

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ ΜΕ
ΔΙΑΣΤΑΛΛΑΖΟΝΤΑ ΥΓΡΑ ΧΩΜΑΤΕΡΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
ΕΝΔΗΜΙΚΩΝ ΚΡΗΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΝΙΟΣ ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΤΡΟΥΛΛΙΝΟΣ ΚΛΕΟΜΒΡΟΤΟΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΣΩΜΑΡΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Φυτοεξυγίανση εδαφών.....	5
1.1.1 Ορισμός.....	5
1.1.2 Τεχνικές φυτοεξυγίανσης.....	8
1.1.3 Σχεδιασμος συστημάτων φυτοεξυγίανσης.....	12
1.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης.....	14
1.1.5 Τα φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων.....	15
1.2 Βαρέα μέταλλα.....	16
1.2.1 Ποια είναι τα βαρέα μέταλλα.....	16
1.2.2 Βαρέα μέταλλα : Σοβαρή απειλή για την υγεία μας.....	18
1.2.3 Περιγραφή βαρέων μετάλλων.....	19

1.3 Διασταλάζοντα υγρά.....	22
1.3.1 Ορισμός.....	22
1.3.2 Φάσεις βιοαποδόμησης του οργανικού κλάσματος.....	24
1.3.3 Μετρήσιμα μεγέθη.....	26
1.4 Ενδημικά φυτά.....	28
1.4.1 Ορισμός.....	28
1.4.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	29
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	35
2.1 Γενικά στοιχεία πειράματος.....	35
2.2 Παρασκευή υποστρώματος.....	35
2.3 Διασταλάζοντα υγρά.....	36
2.4 Εγκατάσταση σπορείων.....	36
2.5 Εγκατάσταση των ενδημικών φυτών.....	38
2.6 Διαδικασία ποτίσματος.....	40
2.6.1 Πότισμα σε ακόρεστο σε ΔΥ υπόστρωμα.....	42
2.6.1 Πότισμα σε κορεσμένο σε ΔΥ υπόστρωμα.....	44
2.7 Εβδομαδιαίες μετρήσεις και αναλύσεις.....	45
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	49
3.1 Σύσταση διασταλάζοντων υγρών.....	49
3.2 Πορεία ανάπτυξης ενδημικών φυτών σε ακόρεστα και κορεσμένα σε ΔΥ υποστρώματα.....	50
3.2.1 Ύψος φυτών και αριθμός φύλλων σε ακόρεστο υπέδαφος.....	50
3.2.2 Ύψος φυτών και αριθμός φύλλων σε κορεσμένο υπέδαφος.....	56
3.3 Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών σε ακόρεστο υπόστρωμα.....	58
3.4 Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών σε κορεσμένο υπόστρωμα.....	61
3.5 Μετρήσεις χλωροφύλλης.....	63
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	66
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εξυγίανση εδαφών και υπόγειων υδάτων, που έχουν ρυπανθεί με οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες πραγματοποιείται με διάφορες τεχνολογίες. Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες εξυγίανσης, παρουσιάζουν όμως σημαντικούς περιορισμούς, όπως το υψηλό κόστος λειτουργίας καθώς και η περιορισμένη αποτελεσματικότητα στην επεξεργασία μείγματος ρυπαντών, όπως συνήθως απαντώνται στη φύση. Η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης (Phytoremediation), παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, ως εναλλακτική μέθοδος εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων. Στην περίπτωση μάλιστα των χωματερών, βαρέα μέταλλα και άλλοι ρυπαντές συσσωρεύονται στα εκρέοντα διασταλάζοντα υγρά τα οποία ρυπαίνουν τα εδάφη της κοίτης απορροής. Για τη φυτοεξυγίανση τέτοιων ρυπασμένων εδαφών απαιτείται η επιλογή ανθεκτικών φυτών, υψηλής ικανότητας βιοσυσσώρευσης. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει τα καταλληλότερα ενδημικά φυτά της Κρήτης που μπορούν να συμβάλουν, υπό ελεγχόμενες συνθήκες, στην εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων από διασταλάζοντα υγρά.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε κοινωνία χρειάζεται να αποβάλλει κάποια από τα υλικά που χρησιμοποιεί για να λειτουργήσει φυσιολογικά. Τα στερεά υλικά που αποβάλλονται συνήθως είναι τα σκουπίδια, τα οποία καταλήγουν σε καθορισμένους και συνήθως απομακρυσμένους χώρους όπως είναι οι χωματερές.

Τα σκουπίδια που καταλήγουν σε αυτούς τους χώρους έχουν μεγάλη συγκέντρωση από στοιχεία και ουσίες όπως τα βαρέα μέταλλα και το οργανικό υλικό, τα οποία από τις φυσικοχημικές διεργασίες στην χωματερή μπορεί να εξελιχθεί σε διασταλάζοντα υγρά.

Τα διασταλάζοντα υγρά των χωματερών λόγω της σύστασης τους και των φυσικών τους χαρακτηριστικών μολύνουν τον χώρο των χωματερών και μπορεί να προκαλέσουν διαταραχές στο φυσικό περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία.

Οι κοινωνίες ανησυχούν για την επίδραση στην υγεία από τις επιπτώσεις των υπαρχόντων τρόπων διαχείρισης των σκουπιδιών, ενώ ταυτόχρονα η συνειδητοποίηση των πολιτών πάνω σε θέματα περιβάλλοντος κάνει τις ανησυχίες αυτές εντονότερες. Αποτέλεσμα όλων αυτών των ανησυχιών είναι οι αυστηρότερες νομοθεσίες για τη λειτουργία των χώρων εναπόθεσης και η αναζήτηση μεθόδων για να επιτευχθούν οι όσο το δυνατόν μικρότερες συνέπειες και να εξυγιανθούν οι περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την απόθεση σκουπιδιών.

Μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εξυγίανση των εδαφών είναι η φυτοεξυγίανση. Σε γενικές γραμμές θα πρέπει να δοκιμαστούν κάποια φυτικά είδη σε μολυσμένο έδαφος και αν επιβιώσουν και αναπτυχθούν να μελετηθεί αν με την παρουσία τους στο μολυσμένο έδαφος απομάκρυναν κάποιους από τους παράγοντες της μόλυνσης. Εάν συμβούν τα παραπάνω για κάποιο φυτικό είδος στις εδαφοκλιματικές συνθήκες μιας περιοχής μολυσμένης λόγω της εναπόθεσης απορριμμάτων, τότε αυτό το φυτικό είδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα για την εξυγίανση της περιοχής.

1.1 Φυτοεξυγίανση

1.1.1 Ορισμός

Η υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (E.P.A.), κατατάσσει τη Φυτοεξυγίανση στις λεγόμενες καινοτόμες τεχνολογίες επεξεργασίας (Innovative treatment technologies). Πρόκειται για τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων και άλλων μολυσματικών παραγόντων, χωρίς όμως να υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με το κόστος και την απόδοση που έχουν υπό διαφορετικές συνθήκες επεξεργασίας (U.S E.P.A, 1996).

Ο όρος Φυτοεξυγίανση, αναφέρεται σε κάθε σύστημα ή διαδικασία στην οποία χρησιμοποιούνται φυτά, για την *in situ* ή *ex situ* εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών, υλικών καθιζήσεως (sediments) και υδάτων (επιφανειακών ή υπόγειων), μέσω της απομάκρυνσης, διάσπασης και σταθεροποίησης των ρυπαντών (Cunningham et al., 1996; Schnoor et al., 1995).

Παρά το γεγονός ότι ο όρος Φυτοεξυγίανση είναι σχετικά πρόσφατος, η ιδέα της εφαρμογής της μεθόδου φαίνεται να είχε γίνει αντιληπτή πριν από αρκετούς αιώνες. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το πρώτο σύστημα επεξεργασίας αστικών λυμάτων βασιζόμενο στη χρήση φυτών, λειτούργησε στη Γερμανία στις αρχές του 17ου αιώνα (Hartman, 1975).

Από τότε μέχρι σήμερα έχει επιτευχθεί σημαντική ανάπτυξη στην εφαρμογή διαφόρων τεχνικών ακόμα και σε επίπεδο εμπορικής κλίμακας, για την δευτερογενή επεξεργασία αστικών υδατικών αποβλήτων, με τη χρήση φυτών (Ζαμπετάκης, 1995).

Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση υδρόβιων και υδροχαρών φυτών για τη δημιουργία τεχνητών υγροβιοτόπων (Constructed Wetlands), δεξαμενών σταθεροποίησης (Stabilization Ponds) και γενικότερα φυσικών συστημάτων επεξεργασίας. Οι ανωτέρω τεχνικές συνδυάζουν την οικονομική λειτουργία με την ικανοποιητική απόδοση στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (SS), και θρεπτικών στοιχείων (πχ. άζωτο, φώσφορος, υδράργυρος) (Woolverton, 1987).

Τα τελευταία χρόνια η έννοια των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας έχει επεκταθεί πέρα από τη χρησιμοποίησή τους στην επεξεργασία υδατικών αποβλήτων. Τέτοιες προσπάθειες περιλαμβάνουν τη χρήση φυτών για την εξυγίανση αβαθών υδροφορέων και έχουν σαν στόχο τη ρύπανση που προκαλούν κυρίως εντομοκτόνα και ανόργανα στοιχεία όπως άζωτο και φώσφορος (Watanabe, 1997).

Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως βιο-φίλτρα (Bio-filters) ή ριζο-φίλτρα (Rhizofilters). Σημαντική ερευνητική δραστηριότητα παρουσιάζει και η δυνατότητα εξυγίανσης της ατμόσφαιρας με τη χρήση φυτών. Τα φύλλα των φυτών καλύπτονται με κηρώδεις ουσίες, στόχος των οποίων είναι η υδατική οικονομία εντός του φυτικού σώματος. Οι ουσίες αυτές ευνοούν την προσρόφηση λιποφιλικών πτητικών οργανικών ουσιών, όπως για παράδειγμα οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Με τον τρόπο αυτό τα φυτά συμβάλλουν στον περιορισμό της συγκέντρωσης αυτών των ουσιών στην ατμόσφαιρα (Cunningham et al., 1996).

Η εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών, χωρίς τη μεσολάβηση της υδατικής βάσης, με τη χρήση φυτών δεν έχει επαρκώς μελετηθεί τόσο σε εργαστηριακά πειράματα όσο και σε πειράματα πεδίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους (Salt et al., 1998):

1. Δεν έχουν θεσπιστεί κρίσιμες συγκεντρώσεις τοξικότητας των διαφόρων ρυπαντών για το έδαφος από τους περιβαλλοντικούς οργανισμούς, σε αντίθεση με το νερό.
2. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει το εδαφικό σύστημα και των εξαιρετικά δύσκολων αναλυτικών τεχνικών που απαιτούνται.

Η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης έχει αποδειχθεί, κυρίως μέσω εργαστηριακών πειραμάτων ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση τόσο οργανικών (Υδρογονάνθρακες πετρελαίου, διαλύτες, εντομοκτόνα), όσο και ανόργανων ρυπαντών (Βαρέα μέταλλα) (Miller, 1996; Raskin et al., 1998).

Τα περισσότερα από τα πειράματα πεδίου εξακολουθούν να βρίσκονται σε εξέλιξη, με αποτέλεσμα να μην είναι πλήρως τεκμηριωμένη η εφαρμογή της Φυτοεξυγίανσης σε πραγματικές συνθήκες (Fiorenza et al., 1998). Παρά το γεγονός ότι στη παρούσα φάση η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης δεν εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα, οι ερευνητές θεωρούν ότι πρόκειται για μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία εξυγίανσης με σημαντική δυναμική εξέλιξη.

Λόγοι που ευνοούν την εφαρμογή της Φυτοεξυγίανσης είναι μεταξύ άλλων (Shannon and Uterman, 1993):

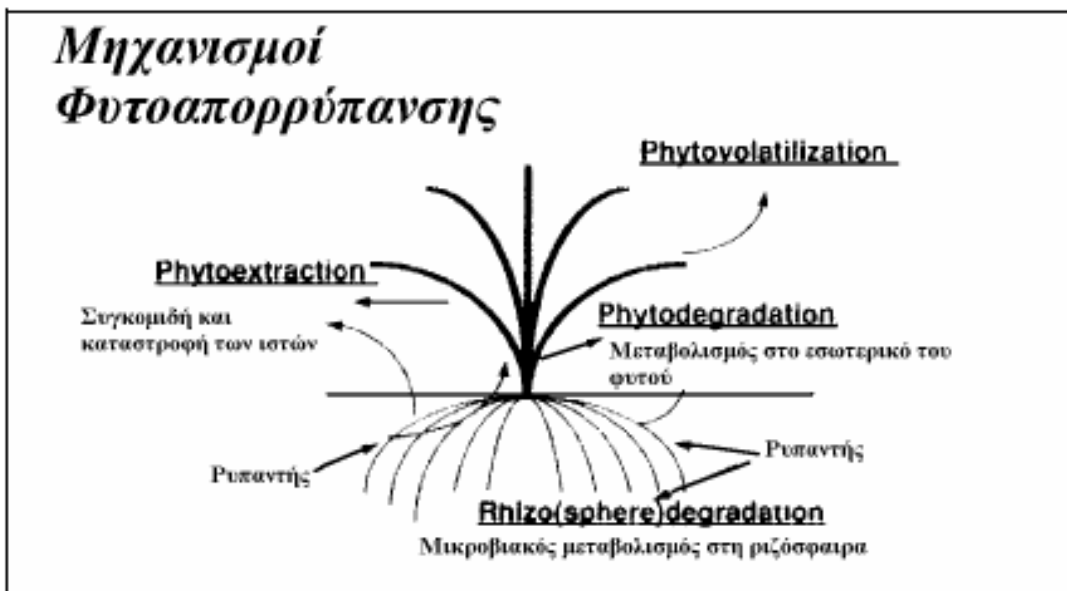
- Η επέκταση της επιστημονικής γνώσης σχετικά με το μεταβολισμό επικίνδυνων ρυπαντών και ιδιαίτερα των οργανικών ενώσεων.
- Η εύρεση νέων φυτικών ειδών που έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε διάφορους ρυπαντές.
- Η χρησιμοποίηση της γενετικής μηχανικής στη δημιουργία νέων μεταβολικών δυνατοτήτων για τα είδη χρησιμοποιούμενα φυτά.

1.1.2 Τεχνικές της φυτοεξυγίανσης

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης γενικά μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Cunningham et al., 1996):

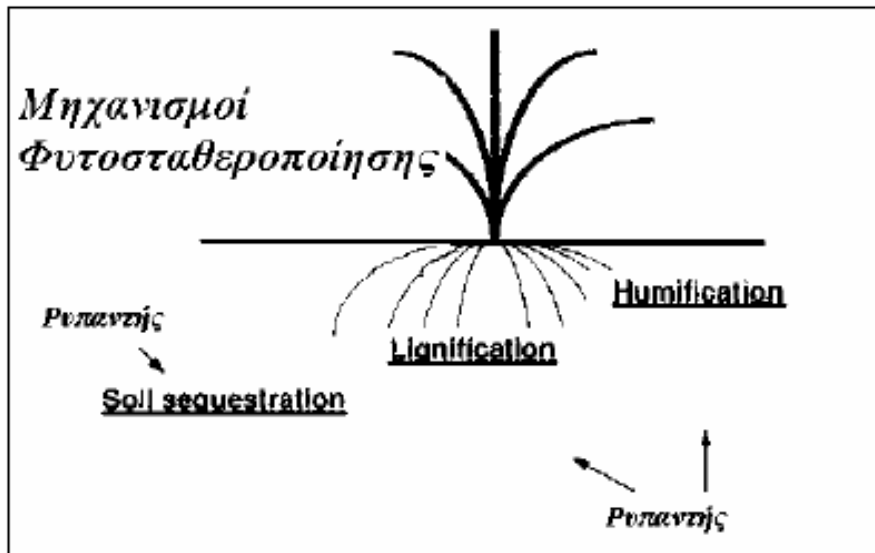
- Φυτοαπορρύπανση (Phytodecontamination)
- Φυτοσταθεροποίηση (Phytostabilization)

Η φυτοαπορρύπανση, περιλαμβάνει μηχανισμούς, με τη βοήθεια των οποίων, η συγκέντρωση του ρυπαντή στο έδαφος, το νερό και την ατμόσφαιρα μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα. Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί που είναι δυνατόν να εφαρμοστούν κατά τη διαδικασία της φυτοαπορρύπανσης.



Σχήμα 1.1 Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην διαδικασία της φυτοαπορρύπανσης (Raskin et al., 1998)

Η φυτοσταθεροποίηση, (σχ.1.2), περιλαμβάνει μηχανισμούς οι οποίοι έχουν ως στόχο την αδρανοποίηση και απομόνωση του ρυπαντή ώστε να παρεμποδιστεί η μετανάστευση του (migration) από το έδαφος στο υπόγειο νερό ή στην ατμόσφαιρα. Η φυτοσταθεροποίηση βασίζεται στην ικανότητα των φυτών να εκκρίνουν ουσίες, μέσω των ριζών τους, οι οποίες ευνοούν μηχανισμούς όπως η χουμοποίηση (humification)-δέσμευση του ρυπαντή στα χουμικά συστατικά του εδάφους, η λιγνιτοποίηση (lignification)-δέσμευση στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών και δέσμευση στα εδαφικά σωματίδια (soil sequestration) (Flatham and Lanza, 1998)

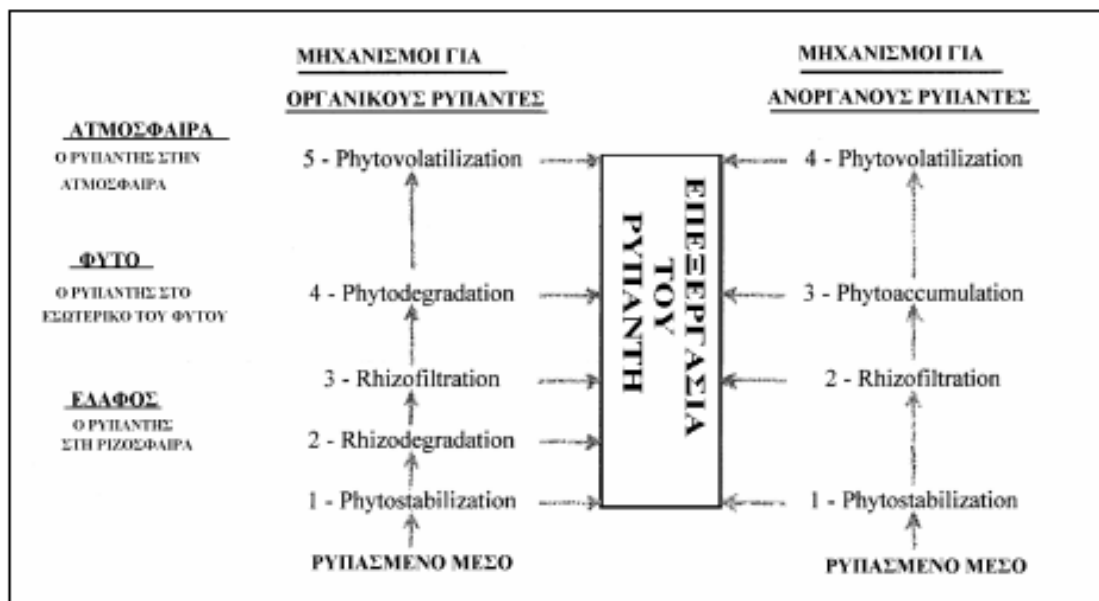


Σχήμα 1.2 Μηχανισμοί που εμπλέκονται στην διαδικασία της φυτοσταθεροποίησης (Raskin et al., 1998).

Μια άλλη κατάταξη της τεχνολογίας της Φυτοεξυγίανσης πραγματοποιείται ανάλογα με τους ρυπαντές στόχους:

- Φυτοεξυγίανση Οργανικών ρυπαντών
- Φυτοεξυγίανση Ανόργανων ρυπαντών

Στο σχήμα 1.3, παρουσιάζονται οι μηχανισμοί εξυγίανσης για οργανικούς και ανόργανους ρυπαντές στο σύστημα έδαφος-φυτό-ατμόσφαιρα.



Σχήμα 1.3 Μηχανισμοί εξυγίανσης στο σύστημα έδαφος- φυτό- ατμόσφαιρα (Raskin et al., 1998).

Σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α, οι ορισμοί για τους διάφορους μηχανισμούς της Φυτοεξυγίανσης έχουν ως εξής (U.S E.P.A, 1996):

ΦΥΤΟΕΞΑΓΩΓΗ – Phytoextraction

Η φυτοεξαγωγή (ή φυτοσυσσώρευση-phytoaccumulation), αναφέρεται στη πρόσληψη μετάλλων και τη μεταφορά τους στα υπέργεια τμήματα του φυτού. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ρυπασμένων εδαφών με βαρέα μέταλλα. Στηρίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στη βιομάζα τους, ως και 100 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα φυτά (McCrath, 1998).

ΦΥΤΟΔΙΑΣΠΑΣΗ – Phytodegradation

Η φυτοδιάσπαση (ή φυτομετασχηματισμός-phytotransformation), περιλαμβάνει διαδικασίες οι οποίες οδηγούν στη διάσπαση/αποδόμηση του ρυπαντή. Η διάσπαση του ρυπαντή είναι δυνατόν να πραγματοποιείται είτε εντός του φυτού, μέσω μεταβολικών διεργασιών είτε εξωτερικά στην περιοχή της ρίζας μέσω της παραγωγής ενζύμων. Μετά την διάσπαση του ρυπαντή, πραγματοποιείται η ενσωμάτωση του στους φυτικούς ιστούς. Σε μερικές περιπτώσεις τα τελικά προϊόντα της διάσπασης, ελευθερώνονται στο περιβάλλον, γεγονός που εξαρτάται από το είδος του φυτού και τον ρυπαντή (βλπ. Φυτοεξαέρωση). Ο μηχανισμός της φυτοδιάσπασης χρησιμοποιείται σε ρυπασμένα εδάφη, επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Στην περίπτωση των υπόγειων υδάτων, θα πρέπει το ριζικό σύστημα του φυτού να βρίσκεται σε επαφή με τον υδροφορέα, διαφορετικά είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί άντληση και τοποθέτηση του νερού σε δεξαμενές στις οποίες υπάρχουν κατάλληλα φυτικά είδη.

ΦΥΤΟΕΞΑΕΡΩΣΗ – Phytovolatilization

Κατά τη φυτοεξαέρωση, μέταλλα και οργανικές ουσίες, οι οποίες προσλαμβάνονται από τα φυτά, μετατρέπονται σε πτητικές μορφές και ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Μέσω αυτού του μηχανισμού επιτυγχάνεται η εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων χωρίς να είναι απαραίτητη η συγκομιδή του φυτικού υλικού.

ΡΙΖΟΔΙΑΣΠΑΣΗ – Rhizodegradation

Η ριζοδιάσπαση (ή φυτοδιέγερση-phytostimulation, ή βιοεξυγίανση μέσω της ριζόσφαιρας-rhizosphere biodegradation), αναφέρεται στην διάσπαση οργανικών ρυπαντών στο έδαφος, μέσω μικροβιακών πληθυσμών που αναπτύσσονται στην περιοχή του ριζικού συστήματος (ριζόσφαιρα). Οι μικροοργανισμοί (μύκητες, βακτήρια), διασπούν ή μετασχηματίζουν οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν ως θρεπτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη τους. Η παρουσία των φυτών ευνοεί τη διαδικασία της εξυγίανσης δεδομένου ότι μέσω των ριζών εκκρίνονται ουσίες και μεταφέρεται οξυγόνο και νερό, στοιχεία απαραίτητα για τη μικροβιακή ανάπτυξη.

ΡΙΖΟΔΙΗΘΗΣΗ – Rhizofiltration

Η ριζοδιήθηση περιλαμβάνει τη ρόφηση στις φυτικές ρίζες ρυπαντών οι οποίοι βρίσκονται σε υδατικά διαλύματα. Τα φυτά αναπτύσσονται σε θερμοκήπια με τη μέθοδο της υδροπονίας, δηλαδή οι ρίζες τους βρίσκονται εντός υδατικού διαλύματος αντί του εδάφους.

1.1.3 Σχεδιασμός συστημάτων φυτοεξυγίανσης

Ο σχεδιασμός των συστημάτων της Φυτοεξυγίανσης ποικίλει ανάλογα με το είδος του ρυπαντή και το επιθυμητό επίπεδο μείωσης της συγκέντρωσης του, τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και από τα φυτά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Για την εφαρμογή της τεχνολογίας της Φυτοεξυγίανσης αποτελεί κοινή πρακτική η πραγματοποίηση προκαταρκτικών εργαστηριακών ερευνών. Στόχος των ερευνών αυτών είναι να αποφασιστεί ή όχι η χρήση των βιολογικών διαδικασιών της Φυτοεξυγίανσης απατώντας σε ερωτήσεις σχετικά με την βιοαποικοδόμηση των ρυπαντών, το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας τους στο έδαφος και το υπόγειο νερό και τέλος τον καθορισμό των βέλτιστων συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών. Γενικά, οι παράμετροι σχεδιασμού διαφέρουν ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατόν να προσδιοριστούν ορισμένοι παράμετροι σχεδιασμού, οι οποίοι είναι κοινοί σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας της Φυτοεξυγίανσης.

Οι παράμετροι αυτοί περιλαμβάνουν:

1.Προσδιορισμό του επιπέδου της ρύπανσης

Κατά το σχεδιασμό του συστήματος Φυτοεξυγίανσης, πρέπει να προσδιοριστεί το είδος και η συγκέντρωση των ρυπαντών καθώς και το βάθος στο οποίο εκτείνεται η ρύπανση. Στην περίπτωση οργανικών ρυπαντών θα πρέπει να υπάρχουν στοιχεία για τη δομή τους, τη λιποφιλικότητα τους ($\log K_{ow}$) καθώς και για τις ιδιότητες προσρόφησης τους.

2.Επιλογή του φυτικού υλικού

Τα φυτά τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν επιλέγονται με βάση τον επιθυμητό μηχανισμό Φυτοεξυγίανσης και το είδος του ρυπαντή. Στην περίπτωση του φυτομετασχηματισμού οργανικών ρυπαντών και της φυτοεξαγωγής βαρέων μετάλλων τα φυτά πρέπει να παρουσιάζουν γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης, υψηλούς ρυθμούς εξατμισοδιαπνοής αρκετά βαθύ ριζικό σύστημα για την περίπτωση υπογείων υδάτων και να μετατρέπουν το ρυπαντή σε μη τοξικά παράγωγα.

3. Έλεγχος της δυνατότητας χρησιμοποίησης των επιλεγμένων φυτών (Treatability tests)

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται έλεγχος της τοξικότητας των ρυπαντών καθώς και προϊόντων που προκύπτουν από την εφαρμογή της Φυτοεξυγίανσης. Σε εργαστηριακά πειράματα εφαρμόζονται διαφορετικές συγκεντρώσεις του ρυπαντή στα προτεινόμενα φυτικά είδη και μελετώνται τα παραγόμενα προϊόντα του μεταβολισμού.

4. Συντήρηση του συστήματος της Φυτοεξυγίανσης

Η συντήρηση του συστήματος της Φυτοεξυγίανσης περιλαμβάνει την άρδευση των φυτών, προσθήκη κατάλληλων λιπασμάτων για τη γρήγορη ανάπτυξη τους και σε ορισμένες περιπτώσεις την αντιμετώπιση βιολογικών εχθρών των φυτών.

5. Συγκομιδή του φυτικού υλικού

Όταν τα φυτά συσσωρεύσουν τον ρυπαντή πρέπει να πραγματοποιηθεί η συγκομιδή και η απομάκρυνση τους από την περιοχή. Η περαιτέρω επεξεργασία του φυτικού υλικού εξαρτάται από τη φύση των παραγόμενων προϊόντων μεταβολισμού καθώς και από την συγκέντρωσή τους στα φυτικά κύτταρα. Στην περίπτωση οργανικών ρυπαντών που διασπώνται σε μη τοξικές ουσίες δεν είναι απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία του φυτικού υλικού. Στην περίπτωση που πραγματοποιείται σημαντική συσσώρευση στην περιοχή της ρίζας, τότε είναι απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία των φυτικών ιστών. Η πιο συνηθισμένη διαδικασία επεξεργασίας του φυτικού υλικού είναι η ελεγχόμενη καύση (controlled incineration). Άλλες μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι η κομποστοποίηση (composting) καθώς και διάθεση σε χωματερές (landfilling).

1.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης

Πλεονεκτήματα

- Το βασικότερο προτέρημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παράγονται λιγότερα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.
- Η φυτοεξυγίανση εφαρμόζεται επί τόπου και δεν είναι αναγκαία μία εκσκαφή ή άντληση για περαιτέρω επεξεργασία. Για αυτό το λόγο δε διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της μολυσμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική επεξεργασία ιδιαίτερα για μεγάλους όγκους χώματος ή νερού, που είναι μολυσμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρυπαντών.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους. Για παράδειγμα σε πρόγραμμα φυτοεξυγίανσης απομακρύνθηκαν τα βαρέα μέταλλα από 5.000 τόνους μολυσμένου εδάφους. Το έδαφος αυτό που θα έπρεπε να εκσκαφθεί και να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια μετά από φυτοεξυγίανση. Τα βαρέα μέταλλα που υπήρχαν στο μολυσμένο χώμα συγκεντρώθηκαν σε 25 - 30 τόνους στάχτης φυτικών ιστών και επομένως μόνο αυτό το 1/200 του αρχικού όγκου πρέπει να διαθέτει σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής.

Μειονεκτήματα

- Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης, οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν μερικές συνεχόμενες περιόδους καλλιέργειας των φυτών μέχρι να εξυγιανθεί τελείως το περιβάλλον από τους ρυπαντές.
- Η φυτοεξυγίανση φέρνει μόνο αποτελέσματα, όταν το βάθος της μόλυνσης δε ξεπερνά το 1m στο έδαφος και τα 3m στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Μειονέκτημα αποτελεί η δυνατότητα να μεταδοθούν οι τοξικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα μετά από πιθανή βρώση των φυτών από τα ζώα

1.1.5 Τα φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων

Η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης ανόργανων ρυπαντών εστιάζεται κυρίως στην επεξεργασία βαρέων μετάλλων και ραδιονουκλιδίων. Η Φυτοεξυγίανση βαρέων μετάλλων στηρίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στη βιομάζα τους ως και 100 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα φυτά. Τα φυτά αυτά ονομάζονται υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators). Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζεται ο αριθμός των γνωστών μέχρι σήμερα υπερσυσσωρευτών για 8 βαρέα μέταλλα καθώς και οι φυτικές οικογένειες στις οποίες ανήκουν.

Πίνακας 1.1 Αριθμός γνωστών υπερσυσσωρευτών για 8 βαρέα μέταλλα και οι οικογένειες στις οποίες απαντώνται πιο συχνά.

Βαρέα μέταλλα	No.	Οικογένεια
Κάδμιο (Cd)	1	Brassicaceae
Κοβάλτιο (Co)	26	Lamiaceae, Scrophulariaceae
Χαλκός (Cu)	24	Cyperaceae, Lamniaceae, Poaceae, Scrophulariaceae
Μαγγάνιο (Mn)	11	Apocynaceae, Cunoniaceae, Proteaceae
Νικέλιο (Ni)	290	Brassicaceae, Violaceae, Cunoniaceae, Proteaceae
Σελήνιο (Se)	19	Fabaceae
Θάλιο (Tl)	1	Brassicaceae

Η έρευνα σχετικά με την επεξεργασία ραδιενεργών ουσιών παρουσιάζει ενθαρρυντικά αποτελέσματα παρά το γεγονός ότι δεν έχουν αναφερθεί φυτά τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις ραδιονουκλεοτιδίων στη βιομάζα τους. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στην επεξεργασία ραδιενεργού ¹³⁷Cs και ⁹⁰Sr τα οποία παρουσιάζουν παρόμοια ατομική δομή με το K και το Ca αντίστοιχα, στοιχεία τα οποία προσλαμβάνονται σε μεγάλες ποσότητες από τα φυτά. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με το φυτό *Helianthus annuus* διαπιστώθηκε ότι η παρουσία του φυτού μείωσε σημαντικά τη συγκέντρωση ραδιενεργού ουρανίου σε υδατικό διάλυμα.

1.2 Βαρέα Μέταλλα

Ως βαρέα μέταλλα χαρακτηρίζονται εκείνα τα στοιχεία που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από 4,5 g/cm³. Στα υγρά απόβλητα τα βαρέα μέταλλα προέρχονται κυρίως από λύματα βιομηχανικών δραστηριοτήτων και σε πολύ μικρότερο ποσοστό από οικιακά λύματα. Τα βαρέα μέταλλα είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες για την ανάπτυξη της πλειονότητας των οργανισμών. Σε μεγαλύτερες όμως συγκεντρώσεις γίνονται τοξικά προκαλώντας διάφορες βλάβες. Στον ανθρώπινο οργανισμό η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καρκίνων.

Οι ποσότητες βαρέων μετάλλων που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα κυρίως βιομηχανικών μονάδων αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το περιβάλλον. Η μη επεξεργασία των υγρών αυτών αποβλήτων οδηγεί στην απελευθέρωση στη φύση μεγάλων ποσοτήτων των στοιχείων αυτών. Αλλά και όταν υπάρχει επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αυτό δε σημαίνει κατά ανάγκη ότι το πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί. Στην περίπτωση αυτή που τα υγρά απόβλητα συνεχίζουν και παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική συγκέντρωση μετάλλων ο κίνδυνος συσσώρευσης των μετάλλων αυτών είναι ουσιαστικός.

1.2.1 Ποια είναι τα βαρέα μέταλλα

Τα σπουδαιότερα βαρέα μέταλλα τα οποία και αποτελούν συγκεντρωτικούς δείκτες ρύπανσης είναι τα ακόλουθα:

- *Χαλκός(Cu)*
- *Κάδμιο(Cd)*
- *Χρώμιο(Cr)*
- *Νικέλιο(Ni)*
- *Μόλυβδος (Pb)*
- *Ψευδάργυρος(Zn)*
- *Υδράργυρος(Hg)*
- *Αρσενικό(As)*
- *Άργυρος(A)*

Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας 1.2 στον οποίο καταγράφονται ο ατομικός αριθμός και το ατομικό βάρος του κάθε στοιχείου:

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	A.A	A.B
χαλκός	Cu	29	63,546
κάδμιο	Cd	48	112,4
χρώμιο	Cr	24	51,996
νικέλιο	Ni	28	58,71
μόλυβδος	Pb	82	207,19
ψευδάργυρος	Zn	30	65,37
υδράργυρος	Hg	80	200,59
αρσενικό	As	33	74,922
άργυρος	Ag	47	107,868

Πίνακας 1.2: Ατομικός αριθμός και ατομικό βάρος βαρέων μετάλλων

Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά συστατικά του φλοιού της γης. Δεν μπορούν να υποβιβαστούν ή να καταστραφούν. Σε ένα μικρό βαθμό περνούν στον οργανισμό μέσω του νερού αλλά και μέσω του αέρα.

Τυπικά τα βαρέα μέταλλα στα εδάφη και στα στερεά απόβλητα είναι σχετικά “ακίνητα” κάτω από συνθήκες που :

- Παρουσιάζονται ως φυσικά μέταλλα
- Βρίσκονται σε μεγάλα μόρια όπως στις σκωρείες των μεταλλευμάτων και στα θρυμματισμένα πέτρινα ερείπια των ορυχείων.
- Βρίσκονται σε χαμηλές διαλυτικές φάσεις όπως τα σουλφίδια, τους άνθρακες και άλλα.
- Σε απορροφημένα από τον άργιλο ορυκτά, σε ακίνητη οργανική ύλη ή σε στρώματα υδατικών οξειδίων του Fe και του Mn.

1.2.2 Βαρέα μέταλλα : Σοβαρή απειλή για την υγεία μας

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν σοβαρή απειλή για την υγεία μας. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα βαρέων μετάλλων που παράγεται σε ένα και μόνο χρόνο(κυρίως από την βιομηχανία και από την καύση βενζίνης με μόλυβδο) είναι τόσο μεγάλη, που αναλογούν περίπου 225 κιλά βαρέων μετάλλων σε κάθε κάτοικο του πλανήτη. Φυσικά οι τοξικότεροι αυτοί ρύποι καταλήγουν στο έδαφος, στα ύδατα και στην ατμόσφαιρα και σε μεγαλύτερο ή και σε μικρότερο βαθμό στους πνεύμονες, στο πιάτο και στο ποτήρι μας.

Αλλά και σε “οικογενειακό” επίπεδο τα βαρέα μέταλλα δεν απουσιάζουν. Μπορούμε να βρούμε το μόλυβδο π.χ σε εντομοκτόνα σπρέι ή και σε μεταλλικά και πήλινα σκεύη. Επίσης μπορούμε να συναντήσουμε τον υδράργυρο σε ψάρια που προέρχονται από μολυσμένα ύδατα και σε σφραγίσματα δοντιών(αποτελεί αντικείμενο διχογνωμίας το αν με τη διάβρωση κραμάτων ελευθερώνονται ιόντα υδραργύρου).

Τα παραπάνω τοξικά μέταλλα δρουν συσσωρευτικά κυρίως στον εγκέφαλο και στα νεφρά τείνοντας να προκαλέσουν προβλήματα ορισμένες φορές πολύ σοβαρά.

Εκτός όμως από τις τοξικές επιδράσεις, μερικά βαρέα μέταλλα όπως το χρώμιο μπορούν να έχουν και πιθανές καρκινογενείς επιδράσεις.

Τα βαρέα μέταλλα ως υπολείμματα των στοιχείων είναι απαραίτητα στο να διατηρούν τον μεταβολισμό του ανθρώπινου σώματος. Όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε δηλητηρίαση. Η δηλητηρίαση μπορεί να προέλθει π.χ από την μόλυνση του πόσιμου νερού(σωλήνες, υψηλές συγκεντρώσεις αέρα από πηγές εκπομπής δηλητηριωδών αερίων, βλαβερά τρόφιμα και από την όξινη βροχή).

1.2.3 Περιγραφή βαρέων μετάλλων

A) *Υδράργυρος(Hg)* : Ο υδράργυρος είναι το μόνο κοινό μέταλλο το οποίο είναι υγρό σε κανονική θερμοκρασία. Σπάνια βρίσκεται ελεύθερο στη φύση. Είναι βαρύ αργυρόλευκο μεταλλικό υγρό. Αναμιγνύεται αρκετά εύκολα με πολλά μέταλλα όπως χρυσό, ασήμι και κασσίτερο.

Ο μεταλλικός Hg χρησιμοποιείται κυρίως στα θερμόμετρα και τα βαρόμετρα αλλά και σε λάμπες φωτισμού. Σε όλες τις συσκευές είναι παγιδευμένος και δεν μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας. Προκαλεί όμως βλαβερές επιδράσεις όταν σπάσει κάποιο όργανο και εξατμιστεί ο Hg.

Δε βρίσκεται εύκολα στα τρόφιμα και μεταφέρεται μέσω τροφικής αλυσίδας.

Ο Hg εισχωρεί στο περιβάλλον από τη διακίνηση των ορυκτών σε πέτρες και χώμα μέσω της έκθεσης τους στον αέρα και στο νερό. Σε αυτό συμβάλλει και ο ανθρώπινος παράγοντας μέσω εργασιών στα ορυχεία με το λιώσιμο των μετάλλων αλλά και την καύση στερεών απορριμμάτων.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι ο Hg προκαλεί καταστροφή του DNA και χρωμοσωματική αλλαγή

B) *Χρώμιο(Cr)* : Οι άνθρωποι μπορεί να έρθουν σε επαφή με το Cr αναπνέοντας, τρώγοντας ή πίνοντας ή ερχόμενοι σε επαφή με το ίδιο το χρώμιο ή και μείγματα του. Στον αέρα και το νερό τα επίπεδα του Cr είναι σχετικά χαμηλά. Το Cr είναι θρεπτικό για τους ανθρώπους και βρίσκεται κυρίως σε πολλά φρούτα και λαχανικά. Έλλειψη του ίσως προκαλέσει καρδιακά προβλήματα.

Το Cr εξαπλώνεται κυρίως από τον ανθρώπινο παράγοντα και πιο συγκεκριμένα από τις βιομηχανίες που παράγουν ατσάλι, δέρμα αλλά και υφάσματα. Αυτές οι εφαρμογές αυξάνουν τη συγκέντρωση του Cr στο νερό. Μέσω της καύσης του κάρβουνου καταλήγει στον αέρα και μέσω των απορριμμάτων στο έδαφος. Από το έδαφος το Cr εισχωρεί και στα υπόγεια νερά, όπου απορροφάται και γίνεται ακίνητο.

Γ) **Αρσενικό(As)**: Το Αρσενικό είναι ένα από τα πιο τοξικά στοιχεία που είναι ανιχνεύσιμα. Παρά την τοξική του επίδραση, τα ανόργανα αρσενικά ομόλογα βρίσκονται στη γη σε μικρές ποσότητες. Οι άνθρωποι εκτίθενται στο As μέσω τροφίμων, αέρα και νερού. Η έκθεση μπορεί να συμβεί ακόμα και όταν το δέρμα έρθει σε επαφή με το έδαφος ή το νερό που περιέχει αρσενικό. Θα μπορούσε να αναφερθεί εδώ ότι η έκθεση σε αρσενικό είναι υψηλότερη σε ανθρώπους που δουλεύουν με αυτό παρά σε ανθρώπους που δεν δουλεύουν.

Το As μπορεί να βρεθεί στο έδαφος και στα ορυκτά και μπορεί να περάσει στον αέρα και στο νερό. Το γεγονός ότι το αρσενικό είναι κινητό συστατικό σημαίνει ότι μεγάλες συγκεντρώσεις πιθανόν να μην εμφανίζονται σε ένα μόνο τόπο. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί θετικό στοιχείο, όμως υπάρχει και το αρνητικό που είναι η μόλυνση η οποία όταν προκύπτει από το αρσενικό εξαπλώνεται πολύ εύκολα.

Το As εκπέμπεται κυρίως από τις βιομηχανίες που παράγουν χαλκό, μόλυβδο και ψευδάργυρο καθώς και από τη γεωργία.

Δ) **Κάδμιο(Cd)**: Το Κάδμιο είναι τοξικό και βιοσυσσωρεύεται στο περιβάλλον. Στα απορρίμματα το κάδμιο παρουσιάζεται σχεδόν πάντα ως μείγμα σε οξειδωτικό στάδιο παρά ως φυσικό μέταλλο. Σαν σκόνη τα μείγματα του καδμίου είναι τοξικά με την αναπνοή αλλιώς η τοξικότητα των μειγμάτων του καδμίου εξαρτάται παραπάνω από τη διαλυτότητα τους. Το χλωρίδιο, το θειικό άλας είναι διαλυτά και πολύ τοξικά ενώ ο άνθρακας, το σουλφίδιο και το υδροξείδιο είναι λιγότερο τοξικά και διαλυτά.

Το περισσότερο κάδμιο περιέχεται στα απορρίμματα ως υποπροϊόν από τη διαδικασία εξευγενισμού άλλων μετάλλων όπως ο ψευδάργυρος. Άλλες πηγές καδμίου είναι τα απορρίμματα ορισμένων βιομηχανιών όπως τις βαφές, τα πλαστικά και τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες. Στο περιβάλλον η συμπεριφορά του καδμίου εξαρτάται πολύ από το pH και από ανοξειδωτες καταστάσεις. Σε ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη και σε οξειδωτικές συνθήκες το μέταλλο τείνει να είναι διαλυτό.

Ε) **Μόλυβδος (Pb)**: Τα μείγματα του μολύβδου είναι έντονα και χρόνια δηλητήρια και οι κυριότερες τοξικές συγκεντρώσεις είναι στο νευρικό σύστημα, στο αίμα και στα νεφρά. Στο περιβάλλον ο Pb συναντάται συχνότερα σε ανόργανα άλατα και οργανικά μείγματα. Η τοξικότητα του εξαρτάται από τη διαλυτότητα, αλλά ακόμη και μικρή διαλυτότητα μπορεί να είναι δηλητηριώδη.

Επίσης μερικά μείγματα του μολύβδου τα οποία έχουν μικρή διαλυτότητα στο νερό μπορούν να απορροφηθούν.

Η κύρια πηγή μόλυνσης του Pb είναι τα ορυχεία και το λιώσιμο των μετάλλων.

ΣΤ) **Ψευδάργυρος(Zn)**: Ο Zn αντιδρά με αργιλικά ορυκτά, με οργανικές ύλες και με μεταλλικά οξείδια. Σε όλες τις περιπτώσεις και τα δύο αυτά είδη είναι διαλύματα και η αντίδραση με τη στερεά ύλη είναι σημαντική στον καθορισμό της ποσότητας του Zn. Ο ψευδάργυρος μπορεί να προστεθεί στο έδαφος με τη μορφή λιπάσματος είτε σκόπιμα είτε άσκοπα ή ακόμη και σαν συστατικό από τα βρώμικα νερά ή σαν μέρος μιας φυσιολογικής ανακύκλωσης όπως η αποσύνθεση των φυτών και των ζώων. Τα φυτά ωριμάζουν καλύτερα σε εδάφη που περιέχουν Zn σε αντίθεση με τα φυτά που μεγαλώνουν σε εδάφη με έλλειψη Zn.

Ζ) **Χαλκός(Cu)**: Ο Χαλκός είναι σημαντικό στοιχείο για την ανθρώπινη ζωή αλλά σε μεγάλες δόσεις μπορεί να προκαλέσει αναιμία, καταστροφή στο συκώτι και στα νεφρά καθώς επίσης και ερεθισμό στο στομάχι και στα έντερα.

Ο χαλκός εμφανίζεται στο πόσιμο νερό λόγω των χάλκινων σωλήνων.

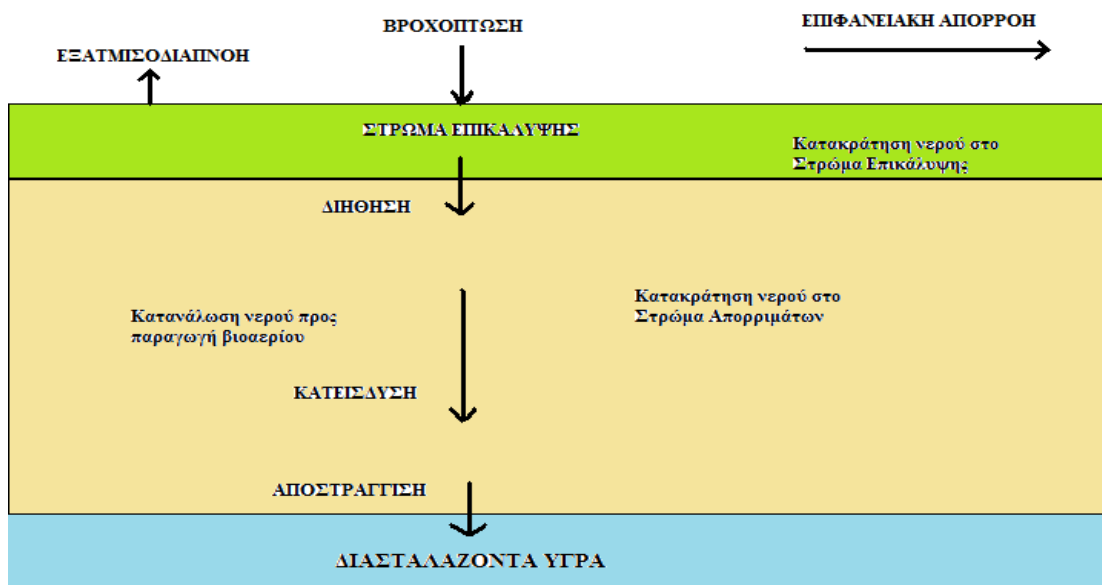
1.3 Διασταλάζοντα υγρά

1.3.1 Ορισμός

Ως διασταλάζοντα υγρά (landfill leachate) αναφέρονται όλα εκείνα τα υγρά που συλλέγονται στον πυθμένα μιας χωματελής και είναι αποτέλεσμα της εισόδου βρόχινου νερού στη χωματερή, του νερού που αρχικά υπήρχε στα απορρίμματα ως υγρασία και εδαφικού νερού που μπορεί να έχει εισβάλλει στη χωματερή (Εικόνα 1.1). Τα διασταλάζοντα υγρά περιέχουν μεγάλη ποικιλία χημικών ενώσεων που προέρχονται από τη διάλυση στο νερό κάποιων από τα χημικά που υπήρχαν στα απορρίμματα αλλά και προϊόντα των διαφόρων χημικών και βιοχημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στη χωματερή.

Το ποσό των διασταλαζόντων υγρών που παράγεται είναι άμεσα συνδεδεμένο με το ποσοστό της βροχοπτώσης στο έδαφος (σχήμα 1.4). Το ποσό των υγρών απορριμμάτων στη χωματερή επηρεάζει την ποσότητα της παραγωγής των διασταλαζόντων υγρών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του εδάφους από τα διασταλάζοντα υγρά είναι οι εξής:

- Ο τύπος αποβλήτων που είναι στο έδαφος
- Οι συνθήκες που επικρατούν στο έδαφος όπως το pH, η θερμοκρασία η υγρασία, το κλίμα και άλλα
- Τα χαρακτηριστικά του βρόχινου νερού(π.χ όξινη βροχή).



Σχήμα 1.4 : Μηχανισμός παρασκευής διασταλάζοντων υγρών



Εικόνα.1.1 : Διασταλάζοντα υγρά

Η λήψη δειγμάτων από διασταλάζοντα υγρά για την πραγμάτωση του πειράματος με τα οποία ασχοληθήκαμε έγινε στη χωματερή του Φόδελε για την οποία θα αναφερθούμε παρακάτω αναλυτικά.

Η χωματερή αυτή όμως είναι απλής εναπόθεσης απορριμμάτων και όχι υγειονομικής ταφής, γι' αυτό το λόγο δεν θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε τις διάφορες φάσεις αποδόμησης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Οι φάσεις όμως έχουν παρατηρηθεί σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α) και έτσι μπορούμε να περιγράψουμε τις φάσεις βιοαποδόμησης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων και την αλληλεπίδραση τους με τα διασταλάζοντα υγρά.

1.3.2 Φάσεις βιοαποδόμησης του οργανικού κλάσματος

Στάδιο Α –Φάση προσαρμογής:

Σε αυτή τη φάση το βιοαποδομήσιμο υλικό θα υποστεί την επίδραση των μικροοργανισμών που προέρχονται κυρίως από το χώμα που χρησιμοποιείται για κάλυψη στις χωματερές. Η αποδόμηση αυτή γίνεται υπό αερόβιες συνθήκες και συνέπεια της αποδόμησης αυτής είναι η αύξηση της θερμοκρασίας που μπορεί να φτάσει τους 70°C.

Οι επιδράσεις στα διασταλάζοντα υγρά είναι οι εξής:

- αυξημένη οξύτητα λόγω του σχηματισμού οξέων από την απορρόφηση του παραγόμενου CO₂.
- Πτώση της τιμής του pH από ουδέτερες τιμές σε ελαφρά όξινες
- Αύξηση της τιμής του COD από μηδενικές τιμές σε ελάχιστα πιο υψηλές.
- Ελαφριά αύξηση της ποσότητας των πτητικών λιπαρών οξέων

Στάδιο Β-Ενδιάμεση φάση

Σε αυτή τη φάση η ποσότητα του οξυγόνου μειώνεται δραματικά. Αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες με αποτέλεσμα να επικρατούν αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Τα διασταλάζοντα υγρά αποκτούν τα παρακάτω χημικά χαρακτηριστικά:

- Το pH παίρνει τιμές γύρω στο 5.
- Οι τιμές του COD αυξάνονται περισσότερο
- Αυξάνεται η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων
- Εμφάνιση κάποιων βαρέων μετάλλων

Στάδιο Γ-Οξίνη φάση

Η μικροβιακή διαδικασία που ξεκίνησε από την προηγούμενη φάση γίνεται εντονότερη και παράγονται σημαντικές ποσότητες οργανικών οξέων. Τα οξέα αυτά μαζί με την υψηλή συγκέντρωση CO₂ μειώνουν ακόμη περισσότερο το pH με αποτέλεσμα την εκχύλιση από τα απορρίμματα βαρέων μετάλλων και μεγάλης

ποσότητας θρεπτικών στοιχείων. Τα χημικά χαρακτηριστικά των διασταλαζόντων υγρών είναι τα παρακάτω:

- Το pH παίρνει τιμές γύρω στο 4
- Το COD αυξάνεται περισσότερο και παίρνει τη μέγιστη τιμή του.
- Τα πτητικά λιπαρά οξέα παίρνουν και αυτά τη μέγιστη τιμή τους.
- Αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων και άλλων θρεπτικών στοιχείων

Στάδιο Δ-Φάση μεθανογένεσης

Στο στάδιο αυτό επικρατούν μεθανογενείς μικροοργανισμοί οι οποίοι διασπούν τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο και CO₂. Η διάσπαση των οξέων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του pH των διασταλαζόντων. Χημικά χαρακτηριστικά των διασταλαζόντων είναι τα παρακάτω:

- Το pH αυξάνεται σε ουδέτερες τιμές
- Μειώνεται η τιμή του COD
- Μειώνεται η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων
- Μείωση της συγκέντρωσης των μετάλλων και άλλων θρεπτικών στοιχείων

Στάδιο Ε-Φάση ωρίμανσης

Η φάση αυτή ξεκινάει με την αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων και την μετατροπή όλων των προϊόντων της σε μεθάνιο και CO₂. Επανεμφανίζεται το οξυγόνο και αερόβιοι μικροοργανισμοί. Τα διασταλάζοντα υγρά σε αυτή τη φάση έχουν ουδέτερες τιμές του pH και σημαντικές ποσότητες χουμικών και φουλβικών οξέων των οποίων βιολογικά η διαχείριση τους είναι δύσκολη.

1.3.3 Μετρήσιμα μεγέθη

Μια μικρή περιγραφή για το κάθε στοιχείο στο οποίο θα γίνουν αναλύσεις:

- **pH**

Είναι γνωστό βάσει βιβλιογραφίας ότι με το pH εκφράζουμε τη συγκέντρωση ιόντων H^+ και OH^- . Το pH επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το Composting θεωρείται της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού, πριν από την έναρξη εφαρμογής του Composting, αφού με την έναρξη της χώνευσης του υλικού το pH ανεβαίνει στην επιθυμητή αλκαλική περιοχή, κυρίως λόγω της απελευθέρωσης αμμωνίας.

- **Ηλεκτρική Αγωγιμότητα(E.C)**

Με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμά μας. Υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν αποτελεί μειονέκτημα στην διαδικασία κομποστοποίησης αλλά απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων.

- **Ολικά αιωρούμενα σωματίδια(TSS)**

Η πιο σημαντική φυσική παράμετρος των υγρών αποβλήτων είναι η συγκέντρωση των ολικών στερεών σωματιδίων που συνίσταται από αιωρούμενη, καθιζούμενη, κολλοειδή και διαλυμένη μάζα. Ως ολικά στερεά σωματίδια των υγρών αποβλήτων ορίζεται όλη εκείνη η μάζα που παραμένει ως στερεό υπόλειμμα, όταν ένα δείγμα υγρών αποβλήτων υποστεί εξάτμιση στους 105°C. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη κατηγορία των στερεών στη διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι αυτή των ολικών αιωρούμενων στερεών ή total suspend solids ή εν συντομία TSS.

- **COD(Chemical Oxygen Demand,Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο)**

Με το COD υπολογίζουμε τη συγκέντρωση της οργανικής ουσίας μετρώντας την ισότιμη ποσότητα οξυγόνου με αυτή της οργανικής ουσίας που οξειδώνεται με τη χρήση ενός ισχυρού χημικού μέσου. Συνήθως η τιμή του είναι μεγαλύτερη από την τιμή του BOD μια και περισσότερα οργανικά μόρια οξειδώνονται χημικά παρά βιολογικά.

- **Ολικά και Θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια(Total and Fecal Coliforms)**

Ο προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου υγρών αστικών αποβλήτων γίνεται μέσω της μέτρησης συγκεκριμένων βακτηρίων, τα οποία βρίσκονται στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων και στα κόπρανα και έχουν χαρακτηριστεί από τις υγειονομικές υπηρεσίες σαν **μικροβιακοί δείκτες** σε σχέση με την ποιότητα του νερού. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι μικροβιακοί δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτηρίδια, τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια, το βακτήριο *Escherichia coli* (*E.coli*), οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι και οι κοπρανώδεις εντερόκοκκοι. Τα προαναφερθέντα βακτήρια χρησιμοποιούνται σαν μικροβιακοί δείκτες λόγω μιας πιθανής συνύπαρξης τους στο πεπτικό σύστημα και στα κόπρανα με παθογόνους μικροοργανισμούς (βακτήρια, ιούς και πρωτόζωα) στα εξεταζόμενα δείγματα νερού.

1.4 Ενδημικά φυτά

1.4.1 Ορισμός

Ως ενδημικό χαρακτηρίζεται το φυτικό είδος που αναπτύσσεται σε μια ορισμένη περιοχή και έχει περιορισμένη γεωγραφική εξάπλωση. Η εξάπλωση ορισμένων ενδημικών ειδών μπορεί να καλύπτει μια ιδιαίτερα μεγάλη περιοχή, όπως π.χ το κακαόδενδρό *Theobroma cacao* που απαντά σε όλη την λεκάνη του Αμαζονίου. Άλλα είδη περιορίζονται σε πολύ μικρότερη περιοχή, ακόμη και μερικών τετραγωνικών χιλιομέτρων, και τείνουν να είναι πολύ εξειδικευμένα. Έτσι, το είδος *Darcycarpus viellardii* απαντά μόνο στην Νέα Καληδονία.

Ορισμένα ενδημικά είδη κατά το παρελθόν είχαν πολύ ευρύτερη γεωγραφική εξάπλωση, αλλά περιορίστηκαν σε μια ορισμένη περιοχή. Οι μικροί αυτοί πληθυσμοί παρουσιάζουν συνήθως περιορισμένη γενετική ποικιλομορφία, κάτι που καθιστά τα είδη αυτά τρωτά σε μεγάλες περιβαλλοντολογικές μεταβολές. Το *Lyonothamnus floribundus*, π. χ, το οποίο σήμερα απαντά μόνο στα νησιά των ακτών της Καλιφόρνιας. Κατά το Τριτογενές απαντούσε σε ολόκληρη την Καλιφόρνια. Άλλα (νεοενδημικά) αντιπροσωπεύουν νεοσχηματισμένα είδη τα οποία δεν έχουν ακόμα εξαπλωθεί πολύ.

Ο ενδημισμός μελετάται με βάση την επί τοις εκατό αναλογία του, δηλαδή την επί τοις εκατό της συνολικής χλωρίδας που είναι ενδημική, και την ποιότητα του, δηλαδή τον αριθμό των μεγάλων ταξινομικών μονάδων που είναι ενδημικές. Μια χλωρίδα που περιλαμβάνει πολλές ενδημικές οικογένειες παρουσιάζει ενδημισμό υψηλότερης ποιότητας από τη χλωρίδα που περιλαμβάνει πολλά ενδημικά είδη που ανήκουν στην ίδια οικογένεια.

Ο ενδημισμός υψηλού εκατοστιαίου ποσοστού και ποιότητας σχετίζεται με τις απομονωμένες περιοχές, όπως είναι τα ωκεάνια νησιά και οι κορυφές των βουνών. Περιοχές με μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά τους περιβαλλοντικούς παράγοντες δημιουργούν τα περισσότερα ενδημικά είδη. Στις περιπτώσεις αυτές η φυσική επιλογή επιφέρει τον διαχωρισμό, αλλά οι νέοι τύποι δεν μπορούν να διασκορπιστούν σε νέες περιοχές.

Είδη που απαντούν σε δύο ή περισσότερες απομακρυσμένες μεταξύ τους περιοχές λεγεται ότι έχουν ασυνεχή κατανομή, έτσι π.χ. οι μαγνόλιες απαντούν στη Νοτιανατολική Ασία, στην Ανατολική Βόρεια Αμερική και στην Κεντρική Αμερική, αλλά πουθενά μεταξύ των περιοχών αυτών.

1.4.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Nicotiana glauca

Το φυτό *Nicotiana glauca* ανήκει στην ομάδα των δικοτυληδόνων και στην οικογένεια Solanaceae. Είναι αυτοφυές στη Βολιβία, στην Αργεντινή, Ν. Αμερική και στις Μεσογειακές χώρες. Το *Nicotiana glauca* (Εικόνα 1.2) είναι ένας βραχύβιος θάμνος ή ένα μικρό δέντρο που συχνά φτάνει τα 7,5 m στη φύση. Είναι χαρακτηριστική η εμφάνιση του εξαιτίας των μεγάλων ωοειδών γαλάζο-πράσινων φύλλων του. Αυτά είναι παχιά, ελαστικά, απλά, λεία, γλαυκά με διακεκριμένες νευρώσεις και εναλλάσσονται γύρω από τον κορμό με μακρύ μίσχο, έχουν μήκος περίπου 17,5 cm και πλάτος 15 cm. Η ταξιανθία είναι φόβυς με κίτρινα σωληνοειδή άνθη, με πέντε πέταλα, τα οποία αναπτύσσονται στο τέλος της διακλάδωσης χωρίς φύλλα. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, άοσμα και έχουν μήκος $1\frac{3}{4}$ ίντσες και πλάτος $\frac{1}{2}$ ίντσες. Οι αγωγοί των ανθέων έχουν πέντε λοβούς και κλείνουν κατά τη διάρκεια του απογεύματος. Αυτά ακολουθούνται από μια ωοειδή σποριόκαψα που περιέχει πολυάριθμους καφέ σπόρους. Το φυτό μπορεί να ανθίζει όλο το χρόνο σε θερμά κλίματα, αλλά συνήθως ανθίζει Αύγουστο έως Οκτώβριο.



Εικόνα 1.2: Το φυτό *Nicotiana glauca*

Το φυτό είναι καλλιεργούμενο και απαιτεί πλήρη ηλιοφάνεια ή ημισκιά. Στη σκιά δε μεγαλώνει. Επίσης μπορεί να αναπτυχθεί σε αμμώδη ή αργιλώδη, υγρά και καλά στραγγιζόμενα, όξινα, ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη. Γενικά δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις. Ένα κατάλληλο κόμποστ καλλιέργειας του συνιστάται από δύο μέρη πηλού, δύο μέρη τύρφης peat moss και 1 μέρος άμμου. Λιπαίνεται μηνιαία με ισορροπημένο λίπασμα. Για τη βέλτιστη ανάπτυξη του φυτού τοποθετείται σε υγρό μέρος. Το φυτό είναι ταχείας ανάπτυξης. Το κλάδεμα προάγει την ανάπτυξη περισσότερων βραχιόνων και περισσότερων ανθέων. Κατά το κλάδεμα δεν πρέπει να απομακρύνουμε τα μαραμμένα άνθη έτσι ώστε το φυτό να μπορεί να παράγει σπόρους. Το φυτό μπορεί να γίνει ζιζάνιο αν το τοποθετήσουμε σε θερμοκήπιο. Πολλαπλασιάζεται με τμήματα φυτού ή με σπόρους. Οι εχθροί του είναι πουλιά και έντομα κυρίως της τάξης Lepidoptera.

Το *Nicotiana glauca* χρησιμοποιείται κυρίως σε δημόσιους χώρους, πάρκα και δρόμους. Το φυτό έχει φαρμακευτική χρήση, αλλά επειδή όλα τα μέρη του είναι εξαιρετικά δηλητηριώδη, πρέπει να χρησιμοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή. Το *Nicotiana glauca*, ενώ σχετίζεται με το *Nicotiana tabacum*, δεν περιέχει νικοτίνη. Έχει χρησιμοποιηθεί σε πειράματα φυτοεξυγίανσης ως υπερσυσσωρευτής εξαιτίας της γρήγορης ανάπτυξής του, της μεγάλης βιομάζας του και της προσαρμοστικότητάς του στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά ιδιαίτερα στις περιπτώσεις του Pb, Cd και Zn αφού μπόρεσε να αναπτυχθεί πολύ καλά χωρίς να αλλοιωθούν ιδιαίτερα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του και να συγκεντρώσει πάνω από 10000 ppm βαρέου μετάλλου. Τέτοιου είδους πειράματα έχουν γίνει σε Ευρώπη, Αυστραλία και Αμερική, όπου το *Nicotiana glauca* βρέθηκε φυτό κατάλληλο για φυτοεξυγίανση.

Alyssum baldacci

Το γένος *Alyssum* ανήκει στην τάξη Capparales της οικογένειας Cruciferae και περιλαμβάνει 170 περίπου είδη, από τα οποία τα 60 συναντώνται στην Ευρώπη. Στην Κρήτη και γενικότερα στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί πολλά είδη *Alyssum*, αρκετά από τα οποία είναι ενδημικά. Για παράδειγμα το *Alyssum handelii* είναι ενδημικό του Ολύμπου ή το *Alyssum samium* το οποίο φύεται μόνο στην Κέρκη. Μεταξύ των

ενδημικών φυτικών ειδών της ελληνικής χλωρίδας περιλαμβάνεται και το *Alyssum baldacii*. Το αρχικό του όνομα ήταν *Alyssum fallacinum*, το οποίο αργότερα μετονομάστηκε σε *Alyssum baldacii*.

Το γένος *Alyssum* περιλαμβάνει διετείς και πολυετείς πόες με πράσινο φύλλωμα. Τα περισσότερα είδη του έχουν εύοσμα άνθη, μικρά, διαφόρων χρωμάτων και ανθίζουν όλο το καλοκαίρι. Σε ήπια κλίματα το φυτό ανθίζει όλο το χρόνο. Το *Alyssum baldacii* (Εικόνα 1.3) είναι πολυετές φυτό 20-50 εκ. με μακριά μη ανθίζοντα στελέχη. Τα φύλλα του έχουν μέγεθος 15-25*2-2,5 mm, είναι αντιλογχοειδή, αμβλεία, η πάνω επιφάνεια των οποίων είναι πράσινη και η κάτω λευκή. Τα φύλλα της βάσης είναι μικρότερα, με πέταλα 2,5 – 3 mm και νήματα στημόνων με πολύ-οδοντωτό εξάρτημα. Το κεράτιο έχει μέγεθος 4 - 4,5 * 2,5- 3,3 mm πλατύ ελλειπτικό (σε αντωειδές) με αμβλύ άκρο ή μερικές φορές με ακρόκοιλο άκρο. Το διάφραγμα είναι συχνά ασύμμετρο στο περίγραμμα, τα καρπόφυλλα ασύμμετρα φουσκωτά και σπάνια τριχωτά (τριχίδια με περίπου 15 ακτίνες, η παρουσία και το σχήμα των οποίων είναι κριτήριο για τη διάκριση ορισμένων ειδών). Ο στύλος έχει μέγεθος 1-1,5 mm, τα σπέρματα 1,5 -2 mm και το πτερύγιο έχει πλάτος περίπου 0,2 mm.



Εικόνα 1.3: Το φυτό *Alyssum baldacii*

Το φυτό *Alyssum* αναπτύσσεται σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη, σε προσήλιες θέσεις με μέτριες απαιτήσεις σε νερό. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και διαίρεση. Όσον αφορά το σπόρο καλό είναι να μην καλύπτεται, αλλά να πιέζεται ελάχιστα στην μέσα επιφάνεια, εφόσον χρειάζεται φως για να βλαστήσει. Είναι φυτό κατάλληλο για παρτέρια ή βραχόκηπους. Κυριότερος εχθρός του είναι η μέλισσα.

Γενικά, πολλά είδη του *Alyssum* έχουν χρησιμοποιηθεί σε έρευνες και πειράματα φυτοεξυγίανσης εδαφών με βαρέα μέταλλα, όπως νικέλιο (Ni) και κοβάλτιο (Co). Τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, αφού τα φυτά μπόρεσαν όχι μόνο να αναπτυχθούν κανονικά σε εδάφη πλούσια σε νικέλιο αλλά και να συγκεντρώσουν μεγάλες ποσότητες νικελίου (1000mg Ni/kg ξηρού βάρους).

Amaranthus spp

Το γένος *Amaranthus* ανήκει στην οικογένεια *Amaranthaceae* και περιλαμβάνει περισσότερα από 50 είδη. Στην Ελλάδα έχουν βρεθεί τα παρακάτω είδη:

Amaranthus albus Άσπρο βλήτο

A. Blitoides Πλαγιαστό βλήτο

A. Deflexus Πολυετές βλήτο

A. Hybridus Καλλιεργούμενο βλήτο

A. Retroflexus Τραχύ βλήτο

A. Viridis Λεπτό βλήτο



Εικόνα 1.4: Το φυτό *Amaranthus sp.*

Τα είδη ζιζανίων *Amaranthus* σπάνια υπάρχουν σε αμιγείς πληθυσμούς ενός είδους. Συνήθως σε έναν αγρό υπάρχουν πολλά είδη και μπορούν να διακριθούν καλά μόνο στο στάδιο των ωρίμων φυτών. Τα βλήτα αναπτύσσονται σε όλους τους τύπους εδαφών. Αρχίζουν να φυτρώνουν την άνοιξη και σε ποτιστικούς αγρούς συνεχίζουν την έξοδο σποροφύτων, ανάπτυξη φυτών και παραγωγή σπόρου μέχρι το φθινόπωρο. Ο σπόρος είναι το μέσο αναπαραγωγής, διασποράς και διαχείμασης του βλήτου. Το πολυετές βλήτο μπορεί να πολλαπλασιασθεί και με ρίζες. Το ύψος των φυτών μπορεί να φθάσει το 1,5 μέτρο.

Nicotiana tabacum

Το φυτό *Nicotiana glauca* (Εικόνα 1.5) ανήκει στην ομάδα των δικοτυλήδων και στην οικογένεια Solanaceae. Ιθαγενές της Νότιας Αμερικής, του Μεξικού και των Δυτικών Ινδιών. Είναι μονοετές, ποώδες φυτό με όρθιο παχύ βλαστό, ύψους ενός έως δύο μέτρων. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, σωληνώμορφα, λευκά, κίτρινα, ρόζ ή κόκκινα και διατάσσονται σε επάκριες ταξιανθίες. Κάθε άνθος αποτελείται από πεντάλοβο κάλυκα, πεντάλοβη στεφάνη, 5 στήμονες και ωοθήκη από δύο ενωμένα καρπόφυλλα. Ο καρπός είναι κάψα και περιέχει 4 έως 8 χιλιάδες σπέρματα. Ο καρπός είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό, αλλά σταυρογονιμοποιείται εύκολα (με τη βοήθεια των εντόμων ή του ανέμου). Τα φύλλα διατάσσονται κατ' εναλλαγή. Μπορεί να είναι έμμισχα ή άμισχα, ποικίλου σχήματος και με μήκος που κυμαίνεται από 5 έως 90 εκατοστά.



Εικόνα 1.3: Το φυτό *Nicotiana tabacum*

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.1 Γενικά στοιχεία πειράματος

Το πείραμα έγινε στο αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης στο εργαστήριο διαχείρισης στερεών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων. Το αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης βρίσκεται περίπου 1,5 km μακριά από την μονάδα βιολογικού καθαρισμού του Ηρακλείου. Η διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου 6 μήνες, από 3/2005-9/2005. Σε αυτό το χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκαν: η εγκατάσταση του πειράματος, μετρήσεις των φυτών (ύψος, αριθμό φύλλων, ξηρό βάρος υπέργειου μέρους των φυτών, ξηρό βάρος υπόγειου μέρους των φυτών) και αναλύσεις στα διασταλάζοντα υγρά.

2.2 Παρασκευή υποστρώματος

Τα υλικά για την παρασκευή του υποστρώματος (μείγματος) μεταφέρθηκαν στο χώρο του υπόστεγου του εργαστηρίου και πριν την ανάμειξή τους επεξεργάστηκαν ως ακολούθως :

- Το έδαφος που συγκεντρώθηκε από ακαλλιέργητο σημείο του αγροκτήματος, κοσκινίστηκε με ηλεκτροκίνητο περιστρεφόμενο κόσκινο με οπές 1 cm για την απομάκρυνση χαλικιών και μεγάλων συσσωματωμάτων.
- Τα συσσωματώματα του κόμποστ θρυμματίστηκαν χειρωνακτικά

Μετά από τις παραπάνω εργασίες πραγματοποιήθηκε η παρασκευή του μείγματος (Εικόνα 2.1) στην αναλογία 1:3. Η μίξη των υλικών έγινε χειρωνακτικά.



Εικόνα 2.1: Το χώμα μετά το κοσκίνισμα

2.3 Διασταλάζοντα υγρά

Τα διασταλάζοντα υγρά (ΔΥ) που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος προέρχονταν από τη χωματερή της πόλης του Ηρακλείου. Τα ΔΥ μεταφερόταν από τη χωματερή στο χώρο του πειράματος μέσα σε πλαστικό ντεπόζιτο του ενός κυβικού μέτρου. Η συλλογή τους έγινε από τη χωματερή κατά τις ημερομηνίες 4/4/2005, 9/5/2005 και 6/6/2005.

2.4 Εγκατάσταση σπορείων

Σε πλαστικούς υποδοχείς σπορείων γεμίσαμε τις θέσεις σποράς με τύρφη εμπορίου και στη συνέχεια προσθέταμε προσεκτικά τους σπόρους μέσα στις θέσεις σποράς. Η τοποθέτηση έγινε σε τέτοιες αποστάσεις έτσι ώστε να μην ανταγωνίζονται μεταξύ τους και σε βάθος 1mm. Στη συνέχεια και αφού εγκαταστάθηκαν, ποτίστηκαν τα σπορεία με νερό μέχρι απορροής, την πρώτη φορά με τη χρήση εφημερίδων για να μην διαφύγουν οι σπόροι (Εικόνα 2.2). Ακολούθως και για τρεις μήνες συνεχίστηκαν τα ποτίσματα με τη ρίψη του νερού πάνω στην τύρφη. Τα ποτίσματα και σε συνάρτηση με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στο θερμοκήπιο ποτίζονταν ανά δύο ή τρεις μέρες. Στη διάρκεια των τριών αυτών μηνών τα φυτά άρχισαν να

βλαστώνουν καθώς επίσης αναπτύχθηκαν και ζιζάνια τα οποία και απομακρύνονταν μετά από κάθε πότισμα (Εικόνα 2.3).

Παρακάτω παρουσιάζονται σε φωτογραφίες πως ήταν τα σπορεία στην αρχή της εγκατάστασης και τη μορφή που πήραν αργότερα με τα συνεχή ποτίσματα.



Εικόνα 2.2: Σπορεία στην αρχή της εγκατάστασης με μια μικρή ανάπτυξη



Εικόνα 2.3: Σπορεία κατά την ανάπτυξη τους

2.5 Εγκατάσταση των ενδημικών φυτών

Για την εγκατάσταση του κυρίου πειράματος χρησιμοποιήσαμε τα εξής υλικά:

- ο 288 γλάστρες (192 των 6 l, 96 των 2,5 l)
- ο Το μείγμα του κοσκινισμένου χώματος με το κομπόστ.
- ο Τα φυτά των σπορείων

Διαλέξαμε τις 288 γλάστρες που χρειαζόμασταν από το υπόστεγο του εργαστηρίου, τις ξεπλύναμε και τις αφήσαμε να στεγνώσουν. Οι γλάστρες γεμίστηκαν με το μείγμα χώματος-κομπόστας και κατόπιν στα 2/3 των γλαστρών τοποθετήθηκε ένα φυτό από το σπορείο. Στη συνέχεια ακολούθησε πότισμα με σκέτο νερό και παρέμειναν για δύο εβδομάδες στο θερμοκήπιο έτσι ώστε να συνέλθουν από το μεταφωτρωτικό σοκ.

Στο υπόλοιπο 1/3 των γλαστρών δεν τοποθετήθηκαν φυτά, αλλά για 2 εβδομάδες ποτίζονταν με διασταλάζοντα υγρά και μετά έγινε η τοποθέτηση σε αυτές των φυτών. Ομοίως ακολούθησε πότισμα με σκέτο νερό και παρέμειναν για δύο εβδομάδες στο θερμοκήπιο έτσι ώστε να συνέλθουν από το μεταφωτρωτικό σοκ.

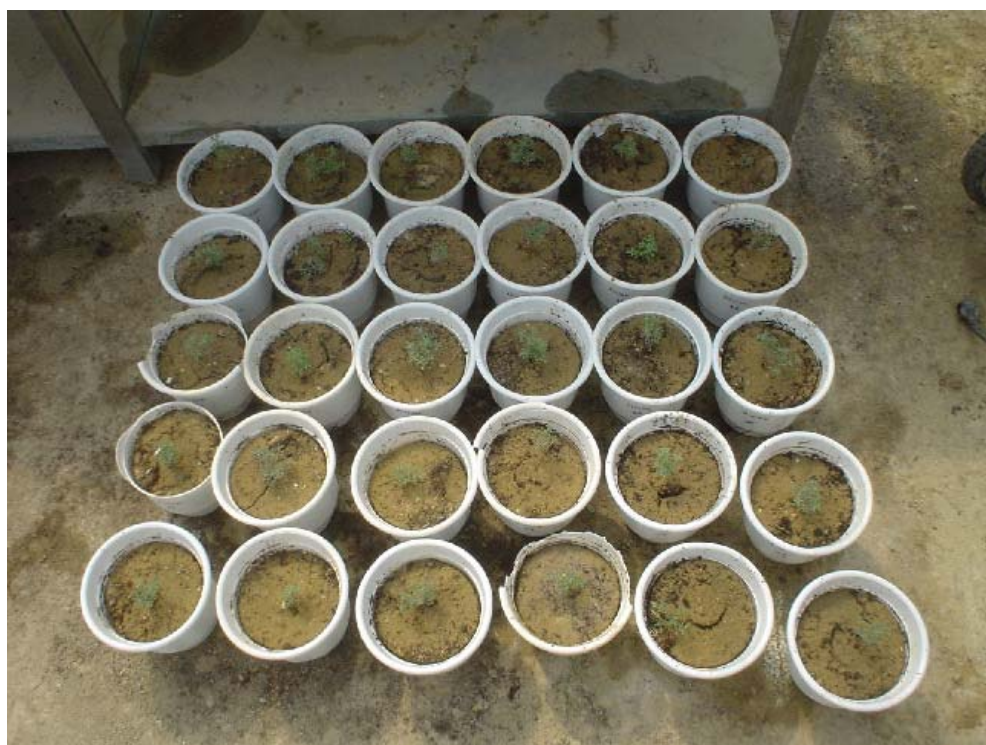
Μετά το πέρας των δύο εβδομάδων και αφού παρατηρήθηκε ανάπτυξη στις περισσότερες γλάστρες και εφόσον αντικαταστάθηκαν όσα φυτά δεν αναπτύχθηκαν όπως περιμέναμε ή όσα φυτά ξεράθηκαν, ακολούθησε μεταφορά των γλαστρών σε υπαίθριο χώρο, ακριβώς δίπλα από το θερμοκήπιο.



Εικόνα 2.4: Ανάπτυξη του φυτού *Nicotiana glauca* σε γλάστρες



Εικόνα 2.6: Ανάπτυξη του φυτού *Amaranthus sp.* σε γλάστρες



Εικόνα 2.7: Ανάπτυξη του φυτού *Allysium baldacci* σε γλάστρες



Εικόνα 2.8: Ανάπτυξη του φυτού *Nicotiana tabaccum* σε γλάστρες

Μετά τη μεταφορά των γλαστρών στην ύπαιθρο, ακολούθησε η ομαδοποίηση τους. Χωρίστηκαν σε επτά ομάδες ανάλογα με το αν το χώμα ήταν κορεσμένο ή ακόρεστο, το είδος του φυτού και πως ποτίζονταν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε απαρίθμηση του κάθε φυτού. Χρησιμοποιήθηκαν ταμπελάκια για το σκοπό αυτό. Σε κάθε γλάστρα αναγράφονταν το είδος του φυτού και η αναλογία στην οποία βρισκόταν καθώς και ο αριθμός γλάστρας.

2.6 Διαδικασία ποτίσματος

Μετά και την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής καθορίστηκαν οι ποσότητες με τις οποίες θα γινόταν το πότισμα με τα διασταλάζοντα υγρά που θα ακολουθούσε. Οι ποσότητες αυτές ήταν τέσσερις στα φυτά με το ακόρεστο χώμα και σε κάθε ομάδα ήταν(Εικόνα 2.9):

- 50%
- 25%
- Νερό με λίπασμα (Μάρτυρας λιπάσματος)
- Σκέτο νερό (Μάρτυρας)

Ενώ στα φυτά που βρίσκονταν στο κορεσμένο από διασταλάζοντα υγρά χώμα ήταν τρεις και συγκεκριμένα ήταν:

- 50%
- Νερό με λίπασμα (Μάρτυρας λιπάσματος)
- Σκέτο νερό (Μάρτυρας)

Με αυτά τα δεδομένα η κάθε ομάδα τοποθετήθηκε στο χώρο που της αναλογούσε στον υπαίθριο χώρο.



Εικόνα 2.9: Ομαδοποίηση και τοποθέτηση γλαστρών κατά θέση

Έτσι ακολούθησε και το πότισμα των γλαστρών με τα φυτά με διασταλάζοντα υγρά. Για το πότισμα χρησιμοποιήθηκαν γάντια, κανάτες των 1000 και 500 ml και τρεις με τέσσερις κουβάδες με τους οποίους προμηθευθήκαμε τα διασταλάζοντα υγρά. Η λήψη διασταλαζόντων γινόταν από ένα ντεπόζιτο στο οποίο υπήρχε αρκετά μεγάλη ποσότητα για να γίνει πιο εύκολη η διαδικασία. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και τρία μπετόνια όπου έγινε η ανάμιξη διασταλαζόντων με νερό βρύσης.

2.6.1 Πότισμα σε ακόρεστο σε ΔΥ υπόστρωμα

Για κάθε ομάδα φυτών σε ακόρεστο υπόστρωμα και την αναλογία που αντιστοιχούσε σε αυτήν ακολοθήσαμε την εξής διαδικασία ποτίσματος:

50%: Για το κάθε πότισμα παίρναμε δύο κουβάδες νερό και δύο κουβάδες διασταλάζοντα υγρά από το ντεπόζιτο (Εικόνα 2.13) και τα μεταφέραμε στο μπετόνι με την ένδειξη 50% που τοποθετήσαμε. Ακολουθούσε ανάμιξη του νερού βρύσης και των διασταλαζόντων και στη συνέχεια παίρνονταν κάθε φορά με τον κουβά η ποσότητα που χρειαζόταν για να ποτιστούν τα φυτά. Οι ποσότητες για τα ποτίσματα σε αυτή τη φάση ήταν με μεγάλη κανάτα ποσότητα 1000 ml για τις γλάστρες των 6 λίτρων και με μικρή κανάτα ποσότητα 500 ml για τις γλάστρες των 2,5 λίτρων.



Εικόνα 2.10: Τοποθέτηση γλαστρών

25%: Για το κάθε πότισμα παίρναμε ένα κουβά με διασταλάζοντα και τρεις κουβάδες με νερό ή μια κανάτα μεγάλη με διασταλάζοντα ,την οποία βάζαμε σε έναν κουβά και στη συνέχεια τον συμπληρώναμε με νερό. Στην πρώτη περίπτωση μεταφέρονταν οι ποσότητες νερού και διασταλαζόντων στο μπετόνι με την ένδειξη 25% όπου και αναμιγνύονταν. Ακολούθως παίρναμε την κατάλληλη ποσότητα με ένα κουβά και ακολουθούσε το πότισμα με τις ίδιες ποσότητες όπως και στο 50%.

Μάρτυρας με λίπασμα: Ζυγίζαμε με ζυγαριά ακριβείας 36gr λιπάσματος με αναλογία N-P-K 20-20-20 και τα αναμιγνύαμε με ενάμιση κουβά νερού(2 gr/l νερού). Παίρναμε στη συνέχεια το μείγμα στους κουβάδες και ποτίζαμε με τον ίδιο τρόπο όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Μάρτυρας: Για το πότισμα με μάρτυρα χρησιμοποιήσαμε σκέτο νερό βρύσης σε τρεις κουβάδες συνήθως, ανάλογα δηλαδή με πόση ποσότητα χρειαζόταν κάθε φορά. Το πότισμα γινόταν με τις ίδιες ποσότητες όπως και στις άλλες τρεις περιπτώσεις. Τα ποτίσματα πραγματοποιούνταν τρεις φορές την εβδομάδα.



Εικόνα 2.11: Τα μπετόνια από όπου γίνονταν η ανάμιξη και γίνονταν το πότισμα

2.6.2 Πότισμα σε κορεσμένο σε ΔΥ υπόστρωμα

Για κάθε ομάδα φυτών σε κορεσμένο υπόστρωμα και την αναλογία που αντιστοιχούσε σε αυτήν ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

50%: Για το κάθε πότισμα παίρναμε δύο κουβάδες νερό και δύο κουβάδες διασταλάζοντα υγρά από το ντεπόζιτο και τα μεταφέραμε στο μπετόνι με την ένδειξη 50% που τοποθετήσαμε. Ακολουθούσε ανάμιξη του νερού βρύσης και των διασταλαζόντων και στη συνέχεια παίρνονταν κάθε φορά με τον κουβά η ποσότητα που χρειαζόταν για να ποτιστούν τα φυτά. Οι ποσότητες για τα ποτίσματα σε αυτή τη φάση ήταν με μεγάλη κανάτα ποσότητα 1000 ml για τις γλάστρες των 6 λίτρων και με μικρή κανάτα ποσότητα 500 ml για τις γλάστρες των 2,5 λίτρων.



Εικόνα 2.12: Τοποθέτηση γλαστρών κατά θέση

Μάρτυρας με λίπασμα: Ζυγίζαμε με ζυγαριά ακριβείας 36gr λιπάσματος με αναλογία N-P-K 20-20-20 και τα αναμιγνύαμε με ενάμιση κουβά νερού(2 gr/l νερού). Παίρναμε στη συνέχεια το μείγμα στους κουβάδες και ποτίζαμε με τον ίδιο τρόπο όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Μάρτυρας: Για το πότισμα με μάρτυρα χρησιμοποιήσαμε σκέτο νερό βρύσης σε τρεις κουβάδες συνήθως, ανάλογα δηλαδή με πόση ποσότητα χρειαζόταν κάθε φορά. Το πότισμα γινόταν με τις ίδιες ποσότητες όπως και στις άλλες τρεις περιπτώσεις. Ομοίως με το ακόρεστο υπόστρωμα τα ποτίσματα γίνονταν τρεις φορές την εβδομάδα.



Εικόνα 2.13: Ντεπόζιτο το οποίο περιείχε τα διασταλάζοντα

2.7 Εβδομαδιαίες μετρήσεις και αναλύσεις

Μία φορά την εβδομάδα γινόταν μετρήσεις στο ύψος και στον αριθμό των φύλλων με χρήση υποδεκάμετρου σε όλα τα φυτά του πειράματος.

Επίσης στο τέλος του πειράματος μετρήθηκε το ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους και του υπόγειου μέρους όλων των φυτών. Η διαδικασία αυτή ξεκίνησε με το κόψιμο των βλαστών από τις βάσεις τους και την ξήρανση τους. Συνεχίστηκε με την απομάκρυνση των ριζών από το υπόστρωμα των γλαστρών και τη ξήρανση τους.

Συγκεκριμένα τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε για την αφαίρεση των βλαστών ήταν τα εξής:

- Χάρτινες σακούλες από σούπερ μάρκετ
- Κλαδευτήρι
- Ζυγαριά ακριβείας
- Συρραπτικό
- Κλίβανος ξήρανσης

Για την απομάκρυνση των ριζών χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Χάρτινες σακούλες από σούπερ μάρκετ
- 3 λεκάνες
- Νερό βρύσης και απιονισμένο νερό
- Διηθητικό χαρτί
- Ζυγαριά ακριβείας
- Συρραπτικό
- Κλίβανος ξήρανσης

Για την αφαίρεση των βλαστών, ξεκινήσαμε κόβοντας τους κοντά στην επιφάνεια του χώματος και στη συνέχεια αφού ζυγίσαμε στη ζυγαριά ακριβείας το βάρος της σακούλας, βάζαμε το βλαστό στη σακούλα αυτή αναγράφοντας τον αριθμό του κάθε δείγματος και το βάρος (Εικόνα 2.14). Κατόπιν με το συρραπτικό σφραγίσαμε τη σακούλα και την τοποθετήσαμε στον κλίβανο ξήρανσης για τρεις μέρες με θερμοκρασία 75⁰C. Μετά το πέρας των τριών ημερών βγάσαμε τις σακούλες από τον κλίβανο και ζυγίσαμε το βάρος τους.

Για την αφαίρεση των ριζών, βγάσαμε τη μπάλα χώματος από τη γλάστρα και το βάζαμε σε μια λεκάνη γεμάτη νερό, όπου το χόμα διαλύονταν αφήνοντας τις ρίζες. Στη συνέχεια παίρναμε τις ρίζες και τις ξεπλέναμε σε μια μικρότερη λεκάνη με νερό όπου έφευγαν τα τελευταία συσσωματώματα χώματος που έμεναν πάνω τους και μετά ακολουθούσε και τρίτο ξέπλυμα σε μια λεκάνη με απιονισμένο νερό. Κατόπιν οι ρίζες αφήνονταν πάνω σε διηθητικό χαρτί για να στεγνώσουν. Όταν στέγνωναν οι ρίζες, παίρναμε χάρτινες σακούλες και αφού τις ζυγίσαμε και παίρναμε το βάρος τους τοποθετούσαμε μέσα τις ρίζες, τις σφραγίσαμε με το συρραπτικό και τις βάζαμε στον κλίβανο για τρεις μέρες. Μετά το πέρας των τριών ημερών βγάσαμε τις σακούλες και ζυγίσαμε το βάρος τους.



Εικόνα 2.14: Χάρτινες σακούλες στο τέλος του πειράματος με το υπέργειο μέρος του φυτού

Αναλύσεις έγιναν στα υποστρώματα (σε κάθε ένα ξεχωριστά και στο τελικό μείγμα πριν από την εγκατάσταση των φυτών). Επίσης και στο τέλος του πειράματος πάρθηκε δείγμα εδάφους μέσα από τις γλάστρες για ανάλυση. Οι παραπάνω αναλύσεις περιελάμβαναν : pH, E.C (ηλεκτρική αγωγιμότητα), N και C.

Πραγματοποιήθηκαν επίσης και στα αρδευτικά νερά (μάρτυρας, 25% διασταλάζοντα, 50% διασταλάζοντα και στο λίπασμα) σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Οι αναλύσεις που έγιναν είναι οι εξής : pH, E.C, C.O.D, T.N, ολικά κολοβακτηρίδια και στους ολικούς εντερόκοκκους. Η διαδικασία ανάλυσης των κολοβακτηριδίων και των εντερόκοκκων είναι ίδια με αυτήν που εξηγείται παρακάτω. Στα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα έγιναν οι εξής αραιώσεις (συνολικός διηθούμενος όγκος 1ml) : 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} . Στα δευτεροβάθμια έγιναν: 10^{-3} , 10^{-4} και 10^{-5} . Στα τριτοβάθμια έγιναν: 10^{-1} και 10^{-2} και 0. Στους καρπούς έγιναν οι εξής αναλύσεις: κολοβακτηρίδια και εντερόκοκκοι. Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ακόλουθη:

Τα δείγματα συγκομίζονταν με αποστειρωμένες λαβίδες και τοποθετούντουσαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια στο ψυγείο. Η διαδικασία των αναλύσεων αυτών ολοκληρωνόταν σε 3 ώρες.

Αρχικά ζυγίστηκαν 25gr από κάθε καρπό και τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια (υπό ασηπτικές συνθήκες), μέσα στα οποία προστέθηκε PW 0,1 % . Στην συνέχεια ο υπόλοιπος καρπός ζυγίστηκε, τεμαχίστηκε σε ροδέλες και τοποθετήθηκε στο φούρνο για 24 ώρες στους 105⁰C, για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους. Τα 25 gr μέσα στα σακουλάκια ξεπλένονταν με το διάλυμα καλά ώστε να ανακτηθεί το μέγιστον βακτηριακό φορτίο από την επιφάνεια των καρπών. 1 ml από κάθε δείγμα διηθήθηκε σε 0,45 μm διηθητικής μεμβράνης. Εφαρμόστηκε και η αραιώση 10⁻¹. Η μεμβράνη αυτή μετά την διήθηση τοποθετήθηκε σε τριβλία (petri) τα οποία περιείχαν το κατάλληλο άγαρ. Τα κολοβακτηρίδια αναρρυθμίστηκαν αφότου τα τριβλία επώαστηκαν για 24 ώρες στους 35⁰C. Επίσης και οι εντερόκοκκοι αναρρυθμίστηκαν μετά από την επώαση στους 37⁰C για 48 ώρες. Στις παρών αναλύσεις , γινόταν 3 επαναλήψεις για κάθε ένα δείγμα. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων και μετρήσεων αναφέρονται αναλυτικά στο παρακάτω παράρτημα. Επίσης έγιναν 3 μετρήσεις με το μηχάνημα SPAD της Minolta για την περιεκτικότητα χλωροφύλλης που είχαν τα φύλλα των *Nicotiana glauca*, *Amaranthus sp.* *Nicotiana tabacum*. Οι μετρήσεις αναφέρονται σε περιεκτικότητα χλωροφύλλης (A και B) σε mg ανά m² φυλλικής επιφάνειας. Οι μετρήσεις αυτές φαίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες που παρατίθενται.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Σύσταση διασταλάζοντων υγρών

Στη παρούσα μελέτη φυτοεξυγίανσης εδαφών μολυσμένων με διασταλάζοντα υγρά χωματερών με τη χρήση ενδημικών φυτών, παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.1 τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των διασταλαζόντων υγρών που χρησιμοποιήθηκαν, από τη χωματερή Φόδελε, Ηρακλείου. Τα διασταλάζοντα υγρά ανεξέλεγκτων χωματερών, όπως αυτή της περιοχής Ηρακλείου, Φόδελε, είναι κατά κανόνα μεταβλητής σύστασης, ως απόρροια των διάφορων χημικών και βιοχημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στη χωματερή.

Πίνακας 3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά Διασταλαζόντων Υγρών Χωματερής Φόδελε, Ηρακλείου.

	pH	E.C.	ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ (mg/L)	C.O.D. (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)
Μ.Ο ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	8,44	13,19	0,029	233	1260	4

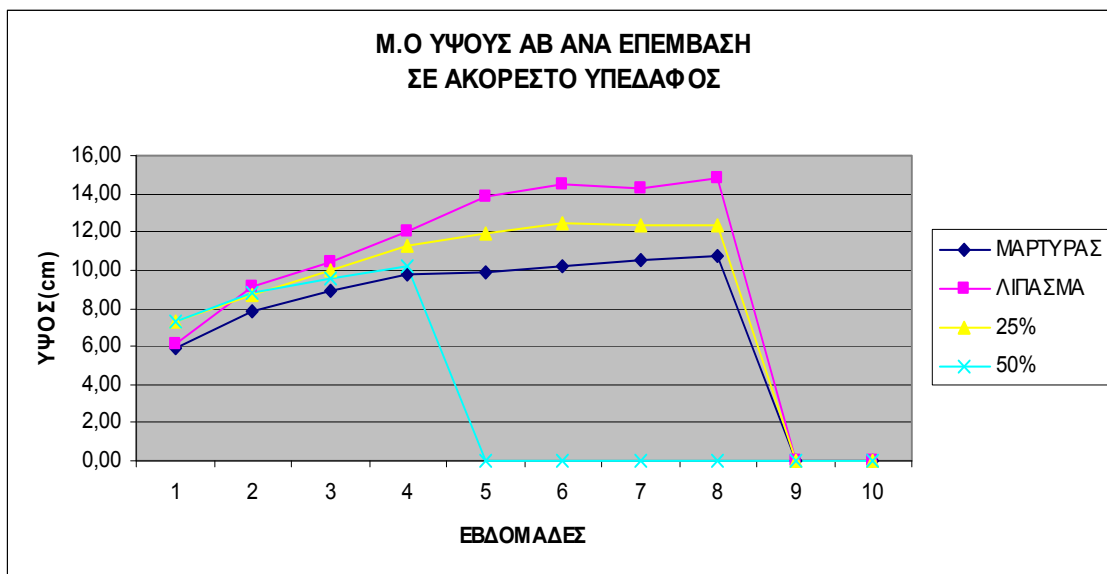
Από τον παραπάνω πίνακα παίρνουμε ακόμα στοιχεία για την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά στα ΔΥ, κάτι που είναι σημαντικό για να μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα από τη χρήση διασταλαζόντων υγρών με τα αποτελέσματα από τη χρήση λιπάσματος ως προς την επίδραση των θρεπτικών στοιχείων (κυρίως N , P).

3.2 Πορεία ανάπτυξης ενδημικών φυτών σε ακόρεστα και κορεσμένα σε ΔΥ υποστρώματα

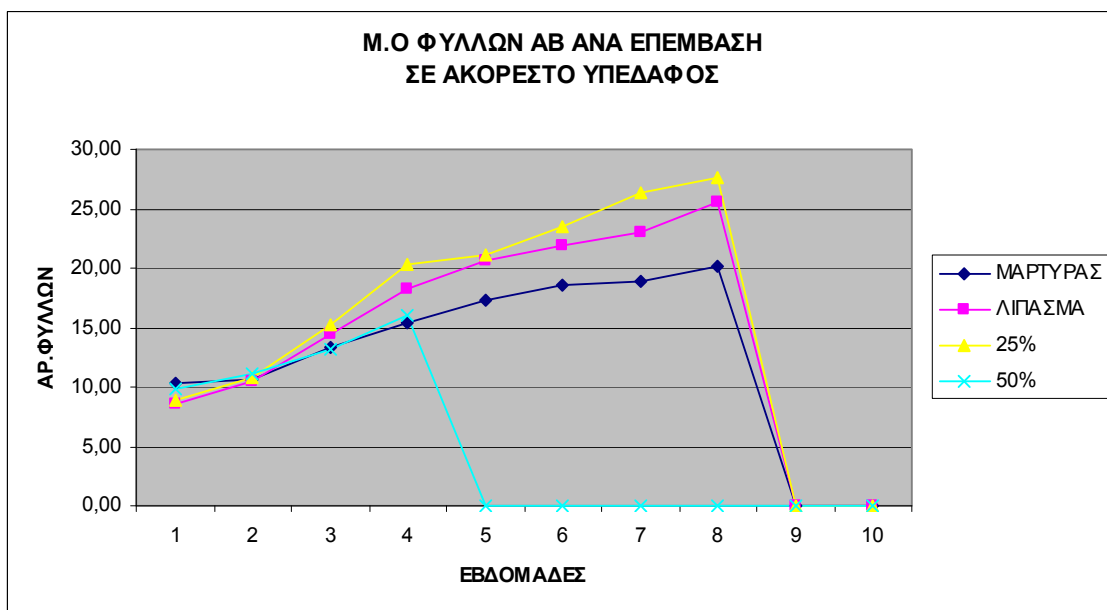
Η παρακολούθηση του ύψους καθώς επίσης και του αριθμού των φύλλων φυτών που χρησιμοποιούνται σε μελέτες φυτοεξυγίανσης φαίνονται να είναι δυο πολύ χρήσιμα διαγνωστικά εργαλεία της ικανότητά τους για βιοσυσσώρευση. Τα δυο αυτά στοιχεία συσχετίζονται άμεσα με την βιωσιμότητα και ανάπτυξη του φυτού, άρα και την αντοχή του να συσσωρεύει υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντών στην υπέργεια βιομάζα του. Έτσι, από την αρχή του πειράματος έως και το τέλος του έγιναν μετρήσεις ανά εβδομάδα στο ύψος και στον αριθμό των φύλλων των επιλεχθέντων ενδημικών φυτών *Nicotiana glauca*, *Nicotiana tabacum*, *alyssum baldacci* και *Amaranthus sp.* φυτευμένα τόσο σε ακόρεστο υπέδαφος σε ΔΥ όσο και σε κορεσμένο, από όπου και προέκυψαν τα αποτελέσματα-συμπεράσματα που ακολουθούν.

3.2.1 Ύψος φυτών και αριθμός φύλλων σε ακόρεστο υπέδαφος

Στο φυτό *Alyssum baldacci* είχαμε μια φυσιολογική ανάπτυξη με σταδιακές απώλειες μετά την 8^η εβδομάδα σε όλες τις ομάδες, εκτός από την ομάδα που ποτίζονταν με 50% Δ.Υ όπου ήδη από την 4^η εβδομάδα τα φυτά είχαν νεκρωθεί εντελώς (Γράφημα 1α). Τα φυτά *Allysum baldacci* αποδείχτηκαν μη ανθεκτικά στην παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης διασταλαζόντων υγρών παρότι όπως φαίνεται ως προς την ανάπτυξη τους οι εφαρμογές διασταλαζόντων παρακολουθούσαν την εξέλιξη των ομάδων μάρτυρα και λίπασμα. Μάλιστα η ομάδα του 25% Δ.Υ εμφάνισε μεγαλύτερη ανάπτυξη από όλες τις άλλες εφαρμογές στον αριθμό των φύλλων (Γράφημα 1β)



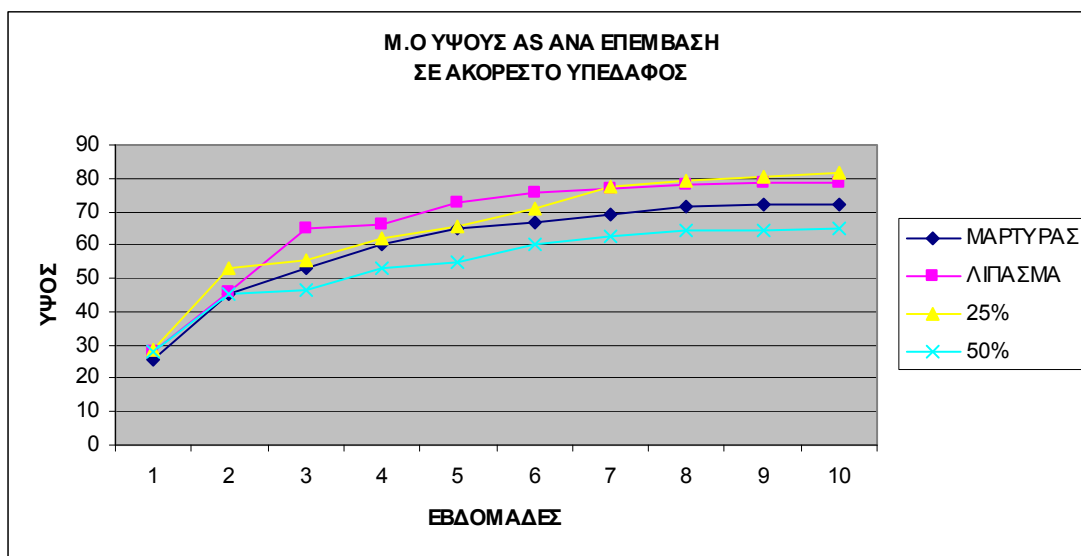
Γράφημα 1α: Ύψος των φυτών *Alyssum baldacci* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος



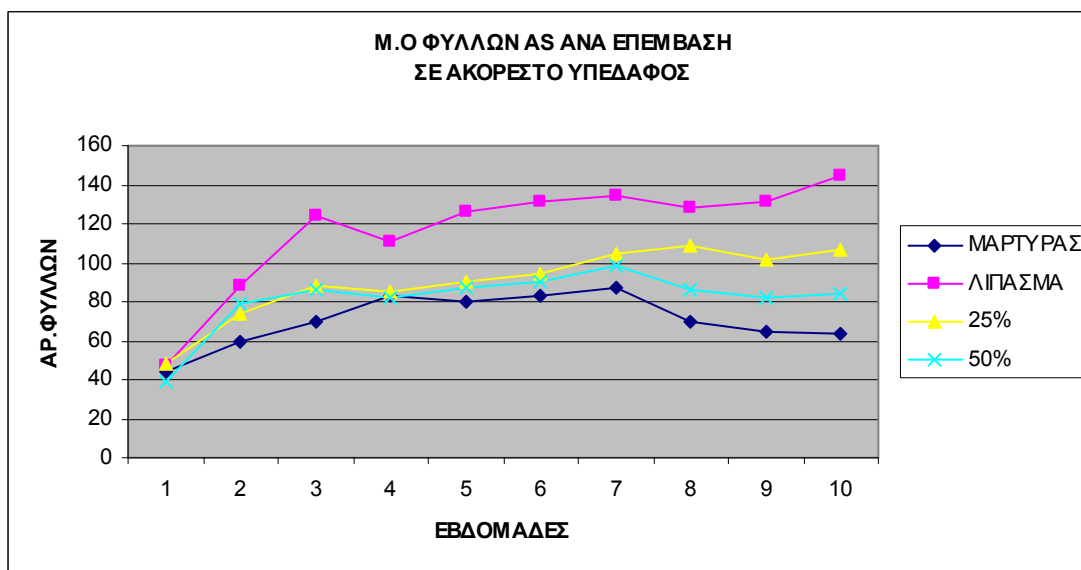
Γράφημα 1β: Αριθμός φύλλων των φυτών *Alyssum baldacci* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Στο φυτό *Amaranthus sp.* είχαμε μια αξιοπρόσεκτη γραμμική ανάπτυξη στο ύψος του φυτού σε όλες τις ομάδες ποτίσματος (Γράφημα 2α). Δεν συναίβει το ίδιο με τον αριθμό των φύλλων του φυτού όπου υπήρχαν διακυμάνσεις κατά την διάρκεια του πειράματος που ίσως οφείλονταν και στις καιρικές συνθήκες (ψηλά φυτά-αέρας).

Πάντα όμως όλες οι ομάδες είχαν ανώτερα αποτελέσματα από την ομάδα του μάρτυρα (Γράφημα 2β).



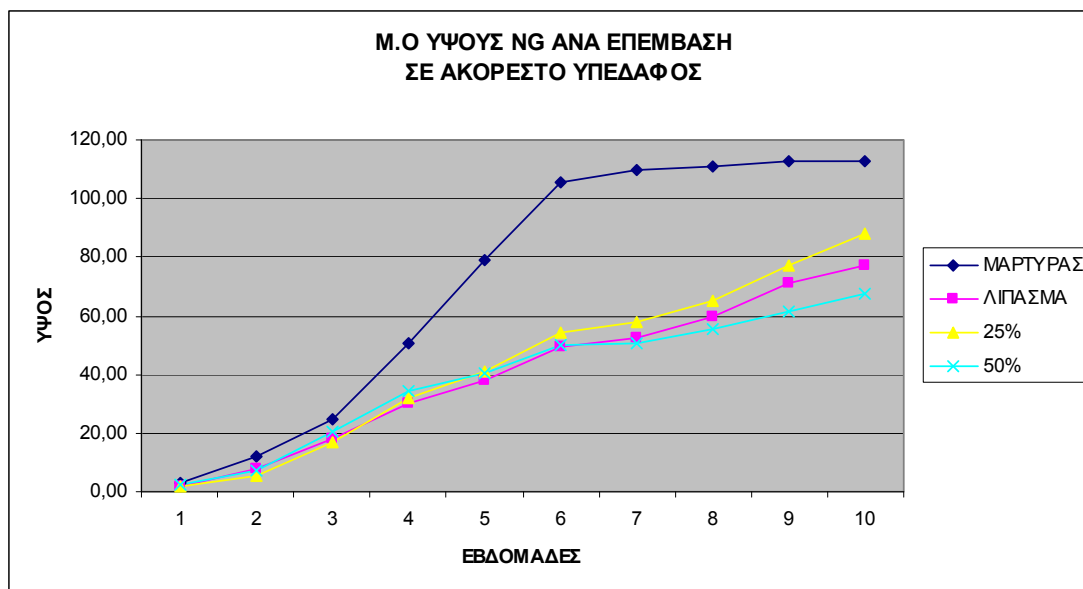
Γράφημα 2α: Ύψος των φυτών *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος



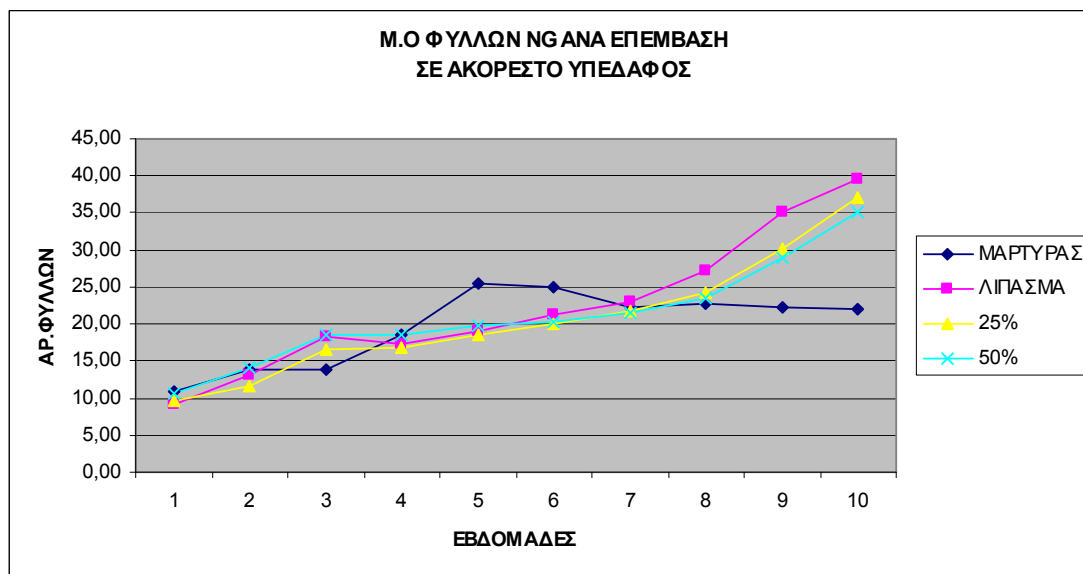
Γράφημα 2β: Αριθμός φύλλων των φυτών *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Για τις ομάδες φυτών του Μάρτυρα, το φυτό *Nicotiana Glauca* ενώ ξεκίνησε με σταθερή ανάπτυξη του ύψους του, μετά την 4^η βδομάδα παρατηρήθηκε μια μεγάλη ανάπτυξη των μεσογονάτιων διαστημάτων, κάτι που πιθανώς μπορεί να εξηγηθεί από έλλειψη επαρκούς αζώτου στο υπόστρωμα (Δ. Πεδιαδιτάκης, Φυσιολογία φυτών)

(Γράφημα 3α). Επομένως όπως φαίνεται και από το Γράφημα 3β όπου τα φύλλα του φυτού έχουν σταθερή ανάπτυξη και μάλιστα προς το τέλος υπερέχουν όλες οι ομάδες του Μάρτυρα, το *Nicotiana glauca* ενδέχεται να έχει καλά αποτελέσματα σε εφαρμογές Φυτοεξυγίανσης.

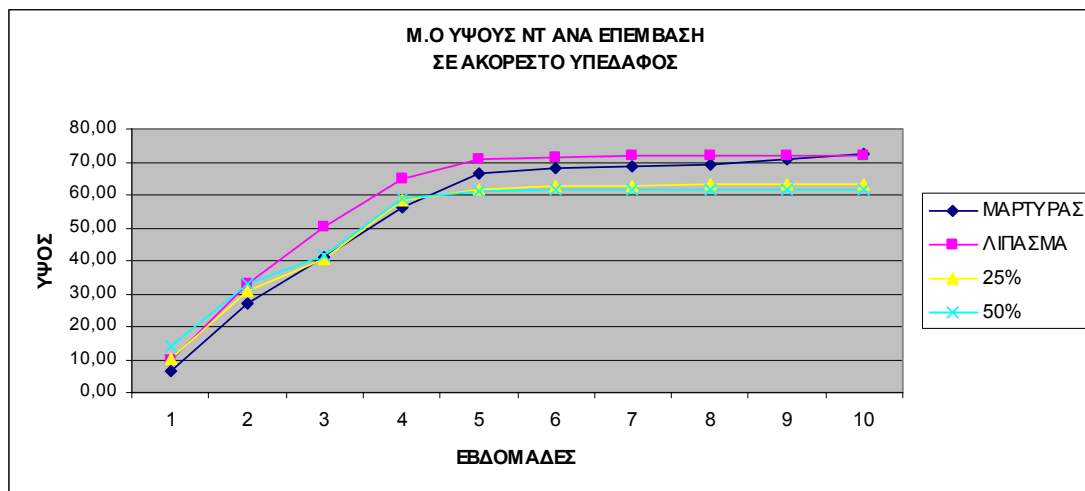


Γράφημα 3α: Ύψος των φυτών *Nicotiana Glauca* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

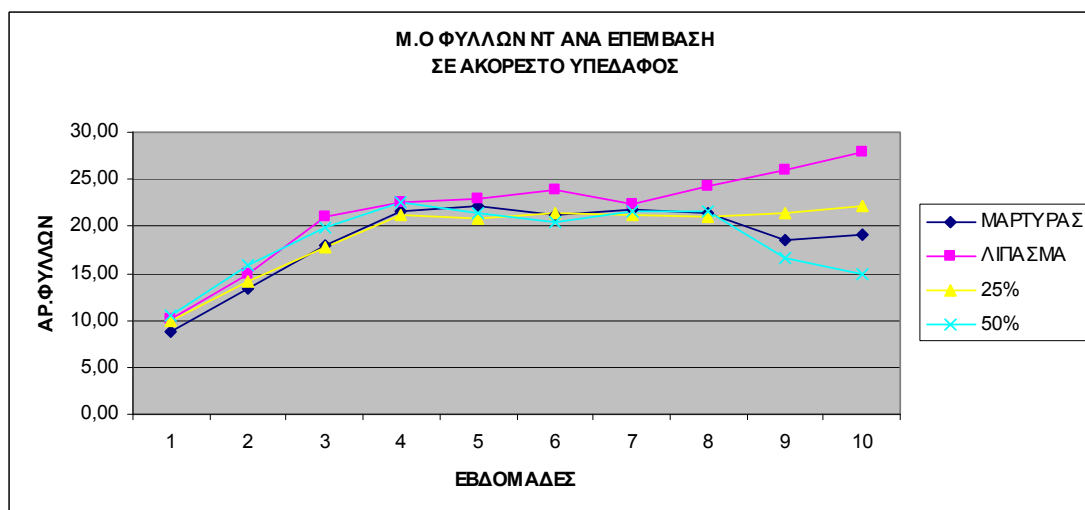


Γράφημα 3β: Αριθμός φύλλων των φυτών *Nicotiana Glauca* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Στο φυτό *Nicotiana tabacum* φαίνεται μια γραμμική ανάπτυξη του ύψους του φυτού και με την καλή συμπεριφορά και του αριθμού των φύλλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανάλογες εφαρμογές Φυτοεξυγίανσης.



Γράφημα 4α: Ύψος των φυτών *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος



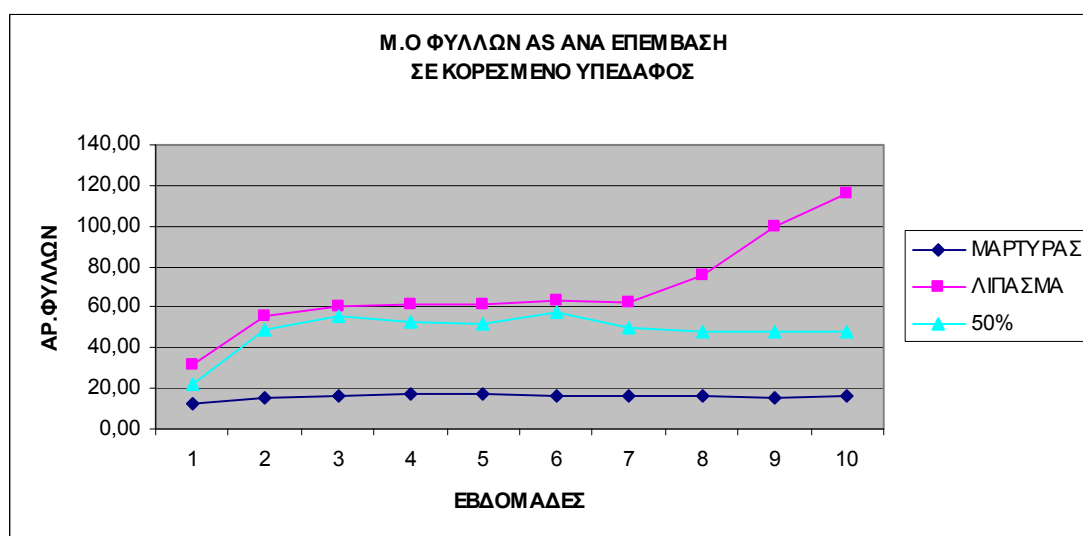
Γράφημα 4β: Αριθμός φύλλων των φυτών *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Κοιτάζοντας τα παραπάνω γραφήματα βλέπουμε ότι εκτός από το *Alyssum baldacci* όπου ήδη από την 5^η εβδομάδα η ομάδα που ποτίζονταν με 50% Δ.Υ είχε ξεραθεί, υπάρχει μια γενικότερη αύξηση του ύψους και του αριθμού των φύλλων των φυτών ανεξαρτήτου της ομάδας που ποτίζόνταν.

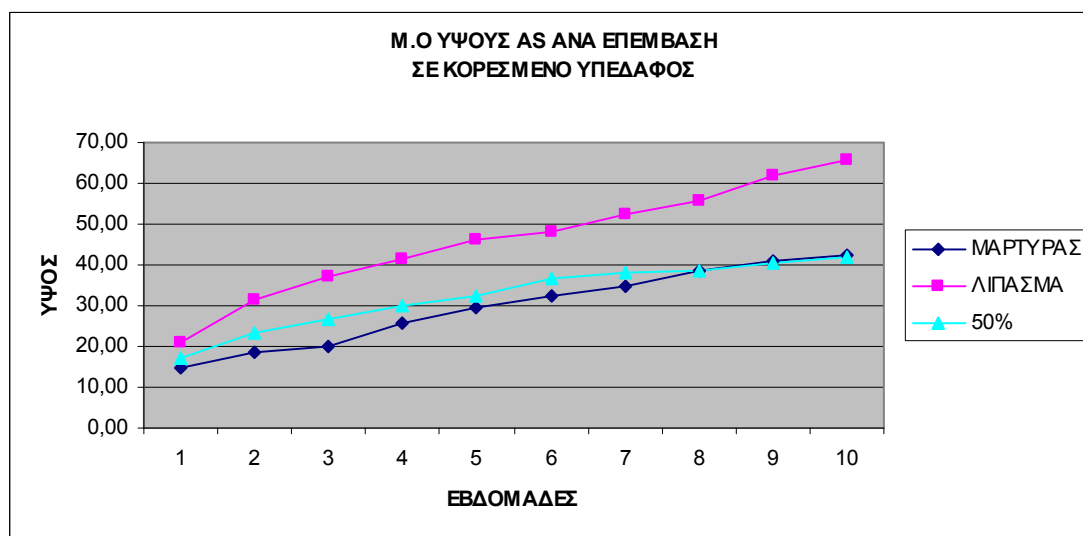
3.2.2 Ύψος φυτών και αριθμός φύλλων σε κορεσμένο υπέδαφος

Από την αρχή του πειράματος έως το τέλος έγιναν μετρήσεις ανά εβδομάδα στο ύψος των φυτών *Nicotiana tabacum* και *Amaranthus sp.* φυτευμένα σε κορεσμένο υπέδαφος με διασταλάζοντα υγρά και προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Στο φυτό *Amaranthus sp.* παρόλο το κορεσμό του υπέδαφους το φυτό παρουσίασε πολύ καλή συμπεριφορά με σταθερή ανάπτυξη του ύψους του (Γράφημα 5β), αλλά με περίπου σταθερό αριθμό φύλλων μετά από της πρώτες εβδομάδες ανάπτυξης (Γράφημα 5α).

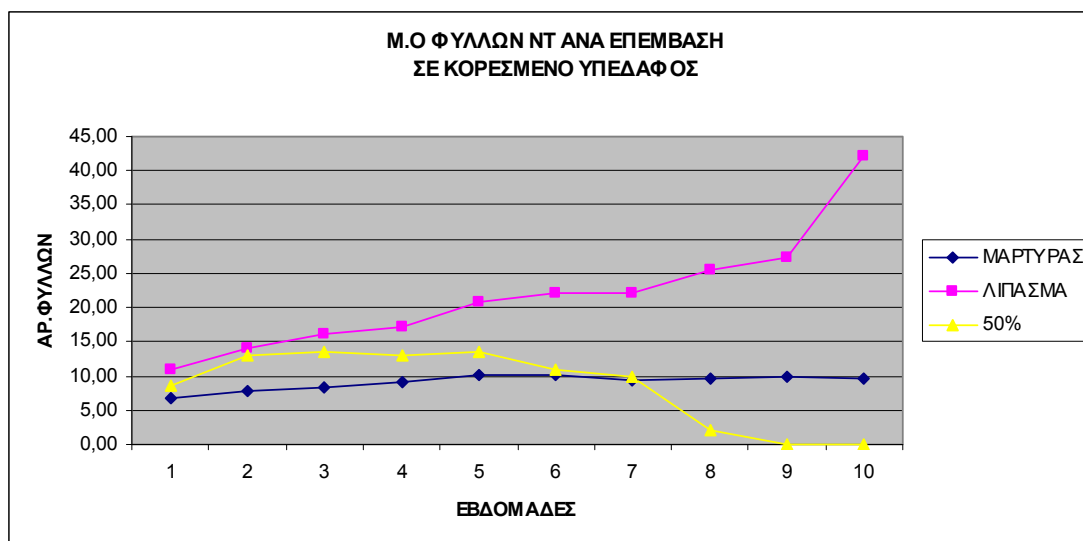


Γράφημα 5α: Αριθμός φύλλων των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

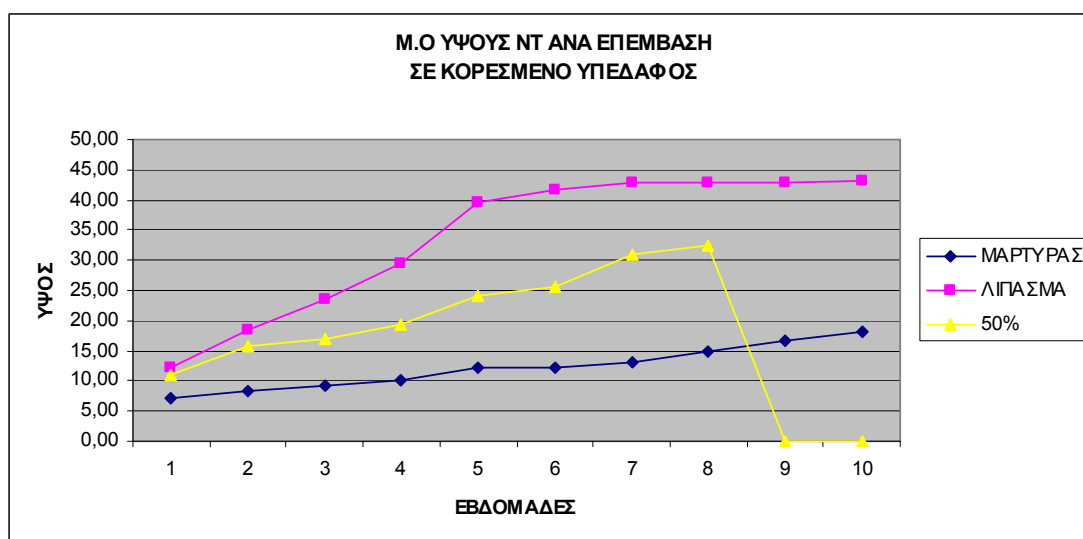


Γράφημα 5β: Ύψος των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Στο φυτό *Nicotiana tabacum* ενώ ξεκινάει στις πρώτες εβδομάδες η ομάδα 50% Δ.Υ την ανάπτυξή της με τον ίδιο σχεδόν ρυθμό με το Λίπασμα ακολουθεί μια στασιμότητα και τελικά η ξήρανση του στην 9^η εβδομάδα του πειράματος.



Γράφημα 6α: Αριθμός φύλλων των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

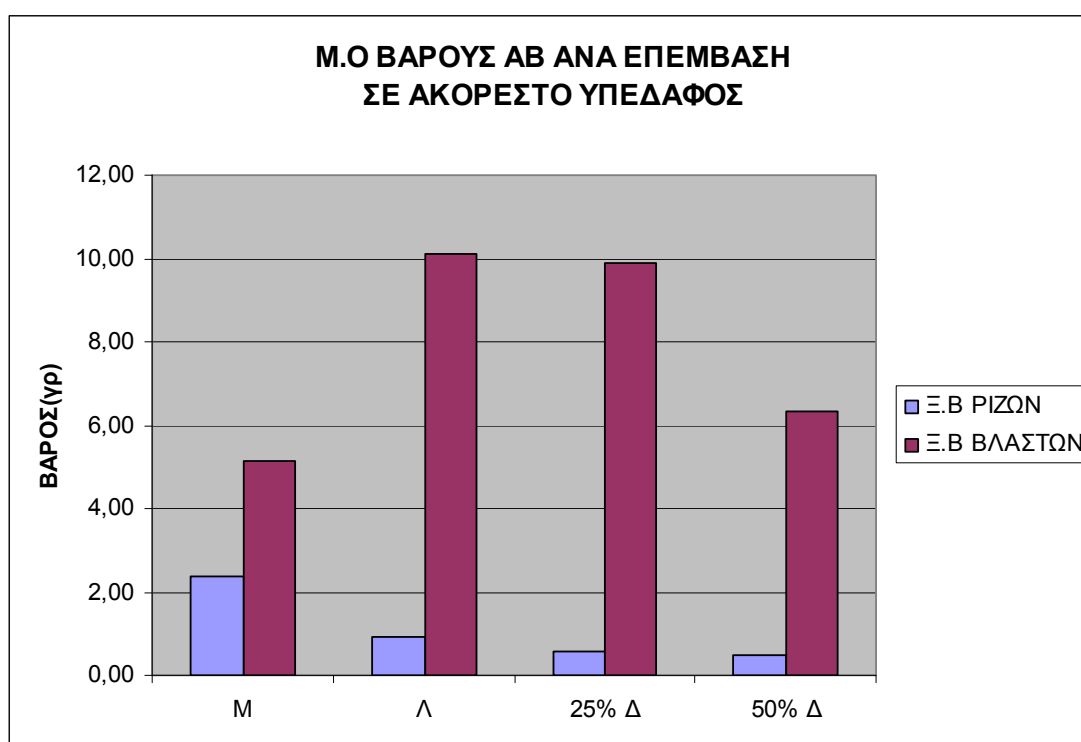


Γράφημα 6β: Ύψος των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

3.3 Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών σε ακόρεστο υπόστρωμα

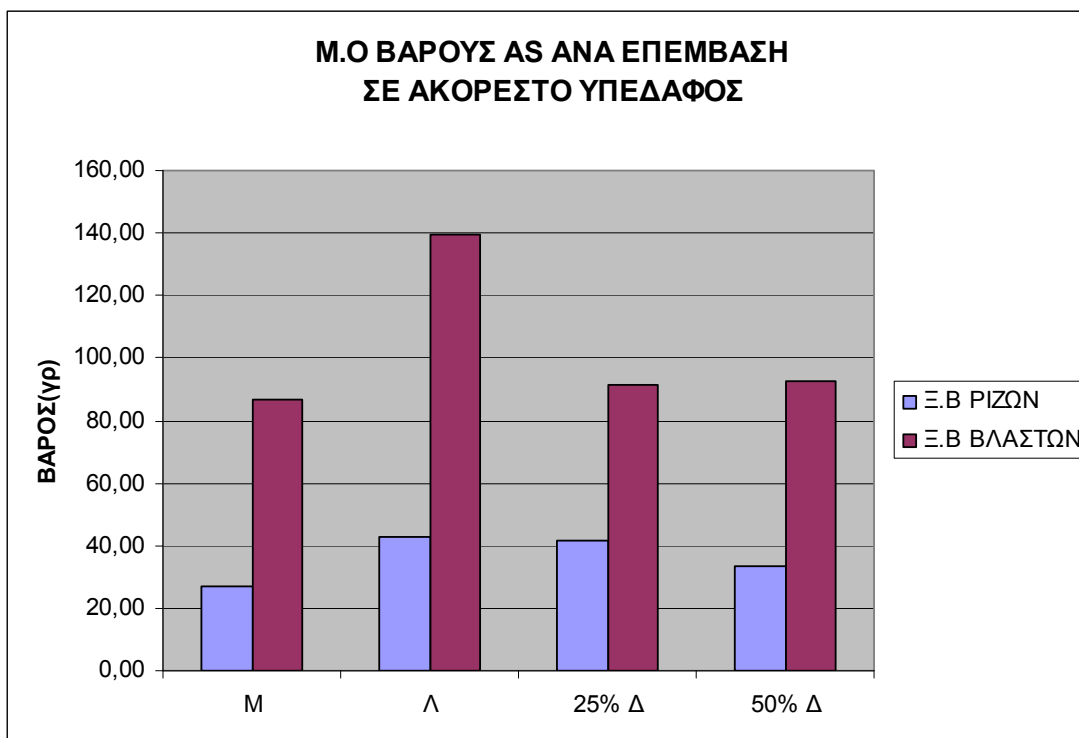
Αφού ολοκληρώσαμε την αναφορά μας όσον αφορά τις εκτιμήσεις του ύψους και αριθμού φύλλων των φυτών στο πείραμα με τα ποτίσματα με τη χρήση διασταλαζόντων υγρών σε μια ορισμένη ποσότητα ακολούθησε η μέτρηση του βάρους των ριζών και βλαστών σε ακόρεστο υπέδαφος με τα παρακάτω αποτελέσματα:

Στο φυτό *Alyssum baldacii* στην ομάδα του Μάρτυρα υπάρχει η μεγαλύτερη ποσότητα ριζών ενώ ακολουθεί αντίστοιχα το Λίπασμα, το 25% και το 50% (Γράφημα 7). Σε αντίθεση με τις ρίζες, στους βλαστούς παρατηρείτε η μεγαλύτερη τιμή στην ομάδα του Λιπάσματος και πολύ κοντά της ομάδα 25%. Επομένως το συγκεκριμένο φυτό λαμβάνει καλύτερη θρέψη από μικρή συγκέντρωση διασταλάζοντων υγρών.



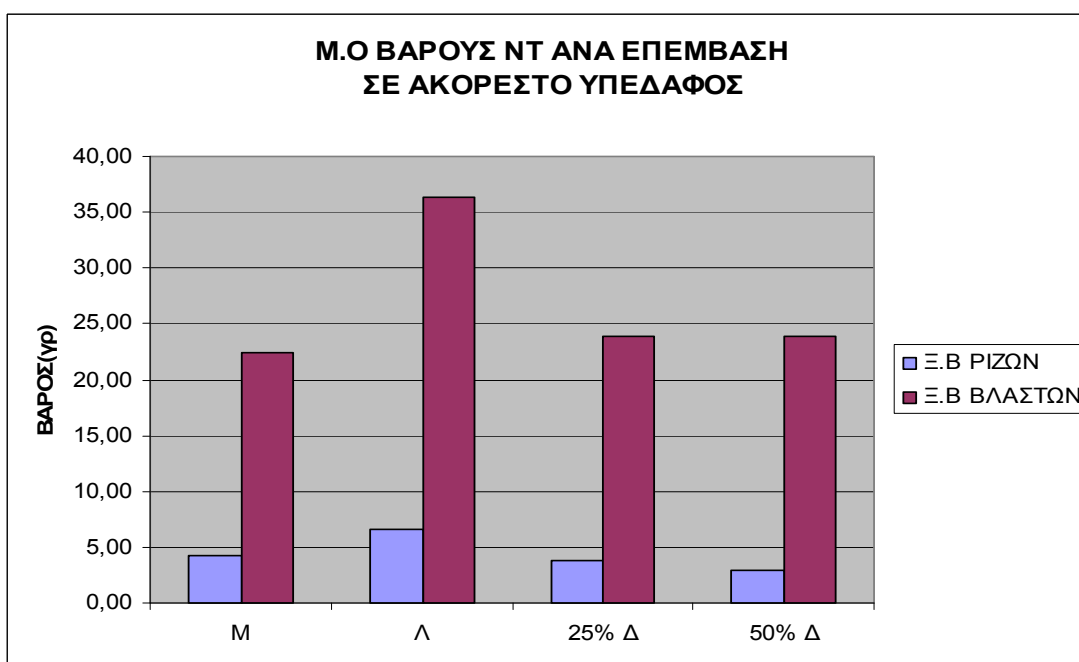
Γράφημα 7: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Alyssum baldacii* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Στο φυτό *Amaranthus sp.* υπάρχει μια πολύ καλή συμπεριφορά στο βάρος των ριζών αλλά και στο βάρος των βλαστών. Οι ρίζες σε όλες τις ομάδες είναι μεγαλύτερες από το Μάρτυρα και ιδιαίτερα η ομάδα του 25% είναι σχεδόν ίδια με το Λίπασμα (Γράφημα 8). Το ίδιο περίπου συμβαίνει και στους βλαστούς όπου όμως υπάρχει μια ξεκάθαρη κυριαρχία της ομάδας του Λιπάσματος.



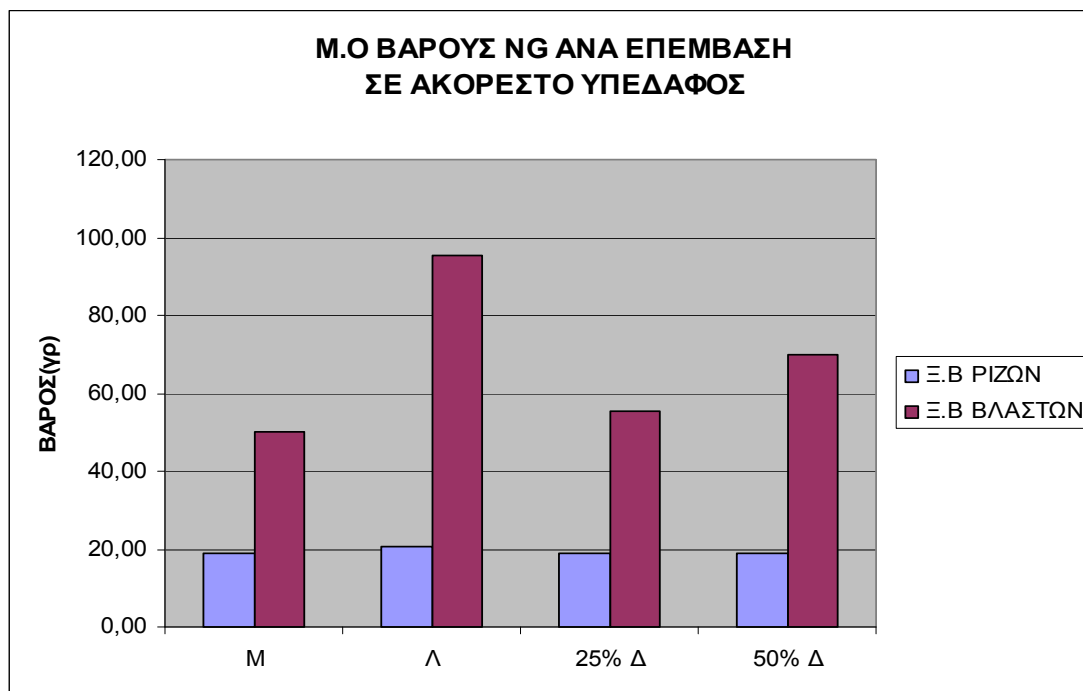
Γράφημα 8: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Στο φυτό *Nicotiana tabacum* παρόλο που οι βλαστοί στην ομάδα του Μάρτυρα, του 25% και του 50% είναι παρεμφερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με τις ρίζες όπου είναι ελαφρύτερες στο 25% και ακόμα πιο πολύ στο 50% (Γράφημα 9). Και σε αυτό το φυτό η ομάδα του Λιπάσματος έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα.



Γράφημα 9: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

Το φυτό *Nicotiana glauca* παρουσίασε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Το βάρος των ριζών αλλά και των βλαστών είναι στα ίδια επίπεδα με του Μάρτυρα και ειδικά στο 50% καλύτερα (Γράφημα 10). Η ομάδα του λιπάσματος παρουσιάζει την καλύτερη εικόνα αλλά χωρίς την μεγάλη διαφορά όπως τα προηγούμενα φυτά.

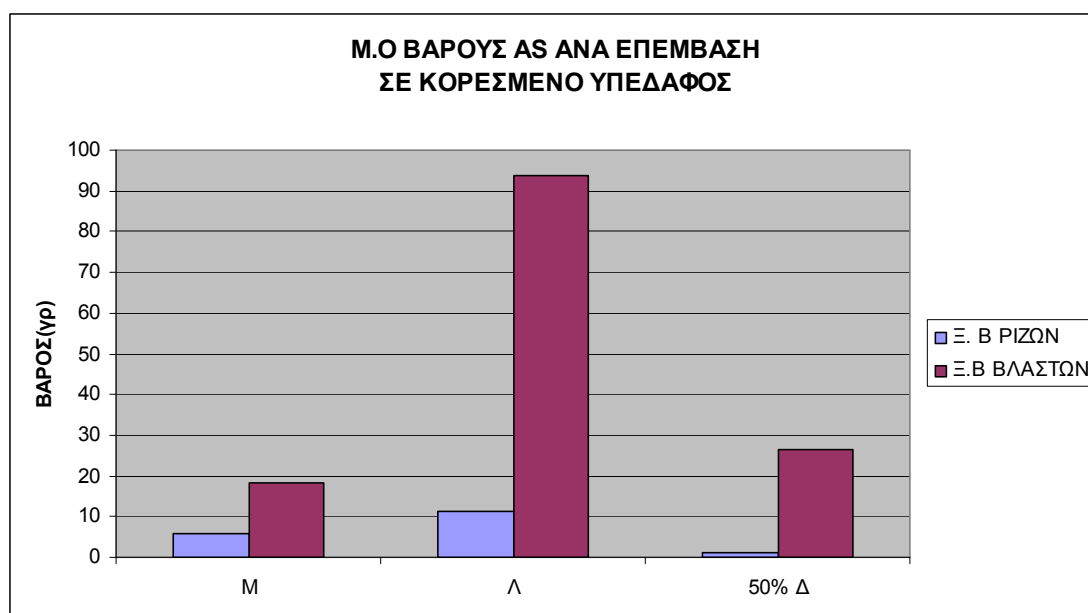


Γράφημα 10: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

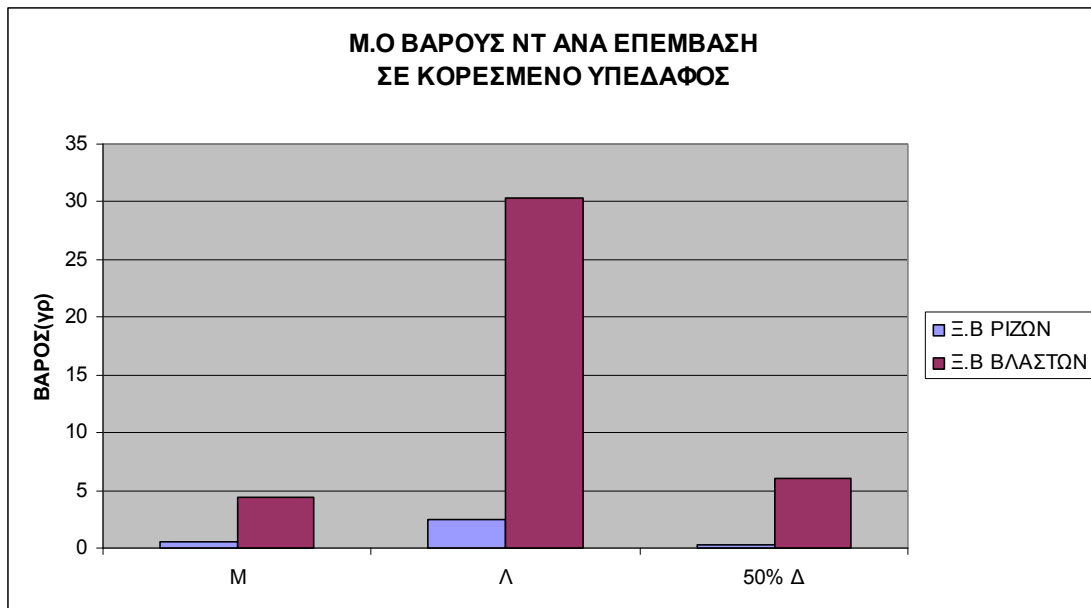
3.4 Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών σε κορεσμένο υπόστρωμα

Η μέτρηση του βάρους των ριζών και βλαστών σε κορεσμένο υπέδαφος είχε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Και τα δύο φυτά που χρησιμοποιήθηκαν, *Amaranthus sp.* και *Nicotiana tabacum*, είχαν φτωχά αποτελέσματα στην ομάδα του 50% με την ομάδα του μάρτυρα. Και στα δύο φυτά η ομάδα του Λιπάσματος είχε τα καλύτερα αποτελέσματα (Γράφημα 11 κ' 12). Το μόνο που μπορούμε να ξεχωρίσουμε ελάχιστα είναι το *Amaranthus sp.* όπου είχε μια σχετικά καλύτερη απόδοση στο βάρος των βλαστών στην ομάδα του 50%



Γράφημα 11: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

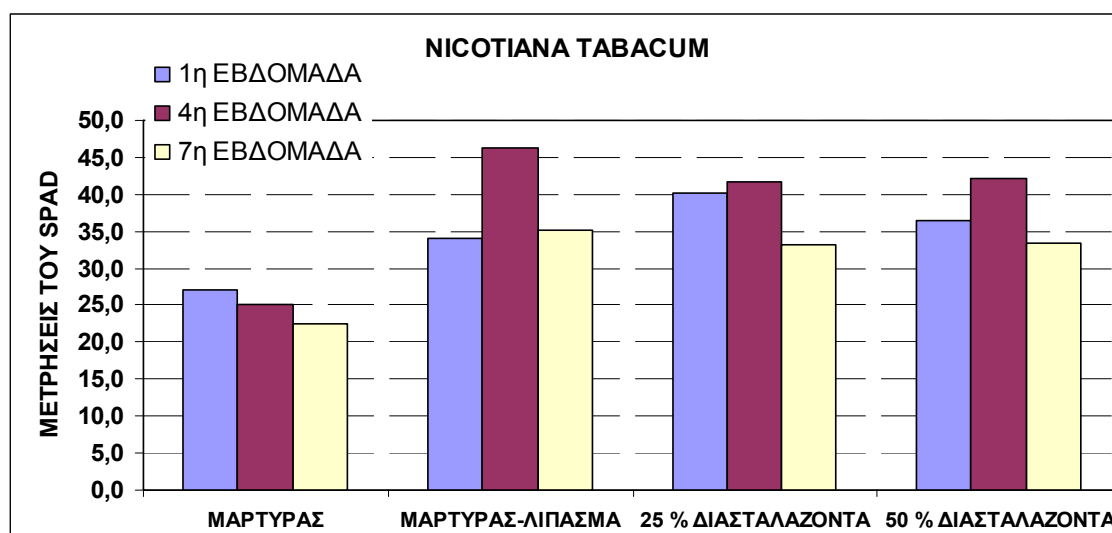


Γράφημα 12: Ξηρά βάρη ριζών και βλαστών των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

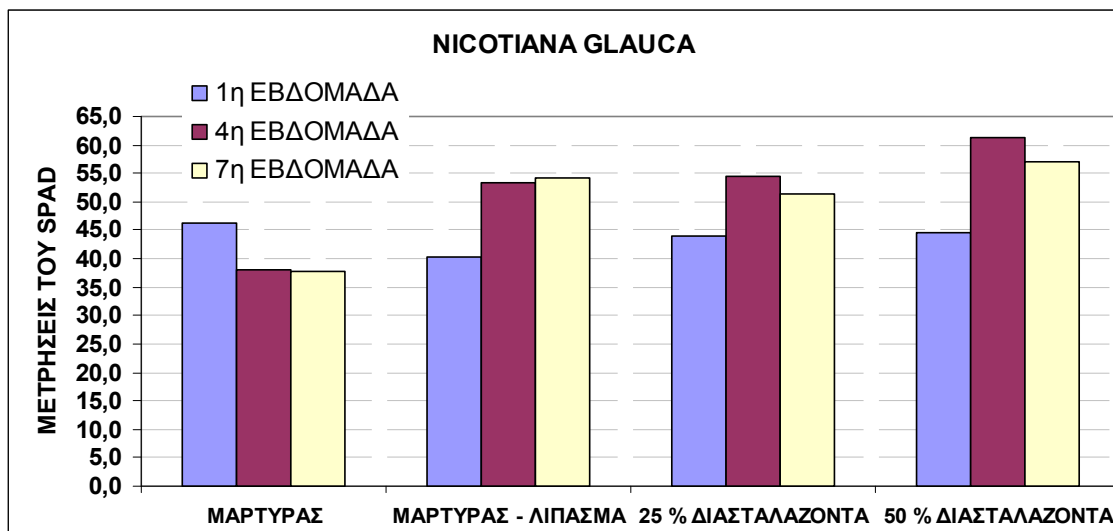
3.5 Μετρήσεις χλωροφύλλης

Κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν τρεις μετρήσεις των φυτών *Nicotiana tabacum*, *Amaranthus sp.* και *Nicotiana glauca* φυτευμένα σε ακόρεστο υπέδαφος. Η πρώτη παραγματοποιήθηκε την 1^η εβδομάδα του πειράματος (20/05/2005), η δεύτερη την 4^η εβδομάδα του πειράματος (09/06/2005) και η τελευταία την 7^η εβδομάδα του πειράματος (01/07/2009)

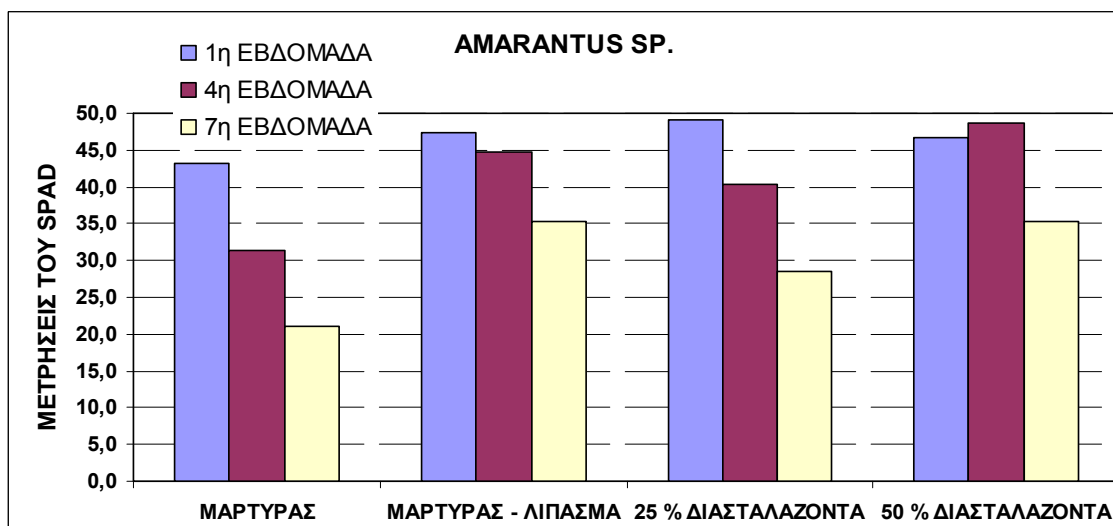
Αυτό το φυτό που ξεχωρίζει με την απόδοσή του είναι το *Nicotiana Glauca* όπου έχει τα καλύτερα αποτελέσματά η ομάδα του 25% και του 50% από την ομάδα του Λιπάσματος (Γράφημα 14). Τα υπόλοιπα δύο φυτά παρουσιάζουν και αυτά αρκετά καλά αποτελέσματα (Γράφημα 13 κ'15)



Γράφημα 13: Μετρήσεις χλωροφύλλης των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος



Γράφημα 14: Μετρήσεις χλωροφύλλης των φυτών *Nicotiana glauca* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος



Γράφημα 15: Μετρήσεις χλωροφύλλης των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπέδαφος κατά την διάρκεια του πειράματος από όλες τις ομάδες ποτίσματος

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι τα *Nicotiana glauca* είχαν την καλύτερη επιβίωση καθώς και μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στις εφαρμογές διασταλαζόντων υγρών και συγκριτικά μεγαλύτερη από την εφαρμογή νερού. Η εφαρμογή 25% διασταλαζόντων ανταγωνίζονταν ακόμα και την εφαρμογή λιπάσματος. Αυτές οι ιδιότητες κάνουν αυτό το φυτό μια καλή επιλογή για εφαρμογή φυτοεξυγίανσης

Το φυτό *Nicotiana tabacum* παρά τη μακροβιότητα του στις εφαρμογές διασταλαζόντων είχε μικρότερη ανάπτυξη σε σχέση με μάρτυρα, λίπασμα. βλέποντας την συμπεριφορά του και στο κορεσμένο υπέδαφος με διασταλάζοντα υγρά Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι ακατάλληλο για εφαρμογή φυτοεξυγίανσης.

Το φυτό *Allysum baldacci* παρά το μικρό βαθμό επιβίωσης στο πείραμα είχε μια καλή απόδοση στην εφαρμογή 25% διασταλαζόντων σε σχέση με μάρτυρα, λίπασμα, ειδικά στον αριθμό των φύλλων. Μπορεί να προταθεί σαν μια καλή λύση για εφαρμογή φυτοεξυγίανσης σε όχι ιδιαίτερα κορεσμένα εδάφη, λόγω του γεγονότος ότι είναι φυτό χειμερινής περιόδου.

Το φυτό *Amaranthus sp.* ήταν σε γενικές γραμμές αυτό που παρουσίασε τα καλύτερα αποτελέσματα και στο κορεσμένο υπέδαφος και στο ακόρεστο. Είναι μια πολύ καλή επιλογή για φυτοεξυγίανση.

5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
<i>Alyssum baldacci</i>	1 ^η	5,93	6,10	7,33	7,34
	2 ^η	7,83	9,13	8,67	8,83
	3 ^η	8,90	10,47	10,03	9,55
	4 ^η	9,79	12,00	11,23	10,21
	5 ^η	9,83	13,88	11,93	0,00
	6 ^η	10,17	14,54	12,42	0,00
	7 ^η	10,55	14,33	12,33	0,00
	8 ^η	10,72	14,83	12,33	0,00
	9 ^η	0,00	0,00	0,00	0,00
	10 ^η	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 1: Μ.Ο ύψους των φυτών *Alyssum baldacci* σε ακόρεστο υπόστρωμα

	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
<i>Alyssum baldacci</i>	1 ^η	10,34	8,50	8,90	9,79
	2 ^η	10,69	10,53	10,77	11,03
	3 ^η	13,34	14,47	15,20	13,24
	4 ^η	15,45	18,20	20,33	16,03
	5 ^η	17,28	20,71	21,14	0,00
	6 ^η	18,52	21,85	23,47	0,00
	7 ^η	18,83	23,00	26,33	0,00
	8 ^η	20,21	25,50	27,67	0,00
	9 ^η	0,00	0,00	0,00	0,00
	10 ^η	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 2: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Alyssum baldacci* σε ακόρεστο υπόστρωμα

	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
<i>Amaranthus sp.</i>	1 ^η	43,70	46,73	48,57	38,67
	2 ^η	59,37	87,93	73,60	79,03
	3 ^η	69,60	123,77	88,13	86,17
	4 ^η	82,80	110,77	84,67	82,50
	5 ^η	79,50	126,19	90,46	87,53
	6 ^η	83,33	131,32	94,08	90,48
	7 ^η	87,52	134,08	104,36	98,76
	8 ^η	69,59	128,28	108,91	86,00
	9 ^η	64,28	131,64	101,82	81,55
	10 ^η	63,86	145,00	106,41	84,05

Πίνακας 3: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Amaranthus sp.</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	25,47	28,20	28,83	28,10
	2 ^η	45,17	45,80	53,23	45,53
	3 ^η	52,83	64,90	55,53	46,47
	4 ^η	60,20	66,40	62,13	52,93
	5 ^η	65,23	72,85	65,71	54,77
	6 ^η	67,03	75,60	70,96	60,48
	7 ^η	69,17	77,04	77,23	62,43
	8 ^η	71,62	78,24	79,45	64,33
	9 ^η	72,14	78,41	80,45	64,60
10 ^η	72,00	78,68	81,36	64,90	

Πίνακας 4: Μ.Ο ύψους των φυτών *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Amaranthus sp.</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	12,04	31,36	21,73
	2 ^η	15,46	55,62	49,30
	3 ^η	16,08	60,80	55,50
	4 ^η	17,21	61,25	52,50
	5 ^η	17,08	61,55	51,89
	6 ^η	16,04	62,90	57,14
	7 ^η	16,17	62,00	50,14
	8 ^η	15,92	75,45	48,17
	9 ^η	15,79	100,10	48,40
10 ^η	16,21	116,30	47,80	

Πίνακας 5: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπόστρωμα

<i>Amaranthus sp.</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	14,88	20,82	17,09
	2 ^η	18,54	31,57	23,30
	3 ^η	20,21	36,95	26,50
	4 ^η	25,67	41,50	29,90
	5 ^η	29,33	46,30	32,44
	6 ^η	32,46	48,25	36,86
	7 ^η	34,88	52,35	38,29
	8 ^η	38,38	55,75	38,50
	9 ^η	40,92	62,05	40,60
10 ^η	42,50	65,90	41,80	

Πίνακας 6: Μ.Ο ύψους των φυτών *Amaranthus sp.* σε κορεσμένο υπόστρωμα

<i>Nicotiana glauca</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	10,77	9,23	9,70	10,53
	2 ^η	13,87	13,03	11,73	14,13
	3 ^η	13,90	18,23	16,63	18,50
	4 ^η	18,57	17,33	16,73	18,50
	5 ^η	25,53	19,13	18,47	19,80
	6 ^η	24,90	21,24	20,10	20,37
	7 ^η	22,33	23,00	21,77	21,57
	8 ^η	22,77	27,31	24,30	23,43
	9 ^η	22,20	35,21	30,23	28,90
10 ^η	22,03	39,62	37,13	35,20	

Πίνακας 7: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Nicotiana glauca</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	3,05	2,08	1,97	2,65
	2 ^η	12,03	8,10	5,70	7,37
	3 ^η	24,50	17,97	16,63	20,47
	4 ^η	50,63	29,90	32,07	34,20
	5 ^η	78,70	37,93	40,83	40,70
	6 ^η	105,27	49,24	54,23	49,93
	7 ^η	110,00	52,72	57,63	50,87
	8 ^η	111,20	59,62	65,03	55,40
	9 ^η	112,57	71,31	77,13	61,50
10 ^η	112,83	77,24	88,30	67,70	

Πίνακας 8: Μ.Ο ύψους των φυτών *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Nicotiana tabacum</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	6,73	9,73	10,47	14,03
	2 ^η	27,23	32,93	30,73	33,10
	3 ^η	40,93	50,10	40,77	41,80
	4 ^η	56,03	64,63	58,30	59,03
	5 ^η	66,43	70,93	61,73	61,13
	6 ^η	67,97	71,47	62,60	61,63
	7 ^η	68,70	71,63	62,97	61,63
	8 ^η	69,17	71,72	63,13	61,63
	9 ^η	71,00	71,83	63,21	61,36
10 ^η	72,18	72,03	63,33	61,36	

Πίνακας 9: Μ.Ο ύψους των φυτών *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Nicotiana tabacum</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 25%	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	8,70	10,10	10,00	10,43
	2 ^η	13,37	14,90	14,13	15,80
	3 ^η	17,93	20,93	17,83	19,80
	4 ^η	21,50	22,57	21,30	22,57
	5 ^η	22,23	22,90	20,90	21,37
	6 ^η	21,13	23,87	21,40	20,37
	7 ^η	21,73	22,37	21,13	21,53
	8 ^η	21,43	24,21	21,00	21,53
	9 ^η	18,58	25,97	21,43	16,64
10 ^η	19,18	27,97	22,22	14,91	

Πίνακας 10: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπόστρωμα

<i>Nicotiana tabacum</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	6,67	10,81	8,55
	2 ^η	7,79	14,10	13,09
	3 ^η	8,38	16,15	13,45
	4 ^η	9,17	17,12	12,90
	5 ^η	10,17	20,81	13,50
	6 ^η	10,09	22,13	10,83
	7 ^η	9,39	22,13	10,00
	8 ^η	9,65	25,60	2,00
	9 ^η	9,83	27,27	0,00
10 ^η	9,70	42,07	0,00	

Πίνακας 11: Μ.Ο αριθμού φύλλων των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπόστρωμα

<i>Nicotiana tabacum</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΛΙΠΑΣΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΔΙΑΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ 50%
	1 ^η	7,17	12,14	11,09
	2 ^η	8,33	18,45	15,73
	3 ^η	9,29	23,65	16,91
	4 ^η	10,13	29,35	19,30
	5 ^η	12,25	39,56	24,17
	6 ^η	12,17	41,81	25,67
	7 ^η	13,09	42,73	31,00
	8 ^η	14,74	43,00	32,50
	9 ^η	16,65	43,00	0,00
10 ^η	18,17	43,13	0,00	

Πίνακας 12: Μ.Ο ύψους των φυτών *Nicotiana tabacum* σε κορεσμένο υπόστρωμα

SPAD N. tabacum 19/5/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	26,2	35,6	36,4	36,4
2	31,5	29,8	42,2	38,2
3	32,8	31,3	39,6	40,4
4	37,1	31,9	40,1	35
5	28,4	33,5	40,2	40,1
6	21,2	31,4	39,4	39
7	25,4	37,3	41,3	35
8	23,1	34,3	39,4	40,5
9	21	36,7	42,6	39,7
10	31,8	29,8	39,3	35,4
11	28,8	35	40,8	29,8
12	24,5	32,7	37,1	36,2
13	22,1	37,1	41,5	29,8
14	23,1	33,3	44,5	34,1
15	30,1	41,8	36,9	37,8
ΜΕΣΟΣ	27,1	34,1	40,1	36,5
STDEV	4,8	3,3	2,2	3,4
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	1,2	0,8	0,6	0,9

Πίνακας 13: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD N. tabacum 9/6/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	26	48,8	48,3	40,1
2	25,4	45,8	42,7	42,4
3	21,6	46,3	38,9	41,9
4	33	45	43,9	42,9
5	22	44,4	39,7	45,9
6	21,1	43,8	39,8	42,5
7	21,5	43,7	35,4	43,6
8	20,2	42,3	44,3	44,8
9	21,3	40,3	36,4	40,4
10	27,5	50,8	45,4	42,9
11	35	49,8	47,4	44,1
12	28,4	48,6	38,9	44,4
13	30,9	48,5	41,8	39,7
14	21,7	49	38,7	36,2
15	20,3	48,3	43,7	39,2
ΜΕΣΟΣ	25,1	46,4	41,7	42,1
STDEV	4,9	3,1	3,8	2,5
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	1,3	0,8	1,0	0,7

Πίνακας 14: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD N. tabacum 1/7/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	11,4	31,5	36,4	32,7
2	19,1	32,4	31,3	37,4
3	19,2	37,3	28,2	37,1
4	22,2	32,6	31,8	30,8
5	29,8	37,5	35,2	32,7
6	24,2	41,7	36,4	32,6
7	17,4	36	36,6	24,8
8	26,3	33,2	32,8	35
9	25,2	37,4	32,4	35,8
10	32,4	31,7	34,7	37,3
11	25	33,4	29,6	32,4
12	35,7	36,8	33,8	35
13	30,2	34,5	33,5	37,3
14	11,9	36,9	31,3	35,3
15	8,7	35	32,3	24,5
ΜΕΣΟΣ	22,6	35,2	33,1	33,4
STDEV	8,0	2,8	2,5	4,1
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	2,1	0,7	0,6	1,1

Πίνακας 15: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana tabacum* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD N. glauca 19/5/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	46	39,4	42,7	47,1
2	45,3	42,5	49,4	44,9
3	45,8	43,7	39	46,4
4	44,2	42,9	43,6	43,3
5	44,3	35,2	42,3	42,1
6	51,7	43,4	40,9	37,9
7	47	48,2	52,7	45,1
8	47,4	38,1	44,5	36,9
9	43	39	38,6	41,7
10	44,4	44,3	40,2	45,1
11	43,9	42,1	48	52
12	48,1	36,8	44,3	49,7
13	45,9	42,8	42	42,5
14	49,4	31,5	46,6	50,3
15	49,1	34,5		42,5
ΜΕΣΟΣ	46,4	40,3	43,9	44,5
STDEV	2,4	4,5	4,1	4,2
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	0,6	1,1	1,1	1,1

Πίνακας 16: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD N. glauca 9/6/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	36,8	59,8	54,3	64,1
2	41	54,3	50,9	65,4
3	40,7	53	60	62,7
4	43,2	55,9	57,9	56,9
5	38	47,9	48,9	62,7
6	34,3	47,8	50,6	66,8
7	33,7	49,2	56,3	60,3
8	43	49,6	48,1	61,8
9	43	59	55,6	56,7
10	34,3	50,3	53,1	62,5
11	34,6	50,7	57,7	54,1
12	36,1	56,7	51,6	65,5
13	38,2	51,9	54,2	61,5
14	36,5	58,6	57,9	56,2
15	35,8	53,7	60,8	63
ΜΕΣΟΣ	37,9	53,2	54,5	61,3
STDEV	3,4	4,1	4,0	3,8
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	0,9	1,0	1,0	1,0

Πίνακας 17: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD N. glauca 1/7/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	36	60,4	54,6	57,6
2	40,1	52,8	56,3	54,9
3	38,4	51,4	52,1	54,5
4	33,5	60,7	50,4	52,3
5	41,2	58,1	49,5	53,8
6	34,8	56,1	53,2	57,4
7	36	58,2	46,2	56,6
8	36,1	57,7	57,8	60,2
9	37,5	54,7	53,6	62,4
10	37	50,3	49,8	57,6
11	38,8	53,7	46,6	64,2
12	35,9	55,6	50,6	53,9
13	41,6	49,1	49,4	60,2
14	41	46,8	48,3	53,5
15	39,6	48,4	52,8	54,8
ΜΕΣΟΣ	37,8	54,3	51,4	56,9
STDEV	2,5	4,4	3,4	3,5
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	0,6	1,1	0,9	0,9

Πίνακας 18: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Nicotiana glauca* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD Amaranthus sp. 19/5/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	49	51	53,9	45,7
2	47,5	49,4	54,6	51,1
3	36,8	50,5	53,7	51,1
4	48,2	40,8	48	52,4
5	45,9	45,3	49	47,6
6	38	48,5	50,2	42,6
7	36,1	50,4	48,2	55,3
8	51,5	43,5	48,9	44,2
9	39,7	50,6	48,9	48,6
10	41,2	46,3	50	41,3
11	38,1	46,1	47,1	46,3
12	38,4	40,9	42,5	47
13	48,8	48	46,6	40
14	46,7	55,3	47,4	40,7
15	40,8	44,7		
ΜΕΣΟΣ	43,1	47,4	49,2	46,7
STDEV	5,3	4,0	3,2	4,7
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	1,4	1,0	0,9	1,2

Πίνακας 19: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD Amaranthus sp. 9/6/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	22,4	42,4	39,9	45,8
2	30,7	53,9	32,5	55
3	31,5	40,1	40,5	51,9
4	36,6	50	41,4	50,2
5	39,5	38,7	43,5	42,3
6	24,5	39,6	43,6	45,7
7	21,3	48	42,4	44,1
8	25,5	51,9	41,8	49,2
9	41,4	45,6	39,6	50,6
10	41,3	44,2	45,1	51,7
11	36,9	42,3	39,6	51,8
12	40,4	42,1	41	40,1
13	24,7	44,2	37,8	52
14	27,2	40	39,4	52,7
15	27,5	48,1	38	48,6
ΜΕΣΟΣ	31,4	44,7	40,4	48,8
STDEV	7,3	4,7	3,0	4,3
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	1,9	1,2	0,8	1,1

Πίνακας 20: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπόστρωμα

SPAD Amaranthus sp. 1/7/2005				
α/α γλάστρας	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ- ΛΙΠΑΣΜΑ	25 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ	50 % ΔΙΑ- ΣΤΑΛΑΖΟΝΤΑ
1	22,7	45,1	24,3	37,9
2	20,8	42	23,7	38,9
3	14,7	33,4	32,1	35,2
4	24,4	31,5	25,8	29,3
5	33,3	28,8	29,1	28,6
6	17,9	45,6	29,3	29,9
7	11,5	36,6	31,1	35,2
8	28,9	38,7	33,9	34,3
9	18,9	38,1	26,2	36,7
10	25	44,8	25,8	37,8
11	32,6	22,8	28,7	44,1
12	20,3	21,4	28,7	38,1
13	18,2	28,7	27,2	30,4
14	16,8	38,5	26,7	38,1
15	10,7	34,2	33,5	
ΜΕΣΟΣ	21,1	35,3	28,4	35,3
STDEV	6,8	7,7	3,2	4,4
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	1,8	2,0	0,8	1,2

Πίνακας 21: Μετρήσεις μηχανήματος SPAD στο φυτό *Amaranthus sp.* σε ακόρεστο υπόστρωμα

ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

ΑΚΟΡΕΣΤΟ ΥΠΕΛΑΦΟΣ											
<i>Nicotiana Glauca / Nicotiana Tabaccum</i>				<i>Allyssum Baldacci</i>				<i>Amaranthus sp.</i>			
50%	25%	ΛΙΠΑ	ΜΑΡΤ	50%	25%	ΛΙΠΑ	ΜΑΡΤ	50%	25%	ΛΙΠΑ	ΜΑΡΤ
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	9	2	9	2	9	2	9	2	9	2	9
3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10
4	11	4	11	4	11	4	11	4	11	4	11
5	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5	12
6	13	6	13	6	13	6	13	6	13	6	13
7	14	7	14	7	14	7	14	7	14	7	14
8	15	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15

ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΥΠΕΛΔΑΦΟΣ											
<i>Nicotiana Glauca</i>						<i>Amaranthus sp.</i>					
50%		ΛΠΠΑ		ΜΑΡΤ		50%		ΛΠΠΑ		ΜΑΡΤ	
1	7	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7
2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8
3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
4	10	4	10	4	10	4	10	4	10	4	10
5	11	5	11	5	11	5	11	5	11	5	11
6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<<Πάπυρος Larousse Britannica>> Τόμος 23, σελ. 152

<<Πάπυρος Larousse Britannica>> Τόμος 32, σελ. 43

Oz Barazani, Peramachi Sathiyamoorthy, Uttam Manandhar, Raya Vulkan, Avi Golan-Goldhirsh <<Heavy metal accumulation by *Nicotiana glauca* Graham in a solid waste disposal site>>

Δρ. Θρασύβουλος Μανιός <<ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΜΟΛΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ>> και <<Σημειώσεις Βιοτεχνολογία και Περιβάλλον>>

Λ. Ζαμπετάκης, Θ. Μανιός, Γ. Καρατζάς, <<Καινοτομικές μέθοδοι εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων. Η τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης.>> Χατζόπουλος, Π., 2001. Βιοτεχνολογία Φυτών. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.

4. Salt, D.E., R.D. Smith and I. Raskin, 1998. Phytoremediation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 643–68.