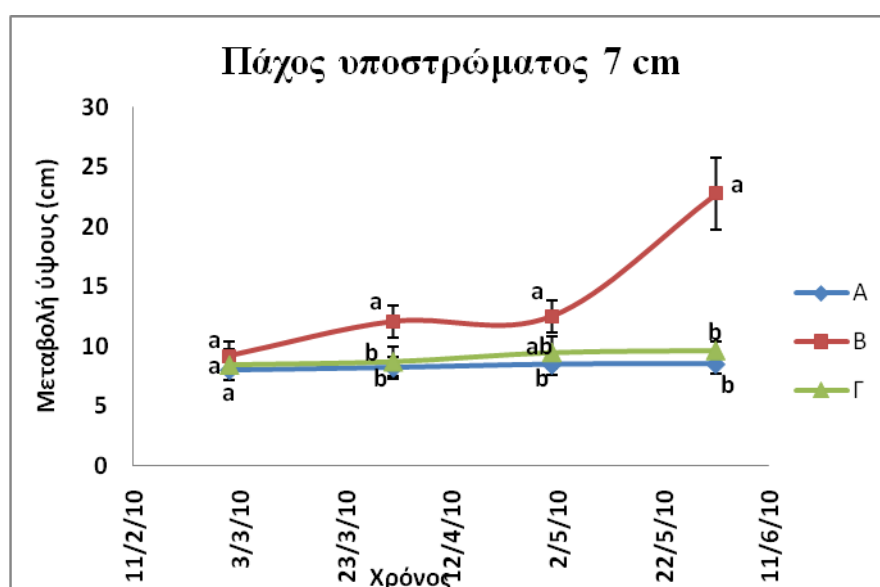
### 3.3. *Hyssopus officinalis*

#### 3.3.1. Βιομετρικά χαρακτηριστικά

##### 3.3.1.1.a. Μεταβολή ύψους

Στην διπαραγοντική ανάλυση μεταξύ της μεταβολής του ύψους (παράγοντας A) και του πάχους υποστρώματος (παράγοντας B) δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20% χώμα) και στα δύο πάχη που εξετάστηκαν.

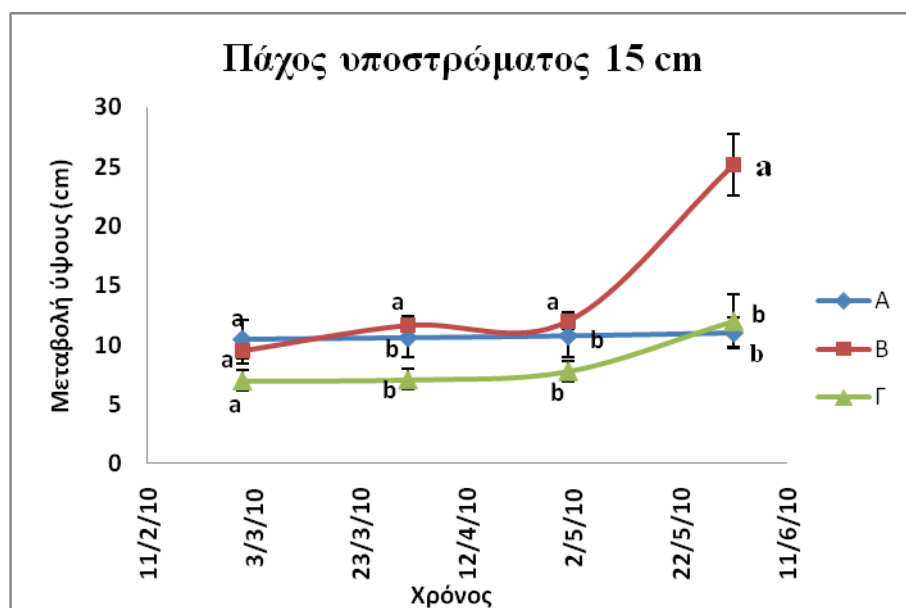
##### i) Πάχος υποστρώματος 7 cm



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

Το υπόστρωμα B φαίνεται από την αρχή να έχει τη μεγαλύτερη απόδοση στην ανάπτυξη του *Hyssopus officinalis*. Η διαφοροποίηση αυτή φαίνεται από τη δεύτερη κιόλας μέτρηση. Το χώμα ως συστατικό του υποστρώματος (B) είχε σημαντικά τη μεγαλύτερη επίδραση στην προώθηση του ύψους των φυτών σε σχέση με την κομπόστα (συστατικό του υποστρώματος A) η οποία είχε την μικρότερη επίδραση. Το υπόστρωμα Γ όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω της σύστασής του είχε ενδιάμεση επίδραση στο ύψος σε σχέση με τα υποστρώματα A και B.

## ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



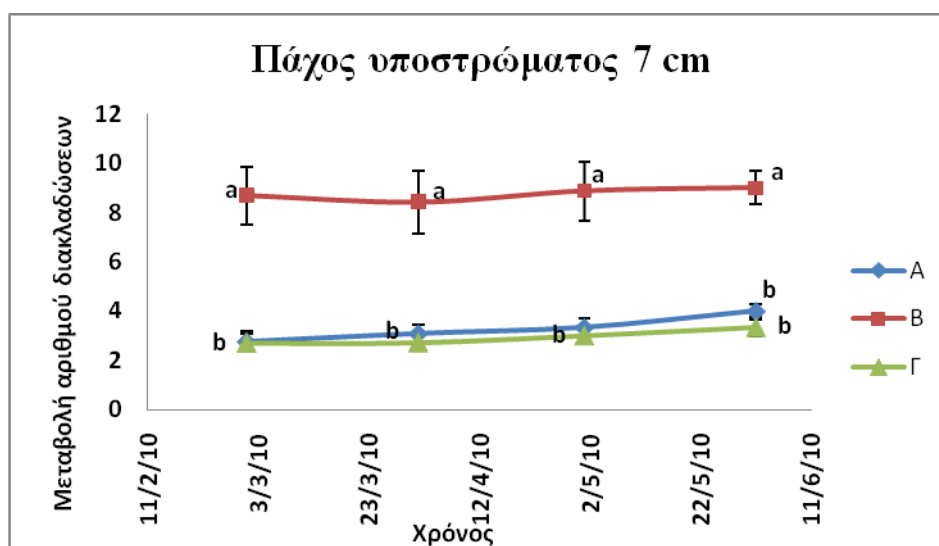
Σχήμα 2. Μεταβολή ύψους στο χρόνο του *Hyssopus officinalis* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και πάχος υποστρώματος 15 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά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

Από το σχήμα 2 παρατηρείται ότι το υπόστρωμα Β σε βάθος υποστρώματος 15 cm παρουσίασε καλύτερη εγκατάσταση φυτών και μεγαλύτερο ύψος. Παρατηρείται ότι το χώμα ως συστατικό (υπόστρωμα Β) συνέβαλε στη καλύτερη ανάπτυξη του ακόμα και σε βαθύτερα υποστρώματα. Η κομπόστα ως συστατικό του υποστρώματος Α είχε την μικρότερη επίδραση στη πορεία του ύψους, σε αντίθεση με το υπόστρωμα Γ που είχε ενδιάμεση αντίδραση, λόγω της ισόποσης ποσότητας που περιείχε σε χώμα και κομπόστα.

### 3.3.1.1.b.Αριθμός διακλαδώσεων/φυτό

Στην διπαραγοντική ανάλυση μεταξύ της μεταβολής του αριθμού διακλαδώσεων (παράγοντας A) και του πάχους υποστρώματος (παράγοντας B) δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (A: 60% ελαφρόπετρα: 40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα: 40% χώμα, Γ: 60% ελαφρόπετρα: 20% κομπόστα: 20%χώμα) και στα δύο πάχη που εξετάστηκαν.

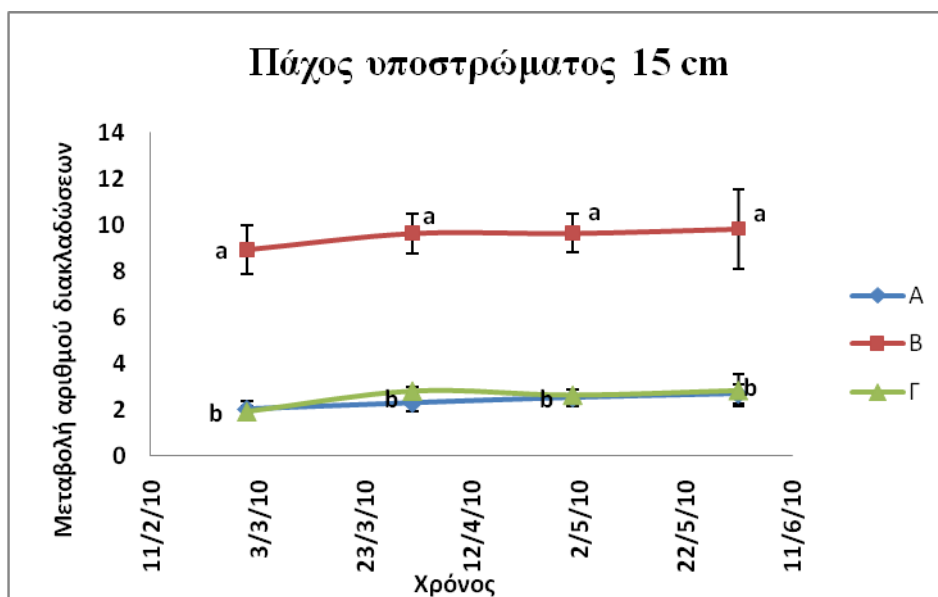
#### i) Πάχος υποστρώματος 7 cm



Σχήμα 3. Μεταβολή αριθμού διακλαδώσεων στο χρόνο του *Hyssopus officinalis* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και πάχος υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 3 παρατηρείται ότι φυτά *Hyssopus officinalis* που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα B έδωσαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό διακλαδώσεων από αυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα A και Γ. Το χώμα ως συστατικό του υποστρώματος B φαίνεται ότι ευνόησε την ανάπτυξη πολλών διακλαδώσεων.

## ii) Πάχος υποστρώματος 15 cm



Σχήμα 4. Μεταβολή αριθμού διακλαδώσεων στο χρόνο του *Hyssopus officinalis* σε διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα) και πάχος υποστρώματος 7 cm. (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ).

Στο σχήμα 4 παρατηρείται σημαντική επίδραση του υποστρώματος Β στον αριθμό των διακλαδώσεων. Τα υποστρώματα Α και Γ έδωσαν σημαντικά μικρότερο αριθμό διακλαδώσεων.

### 3.3.1.2.Καταστροφικό

Κατά την καταστροφική δειγματοληψία των φυτών ηλικίας 14 μηνών έγιναν κάποιες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η ανάπτυξη τους στα δύο πάχη και στους διάφορους τύπους υποστρώματος. Στη διπαραγοντική ανάλυση δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των περιθωριακών μέσων ανεξάρτητα από το τύπο του υποστρώματος (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα) στο νωπό, ξηρό βάρος, στη φυλλική επιφάνεια και στο LAI (Leaf Area Index) και στα δύο πάχη (7 και 15 cm), αντίθετα σημαντική αλληλεπίδραση είχαμε στο SLA (Specific Leaf Area) . Στη συνέχεια ακολούθησε μονοπαραγοντική ανάλυση για κάθε πάχος υποστρώματος (7 και 15 cm) χωριστά και για κάθε υπόστρωμα σε σχέση με το πάχος του.

#### 3.3.1.2.1.Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου

Πίνακας 1. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (A, B, Γ) στο νωπό βάρος (N.B) και ξηρό βάρος (Ξ.Β) φυτών *Hyssopus officinalis* ηλικίας 14 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χώμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P<0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο πάχη. ns: μη σημαντική αλληλεπίδραση.

Υποστρώματα	N.B (g)	Ξ.Β (g)
7 cm		
A	0,46 b	0,20 b
B	4,67 a	1,61 a
Γ	0,86 b	0,27 b
15 cm		
A	0,28 b	0,18 b
B	5,06 a	2,46 a
Γ	0,64 b	0,39 b
Αλληλεπίδραση	ns	ns



Στο πίνακα 1 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του πάχους του υποστρώματος (7 και 15 cm) τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος των φυτών *Hyssopus officinalis*. Το υπόστρωμα Β έδωσε σημαντικά μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος από τα υποστρώματα Α και Γ και στα δύο πάχη υποστρωμάτων (7 και 15 cm) και παρατηρείται κι εδώ πόσο σημαντικό ρόλο έπαιξε το χόμα ως συστατικό του υποστρώματος Β.

### 3.3.1.2.2. Μέτρηση φυλλικής επιφάνειας

Πίνακας 2. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στη φυλλική επιφάνεια ανά φυτό *Hyssopus officinalis* ηλικίας 14 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). Α: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, Β: 60% ελαφρόπετρα:40% χόμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20% χόμα). (Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο πάχη. ns: μη σημαντική αλληλεπίδραση.

Υπόστρωμα	Φυλλική επιφάνεια (cm <sup>2</sup> )
7 cm	
A	0.40 b*
B	2.31 a
Γ	0.99 b*
15 cm	
A	0.21 b
B	3.81 a
Γ	0.89 b
Αλληλεπίδραση	ns

Στο πίνακα 2 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του πάχους υποστρώματος (7 και 15 cm) στη φυλλική επιφάνεια φυτών *Hyssopus officinalis*. Το υπόστρωμα Β έδωσε σημαντικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια και στα δύο πάχη (7 και 15 cm).



### 3.3.1.2.3. Μέτρηση Leaf Area Index (LAI) Specific Leaf Area (SLA)

Πίνακας 3. Επίδραση του τύπου υποστρώματος (Α, Β, Γ) στο Leaf Area Index (LAI) και Specific Leaf Area (SLA) φυτών *Hyssopus officinalis* ηλικίας 14 μηνών σε δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm). 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  $P<0.05$ ). Οι \* δηλώνουν τη σημαντικότητα των μέσων για κάθε υπόστρωμα σε δύο πάχη. ns: μη σημαντική αλληλεπίδραση, s: σημαντική αλληλεπίδραση.

	LAI	SLA (cm <sup>2</sup> /g d.w.)
7 cm		
A	0,0005667 b	2,21 c
B	0,0032290 a	24,88* a
Γ	0,0013793 b	19,04* b
15 cm		
A	0,0002876 b	2,55* c
B	0,0053339 a	16,23 a
Γ	0,0012459 b	6,14 b
Αλληλεπίδραση	ns	S

Σύμφωνα με τις τιμές LAI των, το υπόστρωμα Β έδωσε φυτά με καλύτερη ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας συγκριτικά με τους υπόλοιπους δύο τύπους υποστρώματος. Η επίδραση αυτή παρατηρήθηκε και στα δύο πάχη υποστρώματος. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Α είχαν σημαντικά μειωμένες τιμές SLA γεγονός το οποίο σχετίζεται με αυξημένη επένδυση βιομάζας ανά επιφάνεια. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει αυξημένη σκληροφυλλία για τα φυτά του υποστρώματος Α πιθανώς σχετιζόμενη με μεγαλύτερη καταπόνηση συγκριτικά με τα φυτά των υποστρωμάτων Β και Γ. Το αποτέλεσμα αυτό παρατηρήθηκε και στα δύο πάχη υποστρώματος αλλά ήταν περισσότερο έντονο στο πάχος των 7 cm.

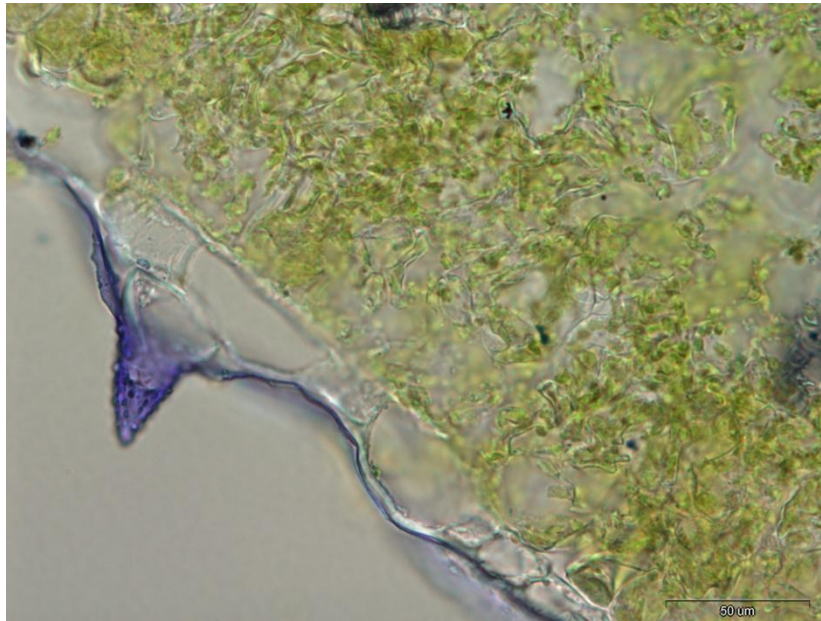
### 3.3.2.Ιστοχημεία

Πίνακας 4. Ιστοχημική συμπεριφορά τομών φύλλων *Hyssopus officinalis* στις χρωστικές Nadi, Sudan IV, Dragendorff's,  $AlCl_3$ .

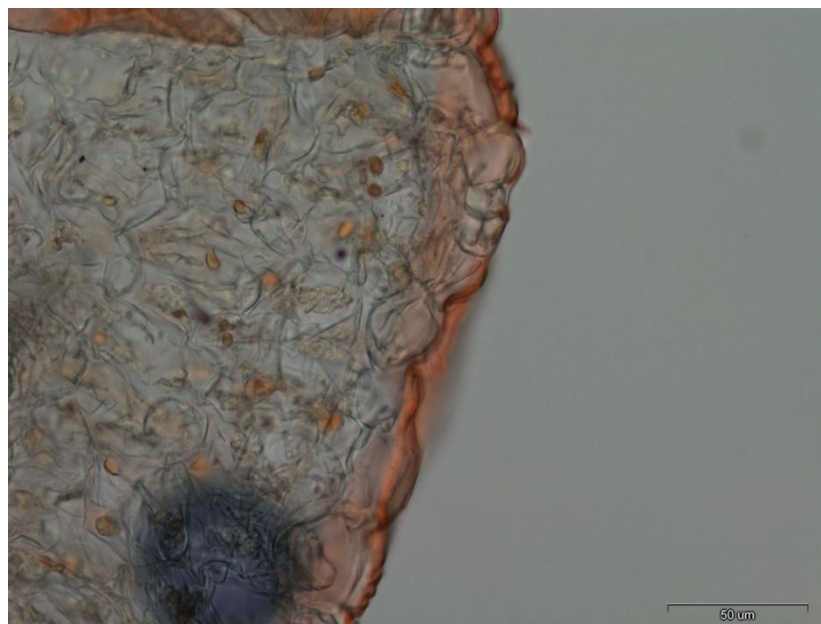
Χρωστική	Ένδειξη (θετική ή αρνητική)
Nadi	+
Sudan IV	+
Dragendorff's	+++
Τριχλωριούχο αργίλιο/ Aluminium Trichloride ( $AlCl_3$ )	+

Στον πίνακα 4 παρατηρείται πως τα δείγματα ήταν θετικά στις παραπάνω χρωστικές. Κατά τη χρώση τομής φύλλου *Hyssopus officinalis* με τη χρωστική Nadi παρατηρήθηκε ότι η εφυμενίδα και κάποιες μη αδενώδεις τρίχες απέκτησαν ιώδες χρώμα. Από αυτό συμπεραίνουμε την παρουσία τερπενοειδών στην εφυμενίδα και στις μη αδενώδεις τρίχες του φυτού (Εικόνα 1). Από τη χρωστική Sudan VI η εφυμενίδα και κάποια λιποσταγονίδια στη περιοχή του μεσοφύλλου βάφτηκαν κόκκινα και συμπεραίνουμε την ύπαρξη λιπιδίων ή κουτίνης ή σουβερίνης στα σημεία αυτά (Εικόνα 2). Την ύπαρξη φαινολών, αλκαλοειδών, νιτρικών πιστοποιεί η χρωστική Dragendorff's

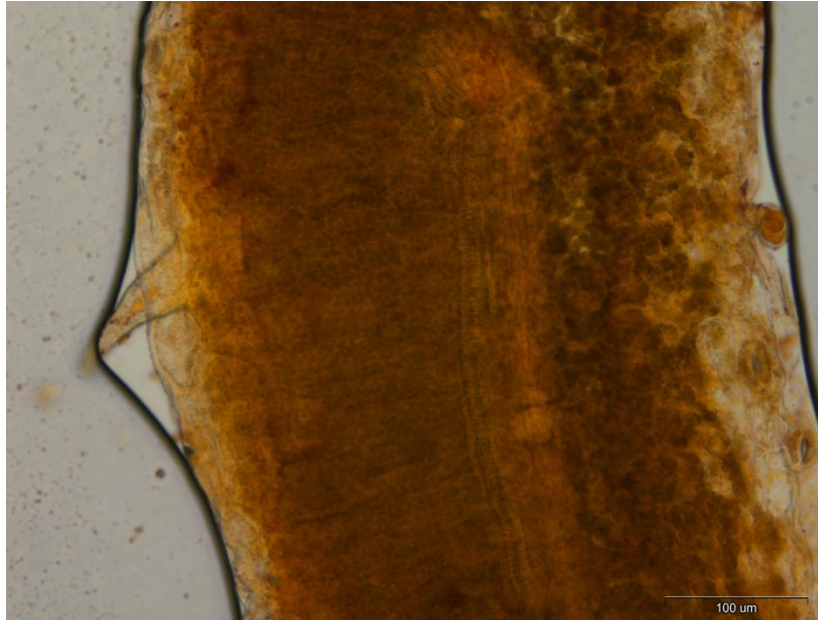
(Εικόνα 3), όπου η συγκεκριμένη χρωστική έδωσε θετική αντίδραση δημιουργώντας ένα διάχυτο χρωματισμό στα χυμοτόπια και στους χλωροπλάστες πλὴν των κυτταρικών τοιχωμάτων. Ενώ τέλος από το τριγλωριούχο αργίλιο συμπεραίνεται η ύπαρξη φλαβονοειδών στο περιεχόμενο των αδενωδών τριχών, ενώ η εφυμενίδα δεν χρωματίστηκε καθόλου (Εικόνα 4 και 5).



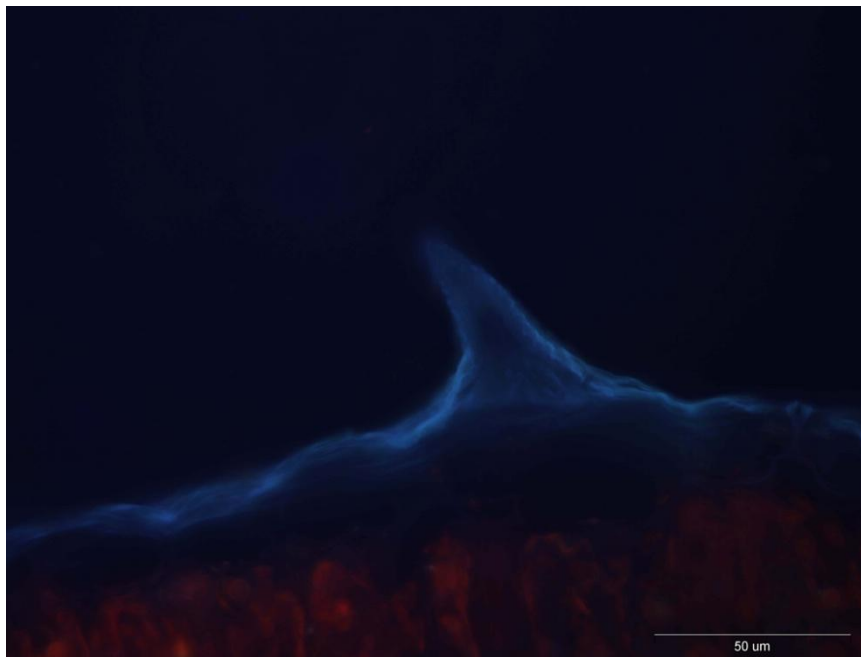
Εικόνα 1. Τομή εμβαπτισμένη στη χρωστική Nadi.



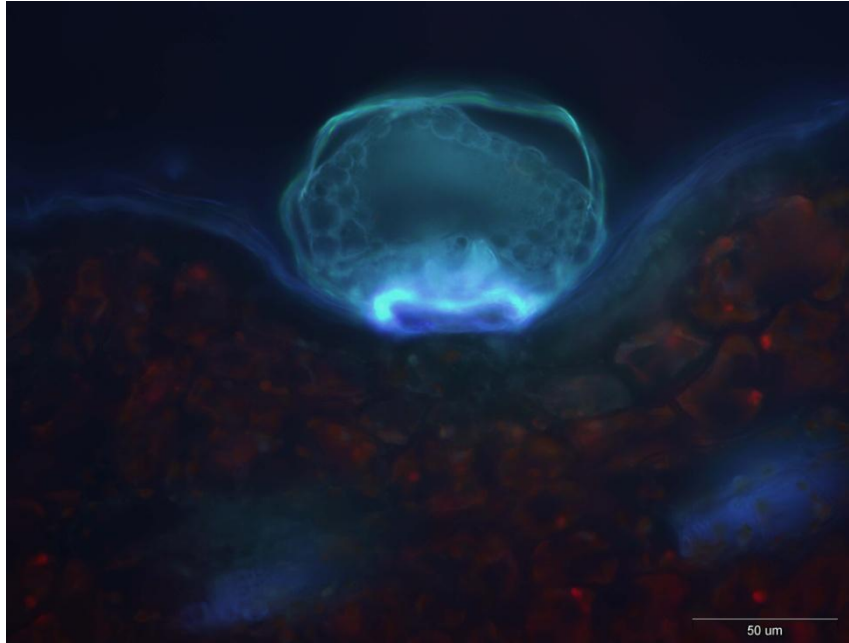
Εικόνα 2. Τομή εμβαπτισμένη στη χρωστική Sudan VI.



Εικόνα 3. Τομή εμβαπτισμένη σε Dragendorff's.



Εικόνα 4. Τομή εμβαπτισμένη σε Τριχλωριούχο αργίλιο/ Aluminium Trichloride (AlCl<sub>3</sub>) σε UV ακτινοβολία



Εικόνα 5. Τομή εμβαπτισμένη σε Τριχλωριούχο αργίλιο/ Aluminium Trichloride ( $AlCl_3$ ).

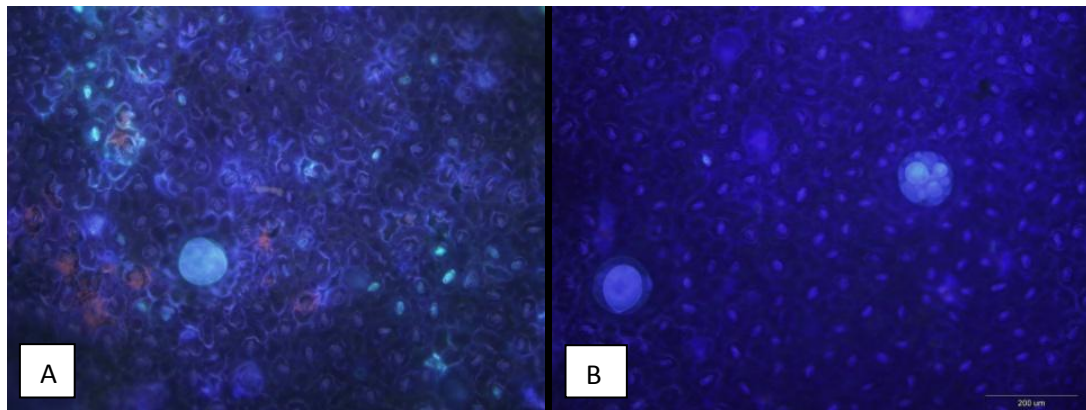
Πίνακας 5. Πάχος φύλλου, πάχος εφυμενίδας και επιδερμίδας.

Μετρήσεις	μm
Πάχος φύλλου	396
Πάχος εφυμενίδας	1,5
Πάχος εξωτερικού κυτταρικού τοιχώματος	4,4

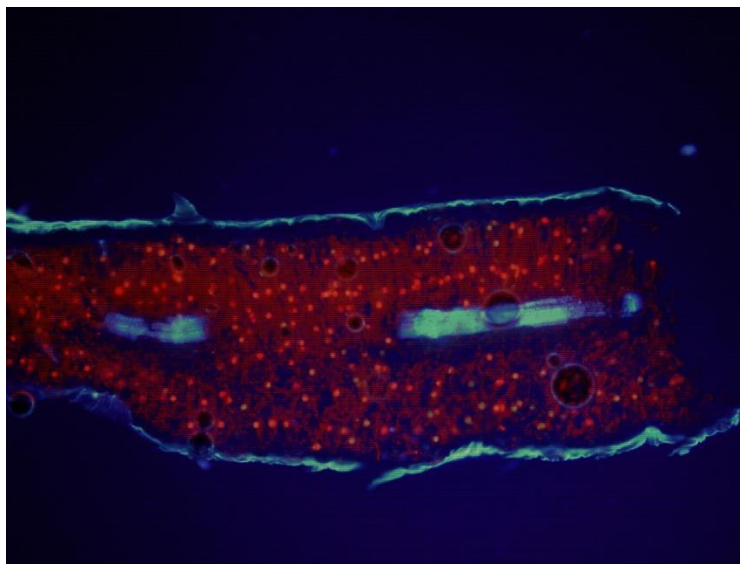
Πίνακας 6. Αριθμός στομάτων ανά εμβαδόν επιφάνειας φύλλου

Στόματα	Αριθμός στομάτων/ $mm^2$ εμβαδόν επιφάνειας
Άνω επιφάνεια φύλλων	105±10
Κάτω επιφάνεια φύλλων	132 ± 10

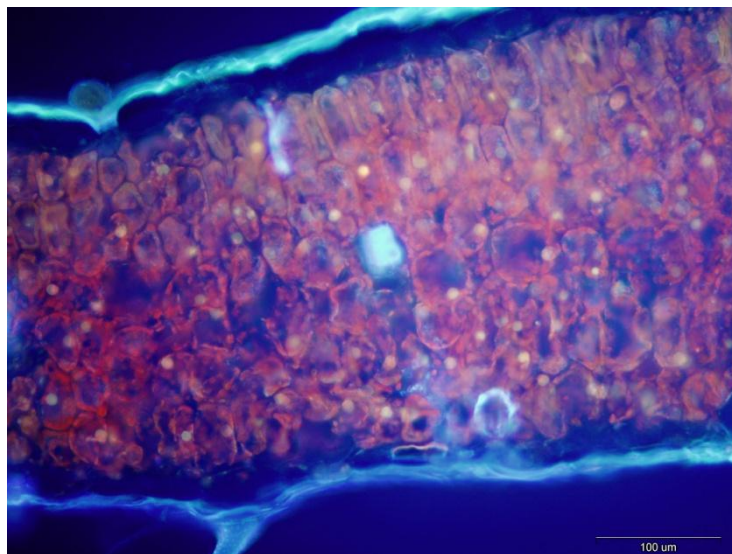




Εικόνα 6. Α) Άνω επιφάνεια φύλλου Β) Κάτω επιφάνεια φύλλου

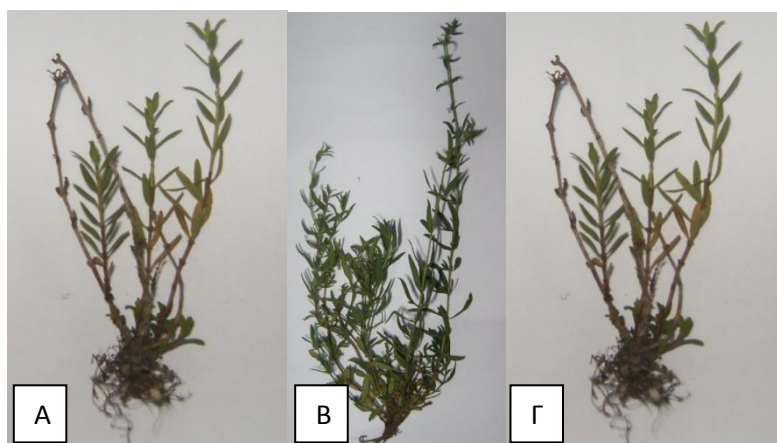


Εικόνα 7. Ηθμαγγειώδεις δεσμίδες σε τομή φύλλου *Hyssopus officinalis*.

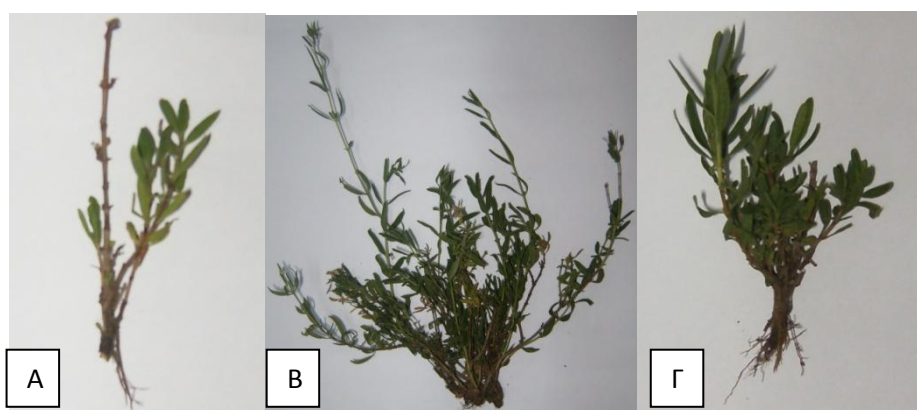


Εικόνα 8. Πασσαλώδες και σπογγώδες παρέγχυμα σε τομή φύλλου *Hyssopus officinalis*.

### 3.3.3.Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 9. Σύγκριση φυτών *Hyssopus officinalis* σε ηλικία 1,5 χρονών για το πάχος υποστρώματος ανάπτυξης 7 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).



Εικόνα 10. Σύγκριση φυτών *Hyssopus officinalis* σε ηλικία 1,5 χρονών για το πάχος υποστρώματος ανάπτυξης 15 cm σε τρία διαφορετικά υποστρώματα ανάπτυξης (A: 60% ελαφρόπετρα:40% κομπόστα, B: 60% ελαφρόπετρα:40% χώμα, Γ:60% ελαφρόπετρα:20% κομπόστα:20%χώμα).

### 4.Συζήτηση-Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα βιομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων, διαπιστώθηκε η διαφορετική συμπεριφορά κάθε είδους ως προς την ανάπτυξη, στους διάφορους τύπους και πάχη υποστρώματος. Και τα τρία είδη που μελετήθηκαν σε όλους τους χειρισμούς, όπως παρατηρείται από την πορεία του ύψους τους, χρειάστηκαν χρονικό διάστημα περίπου δύο μηνών για την εγκατάστασή τους (Σχήμα 1 και 2).

Η φθορισμομετρία χλωροφύλλης *in vivo* αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο απεικόνισης της φυσιολογικής κατάστασης ενός φυτού, όσον αφορά στον τρόπο επιτέλεσης των φωτεινών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης. Πρόκειται για μια μη καταστροφική, μη επεμβατική και ταυτόχρονα ευαίσθητη και γρήγορη τεχνική μέσω της οποίας μπορούν να μετρηθούν παράμετροι οι οποίες σχετίζονται περισσότερο με την έκταση πιθανών βλαβών σε έναν φυτικό οργανισμό ως αποτέλεσμα της επίδρασης ενός ή περισσότερων παραγόντων καταπόνησης παρά με την παραγωγικότητά του. Είναι δε χαρακτηριστικό ότι η θεμελιώδης φωτοχημική ικανότητα δύο, ακραία διαφορετικών ως προς το παραγωγικό τους δυναμικό, φυτών μπορεί να διαφέρει ελάχιστα, με την προϋπόθεση ότι και οι δύο οργανισμοί είναι υγιείς. Στην γεωπονία η τεχνική χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για την εκτίμηση πιθανών βλαβών από παρατεταμένη έλλειψη νερού συχνά σε συνδυασμό με υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας ή και ακραίες θερμοκρασίες. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίδραση της έλλειψης ή περίσσεια θρεπτικών στοιχείων ή ρυπαντών στο περιβάλλον ανάπτυξης ενός φυτού δεδομένου ότι η φωτοσυνθετική συσκευή είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στις παραπάνω καταπονήσεις (Maxwell and Johnson, 2000). Οι Durhman *et al.*, (2006), για να μελετήσουν τη καταπόνηση σε στρες νερού ξηροφυτικών ειδών που μεγάλωναν σε συνθήκες φυτεμένου δώματος πάχους 7,5 cm μέτρησαν τον φθορισμό της χλωροφύλλης ( $F_v/F_m$ ) σε κάθε είδος χωριστά.

Ειδικότερα για κάθε είδος που μελετήθηκε διαπιστώθηκαν τα κάτωθι:

#### ***Mentha pulegium***

Τα φυτά του *Mentha pulegium* που αναπτύχθηκαν σε μίγμα χώματος (υπόστρωμα Β) πάχους 15 cm παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους καθώς και το μεγαλύτερο



ξηρό βάρος στο τέλος της περιόδου καλλιέργειας, συγκριτικά με τα φυτά των υπόλοιπων μεταχειρίσεων (σχήμα 2, πίνακας 1). Επιπρόσθετα, συγκριτικά με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο ίδιο μίγμα σε πάχος 7 cm το ξηρό τους βάρος ήταν πάνω από το διπλάσιο (πίνακας 1). Αντίστοιχα καλή ανάπτυξη, όσον αφορά στο ύψος, εμφάνισαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μίγμα χώματος πάχους 7 cm (σχήμα 1). Στην περίπτωση του υποστρώματος Γ, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος 15 cm είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ξηρό βάρος σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος υποστρώματος 7 cm (πίνακας 1). Αντίθετα, φυτά *Mentha pulegium* που αναπτύχθηκαν σε μίγμα κομπόστας ελαφρόπετρας (υπόστρωμα Α) παρουσίασαν τη μικρότερη ανάπτυξη (ύψος και τελικό ξηρό βάρος) σε όλους τους τύπους και πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm), συγκριτικά με τα υπόλοιπα μίγματα υποστρωμάτων. Γενικώς παρατηρήθηκε, ότι το χώμα ως συστατικό συνέβαλε στην ταχύτερη ανάπτυξη και καλύτερη θρέψη των φυτών και ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο πάχος υποστρώματος. Αυτό οφείλεται στις καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες του χώματος σε σχέση με αυτές της κομπόστας (πίνακας 2 και 3).

Η κομπόστα σε συνδυασμό με το χώμα στο υπόστρωμα Γ συνέβαλλε στη βελτίωση της δομής του εδάφους και στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών με μεγαλύτερες τιμές ύψους, νωπού και ξηρού βάρους, σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε υποστρώματα με συστατικό τη κομπόστα (υπόστρωμα Α).

Πειράματα που αφορούν στην επίδραση της κομπόστας στην ανάπτυξη διαφόρων φυτών καταλήγουν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Οι Παπαφωτίου *et al*, (2009) σε μελέτη που έκαναν ανάπτυξης του φυτού *Ficus benjamina* σε υποστρώματα μίγματος κομπόστας στέμφυλων και τύρφης (50% περλίτης : 37,5% κομπόστα : 12,5% τύρφη), διαπίστωσαν ότι η κομπόστα στο υπόστρωμα έδωσε μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος υπεργείου τμήματος σε σύγκριση με φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης μετά από 7 μήνες. Η Περγαλιώτη (2010), σε μελέτη ανάπτυξης των *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος και σε υποστρώματα με συνδυασμό 2τύρφη : 3έδαφος : 5περλίτη και 2κομπόστα : 3έδαφος : 5περλίτη, διαπίστωσε καλύτερη ανάπτυξη των φυτών στο υπόστρωμα όπου συμμετείχε η κομπόστα στεμφύλων. Οι διαφορές αυτές σε σχέση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορεί να οφείλονται σε πολλούς παράγοντες όπως στη διαφορετική

προέλευση της κομπόστας και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού αναφορικά με τις ανάγκες των φυτών και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κάθε πειράματος

Σύμφωνα με τους Dunnet *et al*, (2004), η αύξηση του βάθους του υποστρώματος φαίνεται να ευνοεί την ανάπτυξη της βλάστησης σε συνθήκες φυτοδώματος, αλλά η αύξηση αυτή είναι σημαντική όταν αυξάνεται και η άρδευση. Στη παρούσα μελέτη τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μεγαλύτερο πάχος παρουσίασαν μεγαλύτερη ανάπτυξη από αυτά του χαμηλότερου πάχους, παρότι η ποσότητα άρδευσης ήταν ίδια και στα δύο πάχη. Σε μελέτη που έγινε από τους Dunnet *et al*, (2007) σε 16 είδη φυτών που αναπτύχθηκαν σε πάχη 10 και 20 cm παρατηρήθηκε ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος 20 cm είχαν καλύτερα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, μεγαλύτερη ανθοφορία και βιωσιμότητα σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν στο μικρότερου πάχους υπόστρωμα.

Η μελέτη των φωτοχημικών παραμέτρων σε σχέση με την ανάπτυξη των φυτών *Mentha pulegium* έδειξε ότι η παρουσία χώματος στο υπόστρωμα ανάπτυξης ή το αυξημένο πάχος υποστρώματος επέδρασε ποικιλοτρόπως σε μια σειρά από φωτοχημικές παραμέτρους. Γενικά, η παρουσία χώματος (υπόστρωμα Β) και στα δύο πάχη, επέδρασε θετικά στο ρυθμό φωτοχημικής ροής ηλεκτρονίων (ETR) και στην αποδοτικότητα θερμικής απόσβεσης της ενέργειας διέγερσης του φωτοσυστήματος II (NPQ), υποδηλώνοντας την αυξημένη ικανότητα φωτοπροστασίας ιδιαίτερα κατά την πρώτη περίοδο εγκατάστασης των φυτών. Ωστόσο, στα μέσα του καλοκαιριού όπου εντοπίζεται η δυσμενής περίοδος από πλευράς διαθεσιμότητας εδαφικής υγρασίας σε συνδυασμό με τις αυξημένες διαπνευστικές ανάγκες των φυτών, το αυξημένο πάχος υποστρώματος σε συνδυασμό με την παρουσία χώματος και κομπόστας (υπόστρωμα Γ) έδωσε φυτά με καλύτερες τιμές των παραπάνω παραμέτρων. Τα παραπάνω δείχνουν ότι ενώ η ανάπτυξη των φυτών στο υπόστρωμα Β ήταν μεγαλύτερη κατά την ευνοϊκή περίοδο, τα μικρότερου μεγέθους φυτά του υποστρώματος Γ ανταπεξήλθαν καλύτερα της καταπόνησης κατά την δυσμενή περίοδο.

### ***Phlomis fruticosa***

Τα φυτά *Phlomis fruticosa* που αναπτύχθηκαν σε μίγμα χώματος (υπόστρωμα Β) παρουσίασαν, τόσο στο πάχος των 7 όσο και σε αυτό των 15 cm (σχήμα 1 και 2), τη μεγαλύτερη αύξηση ύψους κατά τη διάρκεια των έξι μηνών καλλιέργειάς τους σε σχέση με τα άλλα δύο μίγματα υποστρώματος. Το μίγμα Β σε πάχος 7 cm δεν παρουσίασε

σημαντικές διαφορές στο τελικό ύψος των φυτών σε σχέση με φυτά στα άλλα υποστρώματα, ωστόσο παρατηρήθηκε ταχύτερη προώθηση της ανάπτυξής τους. Από το πρώτο κιόλας μήνα τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα Β σε πάχος 7 cm απέκτησαν σημαντικά μεγαλύτερο ύψος από τα φυτά των υποστρωμάτων Α και Γ για το ίδιο πάχος. Σε πάχος υποστρώματος 15 cm, τα φυτά του υποστρώματος Β είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ύψος αλλά και τελικό νωπό και ξηρό βάρος συγκριτικά με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα Α και Γ.

Σε μελέτη από τους Getter *et al.*, (2008), εξετάστηκε η ανάπτυξη διαφόρων ειδών *sedum sp.* σε βάθος υποστρώματος 4 και 10 cm. Σε βάθος 10 cm τα περισσότερα είδη *sedum* που μελετήθηκαν έδωσαν μεγαλύτερη ανάπτυξη απότι σε βάθος 4 cm. Η Τασούλα (2010), σε μελέτη ανάπτυξης των *Artemisia absinthium* και *Origanum dictamnus* σε συνθήκες φυτεμένου δώματος σε δύο πάχη (7,5 και 15 cm) υποστρώματος, διαπίστωσε ότι τα φυτά είχαν καλύτερη ανάπτυξη (τελική διάμετρο, νωπό και ξηρό βάρος) στο μεγάλο βάθος ανεξαρτήτως άρδευσης και τύπου υποστρώματος.

Οι φωτοχημικές παράμετροι του φυτού *Phlomis fruticosa* έδειξαν ποικίλη απόκριση στις πειραματικές μεταχειρίσεις κατά την ευνοϊκή περίοδο. Γενικά, τα υποστρώματα που περιείχαν χώμα (υποστρώματα Β και Γ) έδωσαν φυτά με καλύτερες τιμές των βασικών φωτοχημικών παραμέτρων (ΦPSII, ETR και NPQ) σε όλους τις περιόδους μέτρησης, ενώ δεν ήταν εμφανής κάποια επίδραση του πάχους του υποστρώματος. Κατά την δυσμενή περίοδο (μέσα καλοκαιριού), η καταπόνηση των φυτών από το υπόστρωμα των οποίων έλλειπε το χώμα, ήταν εμφανής στην φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II και στον ρυθμό ροής ηλεκτρονίων (Σχήμα 13, 14). Από τις τιμές της θεμελιώδους φωτοχημικής ικανότητας προκύπτει ότι μέτρια καταπόνηση εμφάνισαν όλα τα φυτά εκτός αυτών τα οποία αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα χώματος (υπόστρωμα Β) μεγάλου πάχους (Σχήμα 17). Το γεγονός αυτό μπορεί να συσχετιστεί με την μεγάλη ανάπτυξη βιομάζας σε αυτά ακριβώς τα φυτά στο τέλος του πειράματος (πίνακας 1 και 2).

Στην παρούσα εργασία η συσχέτιση των δεδομένων της φθορισμομετρίας χλωροφύλλης με τα βιομετρικά χαρακτηριστικά και εν γένει την κατάσταση των φυτών ήταν αρκετά ικανοποιητική χωρίς ωστόσο να λείπουν και περιπτώσεις όπου τα συμπεράσματα από την μελέτη των δύο ομάδων παραμέτρων απείχαν αρκετά. Σε κάθε

περίπτωση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι οι παράμετροι της φωτοχημείας του φωτοσυστήματος II δεν είναι από μόνες τους καθοριστικές για την πορεία ανάπτυξης ενός φυτού και ότι η μελέτη τους σχετίζεται μόνο με ένα ή περισσότερα διακριτά στιγμιότυπα στην ζωή ενός φυτού. Αντίθετα, οι αναπτυξιακές παράμετροι απεικονίζουν το συσσωρευτικό αποτέλεσμα όλων των παραγόντων του περιβάλλοντος από την αρχή έως το τέλος της περιόδου ανάπτυξης σε συνδυασμό με τον γονότυπο του φυτού. Έτσι, η στιγμιαία καταγραφή μιας δυσμενούς για το φυτό τιμής μιας παραμέτρου δεν αποτελεί πρόκριμα για κακή ανάπτυξη ενώ, αντίστοιχα, μια δυσμενής συγκυρία στη ζωή ενός φυτού, παρότι πρόσκαιρη, μπορεί να επιδράσει καταλυτικά στην ανάπτυξή του αλλά να μην καταγραφεί ως γεγονός από σημειακές μετρήσεις όπως αυτές της φθορισμομετρίας χλωροφύλλης.

### *Hyssopus officinalis*

Η επίδραση του υποστρώματος B στην ανάπτυξη των φυτών ήταν σημαντική και στα δύο πάχη υποστρώματος (7 και 15 cm), όπου τα φυτά απέκτησαν μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα A και Γ (σχήμα 1 και 2). Παρόμοια εικόνα έχουμε και στον αριθμό των διακλαδώσεων που ανέπτυξαν τα φυτά. Στο νωπό και ξηρό βάρος των φυτών δεν είχαμε αλληλεπίδραση του πάχους υποστρώματος και στους τρεις τύπους υποστρωμάτων (πίνακας 1). Τα φυτά του υποστρώματος B είχαν πολύ μεγαλύτερη βιομάζα συγκριτικά με τα φυτά των υπολοίπων υποστρωμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία και με τη φυλλική επιφάνεια των φυτών υποδηλώνοντας την ευνοϊκή επίδραση του χώματος ως συστατικού του υποστρώματος στη ανάπτυξη των φυτών (πίνακας 2). Στη μέτρηση της ειδικής φυλλικής επιφάνειας υπάρχει αλληλεπίδραση του πάχους και στους τρεις τύπους υποστρωμάτων (πίνακας 3). Η επίδραση του υποστρώματος B σε πάχος 7 cm έδωσε σημαντικά μεγαλύτερο SLA σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πάχος 15 cm. Ενώ, στο LAI το υπόστρωμα B έδωσε τις μεγαλύτερες τιμές από όλα τα υποστρώματα και στα δύο πάχη ανάπτυξης (7 και 15 cm), δίνοντας τη δυνατότητα καλύτερης επιφανειακής κάλυψης του υποστρώματος. (πίνακας 3).

Σε μελέτη που έγινε από τους Nektarios *et al.*, (2004) εξετάστηκε η ανάπτυξη της *Lantanas camara* σε συνθήκες φυτοδώματος σε τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα (100% αμμοπηλώδες έδαφος v/v, 60% αμμοπηλώδες έδαφος : 40 % αφρός ρητίνης v/v, 50% αμμοπηλώδες έδαφος : 35% τύρφη : 20% περλίτης και 60% τύρφη : 40% αφρός

ρητίνης). Τα καλύτερα χαρακτηριστικά ανάπτυξης φυτών παρουσίασαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε αμμοπηλώδες έδαφος και σε μίγμα από αμμοπηλώδες έδαφος και αφρό ρητίνης.

Από την μελέτη των μορφολογικών και ανατομικών χαρακτηριστικών των φύλλων του φυτού, διαπιστώθηκε η τυπική δομή του φυτού χωρίς ιδιαιτερότητες. Από τη δομή του φύλλου συμπεραίνουμε ότι το φυτό συμπεριφέρεται ως αρωματικό φυτό και όχι ως ξηροφυτικό, οπότε στην καλλιέργεια του είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται η άρδευσή του σε ικανοποιητικά επίπεδα. Από τη μελέτη των φύλλων του φυτού διαπιστώθηκε η παρουσία στομάτων και στις δύο επιφάνειες του φύλλου, ενώ το σπογγώδες και πασσαλώδες παρέγχυμα ήταν ανεπτυγμένα σε ίσα μέρη. Το φυτό είναι αμφιστοματικό (πίνακας 6), με σχετικά μεγάλο αριθμό στομάτων και στις δύο επιφάνειες του φύλλου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε η ύπαρξη αδενωδών και μη αδενωδών τριχών στη κάτω επιφάνεια του φύλλου.

Από τη μελέτη των ιστοχημικών χαρακτηριστικών διαπιστώθηκε η ύπαρξη τερπενοειδών στην εφυμενίδα και στις μη αδενώδεις τρίχες. Κατά την χρώση των τομών φύλλων του φυτού με τη χρωστική Dragendorff's οι τομές απέκτησαν διάχυτο χρωματισμό, τόσο στα χυμοτόπια όσο και στους χλωροπλάστες πλην των κυτταρικών τοιχωμάτων διαπιστώνοντας την ύπαρξη φαινολικών. Η ύπαρξη φαινολικών στο φύλλο, του παρέχουν προστασία από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες και τις δυσμενείς συνθήκες. Επίσης παρατηρήθηκε η ύπαρξη λιπιδίων στην εφυμενίδα και σε λιποσταγονίδια του μεσοφύλλου, καθώς και η ύπαρξη φλαβονοειδών στο περιεχόμενο των αδενωδών τριχών (Πίνακας 4).

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα φαίνεται πως το χώμα ως συστατικό του υποστρώματος, συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη και των τριών ειδών που μελετήθηκαν και στα δύο πάχη υποστρώματος. Το μεγαλύτερο βάρος του σε σχέση με άλλα συστατικά μιγμάτων, ιδιαίτερα στη κορεσμένη κατάσταση, αποτελεί ένα αρνητικό στοιχείο, το οποίο μπορεί να αρθεί με την προσθήκη κομπόστας, η οποία θα συνέβαλε στη βελτίωση της εδαφικής δομής και στη καλύτερη θρέψη των φυτών. Η εφαρμογή δε τέτοιων υποστρωμάτων μικρού βάθους φαίνεται να δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα ενώ ταυτόχρονα επιβαρύνουν με μικρό βάρος τη τελική κατασκευή.

Τα είδη που μελετήθηκαν, ο *Hyssopus officinalis* κυρίως αλλά και τα άλλα δύο είδη ανταποκρίθηκαν θετικά κατ αρχήν και κατά περίπτωση, στις διάφορες επεμβάσεις. Περαιτέρω ωστόσο πειραματισμός θα συνέβαλε στην ασφαλή επιλογή τους για φύτευση σε εκτεταμένης μορφής φυτοδώματα.

### 5.Βιβλιογραφία

- Akoumianaki-Ioannidou A., M. Rasouli, L. Podaropoulou and D. Bilalis, 2010. Seedlings production of *Mentha x piperita* (peppermint) and *Mentha spicata* (spearmint) in Float system with organic and inorganic fertilization. 28<sup>th</sup> International Horticultural Congress, Lisbon. August 22-27,2010.
- Bernatzky, A., “Gardens for Stepped Terrace Housing”, 1974, Urban Ecology, 1 (1975), σελ. 49-62.
- Clark Corrie, Adriaens Peter, Talbot F. Brian (2008). “Green Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits”. University of Michigan. Environmental Science & Technology, vol. 42, No 6, pp 2155-2161.
- Durhman Angela K., Rowe D. Bradley, Ruch Clayton L., 2006. Effect of Watering Regimen on Chlorophyll Fluorescence and Growth of Selected Green Roof Plant Taxa. Hortscience Vol. 41 (7), December, 2006.
- 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.
- Getter K.L. and B. Rowe, 2006. The role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. Hortscience 41(5): 1276-1285.
- Govindjee 1995. Sixty- three years since Kautsky: chlorophyll a fluorescence. Australian Journal of Plant Physiology, 22:131-160.
- Govindjee 2004. Chlorophyll a fluorescence: a bit of basics and history. Chlorophyll a fluorescence. Australian Journal of Plant Physiology, 22:131-160.
- Hall D.O., Rao K.K. 1999. Photosynthesis. 6<sup>th</sup> edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hideyuki M., Hiroyuki M., Chiokako A., Midori A., Teruhico Y. and Junya M., 2004. Isolation of α-glucosidase from Hyssop (*Hyssopus officinalis*) Phytochemistry, Volume:65, (1), pp: 91-97.
- Irina Toma, Constantine Toma, Gogu Ghiorghita. Histoanatomy and in vitro morphogenesis in *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae).Acta Bot. Croat. 63 (1), 59–68, 2004.

- Kotsiris G., Androutsopoulos A., Nektarios P. A., 2010. Thermal performance of semi-intensive type, planted roofs in Greece. 3<sup>rd</sup> International Conference Palenc 2010 jointly organised with EPIC 2010 & 1st Cool Roofs Conference.
- Logan, B.A, Adams, W.W., Demmig- Adams, B. 2007. Avoiding common pitfalls of chlorophyll fluorescence analysis under field conditions. *Functional Plant Biology*, 34:853-859.
- Maxwell, K. and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51:659-668
- Moran A., B. Hunt and G. Jennings, 2004. A North Carolina field study to evaluate green roof runoff quantity, runoff quality and plant growth. P. 446-460. In Proc. Of 2<sup>nd</sup> North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for sustainable communities, Portland, OR. 2-4 June 2004. The Cardinal Group, Toronto.
- Nektarios, P.A., Zacharopoulou, A. and Chronopoulos, I. 2005. Athen's Concert Hall roof garden construction. 42nd IFLA Congress, Edinburgh, Scotland.
- Nektarios P.A., Nidrioti E., Kotopoulis G., Tsoggarakis G., Papadopoulou M., Nikologianni A., Andreou P. and Markoglou A., 2008. 1st European Turfgrass Society Conference Proceedings. Vol. 1, May 2008, p. 27-32
- Nektarios Panayiotis, Tsiotsiopoulou Panayiota, and Chronopoulos Ioannis, 2004. Soil Amendments Reduce Green Roof Garden Weight and Influence the Growth Rate of Lantana. *HortScience* 38(4): 618-622. 2004
- Oberlander H. C., E. Whitrlaw and E.Matzuzaki, 2002. Introduction manual for Greening Roofs. Technology Directorate, Public Works and Government Services, Canada.
- Oberndorfer, E., et al, "Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services". *BioScience*, vol.57, No.10, November 2007
- Papafotiou M., I. Chatzipavlidis, B. Avajianeli, C. Michos (2007). Colouration, Anthocyanin Concentration 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. and M. Kuhn, 2003. Design guidelines for Green Roofs. Ontario Association of Architects.



- Peck S. and M. Kuhn, 2005. Design guidelines for Green Roofs. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, Ontario. 16 Nov. 2005.
- Pérez Maté, P. (2002). *Especies aromáticas y medicinales*. Buenos Aires: INTA
- Peuportier B.L.P (2001). “Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context”. *Energy and Buildings*, 33, pp. 443-450.
- Robertson, C., “A green roof built-out analysis for the University of Cincinnati; Quantifying the reduction of stormwater runoff”, 2007.
- Saiz Susana, Kennedy Christopher, Bass Brad, Pressnail Kim (2006) “Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs”. *Environmental Science & Technology*. Vol.40, No.13.
- Scholz-Barth K., 2001. Green Roofs: Stormwater Management from the Top Down. *Environmental Design and construction*, Feature, January/February.
- Schradera S., Boningb M., (2006). “Soil Formation on Green Roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans”. *Pedobiologia*, 50, pp. 347-356.
- Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No.42.Version 3.0, January 1996, United States Department of Agriculture.
- Stendiford E.I., 1996. Composting control: Principles and Practice, p. 49-59. In *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, London, Uk.
- Taiz L., Zeiger E. 1998. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc, New York.
- Takebayashi H., Moriyama M. (2007). “Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island”. *Building and environment*, pp 42.
- VanWoert Nicholas D., Bradley Rowe D., Andersen Jeffrey A., Rugh Clayton L., Fernandez Thomas R., Xiao Lan (2005). “Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope and Media Depth”. *Journal of Environmental Quality*.
- World Business Council for sustainable Development, (2007). “Energy efficiency in Buildings, Business realities and opportunities” EEB Facts and Trends Summary report.

- Αιβαλλάκης Γ., Καραμπουρνιώτης Γ., Φασέας Κ. 2003. Σημειώσεις Γενικής Βοτανικής. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γιαννούλη Δ., 2007. Φυτοκάλυψη και Περιβαλλοντικός σχεδιασμός. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ευαγγελίου Χ., Αλούπης Η., Κρεμαλή Ζ., Βραχόπουλος Μ., 2008. Τα φυτεμένα δώματα ως οικολογική αναγκαιότητα. Νέα υλικά και Τεχνικές για την εφαρμογή τους και την εξέλιξη τους σε συγχρονους αστικούς πνεύμονες.. *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008*
- Ευμορφοπούλου Α., 1992. Οι κήποι στα δώματα των κτιρίων, η συμβολή τους στο οικοσύστημα των αστικών κέντρων, οι κατασκευαστικές λύσεις και οι δυνατότητες εφαρμογής στον Ελληνικό χώρο. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Καραμάνος Α., 1993. Γενική Γεωργία Μέρος Ι. Το εναέριο περιβάλλον. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα pp.13-15.
- Καραμπουρνιώτης, Γ. 2003. Φυσιολογία Καταπονήσεων των φυτών. Αθήνα: Εκδόσεις Έμβρυο
- Μαρσέλος Π., Νεκτάριος Π., Σπαντιδάκης Ι., 2000. Κηποτεχνικές εφαρμογές. Κύκλος 2<sup>ος</sup>. Ειδικότητα κηποτεχνίας. Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία.
- Μπαλής Κ., 1994. Θερμόφιλη Βιοαποικοδόμηση Οργανικών Υλικών (κομποστοποίηση). Αθήνα.
- Παπαφωτίου Μ., Ν. Περγαλιώτη, Ι. Μάσσας και Ι. Χατζιπαυλίδης, 2009. Διερεύνηση της συνεργιστικής δράσης λίπανσης και διαφόρων κομποστών στην υπέργεια και υπόγεια ανάπτυξη του *Ficus benjamina*. Πρακτικά της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 24<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο (υπό εκτύπωση).
- Πατλής Γιάννης, 2003. Οδηγός καλλωπιστικών φυτών. Επιλογή φυτών για το χώρο σας. Εκδόσεις Σταμούλης.
- Περγαλιώτη Νίκη, 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Helichrysum italicum* και *Helichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Σιδηράς Ν.Κ., 1997. Οργανική λίπανση και αμειψισπορές, ΔΗΩ, Αθήνα.
- Τασούλα Λαμπρινή, 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Artemisia absinthium* και *Origanum dictamnus* σε συνθήκες φυτοδώματος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσογγαράκης Γ., 2005. Πρόταση φυτοκάλυψης δώματος και επιλογή διαστρώσεων σε συνάρτηση με τη βέλτιστη ανάπτυξη χλοοτάπητα και τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από τη χρήση αγροχημικών. Μεταπτυχιακή μελέτη, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

### Διαδίκτυο

- Δ<sub>1</sub>: [www.prasinistegi.gr/prasines\\_steges](http://www.prasinistegi.gr/prasines_steges).
- Δ<sub>2</sub>: <http://www.greenroofs.gr/node/41>
- Δ<sub>3</sub>: <http://www.dcgreenworks.org/LID/grbenefits.html>
- Δ<sub>4</sub>: [http://www.greenroofs.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=40](http://www.greenroofs.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=40)
- Δ<sub>5</sub>: <http://www.livingroofs.org/NewFiles/DissertgreenroofAboscoe.pdf>
- Δ<sub>6</sub>: [http://www.alphamonosi.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=39](http://www.alphamonosi.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=39)
- Δ<sub>7</sub>: <http://www.greenroofs.gr/node/145>
- Δ<sub>8</sub>: [http://www.athinapoli.gr/athens/index.php?option=com\\_content&task=view&id=883&Itemid=41](http://www.athinapoli.gr/athens/index.php?option=com_content&task=view&id=883&Itemid=41)
- Δ<sub>9</sub>: <http://www.agronews.gr/content/view/47581/249/lang,el/>
- Δ<sub>10</sub>: <http://www.agrool.gr/gr/g9.htm>
- Δ<sub>11</sub>: [http://en.wikipedia.org/wiki/Hyssopus\\_officinalis](http://en.wikipedia.org/wiki/Hyssopus_officinalis)
- Δ<sub>12</sub>: [http://www.desert-tropicals.com/Plants/Lamiaceae/Hyssopus\\_officinalis.html](http://www.desert-tropicals.com/Plants/Lamiaceae/Hyssopus_officinalis.html)
- Δ<sub>13</sub>: <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/h/hyssop48.html>
- Δ<sub>14</sub>: <http://www.pfaf.org/database/plants.php?Hyssopus+officinalis>
- Δ<sub>15</sub>: [http://www.botany.gr/hyssopus\\_officinalis.htm](http://www.botany.gr/hyssopus_officinalis.htm)
- Δ<sub>16</sub>: <http://www.ktimabioma.com/shopexd.asp?id=5136>

Δ<sub>17</sub>: [http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2008/Kinigakis,Nikolaos/attached-document/\\_\\_\\_\\_\\_.pdf](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2008/Kinigakis,Nikolaos/attached-document/_____.pdf)

Δ<sub>18</sub>: <http://www.mani.org.gr/hlorida/06asfaka/asf.htm>

Δ<sub>19</sub>: [http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_leaf\\_area](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_leaf_area)