



Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης

Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: Αξιολόγηση της δυνατότητας χρήσης του φύκου *Posidonia oceanica* ως υδροπονικού υποστρώματος σε καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca sativa*)



Φοιτήτρια: Μπακέα Μαρία

Υπεύθυνος καθηγητής : Τσιρογιάννης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής
τμ.Τεχνολόγων Γεωπόνων ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

Εκπαιδευτικό ίδρυμα : Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων - Τ.Ε.Ι. Ηπείρου

Σπουδάστρια : Μπακέα Μαρία

Επιτροπή : Τσιρογιάννης Ιωάννης (υπεύθυνος Καθηγητής)

: Καρράς Γεώργιος (μέλος)

: Μάνος Γεώργιος (μέλος)

Ευχαριστήρια

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα άτομα που με βοήθησαν και μου συμπαράσθηκαν σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και κατά τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

Υπήρχαν πολλά άτομα που συνέβαλαν για την πραγματοποίηση των σπουδών μου καθώς και στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Πρώτον από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Τσιρογιάννη Ιωάννη που όλα αυτά τα έτη με υποστήριξε σε ότι και αν χρειάστηκα στις σπουδές μου αλλά και γενικά στην ζωή μου. Ακόμη θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις γνώσεις, την τεχνογνωσία και συμβουλές που μου προσέφερεσε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Δεν πρέπει να ξεχάσω να ευχαριστήσω του καθηγητές μου στο ΤΕΙ Ηπείρου καθώς και στο πανεπιστήμιο Ιωαννίνων για την συμβολή τους στις σπουδές μου. Ειδικότερα τους κύριους Σάββα Δημήτριο, Γκίζα Γεώργιο, Πατακιούτα Γεώργιο, Καρρά Γεώργιο και την κυρία Υφαντη Παρασκευή.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω ένα άτομο για τη συμβολή του στη πραγματοποίηση των σπουδών μου και ειδικότερα μεταπτυχιακών μου σπουδών. Τις χρήσιμες συμβουλές (για την καλλιέργεια, το εργαστήριο, την συγγραφή της εργασίας) και πληροφορίες που μου προσέφερε πάντα με το χαμόγελο σε ότι και να ρωτούσα ή ζητούσα. Τον καθηγητή μου, μετέπειτα συνάδελφο μου και πλέον καλό μου φίλο, κύριο Μάντζο Νικόλαο.

Θα ήθελα να αναφέρω ακόμα κάποια άτομα που με βοήθησαν στην εκτέλεση του πειράματος, οι συνάδελφοι και φίλοι μου: Δόσης Βασίλειος, Βασιλείου Γιάννης, Λαμπρινάκου Χαρούλα, Λαμπράκη Ελένη και Δέσης Παναγιώτης

Σημαντική συνεισφορά είχα από τους συναδέλφους και φίλους μου, που μου συμπαράσθηκαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, των πειραμάτων και της συγγραφής της πτυχιακής εργασίας: Δημήτριου Γεώργιος, Σιάνου Αναστασία, Μυριούνης Χρηστός, Γιώτης Δημήτρης, Φωτιά Κωνσταντίνα και Μπαλτζώη Πηνελόπη.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την οικονομική και ηθική τους συμπαράστασή και ειδικότερα τα αδέρφια μου Δημήτρη και Νίκο που τους χρωστάω τόσα πολλά.

Και τέλος θα ήθελα να αναφέρω τα άτομα που με στήριξαν και με στηρίζουν όλα αυτά τα έτη στις σπουδές μας, στην πραγματοποίηση των επαγγελματικών μου και προσωπικών μου στόχων. Άκουγαν τα προβλήματα, τα άγχη μου, τα παράπονα αλλά και τις χάρες και επιτυχίες μου. Αυτοί είναι οι: Πρατοπούλου Γεωργία, Ψωμιάδης Γιώργος, Κολόμβου Δανάη, Δόση Νάντια, Αυγέρη Αντιγόνη, Κριτσιμάς Ανδρέας, Κέφη Κατερίνα, Πανταζή Βανέσα, Γκαβούνα Μαριλή και τελευταία την Ανδριανού Αλεξάνδρα που αν δεν υπήρχε στην ζωή μου δεν θα ολοκλήρωνα ποτέ την παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΜΕΡΟΣ 1 ^ο - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	4
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ - ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	4
Υδροπονικές καλλιέργειες στον κόσμο αλλά και στην Ελλάδα	6
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	8
Ορισμός και γενικά για την υδροπονία.....	8
Υποστρώματα στις υδροπονικές καλλιέργειες.....	9
Ανόργανα υποστρώματα.....	10
Άμμος.....	10
Ελαφρόπετρα.....	11
Πετροβάμβακας.....	12
Υαλοβάμβακας	13
Περλίτης.....	14
Κόκκοι διογκωμένης αργίλου	15
Βερμικουλίτης.....	16
Ζελολίτης	18
Οργανικά υποστρώματα.....	19
Τύρφη	19
Κοκκοτύρφη.....	20
Άλλα οργανικά υποστρώματα.....	21
Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά οργανικών υποστρωμάτων.....	22
Η <i>POSIDONIA OCEANICA</i>	23
Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία της <i>Posidonia oceanica</i>	24
Οικολογική σημασία της <i>Posidonia oceanica</i>	25
Χρήσεις της <i>Posidonia oceanica</i>	27
Φυσικοχημικές ιδιότητες της <i>Posidonia oceanica</i> και του compost που παράγεται από τα υπολείμματα της	29
Υδραυλικά χαρακτηριστικά της <i>Posidonia oceanica</i>	30
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ (<i>LACTUCASATIVA</i>)	32
Γενικά.....	32
Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία μαρουλιού.....	32
Κλιματικές συνθήκες καλλιέργειας	32
Συγκομιδή - αποδόσεις – διατήρηση	33

Ποικιλίες	33
Ασθένειες - Ζωικά παράσιτα	34
ΜΕΡΟΣ 2 ^ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	36
Περιγραφή του θερμοκηπίου.....	36
Υλικά και μέθοδοι.....	38
Περιγραφή των πειραμάτων	38
Πείραμα 1–4 υποστρώματα σε 2 διαφορετικά ύψη υποστρώματος	41
Πείραμα 2 –3 υποστρώματα σε 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης	43
Δειγματοληψίες – Αναλύσεις	46
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	50
ΠΕΙΡΑΜΑ 1 – ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	50
ΠΕΙΡΑΜΑ 2 - ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	54
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:.....	72
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:.....	74
Ηλεκτρονικές πηγές βιβλιογραφίας	77

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 : Στοιχεία για υδροπονικές καλλιέργειες σε χώρες της Ευρώπης (FAO 2013) .http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.....	6
Εικόνα 2: Κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών. (http://www.antemisaris.gr/product.aspx?iid=5177).....	10
Εικόνα 3: Ελαφρόπετρα (https://grizano.wordpress.com/category/).....	11
Εικόνα 4: Ατομικά μέσα ανάπτυξης φυτών από πετροβάμβακα.....	13
Εικόνα 5 : Ατομικά μέσα ανάπτυξης φυτών από υαλοβάμβακα	14
Εικόνα 6 : Η τελική μορφή του επεξεργασμένου περλίτη που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες . http://planty.gr/vermiculite_perlite.php.....	14
Εικόνα 7 :Τα τρία στάδια επεξεργασίας του περλίτη (ορυκτός –συνθλιμμένος – διογκωμένος περλίτης).http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_25.html	15
Εικόνα 8 : Κόκκοι διογκωμένης αργίλου σαν υδροπονικό υπόστρωμα.....	16
Εικόνα 9 : Διογκούμενος βερμικουλίτης σε διαφορές τάξεις μεγεθών.http://planty.gr/vermiculite_perlite.php.....	17
Εικόνα 10 : Η κρυσταλλική μορφή του ζεολίτη και η επεξεργασμένη του μορφή ως υπόστρωμα ή βελτιωτικό εδαφών.	18
Εικόνα 11 : Η μαύρη τύρφη.....	20
Εικόνα 12 : Η ξανθιά τύρφη.....	20
Εικόνα 13 : Κοκκοτύρφη πεπιεσμένη σε πλάκες.....	21

Εικόνα 14 : Δίσκοι σποράς με κοκκοτύρφη	21
Εικόνα 15 : Τμήμα του φίκους <i>Posidonia oceanica</i> . Με πράσινο χρώμα είναι τα φύλλα, με καφετί οι βλαστοί και οι ρίζες. http://oscar-kiko-izi.blogspot.gr/2010/08/blog-post_17.html	23
Εικόνα 16 : Τα λιβάδια <i>Posidonia oceanica</i> (http://www.livescience.com/)	26
Εικόνα 17 : Παράλια Μύτικα Πρεβέζης ,όπου συλλέξαμε την <i>Posidonia oceanica</i> που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματα .(Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	27
Εικόνα 18 : Βιολογικό compost POSIDONIA (http://www.compost.gr/#lunique-method-gr/co9t)	28
Εικόνα 19: Πειραματική καλλιέργεια μαρουλιού στα πλαίσια της παρούσας εργασία (2009Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	33
Εικόνα 20: Το πειραματικό θερμοκήπιο του τμήματος ανθοκομίας αρχιτεκτονικής τοπιού όπου πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα(Πηγή: προσωπικό αρχείο).	36
Εικόνα 21 : Σχεδιάγραμμα του χώρου του θερμοκηπίου που πραγματοποιήθηκαν οι καλλιέργειες μαρουλιού(Τσιρογιάννης, 2012).	37
Εικόνα 22 : Παράλια Μύτικα Πρεβέζης. (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	38
Εικόνα 23 :Φύλλα, ρίζες και βλαστοί της <i>Posidonia</i> που συλλέξαμε από την παράλια. (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	38
Εικόνα 24: Σακούλες με το φίκος <i>Posidonia o.</i> που συλλέξαμε στην περιοχή της Πρέβεζας. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)	39
Εικόνα 25 : Πλύσιμο των υπολειμμάτων της <i>Posidonia o.</i> (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	39
Εικόνα 26 : ξήρανση στα υπολείμματα της <i>Posidonia o.</i> (Πηγή: προσωπικό αρχείο)	40
Εικόνα 27 : τα αυτοσχέδια κανάλια – λεκάνες από ξύλο που χρησιμοποιήσαμε για την ανάπτυξη των φυτών,(Πηγή: προσωπικό αρχείο)	41
Εικόνα 28: ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 1 - διαφορετικά ύψη υποστρώματος.....	42
Εικόνα 29 : Στην αριστερή πλευρά της φωτογραφίας βλέπουμε τα κανάλια με ύψος 20cm και δεξιά τα κανάλια με ύψος 10cm. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)	42
Εικόνα 30 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με το Compost της <i>Posidonia oceanica</i> . (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	43
Εικόνα 31 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με Κοκκοτύρφη – κοκκόχωμα. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)	43
Εικόνα 32 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με τα τεμαχισμένα τμήματα της <i>Posidonia oceanica</i> . (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	44
Εικόνα 33: ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 2 –δυο συχνότητες αρδεύσεις σε τρία υποστρώματα.....	44
Εικόνα 34: Σχεδιάγραμμα του χώρου που είχαν τοποθετηθεί οι αισθητήρες για την μέτρηση υγρασίας υποστρωμάτων μαρουλιού, (Τσιρογιάννης Ι.).....	45
Εικόνα 35 : Το data logger και οι αισθητήρες 10HS της Decagon που χρησιμοποιήσαμε στο θερμοκήπιο, (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	45
Εικόνα 36 : Αισθητήρες 10HS της Decagon (Πηγή: http://www.decagon.com).....	46
Εικόνα 37 : συγκομιδή των φυτών μαρουλιού (πηγή : προσωπικό αρχείο).....	46
Εικόνα 38 : η μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο και η τοποθέτηση τους για αποξήρανση.(πηγή : προσωπικό αρχείο)......	47
Εικόνα 39 : Φούρνος ξήρανσης τύπου Memmert, model 500.(Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)..	47
Εικόνα 40 : Μύλος άλεσης φυτικών ιστών τύπου Retsch, MM200. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005).....	48

Εικόνα 41 : Φούρνος υψηλών θερμοκρασιών τύπου Linn High Therm. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε., 2005).....	48
Εικόνα 42 : Κάψες με την στάχτη του φυτικού ιστού μαρουλιού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)	48
Εικόνα 43 : Η εκχύλιση στάχτης με 10 ml διαλύματος HCl 1M και διήθηση μέσω φίλτρου Wattman 42. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)	49
Εικόνα 44: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer, Analyst 100. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)	49
Εικόνα 45 : Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα (Compost , φύκια <i>Posidonia oceanica</i> , Compost + ελαφρόπετρα και φύκια <i>Posidonia oceanica</i> + ελαφρόπετρα), και σε διαφορετικά ύψη υποστρώματος (10 cm και 20 cm).	50
Εικόνα 46 : Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα , με ύψος υποστρώματος 10 cm.	51
Εικόνα 47: Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα ,με ύψος υποστρώματος 20 cm.	52
Εικόνα 48 : Στατιστική επεξεργασία (ttest) στα υποστρώματα ως προς τα διαφορετικά ύψη υποστρώματος	53
Εικόνα 49 : Κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού.	53
Εικόνα 50 :Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια <i>Posidonia oceanica</i> , compost και κοκκοτύρφη) και με 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης (600wh και 300 wh).	54
Εικόνα 51:Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια <i>Posidonia oceanica</i> , compost και κοκκοτύρφη) με συχνότητα άρδευση 600wh	55
Εικόνα 52:Παράγωγη μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια <i>Posidonia oceanica</i> , compost και κοκκοτύρφη) με συχνότητα άρδευση 300wh	56
Εικόνα 53 : Στατιστική επεξεργασία (ttest) στα υποστρώματα ως προς τα διαφορετικά ύψη υποστρώματος.....	57
Εικόνα 54 : Κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού.	57
Εικόνα 55: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από <i>Posidonia oceanica</i> (α).....	59
Εικόνα 56: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από <i>Posidonia oceanica</i> (β).....	60
Εικόνα 57 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από <i>Posidonia oceanica</i> (γ).....	61
Εικόνα 58 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (α).....	62
Εικόνα 59 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (β).	63
Εικόνα 60: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (γ).	64
Εικόνα 61 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (α).....	65
Εικόνα 62 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (β)	66
Εικόνα 63 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (γ).	67
Εικόνα 64 : Τομές σε υπόστρωμα από <i>Posidonia oceanica</i> (πηγή : προσωπικό αρχείο).....	68
Εικόνα 65 :Τομές σε υπόστρωμα από compost (πηγή : προσωπικό αρχείο).	69
Εικόνα 66: Τομές σε υποστρώματα από κοκκοτύρφη (πηγή : προσωπικό αρχείο).	69

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η *Posidonia oceanica* ανήκει στα αγγειόσπερμα φυτά και φυτρώνει στον βυθό της θάλασσας. Απαντάται στη Μεσόγειο θάλασσα και στις νότιες και δυτικές ακτές της Αυστραλίας. Στην περιοχή της Μεσογείου φυτρώνει το είδος *Posidonia oceanica* όπου σχηματίζει εκτεταμένα πυκνά υποθαλάσσια λιβάδια τα οποία θεωρούνται μεγάλης περιβαλλοντικής σημασίας. Ανάλογα με την διαύγεια του νερού, βρίσκεται σε βάθος από ένα μέτρο έως 35m.

Στο πλαίσιο αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας γίνεται ανάλυση των ιδιοτήτων του της *Posidoni oceanica* σε διάφορες μορφές (μετά από πλύση και ξήρανση ως έχει αλλά και σε μορφή κομπόστ με άλλα οργανικά υλικά) και στην συνέχεια χρήση αυτού ως υπόστρωμα στο πλαίσιο υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού (*Lactuca sativa*). Ως αναφορά χρησιμοποιήθηκε μεταχείριση με ελαφρόπετρα, ένα τυπικό υπόστρωμα υδροπονίας.

Τα αποτελέσματα, μετά από στατιστική ανάλυση παρουσιάζονται με μορφή πινάκων και διαγραμμάτων και συζητούνται με σκοπό την αξιολόγηση της χρήσης της *Posidonia oceanica* σε διάφορες μορφές ως υπόστρωμα υδροπονίας.

Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκαν 2 πειράματα στο θερμοκήπιο υδροπονίας Δ. Σάββας του ΤΕΙ Ηπείρου:

- στο πρώτο χρησιμοποιήθηκαν υποστρώματα από φύκια , φύκια με ελαφρόπετρα, κομπόστ και κομπόστ με ελαφρόπετρα με διαφορετικά ύψη υποστρώματος 10cm και 20cm αλλά ίδια συχνότητα άρδευσης (ανά 500 WH)
- στο δεύτερο τα υποστρώματα ήταν από φύκια *Posidonia oceanica* , κοκκοφοίνικα και κομπόστ με ίδιο ύψος υποστρώματος αλλά δύο συχνότητες άρδευσης (300 WH και 600 WH).

Βασικός δείκτης αξιολόγησης ήταν και στα δύο πειράματα η ανάπτυξη - παράγωγη του μαρουλιού (νωπό βάρος).

ΜΕΡΟΣ 1^ο - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ - ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η παραγωγή λαχανοκομικών ειδών στις αναπτυγμένες χώρες είναι σήμερα μια δυναμική βιομηχανία που συνεισφέρει ουσιαστικά στην οικονομία και στην ευημερία των κατοίκων τους. Η καλλιέργεια των λαχανικών χαρακτηρίζεται ως εντατική, ιδιαίτερα όταν γίνεται υπό κάλυψη, καθώς απαιτεί επενδύσεις σε κεφάλαιο (μηχανήματα, εργαλεία, κτίρια), ενώ είναι ιδιαίτερα απαιτητική από την άποψη των καλλιεργητικών φροντίδων (αυξημένο κόστος εργατικών, ανάγκη για καθημερινή φροντίδα). Ωστόσο, το ακαθάριστο εισόδημα από την καλλιέργειά τους είναι από τα υψηλότερα στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή λαχανοκομικών ειδών έχει αυξηθεί στο ίδιο σχεδόν ποσοστό όπως με τον πληθυσμό του πλανήτη. Αυτή η τάση μπορεί και να συνεχιστεί στο μέλλον.

Την τελευταία δεκαετία (2001-2011) η παγκόσμια παραγωγή λαχανικών έχει αυξηθεί κατά 17,3% παγκόσμιος.

	Παραγωγή Χ 1000 ΜΤ		Κατανάλωση (kg/κεφαλή/έτος)	
	1994	2007	1994	2007
Παγκοσμία	485.550	908.838	84	119,4
Ασία	291.110	670.763	90	143,7
Αφρική	34.076	57.094	48	57,1
Βόρεια & Κεντρική Αμερική	46.681	57.089	96	190,9
Ευρώπη	67.322	94.095	102	116,8
Νότια Αμερική	16.018	22.363	43	49,4
Ωκεανία	2.650	3.554	95	97,5

Πινάκας 1 : Σύγκριση παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλωσης λαχανικών για τα έτη 1994 και 2007. (Πηγή: FAO, 2007).

Στην Ελλάδα υπάρχουν αξιόλογες εκτάσεις με θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Κρήτη, την Μεσσηνία (Κυπαρισσία) , την Πρέβεζα, την Κεντρική Μακεδονία και τη Θεσσαλία. Σήμερα υπάρχουν περίπου 50.000 στρέμματα με θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Το εντυπωσιακό είναι πως πριν από 20 χρόνια στην Ελλάδα υπήρχαν 40.000 στρέμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι στην Ελλάδα η εγκατάσταση θερμοκηπίων τα τελευταία 20 έτη αυξήθηκε ελάχιστα.

Παράλληλα, τα τελευταία έτη στην Ελλάδα παρατηρείται μια γενικότερη κάμψη στο γεωργικό τομέα η οποία οδηγεί σε σημαντική μείωση το αγροτικό εισόδημα και την αξία

της φυτικής παραγωγής. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της κάμψης του διεθνούς εμπορίου και του περιορισμού των πόρων που διατίθενται για τη στήριξη και την ανάπτυξη του γεωργικού κλάδου. Στην παρούσα κατάσταση, η λαχανοκομία πρέπει να αποτελέσει σημαντικό κλάδο της γεωργίας δίνοντας διέξοδο στους Έλληνες παραγωγούς.

Αντίθετα, στην Ισπανία, η έκταση των θερμοκηπίων ξεπερνά τα 600.000 στρέμματα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της Αλμερίας, στη νότια Ισπανία, όπου υπάρχουν σήμερα 250.000 στρέμματα θερμοκηπίων, τα οποία αναπτύχθηκαν από το 1980 και μετά. Η Αλμερία αποτελεί μία περιοχή η οποία παράγει, προωθεί και εξάγει λαχανικά σχεδόν στις μισές χώρες στην Ευρώπη.

Μια άλλη χώρα που παρουσιάζει σημαντική παρουσία στην παράγωγή θερμοκηπιακών καλλιεργειών είναι η Τουρκία, στην οποία, σήμερα, υπάρχουν 400.000 στρέμματα, με σημαντικό μέρος της παραγωγής τους, μάλιστα, να κατευθύνεται και στην ελληνική αγορά.

Αξιοπρόσεκτο είναι πως στην Ελλάδα τα λαχανικά καλλιεργούνται σε 1.102.296 στρέμματα (4,9% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανικής τομάτας), συμβάλουν όμως στο 18,3% του ακαθάριστου γεωργικού προϊόντος (πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2008). Επιπλέον, από τη συνολική έκταση των 57.421 στρεμμάτων που αφορούν θερμοκηπιακές καλλιέργειες (εκτός της χαμηλής κάλυψης), τα 53.592 στρέμματα αφορούν στην καλλιέργεια λαχανικών (πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2008). Από τα ίδια στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι ενώ τα λαχανικά καταλαμβάνουν το 18,1% της συνολικής έκτασης των οπωροκηπευτικών καλλιεργειών, αν και αποτελούν το 44,3% της συνολικής παράγωγης σε κιλά (2,4% του ΑΕΠ για το σύνολο της γεωργίας). Επίσης, τα οπωροκηπευτικά προϊόντα αποτελούν το 33,7% της συνολικής αξίας των εξαγόμενων προϊόντων και τροφίμων της χώρας (πρώτο στη λίστα των προϊόντων και τροφίμων) και το 10,7% της συνολικής αξίας των εισαγόμενων προϊόντων και τροφίμων (τρίτο στη λίστα μετά το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα) (πηγή: ΠΑΣΕΓΕΣ, 2011).

Όσον αφορά τις διάφορες καλλιέργειες λαχανικών στην Ελλάδα, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων του 2010, η πατάτα ήταν το πρώτο λαχανικό σε έκταση καλλιέργειας και ακολούθησαν η τομάτα (βιομηχανική και νωπή), το καρπούζι, τα κρεμμύδια (νωπά και ξηρά), το λάχανο, το πεπόνι, το φασόλι (στατιστικά στοιχεία 2009), το μαρούλι και το σπανάκι. (Ιμπραχίμ – Αβραάμ Χα, Πετρόπουλος, 2012).

Οι λαχανοκομικές θερμοκηπιακές καλλιέργειες μπορούν να συμβάλλουν κατά πολύ στην εθνική οικονομία. Εκτός από τους αγρότες, πολλές επιχειρήσεις και πολυάριθμο ανθρώπινο δυναμικό, συμμετέχουν στη διαδικασία μεταφοράς και εμπορίας των λαχανικών, στη μεταποίηση των παραγόμενων προϊόντων από τις βιομηχανίες τροφίμων, καθώς και στην κατασκευή και πώληση μηχανών, σπόρων, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, συσκευασιών και άλλων σχετικών εφοδίων (Ιμπραήμ, Πετρόπουλος, 2012).

Υδροπονικές καλλιέργειες στον κόσμο αλλά και στην Ελλάδα

Στην Ολλανδία (1995) και στο Βέλγιο (1994), η καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια καταλάμβανε 44.980 και 10.160 στρέμματα αντίστοιχα. Από αυτά το 75% περίπου (33.735 και 7620 στρέμματα, αντίστοιχα) καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες τομάτας πιπεριάς και αγγουριού που στην πλειοψηφία τους καλλιεργούνται σε υδροπονικά συστήματα (Στην Ολλανδία το 100% της πιπεριάς, το 80% της τομάτας και το 50% του αγγουριού καλλιεργούνται εκτός εδάφους).

Στην Ιαπωνία (1995) η καλλιέργεια λαχανικών σε θερμοκήπια καταλάμβανε 510.110 στρέμματα από τα οποία το 1,5% περίπου 7.630 στρέμματα γίνεται σε υδροπονικά συστήματα. Η τομάτα είναι η σπουδαιότερη καλλιέργεια (34%) και το κυριότερο υδροπονικό σύστημα είναι η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (44% της συνολικής υδροπονικής καλλιέργειας (Σταθακόπουλος, 2013).

Μπορεί να έχουν γραφτεί πολλά μέχρι τώρα για την καλλιέργεια της υδροπονίας και όλοι να έχουν αποδεχτεί ότι αυτή η μέθοδος καλλιέργειας λύνει πολλά προβλήματα στον τομέα των κηπευτικών, όμως μέχρι τώρα δεν έχουμε μια σαφή εικόνα για το ποια είναι η κατάσταση στην χώρα μας στον τομέα της υδροπονίας.

Domain	Country	Element	Item	Year	Unit	Value	Flag	Flag Description
Crops	Albania	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	8552.00		Official data
Crops	Bosnia and Herzegovina	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	7169.00		Official data
Crops	Greece	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	131657.00	lm	FAO data based on imputation methodology
Crops	Croatia	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	5974.00		Official data
Crops	Italy	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	795406.00		Official data
Crops	Malta	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	4611.00	lm	FAO data based on imputation methodology
Crops	The former Yugoslav Republic of Macedonia	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	174.60	lm	FAO data based on imputation methodology
Crops	Portugal	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	106624.00	lm	FAO data based on imputation methodology
Crops	Slovenia	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	15970.00		Official data
Crops	Spain	Production	Lettuce and chervil	2013	tonnes	904300.00		Official data

Εικόνα 1 : Στοιχεία για υδροπονικές καλλιέργειες σε χώρες της Ευρώπης (FAO 2013)
<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>

Με βάση τα στοιχεία της βάσης δεδομένων του IRTC (International Research&Training Centre for Sustainability), ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο οποίος συλλέγει στοιχεία και γενικά καταγράφει όλη την γνώση που υπάρχει πάνω στον τομέα την υδροπονίας στην Νοτιοανατολική Ευρώπη, αλλά και στον χώρο της Μέσης Ανατολής, πληροφορούμαστε ότι η υδροπονία στην Ελλάδα καλύπτει 1.750 περίπου στρέμματα. Επιπρόσθετα, η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται μόνο για την παραγωγή κηπευτικών προϊόντων, αλλά έχει επεκταθεί και στην ανθοκομία. Έτσι από τα 1.750 συνολικά στρέμματα, στα 1.450 έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια των κηπευτικών και στα υπόλοιπα 300 η ανθοκομία (Κατσάνος, 2012).

Ακόμη, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο έχουν κατανεμηθεί στην χώρα μας τα παραπάνω στρέμματα της υδροπονικής καλλιέργειας. Βάσει λοιπόν των στοιχείων που υπάρχουν στην Βόρεια Ελλάδα, η υδροπονία έχει αναπτυχθεί σε έκταση 400 στρεμμάτων, στην Κεντρική Ελλάδα στα 150 στρέμματα, στην Αττική και στα νησιά στα 300 στρέμματα, στην Πελοπόννησο στα 450 στρέμματα, στη Δυτική Ελλάδα στα 100 και τέλος στην Κρήτη η υδροπονία καλύπτει έκταση 350 στρεμμάτων.

Σε ότι το μέγεθος που έχουν οι υδροπονικές μονάδες στην χώρα μας, πληροφορούμαστε ότι υπάρχουν 3 μονάδες που έχουν έκταση 100 στρέμματα και πάνω, 15 μονάδες έχουν έκταση 20-50 στρέμματα, ενώ από 3-20 στρέμματα υπάρχουν 115 μονάδες. Εντύπωση, ωστόσο, μας προκαλεί το στοιχείο ότι δεν υπάρχουν στην χώρα μας υδροπονικές μονάδες που να έχουν έκταση από 50-100 στρέμματα (Κατσάνος, 2012).

Ένα ακόμα χρήσιμο στοιχείο από την βάση της IRTC αποτελούν τα είδη των καλλιεργειών τα οποία έχουν αναπτυχθεί. Έτσι παρατηρούμε ότι στο 50% των υδροπονικών μονάδων έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια της τομάτας όλων των τύπων, στο 25% η καλλιέργεια του αγγουριού, ενώ στο 10% καλλιεργούνται πιπεριές μαρούλι, κολοκύθι μελιτζάνα. Τέλος, στο υπόλοιπο 15% της συνολικής υδροπονικής έκτασης έχει αναπτυχθεί η ανθοκομία με δημοφιλή είδη προς καλλιέργεια να είναι η ζέρμπερα, το γαρύφαλλο το χρυσάνθεμο το ανθούριο και η γυψοφίλη (Κατσάνος 2012).

Τέλος, σύμφωνα με τον κ. Κατσάνο για τα επόμενα έτη αναμένεται να δημιουργηθούν νέες μονάδες που θα καταλαμβάνουν μια έκταση 300-500 στρέμματος, ενώ από τα υπάρχοντα θερμοκήπια εκτιμάται ότι 1.000 περίπου στρέμματα θα μεταπηδήσουν από την συμβατική καλλιέργεια στην υδροπονία.

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Ορισμός και γενικά για την υδροπονία

Η υδροπονία είναι μια μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την όποια οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με θρεπτικό διάλυμα ή απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το όποιο τα φυτά περνούν τις απαραίτητες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων για την φυσιολογική ανάπτυξη τους(Σάββας, 2003).

Ο όρος υδροπονία αρχικά εισήχθη από τον Gericke (1937) για να περιγράψει όλες τις μεθόδους καλλιέργειας φυτών σε υγρά μέσα για εμπορικούς λόγους. Ο Gericke (1929) ήταν ο πρώτος ερευνητής που προσπάθησε να αναπτύξει μια οικονομικά εφικτή μέθοδο καλλιέργειας φυτών στο νερό (θρεπτικό διάλυμα) για εμπορικούς λόγους. Μερικοί ερευνητές, βασισμένοι σε μια ερμηνεία του όρου «hydroponics», διατηρούν αυτόν τον ορισμό αποκλειστικά για τις εκτός εδάφους καλλιεργητικές μεθόδους που δεν χρησιμοποιούν άλλο υλικό εκτός από το θρεπτικό διάλυμα ως μέσο ανάπτυξης των ριζών(Cooper, 1979). Όμως, οι περισσότεροι επιστήμονες χρησιμοποιούν το όρο «υδροπονία» ως συνώνυμο με τον όρο «καλλιέργειες εκτός εδάφους» για να περιγράψουν όλους τους τύπους καλλιέργειας των φυτών χωρίς τη χρήση του χώματος ως μέσο ανάπτυξης των ριζών. Παρόλα αυτά, σε όλους τους τύπους καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, το χώμα αντικαθίσταται όσον αφορά την λειτουργία του να παρέχει θρεπτικές ουσίες στα φυτά από ένα τεχνητό θρεπτικό διάλυμα που χορηγείται στην καλλιέργεια μέσω του συστήματος άρδευσης. Αυτή η τεχνική μοιάζει με την υγρή λίπανση των φυτών που καλλιεργούνται στο χώμα, η οποία είναι γνωστή ως υδρολίπανση (Savvas, 2001).

Υπάρχουν δυο κατηγορίες υδροπονικών συστημάτων, τα ανοιχτά και τα κλειστά υδροπονικά συστήματα. Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Κλειστό καλείται κάθε υδροπονικό σύστημα στο οποίο το θρεπτικό διάλυμα, που περισσεύει απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μίας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα έχουμε μία συνεχή κυκλική ροή του θρεπτικού διαλύματος (ανακύκλωση). Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται οικονομία σε νερό και λιπάσματα, αφού η ποσότητα του νέου διαλύματος που εισέρχεται στο σύστημα αντιστοιχεί στην ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν διαρροές στο σύστημα σε αγωγούς και οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες.

Στην συνέχεια περιγράφονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (1994).

Τα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

- Η απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσης που είναι συνήθως σημαντικό,
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης,

- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης,
- Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος,
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών εδαφικών μιγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, και
- Ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους όπως κατεργασία εδάφους, φύτεμα, ζιζανιοκτονία κτλ.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

- Απαιτούνται αρκετά μεγάλες δαπάνες επένδυσης
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών
- Και τέλος απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τον καλλιεργητή.

Υποστρώματα στις υδροπονικές καλλιέργειες

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύπτει όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με τον καλύτερο τρόπο. Μόνο όταν εκπληρώνεται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμη η χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος (Σάββας, 2003).

Τα υδροπονικά συστήματα διαιρούνται γενικά σε συστήματα καλλιέργειας σε θρεπτικό διάλυμα, τα οποία αποκαλούνται και υδροκαλλιέργειες και σε συστήματα καλλιέργειας σε υποστρώματα.

Τα συστήματα καλλιέργειας σε υποστρώματα ονομάζονται σύμφωνα με το μέσο που χρησιμοποιείται, όπως η άμμος, το αμμοχάλικο, ο πετrobάμβακας, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, ο ζεόλιθος, το πριονίδι, το κοκκόχωμα και άλλα οργανικά υλικά. Τα συστήματα υδροκαλλιέργειας περιλαμβάνουν την τεχνική Βαθιάς Ροής (Deer Flow Technique), την τεχνική Λεπτής Στοιβάδας Θρεπτικού Διαλύματος (NFT-Nutrient Film Technique) και την Αεροπονία (Aeroponics) (Maloura, 2002).

Τα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρη στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικά ως αδρανή υλικά, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα. (Σάββας, 2003).

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικά στα διάφορα υποστρώματα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε υδροπονικές καλλιέργειες καθώς και στα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους (Maloura, 2002).

Ανόργανα υποστρώματα

Άμμος

Καθαρή άμμος χαρακτηρίζεται ευρέως αυτή που βρίσκεται σε ερήμους και σε παράκτιες πεδιάδες, διότι εκεί είναι φθινό, τοπικό φυσικό κοίτασμα.

Άμμος είναι το αδρόκοκκο κλάσμα των ανόργανων ουσιών του εδάφους. Έχει οριστεί ως σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,02mm και διακρίνεται περεταίρω σε (i) αδρόκοκκη άμμος, 0,2mm-2,0mm, (ii) λεπτοφυή άμμος, από 0,02-0,2. Η αδρόκοκκη άμμος προτιμάται ως υπόστρωμα.

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και πρακτικά μηδενική ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές.



Εικόνα 2: Κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών. (<http://www.antemisaris.gr/product.aspx?iid=5177>)

Οι κόκκοι της άμμου έχουν μικρό έως μηδαμινό πορώδες και επομένως δεν συγκρατούν νερό στο εσωτερικό τους. Η άμμος ως σύνολο σχηματίζει εκτεταμένο πορώδες στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των κόκκων. Όμως, η άμμος είναι ένα σχετικά χονδρόκοκκο υλικό, με πόρους οι οποίοι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι μεγάλου μεγέθους (0,2-0,4mm), κατά συνέπεια αδυνατεί να συγκρατήσει νερό.

Γι' αυτό το λόγο, η άμμος παρουσιάζει μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, συγκρινόμενη με άλλα υποστρώματα. Εξαιτίας της χαμηλής ικανότητας συγκράτησης υγρασίας η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές κατά την διάρκεια ημέρας), για να διατηρείται αρκετά υγρή για την ανάπτυξη των ριζών. Όμως, αυτό συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό, ειδικότερα στη περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται, λόγω απορροής σημαντικού μέρους του διαλύματος σε κάθε πότισμα. Αυτές οι απώλειες, βέβαια, μπορούν κατά ένα ποσοστό να αποφευχθούν μέσω μείωσης του χρόνου παροχής διαλύματος σε κάθε πότισμα.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υπόστρωμα υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό της κόστος και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Η άμμος χρησιμοποιείται επίσης ως συστατικό ποικύλων μειγμάτων μέσων ανάπτυξης, σχηματίζοντας συνήθως το βαρύτερο συστατικό.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Η πυκνότητα του όγκου της άμμου είναι σχετικά υψηλή σε σχέση με άλλα υποστρώματα ανάπτυξης. Η λεπτοφυής άμμος έχει πυκνότητα $1,48 \text{ g cm}^{-3}$ και η αδρόκοκκη $1,80 \text{ g cm}^{-3}$. Η άμμος έχει μία περιορισμένου εύρους διανομή μεγέθους πόρων, έτσι το μικρό πορώδες κλάσμα διατηρεί σχεδόν συνεχώς όγκο νερού πάνω από 0 έως 10 cm ύδατος (αδρόκοκκης άμμου) ή 0-20cm (λεπτοφυούς άμμου). Η παραπάνω αύξηση απορροφητικότητας έχει ως αποτέλεσμα την απότομη πτώση περιεκτικότητας σε νερό.

Χημικά χαρακτηριστικά

Ο Χαλαζίας (SiO_2) είναι το πιο κοινό συστατικό του κλάσματος της άμμου στα εδάφη, διότι είναι το δεύτερο πιο κοινό ορυκτό στο φλοιό της γης, αρκετά ανθεκτικό στη διάβρωση. Η πυκνότητα του χαλαζία είναι υψηλή, $2,6\text{-}2,65 \text{ g cm}^{-3}$, με σχετικά χαμηλή συγκεκριμένη επιφάνεια. Ο χαλαζίας είναι σταθερό ορυκτό με μικρή διαλυτότητα ανεξαρτήτως pH. Είναι ένα από τα πιο καθαρά αγνά ορυκτά που υπάρχουν, επομένως η άμμος είναι ένα αδιάφορο υπόστρωμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο ανάπτυξης φυτών.

Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι ένα προϊόν της ηφαιστειακής δραστηριότητας και συνήθως μία συγκεκριμένη μορφή λάβας που είναι πλούσια σε αέρια και πτητικές ουσίες. Οι γρήγορες εκτονώσεις της πίεσης κατά τη διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων οδηγούν στην απελευθέρωση αερίου και, στο σχηματισμό υλικών χαμηλής πυκνότητας που αποτελούνται από το ιδιαίτερα κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί.



Εικόνα 3: Ελαφρόπετρα (<https://grizano.wordpress.com/category/>)

Η ελαφρόπετρα είναι διαδεδομένη σε περιοχές που είναι πλούσιες σε ηφαιστειακή δραστηριότητα, όπως οι πορτογαλικές Αζόρες, τα ελληνικά νησιά, η Ισλανδία, η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία, η Ρωσία, η Σικελία, η Τουρκία και οι ΗΠΑ. Η πρώτη ύλη εξάγεται από τα

λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται σύμφωνα με την απαίτηση των πελατών. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια ως υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες τόσο στη χώρα μας, όσο και σε άλλες χώρες. Το κόστος της είναι αρκετά χαμηλό και παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα ως υπόστρωμα. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητές της επηρεάζονται από το συνολικό της μέγεθος.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Η ελαφρόπετρα είναι ένα ελαφρύ πορώδες υλικό που έχει χαμηλό φαινομενικό ειδικό βάρος 0,4-0,8 g/cm³, και μέγεθος πόρων που φτάνει 70-85%. Το pH της είναι γύρω στο 7,3 ανάλογα με την προέλευσή της και τις διαδικασίες κοσκίνισματος. Όταν η ελαφρόπετρα διαθέτει αρκετούς μεγάλους πόρους μειώνεται αισθητά η ογκομετρική της περιεκτικότητα σε νερό, καθώς, η τάση του νερού που περιέχει αυξάνεται.

Χημικά χαρακτηριστικά

Η ελαφρόπετρα είναι ένα αδρανές υλικό που αποτελείται πρώτιστα από το πυρίτιο και το οξείδιο του Αργιλίου (Al), αλλά μπορεί να περιέχει και μεταλλικά οξείδια, ασβέστιο ή άλατα.

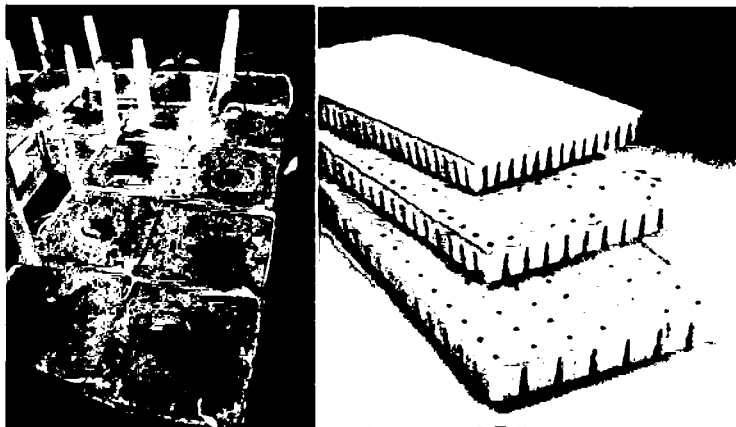
Η ελαφρόπετρα είναι βιολογικά αδρανής και δεν περιέχει κανένα παθογόνο ή ζιζάνιο. Είναι σταθερό υλικό το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Όντας ένα φυσικό προϊόν, μπορεί να απορριφθεί μετά την χρήση της χωρίς να προκαλέσει περιβαλλοντική ρύπανση.

Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας παρασκευάζεται θερμαίνοντας ένα μίγμα τριών φυσικών ακατέργαστων υλικών: 60% βασάλτη αλλοιωμένο (μια μορφή βασάλτη, *dolerite*), 20% ασβεστόλιθο και 20% κάρβουνο, κοκ. Αυτά τα υλικά λιώνουν μαζί σε υψηλή θερμοκρασία, σε έναν κλίβανο αερίων μέσω του οποίου ο αέρας αναγκάζεται να θερμανθεί στους 1600°C. Το λιωμένο μίγμα τότε περιστρέφεται σε υψηλή ταχύτητα και σχηματίζει λεπτές ίνες με διάμετρο περίπου 0,005mm, οι οποίες ψύχονται από ένα ρεύμα αέρα. Πιο συγκεκριμένα, οι ίνες θερμαίνονται με σκοπό να ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα σύνολο, το οποίο μειώνει σημαντικά την υδροφοβικότητα του τελικού υλικού.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Ο πετροβάμβακας, αποτελεί ένα ελαφρύ υπόστρωμα. Εμφανίζει υψηλή συγκέντρωση νερού και μικρή στράγγιση. Έτσι λοιπόν, καθώς η στράγγιση αυξάνεται και το περιέχον νερό ελαττώνεται, αντιλαμβανόμαστε ότι ο πετροβάμβακας δεν έχει τη δυνατότητα συγκράτησης ικανής ποσότητας νερού. Η υδραυλική αγωγιμότητα (K) κατά τη διαπότιση είναι πολύ υψηλή (4,6cm min⁻¹) αλλά μειώνεται γρήγορα με αυξημένη αναρρόφηση. Τέτοιες μειώσεις της μπορούν να οδηγήσουν σε ανεπαρκή αναρρόφηση ύδατος και σε άμεση ανάπτυξη υδατικού στρεσαρίσματος. Ο πετροβάμβακας αποτελεί μία μαλακή και ελαστική ουσία η οποία συμπιέζεται υπό πίεση και διατηρεί το αρχικό της ύψος ακλουθώντας χαλάρωση, αλλά μετά την ανάπτυξη του φυτού γίνεται μαλακότερο και ελαστικότερο.



Εικόνα 4: Ατομικά μέσα ανάπτυξης φυτών από πετροβάμβακα.

Χημικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια χαρακτηριστικά του πετροβάμβακα είναι ότι είναι τελείως αδρανής, εκτός από κάποιες μικρές επιδράσεις στο pH. Η αρχική τιμή pH του εμπορικού υλικού είναι πολύ υψηλή (7,0-8,0) και έχουν καταγραφεί τιμές μέχρι 9,5. Για αυτό το λόγο, απαιτείται η προσαρμογή του pH σε μια προτιμητέα τιμή φάσματος 5,5-6,0 αλλά κάτω από pH 5,0 διαλύεται. Ο πετροβάμβακας από μόνος του δεν έχει καμία επίδραση στη θρέψη της καλλιέργειας και όλα τα απαιτούμενα μακροστοιχεία είναι απαραίτητα να εισαχθούν μέσω της άρδευσης.

Υαλοβάμβακας

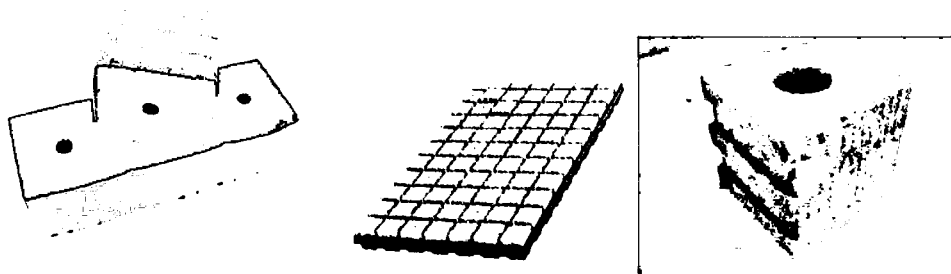
Ο υαλοβάμβακας αποτελεί ένα ελαφρύ τεχνητό υλικό, αρχικώς παραγόμενο για θερμική και ακουστική μόνωση στη κατασκευαστική βιομηχανία. Η εφαρμογή τροποποιημένων μορφών υαλοβάμβακα ως υπόστρωμα για φυτοκομία ξεκίνησε στη Δανία το 1969. Χρησιμοποιείται ως πλάκες ή κύβους δεμένων ινών, αλλά είναι επίσης διαθέσιμο σε μορφές κόκκων ως συστατικό μιγμάτων για φυτοδοχεία.

Ο υαλοβάμβακας παρασκευάζεται με το λιώσιμο άμμου, χαλαζία σε ηλεκτρικό φούρνο στους 1200°C. Η διαδικασία της παραγωγής των ινών και κύβων είναι παρόμοια με τον πετροβάμβακα. Ο ορυκτός βάμβακας είναι αδρανής, αποστειρωμένος, εύκολος στη μεταχείρισή με σταθερή απόδοση. Γι' αυτό εντός μιας δεκαετίας έγινε ένα από τα σημαντικότερα μέσα ανάπτυξης σε θερμοκήπια σε Ολλανδία, Βέλγιο, Γερμανία, Δανία και άλλες δυτικό ευρωπαϊκές χώρες. Από τις χώρες αυτές η χρήση του εξαπλώθηκε σε άλλα πεδία. Αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο ανάπτυξης για φυτοκομικές καλλιέργειες, στις οποίες ο καλλιεργητής μπορεί πάρα πολύ εύκολα να χειριστεί την αναλογία μεταξύ νερού και αέρα μεταξύ κάθε θεραπευτικού στοιχείου στη περιοχή της ρίζας.

Ο υαλοβάμβακας είναι πολύ ελαφρύς και περιέχει πολύ αέρα και νερό. Σε αντίθεση με τον πετροβάμβακα, η διάμετρος της ίνας του υαλοβάμβακα μπορεί να ποικίλει, επηρεάζοντας την ικανότητα συγκράτησης νερού. Διαθέτοντας λεπτότερες ίνες στο άνω μέρος της πλάκας

σε σύγκριση με το κάτω του τμήμα, εξασφαλίζεται η ορθότερη διανομή του περιεχόμενου ύδατος κατά ύψος της πλάκας.

Ο ορυκτός βάμβακας είναι αποστειρωμένο προϊόν. Μετά από τη χρήση μπορεί να απολυμανθεί με ατμό. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της χρήσης βάμβακα στην φυτοκαλλιέργεια είναι τα περιβαλλοντικά ζητήματα των υπολειμμάτων, καθώς ο υαλοβάμβακας δεν συνιστά φυσικό μέσο για να επιστραφεί στη φύση.



Εικόνα 5 : Ατομικά μέσα ανάπτυξης φυτών από υαλοβάμβακα

Περλίτης

Το ακατέργαστο υλικό για τον περλίτη προέρχεται από ένα φυσικό ηφαιστειακό ορυκτό. Το υπόστρωμα, ονομάζεται διογκωμένος περλίτης και παράγεται με τη θέρμανση του αλεσμένου και σουρωμένου υλικού στους 1000οC. Ο φυσικός περλίτης περιέχει μεταλλικό νερό, το οποίο μετατρέπεται σε αέριο στις υψηλές θερμοκρασίες του φούρνου. Αυτό προκαλεί τη διόγκωση του περλίτη από 4-20 φορές του αρχικού του μεγέθους και έτσι αποκτάται ένα ελαφρύ υλικό με μεγάλο πορώδες. Ο περλίτης χρησιμοποιείται συχνά σε μίγματα φυτοδοχείων ως μέσο ανάπτυξης. Παράγεται σε ποικίλες τάξεις, η πιο κοινή είναι διαμέτρου μεταξύ 0-2 και 1,5-3,0 mm. Οι ποικίλες τάξεις διαφέρουν στα φυσικά τους χαρακτηριστικά.



Εικόνα 6 : Η τελική μορφή του επεξεργασμένου περλίτη που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες . http://planty.gr/vermiculite_perlite.php



Εικόνα 7 :Τα τρία στάδια επεξεργασίας του περλίτη (ορυκτός –συνθλιμμένος – διογκωμένος περλίτης).http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_25.html

Φυσικά χαρακτηριστικά

Ο διογκωμένος περλίτης είναι πολύ ελαφρύς με σωματιδιακή και πυκνότητα όγκου μεταξύ $0,9-0,1 \text{ gcm}^{-3}$, αντιστοίχως. Είναι πολύ πορώδες, έχει πολύ έντονη δράση τριχοειδών αγγείων και μπορεί να συγκρατήσει 3-4 φορές το βάρος του σε νερό. Το διαθέσιμο και μη διαθέσιμο νερό στον εμπορικό περλίτη με διάμετρο 0-4 mm είναι 13,6% και 36,5% του όγκου του, αντιστοίχως.

Χημικά χαρακτηριστικά

Ο περλίτης είναι ένα αποστειρωμένο προϊόν καθώς παράγεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Μετά τη χρήση του μπορεί να απολυμανθεί με ατμό. Επιπλέον, η σταθερότητα δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από οξέα και μικροοργανισμούς. Όσον αφορά τη χημική του σύσταση ο περλίτης αποτελεί ένα σταθερό υλικό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά για πολλά χρόνια. Ο περλίτης είναι ευαίσθητος στη μηχανική συμπίεση, η οποία μπορεί να αλέσει τα σωματίδια σε σκόνη. Ως αδρανές υλικό, η ανακύκλωση του δεν αποτελεί περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Κόκκοι διογκωμένης αργίλου

Η διογκωμένη αργίλος είναι ένα προϊόν με κυτταρική δομή. Παράγεται μέσω θέρμανσης ξηρού, βαρύ πηλού στους 1100°C . Στη συγκεκριμένη θερμοκρασία απελευθερώνεται αέριο το οποίο διογκώνει τον πηλό.

Το ακάθαρμο υλικό είναι απαραίτητο να περιέχει χαμηλή περιεκτικότητα διαλυτών αλάτων, έτσι ώστε ουσίες, όπως ασβέστιο να μην προστίθενται κατά τη παραπάνω διαδικασία. Διαφορετικά, το άλας μπορεί να απελευθερωθεί κατά τη καλλιέργεια. Η τάξη μεγέθους που χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια είναι διαμέτρου 3-10 mm. Οι κόκκοι διογκωμένης αργίλου έχουν χρησιμοποιηθεί σε φυτοκαλλιέργειες από το 1936. Επίσης, κόκκοι διογκωμένης αργίλου χρησιμοποιούνται σε υδροπονικές καλλιέργειες και σε φυτοδοχεία.



Εικόνα 8 : Κόκκοι διογκωμένης αργίλου σαν υδροπονικό υπόστρωμα.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Οι κόκκοι της διογκωμένης αργίλου αποτελούν ένα ελαφρύ υπόστρωμα με μικρή σωματιδιακή πυκνότητα της τάξης του $0,28-0,63 \text{ gcm}^{-3}$. Η περιεκτικότητά τους σε νερό ανέρχεται από 11%-24% διαθέτει πορώδες στο 53%. Σε αντίθεση με την φυσική άργιλο οι κόκκοι της αργίλου περιέχουν μεγάλη ποσότητα αέρα.

Μετά από μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά της αργίλου δεν αλλοιώνονται ακόμη και μετά από διαδικασίες πενταετούς συστηματικής καλλιέργειας. Επιπλέον, η διαδικασία κορεσμού του υποστρώματος σε νερό είναι χρονοβόρα. Δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για την υδραυλική αγωγιμότητα της διογκωμένης αργίλου, αλλά είναι σχετικά ανθεκτική στη συμπίεση.

Χημικά χαρακτηριστικά

Οι κόκκοι διογκωμένης αργίλου είναι ουδέτεροι, με pH περίπου 7,0. Η ηλεκτρική της αγωγιμότητα(EC) είναι χαμηλή. Έχει ταξινομηθεί ως αδρανές υλικό, χωρίς αλλαγή κατιόντων ή ικανότητα ουδετεροποίησης. Αν χρησιμοποιηθεί πηλός χαμηλής περιεκτικότητας σε άλας κατά τη διαδικασία του ψησίματος θα επιτευχθεί διόγκωση του υλικού. Σε αντίθετη περίπτωση είναι απαραίτητη η προσθήκη άλατος.

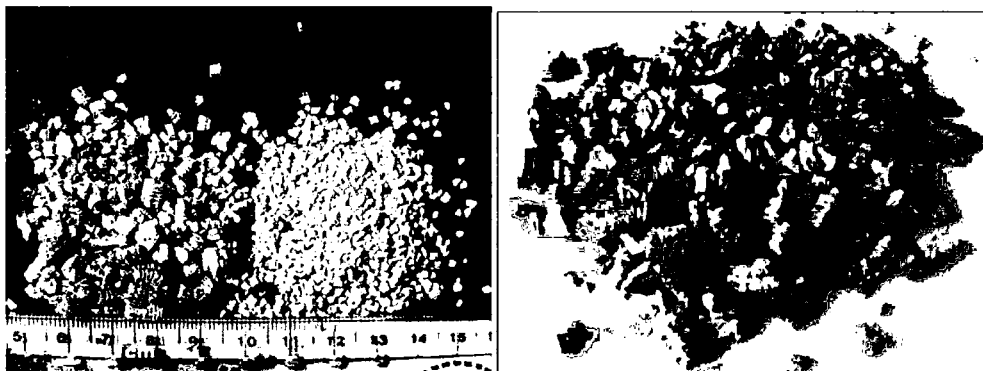
Οι κόκκοι διογκωμένης αργίλου είναι ένα αποστειρωμένο προϊόν το οποίο παράγεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Μετά τη χρήση τους μπορούν να πλυθούν και να απολυμανθούν χωρίς επιβλαβείς δράσεις. Οι κόκκοι διογκωμένης αργίλου είναι πολύ σταθεροί και μπορούν να διατηρηθούν για πολλά χρόνια. Τα υλικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη κατασκευαστική βιομηχανία.

Βερμικουλίτης

Το ακατέργαστο υλικό για τον βερμικουλίτη είναι ένα φυσικό υλικό το οποίο έχει μια στρωματική δομή με νερό μεταξύ των στρώσεων. Το υπόστρωμα που αποκαλείται διογκωμένος βερμικουλίτης παράγεται με παρόμοιο τρόπο με τον περλίτη, με τη θέρμανση αλλοιωμένου και κοσκινισμένου υλικού στους 1100°C .

Πιο συγκεκριμένα, στις υψηλές θερμοκρασίες του φούρνου το νερό μετατρέπεται σε αέριο, σπρώχνοντας τις στρώσεις του μακριά τη μία από την άλλη. Αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας είναι ο διογκωμένος βερμικουλίτης, ο οποίος αποτελείται από κόκκους με ακανόνιστο σχήμα, μικρό βάρος και μεγάλο πορώδες.

Ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται ως μέσω διασποράς και ως συστατικό μειγμάτων σε φυτοδοχεία.



Εικόνα 9 : Διογκούμενος βερμικουλίτης σε διαφορετικές τάξεις μεγεθών.http://plantv.gr/vermiculite_perlite.php

Φυσικά χαρακτηριστικά

Χάρη στις φυσικές του ιδιότητες, θεωρείται ένα περίφημο υπόστρωμα ρίζας. Παράγεται σε διάφορες τάξεις, διαμέτρου 0-2 ,2-4 και 4-8mm. Οι ποικίλες τάξεις του βερμικουλίτη παρουσιάζουν διαφοροποίηση ως προς τις φυσικές του ιδιότητες.

Ειδικότερα, ο διογκούμενος βερμικουλίτης είναι πολύ ελαφρύς και διαθέτει πυκνότητα όγκου. Διαθέτει πορώδες και χάρις στην έντονη δράση των τριχοειδών αγγείων μπορεί να συγκρατήσει 3-4 φορές το βάρος του σε νερό.

Χημικά χαρακτηριστικά

Ο βερμικουλίτης είναι ουδέτερος με pH 7,0-7,5 και χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα(EC) και ως ακατέργαστο υλικό έχει μόνιμη αρνητική φόρτιση.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι διαθέτει μια ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C) η οποία κυμαίνεται σε τιμές 150-210 mmolkg⁻¹. Ακόμη, διαθέτει δυνατότητα ουδετεροποίησης του PH και των κατιόντων του. Εκτός από αυτό, έχει τη δυνατότητα να απορροφά ιόντα όπως φωσφορικό άλας, λόγω της μεγάλης επιφανειακής περιοχής και κάποιων θετικά φορτισμένων θέσεων στις άκρες του.

Όταν το pH είναι χαμηλό, υπάρχει κίνδυνος απελευθέρωσης τοξικών στοιχείων στο διάλυμα. Το Mg αποτελεί ένα σημαντικό συστατικό της στοιχειακής δομής του και είναι το κυρίως απορροφημένο κατιόν.

Ο βερμικουλίτης είναι αποστειρωμένος και παράγεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα δεν αποστειρώνεται με ατμό καθώς αποσυντίθεται κατά τη διαδικασία θέρμανσης.

Η διογκωμένη δομή του βερμικουλίτη συνθλίβεται εύκολα. Επομένως, δεν είναι κατάλληλο για μακροπρόθεσμες χρήσεις. Είναι ευαίσθητος στη μηχανική συμπίεση που μπορεί να μετατρέψει τους κόκκους του σε σκόνη. Η διάθεση του βερμικουλίτη δεν είναι επιβλαβής στο περιβάλλον.

Ζεολίτης

Οι ζεολίτες είναι κρυσταλλικά ένυδρα αλουμίνιοσιλικονούχα στοιχεία αλκαλικών υλικών και αλκαλικών κατιόντων που περιέχουν απεριόριστες τρισδιάστατες κρυσταλλικές δομές. Ο ζεολίτης συνήθως σχηματίζεται με το μεταμορφισμό ηφαιστειακών πετρωμάτων αλλά επίσης μπορούν να σχηματιστούν και από μη ηφαιστειακά υλικά σε θαλάσσια ιζήματα ή υδάτινα περιβάλλοντα.

Λόγω της αλλαγής ιόντων τους, της απορρόφησης, ενυδάτωσης και αφυδάτωσης και των ιδιοτήτων της κατάλυσης, οι ζεολίτες χρησιμοποιούνται ευρέως στη γεωργία και σε πολυάριθμες βιομηχανίες για την απομάκρυνση μολυσματικών ουσιών από απόβλητα και πόσιμο νερό, ως ανταλλαγείς ιόντων, δομικά υλικά και σε ελαφριά μείγματα αδρανών για μπετόν.



Εικόνα 10 : Η κρυσταλλική μορφή του ζεολίτη και η επεξεργασμένη του μορφή ως υπόστρωμα ή βελτιωτικό εδαφών.

Οι ζεολίτες, κυρίως χρησιμοποιούνται στην επαναφορά-θεραπεία του εδάφους για την απορρόφηση ραδιενεργών αποβλήτων ή βαρέων μετάλλων. Χρησιμοποιούνται στην γεωργία ως τροποποιητές εδάφους για i) ως πηγή θρεπτικών P,K και NH_4 σε άγονα εδάφη και υποστρώματα, ii)Μειώνουν απώλειες αζώτου και τη μόλυνση των νιτρωδών και iii) Βελτιώνουν τη διαθεσιμότητα ύδατος .Ο κλινοπυλολίτης (clinoptilolite) είναι το κύριο στοιχείο του ζεολίτη που χρησιμοποιείται στην γεωργία και επομένως μόνο οι δικές του φυσικές και χημικές ιδιότητες θα αναπτυχθούν λεπτομερώς παρακάτω.

Φυσικά χαρακτηριστικά

Ο κλινωπτυλολίτης έχει μοριακή πυκνότητα της τάξεως $2\text{-}2,1\text{gcm}^{-3}$ και σημείο κορεσμού ύδατος 34%. Εντούτοις, οι διαδικασίες άλεσης και κοσκινίσματος επηρεάζουν τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του προϊόντος. Οι φυσικές ιδιότητες των τούρκικων ζεολιτών διέφεραν από το μέσο μέγεθος, ήταν σχεδόν πανομοιότυπες με αυτές των γνωστών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για υποστρώματα στο ίδιο μέγεθος.

Χημικά χαρακτηριστικά

Οι ζεολίτες περιέχουν πολύ ψηλές τιμές ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C.), (2200-4600 mmolekg^{-1}) και επομένως δεν προτείνεται η χρήση του ζεολίτη ως μοναδικό συστατικό υποστρώματος ανάπτυξης. Εντούτοις, σε μείγματα υποστρωμάτων τα οποία περιέχουν οργανικά (τύρφη και κομπόστ) και ανόργανα στοιχεία (άμμος, περλίτης), οι ζεολίτες χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή ανθέων και λαχανικών σε όλο τον κόσμο. Η πειραματική χρήση ζεολίτη ως μοναδικό υπόστρωμα ανάπτυξης έχει διαδοθεί σε πολλές καλλιέργειες όπως γαρύφαλλου, τομάτας και ζέρμπερας.

Ο κλινωπτυλολίτης είναι πολύ σταθερός αλλά διαλύεται σε pH 2 ή και χαμηλότερα και σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι ζεολίτες δεν είναι πολύ ευαίσθητοι στη μηχανική καταπόνηση και διατηρούν τις φυσικές τους ιδιότητες για επιτυχημένες μετέπειτα σοδειές. Δεν έχει παρατηρηθεί καμία μείωση στην απόδοση των φυτών σε ανακυκλωμένο κλινωπτυλολίτη έπειτα από ατμοαπολύμανση.

Οργανικά υποστρώματα

Τύρφη

Το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη.

Η τύρφη είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγροτόπους. Σε τέτοιες περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομοιογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα.

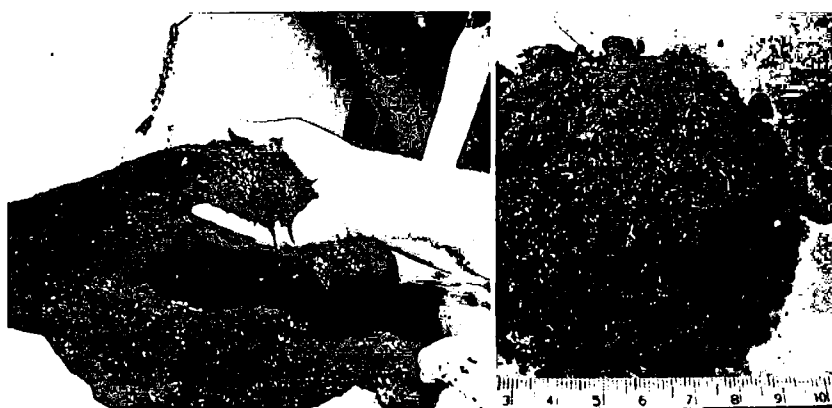
Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

- Η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη υφή και δομή σταθερότερη από αυτή της μαύρης, δεδομένου ότι η υδροχαρής βλάστηση από την οποία προέρχεται είναι νεώτερης ηλικίας σε σύγκριση με την μαύρη, συνεπώς έχει υποστεί αποσύνθεση (χουμοποίηση) σε μικρότερο βαθμό από αυτή. Το φαινόμενο ειδικό βάρος της βρίσκεται μεταξύ 50 και 100 gL^{-1} . Προέρχεται κυρίως από την Ρωσία και τις βαλτικές χώρες αλλά και από αρκετές άλλες βορειοευρωπαϊκές χώρες. Έχει εκτεταμένο πορώδες (90-95% του όγκου της) με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων με συνέπεια να διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα. Διαβρέχεται όμως δύσκολα και γι' αυτό θα πρέπει να ποτίζεται με νερό τουλάχιστον 1-2 ημέρες πριν την χρησιμοποίησή της. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στην φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των

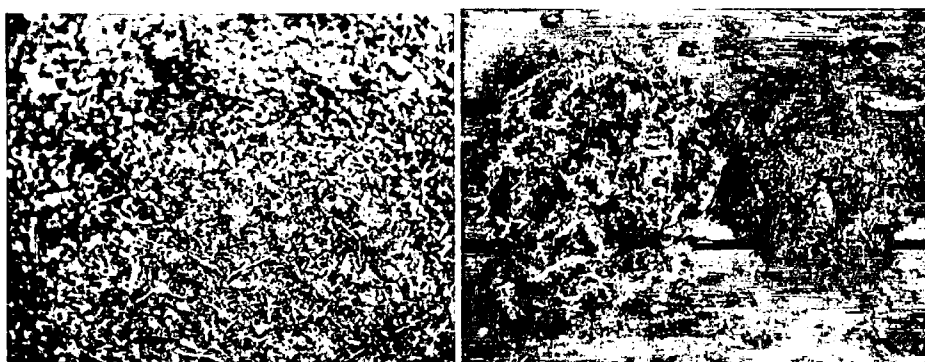
κολλοειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5-4,0). Γι' αυτό η ξανθιά τύρφη, πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους θα πρέπει απαραίτητα να αναμιγνύεται με μία μικρή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) σε ποσότητα $4-6 \text{ kg m}^{-3}$ για την ρύθμιση του pH της.

- Η μαύρη τύρφη βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης από την ξανθιά τύρφη, γι' αυτό το λόγο δεν έχει τόσο σταθερή δομή. Σε σύγκριση με την ξανθιά τύρφη έχει μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος ($120-200 \text{ g L}^{-1}$) και πιο περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ελαφρός μικρότερη ικανότητα συγκράτησης νερού να επηρεάζει και την αεροπερατότητα της. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι αρκετά μεγαλύτερη ($300-500 \text{ meq L}^{-1}$).

Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν και στην Ελλάδα, από τα οποία τα πλέον σημαντικά είναι αυτά των Φιλίππων στην Ανατολική Μακεδονία.



Εικόνα 11 : Η μαύρη τύρφη



Εικόνα 12 : Η ξανθιά τύρφη

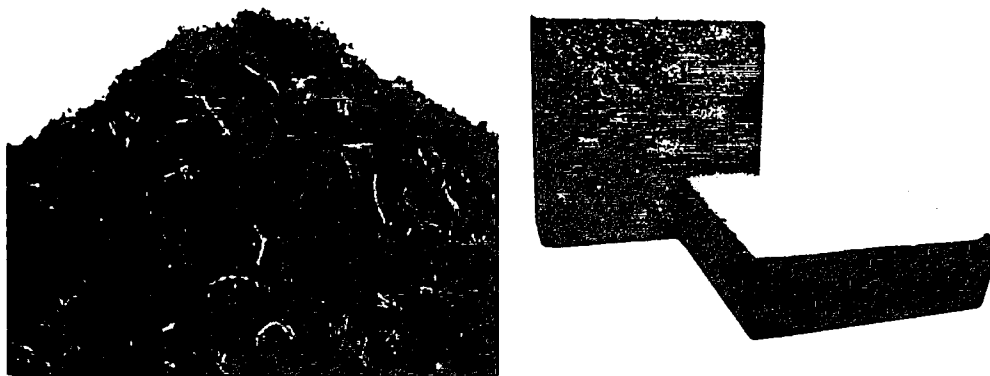
Κοκκοτύρφη

Ένα άλλο οργανικό υλικό που άρχισε τελευταία να χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα είναι η κοκκοτύρφη (γνωστή και ως cocosoil). Στην πραγματικότητα η κοκκοτύρφη αποτελεί ένα φυτόχωμα που προέρχεται από την αποσύνθεση των περιβλημάτων της ινδικής καρύδας.

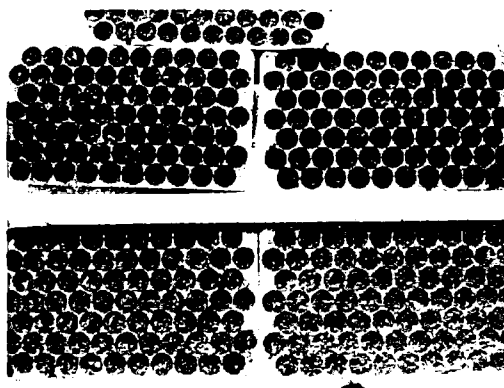
Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά τόσο όσον αφορά στις φυσικές του ιδιότητες (ικανότητα συγκράτησης νερού, αεροπερατότητα, κ.λπ.), όσο και την θρέψη των φυτών.

Σύμφωνα με τη παραπάνω διαπίστωση θα μπορούσαμε να προσθέσουμε ότι η κοκκοτύρφη διαθέτει πολύ χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα.

Κατά συνέπεια όταν στη κοκκοτύρφη προστίθεται ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα, η θρέψη των φυτών δεν επηρεάζεται από άλλους μη προβλέψιμους και αστάθμητους παράγοντες. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθοκομικές καλλιέργειες παραγωγής δρεπτών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η ζέρμπερα.



Εικόνα 13 : Κοκκοτύρφη πεπιεσμένη σε πλάκες.



Εικόνα 14 : Δίσκοι σποράς με κοκκοτύρφη .

Άλλα οργανικά υποστρώματα

Άλλα οργανικά υλικά που έχουν κατά καιρούς δοκιμασθεί και χρησιμοποιηθεί ως υποστρώματα υδροπονίας είναι το πριονίδι, το πυρηνόξυλο, αλεσμένα φύλλα δένδρων (ελιάς, κωνοφόρων), αλεσμένοι φλοιοί δένδρων, αλεσμένες κληματίδες αμπελιών, άχυρο, χαρτοπολτός, στέμφυλα οινοποιίας, επεξεργασμένη ιλύς από εργοστάσια βιολογικού καθαρισμού, κ.λπ. Στο εξωτερικό κυρίως, ως υποστρώματα έχουν χρησιμοποιηθεί και

περιπτώματα ζώων από σταύλους, τα οποία προσφέρονται τυποποιημένα στο εμπόριο, αφού πρώτα έχουν απολυμανθεί, ομογενοποιηθεί και αποξηρανθεί.

Ένα ακόμα οργανικό υποστρώμα είναι τα φύκια για τα όποια θα μιλήσουμε αναλυτικότερα σε επομένη ενότητα.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά οργανικών υποστρωμάτων

Κανένα όμως από τα προαναφερθέντα υλικά δεν είναι χημικά αδρανές και για το λόγο αυτό κατά την κατάρτιση της σύνθεσης θρεπτικών διαλυμάτων που προορίζονται για καλλιέργειες σε οργανικά υποστρώματα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σύσταση των υλικών αυτών σε διαθέσιμα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη και οι υπόλοιπες επιδράσεις αυτών στο διάλυμα οι οποίες σχετίζονται με την χημική τους δραστικότητα, όπως η ανταλλακτική τους ικανότητα, η επίδρασή τους στο pH του διαλύματος, η ταχύτητα αποσάθρωσης και ανοργανοποίησής τους στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας, Κ.λπ. Επειδή όμως όλες αυτές οι ιδιότητες παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις η χρήση αυτών των υποστρωμάτων είναι πιο επισφαλής από άποψη θρέψης. Εκτός αυτού, τα περισσότερα από τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά υποστρώματα καλλιέργειας δεν έχουν αρκετά ικανοποιητική συμπεριφορά όσον αφορά την συγκράτηση νερού και αέρα, οπότε οι αναλογίες στερεά : υγρή : αέρια φάση που προκύπτουν μετά την διαβροχή τους, συχνά δεν είναι ευνοϊκές για τα φυτά.

Ένα άλλο μειονέκτημα που αφορά αρκετά από τα παραπάνω υλικά είναι ότι τα περισσότερα από αυτά πρέπει πρώτα να υποστούν βιολογική αποδόμηση γνωστή και ως χουμοποίηση, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποστρώματα καλλιέργειας. Διαφορετικά, υφίσταται κίνδυνος φυτοτοξικότητας λόγω ζύμωσής τους και συνεπακόλουθης αύξησης της θεοκρασίας στο εσωτερικό τους κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών πάνω τους.

Συχνά τα προαναφερθέντα οργανικά υλικά δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια ως υποστρώματα αλλά σε μείγματα μεταξύ τους ή (ακόμη συχνότερα με μείγματα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό, όπως ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, ο βερμικουλίτης, κλπ. Ο σκοπός της ανάμιξης μεταξύ τους και ιδιαίτερα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό είναι η βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους και κυρίως της υδατοπερατότητας και της αεροπερατότητάς τους.

Στην πραγματικότητα το μείγμα που προκύπτει από μία τέτοια ανάμιξη αντιστοιχεί σε ένα τεχνητά παρασκευασμένο χώμα, το οποίο όμως είναι πιο ομοιγενές, έχει καλή δομή και αποστράγγιση και είναι απολυμασμένο. Επομένως και η θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται σε τέτοια υλικά προσεγγίζει περισσότερο τον τρόπο θρέψης των καλλιεργειών εδάφους στις οποίες εφαρμόζεται υδρολίπανση και λιγότερο τους τρόπους τροφοδότησης των φυτών με θρεπτικά στοιχεία που εφαρμόζονται στα υπόλοιπα συστήματα υδροπονίας. Η μόνη πραγματική ομοιότητα της καλλιέργειας σε οργανικά υποστρώματα ή μείγματα αυτών με ανόργανα υλικά με την υδροπονία είναι η μείωση του όγκου του υλικού μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα. Για αυτό η χρήση του όρου υδροπονία για την περιγραφή αυτού του είδους των καλλιεργειών εκτός εδάφους είναι μάλλον αδόκιμη.

Η *POSIDONIA OCEANICA*

Η *Posidonia oceanica* ζει σε μια στενή παράκτια λωρίδα σε βάθη μεταξύ 1-35 m, ανάλογα με την διαύγεια του νερού. Είναι ένα αληθινό φυτό, κατά το ότι μπορεί να φέρει λουλούδια και διασπορά σπόρων. Ωστόσο, η ανθοφορία είναι αρκετά σπάνια με λιγότερο από ένα λουλούδι που βρέθηκαν ανά 10 m²y⁻¹.

Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οξυγόνωση και την αποσαφήνιση των παράκτιων υδάτων, παρέχει ένα βιότοπο για μια πλούσια ποικιλία των φυτών και των ζώων, λειτουργεί ως μια ασφαλή περιοχή αναπαραγωγής για πολλά είδη και προστατεύει τις παραλίες από τη διάβρωση. Επίσης, διαδραματίζει έναν ρόλο στη προστασία του πλανήτη μας από την αυξανόμενη συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα. Ενεργεί ως "δεξαμενή άνθρακα", όπως και τα χερσαία φυτά, απορροφώντας διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και βοηθώντας έτσι να επιβραδύνει τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Τα φύλλα της *Posidonia oceanica* είναι σαν κορδέλα τα οποία εμφανίζονται σε τούφες των 6 ή 7, και μέχρι 1,5 m. Το μέσο πλάτος του φύλλου της είναι περίπου 10 mm. Τα φύλλα της έχουν χρώμα ανοιχτό πράσινο το οποίο ίσως μαυρίσει με την πάροδο των ετών, και διαθέτουν 13 με 17 παράλληλες νευρώσεις. Το τέρμα των φύλλων είναι στρογγυλεμένο ή μερικές φορές απουσιάζει λόγω των ζημιών. Τα φύλλα της είναι διατεταγμένα σε ομάδες, με μεγάλα φύλλα στο εξωτερικό, τα οποία έχουν διαφορετική μορφή από τα νέα φύλλα που τα περιβάλλουν.

Οι μίσχοι βρέθηκαν σε δύο μορφές: μία αυξανόμενη μορφή έως 150 cm κάτω από την άμμο και μία δευτέρα η οποία υψώνεται πάνω στην άμμο.

Όλα τα στελέχη είναι περίπου 10 mm πάχους και όρθια. Η ρύθμιση των ριζωμάτων αποτελεί τελικά ένα χαλί. Η επιφάνεια τους περιέχει τα ενεργά μέρη του φυτού, ενώ το κέντρο περιέχει ένα πυκνό δίκτυο με ρίζες και κλαδιά αποσύνθεσης.



Εικόνα 15 : Τμήμα του φίκους *Posidonia oceanica*. Με πράσινο χρώμα είναι τα φύλλα, με καφετί οι βλαστοί και οι ρίζες. http://oscar-kiko-lzi.blogspot.gr/2010/08/blog-post_17.html

Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία της *Posidonia oceanica*

Ανήκει στην οικογένεια Potamogetonaceae και είναι φυτό μονοκότυλο. Σχηματίζει τις λεγόμενες φυκιάδες ή λιβάδια ποσειδωνίας, κυρίως στους αμμώδεις βυθούς που μπορούν να απλωθούν από την ακτή έως και 35 m βάθους, ανάλογα με τις συνθήκες φωτεινότητας.

Όπως όλα τα ανώτερα φυτά, έτσι και η *Posidonia oceanica* εμφανίζει διαφοροποίηση σε ρίζα, βλαστό, φύλλα και άνθος.

Τα φύλλα της μοιάζουν με κορδέλες και βγαίνουν ανά 6 – 7, μαζί. Το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι 1,5 m και το μέσο πλάτος τους είναι 10 mm. Το χρώμα τους είναι πράσινο, που ίσως αργότερα γίνει καστανό. Τα φύλλα φέρουν 13 ως 17 παράλληλες νευρώσεις. Η άκρη τους είναι στρογγυλεμένη αλλά μερικές φορές ενδέχεται να απουσιάζει λόγω ζημιών.

Οι ρίζες της εισχωρούν βαθιά στον πυθμένα και σχηματίζουν ένα πολύπλοκο δικτυωτό πλέγμα. Αυτό το εκτεταμένο ριζικό σύστημα βοηθά στη συγκράτηση της άμμου του πυθμένα και προφυλάσσει τις παραλίες από τη διάβρωση των κυμάτων και των παράκτιων ρευμάτων.

Αναπαράγεται αγενώς ή εγγενώς. Κατά τον εγγενή πολλαπλασιασμό δίνει μικροσκοπικά άνθη και τα σπέρματα μεταφέρονται μέσα σε σφαιρικούς σχηματισμούς από νημάτια, μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων. Τα φύλλα είναι σε ομάδες των 5-8 φύλλων, ενώ τα άνθη, ερμαφρόδιτα και αρσενικά, ενώνονται σε στάχυα. Ο καρπός είναι μια δρύπη («ελιά») πράσινου χρώματος.

Βασίλειο	<i>Plantae</i>
Διαίρεση	<i>Magnoliophyta</i>
Κλάση	<i>Liliopsida</i>
Τάξη	<i>Alismatales</i>
Οικογένεια	<i>Potamogetonaceae</i>
Γένος	<i>Posidonia</i>
Είδος	<i>oceanica</i>

Πίνακας 1 : Βοτανική ταξινόμηση *P. Oceanica*
https://el.wikipedia.org/wiki/Posidonia_oceanica

Οικολογική σημασία της *Posidonia oceanica*

Οι περιοχές με λιβάδια ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*) είναι προστατευόμενες από ευρωπαϊκούς και εθνικούς κανονισμούς, λόγω της μεγάλης οικολογικής τους σημασίας. Αποτελούν σε παγκόσμια κλίμακα οικοσυστήματα με ιδιαίτερη σημασία, διότι παρέχουν τροφή σε μια ποικιλία εξαρτώμενων από αυτά τροφικών πλεγμάτων. Παράλληλα, σταθεροποιούν τον πυθμένα και μειώνουν τη διάβρωσή του, διαμορφώνουν το υπόστρωμα και το καθιστούν κατάλληλο για τη διαβίωση πολλών φυτικών και ζωικών οργανισμών, και τέλος παρέχουν τροφή και προστασία σε πολλά είδη ψαριών.

Το είδος *Posidonia oceanica* είναι ένα ενδημικό είδος της Μεσογείου θάλασσας, το οποίο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εξάπλωση συγκριτικά με τα υπόλοιπα θαλάσσια είδη φανερόγαμων φυτών της Μεσογείου. Τα λιβάδια ποσειδωνίας στη Μεσόγειο εκτιμάται ότι καλύπτουν έκταση 25.000–50.000km², η οποία αντιστοιχεί στο 1-2% της συνολικής επιφάνειας. Το είδος εξαπλώνεται κατά μήκος των ακτών ολόκληρης της Μεσογείου. Στη δυτική Μεσόγειο η εξάπλωση του αρχίζει περίπου 250km ανατολικά του Γιβραλτάρ, ενώ στην ανατολική λεκάνη απαντάται σε ολόκληρη την ακτογραμμή εκτός από τις ακτές του Λιβάνου, του Ισραήλ και της Συρίας. Τα λιβάδια του είδους απαντώνται σε βάθη από 0.5 έως και 40m, αν και έχουν βρεθεί ζωντανά φυτά σε βάθη μεγαλύτερα από 50m.

Παρά την αναγνωρισμένη άμεση οικολογική και έμμεση οικονομική σημασία των λιβαδιών ποσειδωνίας, υπάρχουν συνεχείς καταγραφές για την καταστροφή ή υποβάθμιση τους σχεδόν σε όλες τις χώρες της Μεσογείου, ιδιαίτερα τα τελευταία 40 χρόνια. Οι κυριότερες αιτίες για την υποβάθμιση των λιβαδιών είναι η απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων, οι υδατοκαλλιέργειες, η αλιεία με συρόμενα εργαλεία, τα παράκτια έργα και τα αγκυροβόλια.

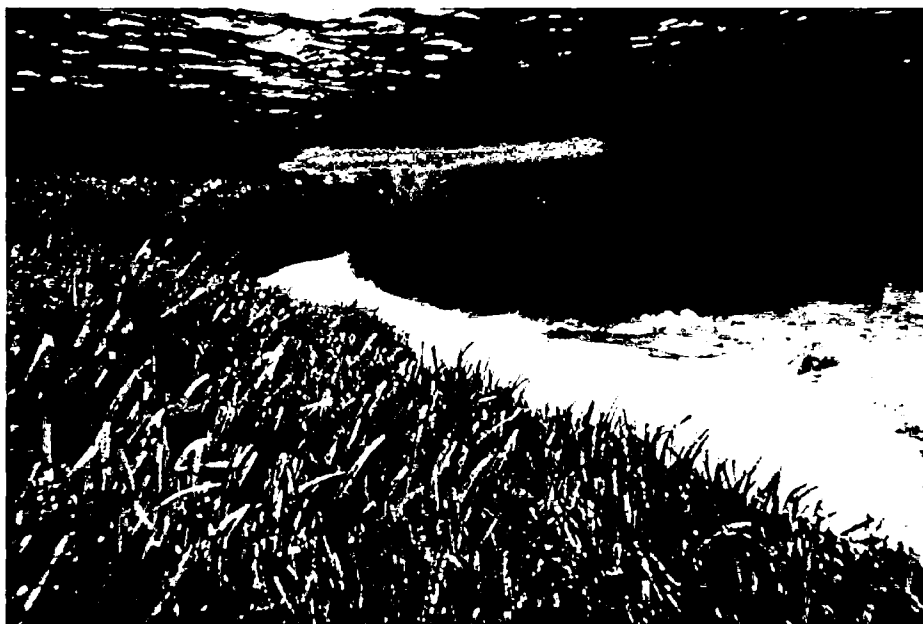
Τα λιβάδια θαλάσσιων φυτών έχουν ενταχθεί στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 92/43/EEC¹ για τα είδη και τα ενδιαιτήματα ως ενδιαιτήματα υψηλής προτεραιότητας με κύριους άξονες την προστασία και διατήρησή τους.

Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Οδηγία για το νερό (Water Framework Directive, 2000/60/EC - Annex V²) αναφέρει ότι τα θαλάσσια φανερόγαμα φυτά ως έναν από τους κατάλληλους βιολογικούς δείκτες για την εκτίμηση της κατάστασης των παράκτιων υδάτων. Το είδος *Posidonia oceanica* αποτελεί σημαντικό βιολογικό δείκτη για την εκτίμηση της κατάστασης των υδάτων, λόγω της ευαισθησίας του στην ρύπανση και οποιαδήποτε διαταραχή στο θαλάσσιο περιβάλλον έχει επιπτώσεις στο οικοσύστημα της. Ακόμη, λόγω της μακροζωίας του (έως 40 χρόνια) αποτελεί έναν πολύ καλό δείκτη για παλαιότερη, αλλά και σύγχρονη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από βαρέα μέταλλα.

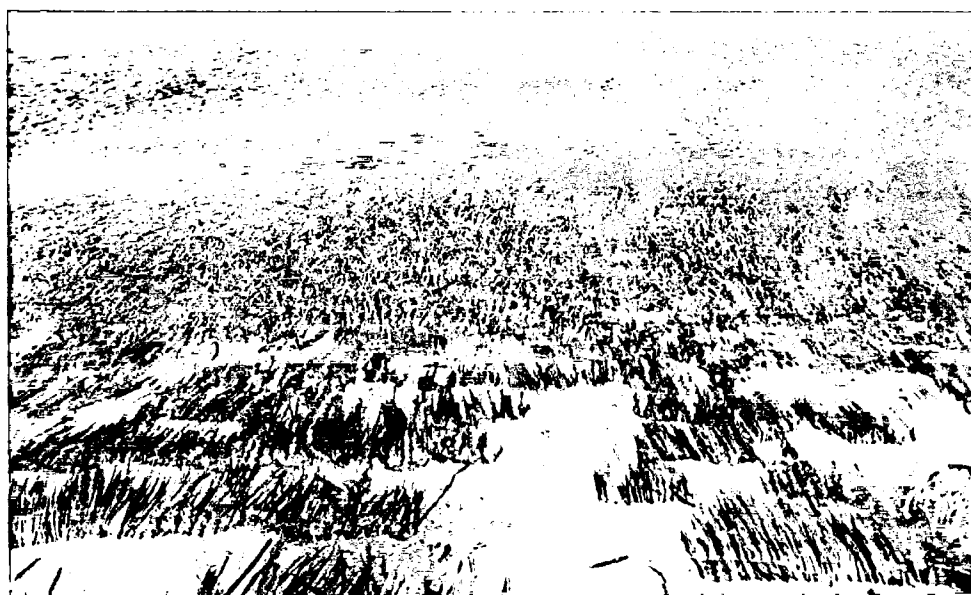
Τα λιβάδια ποσειδωνίας είναι συντηρητικά οικοσυστήματα ως προς την έκτασή τους, βρίσκονται δηλαδή για δεκαετίες στο ίδιο ακριβώς σημείο και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αλλαγές των ρευμάτων μιας περιοχής.

¹<http://www.oeye.net/papers/theimplementationofthehabitats.pdf>

² http://ec.europa.eu/health/endocrine_disruptors/docs/wfd_200060ec_directive_en.pdf



Εικόνα 16 : Τα λιβάδια *Posidonia oceanica* (<http://www.livescience.com/>)



Εικόνα16 : Λιβάδι από *Posidonia oceanica* στην περιοχή της Νάξου
(<https://en.wikipedia.org>)

Χρήσεις της *Posidonia oceanica*

Η *Posidonia oceanica* είναι ένα φανερόγαμο υδρόβιο θαλάσσιο φυτό, ενδημικό της Μεσογείου. Υπάρχει σε αφθονία στο Ιόνιο Πέλαγος, όπου σημαντικές ποσότητες κάθε χρόνο εκβράζονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών. Τα φύλλα και τα στελέχη της Ποσειδωνίας, χρησιμοποιούνται από παλιά σαν βελτιωτικό του εδάφους από καλλιεργητές παραθαλάσσιων περιοχών και ως συστατικό μιγμάτων για γλαστρικά φυτά (Cuomo et al., 1995). Τα φύλλα της *Posidonia oceanica* είναι ένα οργανικό υλικό, που βρίσκεται σχετικά εύκολα, είναι ανανεώσιμο με μικρό οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος και η συλλογή - χρήση αυτών βοηθά και στον καθαρισμό των ακτών.

Σήμερα τα υπολείμματα της *Posidonia oceanica* που εκβράζονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών απομακρύνονται (κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, για να προσέλθουν οι λουόμενοι) από τις περισσότερες κοινότητες ως ρυπαντές του περιβάλλοντος καταλήγοντας έτσι στις χωματερές.



Εικόνα 17 : Παράλια Μύτικα Πρεβέζης, όπου συλλέξαμε την *Posidonia oceanica* που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματα. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Αποξηραμένα φύλλα *Posidonia oceanica* χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για το γεμίσμα στρώματων και τα μαξιλαριών (προφανώς για αποτροπή κοριών), για τη διατροφή των βοοειδών, για την κατασκευή υλικού συσκευασίας.

Τα υπολείμματα της *Posidonia oceanica* μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια, όπως εκβράζονται ή μετά από κομποστοποίηση με ανάμειξη άλλων υλικών όπως κοπριές ζώων, υπολείμματα ελαιουργείων, κλαδεμάτων κλπ, (Castaldi & Melis 2004). Η χρήση των φυκιών είναι αποτελεσματική λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε Κάλιο, ιχνοστοιχεία αλλά και γιατί περιέχει αυξητικούς παράγοντες όπως κυτοκίνες και αυξίνες. (Blunden G., et al., 1986).

Στην Ελλάδα, η Compost Hellas χρησιμοποιεί αποξηραμένα φύλλα *Posidonia oceanica* για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού υλικού ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ®. Τα φύλλα που ξεβράζονται συλλέγονται με ένα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο (προστατεύοντας την παραλία) από

επιλεγμένες ακτές της Ελλάδας. Τα νεκρά φύλλα αποτελούν το 80% των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, μέσω της ανοικτής διαδικασίας κομποστοποίησης σε σειράδια, για την παραγωγή του συγκεκριμένου εδαφοβελτιωτικού.



Εικόνα 18 : Βιολογικό compost POSIDONIA (<http://www.compost.gr/#!unique-method-gr/co9t>)

Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα φάσμα τελικών χρήσεων, στην κηπευτική, σε χέρσες εκτάσεις, στην αρχιτεκτονική τοπίου καθώς και στην εντατική γεωργία. Οι διαστάσεις (διάμετρος των τεμαχιδίων) του κοσκινισμένου προϊόντος κυμαίνονται μεταξύ 0 και 20 χιλιοστών, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια ως φυσική λίπανση του εδάφους και εδαφοβελτιωτικό, στην εδαφοκάλυψη, ως χούμος και ως συστατικό θρεπτικού υποστρώματος.

Τα προϊόντα που προκύπτουν από την *Posidonia oceanica*, αυτούσια ή κομποστοποιημένα, εκτός από εδαφοβελτιωτικά παρουσιάζουν ενδιαφέρον και για την υδροπονία, ιδιαίτερα ως υποστρώματα. Επίσης, μετά την ραγδαία εξάπλωση αυτής τα τελευταία έτη αναζητούνται διαρκώς νέα υλικά για να χρησιμοποιηθούν σαν υποστρώματα στα διάφορα συστήματα για παράγωγή ανθοκομικών και λαχανοκομικών προϊόντων.

Η χρήση των φύλλων και των στελεχών της *Posidonia oceanica* ως υπόστρωμα σε υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών αναφέρεται από τους Serio F. et al.(2004) αλλά απαιτείται εκτενέστερη μελέτη, ώστε να αποκτηθούν οι γνώσεις γύρω από τον όγκο του υποστρώματος ανά φυτό ,την ποσότητα της αρδευτικής δόσης, τη συχνότητα αρδεύσεις κλπ.

Φυσικοχημικές ιδιότητες της *Posidonia oceanica* και του compost που παράγεται από τα υπολείμματα της

Στα πλαίσια του INTERREG IIIA Ελλάδα –Ιταλία 2000-2006 και το έργο POPRURA:

Posidonia oceanica: προστασία, αναγέννηση αγρών και χρήση υπολειμμάτων στην γεωργία πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις όσον αφορά την χημική ανάλυση των φύλλων και των στελεχών του φυτού της Ποσειδωνίας, τα οποία συλλέχτηκαν από την περιοχή του Μύτικα Πρεβέζης καθώς και του εμπορικού σκευάσματος της εταιρίας Compost Hellas. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνονται στο παρακάτω πινάκα. (Στην 4 στήλη είναι οι τιμές από την παρασκευαστρια εταιρία).

Πινάκας 3 : Χημική σύσταση φύλλων *Posidonia oceanica* και του εμπορικού σκευάσματος «Compost Hellas»

Παράμετροι - 1	Φύλλα <i>P. Oceanica</i> - 2	Compost Hellas - 3	Compost Hellas ¹ -4
Ph	7,7	7,5	7-8
EC μSm-1	2520	2892	330-2160
Οργανική ουσία %	71,5	64,5	45-55
C/N	-	25-30	11-18
N%	1,46	1,98	1-2
K ₂ O %	0,29	0,32	7,6-8,3
P ₂ O ₅ %	0,51	0,22	2,2-7,3
NO ₃ ppm	1,06	2,96	-
NO ₂ ppm	2,06	2,8	-
NH ₄ ppm	2,55	2,77	-
Cl ppm	403,5	125,5	-
Cu ppm	3,8	2,7	22-33
Zu ppm	4,3	3,5	32-61,5
Mn ppm	85,1	78,5	-
Fe ppm	110	130	-
Cb ppm	1,12	1,03	0,2-0,5
Pb ppm	20,4	24,5	4,3-11

Παράμετροι - 1	Φύλλα <i>P. Oceanica</i> - 2	Compost Hellas - 3	Compost Hellas ¹ -4
Ni ppm	2,87	2,28	10-35
Cr ppm	1,8	1,5	9-28
Χουμικά mg/kg	3,5	2,47	-
Φουλβικά mg/kg	1,56	1,36	-
Χουμίνη mg/kg	1,62	0,9	-
1 Συγκεντρώσεις που δίνει η παρασκευάστρια εταιρία.			

Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων και ενώσεων που εμφανίζονται στο παραπάνω πινάκα, θεωρούνται φυσιολογικές και επιθυμητές για την ανάπτυξη των φυτών , συμφώνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Φυσικά, οι συγκεντρώσεις των διαφόρων στοιχείων στα φύλλα και τα στελέχη της *Posidonia oceanica* και κατά συνέπεια στο εμπορικό σκεύασμα Compost Hellas δεν είναι σταθερές, επηρεάζονται σημαντικά από την τοποθεσία ανάπτυξης, από την εποχή συγκομιδής των φυτών (Malea P. et al., 1994) καθώς και από τα πρόσθετα συστατικά που χρησιμοποιούνται στην κομποστοποίηση .

Υδραυλικά χαρακτηριστικά της *Posidonia oceanica*

Στον παρακάτω πινάκα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο υποστρωμάτων του τμήματος ΑΑΤ στην Άρτα, και αφορούν τη μελέτη των υδραυλικών ιδιοτήτων υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν σε υδροπονικές καλλιέργειες ανθοκομικών και λαχανοκομικών φυτών, στα πλαίσια του έργου POPRURA : « *Posidonia oceanica* : προστασία, αναγέννηση αγρών και χρήση υπολειμμάτων στην γεωργία » 2000-2006.

Στα υποστρώματα που εξεταστήκαν συμπεριλαμβάνονται τα φύλλα και οι βλαστοί της *Posidonia oceanica* στην αρχική τους μορφή , η κομποστοποιημένη *P. Oceanica* καθώς και το κοκκόχωμα (κοκκοτύρφη). Οι προσδιορισμοί των τιμών στον πινάκα έγιναν με χρήση δοχείου άμμου της εταιρίας Eijkelkamp.

Πινάκας 4 : Φυσικές και υδραυλικές ιδιότητες υποστρωμάτων

Υποστρώματα	Φαινόμενο ειδικό βάρος (gcm-3) 2	Ολικό πορώδες (%v/v) 3	Αεροϊκα- νότητα (%v/v) 4	Εύκολα διαθέσιμο νερό (%v/v) 5	Ρυθμιστική ικανότητα νερού (%v/v) 6
1					
Κοκκόχωμα	0.08	89.83	12.17	22.46	7.82
Κοκκόχωμα 50% +ελαφροπετρα 50%	0.38	65.95	12.75	13.21	5.57
Compost	1.29	69.86	49.33	14.56	4.82
Compost 50% +ελαφροπετρα 50%	0.82	71.95	37.11	8.94	6.23
P. oceanica	0.29	84.81	70.13	3.5	1.0
P. oceanica 50% +ελαφροπετρα 50%	0.54	76.91	59.83	5.94	1.95
Άριστες τιμές 1	<0.40	>85	20-30	20-30	4-10
1 Urrestarazu M.,et al,2004					

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ (*LACTUCASATIVA*)

Γενικά

Το καλλιεργούμενο - ήμερο μαρούλι αναφέρεται ότι προήλθε από το άγριο είδος *L. scariola* ή *serriola*, το οποίο αυτοφύεται στην Ελλάδα όπως και μερικά άλλα είδη, τα *L. saligna*, *L. virosa*, *L. graeca*, *L. Cretica* κ.ά.

Το *L. Sativa* φέρετε να κατάγεται από τις ΝΔ χώρες της Ασίας και ήταν γνωστό στους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους όπως και στους Αιγύπτιους.

Στην Ελλάδα καλλιεργείται σήμερα σε έκταση 33.000 περίπου στρεμμάτων και παράγεται προϊόν γύρω στους 65.000 τόνους. Από την έκταση αυτή 500 στρέμματα ή και περισσότερα είναι καλλιέργειες θερμοκηπίων (χειμερινές), των οποίων η παραγωγή φαίνεται να είναι μεγαλύτερη κατά μονάδα επιφάνειας, αλλά και καλύτερης ποιότητας σε σχέση με αυτή των υπαίθριων καλλιεργειών.

Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία μαρουλιού

Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι φυτό ποώδες με ρίζα πασσαλώδη, η οποία κατά την μεταφύτευση συνήθως καταστρέφεται για να αναπτυχθεί αργότερα ένα επιπόλαιο θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Τα φύλλα σχηματίζονται από ένα βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, έχουν μεγάλη ποικιλία σε μεγέθη και σχήματα, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες παρουσιάζουν κόκκινη απόχρωση. Οι αποστάσεις φυτεύσεις είναι πολύ κοντά το ένα με το άλλο, κατά τρόπο που να σχηματίζουν κατά την ανάπτυξη του φυτού σφαιροειδή κεφαλή.

Ο σπόρος είναι μικρός, επιμήκης, χρώματος αναλόγως της ποικιλίας και εφοδιασμένος με πάππο (φούντα) από λεπτές και λευκές τρίχες.

Η κεφαλή του μαρουλιού περιέχει περίπου 94% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 2% υδατάνθρακες και 0,2% λύπη, είναι δε πλούσια σε βιταμίνη Α και C και δευτερευόντως σε B1, B2 κ.ά.

Κλιματικές συνθήκες καλλιέργειας

Το μαρούλι ευδοκμεί καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμη και κάτω των 5°C ενώ υπό θερμές συνθήκες έχει την τάση να αναπτύσσει πρώιμα ανθοφόρο βλαστό, κυρίως όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται και με μεγάλη φωτοπερίοδο.

Οι ιδανικές θερμοκρασίες αέρος για την καλύτερη ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα του μαρουλιού είναι μια μέση θερμοκρασία 15-18°C, ελάχιστη τους 7°C και μέγιστη 24°C.

Γενικώς, τα μαρούλια απαιτούν κατά την περίοδο κυρίως σχηματισμού της κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες. Αλλά και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δεν είναι ευνοϊκές για την καλή ανάπτυξη του φυτού. Κατά τη χειμερινή περίοδο και για καλλιέργειες μαρουλιών μέσα σε θερμοκήπιο, οι ευνοϊκές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 15-20°C κατά την διάρκεια της ημέρας και 10-15°C κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Συγκομιδή - αποδόσεις – διατήρηση

Γενικά η συγκομιδή σε μια καλλιέργεια είναι τμηματική. Συνήθως τα μαρούλια κόβονται από τη βάση τους, όμως σπάνια τα βλέπουμε στην αγορά με τη ρίζα τους για καλύτερη διατήρηση. Τα «κεφαλωτά» μαρούλια, τα οποία είναι κατάλληλα και για εξαγωγή, συγκομίζονται όταν έχει σχηματιστεί πλήρως η κεφαλή με κοπή λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και κατά τις ώρες που δεν έχουν πάνω τους υγρασία.

Η εποχή συγκομιδής εξαρτάται από την εποχή σποράς και από την ποικιλία. Γενικώς, στις υπαίθριες καλλιέργειες, από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή περνούν 3-5 μήνες ή και περισσότερο στις χειμερινές καλλιέργειες. Οι αποδόσεις ποικίλλουν από 2.000 έως 2.500 kg ανά στρέμμα για τα κεφαλωτά μαρούλια και από 2.500-3.500 συνήθως για τις ρωμάνες.

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού μπορεί να επιτευχθεί πυκνότητα φύτευσης μέχρι και 12.500 φυτά/στρ για παραγωγή μαρουλιών 250gr εντός 30-45 ημερών, ανάλογα τις καιρικές συνθήκες (Πεπονάκης, 2012).

Η διατήρησή τους σε συνθήκες δωματίου είναι πολύ σύντομη. Σε συνθήκες ψυγείου μπορούν να διατηρηθούν για 20 περίπου ημέρες με θερμοκρασία 0oC και σχετική υγρασία 90-95%.



Εικόνα 19: Πειραματική καλλιέργεια μαρουλιού στα πλαίσια της παρούσας εργασία (2009Πηγή: προσωπικό αρχείο).

Ποικιλίες

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω διακρίνονται στο μαρούλι ποικιλίες τύπου ρωμάνα, ποικιλίες «κεφαλωτες» και ποικιλίες που δεν κάνουν κεφαλή.

Οι δυο πρώτες κατηγορίες ποικιλιών παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και απ' αυτές οι ρωμάνες είναι που καλλιεργούνται κυρίως στη χώρα μας. Στα κεφαλωτά μαρούλια διακρίνουν ποικιλίες με λεία φύλλα (τύπος Butterhead) και ποικιλίες με φύλλα κατσαρά (τύπος Iceberg).

Παρακάτω περιγράφονται σύντομα μερικές ποικιλίες όλων αυτών των τύπων, οι οποίες κατά καιρούς έχουν δοκιμαστεί στην Ελλάδα και αποτελούν ένα δείγμα μόνο των εκατοντάδων ποικιλιών που αναφέρονται στους διάφορους καταλόγους σπόρων:

Parris Island Cos. Είναι ποικιλία τύπου ρωμάνα με ευμεγέθη κεφαλή, πράσινη, κλειστή και συμπαγή, επιμήκη όπως όλες οι ρωμάνες, κατάλληλη για ανοιξιάτικη και φθινοπωρινή καλλιέργεια. Είναι ανθεκτική στο μωσαϊκό.

Verte Maraichere και Blonde Maraichere. Είναι και οι δύο ρωμάνες ενδιαφέρουσες, η πρώτη πράσινου χρώματος, η δεύτερη ανοικτότερου (ξανθού) χρώματος.

Esmeralda. Νέα ποικιλία κεφαλωτού μαρουλιού με φύλλα λεία και κυματοειδή με κεφαλή ανοικτού πράσινου χρώματος και μεγάλου μεγέθους. Είναι κατάλληλη για καλοκαιρινή παραγωγή, αντέχοντας στην έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού. Αναφέρεται ως ανθεκτική στο μωσαϊκό και στον περονόσπορο.

Divina. Ημιόψιμη κεφαλωτή ποικιλία, κατάλληλη για φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια με φύλλα λεία, κυματοειδή. Κεφαλή βάρους 500-600 συνήθως γραμμαρίων. Είναι ανθεκτική στον περονόσπορο και ανεκτική στο μωσαϊκό.

Carlane. Κεφαλωτή και αυτή ποικιλία με φύλλα λεία και κυματοειδή, με ευμεγέθη κεφαλή. Είναι κατάλληλη για φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια και ανθεκτική στον περονόσπορο, ανεκτική δε στο μωσαϊκό.

Great Lakes. Είναι κεφαλωτό, κατσαρό μαρούλι, κατάλληλο για φθινοπωροχειμερινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Κεφαλή συνεκτική, μεγάλη και κλειστή. Ποικιλία μέσο-πρώιμη και ανθεκτική στην έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού.

Italica. Κεφαλωτή και αυτή ποικιλία με φύλλα κατσαρά όπως η προηγούμενη, με κεφαλή μέτριου μεγέθους και χρώμα βαθυπράσινο. Είναι κατάλληλη για ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή καλλιέργεια.

Nerone. Είναι του ίδιου τύπου με τις δύο προηγούμενες ποικιλίες. Δίνει κεφαλή βάρους 700-800 γραμμαρίων και είναι κατάλληλη για καλοκαιρινές και φθινοπωρινές καλλιέργειες σε ήπια κλίματα.

Lollorossa (Atsina). Είναι φυλλώδες μαρούλι, πολύ κατσαρό που δεν σχηματίζει κεφαλή, αλλά οπωσδήποτε είναι συμπαγές. Τα φύλλα λεπτά και τρυφερά, έχουν στο άκρο τους καφέκόκκινο χρώμα. Καλλιεργείται από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο.

Ασθένειες - Ζωικά παράσιτα

Μεταξύ των κυριότερων ασθενειών και ζωικών παρασίτων που προσβάλλουν το μαρούλι είναι:

Τήξη σπορείων. Οφείλεται σε διάφορους μύκητες (Pythium, Botrytis, Rhizoctonia κ.λπ.), Οι οποίοι προσβάλλουν κυρίως τα φυτά των σπορείων στο λαιμό με αποτέλεσμα την καταστροφή τους. Για την αποφυγή της προσβολής συνιστάται η χρησιμοποίηση νέου σπορείου ή απολυμασμένου, η χρήση υγιούς σπόρου, η αποφυγή πολλής υγρασίας και η αραιή σπορά. Η χρησιμοποίηση χαλκούχων ή άλλων μυκητοκτόνων είναι πολλές φορές αναγκαία.

Περωνόσπορος. Αίτιο της ασθένειας είναι ο μύκητας *Bremialactucae*, ο οποίος προκαλεί - ύστερα από βροχή κυρίως - χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα. Στην κάτω επιφάνεια των κηλίδων εμφανίζεται λευκό επίχρισμα από τα κονίδια του μύκητα. Εναντίον του συνιστώνται ψεκασμοί με τα κατάλληλα μυκητοκτόνα.

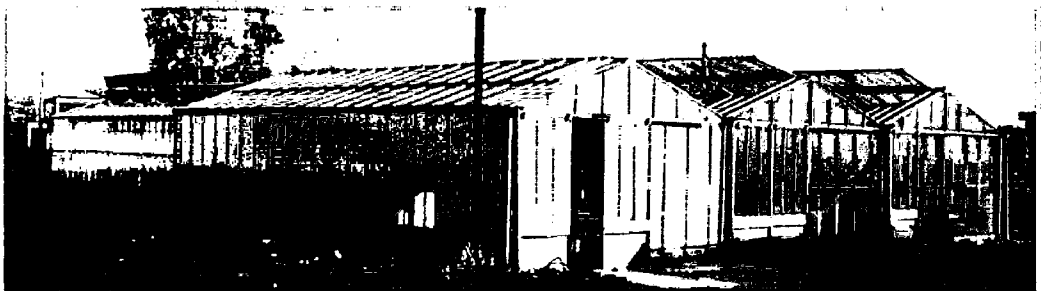
Ωίδιο. Η ασθένεια προκαλείται από το μύκητα *Erysiphe cichoracearum*, ο οποίος ευνοείται από υψηλή υγρασία και θερμοκρασία. Συνιστάται η χρησιμοποίηση ωιδιοκτόνων φαρμάκων μόλις εμφανιστούν τα πρώτα συμπτώματα, που είναι η κηλίδωση των φύλλων και το χαρακτηριστικό λευκό επάνθισμα ωιδίων.

Σκληρωτινίαση. Στο στέλεχος του φυτού κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, παρουσιάζεται υπό συνθήκες αυξημένης υγρασίας, υγρή σήψη. Στο προσβλημένο τμήμα σχηματίζεται λευκό μυκήλιο και τα σκληρώτια του μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Τελικά το φυτό μαραίνεται. Συνιστώνται η ελάττωση της υγρασίας του εδάφους και η φύτευση σε αναχώματα (σαμάρια) ώστε το νερό κατά τις αρδεύσεις να μη φτάνει μέχρι το λαιμό των φυτών. Συνήθως σοβαρές ζημιές παρατηρούνται σε καλλιέργειες σποροπαραγωγής μετά την έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται η χρησιμοποίηση ειδικών φαρμάκων ψεκασμού μέχρι τις βάσεις των στελεχών.

Ιώσεις. Ο ιός του μωσαϊκού του μαρουλιού μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές. Μεταδίδεται με το σπόρο και τις αφίδες. Τα συμπτώματα της ίωσης είναι μωσαϊκό πράσινου και κίτρινου χρώματος στα φύλλα και καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών. Αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου (από υγιή φυτά), με την απομάκρυνση από τον αγρό των ασθενών φυτών κατά το δυνατό ενωρίς και με έγκαιρη καταπολέμηση των αφίδων.

Από τα ζωικά παράσιτα, εκτός από τις αφίδες, οι οποίες προκαλούν κυρίως ζημιές μεταδίδοντας τους ιούς και καταπολεμώνται με ψεκασμούς των κατάλληλων εντομοκτόνων, μπορούν επίσης να προκαλέσουν ζημιές μερικά έντομα του εδάφους (*Agrotis*, *Gryllotalpa* κ.λπ.). Τα τελευταία αυτά καταπολεμούνται με διασπορά δολωμάτων ή με διασπορά και κάλυψη στο έδαφος εντομοκτόνων που ο γεωπόνος της περιοχής θα συστήσει. Στις καλλιέργειες των θερμοκηπίων προκαλεί ζημιές και ο αλευρώδης (*Trialellrodes varoagariOrllm*), μικρό και λευκό ημίπτερο που φαίνεται να πετά μόλις τaráξουμε το φύλλωμα των φυτών και που μυζά τους χυμούς των φύλλων. Καταπολεμάται με ειδικά εντομοκτόνα, με παγίδες και με ειδικά αρπακτικά έντομα (βιολογική καταπολέμηση). Τα σαλιγκάρια προκαλούν κάποιες φορές ζημιές τρώγοντας τα φύλλα των φυτών και καταπολεμώνται εύκολα με δολώματα μεταλδεύδης.

ΜΕΡΟΣ 2^ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

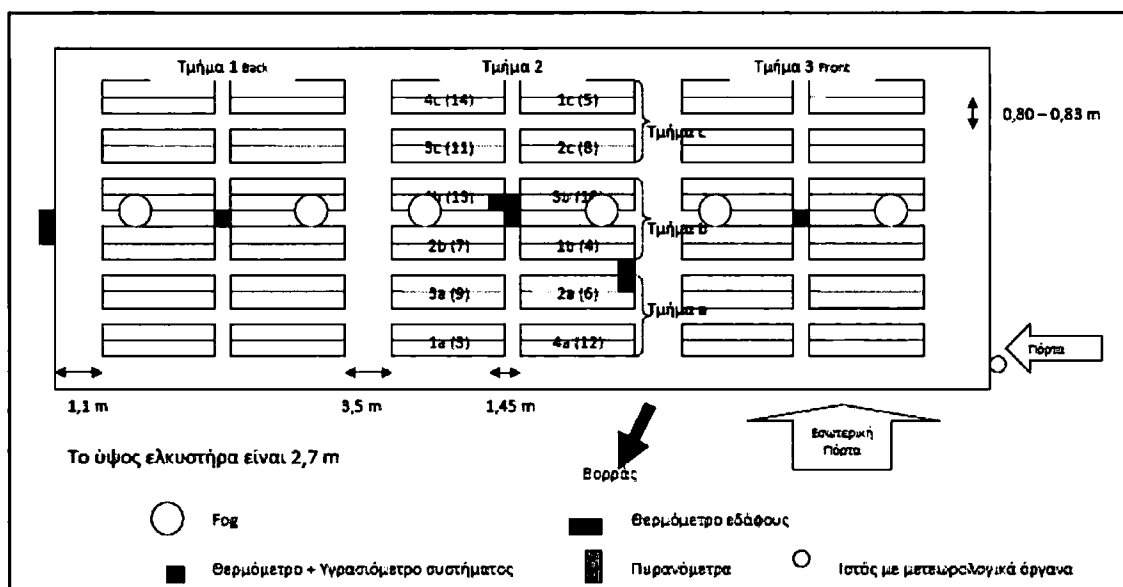


Εικόνα 20: Το πειραματικό θερμοκήπιο του τμήματος ανθοκομίας αρχιτεκτονικής τοπίου όπου πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα(Πηγή: προσωπικό αρχείο).

Περιγραφή του θερμοκηπίου

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο γυάλινο θερμοκήπιο του τμήματος Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου βρίσκεται στην τεχνόπολη του Τ.Ε.Ι. στους Κωστακιούς Άρτας (συντεταγμένες: 39°7' Β, 20°56' Α, υψόμετρο 5 m). Το θερμοκήπιο, συνολικής έκτασης 700 m² (600 m² χώρος καλλιέργειας και 100 m² βοηθητικός χώρος) είναι αμφίρρικτο, πολλαπλό, καλυμμένο με υαλοπίνακες. Είναι θερμαινόμενο με κεντρικό σύστημα θέρμανσης και εξοπλισμένο με σύστημα αυτόματης διαχείρισης του κλίματος, της υδρολίπανσης και της ανακύκλωσης των απορροών. Ο χώρος καλλιέργειας χωρίζεται σε τρεις, ανεξάρτητους, μεταξύ τους τομείς, επιφάνειας 200 m² ο καθένας και για της πειραματικές καλλιέργειες μαρουλιού χρησιμοποιήσαμε τους 2 τομείς του θερμοκηπίου. Στο τμήμα 1 Backεγκαταστάθηκε το πείραμα με τα 2 διαφορετικά ύψη υποστρωμάτων και στο τμήμα 2 εγκαταστάθηκε το πείραμα με τις 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης.

Ο έλεγχος των αυτοματισμών και της παρασκευής των θρεπτικών διαλυμάτων πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος υπάρχει στο βοηθητικό χώρο και φέρει εγκατεστημένο λογισμικό της εταιρείας AUTONET. Το λογισμικό αυτό έχει δημιουργηθεί ειδικά για τις ανάγκες της συγκεκριμένης πειραματικής εγκατάστασης με βάση πειραματικά δεδομένα και μοντέλα θρέψης που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του τμήματος Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου (Savvas and Manos, 1999).



Εικόνα 21 : Σχεδιάγραμμα του χώρου του θερμοκηπίου που πραγματοποιήθηκαν οι καλλιέργειες μαρουλιού(Τσιρογιάννης, 2012).

Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος για την καλλιέργεια του μαρουλιού ήταν : E_c - 2,10 dS/m και pH- 5,6 και τα χαρακτηρίστηκα του νερού άρδευσης : pH - 7,63 και E_c 0,58dS/m. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος για την καλλιέργεια του μαρουλιού.

Πινάκας 5: Τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ	ΑΓΓΛΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	Τ _{ρη} , s
Νιτρικό αμμώνιο	Ammoniumnitrate	NH_4NO_3	14
Νιτρικό ασβέστιο	Calcium nitrate	$5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O]NH_4NO_3$	23
Νιτρικό κάλιο	Potassium nitrate	KNO_3	41
Θεικό μαγνήσιο	Magnesium sulphate	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	20
Θεικό κάλιο	Potassium sulphate	K_2SO_4	0
Νιτρικό μαγνήσιο	Magnesium nitrate	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	2
Φωσφορικό μονοκάλιο	Monopotassium phosphate	KH_2PO_4	29
Νιτρικό οξύ	Nitric Acid	HNO_3	287
Χηλικός σίδηρος	Iron chelate	—	37
Θεικό μαγγάνιο	Manganese sulphate	$MnSO_4 \cdot H_2O$	88
Θεικός χαλκός	Copper sulphate	$CuSO_4$	158
Θεικός ψευδάργυρος	Zinc sulphate	$ZnSO_4$	158
solubor	Sodium octaberbate	$Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$	50
Μολυβδαινικό αμμώνιο	Ammonium heptamolybdate	$(NH_4)_8Mo_7O_{24}$	50

Υλικά και μέθοδοι

Περιγραφή των πειραμάτων

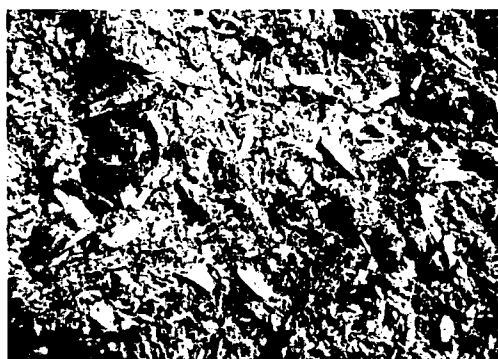
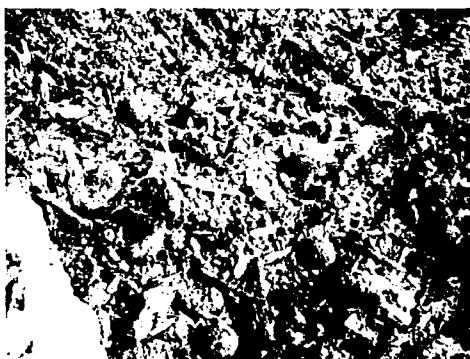
Συλλογή του φύκους *Posidonia oceanica*

Το πρώτο στάδιο για την πραγματοποιήσει των πειραματικών καλλιεργειών ήταν να συλλέξουμε τα αποθέματα του φύκους *Posidonia oceanica* που θα χρησιμοποιούσαμε ως υπόστρωμα στις διαφορές μεταχειρίσεις. Η διαδικασία ήταν επίπονη και χρονοβόρα καθώς έπρεπε να γίνει συγκεκριμένη εποχή και μετά να περάσει κάποια σταδία επεξεργασίας.

Η συλλογή του φύκους *Posidonia oceanica* πραγματοποιήθηκε στις 14 Οκτώβριου 2008 από την παράκτια περιοχή του μυτικά Πρεβέζης. Συλλέξαμε από την παράλια τα ξεβρασμένα φύλλα της *Posidonia oceanica* καθώς και τμήματα βλαστών και ριζών.



Εικόνα 22 : Παράλια Μύτικα Πρεβέζης. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



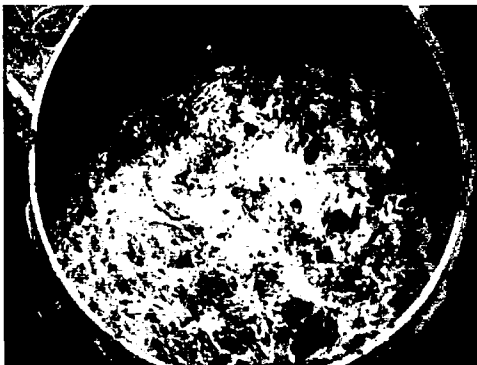
Εικόνα 23 : Φύλλα, ρίζες και βλαστοί της *Posidonia* που συλλέξαμε από την παράλια. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Στην συνέχεια μεταφέρθηκαν σε σακούλες στο χώρο του ΤΕΙ Ηπείρου, όπου τα τοποθετήσαμε σε πλαστικά βαρέλια με νερό για να ξεπλυθούν από τα περιττά άλατα από την θάλασσαν. Χρειάστηκαν παρά πολλές πλύσεις ώστε να αποκτήσουν τα υπολείμματα της *Posidonia o.* όσον το δυνατόν χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) .

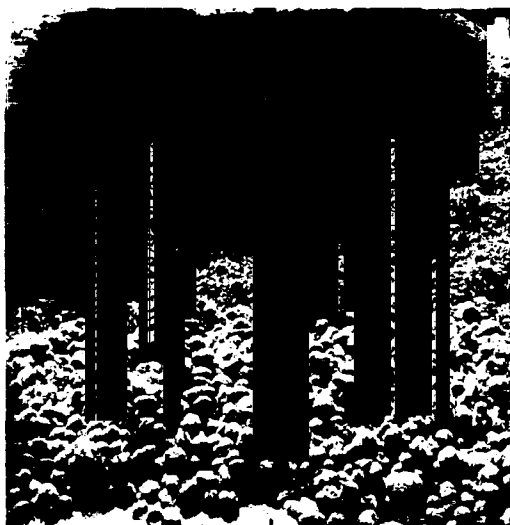
Το επόμενο στάδιο ήταν να στεγνώσουν με φυσικό τρόπο, για αυτόν τον λόγο τα απλώσαμε σε πλαστικό νάιλον και με την βοήθεια του Ήλιου και του αέρα πραγματοποιήθηκε η ξήρανση (σε τακτά χρονικά διαστήματα ανασηκώναμε τα υπολείμματα ώστε να βοηθήσουμε στην πιο σύντομη ξήρανση).



Εικόνα 24: Σακούλες με το φίκος *Posidonia o.* που συλλέξαμε στην περιοχή της Πρέβεζας. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 25 : Πλύσιμο των υπολειμμάτων της *Posidonia o.* (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 26 : ξήρανση στα υπολείμματα της *Posidonia o.* (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας που κάναμε στα υπολείμματα της *Posidonia o.* είναι ο τεμαχισμός σε μικρά τμήματα, με την βοήθεια ενός θρυμματιστή, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα ή μέρος υποστρώματος και φυσικά να έχουμε τη δυνατότητα ευκολότερης διαχείρισης του.

Καλλιέργεια φυτών μαρουλιού

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μαρούλι ποικιλίας Great Lakes 659 γιατί είναι μια εύκολη καλλιέργεια με εμφανή και γρήγορη ανάπτυξη καθώς και ικανοποιητική απόδοση. Δεν πραγματοποιήσαμε εμείς την σπορά γιατί λόγω των κλιματικών συνθηκών δεν θα είχαμε ομοιόμορφη ανάπτυξη. Έτσι χρησιμοποιήσαμε έτοιμα φυτώρια από επαγγελματία παράγωγο (φυτώρια Σπύρου). Οι μεταφυτεύσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές ημερομηνίες για καθένα ένα από τα πειράματα.

Το υδροπονικό σύστημα που ακολουθήσαμε ήταν ανοικτό, δηλαδή δεν χρησιμοποιούταν ξανά η απορροή.

Η συχνότητα άρδευσης ρυθμιζόταν αυτόματα με βάση τις καιρικές συνθήκες και ειδικότερα την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία καταγραφόταν αυτόματα σε συνθήκες πραγματικού χρόνου μέσω ενός πυρανομέτρου. Οι μετρήσεις του πυρανομέτρου διαβιβαζόταν αυτόματα σε έναν Η/Υ, ο οποίος μέσω ενός ειδικού προγράμματος έδινε εντολή για έναρξη εφαρμογής άρδευσης μόλις η αθροιστική ηλιακή ενέργεια που εισερχόταν στο εσωτερικό του θερμοκηπίου έφθανε σε μία προκαθορισμένη τιμή. Για κάθε πείραμα ήταν διαφορετική.

Σε κάθε φυτό είχαμε τοποθέτηση μια υδροπονία λόγχη για να ποτίζεται. Έτσι είχαμε ένα σταλάκτη ανά 4 φυτά. Η παροχή του σταλάκτη είναι 2 Lh^{-1} .

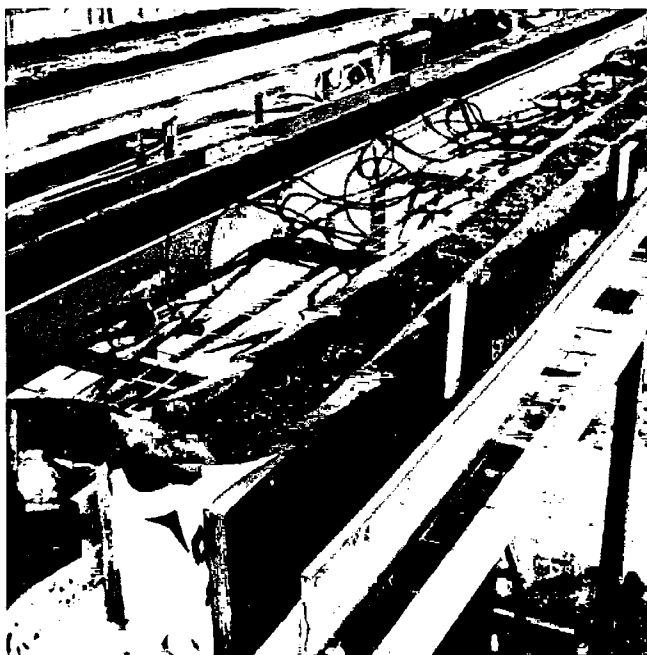
Η εργασία περιλαμβάνει 2 επί μέρους καλλιέργειες όπου σε κάθε μια εξετάσαμε διαφορετικές παραμέτρους.

Πείραμα 1–4 υποστρώματα σε 2 διαφορετικά ύψη υποστρώματος

Στο πείραμα 1 ,το οποίο τοποθετήθηκε στον πίσω τομέα του θερμοκηπίου (τμήμα 1 back), εξετάσαμε 4 υποστρώματα σε 2 διαφορετικά ύψη υποστρώματος. Η μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2009 (3-4-09)και έλαβε τέλος τον Μάιο (13-5-09) της ίδιας χρονιάς με την τελική συγκομιδή των μαρουλιών.

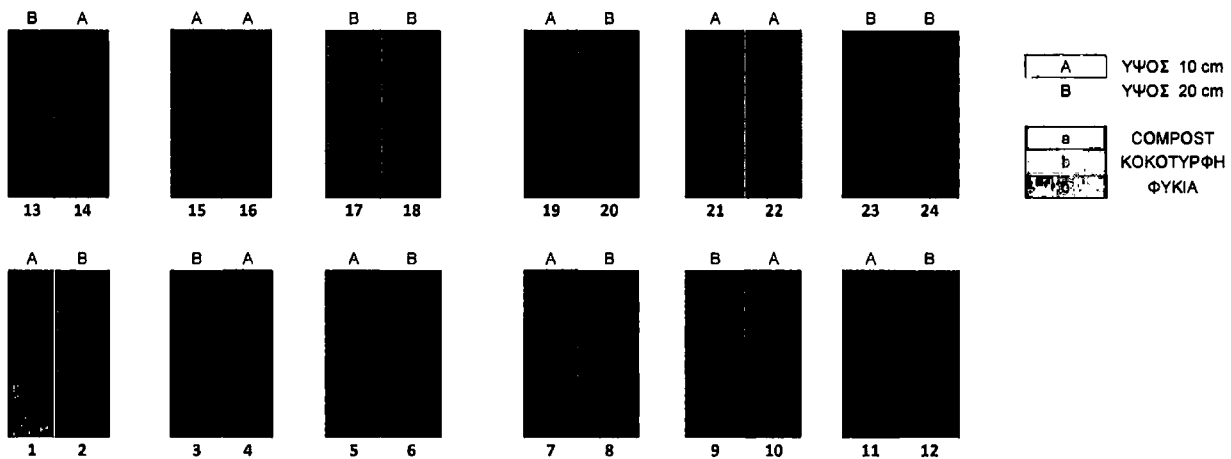
Ο πίσω τομέας αποτελείται από 12 πάγκους ύψους 1,2 m, οι οποίοι φέρουν δύο κανάλια καλλιέργειας μήκους 5 m και πλάτους 0,25 m. Σε κάθε κανάλι έχουμε τοποθετήσει αυτοσχέδιες λεκάνες από ξύλο με 2 διαφορετικές διαστάσεις(A: ύψους 9,1cm, πλάτος 18,2 cm και μήκος 4,8 m και B: ύψους 18,2 cm, πλάτος 9,1 cm και μήκος 4,8 m) . Ο όγκος υποστρώματος που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό είναι 2L. Κάθε λεκάνη περιείχε 40 φυτά μαρουλιού.

Ως υποστρώματα είχαμε τα ακόλουθα 4 : Compost της *Posidonia oceanica* με την εμπορική ονομασία compost Hellas , 50% Compost της *Posidonia oceanica* + 50 % ελαφρόπετρα κοκκομετρικού εύρους 0 – 5 mm , *Posidonia oceanica* (τεμαχισμένα φύλλα που συλλέξαμε από την περιοχή της Πρέβεζας) 50% *Posidonia oceanica* +50% ελαφρόπετρα κοκκομετρικού εύρους 0 – 5 mm



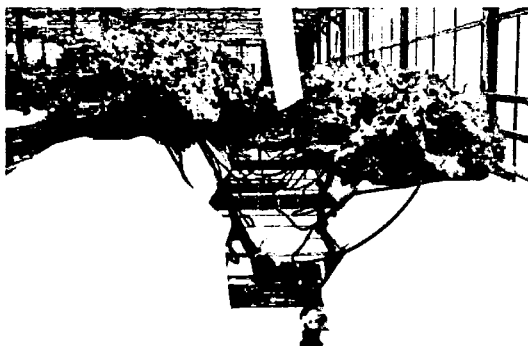
Εικόνα 27 : τα αυτοσχέδια κανάλια – λεκάνες από ξύλο που χρησιμοποιήσαμε για την ανάπτυξη των φυτών,(Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Ως συχνότητα άρδευσης είχαμε ρύθμιση τις 500 wh για όλα τα φυτά αυτού του πειράματος.



Εικόνα 28: ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 1 - διαφορετικά ύψη υποστρώματος

Είχαμε τα 4 υποστρώματα σε 2 διαφορετικά ύψη ,Α :10 cm και Β: 20 cm, σε 3 επαναλήψεις άρα 24 κανάλια όπως φαίνονται στο παραπάνω σχήμα .



Εικόνα 29 : Στην αριστερή πλευρά της φωτογραφίας βλέπουμε τα κανάλια με ύψος 20cm και δεξιά τα κανάλια με ύψος 10cm. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Πείραμα 2 –3 υποστρώματα σε 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης
Στο πείραμα 2 ,το οποίο τοποθετήθηκε στον μεσαίο τομέα του θερμοκηπίου (τμήμα 2),ο οποίος είναι εξοπλισμένος με 12 κλειστά, ανεξάρτητα μεταξύ τους υδροπονικά συστήματα (πειραματικές μονάδες).

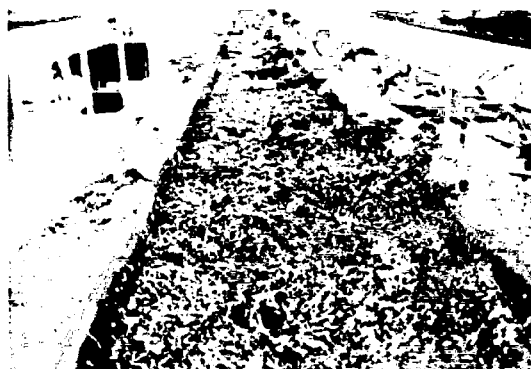
Εξετάσαμε 3 υποστρώματα σε 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης. Η μεταφύτευση των φυτών πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2009 (30-4-2009)και έλαβε τέλος τον Μάιο (26-05-2009) της ίδιας χρονιάς με την τελική συγκομιδή των φυτών μαρουλιού.

Ο πίσω τομέας αποτελείται από 12 πάγκους ύψους 1,2 m, οι οποίοι φέρουν δύο κανάλια καλλιέργειας μήκους 5 m και πλάτους 0,25 m. Σε κάθε ένα κανάλι από τα 24 τοποθετήσαμε μια αυτοσχέδια λεκάνη από ξύλο με διαστάσεις ύψος 17cm, πλάτος 9,5cm και μήκος 5 m και ο όγκος που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό ήταν 2L.Κάθε κανάλι περιελάμβανε 40 φυτά μαρουλιού.

Ως υποστρώματα είχαμε τα ακόλουθα 3: *Posidonia oceanica*(τεμαχισμένα φύλλα που συλλέξαμε από την περιοχή της Πρέβεζας) ,Compost της *Posidonia oceanica* με την εμπορική ονομασία compost Hellas , Κοκκοτύρφη – κοκκόχωμα



Εικόνα 30 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με το Compost της *Posidonia oceanica*. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

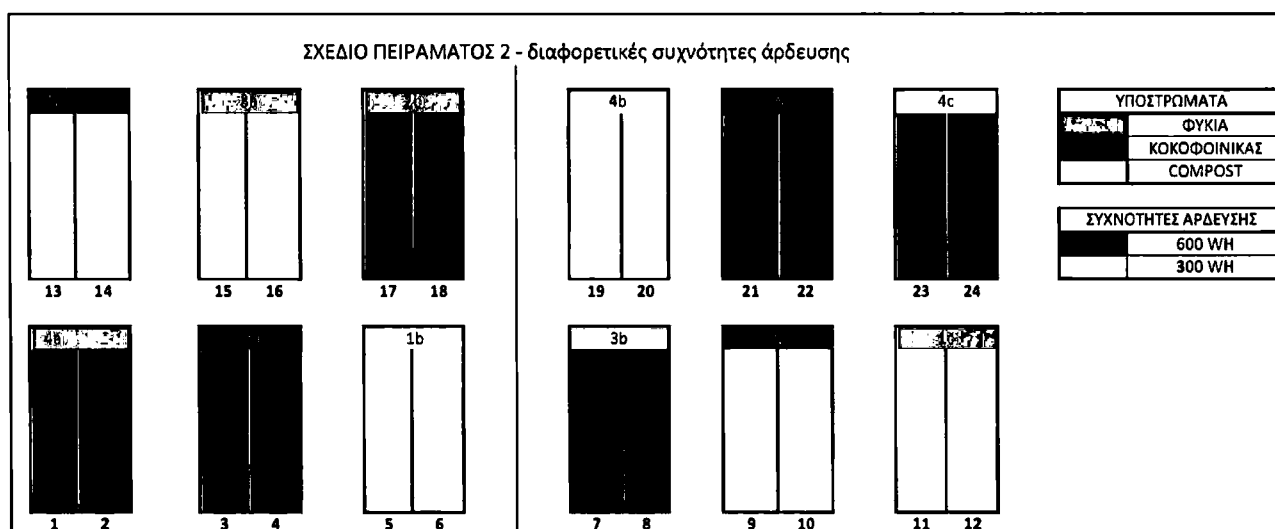


Εικόνα 31 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με Κοκκοτύρφη – κοκκόχωμα. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



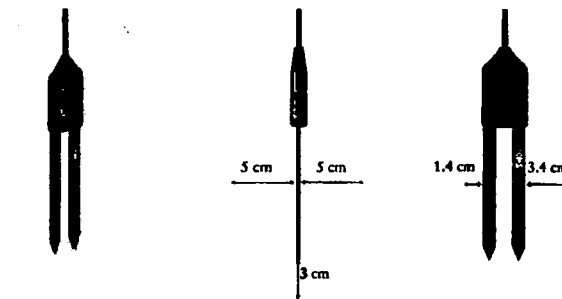
Εικόνα 32 : αυτοσχέδιο κανάλι γεμισμένο με τα τεμαχισμένα τμήματα της *Posidonia oceanica*. (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Εγκαταστάθηκαν τρεις πειραματικές επεμβάσεις (μεταχειρίσεις), οι οποίες προέκυψαν από τον συνδυασμό τριών υποστρωμάτων με δύο διαφορετικές συχνότητες άρδευσης. Κάθε μεταχείριση επαναλαμβανόταν τρεις φορές σε τρία ανεξάρτητα μεταξύ τους υδροπονικά συστήματα τα οποία ήταν κατανεμημένα σε τρεις διαφορετικούς τομείς του θερμοκηπίου (Α, Β, C). Σε κάθε τομέα, οι τέσσερις μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν τυχαία κατανεμημένες στο χώρο, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.



Εικόνα 33: ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 2 –δυσ συχνότητες αρδεύσεις σε τρία υποστρώματα.

Είχαμε 2 συχνότητες άρδευσης 300 WH και 600 WH και είχαμε τοποθετήσει αισθητήρες για να ελέγξουμε την υγρασία στα διάφορα υποστρώματα. Οι αισθητήρες ήταν της εταιρίας decagon (<http://www.decagon.com/en/soils/volumetric-water-content-sensors/10hs-large-volume-vwc/>).



Εικόνα 36 : Αισθητήρες 10HS της Decagon (Πηγή:<http://www.decagon.com>)

Δειγματοληψίες – Αναλύσεις

Όταν πραγματοποιήθηκε η τελική συγκομιδή σε κάθε πειραματική καλλιέργεια πήραμε κάποια δείγματα μαρουλιών για αναλύσεις θρεπτικών στοιχείων.

Στην αρχή ζυγίσαμε τα φυτά μαρουλιού, αμέσως μετά τη συλλογή, καταγράφοντας το νωπό τους βάρος.



Εικόνα 37 : συγκομιδή των φυτών μαρουλιού (πηγή : προσωπικό αρχείο).

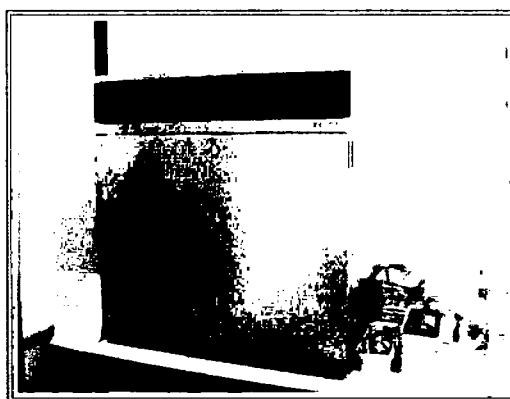
Στη συνέχεια, τοποθετηθήκαν στο φούρνο ξήρανσης (Memmert, model 500) στους 80°C μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. η τελική μέτρηση του βάρους ήταν τα ξηρό βάρος του φυτικού ιστού.



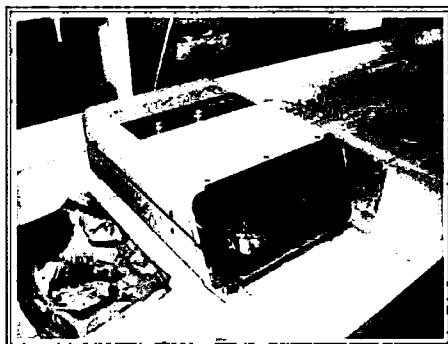
Εικόνα 38 : η μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο και η τοποθέτηση τους για αποξήρανση.(πηγή : προσωπικό αρχείο).

Στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε έναν γρήγορο ψιλοτεμαχισμό με ένα απλό multimixer χειρός και αμέσως μετά τα δείγματα αλέθονταν σε έναν ειδικό μύλο άλεσης φυτικών ιστών (Retsch, MM200). Ακολούθως, 500 mg της αλεσμένης ξηρής ουσίας από κάθε δείγμα καίγονταν σε φούρνο υψηλών θερμοκρασιών (Linn High Therm) στους 550°C για 5 ώρες. Η στάχτη εκχυλίζονταν με 10 ml διαλύματος HCl 1M και το εκχύλισμα διηθούνταν μέσω φίλτρου Wattman 42. Τέλος, το διάλυμα αραιωνόταν με απιονισμένο νερό μέχρι τον όγκο των 50 ml (Campbell and Plank, 1998).

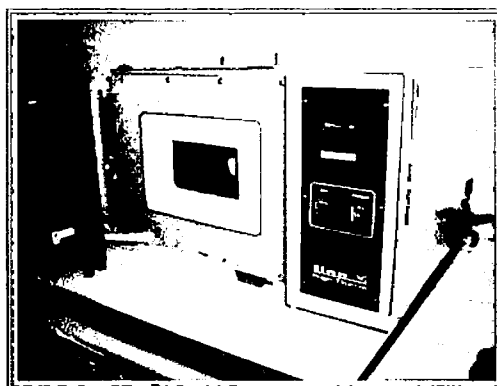
Ύστερα από την παραπάνω διαδικασία στα δείγματα παίρνονταν μετρήσεις σε Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης PerkinElmer, Analyst 100 για τον προσδιορισμό μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων.



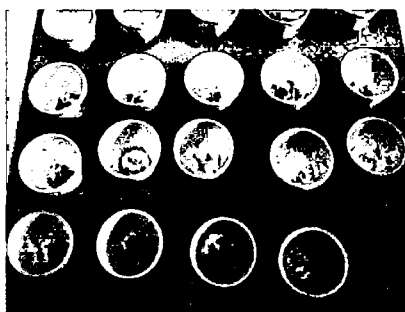
Εικόνα 39 : Φούρνος ξήρανσης τύπου Memmert, model 500.(Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)



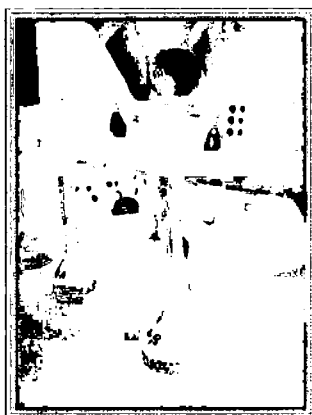
Εικόνα 40 : Μύλος άλεσης φυτικών ιστών τύπου Retsch, MM200. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)



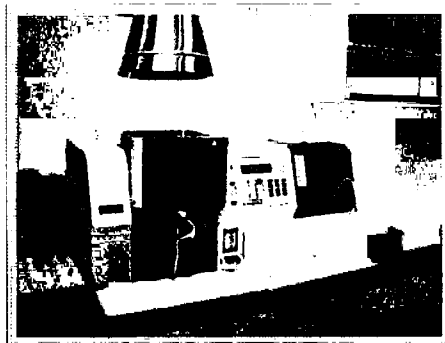
Εικόνα 41 : Φούρνος υψηλών θερμοκρασιών τύπου Linn High Therm. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε., 2005)



Εικόνα 42 : Κάψες με την στάχτη του φυτικού ιστού μαρουλιού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 43 : Η εκχύλιση στάχτης με 10 ml διαλύματος HCl 1M και διήθηση μέσω φίλτρου Wattman 42. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)



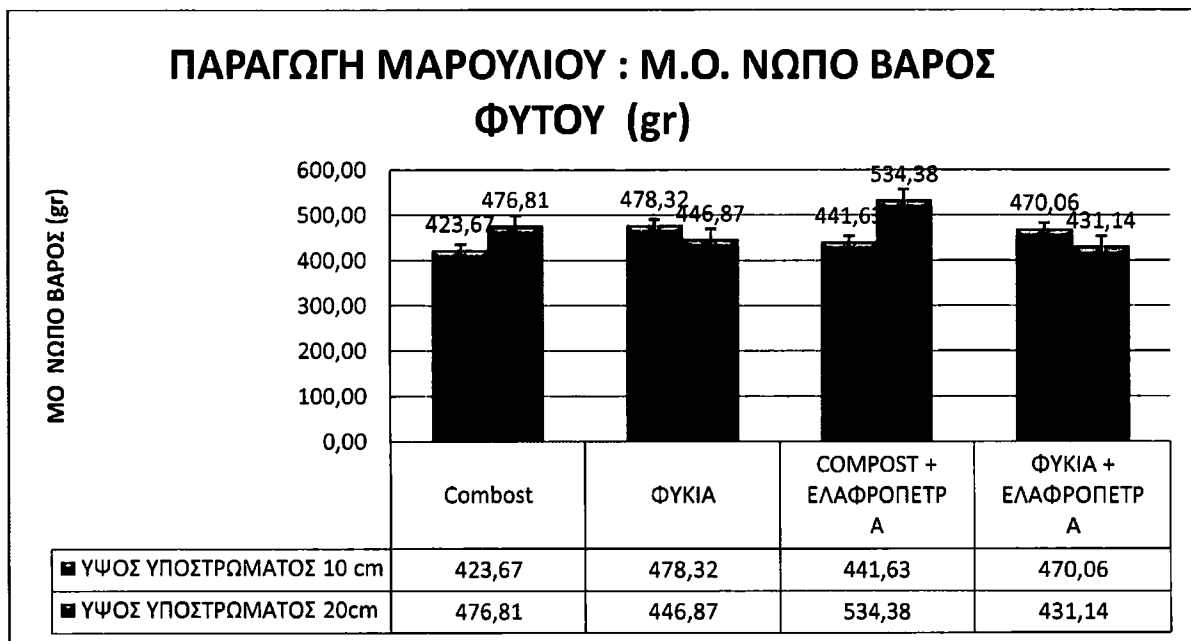
Εικόνα 44: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer, Analyst 100. (Πηγή: ΣΤΑΜΑΤΗ Ε. , 2005)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τα αποτελέσματα που πήραμε από την παράγωγή των καλλιεργειών μαρουλιού στα 2 πειράματα συγκρίνοντας το μέσο βάρος των φυτών ανά μεταχείριση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 1 – ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Στο πείραμα 1 είχαμε 4 διαφορετικά υποστρώματα (Compost , φύκια *Posidonia oceanica* , Compost + ελαφρόπετρα και φύκια *Posidonia oceanica* + ελαφρόπετρα) σε 2 ύψη υποστρώματος (10 cmκαι 20 cm).



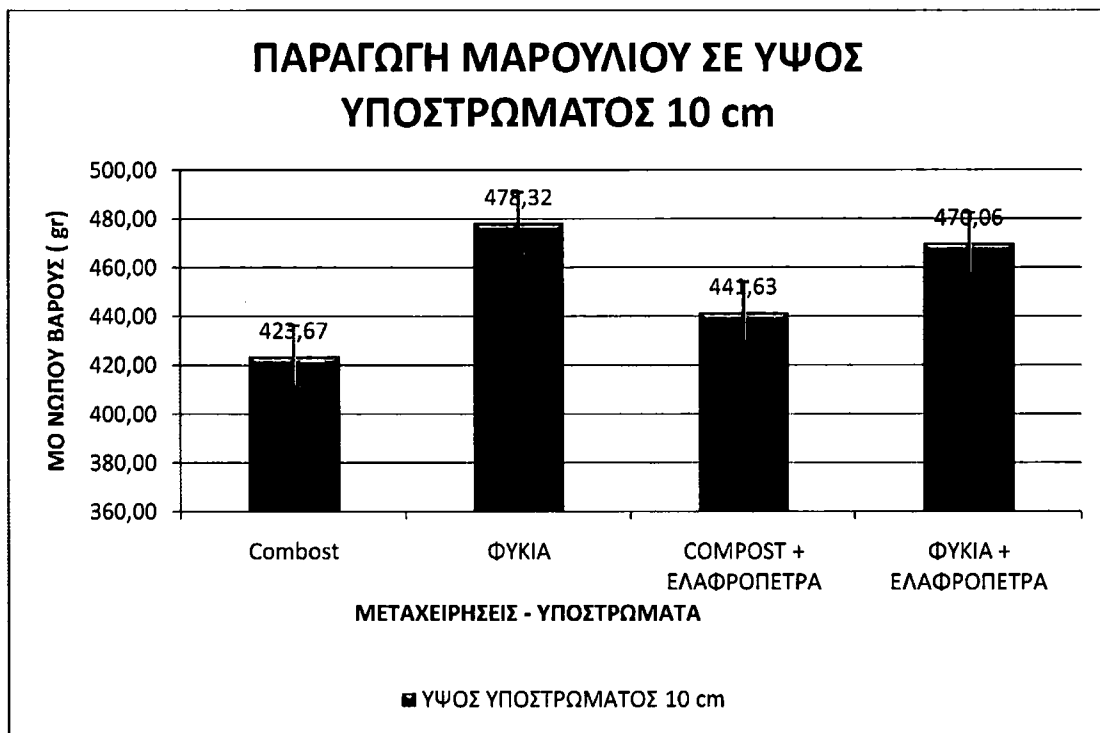
Εικόνα 45 : Παράγωγή μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα (Compost , φύκια *Posidonia oceanica* , Compost + ελαφρόπετρα και φύκια *Posidonia oceanica* + ελαφρόπετρα), και σε διαφορετικά ύψη υποστρώματος (10 cm και 20 cm).

Εξετάζοντας συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα παρατηρούμε πως την υψηλότερη απόδοση έχει η μεταχείριση Compost + ελαφρόπετρα με ύψος υποστρώματος 20 cmκαι την χαμηλότερη απόδοση την έχουμε στην μεταχείριση compost ύψος υποστρώματος 10 cm.

Παρατηρώντας τις μεταχειρίσεις καθεμία ξεχωριστά και συγκρίνοντας μόνο με τα δυο διαφορετικά της ύψη βλέπουμε ότι στις μεταχειρίσεις που υπάρχει το compost έχουμε καλύτερη παράγωγή σε ύψος υποστρώματος 20 cm .

Αντίθετα, στα υποστρώματα που περιέχουν τα φύκια *Posidonia oceanica* παρατηρούνται καλύτερες αποδόσεις σε ύψος υποστρώματος 10 cm. Αυτό πρέπει να οφείλεται στα διαφορετικά υδραυλικά χαρακτηριστικά του κάθε υποστρώματος.

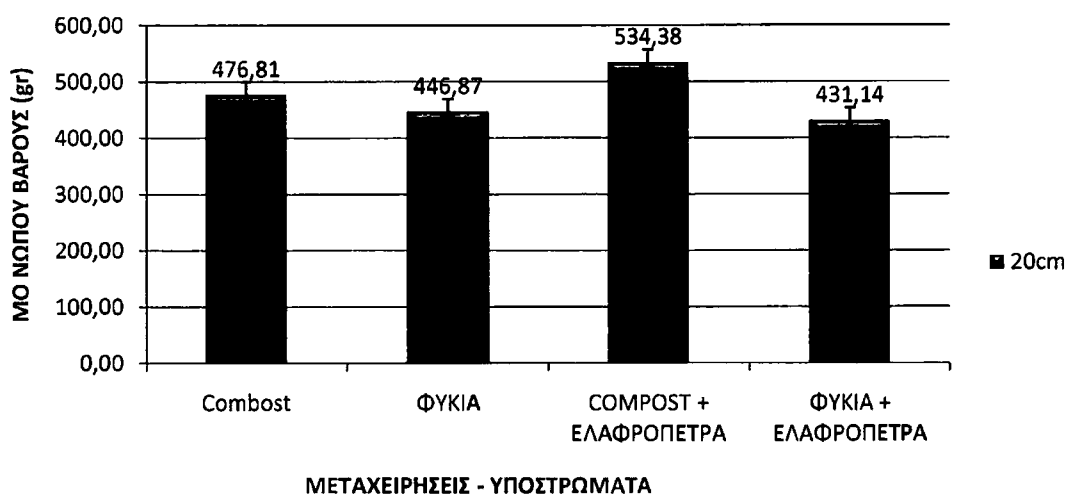
Στις μεταχειρίσεις που είχαμε compost παρατηρήσαμε ότι συγκρατούσαν περισσότερο νερό από τις μεταχειρίσεις με τα φύκια *Posidonia oceanica*. Άρα η στράγγιση των υποστρώματων έπαιξε σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών .



Εικόνα 46 : Παράγωγή μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα , με ύψος υποστρώματος 10 cm.

Στην εικόνα 43 παρατηρούμε πως οι μεταχειρίσεις που περιέχουν φύκια *Posidonia oceanica* έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις σε σύγκριση με αυτές με το compost σε ύψος 10 cm. Αυτό που παρατηρήσαμε και καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας είναι πως τα χαμηλότερα σε ύψος 10cm υποστρώματα της *Posidonia oceanica* συγκρατούσαν ικανοποιητική υγρασία και σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις με compost , όπου είχαμε σχετικά λίγο χειρότερη στράγγιση είναι εμφανείς και οι διαφορές στην παράγωγή φυτών μαρουλιού.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΥΨΟΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ 20cm



Εικόνα 47: Παράγωση μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 4 διαφορετικά υποστρώματα ,με ύψος υποστρώματος 20 cm.

Στη εικόνα 44 παρατηρούμε πως οι μεταχειρίσεις που περιέχουν compost είναι μεγαλύτερες οι αποδόσεις σε σύγκριση με αυτές με τα φύκια *Posidonia oceanica* σε ύψος 20 cm.

Τα αποτελέσματα του γραφήματος αυτού μας δείχνουν πως το ύψος υποστρώματος επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και την παράγωση φυτών μαρουλιού ανάλογα και το υπόστρωμα. Επιπλέον, υποστρώματα με τα φύκια *Posidonia oceanica* (με ή χωρίς ελαφρόπετρα) παρατηρήθηκε πως στα 20 cm ύψος υποστρώματος είχαν άμεση απορροή του θρεπτικού διαλύματος και μόνο μια μικρή ποσότητα υπήρχε στο χαμηλότερο ύψος διαθέσιμη για τα φυτά (σχεδόν αμέσως μετά το πότισμα το επάνω μέρος των υποστρωμάτων έχαναν την υγρασία τους).

Σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις compost παρατηρήσαμε πως τα 20cm ύψος υποστρώματος είχαμε ικανοποιητική στράγγιση , αλλά ταυτόχρονα και συγκράτηση υγρασίας με καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, (μόνο σε πολύ χαμηλό ύψος 5cm παρατηρήσαμε περίσσια θρεπτικού διαλύματος αλλά δεν επηρέασε τις ρίζες των φυτών αρνητικά) .

Στην σύγκριση ανάμεσα στα 2 ύψη υποστρωμάτων (10cm με 20cm) και των διαφόρων τύπων υποστρωμάτων βλέπουμε ότι :

- τα υπόστρωμα του compost από την *Posidonia* και της *Posidonia oceanica* που χρησιμοποιούνται αυτούσια παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μετά την

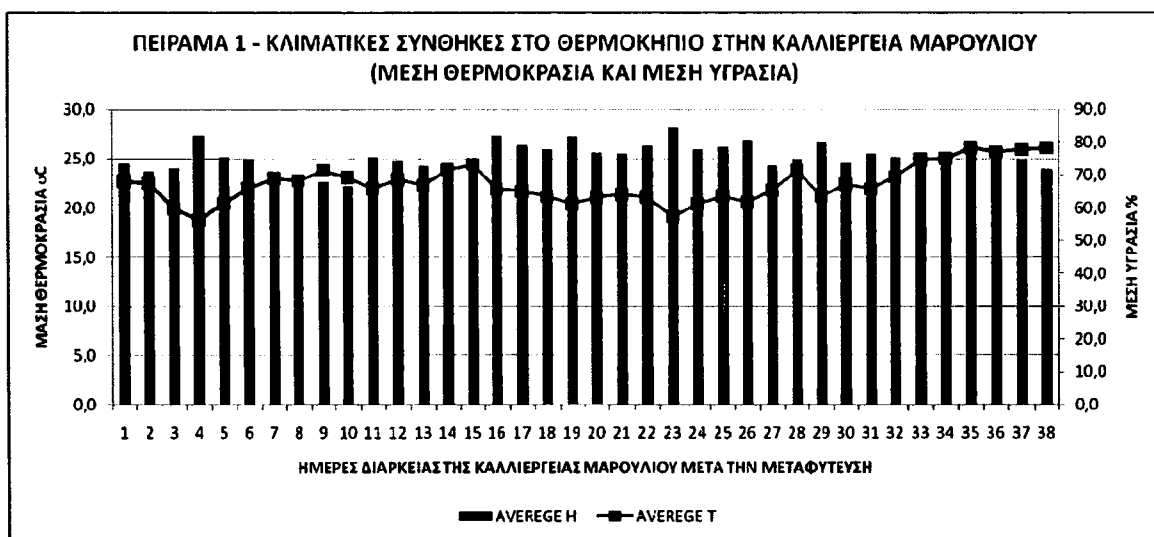
στατιστική επεξεργασία (ttest- compost=0.23 και *Posidonia oceanica* = 0,26), το οποίο μπορούμε να δούμε και στο γράφημα με τις αποδόσεις των μεταχειρίσεων.

- Σε αντίθεση με τα παραπάνω , τα υποστρώματα των compost+ελαφρόπετρα και *Posidonia oceanica* + ελαφρόπετρα παρουσιάζουν στατιστικά μεγάλες διαφορές στην στατιστική επεξεργασία (ttest- compost+ελαφροπετρα=0.3 και *Posidonia oceanica* + ελαφρόπετρα =0,4). Δηλαδή η προσθήκη ελαφρόπετρα στα αρχικά υποστρώματα επηρεάζει αρκετά την παράγωγη στα δυο διαφορετικά ύψη υποστρωμάτων(10cm και 20cm).

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	10cm	20cm	ttest
	Μ.Ο. ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ		
Compost	468,42	404,41	0,23
	385,02	481,14	
	417,57	544,86	
ΦΥΚΙΑ	443,32	492,51	0,26
	509,42	410,51	
	482,22	427,47	
COMPOST + ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	443,44	544,01	0,03
	476,79	526,65	
	404,64	532,49	
ΦΥΚΙΑ + ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	443,55	413,17	0,04
	468,31	442,98	
	498,31	437,17	

Εικόνα 48 : Στατιστική επεξεργασία (ttest) στα υποστρώματα ως προς τα διαφορετικά ύψη υποστρώματος .

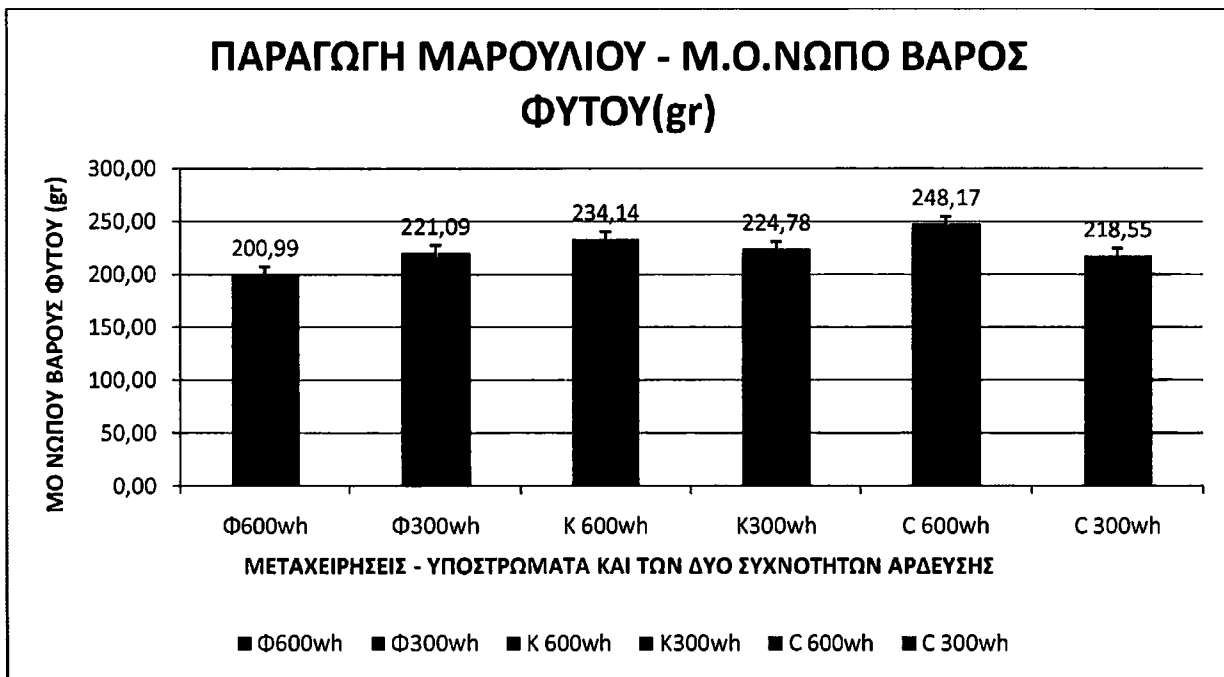
Το επόμενο γράφημα (εικόνα 46) περιγράφει τις κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού. Αναφέρει μέση θερμοκρασία και μέση υγρασία αέρα.



Εικόνα 49 : Κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2 - ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στο πείραμα 2 εξετάσαμε την παράγωγή φυτών μαρουλιού σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια *Posidonia oceanica* , compost και κοκκοτύρφη) και με 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης (600wh και 300 wh).

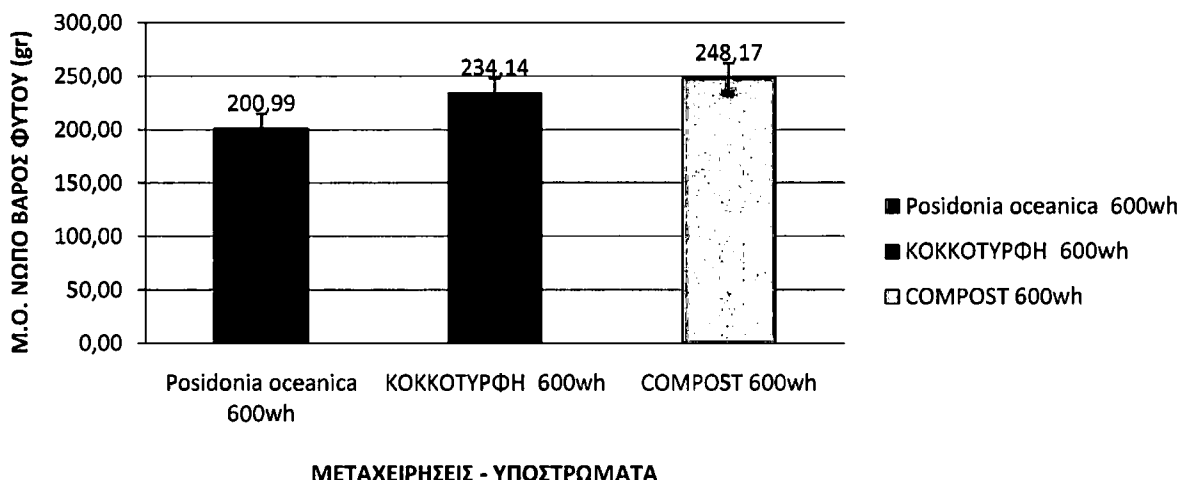


Εικόνα 50 :Παράγωγή μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια *Posidonia oceanica* , compost και κοκκοτύρφη) και με 2 διαφορετικές συχνότητες άρδευσης (600wh και 300 wh).

Στα αποτελέσματα που βλέπουμε στην εικόνα 47 αυτού φαίνεται πως η συχνότητα άρδευσης επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και την παράγωγή φυτών μαρουλιού ανάλογα και το υπόστρωμα.

Την καλύτερη παράγωγή παρατηρούμε στη μεταχείριση compost με συχνότητα άρδευσης 600 wh. Ή κοκκοτύρφη έχει μια μέση παράγωγή και στις δυο συχνότητες άρδευσης ,με μικρές διαφορές σε σύγκριση με τα άλλα υποστρώματα και τα φύκια *Posidonia oceanica* με συχνότητα άρδευσης 600 wh, έχει την χαμηλότερη απόδοση από όλες τις μεταχειρίσεις.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ 600 wh



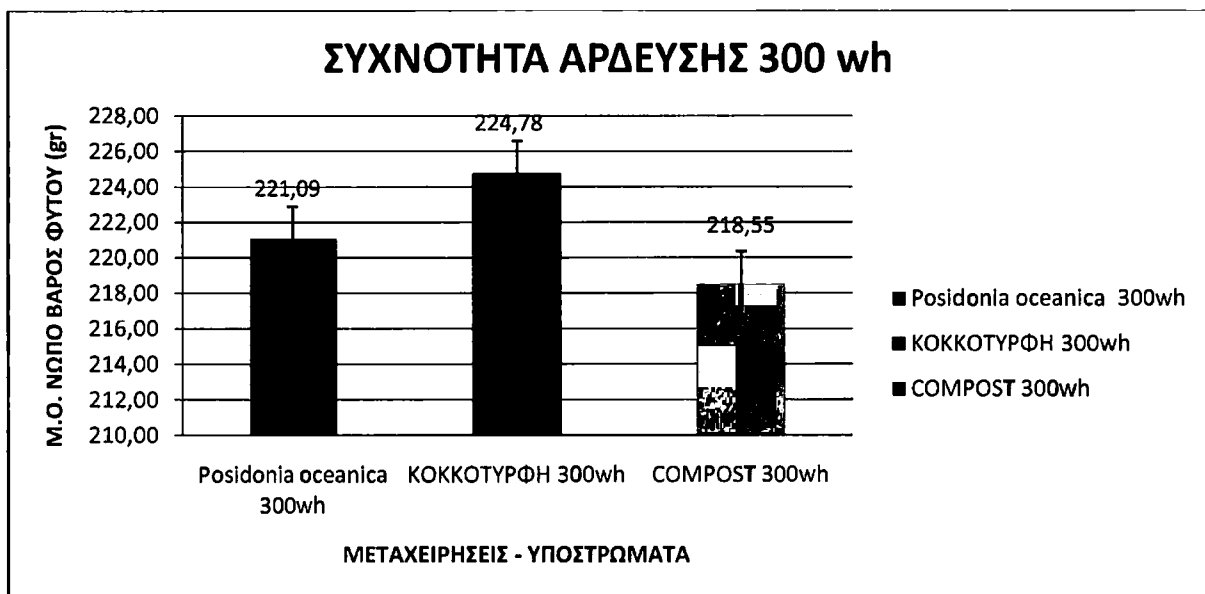
Εικόνα 51:Παράγωγή μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια *Posidonia oceanica* , compost και κοκκοτύρφη) με συχνότητα άρδευση 600wh .

Στην εικόνα 48 παρατηρούμε πως το compost με συχνότητα άρδευσης 600 wh έχει την μεγαλύτερη παράγωγή σε σύγκριση με τα άλλα δυο υποστρώματα (φύκια *Posidonia oceanica* και κοκκοτύρφη). Αυτό πρέπει να οφείλεται στο ότι για τα υδραυλικά χαρακτηριστικά αυτού του υποστρώματος, η αραιή άρδευση σε χρονικά διαστήματα αλλά με μεγαλύτερη διάρκεια ποτίσματος είναι αυτή που αποδίδει την καλύτερη παράγωγή και ανάπτυξη των φυτών μαρουλιού. Εδώ μάλιστα φαίνεται πως στο υπόστρωμα με τα φύκια *Posidonia oceanica* ισχύει το ακριβώς αντίθετο από το υπόστρωμα με το compost. Η αραιή άρδευση σε χρονικά διαστήματα αλλά με μεγαλύτερη διάρκεια ποτίσματος έχει σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση του θρεπτικού διαλύματος από το υπόστρωμα σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της γρήγορης στράγγισης που παρατηρείται στα υποστρώματα από φύκια *Posidonia oceanica* (λόγω των υδραυλικών χαρακτηριστικών της), και αυτό είναι ξεκάθαρο από την παράγωγή στην συγκεκριμένη μεταχείρισης.

Στην κοκκοτύρφη παρατηρούμε μια μέση παράγωγή σε σύγκριση με τα άλλα δυο υποστρώματα.

Στην εικόνα 49 παρατηρούμε πως την καλύτερη παράγωγή την έχουμε στο υπόστρωμα της κοκκοτύρφης και αμέσως μετά στα φύκια *Posidonia oceanica*. Το compost βλέπουμε πως έχει την μικρότερη απόδοση με χαρακτηριστική διάφορα. Αυτό που συμβαίνει σε αυτήν την περίπτωση είναι πως τα συχνά ποτίσματα με μικρότερη διάρκεια έχουν καλύτερη εφαρμογή στο υπόστρωμα με τα φύκια *Posidonia oceanica* αφού συγκρατείτε ικανοποιητική υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών με λιγότερη απορροή . Σε αντίθεση στο compost παρατηρήθηκε περίσσια θρεπτικού διαλύματος λόγω των συχνών ποτισμάτων

(δεν προλάβαινε να στραγγίξει εντελώς τις ημέρες με έντονη ηλιοφάνεια) και αυτό φαίνεται από την μικρότερη απόδοση στην παράγωγή.



Εικόνα 52:Παράγωγή μαρουλιού (Μ.Ο. νωπό βάρος φυτού σε gr) σε 3 διαφορετικά υποστρώματα (φύκια *Posidonia oceanica* , compost και κοκκοτύρφη) με συχνότητα άρδευση 300wh .

Όσον αφορά την σύγκριση των υποστρωμάτων compost Posidonia , *Posidonia oceanica* και κοκκοτύρφη ως προς τις δυο συχνότητες άρδευσης (600whκαι 300wh) παρατηρούμε ότι :

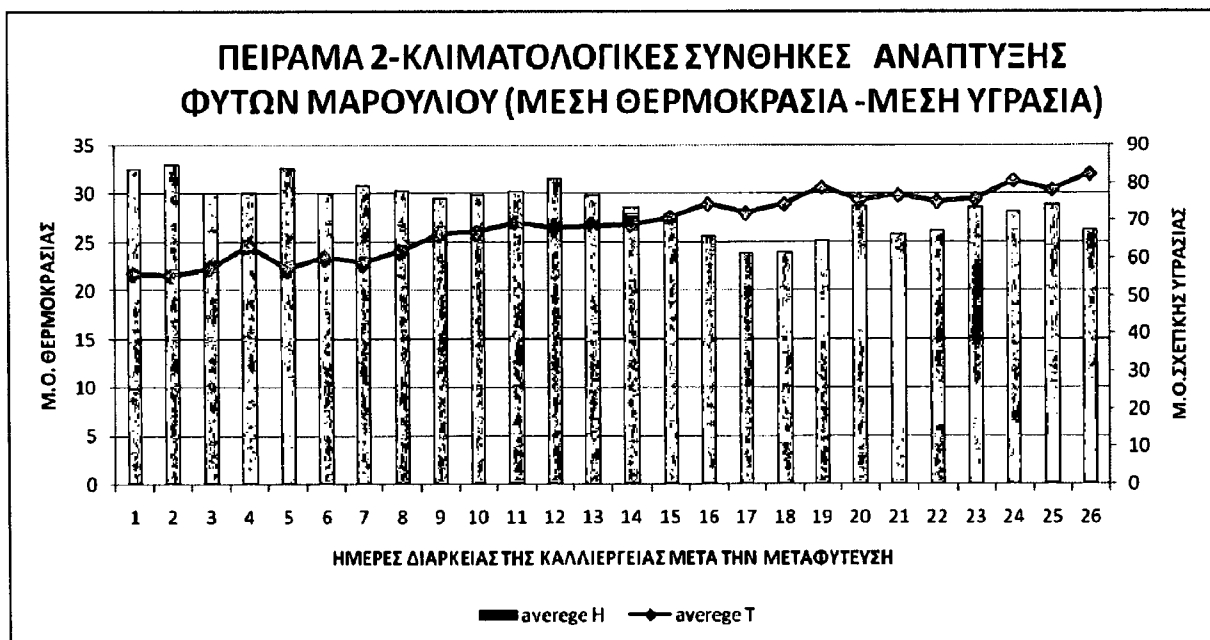
- Το υπόστρωμα από κοκκοτύρφη μετά την επεξεργασία , δεν έδειξε σημαντικές στατιστικές διαφορές στις δυο συχνότητες άρδευσης (ttest-κοκκοτυρφη=0,27)
- Αντίθετα τα υποστρώματα του compost Posidonia και φύκους *Posidonia oceanica* παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές (ttest- compost=0.02 και *Posidonia oceanica*= 0,02).

Δηλαδή η συχνότητα άρδευσης επηρέασε σημαντικά την παράγωγή μαρουλιού στα υποστρώματα των compost *Posidonia* και *Posidonia oceanica* , ενώ δεν επηρέασε σημαντικά την παράγωγή στο υπόστρωμα της κοκκοτύρφης.

υποστρώματα	Μ.Ο. ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ				στατιστική επεξεργασία (ttest)
	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	
Posidonia oceanica 600 wh	205,36	203,36	194,24	158,74	0,02
Posidonia oceanica 300 wh	237,92	226,06	206,94	213,43	
	Μ.Ο. ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ				
	K1	K2	K3	K4	
ΚΟΚΚΟΤΥΡΦΗ 600 wh	242,39	219,86	239,60	234,70	0,27
ΚΟΚΚΟΤΥΡΦΗ 300 wh	232,99	245,60	226,44	194,10	
	Μ.Ο. ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ				
	C1	C2	C3	C4	
COMPOST 600 wh	235,34	245,42	260,34	251,59	0,02
COMPOST 300 wh	208,71	217,81	209,30	238,38	

Εικόνα 53 : Στατιστική επεξεργασία (ttest) στα υποστρώματα ως προς τα διαφορετικά ύψη υποστρώματος.

Το επόμενο γράφημα (εικόνα 51) περιγράφει τις κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού. Αναφέρει θερμοκρασία και υγρασία αέρα.



Εικόνα 54 : Κλιματικές συνθήκες που είχαμε στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας μαρουλιού.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που θέλαμε να εξετάσουμε ως προς τα υποστρώματα και τις δυο συχνότητες άρδευσης , είναι η υγρασία που συγκρατούσαν τα υποστρώματα ανάμεσα στις εφαρμογές άρδευσης καθώς και αν ήταν ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών μαρουλιού. Εφαρμόζοντας την βέλτιστη δόση άρδευσης θα μπορούσαμε να μεγιστοποιήσουμε την παράγωγη.

Οι εκτίμηση αυτή θα γίνει μετά την επεξεργασία των μετρήσεων που πήραμε από τους αισθητήρες της εδαφικής υγρασίας (Degagon). Σε αυτό το σημείο θα περιγράψουμε την τοποθέτηση των αισθητήρων καθώς και τα αποτελέσματα που πήραμε.

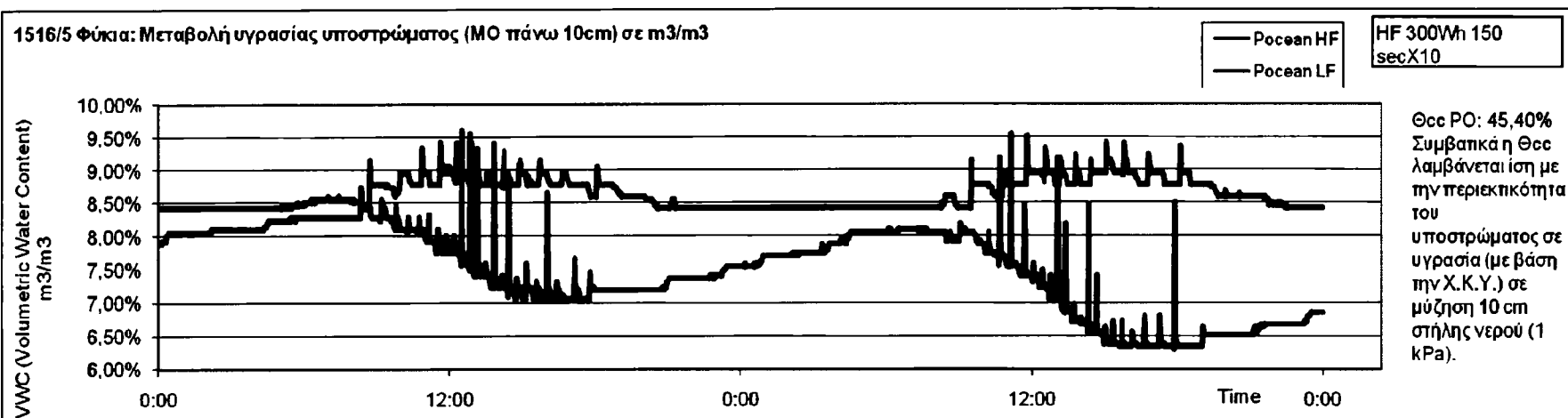
Διαθέταμε 8 αισθητήρες επομένως μόνο για μία μεταχείριση μπορούσαμε να έχουμε επανάληψη. Επιλέξαμε αυτή να είναι τα φύκια *Posidonia oceanica*. Ξεκινήσαμε με τους αισθητήρες να μετρούν Μ.Ο. πάνω από τα 10cm του υποστρώματος και τις τελευταίες 2 ημέρες τους τοποθετήσαμε έτσι ώστε να μετρούν Μ.Ο. κάτω από τα 10cm του υποστρώματος.

Την 1 Μαΐου 2009 έγινε η μεταφύτευση των φυτών στα τελικά μέσα ανάπτυξη στο θερμοκήπιο. Οι δόσεις άρδευσης που είχαμε στην την αρχή της καλλιέργεια ήταν διάρκειας 10 -300WH και 20sec-600WH. Μετά από 10 ημέρες είδαμε ότι δεν υπήρχε απορροή και αλλάξαμε την διάρκεια άρδευσης στα 25 και 50 sec (την διπλασιάσαμε). Παράλληλα έγινε έλεγχος ομοιομορφίας στους σταλάκτες. Η ομοιομορφία ήταν της τάξης του 80%, βάλουμε και ποσοστό απορροής 30% αντί του 20% που υπήρχε αρχικά και υπολογίσαμε τις νέες - σχεδόν διπλάσιες δόσεις- που εφαρμόσαμε. Ακόμα και μετά από την αλλαγή της δόσης άρδευσης συνέχισε να μην υπαρχή απορροή και έτσι έμεινε ως και την λήξη της πειραματική καλλιέργειας.

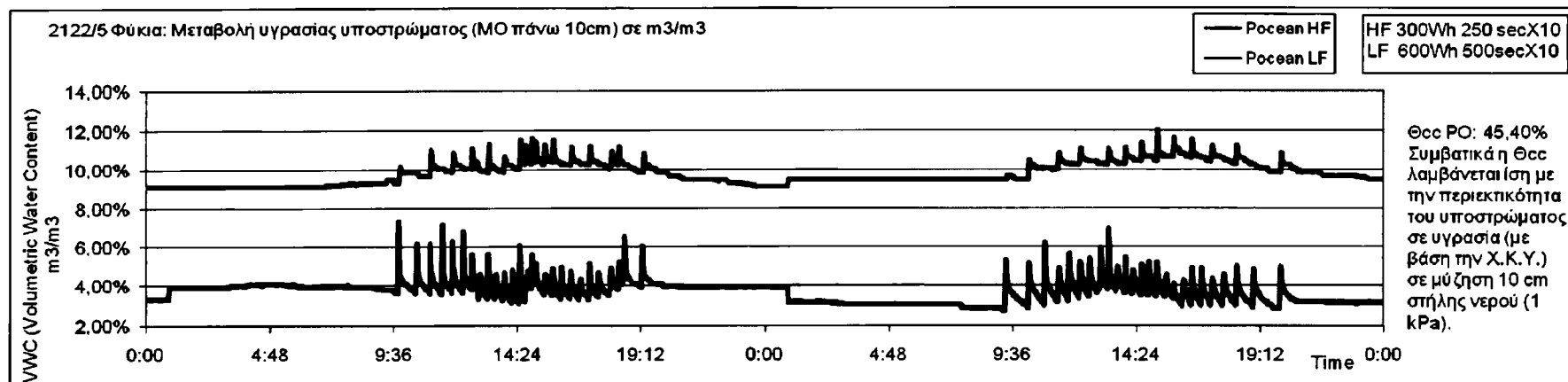
Οι αισθητήρες υγρασίας δεν έδειξαν ποτέ (ούτε και μετά από άρδευση) επίπεδα υγρασίας της τάξης της υδατοικανότητας που είχε εκτιμηθεί παλαιότερα για κάποια από τα υποστρώματα. Αυτό σε συνδυασμό με την πρακτικά μηδενική

απορροή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ποτέ δεν είχαν τα φυτά το νερό που χρειαζόνταν. Η παράγωγη μαρουλιού που είχαμε ήταν σε σύγκριση με καλλιέργειες που είχαν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν σε χαμηλότερα επίπεδα (μ.ο. νωπό βάρος μαρουλιού)(Γκίζας Γ. 2007).

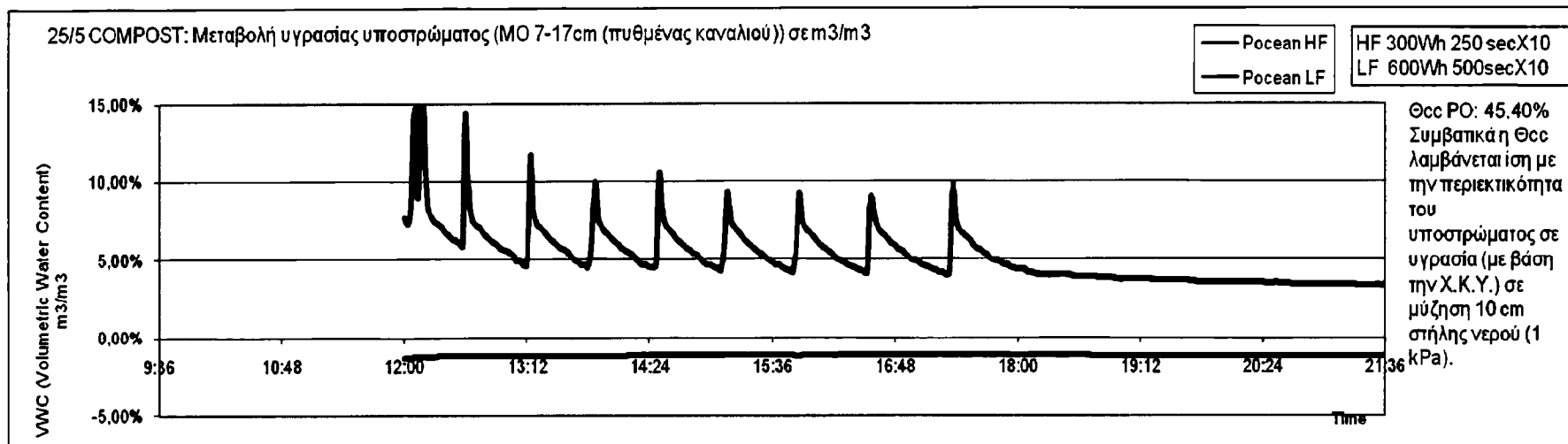
Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε τα αποτελέσματα που υπάρχουν από τους αισθητήρες υγρασία εδάφους για τα εξεταζόμενα υποστρώματα (κοκκοτύρφη, compost *Posidonia* και *Posidonia oceanica*)στις 2 συχνότητες άρδευσης που μελετήσαμε.



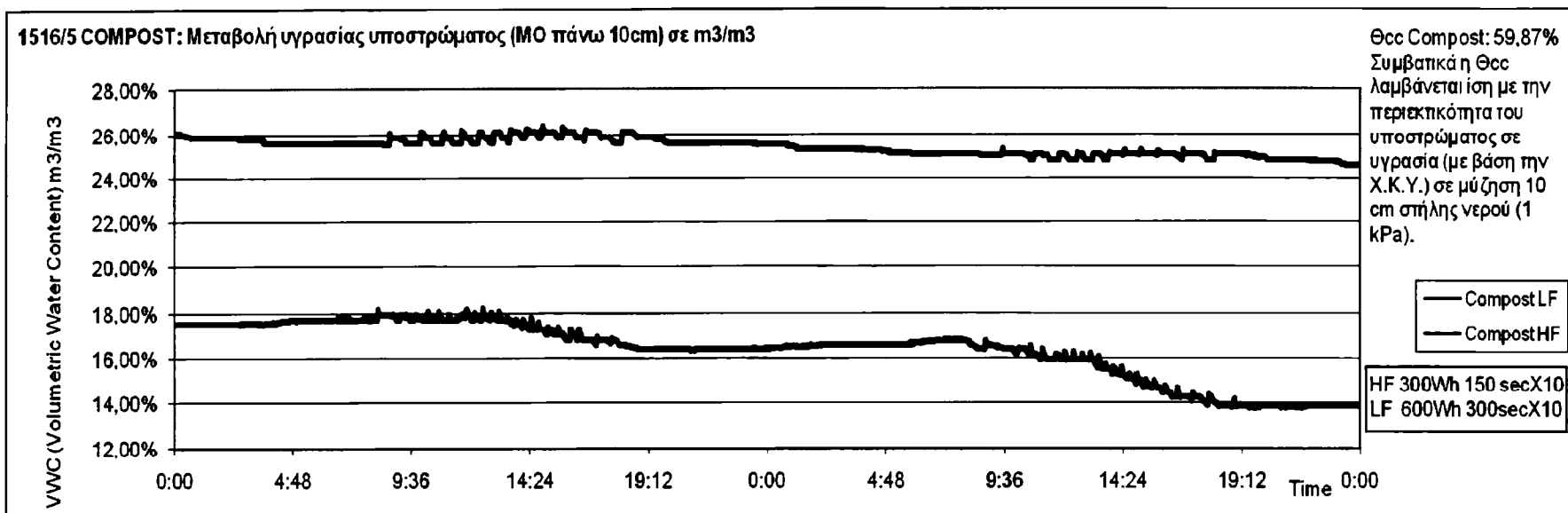
Εικόνα 55: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από *Posidonia oceanica* (α)



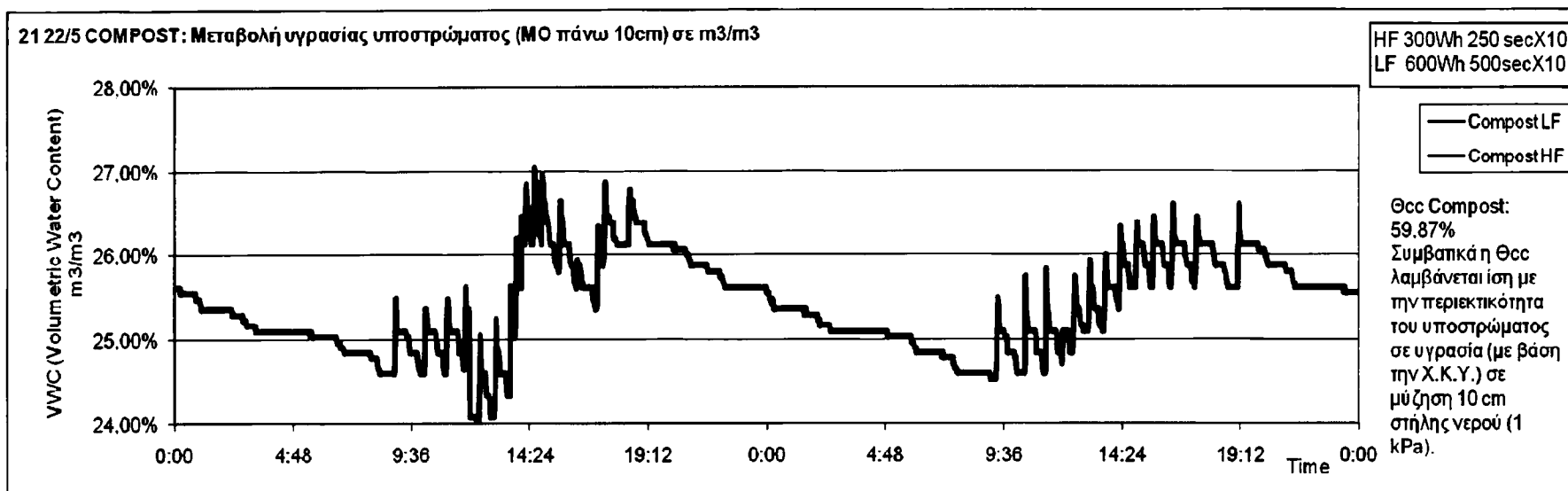
Εικόνα 56: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από *Posidonia oceanica* (β)



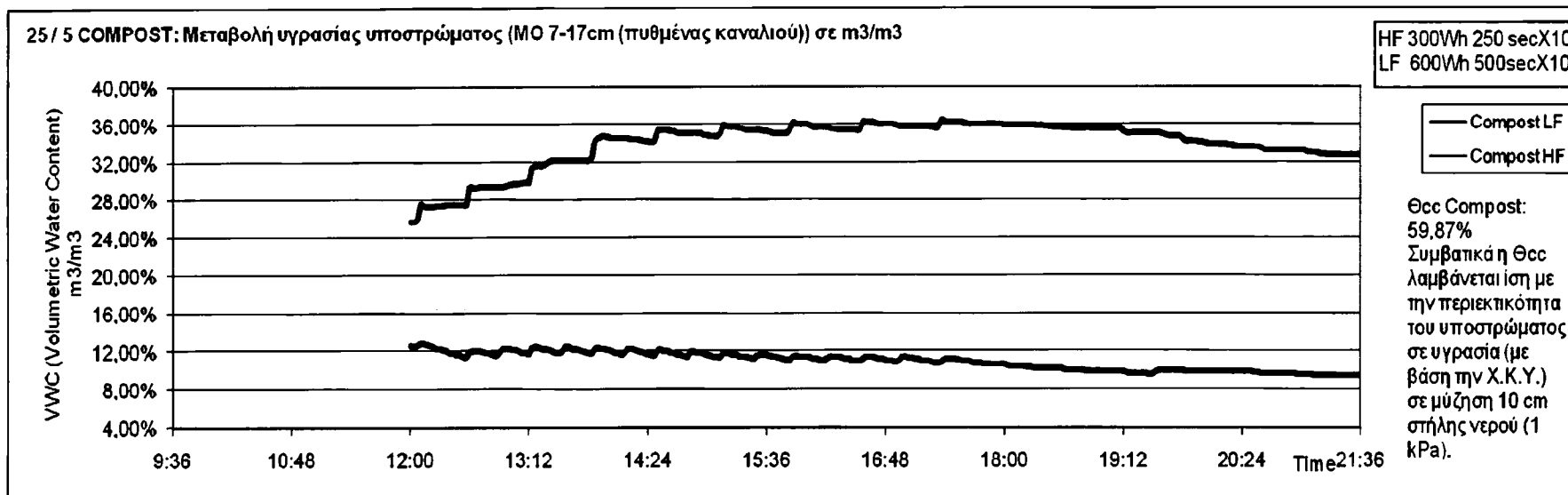
Εικόνα 57 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από *Posidonia oceanica* (γ)



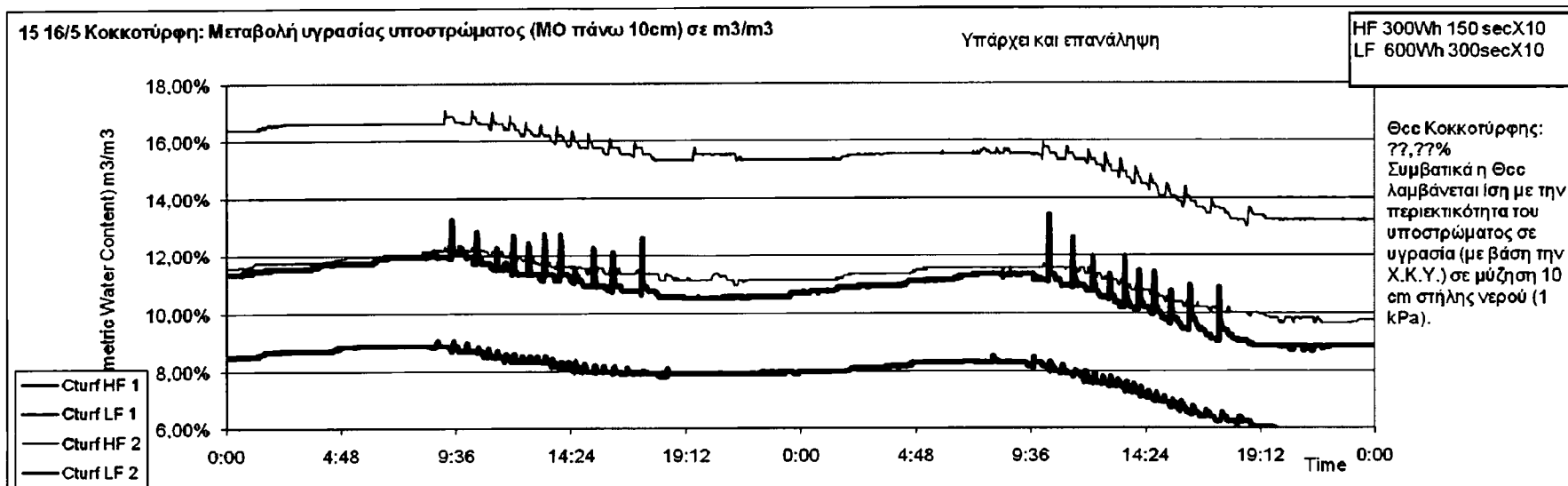
Εικόνα 58 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (α).



Εικόνα 59 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (β).



Εικόνα 60: Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από compost (γ).

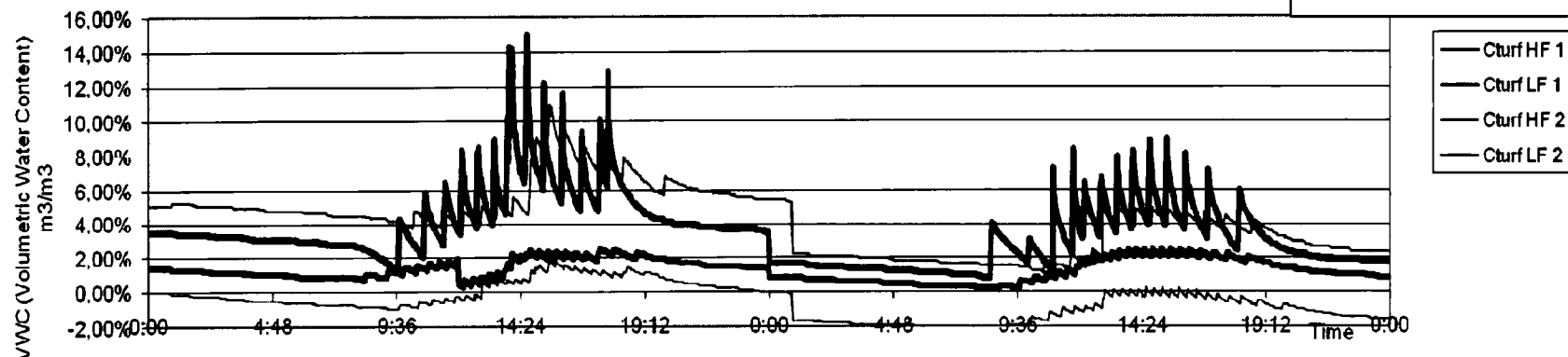


Εικόνα 61 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (α).

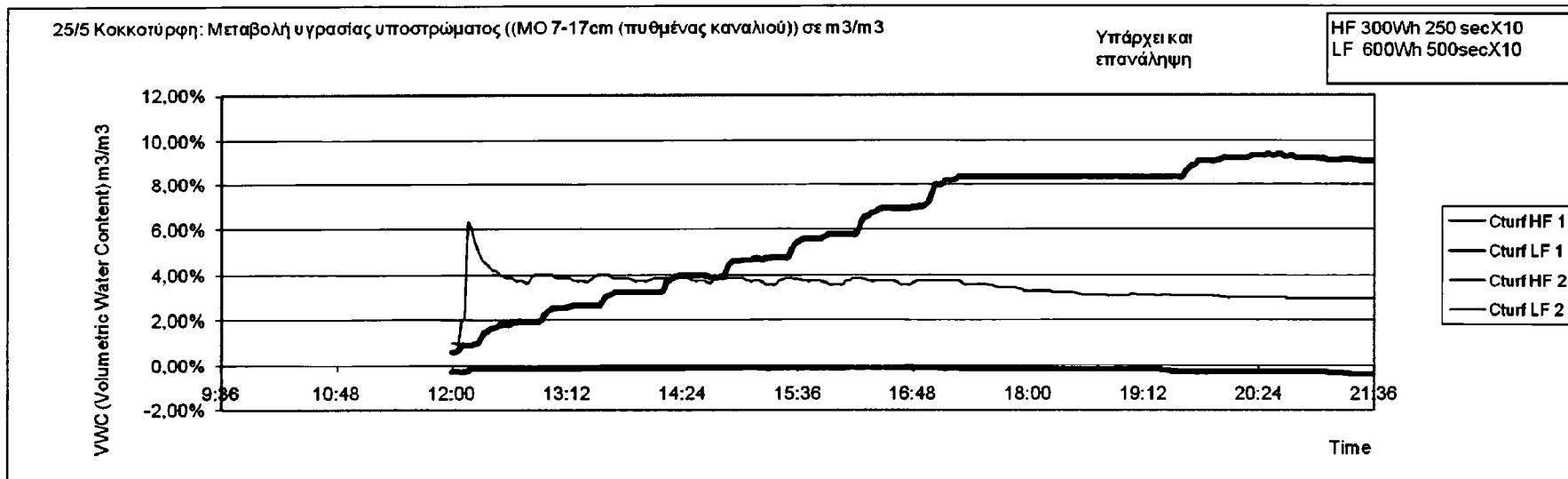
2122/5 Κοκκοτύρφη: Μεταβολή υγρασίας υποστρώματος (ΜΟ πάνω 10cm) σε m3/m3

Υπάρχει και επανάληψη
Διορθώθηκαν θέσεις αισθητήρων

HF 300Wh 250 secX10
LF 600Wh 500secX10



Εικόνα 62 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (β) .



Εικόνα 63 : Η μεταβολή υγρασίας στο υπόστρωμα από κοκκοτύρφη (γ).

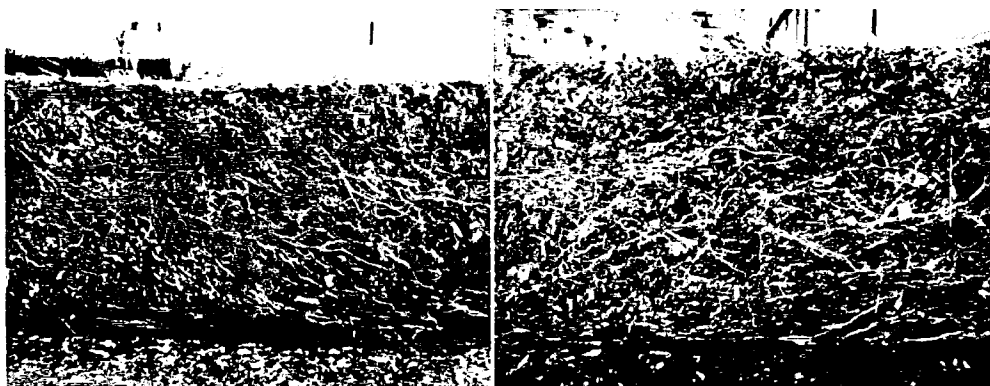
Στην συνέχεια θα δούμε υλικό σχετικά με το πώς αναπτύχτηκε το ριζικό σύστημα των φυτών μαρουλιού στα διάφορα υποστρώματα . Σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από τους αισθητήρες θα βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για την υγρασία στα υποστρώματα.

Η ρίζα των φυτών τείνει να πηγαίνει προς την μεγαλύτερη υγρασία μέσα στο έδαφος. Στην περίπτωση μας στα σημεία που υπάρχει η περισσότερη ποσότητα νερού στο υπόστρωμα.

Στα υποστρώματα από τα τεμαχισμένα υπολείμματα της *Posidonia oceanica* παρατηρούμαι ότι οι ρίζες βρίσκονται στο κάτω μισό τμήμα του υποστρώματος. Έχει σχετικά μεγάλες ρίζες σε μήκος και αρκετά ριζικά τριχίδια. Οι ρίζες του κάθε φυτού έχουν ενωθεί με τα διπλανά φυτά ,δηλαδή οι ρίζες αναπτύχθηκαν για τα ψάξουν για περισσότερη υγρασία.

Στις τομές από τα υποστρώματα του compost *posidonia* παρατηρούμαι ότι οι ρίζες κατανέμονται σε όλο το ύψος του υποστρώματος, αλλά σε σύγκριση με τα αλλά δυο υποστρώματα (*Posidonia oceanica* και κοκκοτύρφη) τα ριζικά τους τριχίδια είναι λιγότερα και πολύ λεπτά (πολύ εύθραυστα). Αυτό οφείλετε στο ότι το compost φαινόταν να συγκρατεί περισσότερο νερό. Ήταν υγρό ακόμα και 2 μέρες μετά τη συγκομιδή , όταν τέλειωσε το πείραμα και κάναμε τις τομές (η άρδευση τερματίστηκε αμέσως μετά την συγκομιδή).

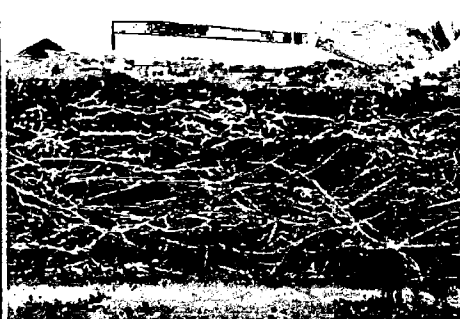
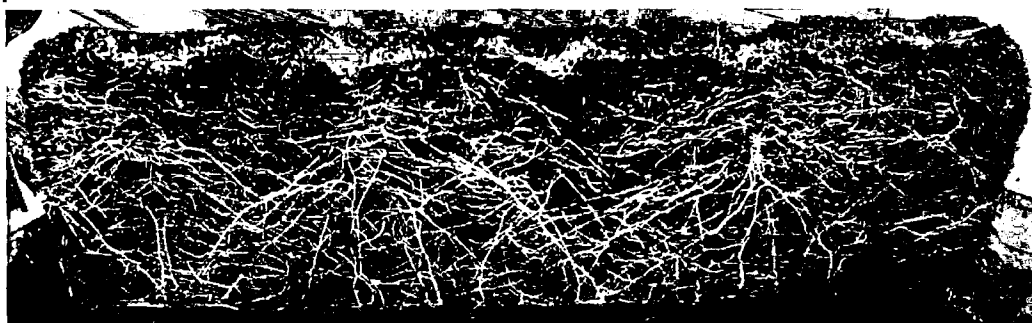
Στις τομές των υποστρωμάτων από κοκκοτύρφη βλέπουμε ότι η ανάπτυξη των ριζών είναι φυσιολογικά αναπτυγμένες. Είναι η πασαλώδης ρίζα του μαρουλιού ως προς την ανάπτυξη της. Είναι εμφανές το που βρισκόταν κάθε φυτό μαρουλιού από τις εικόνες, δεν είχαν μπλεχτεί πολύ οι ρίζες διπλανών φυτών και οι ρίζες και τα ριζικά τριχίδια είχα αναπτυχτεί σε ικανοποιητικό μέγεθος. Από τα παραπάνω μπορούμε να βγάλουμε ένα πρώτο συμπέρασμα ,ότι το υπόστρωμα με κοκκοτύρφη είχαν αναπτύξει το καλύτερο ριζικό σύστημα.



Εικόνα 64 : Τομές σε υπόστρωμα από *Posidonia oceanica*(πηγή : προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 65 :Τομές σε υπόστρωμα από compost (πηγή : προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 66: Τομές σε υποστρώματα από κοκκώδη (πηγή : προσωπικό αρχείο).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή είχε ως στόχο να συμβάλει στην αξιολόγηση επιλεγμένων υποστρώματων με βάση διάφορες μορφές του φύκου *Posidonia oceanica* και πως αυτά θα μπορούσαν να βρουν εφαρμογή στις στο πλαίσιο των υδροπονικών καλλιεργειών.

Τα αποτελέσματα που πρόεκυψαν από την παρούσα εργασία και από σχετικές εργασίες στο παρελθόν ήταν ικανοποιητικά ως προς την παράγωγή φυτών μαρουλιού, γεγονός που κάνει πιθανή την ευρύτερη εφαρμογή τους στην γεωργία στο μέλλον. Υπάρχουν όμως και θέματα που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση. Θέματα που αφορούν τη χρήση της *Posidonia oceanica* σχετίζονται με τη βέλτιστη μορφή που πρέπει να έχει όταν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα (λιπασματοποιημένη (compost) ή σε μικρά κομμάτια), οι υδραυλικές ιδιότητες και η γεωμετρία του δοχείου που χρησιμοποιείται ως υποδοχέας του υποστρώματος.

Τα αποτελέσματα αναφέρονται κυρίως προς την παράγωγή φυτών μαρουλιών στα διάφορα υποστρώματα και στις διαφορές μεταχειρίσεις που είχαμε στο πειραματικό κομμάτι αυτής της εργασίας .

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά παρατηρούμε πως τα δυο βασικά κριτήρια που είχαμε στο πείραμα μας ,τα δυο ύψη υποστρώματος και οι δυο συχνότητες άρδευσης, επηρέασαν σημαντικά την παράγωγή των φυτών μαρουλιού στα διάφορα υποστρώματα, αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι είχαν αντιφατικά αποτελέσματα στα συγκρίσιμα υποστρώματα .

Πιο συγκεκριμένα, στις μεταχειρίσεις με τα δύο διαφορετικά ύψη υποστρώματος εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

α) τα χαμηλότερα σε ύψος (10cm) υποστρώματα της *Posidonia oceanica* συγκρατούσαν ικανοποιητική υγρασία και σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις με compost όπου είχαμε σχετικά λίγο χειρότερη στράγγιση. Αντίθετα στο μεγαλύτερο ύψος (20 cm) οι μεταχειρίσεις του compost *Posidonia oceanica* είχαν αυξημένη παράγωγή σε σχέση με τα φύκια *Posidonia oceanica*. Αυτή η σημαντική διάφορα οφείλεται στη γεωμετρία του φυτοδοχείου.

β) η προσθήκη του αδρανούς υλικού, στην προκειμένη περίπτωση ελαφρόπετρα, είχε θετική επίδραση στην παράγωγή αφού λειτούργησε ως “βελτιωτικό”, δηλαδή η προσθήκη του βελτίωσε τα χαρακτηριστικά των υποστρώματων και κυρίως το πορώδες αυτών, όπως φαίνεται και από την παράγωγή στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις.

Από το πείραμα με τις δυο διαφορετικές συχνότητες άρδευσης εξήχθη το συμπέρασμα ότι η συχνότητα άρδευσης επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και την παράγωγή φυτών μαρουλιού ανάλογα και το υπόστρωμα και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του. Η χαμηλή συχνότητα άρδευσης (ανά 600 Wh) είχε καλύτερη εφαρμογή στην μεταχείριση με το compost *Posidonia oceanica* γιατί δεν υπήρχε άμεση απορροή όπως τα φύκια *Posidonia oceanica* και η υγρασία που συγκρατούσε το υπόστρωμα του compost ήταν ικανοποιητική ώστε να έχουμε και την μεγαλύτερη παράγωγή σε σύγκριση με τα άλλα δυο υποστρώματα.

Αντίθετα, η υψηλή συχνότητα άρδευσης (ανά 300Wh) είχε θετικά αποτελέσματα στις μεταχειρίσεις με τα φύκια *Posidonia oceanica* αφού τα συχνότερα και μικρότερης διάρκειας ποτίσματα βοηθούσαν στο να έχει το υπόστρωμα ικανοποιητική υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε ούτε περίσσια νερού στο υπόστρωμα αλλά ούτε και άμεση απορροή του θρεπτικού σε κάθε πότισμα. Αυτό είναι εμφανές και στα γραφήματα που παρουσιάζουν την παράγωγη φυτών μαρουλιού ανάλογα την συχνότητα άρδευσης.

Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και μπορούν να δώσουν αφορμή για εκτενέστερη έρευνα στο αντικείμενο αυτό.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Β. Γερακάρης & Κ. Τσιάμης . Οι επιβιοτές των φύλλων της *posidonia oceanica* (L.) Delile ως στοιχείο ποιότητας για την εφαρμογή της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΕ).8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας . σελ 349
- Γκίζας Γ. 2007, Αξιολόγηση της *Posidonia oceanica* ως υπόστρωμα σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Interge IIIA Grecia-Italia 2000-2006. Η *Posidonia oceanica*: προστασία, αναγέννηση αγρών & χρήση στην γεωργία. Σελ 14
- Γκίζας, Γ., Δ. Σάββας, Γ. Καρράς και Χ. Καβαφάκης., 2003. Επίδραση της κοκκομετρίας της ελαφρόμετρας και της τοποθέτησης της σε σάκο ή γλάστρα στην ανάπτυξη και την παραγωγή δρεπτής γυψοφίλης. 21^ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Ιωάννινα, 8-10 Οκτωβρίου 2003. Πρακτικά συνεδρίου, σελ. 319-322.
- Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Ιωάννινα, 8-10 Οκτωβρίου 2003. Πρακτικά συνεδρίου.
- ΙΜΠΡΑΧΙΜ – ΑΒΡΑΑΜ ΧΑ & ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΟΣ , 2012, ΓΕΝΙΚΗ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑ & ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ , ΒΟΛΟΣ (σελ 9)
- Κωνσταντινίδου, Ε.Ι.Α., 2003. Φυσιολογία αβιοτικών καταπονήσεων, σ. 555 - 620. Στο: Ρουμπελάκη – Αγγελάκη, Κ.Α. (επιμέλεια): Φυσιολογία φυτών. Από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2003.
- Λυκοσκούφης, Ι.Η., 2003. Οι επιπτώσεις της υψηλής αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος υδροπονικών καλλιεργειών στη φωτοσύνθεση και την αγωγιμότητα των στοματίων. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Μάντζος, Ν., 2006. Ανάπτυξη και έλεγχος αξιοπιστίας ενός μαθηματικού μοντέλου για την πρόβλεψη του ρυθμού συσσώρευσης αλάτων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα σε μία καλλιέργεια φασολιού σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Άρτα.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
- Μπεόπουλος, Ν. και Λ. Λουλούδης, 1994. Η αειφόρος γεωργική ανάπτυξη και η διαχείριση των υδατικών πόρων, σελ. 25 στο βιβλίο «Η αειρόφος ανάπτυξη», Εκδ. Ι. Σιδέρη, Αθήνα.
- Μπεόπουλος, Ν., 1996. Η επίδραση των αγροτικών δραστηριοτήτων, σελ. 141-177 στο βιβλίο «Το περιβάλλον στην Ελλάδα 1991-1996». Παπασπηλιόπουλος Σπ., Θ. Παπαγιάννης και Σπ. Κουβέλης, Εκδ. Ι. Σιδέρη, Αθήνα.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 1985. Η τεχνική της καλλιέργεια μαρουλιού στο θερμοκήπιο. Σημειώσεις Λαχανοκομίας (Α.Γ.Σ.Α.), Αθήνα.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 1985. Η τεχνική της καλλιέργεια της πιπεριάς στο θερμοκήπιο. Σημειώσεις Λαχανοκομίας (Α.Γ.Σ.Α.), Αθήνα.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.

- Πεπονάκης Κωνσταντίνος Γεωπόνος, MSc.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ,ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012
- Σάββας, Δ. 1998. Ειδική Λαχανοκομία. Σημειώσεις Ειδικής Λαχανοκομίας (ΤΕΙ Ηπείρου), Άρτα.
- Σάββας, Δ. 1998. Ειδική Λαχανοκομία. Σημειώσεις Ειδικής Λαχανοκομίας (ΤΕΙ Ηπείρου), Άρτα.
- Σάββας, Δ. 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Σάββας, Δ. 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Σάββας, Δ. και Γ. Γκίζας, 2000. Επίδραση της επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος απορροής στην θρέψη φυτών ζέρμπερας σε υδροπονική καλλιέργεια. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ανθοκομίας, Βόλος, 24-26 Μαΐου 2000.
- Σάββας, Δ., Β. Παππά, Α. Κώτσιρας, Γ. Γκίζας, 2003. Μελέτη συσσώρευσης αλάτων σε καλλιέργεια αγγουριού σε κλειστό υδροπονικό σύστημα μέσω μαθηματικών μοντέλων σε εξάρτηση από NaCl στο νερό άρδευσης. 21^ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Ιωάννινα, 8-10 Οκτωβρίου 2003. Πρακτικά συνεδρίου, σελ. 107-110.
- Σάββας, Δ., Ι.Λ. Τσιρογιάννης, Γ. Γκίζας, Ν. Πετρόπουλος και Ν. Συγριμής, 2006. Διερεύνηση ενός μοντέλου συσχέτισης της συγκέντρωσης NaCl με την κατανάλωση νερού σε κλειστά υδροπονικά συστήματα. 11^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. Άρτα, 4 - 7 Οκτωβρίου 2006. Πρακτικά Συνεδρίου, σελ. 245-254
- Σάββας, Δ., Ν. Μάντζος, Κ. Φ. Θεολογή, Π. Μπαρούχας, Χ. Κ. Πάσσαμ, Χ. Ολύμπιος, 2005. Συσσώρευση Na σε καλλιέργεια φασολιού σε κλειστό υδροπονικό σύστημα σε εξάρτηση από την συγκέντρωση του NaCl στο νερό άρδευσης. 22^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών Πάτρα 19-21 Οκτωβρίου 2005.
- Στέφανος Καλογήρου, Dr . Σιούλας Ανδρέας, Μαρία Corsini -Φωκά , Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Ε Λ. ΚΕ.Θ.Ε.) – Υδροβιολογικός Σταθμός Ρόδου , Νοέμβριος 2009
- Τσιρογιάννης, Γ. Γεωπόνος – Γεωργικός Μηχανικός , Επίκουρος Καθηγητής “Οδηγός λειτουργίας , Θερμοκήπιο Υδροπονικών Καλλιεργειών «Δημήτρης Σάββας», τμ. Τεχνολόγων Γεωπόνων, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου”, Έκδοση 01 - 7/2012

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Adams, P. and Ho, L.C., 1985. Two disorders but one cause. *Grower* 103: 17-23.
- Adams, P. and Ho, L.C., 1989. Plant growth in NTF and other soilless substrates. *Aspects of Appl. Biol.*, 22, pp. 341-348.
- Adams, P. and Ho, L.C., 1989. Plant growth in NTF and other soilless substrates. *Aspects of Appl. Biol.*, 22, pp. 341-348.
- Alam, S.M., 1999. Nutrient Uptake by Plants Under Stress conditions. *In: Handbook of Plant and Crop Stress*, Second Edition, Revised and Expanded ed. Mohammad Pessarakli, New York Basel: Marcel Dekker, Inc. pp. 285-313.
- Benoit, F., 1992. Practical guide for simple soilless culture techniques. European vegetable R&D center, Belgium. pp. 2-34.
- Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1987. Effects of container geometry and media physical properties on air and water volumes in containers. *J. Environ. Hort.* 5:180–182.
- Boertje, G. A., 1994. Chemical and physical characteristics of pumice as a growth medium. *Acta Hort.*, 401, pp. 85-87.
- Bruckner, U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures—Especially air- and water capacity. *Acta Hort.* 450:263–270.
- Brugnoli, E., Laureti, M., 1991. Effects of Salinity on Stomatal Conductance, Photosynthetic Capacity and Carbon Isotope Discrimination of Salt – Tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and Salt – Sensitive (*Phaseolus Vulgaris* L.) C³ Non – Halophytes. *Plant Physiol.* 95, pp. 628 – 635.
- Bugbee, B., 2003. Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture. South Pacific Soil-less Culture Conference. Palmerston North, New Zealand.
- C. Pergent-Martini, V. Leoni, V. Pasqualini, G.D. Ardizzone, E. Balestric, R. Bedini, A. Bellusci, T. Belshere, J. Borgf, C.F. Boudouresque, S. Boumazah, J.M. Bouqueneau, M.C. Buiaj, S. Calvo, J. Cebrian, E. Charbonnel, P. Cinellic, A. Cossum, G. Di Maidak, B. Durali, P. Francou, S. Goberti, G. Lepoint, A. Meinesz, H. Molenaar, H.M. Mansour, P. Panayotidis, A. Peiranor, G. Pergent, L. Piazzic, M. Pirrotta, G. Relinis, J. Romerot, J.L. Sanchez-Lizaso, R. Semroud, P. Shembrif, A. Shiliv, A. Tomasello, B. Velimirov. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. Published in: *Ecological Indicators* (2005), vol. 5, iss. 3, pp. 213-230.
- Carmassi, G., Incrocci, L., Maggini, R., Malorgio, F., Tognoni, F., Pardossi, A., 2005. Modelling salinity build-up in recirculating nutrient solution culture. *J. Plant Nutr.* 28, pp. 431-445.
- Coccoza, C., A. Parente, C. Zaccone, C. Mininni, P. Santamaria, and T. Miano. 2011. Chemical, physical and spectroscopic characterization of *Posidonia oceanica* (L.) Del. residues and their possible recycle. *Waste Mgt.* 31:78–84.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26:37–44.

- EN 13041. 1999. Soil improvers and growing media—Determination of physical properties— Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space. CE de Normalisation, Brussels, Belgium.
- Fonteno, W.C. 1989. An approach to modelling air and water status of horticultural substrates. *Acta Hort.* 238:67–74.
- Gizas, G. and D. Savvas. 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience* 42:1274–1280.
- Gizas, G., Tsirogiannis, I. Bakea, M. Mantzos N. Savvas, D. 2012. Impact of hydraulic characteristics of raw or composted *Posidonia* residues, coir, and their mixtures with pumice on root aeration, water availability and yield in a lettuce crop
- Ivana Radonjić and Maja Dakić, MedCEM Characteristics of *Posidonia oceanica* (L.) Del. meadows in the Montenegrin coast and heavy metal concentrations in the leaves - frame analysis of the basis of collected data.
- Jones, S.N. and B. Or. 1998. Design of porous media for optimal gas and liquid fluxes to plant roots. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 62:563–573.
- Klute, A.(ed.). 1986. Water retention: Laboratory methods, p. 635–660. In: *Methods of soil analysis. Part I, physical and mineralogical methods.* 2nd Ed. Monograph 9. Am. Soc.Agron., Madison, WI.
- Londra, P.A. 2010. Simultaneous determination of water retention curve and unsaturated hydraulic conductivity of substrates using a steady-state laboratory method. *HortScience* 45:1106–1112.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerance –Current assessment. *In: Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 103(IR2), pp. 115-134.
- Maggio, A., De Pascale, S., Angelino, G. Ruggiero, C. and Barbieri, G., 2004. Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. *Europ. J. Agronomy* 21, pp. 149-159.
- Maher, M.J., M. Prasad, and M. Raviv. 2008. Organic soilless media components, p. 459–504. In: Raviv, M. and H.J. Lieth (eds.). *Soilless culture: Theory and practice.* Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Maloupa, E., 2002. Hydroponic Systems. *In: Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals*, eds. D. Savvas and H. Passam. Embryo Publications, Athens, Greece , pp.143-178
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, pp. 674.
- Mavrogianopoulos, G., Savvas, D. and Vogli, V., 2002. Influence of NaCl-Imposed on half of the root system of hydroponically grown tomato on growth, yield, and tissue mineral composition. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77 (5), pp. 557-564.
- Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: I. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. *J. Amer. Soc.Hort. Sci.* 144:48–52.
- Papadopoulos, A.P., A. Bar-Tal, A. Silber, U.K. Saha, and M. Raviv. 2008. Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes, p. 505–543.

In: Raviv, M. and H.J. Lieth (eds.). *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

- Raviv, M., R. Wallach, A. Silber, and A. Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis, p. 25–101. In: Savvas, D. and H.C. Passam (eds.). *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece.
- Raviv, M., R. Wallach, and T.J. Blom. 2004. The effect of physical properties of soilless media on plant performance—A review. *Acta Hort.* 644:251–259.
- Savvas, D., Manos, G., 1999. Automated composition control of nutrient solution in closed soilless culture systems. *J. Agric. Eng. Res.* 73, pp. 29-33.
- Savvas and Manos, 1999, Savvas and Adamidis, 1999, Savvas, 2002, Savvas *et al.*, 2005b
- Savvas, D. 2009. Modern developments in the use of inorganic media in greenhouse vegetable and flower production. *Acta Hort.* 819:73–86.
- Savvas, D. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., and H.C. Passam (Eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece: pp. 299-343, (2002).
- Savvas, D. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants, in *Hydroponics*. In: Dris, R. Niskanen, R., and S.M. Jain (Eds.). *Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management*. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A.: pp. 37-87, (2001). 2.
- Savvas, D., 2001. Nutritional management of vegetables and ornamental plants in hydroponics. In: Dris, R., R. Niskanen and S.M. Jain (eds). *Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management*. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A., pp. 37-87.
- Savvas, D., 2002a. Nutrient Solution Recycling. *In: Hydroponic Production of Vegetable and Ornamentals*, eds. D. Savvas and H. Passam. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 229-343.
- Savvas, D., 2002b. Automated Replenishment of Recycled Greenhouse Effluents with Individual Nutrients in Hydroponics by Means of Two Alternative Models. *Biosystems Engineering*, 83, pp. 225-236.
- Savvas, D., Mantzos, N., Barouchas, P., Tsirogiannis, I., Olympios, C., Passam, H.C., 2006. Modelling Salt Accumulation by a Bean Crop Grown in a Closed Hydroponic System in Relation to Water Uptake. *Scientia Horticulturae*
- Serio, F., L. de Gara, S. Caretto, L. Leo, and P. Santamaria. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in *Posidonia* [*Posidonia oceanica* (L) Delile]. *J. Sci. Food Agr.* 84:1885–1890.
- Teresa Alcoverro*, Marta Manzanera, Javier Romero. Nutrient mass balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of nutrient retranslocation. *Mar Ecol Prog Ser* 194: 13-21, 2000
- Wallach, R. 2008. Physical characteristics of soilless media, p. 41–116. In: Raviv, M. and H.J. Lieth (eds.). *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

Ηλεκτρονικές πηγές βιβλιογραφίας

http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm

http://ec.europa.eu/health/endocrine_disruptors/docs/wfd_200060ec_directive_en.pdf

<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>

http://istath.blogspot.gr/2013/10/blog-post_16.html

http://plantv.gr/vermiculite_perlite.php

<http://www.antemisaris.gr/product.aspx?iid=5177>

<http://www.compost.gr/#!unique-method-gr/co9t>

<http://www.decagon.com>

<http://www.decagon.com/en/soiis/volumetric-water-content-sensors/10hs-large-volume-vwc/>

<http://www.fao.org/>

<http://www.oeye.net/papers/theimplementationofthehabitats.pdf>

http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_25.html

https://el.wikipedia.org/wiki/Posidonia_oceanica

<https://grizano.wordpress.com/category/>