

Κρίση Εργασίας 28/4/2012

Βαθμός: Αριστα

Επιτροπή:

1. Τριανταφύλλου Αθανάσιος

**Καθηγητής του Τμήματος Γεωτεχνολογίας
Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας**

2. Κασσωμένος Παύλος

Αναπλ. Καθηγητής, Φυσική του Ατμοσφαιρικού
Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

3. Ρεμουντάκη Εμμανουέλα

Επίκουρος Καθηγήτρια Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-
Μεταλλουργών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ
ΤΟΥ ΜΟΛΥΒΔΟΥ, ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.
ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ
ΤΗΣ ΦΥΤΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ. (ΜΗΔΙΚΗΣ).**

Σαχινίδης Συμεών

ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΦΥΣΙΚΟΣ. Τέως ερευνητής
Πολυτεχνικής Σχολής Ξάνθης. Συνεργάτης Α.
Φώσκωλου Πολυτεχνείο Κρήτης

Είναι γνωστό σε όλους μας, ότι τα ρυπασμένα εδάφη μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και, φυσικά, μεγάλη επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε χρονικές στιγμές, που δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια από πριν.

Έκτελεση περιβαλλοντική επιβάρυνση μπορεί να επέλθει από επικίνδυνα απόβλητα μετά από:

- ταφή ή
- διάθεση στο έδαφος.

Τέτοια επικίνδυνα απόβλητα μπορεί να είναι:

- **βαρέα μέταλλα και ενώσεις τους,**
- αμίαντος ή άλλα επικίνδυνα ορυκτά, καθώς και ραδιενεργά συστατικά,
- **επικίνδυνες οργανικές χημικές ενώσεις, προϊόντα πετρελαίου,**
- αναφλέξιμες ουσίες και ενεργά βιολογικά υλικά.

Αντικείμενο της έρευνάς μου: ο Μόλυβδος

Συνήθως συναντάμε το μόλυβδο ως πρόσθετο στη βενζίνη, στα τενεκεδάκια τροφίμων, ως συγκολλητικό (καλάι), σε μπογιές, σε καλλυντικά.

Μπορεί να βρεθεί στο έδαφος, σε μορφή σκόνης, σε παλιές μπογιές και, προπαντός, κατά την αναπαλαίωση κτιρίων.

Τα τοξικά μέταλλα "κλωτσούν" τις θρεπτικές ουσίες και δεσμεύουν τους υποδοχείς των θρεπτικών ουσιών, προκαλώντας στον ανθρώπινο οργανισμό συμπτώματα, μέσω της επιρροής τους στα νεύρα, στις ορμόνες, στην πέψη, και στην ανοσιακή λειτουργία.

Στον άνθρωπο:

Ο μόλυβδος έχει διάρκεια ημιζωής

- **20 ημέρες** στο αίμα,
- **20-100 μήνες** στα οστά,
- **μερικές εβδομάδες μέχρι 6-7 μήνες** στους μαλακούς ιστούς.

Τα βρέφη και τα μικρότερα παιδιά έχουν τον υψηλότερο κίνδυνο.



Το ποσοστό απορρόφησης του μολύβδου στα παιδιά είναι φαινομενικά μεγαλύτερο από ότι στους ενήλικες.

Στα παιδιά το ποσοστό αυτό φθάνει στο 40-50 %.

ΣΤΟΥΣ ενήλικες.

Η απορροφητικότητα είναι λιγότερο από το 10 %.

Η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να διαγνωστεί με εξετάσεις αίματος.

Τα επίπεδα του μολύβδου στο αίμα μετρώνται σε μικρογραμμάρια ανά δέκατο λίτρου ($\mu\text{g}/\text{dL}$).

Επίπεδα μολύβδου στο αίμα άνω των $10\mu\text{g}/\text{dL}$ θεωρούνται ως «δηλητηρίαση από μόλυβδο».

Τα συμπτώματα της δηλητηρίασης από μόλυβδο παρουσιάζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τα επίπεδα του μολύβδου στο αίμα.

Συμπτώματα από την τοξική επίδραση του Μολύβδου	
Χαμηλό επίπεδο	Υψηλό επίπεδο
Ελλειμματική προσοχή	Πόνο στην κοιλιά
Προβλήματα συμπεριφοράς	Πονοκέφαλος
Μαθησιακές δυσκολίες	Σύγχυση
Μείωση του δείκτης νοημοσύνης.	Εμετό
	Μυϊκή αδυναμία
	Σπασμοί.
	Θάνατος

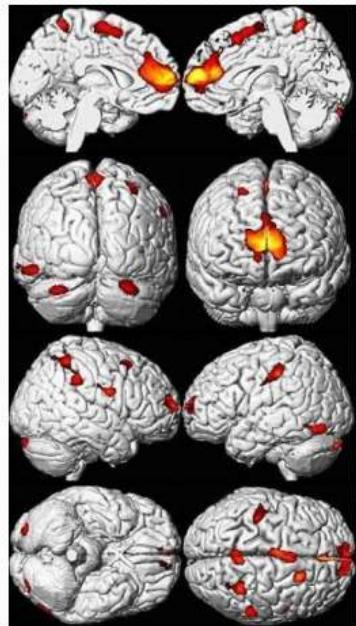
Ο δισθενής μόλυβδος συμπεριφέρεται όπως το ασβέστιο.

Οι ομοιότητες μεταξύ του ασβεστίου και του μολύβδου εξηγούν και το γεγονός, γιατί ο μόλυβδος βρίσκεται στα οστά σε ποσοστό 90%.

Ακτινογραφία με χαρακτηριστικό εύρημα της δηλητηρίασης από
μόλυβδο. Παρουσία γραμμών αυξημένης πυκνότητας
κατά την μετάφυση των οστών στα μικρά παιδιά.



Απεικόνιση εγκεφάλων ενηλίκων που εκτέθηκαν σε μόλυβδο Σμίκρυνση περιοχών (**χρώμα κόκκινο**) σε σχέση με ένα πρότυπο φυσιολογικού εγκεφάλου.



Η έκθεση στο μόλυβδο συσχετίζεται με **υψηλή αρτηριακή πίεση, στεφανιαία καρδιακή νόσο, μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού και θάνατο από εγκεφαλικό επτεισόδιο.**

Είναι δυνατόν ο μόλυβδος να υπάρχει σε μορφή σκόνης στον αέρα.

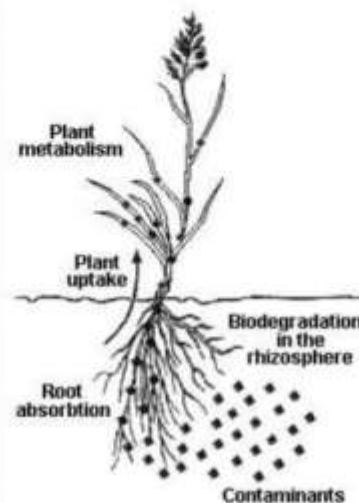
Ειδικότερα, κατά τις μέρες, στις οποίες παρατηρείται υψηλό επίπεδο ρύπανσης σε όζον και αιωρούμενα σωματίδια, έχουμε μία απότομη αύξηση των καρδιοπαθειών και των εγκεφαλικών.

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η χρήση της φυτοαποκατάστασης και των υπερσυσωρευτικών φυτών (hyperaccumulating plants) για την αποκατάσταση ρυπασμένων εδάφων.

Είναι μια σχετικά σύγχρονη μέθοδος, η οποία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε αρκετές περιπτώσεις απομάκρυνσης βαρέων μετάλλων από εδάφη.

Η φυτοαποκατάσταση είναι μια τεχνική καθαρή, αποτελεσματική, φιλική προς το περιβάλλον, που δεν απαιτεί την εκσκαφή και μεταφορά του ρυπασμένου εδάφους.

Οι διάφορες διαδικασίες, που απαρτίζουν γενικότερα την μέθοδο, απαιτούν τη συνισταμένη δράση μικροοργανισμών του εδάφους σε συνδυασμό με τα φυτά.



Η φυτοαποκατάσταση βασίζεται στις παρατηρήσεις, ότι μερικά φυτά μπορεί να είναι ανθεκτικά σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών χημικών ουσιών χωρίς να παρουσιάζουν ενδείξεις τοξικότητας, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προσλαμβάνουν και να μετατρέπουν χημικές ενώσεις σε λιγότερο τοξικές μορφές.

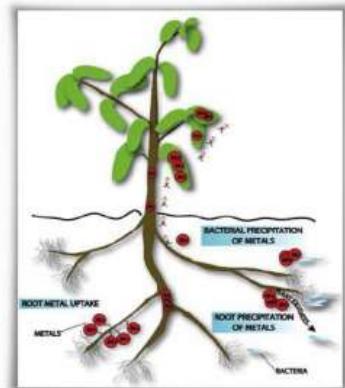
Η φυτοαποκατάσταση βασίζεται κυρίως σε συγκεκριμένα είδη φυτών, τα οποία καλούνται **υπερσυσσωρευτές** (**«hyperaccumulators»**) και τα οποία απορροφούν ασυνήθιστα μεγάλες ποσότητες μετάλλων σε σύγκριση με άλλα φυτά.

Ένα φυτό υπερσυσσωρευτής έχει την ικανότητα να απορροφά έως και 100 φορές μεγαλύτερη ποσότητα μετάλλου σε σχέση με ένα κοινό φυτό.

Υφίστανται δύο παραλλαγές φυτοεξαγωγής:

- **Φυσική υπερσυσσώρευση**, όπου τα φυτά απομακρύνουν τους ρύπους με φυσικό τρόπο απλώς καλλιεργούμενα επί τόπου και
- **Βοηθούμενη ή παρακινούμενη**, στην οποία ένα ρυθμιστικό διάλυμα, που περιέχει ένα χηλικό παράγοντα, όπως EDTA, LPCA προστίθεται στο έδαφος για να μεγιστοποιήσει την βιοδιαθεσιμότητα του βαρέως μετάλλου, ώστε τα φυτά να το απορροφήσουν πιο εύκολα.

Η φυτοαποκατάσταση εκμεταλλεύεται φυσικές διαδικασίες, που λαμβάνουν χώρα στα φυτά και οι οποίες περιλαμβάνουν απορρόφηση νερού και χημικών ενώσεων, μεταβολισμό εντός του φυτού, απελευθέρωση ανόργανων και οργανικών ενώσεων (εκκρίματα) στο έδαφος και φυσικές και βιολογικές επιδράσεις των ριζών του φυτού.



Η αποκατάσταση με τη βοήθεια φυτών απαιτεί την επαφή του ρυπαντή με το ριζικό σύστημα των φυτών.

Για το λόγο αυτό, η μορφολογία και το βάθος του ριζικού συστήματος επηρεάζει άμεσα το βάθος του εδάφους που μπορεί να αποκατασταθεί ή το βάθος του υπόγειου νερού που μπορεί να επηρεαστεί.

Σκοπός της εργασίας μου

Να βρεθούν τρόποι απορρύπανσης του Μολύβδου
από περιοχές, όπου έχουμε μεγάλες αποθέσεις
χρησιμοποιώντας τεχνολογίες απορρύπανσης, όπως η
ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΦΥΤΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
(ΤΡΙΦΥΛΛΙ)

Αυτές τις περιοχές μπορούμε να τις αξιοποιήσουμε στη συνέχεια ως Πάρκα αναψυχής.

**Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Καβάλας,
Τμήμα Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου.**

Πάρθηκε χώμα από κάποια περιοχή, εμπλουτίσθηκε με Μόλυβδο. Στη συνέχεια προσπάθησα να εφαρμόσω την παραπάνω μέθοδο για την απορρύπανσή του.

Προετοιμασία και μέτρηση δειγμάτων στην Ατομική Απορρόφηση



Παράμετροι καλλιέργειας
Δειγματοληψία
Διαλυτοποίηση δειγμάτων
Μέτρηση
Αποτελέσματα
Συμπεράσματα

Μάρτιος 2011

Παράμετροι καλλιέργειας

- Συγκέντρωση Pb
- Λίπανση
- Νερό
- Ποικιλία τριφυλλιού
- Χώμα



Συγκέντρωση Pb

Συγκέντρωση Pb : 150 mgr/Kgr.

Με εμπλούτισμό Pb : 250 mgr/Kgr.

Χρησιμοποιήσαμε Pb 4x100 ppm.

Fixanal 1 ampoule Load Atomic spectroscopic
concentrate 1 gr Pb.

Λίπανση

Λεκάνη 1: Λίπασμα 0-46-0 5 gr

Λεκάνη 2: Χωρίς λίπασμα

Ποικιλία τριφυλλιού: Μηδική. *Medicago sativa*

Σπόρος: 5 gr σε κάθε λεκάνη

Νερό

Στον 1^ο μήνα ποτίσθηκαν οι δύο λεκάνες από 200 ml αποσταγμένο νερό (κάθε δύο μέρες).

Στη συνέχεια 400 ml μέχρι το θέρισμα.

Διαστάσεις λεκάνης:

52 cm x 37 cm

Χώμα και χλωρό χόρτο

25 Kgr χώμα σε κάθε λεκάνη

5 gr χλωρό τριφύλλι από κάθε θέρισμα.

Θέρισμα του τριφυλλιού.

Μετρήσεις στο χώμα στις 20-09-2009

Σπορά 23-10-2009

1^ο Θέρισμα 15/3/2010

κάθε μήνα τα υπόλοιπα.

Δειγματοληψία



- Λαμβάνονται δείγματα χώματος από διάφορα σημεία του χώρου καλλιέργειας (επιφάνεια, βάση).
- Ξηραίνονται σε κλίβανο, ομογενοποιούνται και κοσκινίζονται από κόσκινο 63 μμ.



Διαλυτοποίηση



- Διαλυτοποιούνται με τη μέθοδο του αυτόκλειστου στο φούρνο μικροκυμάτων (Multiwave Anton Paar)
- Διηθούνται και αραιώνονται με δις απεσταγμένο νερό.



Προγράμματα για την διαδικασία χώνευσης χώματος και τριφυλλιού

• Χώμα

- Βάρος ξηρής ουσίας: 0,3 gr.
- Οξύ για τη χώνευση: 5 ml νιτρικό οξύ (HNO_3)
- Πίεση: 30 bar
- Θερμοκρασία: 260 °C
- Ισχύς: 1000 W
- Χρόνος ανάλυσης: 35 min

• Τριφύλλι

- Βάρος ξηρής ουσίας: 0,5 gr.
- Οξύ για τη χώνευση: Μείγμα οξέων αποτελούμενο από 4 ml νιτρικό οξύ (HNO_3) και 1 ml υδροχλωρικό οξύ (HCl)
- Πίεση: 75 bar
- Θερμοκρασία: 300 °C
- Ισχύς: 800 W
- Χρόνος ανάλυσης: 35 min

Μέτρηση δειγμάτων στην ατομική απορρόφηση με την τεχνική της φλόγας



- Η μέτρηση πραγματοποιείται στο φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Perkin Elmer 5100PC) με την τεχνική της φλόγας (flame).
- Η δυνατότητα μέτρησης της συγκέντρωσης είναι της τάξης των ppm (mg/l).
- Η βαθμονόμηση της συσκευής γίνεται με πρότυπα διαλύματα τα οποία ζεκινούν από την αραίωση του βασικού προτύπου 1 gr.Pb της Fluka Sigma Aldrich.

Αποτελέσματα μετρήσεων

Χώμα

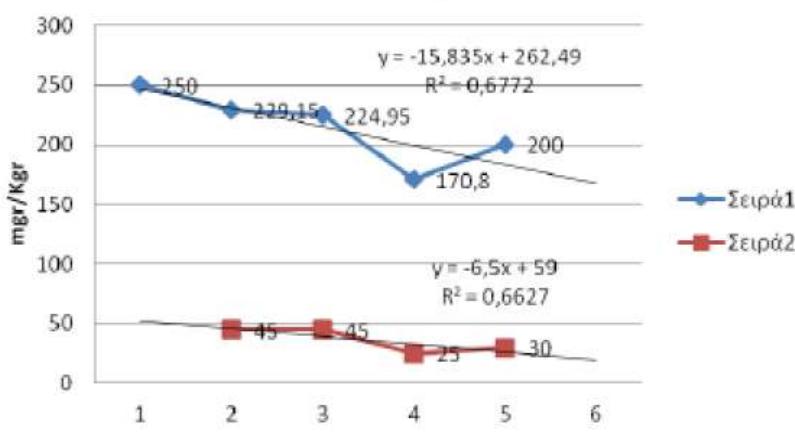
	ΔΟΧΕΙΟ 1		ΔΟΧΕΙΟ 2	
	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΒΑΘΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΒΑΘΟΣ
Α' ΘΕΡΟΣ	2,7 mg/lit	2,8 mg/lit	2,6 mg/lit	2,4 mg/lit
	225,0 mg/Kg	233,3 mg/Kg	216,6 mg/Kg	200,0 mg/Kg
Β' ΘΕΡΟΣ	2,8 mg/lit	2,6 mg/lit	2,1 mg/lit	2,5 mg/lit
	233,3 mg/Kg	216,6 mg/Kg	175,0 mg/Kg	208,3 mg/Kg
Γ' ΘΕΡΟΣ	2,2 mgr/l	1,9 mgr/l	2,0mgr/l	1,7 mgr/l
	183,3mgr/Kgr	158,3mg/Kg	166,66mg/Kgr	141,66mg/Kgr
Δ' ΘΕΡΟΣ	2.4 mgr/l	2.4 mgr/l	2.5 mgr/l	2.6 mgr/l
	200,0 mg/Kg	200,0 mg/Kg	208,33mg/Kg	216,6mg/Kg

Αποτελέσματα μετρήσεων

Τριφύλλι

	ΔΟΧΕΙΟ 1	ΔΟΧΕΙΟ 2
Α' ΘΕΡΟΣ	0,9 mg/lit	0,7 mg/lit
	45,0 mg/Kg	35,0 mg/Kg
Β' ΘΕΡΟΣ	0,9 mg/lit	0,8 mg/lit
	45,0 mg/Kg	40,0 mg/Kg
Γ' ΘΕΡΟΣ	0,5mgr/l	0,5mgr/l
	25mgr/Kgr	25mgr/Kgr
Δ' ΘΕΡΟΣ	0.6 mgr/l	0.5 mgr/l
	30mg/Kg	30mg/Kg

Λεκάνη 1

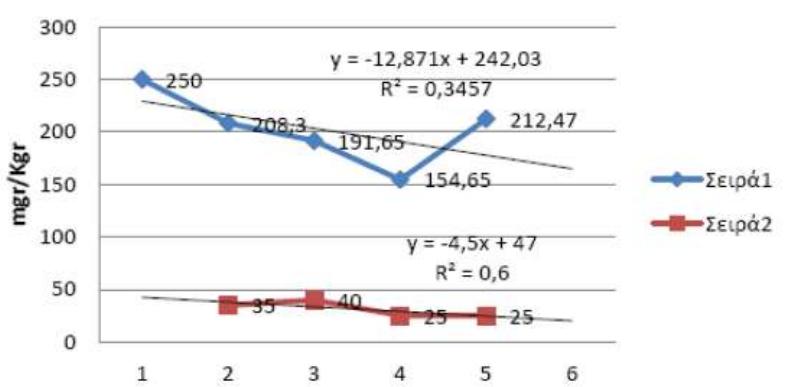


Σειρά 1: Διαφορά χώματος Επιφανειακού-βάθος

Σειρά 2: Απορρόφηση μολύβδου από το τριφύλλι

Λεκάνη Νο1 με λίπασμα. Διαφορά χώματος Ε,Β με Τ.

Λεκάνη 2

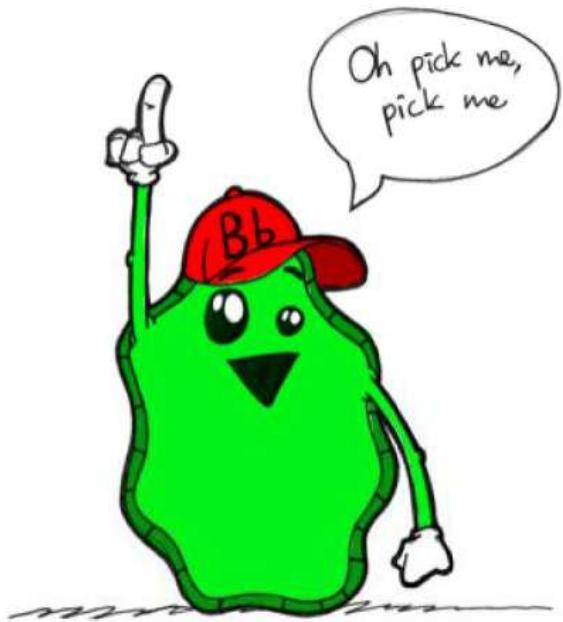


Σειρά 1: Διαφορά χώματος Επιφανειακού-βάθος

Σειρά 2: Απορρόφηση μολύβδου από το τριφύλλι

Λεκάνη Νο2 χωρίς λίπασμα. Διαφορά χώματος Ε,Β με Τ.

Συμπεράσματα για τη λεκάνη 1 με λίπασμα



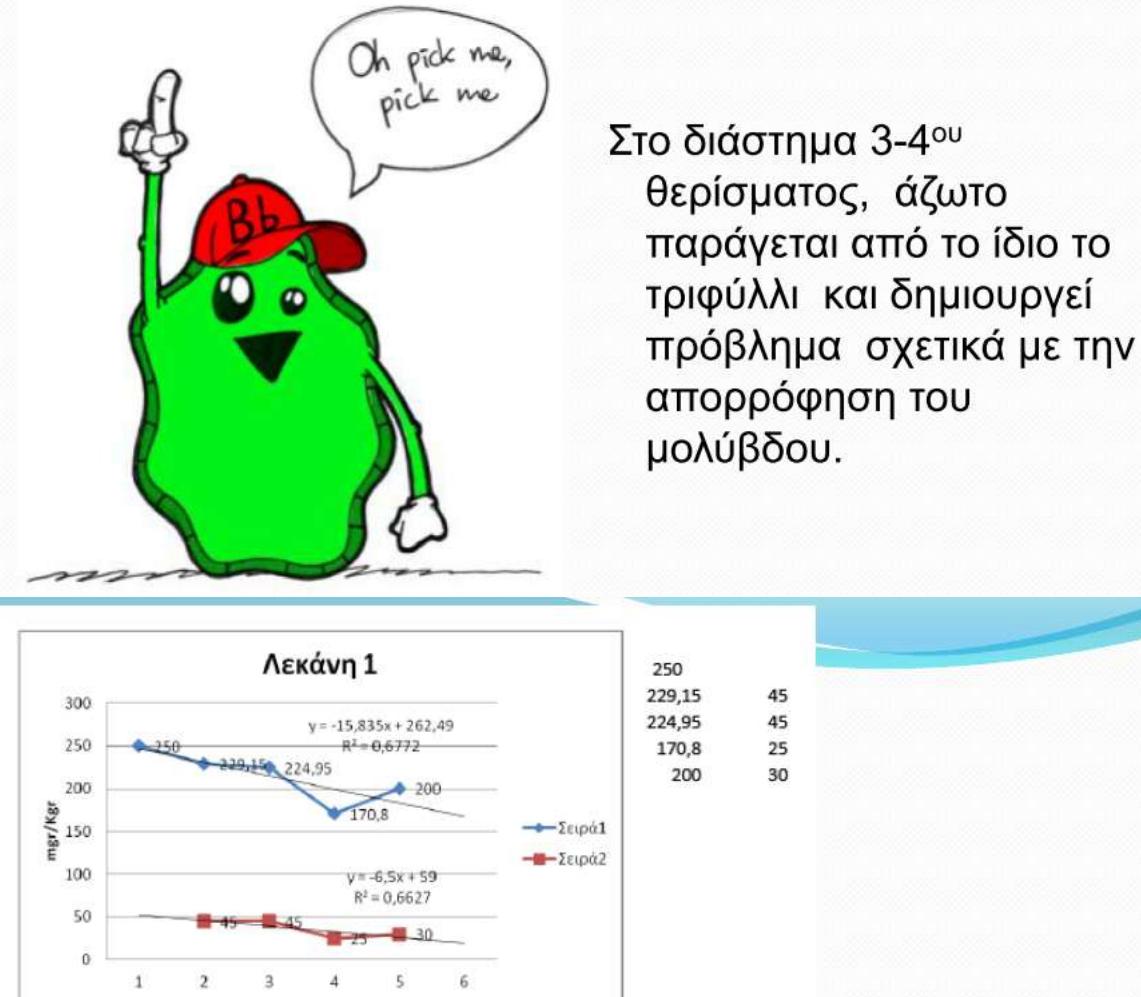
Παρατηρούνται απότομες
αλλαγές στην
απορρόφηση μετά το 3^ο
θέρισμα.

Συμπεράσματα για τη λεκάνη 2 χωρίς λίπασμα



Παρατηρούνται στρωτές-
ομαλές μεταβολές μετά
το 3^ο θέρισμα

Γενικά συμπεράσματα



Σειρά 1: Διαφορά χώματος Επιφανειακού-βάθος

Σειρά 2: Απορρόφηση μολύβδου από το τριφύλλι

Υπολογίζεται η κλίση της εξίσωσης $Y = -15,83\chi + 262,4$ από το διάγραμμα λεκάνη No1 με λίπασμα:

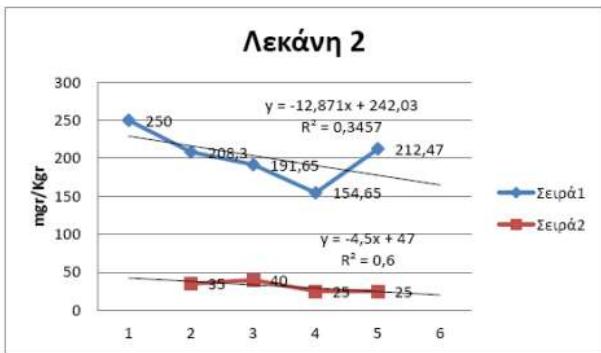
$$\varphi(\theta_1) = \frac{262,4}{16,58} = 15,826 \quad \theta_1 = 0,282$$

Ομοίως για την εξίσωση

$$Y = -6,5\chi + 59$$

$$\varphi(\theta_2) = \frac{59}{9,077} = 6,5 \quad \theta_2 = 0,114$$

$$\Delta \text{ιαφορά γωνιών } \theta_2 - \theta_1 = 0,168 \text{ (α)}$$



250	35
208,3	40
191,65	25
154,65	25
212,47	25

Υπολογίζεται η κλίση της εξίσωσης $Y = -12,87x + 242$ από το διάγραμμα λεκάνη No2 με λίπασμα:

$$\text{θψ}(\theta_1) = \frac{242}{18,803} = 12,87 \quad \theta_1 = 0,23$$

Ομοίως για την εξίσωση:

$$Y = -4,5x + 47$$

$$\text{θψ}(\theta_2) = \frac{47}{10,44} = 4,5 \quad \theta_2 = 0,08$$

$$\text{Η διαφορά των γωνιών } \theta_2 - \theta_1 = 0,15 \quad (\beta)$$

$$(α) + (\beta) = 0,15 + 0,168 = 0,344 \Rightarrow 0,318/2 = 0,159 \text{ συντελεστής φυτοεξαγωγής.}$$

Με βάση αυτού υπολογίζουμε το χρόνο απορρύπανσης.

$$250 \times 0,159 = 39,75 \text{ mgr/kgr } 1^{\circ}\text{C} \text{ χρόνος.}$$

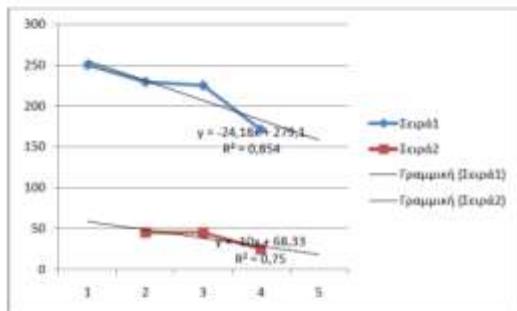
Άρα για τα 250 mgr/Kgr θέλουμε 6,3έτη.

Κατά το 4^o θέρισμα το ίδιο το τριφύλλι παράγει άζωτο. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι το τριφύλλι να αδυνατεί να απορροφήσει το μόλυβδο λόγω της κακής ανάπτυξης. Στην έρευνά μου εξετάστηκε και η περίπτωση μέχρι και το 3^o θέρισμα, οι εξισώσεις που προκύπτουν είναι ικανοποιητικές. Για την λεκάνη No1 το R^2 παίρνει τις τιμές: 0,854 και 0,75 ενώ για την λεκάνη No2, το R^2 παίρνει τις τιμές 0,976 και 0,428. Ο χρόνος της απορρύπανσης μειώνεται μέχρι και 2 έτη

Εξετάζοντας την περίπτωση και του 3ου Θερίσματος

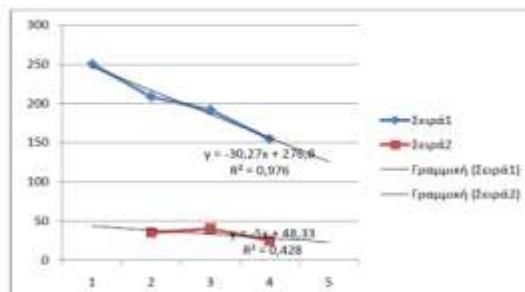
Λεκάνη 1

229,15 45
224,95 45
170,8 25



Λεκάνη 2

208,3 35
191,65 40
154,65 25



Θερίσματα Χώμα mgr/Kgr Τριφύλλι mgr/Kgr

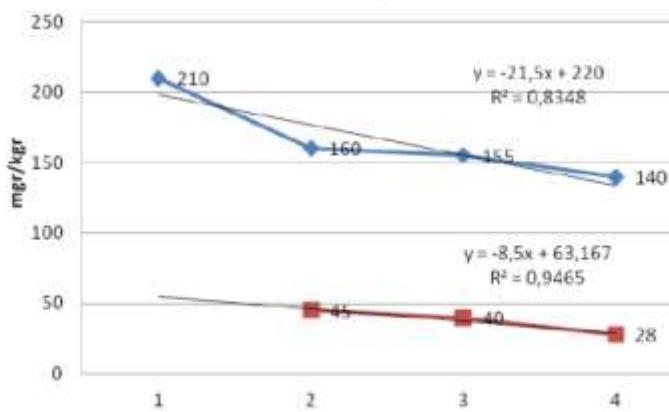
1	210
2	160
3	155
4	140

Επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία την επόμενη χρονιά.

Το χώμα με τις υπάρχουσες ρίζες του φυτού ανακατεύθηκε καλά και ξαναέγινε η σπορά με την ίδια διαδικασία. Στο χώμα η συγκέντρωση του μολύβδου βρέθηκε να είναι 210 mgr/Kgr.

Η διαδικασία έγινε με μία λεκάνη όπου προστέθηκε η ίδια ποσότητα λιπάσματος και σπόρου με την πρώτη χρονιά.

Λεκάνη 1



Η έρευνα στο εργαστήριο στα πλαίσια της παρούσης εργασίας έδειξε:

- 1.Το φυτό στον πρώτο μήνα ανάπτυξης, παρουσίασε μια καθυστέρηση στο ρυθμό ανάπτυξης-βλάστησης σε σχέση με την λεκάνη 3 που χρησιμοποιήθηκε χώμα καθαρό από θέμα ρύπανσης. Στη συνέχεια το πρόβλημα ξεπεράστηκε, όταν το φυτό ανέπτυξε καλό σύστημα ριζών. Η μείωση στη βλάστηση και ανάπτυξη της μηδικής ίσως ήταν αποτέλεσμα διαφοροποιήσεων στο σπόρο μηδικής και/ή στο μεταβολισμό του φυτού ως άμεση συνέπεια της παρουσίας ρύπων στο έδαφος. Η περίοδος προσαρμογής των φυτών και η αντοχή στους ρύπους είναι στοιχεία ενδείξεων αλλά μπορεί να πάρουν χρόνο.
- 2 Στις πρώτες εβδομάδες ανάπτυξης της βλάστησης, η λεκάνη Νο3 υπερτερούσε των άλλων δύο. Στη συνέχεια ο ρυθμός βλάστησης επανήλθε στο ίδιο επίπεδο των άλλων. Σαν αιτία μπορεί να θεωρηθεί ο ρύπος. Ίσως ο ρύπος να εμποδίζει την ταχύτητα βλάστησης του φυτού. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει τις διαδικασίες προσαρμογής του φυτού.
- 3.Η εφαρμογή της μεθόδου μου δείχνει ότι η φυτοτοξικότητα διαρκεί 3 με 4 εβδομάδες. Το σημείο αυτό για την παρούσα εργασία μου αποτελεί και σημείο αναφοράς της αντοχής του φυτού απέναντι στο ρύπο και επιπλέον σημείο αναφοράς ως προς την επιλογή του κατάλληλου φυτού. Μια καταλληλότητα που αφορά την επιλογή του φυτού ως προς την αποκατάσταση μολυσμένων περιοχών.

- 4.Η μηδική αύξησε σημαντικά τον αριθμό των βακτηρίων αποδόμησης στη ριζόσφαιρα. Τα γεγονότα αυτά δείχνουν την επίδραση της ριζόσφαιρας για τη μηδική και επιπλέον δίνει και ένα πλεονέκτημα προτίμησης, ως φυτού υπερσυσσωρευτή σε σχέση με άλλα φυτά της ίδιας κατηγορίας.
- 5.Η μεγαλύτερη συγκέντρωση μόλυβδου στους βλαστούς παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της τρίτης συλλογής (θέρισμα). Στη συνέχεια στο φυτό αρχίζει να αδρανεί ο μηχανισμός της απορρύπτανσης. Ο ρυθμός βλάστησης σταματά. Το άζωτο που παράγεται από την ίδια την μηδική (τριφύλλι) φαίνεται να είναι η κύρια αιτία. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που χρησιμοποιήθηκε λίπασμα χωρίς άζωτο. Στον επόμενο χρόνο επαναλάβαμε την ίδια διαδικασία. Το κέρδος εξαγωγής μολύβδου από το χώμα είναι περίπου 40 με 50 mgr/Kgr μάζα μόλυβδου για κάθε έτος.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα αποτελέσματα των πειραμάτων είναι:

- 1.Η εφαρμογή της μεθόδου μου δείχνει ότι η φυτοτοξικότητα διαρκεί 3 με 4 εβδομάδες. Το σημείο αυτό για την παρούσα εργασία μου αποτελεί και σημείο αναφοράς της αντοχής του φυτού απέναντι στο ρύπο και επιπλέον σημείο αναφοράς ως προς την επιλογή της Μηδικής.
- 2.Η αποτελεσματικότητα της απορρύπανσης του εδάφους έφτασε κατά μέσο όρο το 30% τον πρώτο χρόνο. Η εφαρμογή της τεχνολογίας σε πραγματικές συνθήκες επέδειξε το ρόλο κλειδί της επίδρασης της ριζόσφαιρας ως τον κύριο μηχανισμό αποκατάστασης του μολυσμένου εδάφους από μόλυβδο. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου έφτασε στο μέγιστο, τον πρώτο χρόνο των πειραμάτων όπου η συγκέντρωση του μόλυβδου ήταν αυξημένη.
- 3.Η ποσότητα του μόλυβδου που προσλαμβάνεται από το φυτό σχετίζεται με την ποσότητα του μόλυβδου που υπάρχει στο έδαφος. Η πρόσληψη του μόλυβδου από την Μηδική αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του μόλυβδου αλλά και με την πάροδο του χρόνου.
- 4.Η αρνητική επίδραση του μόλυβδου στη ανάπτυξη της Μηδικής (ύψος και φύλλωμα-βλάστηση), ήταν μεγαλύτερη κατά την διάρκεια των τριών πρώτων εβδομάδων.

5. Η ίδια η Μηδική προσαρμόστηκε στις τρέχουσες συνθήκες.
6. Οσο αφορά στην βιοσυσσώρευση του μολύβδου στο υπέργειο τμήμα της Μηδικής διαπιστώθηκε ότι εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις μολύβδου σε σύγκριση με την ρίζα της. Η βιοδιαθεσιμότητα του μολύβδου στο χώμα αυξάνεται ανάλογα με την ποσότητα που είχε προστεθεί.
7. Χρησιμοποιήθηκε κατά την διαδικασία λίπασμα χωρίς άζωτο για την γρήγορη και καλή βλάστηση της Μηδικής. Το άζωτο μπλοκάρει τους μηχανισμούς ανάπτυξης και βλάστησής της. Παρατηρήθηκε ότι η ίδια η Μηδική παράγει άζωτο στο διάστημα 3 και 4 θερίσματος και η επιπλέον μια ποσότητα λιπάσματος με άζωτο, επιβραδύνει τον μηχανισμό της καλής βλάστησή της, με αποτέλεσμα να αδρανοποιείται ο μηχανισμός της φυτοαποκατάστασης.
8. Με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν στο εργαστήριο η αποκατάσταση διαρκεί περίπου 6 χρόνια. Υπάρχει μια μικρή απόκλιση που αφορά στο χρόνο απορρύπανσης της δικής μου εργασίας από τα διάφορα θεωρητικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν από άλλους ερευνητές κάτω από λίγο διαφορετικές συνθήκες.

9. Η μέθοδος της φυτοαποκατάστασης που εφαρμόστηκε στην διαδικασία της ερευνητικής μου εργασίας παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως το σχετικά χαμηλό κόστος, είναι φιλική προς το περιβάλλον, απαιτεί μικρές απαιτήσεις σε τεχνολογικό εξοπλισμό και είναι πολύ αποδεκτή από το κοινωνικό σύνολο.

10. **Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της φυτοαποκατάστασης γενικά είναι ότι έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τους ρυπαντές σε απλούστερες και λιγότερο τοξικές ενώσεις.**

11. **Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι:**

Παράγεται βιομάζα η οποία απαιτεί συλλογή και περαιτέρω χειρισμό.

Δυσκολία πρόβλεψης της απόδοσής της.

Η εφαρμογή της σε σχετικά περιορισμένο βάθος ρύπανσης.

Η μεγάλη χρονική διάρκεια για την ολοκλήρωσή της.

Η εξάρτησή της από τις φυσικοχημικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και, τέλος, η αρκετά συχνά μη επιτυχής μετάβαση από τις εργαστηριακές έρευνες στις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή της ρύπανσης.

Επίλογος

Η τοξική επίδραση του μολύβδου στον οργανισμό μπορεί να επιφέρει σοβαρές και μόνιμες βλάβες.

Η τοξικότητα του μολύβδου θα πρέπει να αναγνωρισθεί και να αντιμετωπισθεί με σοβαρότητα.
Πρέπει, τέλος, να τονισθεί η τοξική απειλή των βαρέων μετάλλων για τη δημόσια υγεία.

Θα πρέπει:

Να θεσπιστούν πρόσθετοι περιορισμοί στην χρησιμοποίηση του μολύβδου σε διάφορα υλικά , παιχνίδια κλπ.

Να θέσει η πολιτεία σε δράση διάφορες πολιτικές αποφυγής και επεξεργασίας(μέτρα αντιρρύπανσης), προκειμένου να μειωθεί η τοξική επίδραση του μολύβδου στην υγεία του ανθρώπου.