



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΥΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Συσσώρευση Μολύβδου (Pb), Χρωμίου (Cr), Καδμίου (Cd) σε  
διαφορετικά φυτικά μέρη σε γλαστρικά φυτά βασιλικού  
(*Ocimum basilicum*) και δυόσμου (*Mentha spicata*)

ΕΛΕΝΗ ΜΑΡΝΑΣΙΔΟΥ 02171

ΒΟΛΟΣ, 2022



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES

DEPARTMENT OF AGRICULTURE CROP PRODUCTION  
AND RURAL ENVIRONMENT

LABORATORY OF FLORICULTURE

SUPERVISOR: LYKAS CHRISTOS

Lead (Pb), Chromium (Cr), Cadmium (Cd) accumulation in  
different plant parts in pot plants of basil (*Ocimum basilicum*)  
and spearmint (*Mentha spicata*)

ELENI MARNASIDOU 02171

VOLOS, 2022

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Χρήστο Λύκα για τη δυνατότητα που μου έδωσε να εντρυφήσω στην πτυχιακή μου εργασία με θέμα τη συσσώρευση του μολύβδου, χρωμίου και καδμίου σε διαφορετικά μέρη γλαστρικών φυτών βασιλικού και δυόσμου, καθώς και για την καθοδήγησή του που συντέλεσαν στην επιτυχή ολοκλήρωσή της. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου που μου έδωσαν τα κατάλληλα εφόδια και τις γνώσεις πάνω στον κλάδο της Γεωπονίας. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου, που πίστεψαν σε μένα και με στήριζαν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΛΥΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Αναπληρωτής Καθηγητής , Ανθοκομία και Αρχιτεκτονική  
Τοπίου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ Επίκουρος Καθηγητής , Γεωργία με έμφαση στην  
καλλιέργεια Ενεργειακών, Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ Αναπληρωτής Καθηγητής , Λαχανοκομία,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

*ΒΕΒΑΙΩΝΩ ΟΤΙ ΕΙΜΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, Η  
ΟΠΟΙΑ ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΤΤΦΠΑΠ.*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος Πινάκων .....	1
Κατάλογος Σχημάτων .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
1.1 Σκοπός .....	5
1.2 Αρωματικά φυτά .....	5
1.3 Αστική γεωργία .....	7
1.4 Ρύπανση και βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον.....	8
1.4.1 Κάδμιο (Cd) .....	9
1.4.2 Μόλυβδος (Pb).....	10
1.4.3 Χρώμιο (Cr) .....	10
1.5 Βαρέα μέταλλα στα φυτά .....	11
1.5.1 Κάδμιο (Cd) .....	11
1.5.2 Μόλυβδος (Pb).....	12
1.5.3 Χρώμιο (Cr) .....	13
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	15
2.1 Πειραματική διαδικασία.....	15
2.1.1 Φυτά που τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο .....	15
2.1.1.1 Μεταχείριση πρώτη: ριζοπότισμα .....	15
2.1.1.2 Μεταχείριση δεύτερη: επίπαση (διαφυλλικές εφαρμογές) .....	16
2.1.1.3 Φυτά – μάρτυρες.....	16
2.1.2 Φυτά που τοποθετήθηκαν στην περιοχή της Αγριάς .....	16
2.2 Χημική ανάλυση .....	17
2.3 Στατιστική ανάλυση .....	17
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	18
3.1 Βαρέα μέταλλα στο νερό .....	18
3.2 Βαρέα μέταλλα στα φυτά.....	21

3.2.1 Βασιλικός .....	21
3.2.1.1 Φυτά – μάρτυρες .....	24
3.2.1.2 Ριζοπότισμα .....	24
3.2.1.3 Επίπαση (Διαφυλλικές εφαρμογές) .....	27
3.2.1.4 Φυτά στην περιοχή της Αγριάς .....	29
3.2.2 Δυόσμος .....	30
3.2.2.1 Φυτά – μάρτυρες .....	33
3.2.2.2 Ριζοπότισμα .....	33
3.2.2.3 Επίπαση (Διαφυλλικές εφαρμογές) .....	35
3.2.2.4 Φυτά στην περιοχή της Αγριάς .....	36
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	38

## **Κατάλογος Πινάκων**

<b>Πίνακας 1</b> Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης του προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων στο νερό της Αγριάς:.....	18
<b>Πίνακας 2</b> Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης του προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων στο νερό του θερμοκηπίου:.....	18

## Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....21
- Σχήμα 2** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cr σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....22
- Σχήμα 3** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....22
- Σχήμα 4** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν διαφυλλικής εφαρμογής συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.....23
- Σχήμα 5** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση στην περιοχή της Αγριάς συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.....23
- Σχήμα 6** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....30
- Σχήμα 7** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cr σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....31
- Σχήμα 8** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση. ....31
- Σχήμα 9** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν διαφυλλικής εφαρμογής συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.....32
- Σχήμα 10** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση στην περιοχή της Αγριάς συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.....33



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μεγάλη ζήτηση για τα αρωματικά φυτά, με αποτέλεσμα όλο και περισσότερος κόσμος να τα καλλιεργεί, κυρίως για τη χρήση τους στη μαγειρική, και επομένως την κατανάλωση. Ωστόσο, η διαρκώς αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος έχει ως αποτέλεσμα πληθώρα βαρέων μετάλλων να συσσωρεύεται στα φυτά με συνέπεια να τα καθιστά επικίνδυνα για την υγεία. Η εργασία αυτή μελετάει τη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων: Μόλυβδου (Pb), του Χρωμίου (Cr) και του Καδμίου (Cd), στα φύλλα, στους βλαστούς και στις ρίζες των φυτών βασιλικού (*Ocimum basilicum*) και δυόσμου (*Mentha spicata*), τα οποία καλλιεργήθηκαν στο θερμοκήπιο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, Μαγνησίας και στην Αγριά, Μαγνησίας. Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει α) την εφαρμογή μέσω ριζοποτίσματος  $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ Pb(NO}_3)_2$ ,  $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cr(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  και  $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cd(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  και β) διαφυλλικές εφαρμογές με  $450 \text{ mg PbO}$ ,  $450 \text{ mg CrO}$  και  $240 \text{ mg CdO}$ . Επιπλέον, υπήρξαν φυτά – μάρτυρες, καθώς και φυτά στην περιοχή της Αγριάς, στα οποία έγινε μόνο πότισμα με νερό βρύσης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μεγαλύτερη συσσώρευση βαρέων μετάλλων είχαν τα φυτά βασιλικού και δυόσμου που δέχθηκαν τις διαφυλλικές εφαρμογές των βαρέων μετάλλων. Τα φυτά βασιλικού που ποτίζονται με νερό που περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις Cd, Cr και Pb (ριζοπότισμα) μπορούν να συσσωρεύσουν υψηλές ποσότητες Cd στα φύλλα. Στην περίπτωση των διαφυλλικών εφαρμογών, μπορούν να συσσωρεύσουν Cd, Cr και Pb στα νεαρά φύλλα, ενώ υψηλή συγκέντρωση Cr και Pb μπορεί επίσης να συσσωρευτεί στους βλαστούς. Στα φυτά του δυόσμου που ποτίζονται με νερό που περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις Cd, Cr και Pb (ριζοπότισμα) δεν παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές αυτών των μετάλλων στα εξεταζόμενα φυτικά μέρη, ενώ στην περίπτωση της διαφυλλικής εφαρμογής τα φυτά μπορούν να συσσωρεύσουν υψηλές συγκεντρώσεις Cr και Pb στα νεαρά φύλλα, αλλά και στους βλαστούς. Η καλλιέργεια των φυτών βασιλικού και δυόσμου στην περιοχή της Αγριάς και η άρδυσή τους με το πόσιμο νερό της περιοχής, επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου μόνο στα φυτά του βασιλικού, με την τιμή του να σημειώνεται αυξημένη στα φύλλα, ενώ συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα στις υπόλοιπες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα διάφορα μέρη των 2 ειδών φυτών ήταν παρόμοιες.

Τελικά, από τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα φυτά του βασιλικού και του δυόσμου, προκύπτει πως τα φυτά δεν συσσωρεύουν την ίδια ποσότητα βαρέων μετάλλων σε κάθε τμήμα τους (ρίζα, βλαστό, φύλλα), καθώς και πως τα τρία μέταλλα που εξετάστηκαν δεν είχαν ίδιες τιμές συσσώρευσης και στα δύο φυτά.

Λέξεις-κλειδιά: αρωματικά φυτά, βαρέα μέταλλα, διαφυλλικές εφαρμογές, ρύπανση, συσσώρευση

## ABSTRACT

In recent years there has been a great demand for aromatic plants, with the result that more and more people are growing them, mainly for their use in cooking, and therefore consumption. However, the ever-increasing pollution of the environment results in an abundance of heavy metals accumulating in plants, consequently making them dangerous for health. This work studies the accumulation of heavy metals: Lead (Pb), Chromium (Cr) and Cadmium (Cd), in the leaves, shoots and roots of basil (*Ocimum basilicum*) and mint (*Mentha spicata*) plants, which were cultivated in the greenhouse of the University of Thessaly in Velestino, Magnesia and Agria, Magnesia. The experimental procedure includes a) application by root irrigation of 20 mg L<sup>-1</sup> Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 20 mg L<sup>-1</sup> Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O and 10 mg L<sup>-1</sup> Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O and b) foliar applications with 450 mg PbO, 450 mg CrO and 240 mg CdO. In addition, there were control plants, as well as plants in the Agria area, which were only irrigated with tap water.

The results showed that the basil and mint plants that received the foliar applications of heavy metals had a bigger accumulation of heavy metals. Basil plants irrigated with water containing high concentrations of Cd, Cr and Pb (root irrigation) can accumulate high amounts of Cd in leaves. In the case of foliar applications, Cd, Cr and Pb can accumulate in young leaves, while high concentration of Cr and Pb can also accumulate in shoots. In the mint plants irrigated with water containing high concentrations of Cd, Cr and Pb (root watering) no high values of these metals were observed in the examined plant parts, while in the case of foliar application the plants can accumulate high concentrations of Cr and Pb in the young leaves, but also in the shoots. The cultivation of basil and mint plants in the area of Agria and their irrigation with the drinking water of the area, significantly affected the concentration of cadmium only in the basil plants, with its price marking increased in the leaves, while compared to the control plants in the remaining cases the concentrations of the metals in the different parts of the 2 plant species were similar.

Finally, from the chemical analyzes carried out on the basil and mint plants, it appears that the plants do not accumulate the same amount of heavy metals in each of their parts (root, shoot, leaves), and that the three metals examined did not have the same accumulation values in both plants.

**Keywords:** aromatic plants, heavy metals, foliar applications, pollution, accumulation

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Σκοπός

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η διερεύνηση της συσσώρευσης του Μόλυβδου (Pb), του Χρωμίου (Cr) και του Καδμίου (Cd) στα διάφορα φυτικά όργανα (ρίζα, βλαστοί, φύλλα) σε φυτά βασιλικού και δυόσμου, τα οποία καλλιεργήθηκαν για σύντομο χρονικό διάστημα στο θερμοκήπιο του Βελεστίνου και στην περιοχή της Αγριάς, του Νομού Μαγνησίας.

## 1.2 Αρωματικά φυτά

Τα αρωματικά, είναι μία κατηγορία φυτών με παγκόσμιο ενδιαφέρον λόγω του ευρέος φάσματος των εφαρμογών και ιδιοτήτων τους, όπως η καλλωπιστική και η διατροφική αξία τους. Το χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η ιδιαίτερη μυρωδιά τους η οποία οφείλεται στα αιθέρια έλαια που εντοπίζονται στα διάφορα μέρη κάθε φυτού (φύλλα, άνθη, βλαστούς). Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως αρκετά από αυτά είναι αυτοφυή σε διάφορα υψόμετρα του ελλαδικού χώρου. Μία προνομιούχα χώρα ως προς τη δυνατότητα καλλιέργειας αρωματικών φυτών και ανάπτυξης εξαιρετικής ποιότητας προϊόντων τους θεωρείται και η Ελλάδα, εξαιτίας των εδαφοκλιματικών συνθηκών της [1].

Στην Ελλάδα, ο μεγαλύτερος αριθμός από αρωματικά φυτά ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae* (Χειλανθή). Σε αυτήν την οικογένεια, βρίσκονται είδη θερμών και ξηρών περιοχών, με αρκετά γνωρίσματα όπως είναι η συμπέταλη στεφάνη, ο βλαστός που είναι τετράγωνος με τα αντίθετα φυόμενα φύλλα, τα αιθέρια έλαια κ.α..

Γενικότερα, σημειώνεται παγκόσμιο ενδιαφέρον για τα φυτά της κατηγορίας των αρωματικών, καθώς και για τα αιθέρια έλαια αυτών, που συνοδεύεται από σημαντική αύξηση των ερευνών τα τελευταία δέκα έτη [2]. Πολλές βιομηχανίες στηρίζονται στην επεξεργασία τους, διεκδικώντας μία σημαντική θέση στον τομέα της παγκόσμιας αγοράς [3].

Η χρήση των αρωματικών φυτών ως καλλωπιστικά είναι ευρέως διαδεδομένη από πολύ παλιά μέχρι και σήμερα. Πολλά από αυτά μπορούν να φυτευτούν σε κήπους, σε φυτοδοχεία στις ταράτσες και στα μπαλκόνια των σπιτιών, αλλά και σε γλάστρες για διακόσμηση του εσωτερικού χώρου σε σπίτια, σε χώρους εργασίας, σε σχολεία κ.α.. Η φύτευσή τους μπορεί να γίνει σε παρτέρια, μεμονωμένα, καθώς και σε ομάδες (γραμμικά ή σε συστάδες), δίνοντας έτσι συνδυασμούς χρωμάτων και αρωμάτων στο χώρο. Είναι ιδανικά για βραχόκηπους, ενώ παράλληλα δίνουν τη δυνατότητα

συγκαλλιέργειας με κηπευτικά σε λαχανόκηπους [84]. Η οικιακή καλλιέργεια πολλών αρωματικών φυτών ως καλλωπιστικά, δίνει τη δυνατότητα στους ανθρώπους να μπορούν να τα καταναλώνουν, προσθέτοντάς τα στο φαγητό τους. Έτσι, τα φυτά πέρα από την αισθητική και αρωματική αξία που έχουν, αποκτούν παράλληλα και διατροφική αξία.

Δύο από τα πιο διαδεδομένα φυτά της κατηγορίας των αρωματικών είναι ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και ο δυόσμος (*Mentha spicata*).

Ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*) είναι ένα ποώδες, μονοετές αρωματικό φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae και είναι ένα πολύ δημοφιλές φυτό στην Ελλάδα. Μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 50 με 60 cm και πλάτος μεταξύ 40 με 50 cm. Οι ποικιλίες που είναι πλατύφυλλες μπορούν να φτάσουν και 1,50 m. Ο βασιλικός διακρίνεται από πλούσιο σύστημα ριζών και έχει γρήγορο σχετικά ρυθμό ανάπτυξης. Χρησιμοποιείται ευρέως από την αρχαιότητα στη μαγειρική (φρέσκος αλλά και αποξηραμένος), στη ζαχαροπλαστική καθώς και για φαρμακευτικούς – θεραπευτικούς λόγους στην παραδοσιακή ιατρική και ειδικότερα, λόγω του αιθέριου ελαίου του, στην αρωματοθεραπεία. Εκτός αυτών, πολλές ποικιλίες του βασιλικού συναντώνται και σαν καλλωπιστικά φυτά, ενώ από πολλούς χρησιμοποιούνται στην κηπουρική [4,5].

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες βασιλικού, που διαφέρουν ως προς το μέγεθος, το σχήμα, το άρωμα και το χρώμα των φύλλων. Οι εμπορικές ποικιλίες βασιλικού παρουσιάζουν επίσης μεγάλη ποικιλία στη συνήθεια ανάπτυξης, στα χρώματα των λουλουδιών, των φύλλων και του στελέχους και στα αρώματα. Πολλές από τις ποικιλίες που αξιολογήθηκαν ανήκουν στην ομάδα του «γλυκού» βασιλικού με τα «Genovese», «Italian large leaf», «Mammoth», «Napoletano» και «Sweet» να κυριαρχούν στις αγορές φρέσκων και ξηρών βοτάνων. Τα φρέσκα φύλλα βασιλικού έχουν έντονο και χαρακτηριστικό άρωμα, που δεν συγκρίνεται με κανένα άλλο μπαχαρικό, αν και υπάρχει μια ανιχνεύσιμη νότα από γαρύφαλλο. Εκτός από τον «μεσογειακό τύπο» που είναι πιο κοινός στη Δύση, είναι διαθέσιμη μια πληθώρα άλλων ποικιλιών ή ποικιλιών με διαφορετικές γεύσεις, πολλές από τις οποίες είναι υβρίδια [6].

Ο γλυκός βασιλικός καλλιεργείται σε αγροτική κλίμακα μεταξύ 7 και 27°C και pH εδάφους 4,3 έως 8,2. Αν και είναι ευαίσθητο σε παγετό και τραυματισμό λόγω ψυχρής θερμοκρασίας, το είδος αναπτύσσεται καλύτερα σε μεγάλης διάρκειας ημέρες, σε ηλιόλουστες συνθήκες και σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Ο βασιλικός μπορεί να σπαρθεί απευθείας ή να μεταφυτευτεί στο χωράφι στα τέλη της άνοιξης, μετά την περίοδο του παγετού [7].

Ο δυόσμος (*Mentha spicata* συν. *Mentha crispa*) είναι ένα αρωματικό, ποώδες φυτό που ανήκει και αυτό στην οικογένεια Lamiaceae και αποτελεί είδος μέντας. Μπορεί να αναπτυχθεί σε ύψος 30 έως 100 cm. Έχουν γίνει γνωστές πάρα πολλές χρήσεις

του, κάποιες από τις οποίες είναι η τονωτική και αντισπασμωδική του δράση ως βότανο καθώς και η ικανότητα του να δίνει άρωμα στα φαγητά [6,7].

Ακόμη, πολλές έρευνες απέδειξαν την αντιοξειδοτική, αντιμικροβιακή και αντικαρκινική δράση του, γεγονός που καθιστά τον δυόσμο ιδιαίτερα θεραπευτικό και ωφέλιμο για την ανθρώπινη υγεία [10].

Ο δυόσμος ανήκει σε μια ομάδα πολυετών βοτάνων που καλλιεργούνται εμπορικά σε διάφορα μέρη του κόσμου. Πιστεύεται ότι το γένος προήλθε από τη λεκάνη της Μεσογείου και, από εκεί, εξαπλώθηκε στον υπόλοιπο κόσμο με φυσικά και τεχνητά μέσα [11]. Μπορεί να καλλιεργηθεί τόσο σε τροπικές όσο και σε υποτροπικές περιοχές. Δεν αναπτύσσεται καλά σε περιοχές με υγρούς χειμώνες που προκαλούν σήψη των ριζών. Μια θερμοκρασία περίπου 20-25 °C προάγει τη βλαστική ανάπτυξη, αλλά οι συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων και μενθόλης έχει αναφερθεί ότι αυξάνονται σε υψηλότερη θερμοκρασία (30 °C). Ο δυόσμος καλλιεργείται σε δροσερές έως εύκρατες περιοχές και η καλλιέργεια έχει υψηλές απαιτήσεις σε νερό το καλοκαίρι. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα για να αποτραπεί το υδάτινο έδαφος, ειδικά το χειμώνα, καθώς αυτό θα επηρεάσει την ανάπτυξη [12].

Οι ευεργετικές ιδιότητες και οι πολλές χρήσεις του βασιλικού και του δυόσμου που αναφέρθηκαν, οδηγούν στην ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση αυτών, με αποτέλεσμα πολλά νοικοκυριά να τα καλλιεργούν στους κήπους τους με σκοπό την κατανάλωση, ή και ως καλλωπιστικά.

### **1.3 Αστική γεωργία**

Η αστική γεωργία, δηλαδή η καλλιέργεια αγροτικών/διατροφικών προϊόντων στα πλαίσια μιας πόλης, είναι μια διαδικασία η οποία γινόταν από τα αρχαία χρόνια ακόμα, σε διάφορες περιοχές σε όλον τον κόσμο. Παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η δυνατότητα που προσφέρει για βελτίωση του αέρα στα αστικά κέντρα, εφόσον μειώνει το CO<sub>2</sub> και τα σωματίδια που αιωρούνται. Ακόμη, αναβαθμίζει μία πόλη και αισθητικά αλλά και ποιοτικά καθώς αξιοποιούνται διάφορες εκτάσεις οι οποίες ήταν ακάλυπτες ενώ παράλληλα, βοηθάει στην αποκατάσταση των σχέσεων μεταξύ των ανθρώπων και του φυσικού περιβάλλοντος. Ωστόσο, ένας σημαντικός παράγοντας που περιορίζει την ανάπτυξη της αστικής γεωργίας είναι η επιμόλυνση στα εδάφη των πόλεων, λόγω κίνησης των αυτοκινήτων, βιοτεχνικών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Επομένως, η πρόσληψη των βαρέων μετάλλων που υπάρχουν στο έδαφος από τα φυτά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν καθώς αποτελεί σοβαρό κίνδυνο [13].

Διεθνής μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και στην Ελλάδα, έχουν αποδείξει πως εδάφη τα οποία βρίσκονται δίπλα σε περιοχές που κατοικούνται, είναι επιβαρυνμένα με βαρέα μέταλλα, κυρίως με κάδμιο, μόλυβδο, χαλκό κ.α. Τα προϊόντα από τις

κηπευτικές καλλιέργειες, δέχονται ρύπους βαρέων μετάλλων με ποικίλους τρόπους, όπως μέσω απορρόφησης από εδάφη, στα οποία έχουν φτάσει μέσω της ατμόσφαιρας, του νερού της άρδευσης ή και ακόμα στις θέσεις πώλησής τους. Μεγαλύτερη επιρρέπεια στη ρύπανση από αυτά, έχουν τα φυτά των οποίων το εδώδιμο μέρος είναι αρκετά κοντά στην εδαφική επιφάνεια ή μέσα στο έδαφος [14].

#### 1.4 Ρύπανση και βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον

Ως ρύπανση του περιβάλλοντος, ορίζεται η ύπαρξη ρύπων σε αυτό, σε τέτοια ποσότητα που μπορεί να φέρει ανεπιθύμητες συνέπειες στους ζωντανούς οργανισμούς, στα οικοσυστήματα αλλά και γενικά στο περιβάλλον, ώστε αυτό τελικά να καθίσταται ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση. Σχετίζεται με τη μεταβολή της χημικής σύστασης σε βασικά στοιχεία στο περιβάλλον, όπως είναι το νερό, το έδαφος και ο αέρας. Τα βαρέα μέταλλα (τοξικά) στις μέρες μας χαρακτηρίζονται από τους πιο επικίνδυνους ρύπους και αυτό συμβαίνει διότι, αυτά και οι ενώσεις τους δεν αποικοδομούνται αλλά, μπορούν να παραμείνουν ή και να συσσωρευτούν στο περιβάλλον για αρκετό χρονικό διάστημα [15].

Τα τοξικά βαρέα μέταλλα, υπάγονται στα ιχνοστοιχεία, τα στοιχεία δηλαδή αυτά τα οποία εντοπίζονται σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις σε φυσικά συστήματα. Τα βαρέα μέταλλα (ατομικός αριθμός μεγαλύτερος από 20) έχουν μεγάλη πυκνότητα και τοξικό χαρακτήρα για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά, ανεξαρτήτως συγκεντρώσεων. Ειδικότερα, έχουν ατομική πυκνότητα η οποία είναι 5 φορές πιο μεγάλη από το νερό, ή  $> 4 \text{ g/cm}^3$  ή και  $> 5 \text{ g/cm}^3$  [10, 12].

Στα εδάφη η παρουσία τους μπορεί να οφείλεται σε διαφορετικές πηγές: α) η προέλευση των στοιχείων να είναι από τη λιθόσφαιρα, β) λόγω διάφορων δραστηριοτήτων του ανθρώπου τα στοιχεία τελικά να καταλήγουν στο έδαφος γ) να προέρχονται από τη λιθόσφαιρα ή λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, αλλά να μεταβάλλεται η κατανομή τους στους εδαφικούς ορίζοντες λόγω πεδογενών διεργασιών. Πηγή βαρέων μετάλλων μπορεί να αποτελέσει η τοποθέτηση απορριμμάτων στο έδαφος όπως λιπάσματα, ορυκτά, φυτοφάρμακα, οι εκπομπές των μεταφορών καθώς και τα υπολείμματα λυματολάσπης. Τα απόβλητα των βιομηχανιών έχουν συχνά υψηλές συγκεντρώσεις από ιόντα μετάλλων λόγω της χρήσης τους, η οποία αυξάνεται, σε δραστηριότητες όπως είναι τα ορυχεία, οι παραγωγές καυσίμων και ενέργειας, η μεταλλουργία, οι εφαρμογές και βιομηχανίες φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Στην υδρόσφαιρα, κάποιες από τις πηγές των βαρέων μετάλλων λόγω του ανθρώπου είναι [17]:

1. Η παραγωγή και χρήση υλικών καθώς και ενώσεων που εμπεριέχουν βαρέα μέταλλα,
2. Η έκλυση των αποβλήτων,

3. Η καύση των καυσίμων, όπου σημαντικές ποσότητες ενώσεων Pb, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, και στη συνέχεια μέσω της βροχής σε ποταμούς ή απευθείας σε θάλασσες,
4. Εκροές από υπονόμους και γεωργικές απορροές.

Ακόμη, μπορούν να περάσουν στην τροφική αλυσίδα (μέσω τροφών ή νερού) και τελικά να καταλήξουν στον άνθρωπο (ή και από το αναπνευστικό σύστημα ή και από το δέρμα) γι' αυτό, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείρισή τους, όπως και στην επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό. Ειδικά τα Pb, Cr, Cd σε μεγάλες συγκεντρώσεις ανήκουν στην κατηγορία των πιο τοξικών και μπορούν να προκαλέσουν πολύ σοβαρά προβλήματα στην υγεία [18]. Πιο συγκεκριμένα, τα μέταλλα Cr και Cd (ιδιαίτερα τοξικό) χαρακτηρίζονται ως υψηλής προτεραιότητας και παράλληλα, βρίσκονται στη λίστα με τους ρύπους μέγιστης προτεραιότητας, ως προς την αντιμετώπισή τους, της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος (US Environmental Protection Agency, EPA) [19].

Στις ΗΠΑ οι 2 από τις 3 περιοχές οι οποίες είναι σε εθνική λίστα ως προς την προτεραιότητα αντιμετώπισης της εδαφικής ρύπανσης, έχουν να αντιμετωπίσουν ρύπανση η οποία οφείλεται στα βαρέα μέταλλα [18].

Γενικότερα, υπάρχουν προβληματισμοί σχετικά με το φαινόμενο βιοσυσσώρευσης των βαρέων μετάλλων στα φυτά και ζώα, εξαιτίας του υψηλού χρόνου ημιζωής που τα χαρακτηρίζει [20].

#### **1.4.1 Κάδμιο (Cd)**

Το κάδμιο ανήκει στην II-B ομάδα του περιοδικού πίνακα και μοιάζει σε εμφάνιση με τον Zn (ψευδάργυρο) και συχνά εντοπίζεται συνδεδεμένο με αυτόν. Το Cd στο έδαφος, σε κάθε σταθερή ένωση βρίσκεται ως  $Cd^{+2}$  (δισθενές κατιόν), με ιόντα άχρωμα [21].

Κατά κανόνα, στο έδαφος εμφανίζεται αρκετά ακίνητο. Ρυπασμένα εδάφη από σύντηξη μετάλλων, δείχνουν πως οι συγκεντρώσεις του καδμίου ήταν κοντά σε αυτές του παρελθόντος, περίπου σε 30-40 cm βάθος [21].

Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα σημειώνεται από 1 έως 50 ng m<sup>-3</sup> (κατά προσέγγιση). Ειδικότερα, στις αγροτικές περιοχές της Ευρώπης, το Cd στην ατμόσφαιρα εντοπίζεται από 1 έως 6 ng m<sup>-3</sup>, στις αστικές περιοχές από 3,6 έως 20 ng m<sup>-3</sup> ενώ στις βιομηχανικές από 16,5 έως 54 ng m<sup>-3</sup>. Στο έδαφος, η ποσότητα στο μητρικό υλικό επηρεάζει την συγκέντρωση του Cd ενώ, στους φυτικούς οργανισμούς, η απορρόφησή του εξαρτάται από το είδος του φυτού, από το έδαφος, τις καιρικές συνθήκες καθώς και τη λίπανση που εφαρμόζεται [19] Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο

Οργανισμό Υγείας τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια Cd για τα τρόφιμα είναι περίπου 1 mg kg<sup>-1</sup> dw, ενώ στα φαρμακευτικά βότανα είναι 0,3 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού βάρους (d.w.) [24].

#### **1.4.2 Μόλυβδος (Pb)**

Είναι γνωστό πως ο μόλυβδος είναι πολύ τοξικός για τον ανθρώπινο οργανισμό και πως δεν είναι στοιχείο ωφέλιμο για την ανάπτυξη των ζώων και των φυτών. Παρατηρείται πως η συγκέντρωσή του διαρκώς αλλάζει λόγω της αλληλεπίδρασής του με κάποια άλλα στοιχεία [25].

Ευρέως σήμερα, ο μόλυβδος χρησιμοποιείται στην ιατρική, ως πρόσθετο καυσίμων για αεροσκάφη, σε μπαταρίες καθώς και σε χώρους όπου είναι απαραίτητη η ηχομόνωση καθώς διακρίνεται από μονωτικό χαρακτήρα [26].

Σύμφωνα με τους Kabata-Pendias & Pendias (1992) η συγκέντρωση του μόλυβδου σε εδάφη μη ρυπασμένα είναι 20 mg/kg, ενώ έχει αποδειχθεί πως η μέση τιμή είναι 17 mg/kg [22, 23]. Λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όμως, έχουν σημειωθεί και πολύ πιο μεγάλες συγκεντρώσεις του Pb [29].

Ο κανονισμός της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αριθμ. 1881/2006, αναφέρει ότι το όριο μόλυνσης των τροφίμων τόσο για το Pb όσο και για το Cd είναι 0,1 mg kg<sup>-1</sup> d.w. και στα νωπά βότανα είναι 0,2 mg kg<sup>-1</sup> d.w.

#### **1.4.3 Χρώμιο (Cr)**

Το χρώμιο έχει ατομικό αριθμό 24 και ατομικό βάρος περίπου 51,99. Στο περιβάλλον εντοπίζεται με +6 και +3 αριθμό οξειδωσης. Ήδη από το 1877, χρησιμοποιείται σε πολλά κράματα χάλυβος, λόγω της ανθεκτικότητάς του στην οξείδωση, ενώ από το 1926 στη διαδικασία επιχρωμίσωσης. Εξαιτίας των πυρίμαχων χαρακτηριστικών του, το Cr χρησιμοποιείται για επένδυση των φούρνων και των κλίβανων, για πυρίμαχα τούβλα (το 15% του χρωμικού μεταλλεύματος που χρησιμοποιείται), σε χημικές βιομηχανίες (περίπου το 15%) και ένα ποσοστό (4%) γίνεται χρωμικό οξύ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οξειδωτικό ή για ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση. Στη φύση, εμφανίζεται διαλυμένο (υγρή μορφή) και σαν ίζημα (σταθερή μορφή) στους πυθμένες λιμνών, θάλασσας και ποταμών, σε άγλη βυθών και πλαγκτόν [30].

Στην πλειονότητα των εδαφών, το χρώμιο βρίσκεται σε μικρή περιεκτικότητα 2-60 mg/kg. Προκειμένου να προστατευθεί το περιβάλλον, τα προτεινόμενα όρια από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 150-250 mg kg<sup>-1</sup> (για συγκεκριμένους τύπους εδαφών) [31].



## 1.5 Βαρέα μέταλλα στα φυτά

Η απορρόφηση μεταλλικών στοιχείων από τα φυτά, γίνεται και μέσω του ριζικού συστήματός τους, αλλά και μέσω των φύλλων. Αυτό, μπορεί να αποτελέσει όμως είσοδο για ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως είναι το κάδμιο, στην τροφική αλυσίδα [55]. Σημειώνεται πως, η μετακίνηση στο φυτό, εξαρτάται από την ηλικία του φυτού, από το φυτικό όργανο αλλά και από το είδος του μετάλλου. Το Cd είναι ένα στοιχείο το οποίο εύκολα μπορεί να μεταφερθεί στις κορυφές. Αντίθετα, το Cr και ο Pb μπορούν να μεταφερθούν σε πιο μικρή έκταση και σε μικρές από τη ρίζα αποστάσεις. Ακόμη, ύστερα από την απορρόφηση από τη ρίζα, τα στοιχεία μεταφέρονται με ρυθμό ο οποίος μειώνεται με τη σειρά  $Cd > Pb$  [55].

### 1.5.1 Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο δεν είναι στοιχείο απαραίτητο για ένα φυτό. Εισέρχεται σε ένα φυτό από τις ρίζες, σε ποσοστό το οποίο έχει σχέση κυρίως με την περιεκτικότητα του καδμίου στο έδαφος καθώς και με το pH. Πιο συγκεκριμένα, όταν το pH είναι 4,5-5,5 τότε κυριαρχεί η μέγιστη πρόσληψη του Cd από το φυτό. Αναφέρεται πως, μικρές μόνο ποσότητες του Cd μπορούν να φτάσουν στο βλαστό και από εκεί, το κάδμιο να διαχυθεί στο φυτό (μέσω φλοιώματος), ιδιαίτερος στα φύλλα [20].

Γενικά, οι συγκεντρώσεις του καδμίου σε ένα φυτό, μειώνονται από τη ρίζα προς το βλαστό, ενώ συνήθως στις ρίζες εντοπίζονται δεκαπλάσιες ποσότητες σε σχέση με τους βλαστούς. Ακόμη, σε προσβεβλημένα φυτά, σημειώνονται μεγάλες συγκεντρώσεις καδμίου στα φύλλα. Πιο συγκεκριμένα, στα φυτά η περιεκτικότητα σε κάδμιο κυμαίνεται από 0.05 έως 0.2 ppm [20].

Σε αντίθεση με τον μόλυβδο, το κάδμιο (Cd) μπορεί να απορροφηθεί και να μεταφερθεί εύκολα από τα εδάφη στα φυτά. Η περιεκτικότητα των εδαφών σε κάδμιο, επηρεάζει την περιεκτικότητά του στα φυτά και σημειώνεται πως η αύξηση του pH, προκαλεί μείωση της διαλυτότητας του καδμίου. Ακόμη, η συσσώρευση μέσα στα φυτά διαφέρει πολύ μεταξύ των φυτικών ειδών [22].

Από πείραμα που διεξήχθη σε φυτά *Ocimum basilicum* “Genovese” τα αποτελέσματα από την αύξηση της προσθήκης του καδμίου στο έδαφος, έδειξαν πως αυξήθηκε η προσρόφηση υπέργειου αλλά και υπόγειου μέρους στο φυτό [58].

Σε κάποιες βιβλιογραφίες, αναφέρεται πως τα φυτά προσλαμβάνουν βαρέα μέταλλα σε μεγαλύτερο βαθμό όταν αυτά θα αναπτυχθούν στο θερμοκήπιο. Ακόμη, μελέτες σε φυτά μαρουλιού και κρεμμυδιού των οποίων η καλλιέργεια έγινε στο θερμοκήπιο,

έδειξαν πως η πρόσληψη του Cd είναι 6 και 25 φορές πιο μεγάλη αντίστοιχα, από ότι εάν καλλιεργηθούν σε ίδιο έδαφος, στο χωράφι [59].

Σε φυτά τα οποία καλλιεργούνται κοντά σε δρόμους όπου υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία αυτοκινήτων, παρουσιάζονται αυξημένες συγκεντρώσεις σε κάδμιο, καθώς και άλλων μετάλλων όπως χρώμιο, μόλυβδος και μαγγάνιο. Το κάδμιο, είναι ένα συστατικό των ελαστικών στα αυτοκίνητα, επομένως θραύσματα λόγω τριβής με το οδόστρωμα, μπορούν να παρασυρθούν και να αποτεθούν στο έδαφος προκαλώντας υψηλές τιμές συγκεντρώσεων καδμίου [20].

Σύμφωνα με τους Singh et al., [36] το κάδμιο συσσωρεύεται κυρίως σε ώριμα φύλλα και σε ρίζες του βασιλικού, ενώ μπορεί να μεταφερθεί μέσω αποπλαστικών και συμπλαστικών οδών από τις ρίζες στα φύλλα, όπου είναι το βρώσιμο μέρος του φυτού. Αναφέρεται επίσης ότι η μακροχρόνια κατανάλωση φύλλων από φυτά βασιλικού που καλλιεργούνται σε μολυσμένο έδαφος με Pb και Cd, θα μπορούσε να είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία, ακόμα και αν οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια [36].

### **1.5.2 Μόλυβδος (Pb)**

Είναι γνωστό πως στο μόλυβδο, ο οποίος φυσιολογικά υπάρχει σε φυτικούς οργανισμούς, η συγκέντρωσή του αλλά και η μορφή του επηρεάζουν την τοξικότητά του. Σημειώνονται φυτά τα οποία μπορούν να αντισταθούν στην τοξικότητά του, άλλα που μπορούν λιγότερο και άλλα καθόλου. Στο έδαφος, τα επίπεδα της φυτοτοξικότητάς του είναι από 100 έως 500 mg kg<sup>-1</sup> [23].

Ο μόλυβδος εισέρχεται στο φυτό μέσα από το ριζικό σύστημα και αυτό αποτελεί μία διαδικασία παθητική (βρέθηκε πως μικρό ποσοστό αυτού είναι δυνατό να εισέλθει και μέσα από τα φύλλα). Τα ριζικά τριχίδια προσλαμβάνουν το μόλυβδο, ο οποίος μπορεί να δεσμευτεί από καρβοξυλικές ομάδες ή στο κυτταρικό τοίχωμα στα κύτταρα της ρίζας απευθείας. Στη συνέχεια, μέσω της αποπλαστικής οδού παθητικά, μπορεί να μεταφερθεί στο υπόλοιπο φυτό, έχοντας ακολουθήσει τη ροή του νερού. Ακόμη, μπορεί να κινηθεί μέσω των ιοντικών καναλιών του ασβεστίου [65].

Η αύξηση του εδαφικού pH έχει ως αποτέλεσμα η απορρόφηση του Pb από τα φυτά να είναι μειωμένη. Ακόμη, οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν τη μειωμένη απορροφούμενη ποσότητα του Pb από τις ρίζες των φυτών [66].

Μόρια μόλυβδου που προστίθενται στα φύλλα από την ατμόσφαιρα, δεν μπορούν να εισέλθουν στο φυτό και μένουν στην επιφάνεια των φύλλων, καθώς δεν διαπερνάνε την επιδερμίδα αυτών. Όμως, μερικά bryophytes, μπορεί να τα απορροφήσουν μέσω της επιδερμίδας [59]. Τέλος, τα όρια του μολύβδου στα φυτά είναι 0,30 μg/g (0,30 ppm) [67], ενώ σημειώνεται πως έχουν οριστεί και υψηλότερα όρια από αυτά.

Ακόμη, σημειώνεται πως στα φύλλα φυσιολογικές τιμές θεωρούνται από 5 έως 10 mg/kg και για τα φυτά όρια τοξικότητας από 30 έως 300 mg/kg [25].

Στο άρθρο των Raquel A. Sá et al. σημειώθηκαν κάποιες μελέτες σχετικά με την επίδραση του Pb στο δυόσμο, τα αποτελέσματα έδειξαν πως επηρεάστηκαν σημαντικά η εκβλάστηση, ο αριθμός των φύλλων καθώς και η πράσινη μάζα από την παρουσία του μόλυβδου στο έδαφος. Επίσης, βρέθηκε συσσώρευση του στα υπέργεια μέρη αλλά και σε ρίζες. Γενικά όμως, το είδος του δυόσμου αυτό (*M.crispa*) ενώ αντέχει τις μεγάλες συγκεντρώσεις μόλυβδου, δεν θεωρείται είδος που υπερσυσσωρεύει [34].

### 1.5.3 Χρώμιο (Cr)

Το Cr αρχικά αλληλεπιδρά με το φυτό όταν προσλαμβάνεται. Το στοιχείο αυτό εφόσον δεν είναι αναγκαίο για τα φυτά αλλά τοξικό προς αυτά, τα φυτά δεν έχουν ειδικούς μηχανισμούς για να το προσλάβουν, αλλά η πρόσληψη γίνεται με τους μεταφορείς των αναγκαίων μετάλλων. Το σθένος του χρωμίου, καθορίζει την τοξική επίδρασή του, επηρεάζει την πρόσληψη, μετακίνηση αλλά και συσσώρευσή του [60].

Η πρόσληψη του Cr(VI) διακόπτεται από μεταβολικούς αναστολείς, ενώ η πρόσληψη του Cr(III) δεν επηρεάζεται. Αυτό δείχνει πως, η ενέργεια μεταβολισμού επηρεάζει την πρόσληψη του Cr(VI) και όχι του Cr(III) [61].

Από τους Golovatyj et al. [62] αποδείχθηκε πως η κατανομή του χρωμίου στο φυτό σημειώνεται σταθερή και πως αυτή δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση του χρωμίου στο έδαφος (χώμα) ούτε και από τις ιδιότητες αυτού. Η μεγαλύτερη ποσότητα του χρωμίου εμφανιζόταν πάντα στις ρίζες και η μικρότερη στα αναπαραγωγικά και βλαστικά όργανα.

Σε μελέτες που έγιναν στα φασόλια, βρέθηκε πως μόνο 0,1% από το χρώμιο που συσσωρεύτηκε ήταν στα σπέρματα, ενώ στις ρίζες σημειώθηκε το 98% [63].

Αναφέρεται πως πιθανή αιτία της μεγάλης συγκέντρωσης του χρωμίου στις ρίζες μπορεί να είναι η ακινητοποίηση του στα χυμοτόπια των κυττάρων (στις ρίζες), κάνοντάς το λιγότερο τοξικό, κάτι που μπορεί να εξηγείται από τη φυσική αντίδραση που παρουσιάζουν τα φυτά απέναντι στην τοξικότητα [64]. Ως όρια του χρωμίου στα φυτά μπορεί να θεωρηθεί και η τιμή 5 μg/g (5 ppm) [60], ενώ από τον ΠΟΥ ορίζεται πως το επιτρεπόμενο όριο για το Cr στα φυτά είναι 1,30 mg kg<sup>-1</sup> [24].

Αξίζει να σημειωθεί, πως έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες σε φυτά βασιλικού για διαδικασίες φυτοεκχύλισης, φυτοαποκατάστασης καθώς και για συσσώρευση Μολύβδου (Pb), Χρωμίου (Cr), Καδμίου (Cd) και τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα φυτά μπορούν να συσσωρεύουν και να μετατοπίζουν τα μέταλλα αυτά, από τις ρίζες στα υπέργεια μέρη του φυτού και σε διαφορετικές αναλογίες [32-34]. Ακόμη, ο

βασιλικός μπορεί να υπερσυσσωρεύει Cr, Pb και Cd [35]. Το γεγονός ότι μπορεί να υπερσυσσωρεύει στους ιστούς του τοξικά μέταλλα, μπορεί να επηρεάσει την αντιοξειδοτική ικανότητά του ή και να κάνει επιβλαβή την κατανάλωσή του στην περίπτωση που τα φυτικά όργανα καταναλωθούν ακατέργαστα ή αποξηραμένα σε αφεψήματα και τρόφιμα [33].

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε φυτά βασιλικού και δυόσμου τα οποία αναπτύχθηκαν στο θερμοκήπιο που βρίσκεται στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας κοντά στο Βόλο, Ελλάδα (Βελεστίνο: Γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ} 22'$ , Γεωγραφικό μήκος  $22^{\circ} 44'$ , Υψόμετρο 85 m) και στην περιοχή της Αγριάς, Μαγνησίας ( $39^{\circ}20'24''N$   $23^{\circ}0'48''E$ ) [37].

Η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω είναι όμοια και για τα δύο είδη φυτών.

### 2.1 Πειραματική διαδικασία

#### 2.1.1 Φυτά που τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο

Τον Αύγουστο του 2020, προμηθεύτηκαν 45 φυτά τεσσάρων εβδομάδων και μεταφυτεύτηκαν σε γλάστρες διαμέτρου 150 mm, από PVC, που είχαν ως υπόστρωμα τύρφη. Στη συνέχεια, για δύο εβδομάδες τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο για να εγκλιματιστούν έως την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας. Στο πείραμα έγιναν δύο μεταχειρίσεις, το ριζοπότισμα και οι διαφυλλικές εφαρμογές, με άλατα βαρέων μετάλλων και οξείδια αντίστοιχα, τα οποία ελήφθησαν από τη Sigma-Aldrich. Τέλος, υπήρξαν φυτά που αποτέλεσαν τους μάρτυρες και σε αυτά δεν έγινε καμία μεταχείριση.

##### *2.1.1.1 Μεταχείριση πρώτη: ριζοπότισμα*

Από το σύνολο των φυτών, για το ριζοπότισμα χρησιμοποιήθηκαν τα είκοσι επτά (27) φυτά (από το κάθε είδος) τα οποία χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, όπου η κάθε μία είχε από εννέα (9) φυτά. Κάθε δύο εβδομάδες, η κάθε ομάδα ποτιζόταν με 250 mL διαλύματος το οποίο περιείχε την κατάλληλη ποσότητα άλατος βαρέων μετάλλων. Η πρώτη ομάδα ποτίστηκε με διάλυμα Cd που περιείχε  $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $2,8 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cd}$ ), η δεύτερη ομάδα με διάλυμα Cr που περιείχε  $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ( $2,6 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cr}$ ) και η τρίτη ομάδα με διάλυμα Pb που περιείχε  $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ Pb}(\text{NO}_3)_2$  ( $10,4 \text{ mg L}^{-1} \text{ Pb}$ ). Στο σύνολο, έγιναν πέντε (5) ριζοποτίσματα με τα παραπάνω διαλύματα στις 0, 2, 4, 6, 8 εβδομάδες μετά από τη μεταφύτευση. Συνολικά, από δεκαοκτώ φυτά (έξι από κάθε ομάδα στοιχείου) συλλέχθηκαν η ρίζα, οι βλαστοί και τα φύλλα για χημική ανάλυση την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα μετά από τη μεταφύτευση.

### ***2.1.1.2 Μεταχείριση δεύτερη: επίπαση (διαφυλλικές εφαρμογές)***

Σε αυτή τη μεταχείριση, χρησιμοποιήθηκαν εννέα (9) φυτά από το κάθε είδος τα οποία χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των τριών φυτών. Η επιφάνεια από όλα τα δοχεία καλύφθηκε με πλαστική μεμβράνη ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση του εδάφους από τη σκόνη κατά την επίπαση. Στη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ένα λεπτό πινέλο. Στην πρώτη ομάδα έγινε επίπαση με 720 mg CdO (240 mg φυτό<sup>-1</sup> Cd), στη δεύτερη με 1350 mg CrO (450 mg φυτό<sup>-1</sup> Cr) και στην τρίτη με 1350 mg PbO (450 mg φυτού<sup>-1</sup> Pb). Η εφαρμογή έγινε μία φορά.

Δέκα εβδομάδες μετά από τις εφαρμογές CdO, CrO και PbO, ρίζες, βλαστοί και νέα φύλλα τα οποία αναπτύχθηκαν 30 ημέρες μετά την επίπαση των φυτών, συλλέχθηκαν από όλα τα φυτά για χημική ανάλυση .

### ***2.1.1.3 Φυτά – μάρτυρες***

Τα υπόλοιπα εννέα (9) φυτά από το κάθε είδος, ποτίστηκαν μόνο με νερό βρύσης μέσω αυτόματου συστήματος ποτίσματος και χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες. Οι ρίζες, οι βλαστοί και τα φύλλα συλλέχθηκαν για χημική ανάλυση από τρία φυτά την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα μετά από τη μεταφύτευση.

Σε όλες τις παραπάνω μεταχειρίσεις (ριζοπότισμα, επίπαση, φυτά – μάρτυρες), του θερμοκηπίου, γινόταν πότισμα κάθε δεύτερη ημέρα, με την κατάλληλη ποσότητα νερού βρύσης ώστε να διατηρείται υγρό το υπόστρωμα. Μετά από κάθε πότισμα, δεν γινόταν αποστράγγιση. Επίσης, κατά την περίοδο του πειράματος, δεν έγινε κάποια εφαρμογή με λιπάσματα.

### **2.1.2 Φυτά που τοποθετήθηκαν στην περιοχή της Αγριάς**

Το ίδιο διάστημα, εννέα (9) φυτά από το κάθε είδος, τα οποία μεταφυτεύθηκαν και αυτά σε γλάστρες με τύρφη, τοποθετήθηκαν στην Αγριά και ποτίστηκαν μόνο με νερό βρύσης (με αυτόματο σύστημα ποτίσματος), χωρίς να γίνει καμία άλλη εφαρμογή. Αυτό συνέβη διότι, στόχος ήταν να διαπιστωθεί η ύπαρξη ή μη, βαρέων μετάλλων μετά από την παραμονή αυτών των φυτών σε εξωτερικές συνθήκες (βροχές, ατμοσφαιρική ρύπανση). Γι αυτό, από τρία φυτά συλλέχθηκε η ρίζα, ο βλαστός και τα φύλλα την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα μετά από τη μεταφύτευση, για

χημική ανάλυση. Επιπλέον, δεν έγινε καμία εφαρμογή λιπασμάτων και δεν υπήρχε αποστράγγιση.

## 2.2 Χημική ανάλυση

Τα φυτικά μέρη που συλλέχθηκαν και από τα δύο είδη, πλύθηκαν με νερό βρύσης και ταξινομήθηκαν σε ρίζες, βλαστούς και φύλλα. Στη συνέχεια, ακολούθησε η ξήρανσή τους για 72 ώρες στους 45°C και έπειτα αλέστηκαν. Από τα φυτά στα οποία έγινε εφαρμογή των βαρέων μετάλλων μέσω ριζοποτίσματος ζυγίστηκαν περίπου 0,5 g, ενώ από εκείνα στα οποία έγιναν οι διαφυλλικές εφαρμογές, από τα φυτά – μάρτυρες και από τα φυτά της Αγριάς ζυγίστηκε περίπου 1 g και ακολούθησε η τοποθέτησή τους στο πυριαντήριο για αποτέφρωση, για 4 ώρες στους 550°C. Στα αποτεφρωμένα δείγματα των 0,5 g, έγινε εφαρμογή 2 mL HCl 1:1 (v/v) και 15 mL απιονισμένου νερού ενώ αντίστοιχα, στα αποτεφρωμένα δείγματα του 1 g, έγινε εφαρμογή 4 mL HCl 1:1 (v/v) και 30 mL απιονισμένου νερού. Τα διαλύματα θερμάνθηκαν στους 90°C για 30 λεπτά και ο τελικός όγκος που προέκυψε, με την προσθήκη απιονισμένου νερού, για τα δείγματα των 0,5 g ήταν 50 mL, ενώ για του 1 g ήταν 100 mL. Τα τελικά διαλύματα των δειγμάτων αναλύθηκαν για συγκεντρώσεις Cd, Cr και Pb με τη χρήση χρωματομέτρου/φωτόμετρου (LaMotte).

Επιπλέον, προκειμένου να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των Cd, Cr και Pb έγινε χημική ανάλυση και στο νερό της βρύσης με το οποίο ποτίστηκαν τα φυτά της Αγριάς και τα φυτά – μάρτυρες, καθώς και στα εκχυλίσματα του υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκε για τη φύτευση του βασιλικού και του δυόσμου.

## 2.3 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις χημικές αναλύσεις αξιολογήθηκαν στατιστικά. Τα αποτελέσματα διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εντολές του στατιστικού προγράμματος SPSS Statistics (με επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 0,05$ ).

### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Βαρέα μέταλλα στο νερό

Κατά τα τέλη Μαρτίου το 2021, στην περιοχή της Αγριάς έγινε αναφορά για παρουσία βαρέων μετάλλων στο νερό της περιοχής [38]. Εφόσον ένα μέρος των φυτών του πειράματος καλλιεργήθηκε στην Αγριά και ποτίζονταν με αυτόματο σύστημα από το νερό της ύδρευσης, κρίθηκε αναγκαία η χημική ανάλυση αυτού, με σκοπό τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων Cd, Pb και Cr. Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης του προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1** Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης του προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων στο νερό της Αγριάς:

<b>Βαρύ μέταλλο</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>
<b>Συγκέντρωση (μg/L)</b>	413±40	123±46	-

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε και χημική ανάλυση του νερού της βρύσης που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή των ποτιστικών διαλυμάτων και για την άρδευση των φυτών του θερμοκηπίου και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2** Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης του προσδιορισμού των βαρέων μετάλλων στο νερό του θερμοκηπίου:

<b>Βαρύ μέταλλο</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>
<b>Συγκέντρωση (μg/L)</b>	130	240	100

Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Υ2/2600/2001 η οποία έχει ως σκοπό την προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 98/83/EK, του συμβουλίου της Ε.Ε. σχετικά με την ποιότητα του νερού που καταναλώνεται από τον άνθρωπο, έχουν καθοριστεί τα πρότυπα πόσιμου νερού για τα βαρέα μέταλλα, ώστε να διασφαλίζεται καθαρό και να προστατεύεται η ανθρώπινη υγεία. Ειδικότερα, η τιμή για το κάδμιο ορίζεται σε 5 μg/L, για το μόλυβδο σε 10 μg/L και για το χρώμιο 50 μg/L [39].



Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες σε όλο τον κόσμο οι οποίες προσπάθησαν να καταγράψουν και να αναλύσουν την παρουσία των βαρέων μετάλλων στα επιφανειακά ύδατα. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τα πρότυπα του ΠΟΥ και του USEPA, διεξήχθησαν τα παρακάτω αποτελέσματα [40 – 42]:

1. Στις ΗΠΑ οι μέσες τιμές των Cd, Cr βρέθηκαν υψηλότερες από τις τιμές που συνιστώνται.
2. Στη Νότια Αφρική, η μέση τιμή του Cr, βρέθηκε να είναι υψηλότερη από τις ανώτερες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζονται.
3. Στην Ινδία, η μέση τιμή του Cr, ξεπέρασε την τιμή που συνιστάται για το πόσιμο νερό ενώ το Cd καταγράφηκε υψηλότερο από τις επιτρεπόμενες τιμές.
4. Στο Ιράν εξίσου, ξεπεράστηκε η τιμή του Cr που δίνεται για το πόσιμο νερό.

Σύμφωνα με τις οδηγίες του ΠΟΥ, το επιτρεπόμενο όριο σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού είναι έως 3  $\mu\text{g/L}$  για το Cd [43]. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες καθώς και σε πολλές πολιτείες των ΗΠΑ, οι συγκεντρώσεις Cr στο πόσιμο νερό κυμαίνονταν από 1  $\mu\text{g/L}$  (στις Κάτω Χώρες) έως 14  $\mu\text{g/L}$  (στον Καναδά) ή ακόμα και έως 60  $\mu\text{g/L}$  (στις ΗΠΑ) [44]. Η EPA των ΗΠΑ και ο ΠΟΥ έθεσαν το όριο Pb στο πόσιμο νερό έως και 15  $\mu\text{g/L}$  και 10  $\mu\text{g/L}$ , αντίστοιχα [45]. Ωστόσο, η συγκέντρωση Pb στο πόσιμο νερό στο Ηνωμένο Βασίλειο μετρήθηκε πάνω από 50  $\mu\text{g/L}$ , ενώ σύμφωνα με μια έκθεση του 1989, η συγκέντρωση αυτού του βαρέος μετάλλου στο πόσιμο νερό στις ΗΠΑ είναι κατά μέσο όρο 2,8  $\mu\text{g/L}$  [46].

Η άρδευση των καλλιεργούμενων φυτών βασίζεται στη χρήση του εδάφους ή/και των υπόγειων υδάτων. Στα νερά του εδάφους και στα υπόγεια ύδατα, η μέση συγκέντρωση Cd παγκοσμίως πρέπει να είναι έως 5  $\mu\text{g/L}$  [47] και 1  $\mu\text{g/L}$  [48], αντίστοιχα. Σε αποστραγγίσεις που λαμβάνονται από χωματερές και μολυσμένα εδάφη που έχουν προκύψει από αστικά στερεά απόβλητα σε ευρωπαϊκές χώρες, μετρήθηκαν συγκεντρώσεις Cd έως 2700  $\mu\text{g/L}$  [49], ενώ, στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι μετρούμενες συγκεντρώσεις Cd στα λύματα έχουν εντοπιστεί μέχρι 6000  $\mu\text{g/L}$  [50].

Αναλυτικότερα, σε υπόγεια ύδατα έχουν δημοσιευθεί τα παρακάτω:

- Στο Πακιστάν, βρέθηκε μέση συγκέντρωση Cd = 10  $\mu\text{g/L}$  [48]
- στη Γερμανία, οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 0,11  $\mu\text{g/L}$  έως 2,7  $\mu\text{g/L}$  ανάλογα την περιοχή [51]
- στην Ιρλανδία, ένα μέσο επίπεδο 0,2  $\mu\text{g/L}$  το οποίο έφτασε έως και 0,5  $\mu\text{g/L}$  σε υπόγεια ύδατα από μη ασβεστώδη ιζήματα [51]
- στις ΗΠΑ, περιστασιακά βρέθηκαν συγκεντρώσεις πάνω από 1  $\mu\text{g/L}$ , ενώ στον μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων από 3124 πηγάδια ήταν κάτω από 1  $\mu\text{g/L}$  [43].

Όσον αφορά το Cr, αναφέρθηκε ότι η αλατότητα παίζει βασικό ρόλο στην παρουσία του στο νερό. Στα φυσικά νερά, η προέλευσή του είναι από φυσικές πηγές και συναντάται σε δύο οξειδωτικές καταστάσεις (+3 και +6). Ειδικότερα, το τρισθενές χρώμιο είναι η μοναδική μορφή σε αναερόβιες συνθήκες, ενώ το εξασθενές εντοπίζεται σε περιβάλλον που είναι αερόβιο υδατικό. Ακόμη, το pH του νερού

μπορεί να επηρεάσει την παρουσία των Cr(III), Cr (VI) [52]. Τα όρια που συνιστώνται για τη συγκέντρωση Cr στο πόσιμο νερό είναι 8 μg/L για το Cr(III) και 1 μg/L για το Cr(VI) [53]. Η συγκέντρωση χρωμίου στα γεωργικά νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση κυμαίνεται από 0,005 έως 525 mg/L [54] λόγω κυρίως βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Αν και το Pb είναι ένα από τα πιο τοξικά βαρέα μέταλλα, λίγες μελέτες έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη συγκέντρωση αυτού του στοιχείου στα υπόγεια ύδατα. Η εργασία των ανέφερε ότι σε 557 δείγματα επιφανειακών και 1661 υπόγειων υδάτων που ελήφθησαν από διάφορες πολιτείες των ΗΠΑ, οι μέσες συγκεντρώσεις Pb ήταν 4,6 μg/L και 13,4 μg/L, αντίστοιχα. Το επιτρεπόμενο όριο Pb στα γεωργικά νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση κυμαίνεται μεταξύ 0,01-0,1 μg/L [55]. Όπως τεκμηριώθηκε προηγουμένως, η ατμόσφαιρα είναι ως επί το πλείστον υπεύθυνη για τις συγκεντρώσεις Pb στα φυσικά πόσιμα νερά, καθώς αυξάνει τις τιμές του στοιχείου πάνω από 1000 ng/L στις λίμνες και τα ποτάμια, με τις κύριες απορρίψεις να συμβαίνουν στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και τις χώρες της Ασίας [55]. Στις ΗΠΑ επίσης, μία αξιολόγηση από μη επεξεργασμένα δείγματα υπόγειων υδάτων, έδειξε πως λιγότερο από 1% των περισσότερων από τα 8.300 δείγματα είχαν διαλυμένο μόλυβδο σε ποσότητα μεγαλύτερη από 15 μg/L [44].

Στον ελλαδικό χώρο δεν υπάρχουν επίσημες μελέτες ακόμα που να καταγράφουν τις ρυπασμένες περιοχές. Παρόλα αυτά, μία έρευνα του ΕΦΕΤ, που διεκπεραιώθηκε από τη διεπιστημονική επιτροπή Γεωπονικού και του Πανεπιστημίου Αθηνών, έγινε η καταγραφή ορισμένων περιοχών στις οποίες βρέθηκαν βαρέα μέταλλα σε νερά άρδευσης, ύδρευσης καθώς και σε υπόγεια ύδατα, και σε κάποιες περιπτώσεις σε συγκεντρώσεις υψηλές. Ενδεικτικά, πιο συγκεκριμένα [38, 39]:

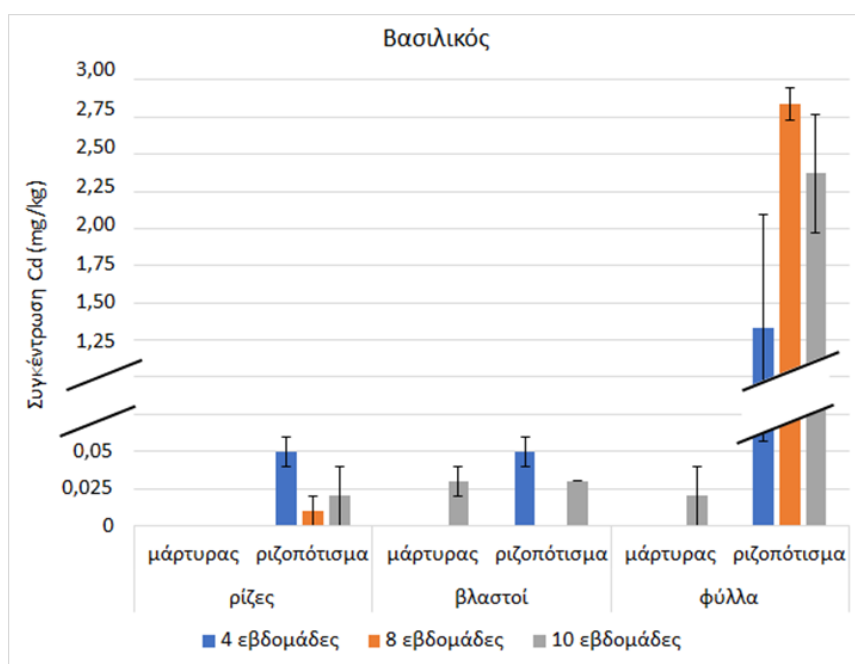
- Στο δήμο Ασωπού, στη Λακωνία βρέθηκε τριπλάσια συγκέντρωση Pb, σε σχέση με την οριακή τιμή του.
- Στο Λαύριο, είναι πολύ επιβαρυνμένα τα υπόγεια νερά σε μόλυβδο, κάδμιο καθώς και σε άλλα στοιχεία, τα οποία έχουν συγκεντρώσεις πολύ υψηλές σε σχέση με τα ανώτερα επιτρεπτά όρια.
- Στην Πτολεμαΐδα, ο υδροφόρος ορίζοντας χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου, καδμίου και άλλων.
- Στα Οινόφυτα και στον Ωρωπό, όλα τα βαρέα μέταλλα που είναι τοξικά υπερβαίνουν τα όρια, ενώ το εξασθενές χρώμιο μπορεί να βρεθεί σε τιμές έως και 80 μg/L.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως το νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση των φυτών που βρίσκονται στο θερμοκήπιο μπορεί να θεωρηθεί μολυσμένο με κάδμιο, χρώμιο και μόλυβδο. Ειδικότερα, αφού η περιοχή στην οποία βρίσκεται το θερμοκήπιο είναι αγροτική, σημαντικό ρόλο έχει και η παρουσία βιομηχανιών που βρίσκονται εκεί. Αντίστοιχα, το νερό που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση των φυτών της Αγριάς (νερό ύδρευσης) μπορεί να θεωρηθεί μολυσμένο με κάδμιο και

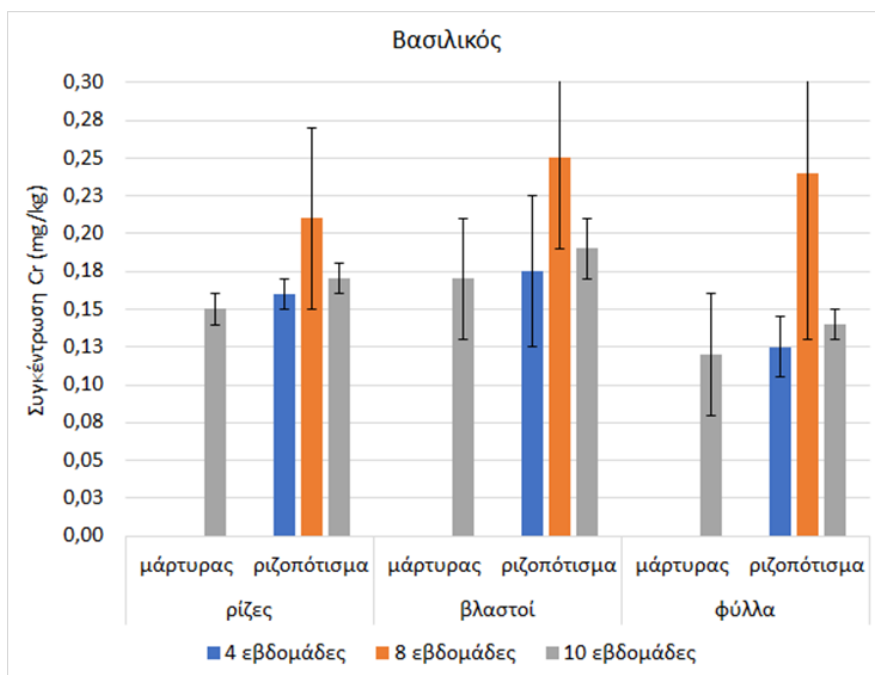
χρώμιο. Οι τιμές των στοιχείων αυτών και στις δύο περιοχές, βρέθηκαν υψηλές, ξεπερνώντας στις περισσότερες περιπτώσεις τα όρια που έχουν τεθεί. Σύμφωνα με αρκετές έρευνες όμως, αντίστοιχα αποτελέσματα με αυτά, αλλά και ακόμα μεγαλύτερες τιμές αυτών των βαρέων μετάλλων, έχουν σημειωθεί σε πολλές περιοχές παγκοσμίως, και σε πολλές περιπτώσεις οι μεγάλες συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών μπορούν να δικαιολογηθούν από αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Επομένως, ακόμα και αν από τις χημικές αναλύσεις δεν προέκυψαν πολύ υψηλές τιμές των στοιχείων, η παρουσία τους στο χρησιμοποιούμενο νερό ενδέχεται να επηρέασε τη συσσώρευση τους στα φυτά. Ωστόσο, στα εκχυλίσματα του νερού του υποστρώματος δεν ανιχνεύτηκαν συγκεντρώσεις αυτών των στοιχείων.

### 3.2 Βαρέα μέταλλα στα φυτά

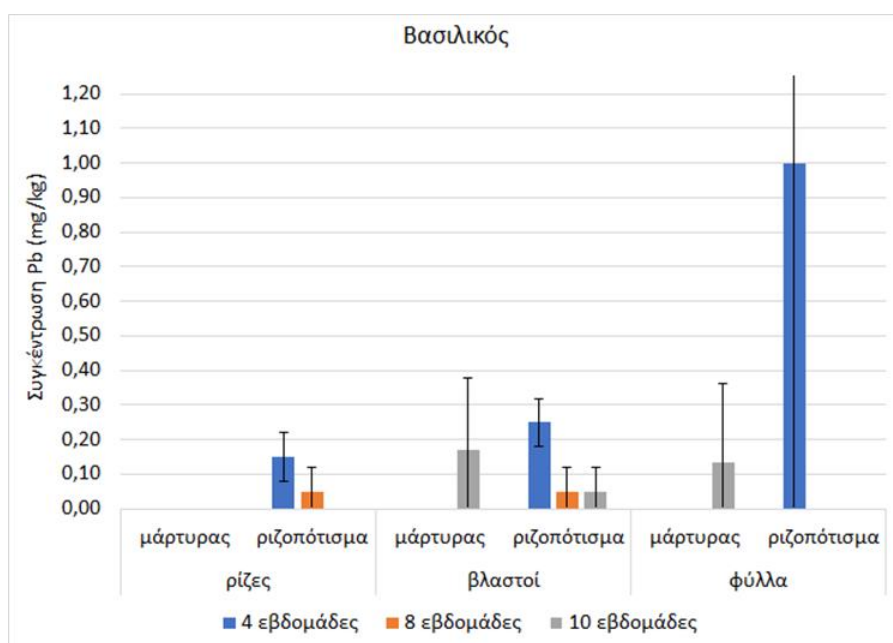
#### 3.2.1 Βασιλικός



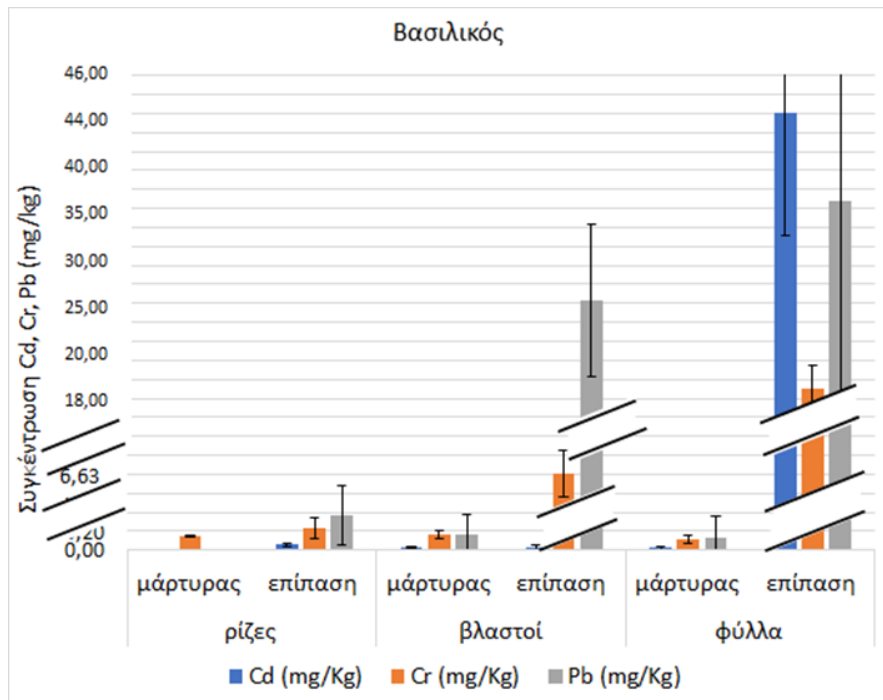
**Σχήμα 1** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



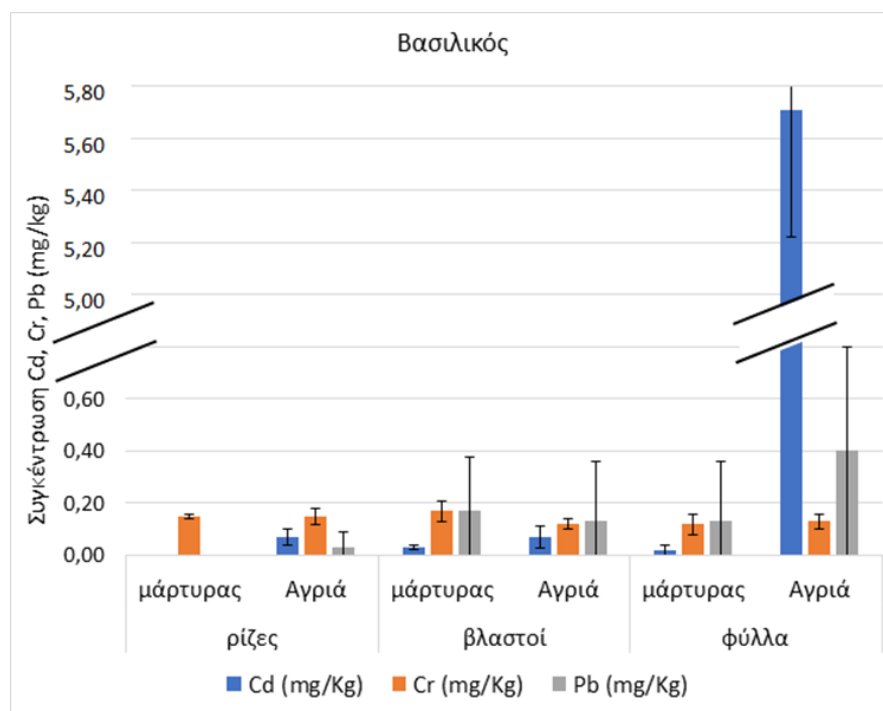
**Σχήμα 2** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cr σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 3** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 4** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν διαφυλλικής εφαρμογής συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 5** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του βασιλικού (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από

τη μεταφύτευση στην περιοχή της Αγριάς συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.

### **3.2.1.1 Φυτά – μάρτυρες**

Όπως έχει αναφερθεί, το κάδμιο στα φυτά φυσιολογικά εντοπίζεται σε τιμές από 0,05 – 0,2 ppm. Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, φαίνεται πως ο μέσος όρος του καδμίου στις ρίζες των φυτών είναι 0 mg/kg, στους βλαστούς 0,03 mg/kg και στα φύλλα 0,02 mg/kg, δηλαδή τιμές εντός φυσιολογικών ορίων. Επομένως, τα φυτά αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν μολυσμένα με κάδμιο.

Δεδομένου ότι τα φυσιολογικά όρια χρωμίου στα φυτά είναι έως 1,30 mg/kg και ότι τα αποτελέσματα έδειξαν μέσο όρο χρωμίου στις ρίζες των φυτών 0,15 mg/kg, στους βλαστούς 0,17 mg/kg και στα φύλλα 0,12 mg/kg τα φυτά αυτά δεν θεωρούνται μολυσμένα με χρώμιο.

Με όρια μόλυβδου στα φυτά 0,30 ppm και σύμφωνα με τις αναλύσεις, μέσο όρο μόλυβδου στις ρίζες 0 mg/kg, στους βλαστούς 0,17 mg/kg και στα φύλλα 0,13 mg/kg των φυτών του πειράματος, τα φυτά αυτά δεν εμφανίζονται μολυσμένα με μόλυβδο. Ωστόσο, στο βλαστό του δεύτερου φυτού και στα φύλλα του πρώτου φυτού παρατηρείται ελαφρώς ανεβασμένη των ορίων τιμή 0,40 mg/kg.

### **3.2.1.2 Ριζοπότισμα**

Όπως αναφέρθηκε, δείγματα από τις ρίζες, τους βλαστούς και τα φύλλα των φυτών συλλέχθηκαν την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα από τη μεταφύτευση. Στα σχήματα 1,2 και 3 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις του Cd, Cr και του Pb σε αυτό το χρονικό διάστημα για τα διάφορα μέρη του φυτού (ρίζα, βλαστός και φύλλα) και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα ευρήματα για τα φυτά-μάρτυρες.

#### **Κάδμιο**

Ο χρόνος συλλογής των δειγμάτων (4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα από τη μεταφύτευση) δεν επηρέασε τη συγκέντρωση του καδμίου στο βασιλικό, σε αντίθεση με τη μεταχείριση του ριζοποτίσματος η οποία επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωσή του στα φυτά ( $p < 0.05$ ), με τα φυτά που είχαν υποστεί ριζοπότισμα να εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του βαρέως μετάλλου σε σχέση με τα δείγματα που λήφθηκαν από τους μάρτυρες, όπως ήταν και αναμενόμενο (Σχήμα 1). Για τις ρίζες,

την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα οι τιμές ήταν 0,05 mg/kg, 0,01 mg/kg και 0,02 mg/kg, αντίστοιχα. Για τους βλαστούς ομοίως 0,05 mg/kg, 0 mg/kg και 0,03 mg/kg. Επιπλέον, από τα αποτελέσματα φαίνεται πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση του καδμίου εντοπίστηκε στα φύλλα, η οποία παρουσίασε αύξηση από 1,33 mg/kg, σε 2,84 mg/kg και ελαφριά μείωση μέχρι το τέλος του πειράματος με τιμή 2,28 mg/kg. Το κάδμιο συσσωρεύτηκε με διαφορετικό τρόπο στις ρίζες, στους βλαστούς και στα φύλλα, με στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές ( $p < 0.05$ ). Η συγκέντρωση καδμίου στους βλαστούς τόσο των φυτών μαρτύρων όσο και των φυτών που έλαβαν τη μεταχείριση του ριζοποτίσματος ήταν παρόμοια κατά την 4<sup>η</sup> εβδομάδα, είτε επειδή αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ποσότητα Cd που μπορεί να συσσωρευτεί στον ιστό βλαστών αυτού του φυτικού είδους είτε επειδή η περίσσεια Cd μεταφέρθηκε στα πρόσφατα σχηματισμένα φύλλα που είναι πλούσια σε θέσεις δέσμευσης Cd [7]. Οι συγκεντρώσεις καδμίου τόσο σε επίπεδο κυττάρων όσο και σε επίπεδο ιστών ποικίλλουν μεταξύ των διαφορετικών ειδών φυτών. Υψηλές συγκεντρώσεις Cd έχουν βρεθεί στα κυτταρικά τοιχώματα διαφορετικών φυτικών ιστών. Αρκετοί ερευνητές έχουν βρει υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου στις ρίζες των φυτών *Phaseolus vulgaris* και *Zea mays* [68], ενώ οι αναφορές και μέτρησαν υψηλές συγκεντρώσεις σε βλαστούς και φύλλα των *Polygonum thunbergii* και *Brassica napus* αντίστοιχα. Μία πιθανή εξήγηση της συσσώρευσης Cd στα φυτικά μέρη είναι εξαιτίας μεταφοράς ιόντων από τη ρίζα στα εναέρια μέρη του φυτού με την ίδια ταχύτητα με το νερό μέσω της διαπνοής. Όταν το κάδμιο βρίσκεται σε περίσσεια στο διάλυμα του υποστρώματος τα φυτά βασιλικού συσσωρεύουν υψηλές ποσότητές του στους ιστούς τους και ιδιαίτερα στα φύλλα κάτι που επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα μελέτη.

### Χρώμιο

Για τις ρίζες οι τιμές βρέθηκαν 0,16 mg/kg, 0,21 mg/kg και 0,17 mg/kg. Για τους βλαστούς 0,18 mg/kg, 0,25 mg/kg και 0,19 mg/kg. Για τα φύλλα 0,13 mg/kg, 0,24 mg/kg και 0,14 mg/kg. Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως η συγκέντρωση του χρωμίου στα φυτά του βασιλικού δεν επηρεάστηκε από το χρόνο συλλογής των δειγμάτων (4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση), τη μεταχείριση (ριζοπότισμα) και τα μέρη του φυτού (ρίζες, βλαστοί και φύλλα). Σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές, τα φυτά βασιλικού συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες χρωμίου στους βλαστούς τους και κυρίως στις ρίζες. Δεδομένου ότι το χρώμιο έχει προσελκύσει σημαντικά λιγότερη προσοχή από άλλα βαρέα μέταλλα, όπως το κάδμιο και ο μόλυβδος, δεν είναι ακόμη γνωστό πώς ακριβώς απορροφάται και κατανέμεται στα βλαστικά και αναπαραγωγικά όργανα των φυτών, ενώ δεν έχει προταθεί συγκεκριμένος μηχανισμός για την απορρόφησή του. Ωστόσο, ερευνητές [68] ανέφεραν ότι το Cr μεταφέρεται κυρίως μέσω του ξυλώματος μετά την απορρόφηση από το φυτό. Υπό αυτή την έννοια, η διαπνοή μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση και τη μετατόπιση του Cr μέσα στα φυτά. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η συγκέντρωση του Cr στις ρίζες των φυτών βασιλικού μετά από τέσσερις εβδομάδες επεξεργασίας ήταν παρόμοια με αυτή στα φύλλα και στους

βλαστούς. Η συσσώρευση Cr στις ρίζες και η ακινητοποίησή του στα κενοτόπια των ριζικών κυττάρων, που παρατηρείται κυρίως, πιθανότατα λειτουργούν ως μηχανισμός προστασίας της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης που συμβαίνει στα φύλλα. Ερευνητές [68] έδειξαν σε φυτά *Leersia hexandra* ότι το Cr συσσωρεύτηκε και απομονώθηκε αρχικά στα κυτταρικά τοιχώματα της ρίζας και δευτερευόντως στις κοιλότητες των φύλλων. Ωστόσο, η συγκέντρωση αυτού του βαρέως μετάλλου στο υπόστρωμα φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο όχι μόνο στην πρόσληψη του Cr αλλά και στην κατανομή του σε διάφορα φυτικά όργανα. Άλλοι ερευνητές [68] μέτρησαν υψηλότερη συγκέντρωση Cr στις ρίζες του *Capsicum annuum* από ότι στους βλαστούς και τα φύλλα, όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα που περιείχε υψηλή ( $65,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) και μέτρια ( $31 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) συγκέντρωση Cr, ενώ όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε υπόστρωμα με χαμηλή συγκέντρωση Cr, οι ρίζες και τα φύλλα των φυτών είχαν παρόμοια επίπεδα συσσώρευσης Cr. Σε άλλα πειράματα που έγιναν σε σιτάρι (*Triticum aestivum* L.), η συγκέντρωση Cr μετρήθηκε σχεδόν δύο φορές μεγαλύτερη στα φύλλα από ότι στους βλαστούς, όταν η συγκέντρωση αυτού του στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα ήταν  $0,1 \text{ mM}$ , ενώ η συγκέντρωση Cr στα φύλλα ήταν δύο έως τρεις φορές χαμηλότερη από τη ρίζα όταν η συγκέντρωση Cr στο θρεπτικό διάλυμα ήταν μικρότερη από  $0,1 \text{ mM}$ . Μια άλλη μελέτη υποδεικνύει ότι υψηλά επίπεδα χρωμίου μπορούν να μεταφερθούν στους βλαστούς των φυτών [69]. Σε άλλες έρευνες, στις οποίες μελετήθηκαν τρία είδη του βασιλικού (μαύρος, γλυκός και νάνος) βρέθηκε πως ορισμένα βαρέα μέταλλα, ανάμεσα σε αυτά και το χρώμιο, είχαν μεγαλύτερες μέσες τιμές για τα φύλλα και στα τρία είδη. Ειδικότερα, ο γλυκός βασιλικός είχε την πιο υψηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα ενώ στα άνθη, στα φύλλα και στους μίσχους τα ιχνοστοιχεία είχαν υψηλότερη συγκέντρωση από ότι στη ρίζα, εξαιτίας των ατμοσφαιρικών ρύπων υγρής και ξηρής εναπόθεσης (κατά φθίνουσα σειρά φύλλα > άνθη > μίσχοι > ρίζες). Σε αυτό το είδος βασιλικού, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα των βαρέων μετάλλων πιθανών να οφείλεται στην υψηλότερη παραγωγή της βιομάζας και στον υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης [71]. Οι μετρήσεις που έγιναν κατά την όγδοη εβδομάδα έδειξαν μία αυξημένη συγκέντρωση Cr στους φυτικούς ιστούς, η οποία μπορεί να προκλήθηκε από την αλλαγή της συγκέντρωσης Cr στο υπόστρωμα και δεν είναι στατιστικά σημαντική (Σχήμα 2).

### Μόλυβδος

Η τιμή του Pb στις ρίζες βρέθηκε αρχικά  $0,15 \text{ mg/kg}$ , στη συνέχεια  $0,05 \text{ mg/kg}$  και τελικά  $0 \text{ mg/kg}$ . Στους βλαστούς,  $0,25 \text{ mg/kg}$ , έπειτα  $0,05 \text{ mg/kg}$  και  $0,05 \text{ mg/kg}$ . Για τα φύλλα, η τιμή από την συλλογή των δειγμάτων την 4<sup>η</sup> εβδομάδα βρέθηκε  $1 \text{ mg/kg}$ , ενώ στις υπόλοιπες δύο συλλογές μηδενίστηκε (Σχήμα 3). Ορισμένες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε φυτά βασιλικού τα οποία έχουν αναπτυχθεί σε μολυσμένο έδαφος (με μέταλλα) έδειξαν πως τα μέταλλα έχουν συγκεντρωθεί στα όργανα των φυτών έχουν διαφορετικές συγκεντρώσεις και πιο συγκεκριμένα το κάδμιο, το χρώμιο και ο μόλυβδος είναι πιο άφθονα στις ρίζες. Ακόμη, σημειώνεται πως το



στάδιο ανάπτυξης των φυτών επηρεάζει την πρόσληψη των βαρέων μετάλλων και το Cd, το Cr και ο Pb είχαν μεγαλύτερη συσσώρευση σε ώριμα φύλλα [70].

Γενικότερα ο ρυθμός μείωσης της συγκέντρωσης Pb στις ρίζες των φυτών είναι σημαντικά χαμηλότερος από αυτόν στα φύλλα. Αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι οι ρίζες είναι το πρώτο φυσικό εμπόδιο για τη μετατόπιση του Pb στα επίγεια μέρη του φυτού, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του απορροφούμενου Pb παραμένει αποθηκευμένο στις ρίζες [72]. Πολλοί ερευνητές ανέφεραν ότι η συγκέντρωση Pb στους βλαστούς μειώθηκε ελαφρά μετά από τέσσερις εβδομάδες επεξεργασίας (από 29,94 σε 27,05 mg kg<sup>-1</sup>) και παρέμεινε σχεδόν σταθερή μέχρι το τέλος της πειραματικής περιόδου. Ωστόσο, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ της συγκέντρωσης μολύβδου στα διάφορα μέρη του φυτού, τους διαφορετικούς χρόνους συλλογής των δειγμάτων (4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα από τη μεταφύτευση) και τη διαφορετική μεταχείριση (ριζοπότισμα).

### **3.2.1.3 Επίταση (Διαφυλλικές εφαρμογές)**

Τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν δέκα εβδομάδες μετά από τις διαφυλλικές εφαρμογές με CdO, CrO, και PbO στα φυτά βασιλικού παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.

#### Κάδμιο

Οι συγκεντρώσεις του Cd παρέμειναν σε χαμηλές τιμές στις ρίζες (0,06 mg/kg) και στους βλαστούς (0,03 mg/kg) των φυτών. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης του στα φύλλα με τιμή 44,17 mg/kg. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως η επαρκής ποσότητα του καδμίου στα παλιότερα φύλλα, έχει μετακινηθεί και έχει αποθηκευτεί στα φύλλα που σχηματίστηκαν αργότερα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεταχείριση της επίτασης και το μέρος του φυτού επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 4). Μικρός αριθμός αναφορών, υποστηρίζει πως ένα μέρος του καδμίου το οποίο εναποτίθεται σε φύλλα, μπορεί να μεταφερθεί και σε άλλα όργανα του φυτού, μέσα από το φύλλωμα. Το 1976, ο MacLean, έδειξε πως οι συγκεντρώσεις του καδμίου στις ρίζες ήταν υψηλότερες από ότι οι συγκεντρώσεις του σε άλλα μέρη των φυτών σόγιας, βρώμης, καλαμποκιού, τριφυλλιού κ.α. χωρίς κάποιο από αυτά να καλλιεργείται ώστε να καταναλωθούν οι ρίζες του. Όμως, στο καρότο, στο μαρούλι, στην πατάτα και στον καπνό βρέθηκε πως μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κάδμιο είχαν τα φύλλα [71]. Ακόμη, είναι γνωστό πως το είδος και η ποικιλία των φυτών (είδη που καλλιεργούνται) εμφανίζουν διαφορές στην ικανότητα απορρόφησης, συσσώρευσης και αντοχής σε βαρέα μέταλλα. Σύμφωνα με μια αναφορά [73], όταν τα φυτά *Noccaea caerulea* εκτέθηκαν σε αρκετά χαμηλές

συγκεντρώσεις καδμίου, αυτό εντοπίστηκε σε νεαρά φύλλα, ενώ η έκθεση των φυτών σε υψηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου είχε ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση του σε πιο παλιά φύλλα. Ερευνητές συμπέραναν ότι η κίνηση του στοιχείου μπορεί να λάβει χώρα μέσω του φυλλώματος, σε όργανα όπου εμφανίζεται αυξημένη διαπνοή ή σε νεαρούς ιστούς [74]. Ωστόσο, η ένταση μεταφοράς και αποθήκευσης του καδμίου στα νεότερα φύλλα εξαρτάται σημαντικά από τα φυτικά είδη. Αντίθετα, το Cd συσσωρεύτηκε τόσο σε νεαρά όσο και σε παλαιωμένα φύλλα όταν τα φυτά ιτιάς (*Salix viminalis*) εκτέθηκαν σε διάφορες συγκεντρώσεις Cd. Τα αποτελέσματα της συσσώρευσης Cd σε νέα φύλλα με εφαρμογή φυλλώματος σε φυτά βασιλικού είναι συγκρίσιμα με αυτά του *Lactuca sativa* [75].

### Χρώμιο

Στις ρίζες η τιμή συγκέντρωσης του χρωμίου βρέθηκε 0,24 mg/kg, στους βλαστούς 6,63 mg/kg ενώ η μεγαλύτερη τιμή στη συγκέντρωση του καδμίου παρατηρήθηκε στα φύλλα με τιμή 17,73 mg/kg. Η μεταχείριση της επίπασης και το μέρος του φυτού επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του χρωμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 4). Από πολλούς ερευνητές [76] αναφέρεται πως το χρώμιο μεταφέρεται στο ξύλωμα μέσω της συμπλαστικής οδού και εναποτίθεται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων του φλοιού με σχετικά μέτριο ρυθμό. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο της προς τα επάνω μεταφοράς, εμποδίζεται η συσσώρευση του χρωμίου στις ρίζες, όταν η εναπόθεση γίνεται στα φύλλα. Η σχετικά υψηλή συγκέντρωση Cr στους βλαστούς του βασιλικού εξηγείται, επιπλέον, από το γεγονός ότι συγκεκριμένα μέρη του βλαστού χρησιμοποιούνται για τη συσσώρευση Cr για να αποτραπεί αυτό το τοξικό στοιχείο από το να φτάσει στον φωτοσυνθετικά ενεργό ιστό. Ωστόσο, η κατανομή και η μετατόπιση του Cr μέσα στα φυτά εξαρτώνται, μεταξύ άλλων, από το φυτικό είδος [77].

### Μόλυβδος

Αναφορικά με το μόλυβδο, η συγκέντρωσή του βρέθηκε 0,37 mg/kg στις ρίζες, στους βλαστούς 25 mg/kg ενώ στα φύλλα σημειώθηκε μία αρκετά αυξημένη τιμή η οποία έφτασε τα 35,67 mg/kg. Η μεταχείριση της επίπασης επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση του μόλυβδου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 4). Γενικά, αποδείχθηκε πως για αρκετά είδη φυτών, η συσχέτιση των συγκεντρώσεων του Pb σε ρίζες, σε φύλλα και στο έδαφος είναι γραμμική [71]. Η έκθεση του φυλλώματος στο μόλυβδο, μπορεί να οδηγήσει στο να περάσει το μέταλλο αυτό μέσα από τα στόματα ή να προσκολληθεί σταθερά στις επιφάνειες των φύλλων εξαιτίας των δομών τους [78]. Σημειώνεται πως τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν μόλυβδο μέσω δύο πηγών, του εδάφους και του αέρα, ακόμη και αν πιστεύεται πως ο Pb έχει την ελάχιστη βιοδιαθεσιμότητα και εντοπίζεται συσσωρευμένο κυρίως στη ρίζα του φυτού. Μέχρι σήμερα, όλα τα

ευρήματα υποστηρίζουν τις διαδικασίες απορρόφησης και μετατόπισης που συμβαίνουν στο φυτό, οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με τον μηχανισμό της αλληλεπίδρασης Pb-φυτού [79]. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη πληροφοριών που να εξηγούν την πρόσληψη Pb στο φύλλωμα και τους μηχανισμούς που ευθύνονται για την απορρόφησή του από το φύλλωμα.

### **3.2.1.4 Φυτά στην περιοχή της Αγριάς**

#### Κάδμιο

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν πως στα φυτά βασιλικού της Αγριάς η τιμή του καδμίου στις ρίζες ήταν 0,07 mg/kg, για τους βλαστούς 0,07 mg/kg και στα φύλλα η μεγαλύτερη συγκέντρωση του με τιμή 5,71 mg/kg. Η τιμή του καδμίου στις ρίζες και στους βλαστούς δεν ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια, σε αντίθεση με την τιμή του στα φύλλα η οποία είναι αρκετά πιο υψηλή. Η καλλιέργεια των φυτών στην περιοχή της Αγριάς και η άρδυσή τους με το πόσιμο νερό που περιείχε 413 µg/L καδμίου, καθώς και το μέρος του φυτού επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 5).

#### Χρώμιο

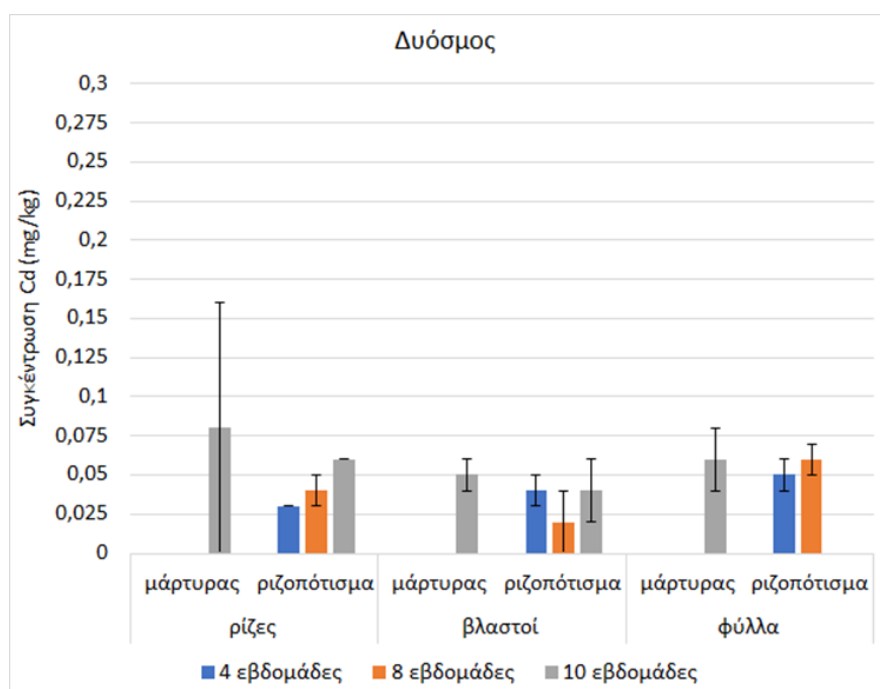
Οι τιμές του χρωμίου βρέθηκαν 0,15 mg/kg στις ρίζες, 0,12 mg/kg στους βλαστούς και 0,13 στα φύλλα. Η καλλιέργεια των φυτών στην περιοχή της Αγριάς και η άρδυσή τους με το πόσιμο νερό το οποίο περιείχε 123 µg/L χρωμίου, καθώς και το μέρος του φυτού δεν επηρέασαν τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα (Σχήμα 5).

#### Μόλυβδος

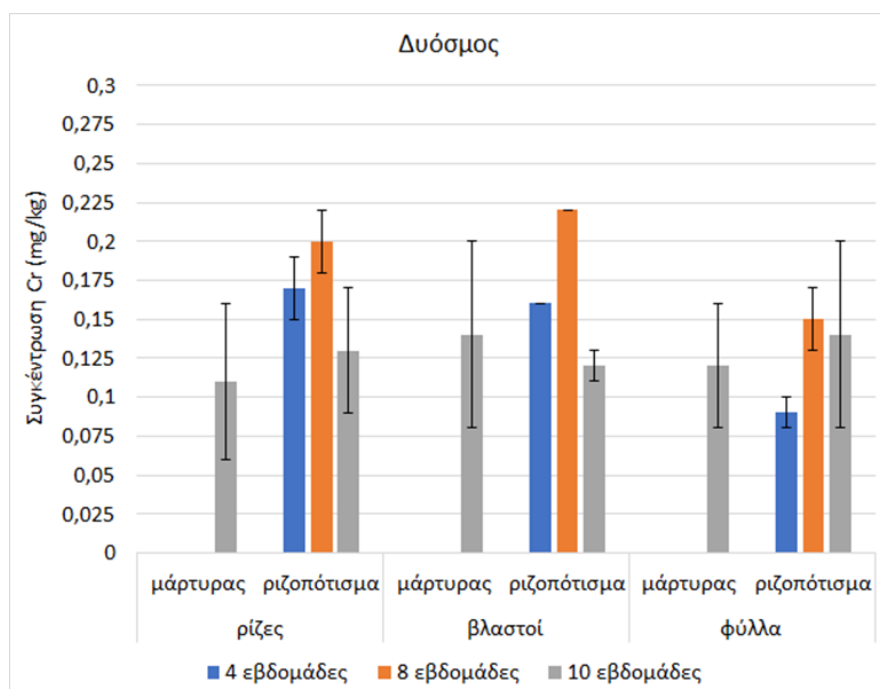
Αναφορικά με το μόλυβδο, η συγκέντρωσή του στις ρίζες βρέθηκε 0,03 mg/kg, στους βλαστούς 0,13 mg/kg και στα φύλλα 0,4 mg/kg. Η καλλιέργεια των φυτών στην περιοχή της Αγριάς και η άρδυσή τους με το πόσιμο νερό (το οποίο δεν περιείχε ποσότητα μολύβδου) καθώς και το μέρος του φυτού δεν επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα (Σχήμα 5).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα φυτά που ποτίστηκαν με το νερό της Αγριάς μπορεί να επηρεάζονται αρνητικά από τη ρύπανση του περιβάλλοντος που υφίσταται η περιοχή λόγω της βαριάς βιομηχανίας και από την παρουσία των βαρέων μετάλλων στο νερό με το οποίο ποτίστηκαν.

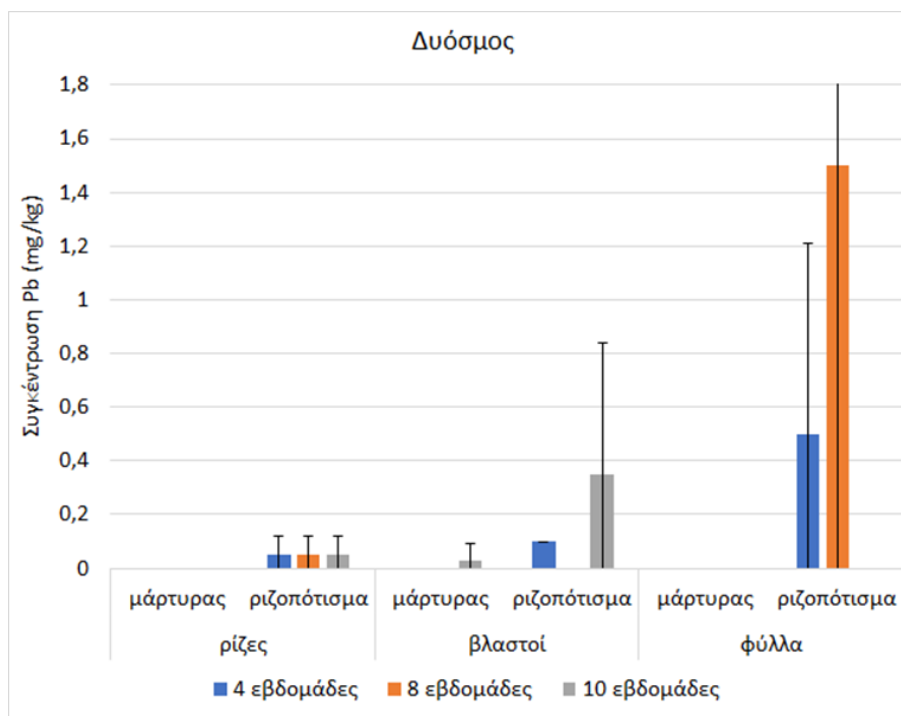
### 3.2.2 Δυόσμος



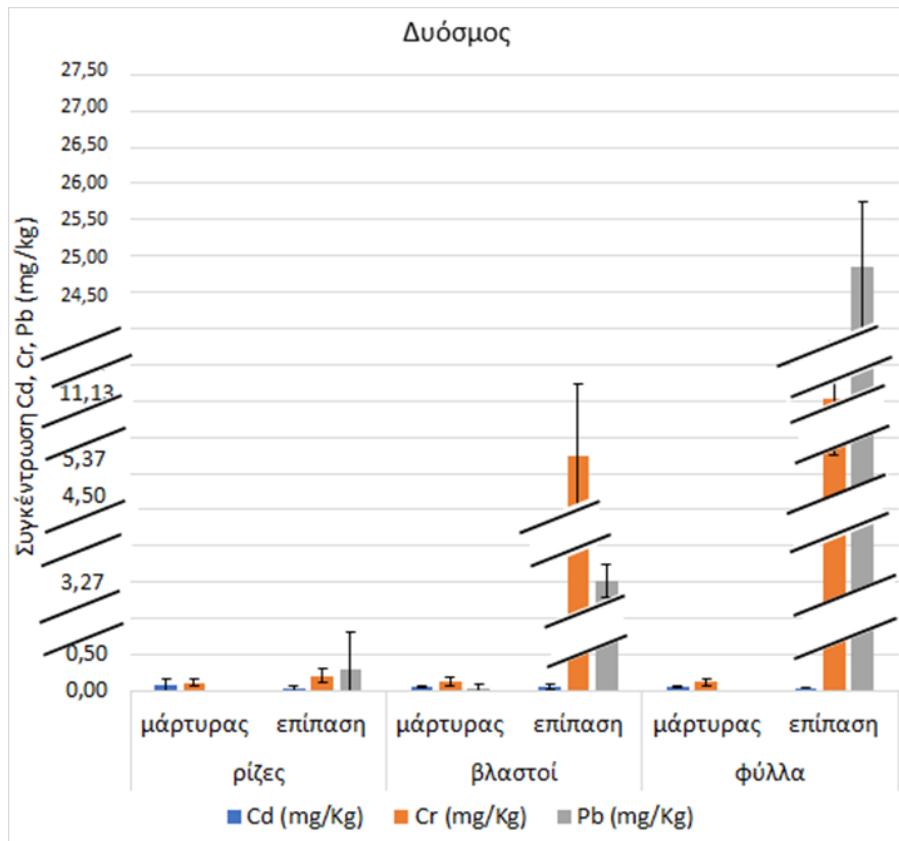
**Σχήμα 6** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



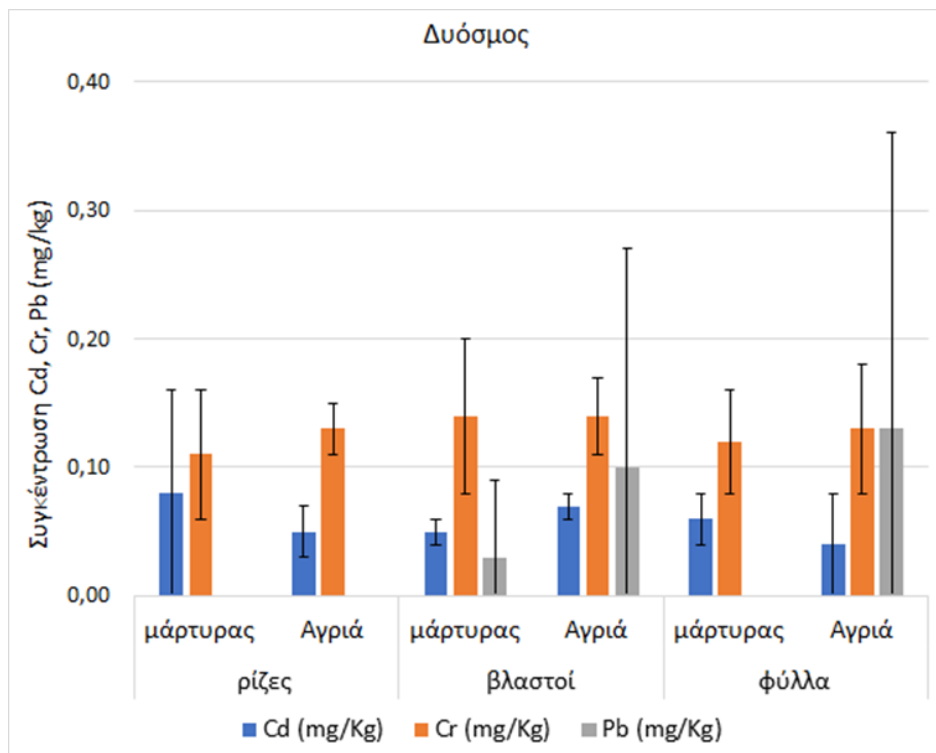
**Σχήμα 7** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cr σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 8** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 4η, 8η και 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν ριζοποτίσματος συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 9** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση κατόπιν διαφυλλικής εφαρμογής συναρτήσεως των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 10** Μεταβολή της συγκέντρωσης του Cd, του Cr και του Pb σε διάφορα μέρη του δυόσμου (ρίζες, βλαστούς και φύλλα) που συλλέχθηκαν την 10η εβδομάδα από τη μεταφύτευση στην περιοχή της Αγριάς συναρτήσει των φυτών-μαρτύρων. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση.

### 3.2.2.1 Φυτά – μάρτυρες

Ομοίως, με ανώτατο φυσιολογικό όριο καδμίου στα φυτά 0,2 ppm προκύπτει πως τα φυτά του δυόσμου που αποτέλεσαν τους μάρτυρες δεν είναι μολυσμένα με κάδμιο. Ο μέσος όρος του καδμίου στις ρίζες είναι 0,08 mg/kg, στους βλαστούς 0,05 mg/kg και στα φύλλα 0,06 mg/kg. Με μέσο όρο χρωμίου 0,11 mg/kg στις ρίζες, 0,14 mg/kg στους βλαστούς και 0,12 mg/kg στα φύλλα τα φυτά δεν θεωρούνται μολυσμένα με χρώμιο (όρια χρωμίου 1,30 mg/kg).

Ο μέσος όρος του μόλυβδου στις ρίζες και στα φύλλα σημειώνεται 0 mg/kg, ενώ στους βλαστούς 0,03 mg/kg. Με ανώτερο όριο μόλυβδου 0,30 mg/kg στα φυτά γενικά, τα συγκεκριμένα φυτά μάρτυρες, δεν θεωρούνται μολυσμένα με μόλυβδο.

### 3.2.2.2 Ριζοπότισμα

Αντίστοιχα, από την ανάλυση των δειγμάτων στα φυτά του δυόσμου την 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα προέκυψαν οι τιμές:

#### Κάδμιο

Οι τιμές των δειγμάτων των ριζών, βλαστών και φύλλων και από τις τρεις συλλογές βρέθηκαν πολύ κοντά η μία στην άλλη. Πιο συγκεκριμένα για τη ρίζα οι τιμές βρέθηκαν 0,03 mg/kg, 0,04 mg/kg και 0,06 mg/kg, παρατηρείται μια πολύ μικρή αύξηση. Για τους βλαστούς οι τιμές ήταν 0,04 mg/kg, 0,02 mg/kg και 0,04 mg/kg, ενώ για τα φύλλα 0,05 mg/kg, 0,06 mg/kg και 0 mg/kg. Η μεταχείριση του ριζοποτίσματος επηρέασε σημαντικά τη συσσώρευση του καδμίου στα διάφορα φυτικά μέρη του δυόσμου συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 6).

### Χρώμιο

Το χρώμιο βρέθηκε στη ρίζα σε συγκεντρώσεις 0,17 mg/kg, 0,2 mg/kg και 0,13 mg/kg, στο βλαστό 0,16 mg/kg, 0,22 mg/kg και 0,12 mg/kg. Τέλος, στα φύλλα οι τιμές ήταν 0,09 mg/kg, σε 0,15 mg/kg και τελικά 0,14 mg/kg. Η μεταχείριση (ριζοπότισμα) επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση του χρωμίου στα φυτικά μέρη του δυόσμου συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 7).

### Μόλυβδος

Στις ρίζες, η τιμή του μόλυβδου σε όλα τα δείγματα σημειώθηκε σταθερά 0,05 mg/kg. Στους βλαστούς 0,1 mg/kg, έπειτα μηδέν και 0,35 mg/kg. Στα φύλλα 0,5 mg/kg, 1,5 mg/kg και 0 mg/kg. Ο χρόνος συλλογής των δειγμάτων, η μεταχείριση (ριζοπότισμα) και τα μέρη του φυτού (ρίζες, βλαστοί και φύλλα) δεν επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του μόλυβδου στα φυτά του δυόσμου συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα (Σχήμα 8).

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε φυτά άγριας μέντας (cornmint) και μέντας (peppermint) έδειξαν πως οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα φυτικά μέρη βρέθηκαν σε σειρά για το κάδμιο ρίζα > φύλλα > ριζώματα > μίσχοι, ενώ για το μόλυβδο ρίζα = φύλλα > ριζώματα = μίσχοι [80].

Στην μελέτη των Dinu et al. [80] αξιολογήθηκε η συμπεριφορά του φυτού *Mentha piperita* υπό μόλυνση εδάφους με βαρέα μέταλλα Cd, Pb, Ni και As και τη μεταφορά τους από το έδαφος στα φυτά καθώς και τη μετατόπιση στο σύστημα ρίζας/βλαστών/φύλλων σε σύγκριση με φυτά ελέγχου χωρίς προσθήκη βαρέων μετάλλων. Τα φυτά εκτέθηκαν για μια περίοδο τριών μηνών χρησιμοποιώντας δύο μείγματα μετάλλων στις ίδιες συγκεντρώσεις όπως AsCd και AsCdNiPb (23,7 mg/kg As, 5 mg/kg Cd, 136 mg/kg Ni και 95 mg/kg Pb). Τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης μετάλλων στα φυτά έδειξαν ότι Cd, Ni και Pb συσσωρεύτηκαν σε διαφορετικά μέρη του φυτού, εκτός από το As. Στα διάφορα όργανα των φυτών, η σειρά συσσώρευσης μετάλλου ήταν ρίζες > βλαστοί > φύλλα. Τα εργαστηριακά πειράματα τόνισαν ότι για μικρό χρονικό διάστημα, η *Mentha piperita* έχει την ικανότητα να σταθεροποιεί τα μέταλλα στο επίπεδο της ρίζας και γενικά πρόκειται για φυτό ανθεκτικό στα μέταλλα. Τα ίδια αποτελέσματα ελήφθησαν σε άλλες μελέτες για το φυτό *Allium sativum* L. [81] και *Mentha spicata* [11].



### 3.2.2.3 Επίταση (Διαφυλλικές εφαρμογές)

#### Κάδμιο

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η συγκέντρωση του καδμίου στις ρίζες των φυτών δυόσμου είναι 0,03 mg/kg, στους βλαστούς 0,06 mg/kg ενώ στα φύλλα είναι 0,04 mg/kg (Σχήμα 9). Παρατηρείται πως, η πρόσληψη του μετάλλου αυτού μέσω διαφυλλικών εφαρμογών ήταν αμελητέα, καθώς σε σύγκριση με τα φυτά – μάρτυρες οι διαφορές των τιμών των συγκεντρώσεων του καδμίου είναι ελάχιστες.

#### Χρώμιο

Η συγκέντρωση του χρωμίου στις ρίζες βρέθηκε 0,21 mg/kg, στους βλαστούς αρκετά αυξημένη με τιμή 5,37 mg/kg και στα φύλλα ακόμα μεγαλύτερη με τιμή 11,13 mg/kg. Η μεταχείριση της επίτασης και το μέρος του φυτού επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 9).

#### Μόλυβδος

Οι τιμές του μόλυβδου που προέκυψαν ήταν για τις ρίζες 0,3 mg/kg, για τους βλαστούς 3,27 ενώ τεράστια αύξηση της συγκέντρωσης παρατηρήθηκε στα φύλλα με τιμή 24,67 mg/kg. Η μεταχείριση της επίτασης και το μέρος του φυτού επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση του καδμίου στα διάφορα μέρη του φυτού συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρα ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 9).

Έρευνες εξέτασαν την επίδραση της διαφυλλικής εφαρμογής διαλύματος καδμίου και νικελίου στην απόδοση του αιθέριου ελαίου που παράγεται από την καλλιέργεια του φυτού *Mentha piperita* L.. Βρέθηκε ότι τα φυτά που επεξεργάστηκαν διαφυλλικά με βαρέα μέταλλα όπως με Cd παρουσίασαν αξιοσημείωτα επιβλαβή αποτελέσματα στην ανάπτυξη, τη φωτοσύνθεση, και την απόδοση σε αιθέριο έλαιο από το φυτό [82, 83]. Και στην παρούσα μελέτη, φαίνεται πως η επίταση (διαφυλλικές εφαρμογές) που έγινε στα φυτά του δυόσμου, επηρέασε σημαντικά τη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στα διαφορετικά τμήματα των φυτών του δυόσμου.

#### 3.2.2.4 Φυτά στην περιοχή της Αγριάς

##### Κάδμιο

Στα φυτά δυόσμου, η συγκέντρωση του καδμίου βρέθηκε στις ρίζες 0,05 mg/kg, στους βλαστούς 0,07 mg/kg και στα φύλλα 0,04 mg/kg (Σχήμα 10).

##### Χρώμιο

Το χρώμιο στις ρίζες βρέθηκε 0,13 mg/kg, στους βλαστούς 0,14 mg/kg και στα φύλλα 0,13 mg/kg (Σχήμα 10).

##### Μόλυβδος

Η τιμή του μόλυβδου στις ρίζες βρέθηκε 0 mg/kg, στους βλαστούς 0,1 mg/kg ενώ στα φύλλα 0,13 mg/kg (Σχήμα 10).

Η μεταχείριση (καλλιέργεια - άρδευση με πόσιμο νερό Αγριάς) και το μέρος του φυτού δεν επηρέασαν την τιμή των παραπάνω βαρέων μετάλλων στα φυτά του δυόσμου σε σχέση με τα φυτά-μάρτυρες, καθώς στατιστικά δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές.

Τελικά, από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στα φυτά του βασιλικού και του δυόσμου, γίνεται φανερό πως τα φυτά δεν συσσωρεύουν την ίδια ποσότητα βαρέων μετάλλων σε κάθε τμήμα τους (ρίζα, βλαστό, φύλλα), καθώς και πως τα τρία μέταλλα που εξετάστηκαν (κάδμιο, χρώμιο, μόλυβδος) δεν είχαν τις ίδιες τιμές συσσώρευσης και στα δύο είδη φυτών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο νερό της περιοχής της Αγριάς, καθώς και στο νερό του θερμοκηπίου, έδειξαν πως οι τιμές των εξεταζόμενων βαρέων μετάλλων ήταν μεγαλύτερες των ορίων που έχουν τεθεί. Ωστόσο, ακόμα και αν παρόμοιες τιμές αλλά και πολύ υψηλότερες από αυτές, έχουν αναφερθεί παγκόσμια σε πολλές περιοχές, η παρουσία τους στο νερό που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ενδέχεται να έχει επηρεάσει τη συσσώρευση αυτών στα φυτά.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων έδειξαν πως η επίταση (διαφυλλικές εφαρμογές), ήταν η μεταχείριση η οποία προκάλεσε τη μεγαλύτερη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων και στα φυτά του βασιλικού και του δυόσμου. Επιπλέον, από το σύνολο των αναλύσεων έγινε φανερό πως σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν στο πείραμα, και στα δύο είδη φυτών τα φύλλα ήταν το φυτικό μέρος με την υψηλότερη συσσώρευση μετάλλων. Αμέσως μετά ήταν οι βλαστοί, ενώ οι ρίζες παρουσίασαν την μικρότερη συσσώρευση.

Τα φυτά βασιλικού που ποτίζονται με νερό που περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις Cd, Cr και Pb, μπορούν να συσσωρεύσουν υψηλές ποσότητες Cd κυρίως στα φύλλα. Στα φυτά που έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές των βαρέων μετάλλων, παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Cd, Cr, Pb στα νεαρά φύλλα, ενώ υψηλή συγκέντρωση Cr, Pb παρατηρήθηκε επίσης και στους βλαστούς.

Τα φυτά δυόσμου που ποτίζονται με νερό που περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις Cd, Cr και Pb, δεν παρουσίασαν υψηλές συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων βαρέων μετάλλων, ενώ εκείνα που δέχθηκαν διαφυλλικές εφαρμογές φαίνεται να συσσωρεύουν Cr και Pb στα νεαρά φύλλα, αλλά και στους βλαστούς.

Η καλλιέργεια των φυτών βασιλικού και δυόσμου στην περιοχή της Αγριάς και η άρδυσή τους με το πόσιμο νερό της περιοχής, επηρέασε μόνο τη συγκέντρωση του καδμίου και μόνο στα φυτά του βασιλικού. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, συγκριτικά με τα φυτά που αποτέλεσαν τους μάρτυρες, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων και στα δύο είδη φυτών, ήταν παρόμοιες.

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό πως το κάδμιο (Cd) παρουσιάζει συσσώρευση μόνο στα φύλλα του βασιλικού, ενώ το χρώμιο (Cr) και ο μόλυβδος (Pb) σε φύλλα, σε βλαστούς του βασιλικού αλλά και του δυόσμου. Επομένως, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς σε περιοχές που είναι επιβαρυνμένες με βαρέα μέταλλα δεν θα πρέπει να συλλέγονται σαν δρόγη φύλλα και βλαστοί από καλλωπιστικά φυτά αυτών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Π. Μυλωνάς, Εξελίξεις στην εκμετάλλευση αρωματικών φυτών. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών, 2021.
- [2] Anthrimidis Agro, Αρωματικά φυτά, Anthrimidis Agro. (2022). <https://anagro.gr/arwmatika-fyta/>.
- [3] Η. Κάλφας, Αρωματικά Φυτά, Αμερικανική Γεωργική Σχολή, 2018.
- [4] Garden Guide, Βασιλικός, κλασσικό αρωματικό για τον κήπο και τη βεράντα, Gard. Guid. (2021). <https://www.gardenguide.gr/basilikos/>.
- [5] Alion, ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ: ΟΛΑ ΟΣΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΕΤΕ!, Alion Live Heal. Choose Alion. (2021). <https://www.alionveg.com/el/vasilikos-ti-na-gnorizete/>.
- [6] L. ORAFIDIYA, S. ADESINAJR, O. IGBENEGHU, E. AKINKUNMI, G. ADETOGUN, A. SALAU, The effect of honey and surfactant type on the antibacterial properties of the leaf essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn. against common wound-infecting organisms, *Int. J. Aromather.* 16 (2006) 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijat.2006.04.001>.
- [7] O. Makri, S. Kintzios, *Ocimum* sp. (Basil): Botany, Cultivation, Pharmaceutical Properties, and Biotechnology, *J. Herbs. Spices Med. Plants.* 13 (2008) 123–150. [https://doi.org/10.1300/J044v13n03\\_10](https://doi.org/10.1300/J044v13n03_10).
- [8] Wikipedia, Δυόσμος, Wikipedia Free Encycl. (2021). <https://el.wikipedia.org/wiki/Δυόσμος>.
- [9] Θ. Δήμου, Δυόσμος, MedNutrition. (2020). <https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/16542-dyosmos>.
- [10] G. Mahendran, S.K. Verma, L.-U. Rahman, The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of spearmint (*Mentha spicata* L.): A review, *J. Ethnopharmacol.* 278 (2021) 114266. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114266>.
- [11] T. Hourri, Y. Khairallah, A. Al Zahab, B. Osta, D. Romanos, G. Haddad, Heavy Metals Accumulation Effects on The Photosynthetic Performance of Geophytes in Mediterranean Reserve, *J. King Saud Univ. - Sci.* 32 (2020) 874–880. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.04.005>.
- [12] B. Salehi, Z. Stojanović-Radić, J. Matejić, F. Sharopov, H. Antolak, D. Kręgiel, S. Sen, M. Sharifi-Rad, K. Acharya, R. Sharifi-Rad, M. Martorell, A. Sureda, N. Martins, J. Sharifi-Rad, Plants of Genus *Mentha*: From Farm to Food Factory, *Plants.* 7 (2018) 70. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>.

- [13] Μ. Κουτσούκος, Αστικοί Λαχανόκηποι, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ. (2018) 1–54. <https://web.archive.org/web/20180827055721/http://kdvm.gr/Media/Default/Pdf/enotites/2.7.pdf>.
- [14] Χ. Τσαντήλας, Η ρύπανση με βαρέα μέταλλα των καλλιεργούμενων εδαφών στους αστικούς χώρους, Ελευθερία. (2016). <https://www.eleftheria.gr/m/απόψεις/item/129087-h-ρύπανση-με-βαρέα-μέταλλα-των-καλλιεργούμενων-εδαφών-στους-αστικούς-χώρους.html>.
- [15] Μ. Λουκίδου, Απομάκρυνση τοξικών μετάλλων από αραιά υδατικά διαλύματα με την εφαρμογή της βιορρόφησης. Διπλωματική εργασία. ΑΠΘ, 2003.
- [16] Γ. Καραμπουρνιώτης, Γ. Λιακόπουλος, Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. (2021) 1–26. [https://oeclass.aua.gr/openeaclass/modules/document/file.php/OCDACS100/GBT\\_2750\\_09\\_2h.pdf](https://oeclass.aua.gr/openeaclass/modules/document/file.php/OCDACS100/GBT_2750_09_2h.pdf).
- [17] Ε. Χρύσου, ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΜΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΕΡΙΤΗ -Ν.ΧΑΝΙΩΝ. Διπλωματική εργασία. ΤΕΙ Κρήτης, 2007.
- [18] Δ. Παπαγιαννόπουλος, Ανάλυση Μεθόδων Αποκατάστασης Εδαφών από Βαρέα Μέταλλα. Διπλωματική εργασία. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, 2018.
- [19] Μ. Αντωνοπούλου, Μελέτη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα εδαφών αστικών πάρκων της Θήβας. Διπλωματική Εργασία. ΓΠΑ, 2020.
- [20] Κ. Βασιλοπούλου, Συμβολή στην μελέτη της επίδρασης των αναλογιών έδαφος - compost και επιπέδων Cd στην ανάπτυξη του μαρουλιού και συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο φυτό και στο έδαφος. Διπλωματική εργασία. ΤΕΙ Καλαμάτας, 2014.
- [21] Μ. Τριγώνη, Επίπεδα και Κινητικότητα Μετάλλων σε Μεταλλευτικά και Αγροτικά Εδάφη της Ελλάδας. Διπλωματική Εργασία. ΕΚΠΑ, 2017.
- [22] Gaia, Κάδμιο, Gaia Επιχειρίν. (2015). <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Κάδμιο>.
- [23] Κ. Κρομμύδα, Συσσώρευση Βαρέων μετάλλων σε καρπούς και φύλλα νεραντζιάς. Διπλωματική εργασία. ΤΕΙ Κρήτης, 2015.
- [24] WHO, WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. World Health Organization., 2007.
- [25] Α. Γραμμένου, Επίπεδα βαρέων μετάλλων σε έδαφος και καλλιέργεια δημητριακών στην περιοχή των Μεταλλείων Δομοκού. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2020.

- [26] Βικιπαιδεία, Μόλυβδος, Wikipedia Free Encycl. (2021). <https://el.wikipedia.org/wiki/Μόλυβδος>.
- [27] J.O. Nriagu, Lead in soils, sediments and major rock types., in: J.O. Nriagu (Ed.), Biogeochem. Lead, Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, The Netherlands, 1978: pp. 18–88.
- [28] A. Kabata-Pendias, H. Pendias, Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, Fl, CRS Press., 1992.
- [29] Θ. Τσιακάλη, Διερεύνηση του συντελεστή κατανομής των Cu, Ni και Pb σε δύο εδάφη. Διπλωματική Εργασία. ΑΠΘ, 2016.
- [30] Α. Δημήρκου, Μελέτη της συμπεριφοράς ορισμένων εδαφικών συστατικών στην πρόσληψη του τρισθενούς χρωμίου από συγκεκριμένα φυτά. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2012.
- [31] Α. Μόλλα, Βελτίωση ρυπασμένων εδαφών και υδάτων από νιτρικά, αμμωνιακά και χρώμιο και αξιοποίηση αυτών στην καλλιέργεια φυτών. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2012.
- [32] A. Prasad, A.K. Singh, S. Chand, C.S. Chanotiya, D.D. Patra, Effect of Chromium and Lead on Yield, Chemical Composition of Essential Oil, and Accumulation of Heavy Metals of Mint Species, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 41 (2010) 2170–2186. <https://doi.org/10.1080/00103624.2010.504798>.
- [33] S. Saygideger, M. Dogan, Influence of pH on lead uptake, chlorophyll and nitrogen content of Nasturtium officinale R. Br. and Mentha aquatica L., J. Environ. Biol. 26 (2005) 753–9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16459569>.
- [34] S. Raquel A., S. Renata A., O. Alberton, Z.C. Gazim, A. Laverde Jr., J. Caetano, A.C. Amorin, D.C. Dragunski, Phytoaccumulation and effect of lead on yield and chemical composition of Mentha crisper essential oil, Desalin. Water Treat. 53 (2015) 3007–3017. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.874716>.
- [35] J. Nirmal Kumar, H. Soni, R.N. Kumar, I. Bhatt, Hyperaccumulation and Mobility of Heavy Metals in Vegetable Crops in India, J. Agric. Environ. 10 (2009) 34–45. <https://doi.org/10.3126/aej.v10i0.2128>.
- [36] A. Singh, S.M. Prasad, Reduction of heavy metal load in food chain: technology assessment, Rev. Environ. Sci. Bio/Technology. 10 (2011) 199–214. <https://doi.org/10.1007/s11157-011-9241-z>.
- [37] Βικιπαιδεία, Αγριά Μαγνησίας, Wikipedia Free Encycl. (2022). [https://el.wikipedia.org/wiki/Αγριά\\_Μαγνησίας](https://el.wikipedia.org/wiki/Αγριά_Μαγνησίας).
- [38] E-Thessalia.gr, Αναφορά στην Εισαγγελία Βόλου για το νερό της Αγριάς, (2021). <https://e-thessalia.gr/anafora-stin-eisaggelia-voloy-gia-to-nero-tis-agrias/>.

- [39] Νόμος υπ' αριθμό 3119, Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης - Εναρμόνιση με την Οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998., Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο. (1998).
- [40] V. Kumar, R.D. Parihar, A. Sharma, P. Bakshi, G.P. Singh Sidhu, A.S. Bali, I. Karaouzas, R. Bhardwaj, A.K. Thukral, Y. Gyasi-Agyei, J. Rodrigo-Comino, Global evaluation of heavy metal content in surface water bodies: A meta-analysis using heavy metal pollution indices and multivariate statistical analyses, *Chemosphere*. 236 (2019) 124364. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124364>.
- [41] WHO, WHO Guidelines for Drinking-Water Quality (fourth ed.), incorporating the first addendum, Geneva (2017), 2017.
- [42] USEPA, USEPA Drinking Water Standards and Health Advisories Office of Water, Washington, DC, USA (2009) EPA 822-R-09-011, 2009.
- [43] A. Kubier, R.T. Wilkin, T. Pichler, Cadmium in soils and groundwater: A review, *Appl. Geochemistry*. 108 (2019) 104388. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104388>.
- [44] Water Resources, Domestic groundwater wells in the eastern and southeastern U.S. at risk of lead contamination, USGS. (2019). <https://www.usgs.gov/news/domestic-groundwater-wells-eastern-and-southeastern-us-risk-lead-contamination>.
- [45] WHO, Permissible Limits of Heavy Metals in Soil and Plants., 1996.
- [46] R. Levin, M. Schock, A. Marcus, Exposure To Lead in US Drinking Water. 23rd Annu. Conf. Trace Subst. Environ. Heal. (Cincinnati, OH, US: Environmental Protection Agency, 1989)., n.d.
- [47] E. Smolders, J. Mertens, Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability., in: *Heavy Met. Soils*, Third, Springer, 2013: pp. 283– 299. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>.
- [48] S. Naseem, S. Hamza, S. Nawaz-ul-Huda, E. Bashir, Q. Ul-Haq, Geochemistry of Cd in groundwater of Winder, Balochistan and suspected health problems, *Environ. Earth Sci*. 71 (2014) 1683–1690. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2572-z>.
- [49] EU, European Union Risk Assessment Report – Cadmium Oxide and Cadmium Metal, 2007.
- [50] ATSDR, Toxicological Profile for Cadmium, 2012.
- [51] W. Duijnsveld, L. Godbersen, J. Dilling, H.-E. Gäbler, J. Utermann, G. Klump, G. Scheeder, Ermittlung flächenrepräsentativer Hintergrundkonzentrationen prioritärer Schadstoffe im Bodensickerwasser Federal Institute for Geosciences and

Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hanover, 2008.

[52] Κ. Τσάκου, ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΧΡΩΜΙΟ. Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ, 2011.

[53] P. Chandra, S. Sinha, U. Rai, Bioremediation of Cr From Water and Soil By Vascular Aquatic Plants, in Phytoremediation of Soil and Water Contaminants, in: E.L. Kru Ger, T.A. Anderson, J.R. Coats (Eds.), Phytoremediation Soil Water Contam., ACS Symposium Series, 1997: pp. 274–282.

[54] EPA, Method 7199: Determination of Hexavalent Chromium in Drinking Water, Groundwater, and Industrial Wastewater Effluents By Ion Chromatography. Test Methods Eval. Solid Waste, 3rd Έκδ, Washington, DC: US: Environmental Protection Agency, Office of Solid Wast, 1996.

[55] T.M. Chiroma, R.O. Ebewele, F.K. Hymore, Comparative Assessment of Heavy Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water Used for Irrigation in Yola and Kano., Int. Ref. J. Eng. Sci. 3 (2014) 1–9. [https://doi.org/https://doi.org/10.18946/jssm.55.1\\_3](https://doi.org/https://doi.org/10.18946/jssm.55.1_3).

[56] Ν. Βασιλειάδου, Γ. Ζαμπετάκης, Νερό δηλητήριο σε όλη την Ελλάδα, Γεωπονικό και Πανεπιστήμιο Αθηνών., 2010.

[57] Ρ. Αγιουντάτη, Μελέτη αποτελεσματικότητας τεχνητού υγροβιότοπου με αλόφυτα για την απομάκρυνση Cd, Ni και Zn από αστικά λύματα. Διπλωματική Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, 2018.

[58] Κ. Παπαδημητρίου, Αλληλεπίδραση της προσθήκης Καδμίου (Cd) και Ψευδαργύρου (Zn), στη συγκέντρωση αυτών, σε φυτά *Ocimum basilicum* “Genovese”. Διπλωματική εργασία. ΓΠΑ, 2013.

[59] Ν. Μουστάκας, Έδαφος – Βαριά μέταλλα – Φυτά, Πεμπουσία. (2021). <https://www.pemptousia.gr/2021/05/edafos-varia-metalla-fita/>.

[60] Σ. Στασινός, Πρόσληψη βαρέων μετάλλων από φυτά-βολβούς καλλιεργούμενα σε ρυπασμένα εδάφη. Διπλωματική εργασία. ΕΚΠΑ, 2013.

[61] R.A. Skeffington, P.R. Shewry, P.J. Peterson, Chromium uptake and transport in barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.), *Planta*. 132 (1976) 209–214. <https://doi.org/10.1007/BF00399719>.

[62] S.E. Golovatyj, E.N. Bogatyreva, Effect of levels of chromium content in a soil on its distribution in organs of corn plants, *Soil Res. Use Fertil.* 8 (1999) 197–204.

[63] E.W.D. Huffman, W.H. Allaway, Chromium in plants. Distribution in tissues, organelles, and extracts and availability of bean leaf chromium to animals, *J. Agric. Food Chem.* 21 (1973) 982–986. <https://doi.org/10.1021/jf60190a008>.



- [64] A. SHANKER, M. DJANAGUIRAMAN, R. SUDHAGAR, C. CHANDRASHEKAR, G. PATHMANABHAN, Differential antioxidative response of ascorbate glutathione pathway enzymes and metabolites to chromium speciation stress in green gram ( (L.) R. Wilczek. cv CO 4) roots, *Plant Sci.* 166 (2004) 1035–1043. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.12.015>.
- [65] B. Pourrut, M. Shahid, C. Dumat, P. Winterton, E. Pinelli, Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants, in: 2011: pp. 113–136. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9860-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9860-6_4).
- [66] Α. Παπανικολόπουλος, Φυσιολογικές αποκρίσεις της ρίγανης (*Origanum vulgare*) σε αυξημένα επίπεδα μολύβδου στο έδαφος. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2019.
- [67] Γ. Χαρβάλας, Εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών από αρσενικό (As) και μόλυβδο (Pb) με τη μέθοδο της φυτοσταθεροποίησης. Η περίπτωση του Λαυρίου. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας., 2019.
- [68] I. V. Seregin, A.D. Kozhevnikova, Histochemical methods for detection of heavy metals and strontium in the tissues of higher plants, *Russ. J. Plant Physiol.* 58 (2011) 721–727. <https://doi.org/10.1134/S1021443711040133>.
- [69] H. Oliveira, Chromium as an Environmental Pollutant: Insights on Induced Plant Toxicity, *J. Bot.* 2012 (2012) 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/375843>.
- [70] C. Dinu, G.-G. Vasile, M. Buleandra, D.E. Popa, S. Gheorghe, E.-M. Ungureanu, Translocation and accumulation of heavy metals in *Ocimum basilicum* L. plants grown in a mining-contaminated soil, *J. Soils Sediments.* 20 (2020) 2141–2154. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02550-w>.
- [71] V. Jena, Study of Heavy Metal Distribution in Medicinal Plant Basil, *J. Environ. Anal. Toxicol.* 02 (2012). <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000161>.
- [72] H. Liu, H. Wang, Y. Ma, H. Wang, Y. Shi, Role of transpiration and metabolism in translocation and accumulation of cadmium in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.), *Chemosphere.* 144 (2016) 1960–1965. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.093>.
- [73] P. Vollenweider, C. Cosio, M.S. Günthardt-Goerg, C. Keller, Localization and effects of cadmium in leaves of a cadmium-tolerant willow (*Salix viminalis* L.), *Environ. Exp. Bot.* 58 (2006) 25–40. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.06.012>.
- [74] T. Sterckeman, S. Thomine, Mechanisms of Cadmium Accumulation in Plants, *CRC. Crit. Rev. Plant Sci.* 39 (2020) 322–359. <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1792179>.

- [75] T. Xiong, T. Zhang, C. Dumat, S. Sobanska, V. Dappe, M. Shahid, Y. Xian, X. Li, S. Li, Airborne foliar transfer of particular metals in *Lactuca sativa* L.: translocation, phytotoxicity, and bioaccessibility, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26 (2019) 20064–20078. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3084-x>.
- [76] V. Vidayanti, D. Choesin, I. Iriawati, Phytoremediation of Chromium: Distribution and Speciation of Chromium in *Typha angustifolia*, *Int. J. Plant Biol.* 8 (2017) 6870. <https://doi.org/10.4081/pb.2017.6870>.
- [77] M. Shahid, C. Dumat, S. Khalid, E. Schreck, T. Xiong, N.K. Niazi, Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake, *J. Hazard. Mater.* 325 (2017) 36–58. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.063>.
- [78] S. Sobanska, G. Uzu, M. Moreau, M. Choël, C. Dumat, P.M. Champion, L.D. Ziegler, Foliar Lead Uptake by Lettuce Exposed to Atmospheric Fallouts: Raman Imaging Study, in: 2010: pp. 504–505. <https://doi.org/10.1063/1.3482642>.
- [79] E. Schreck, V. Dappe, G. Sarret, S. Sobanska, D. Nowak, J. Nowak, E.A. Stefaniak, V. Magnin, V. Ranieri, C. Dumat, Foliar or root exposures to smelter particles: Consequences for lead compartmentalization and speciation in plant leaves, *Sci. Total Environ.* 476–477 (2014) 667–676. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.089>.
- [80] V.D. Zheljazkov, N.E. Nielsen, Effect of heavy metals on peppermint and cornmint, *Plant Soil.* 178 (1996) 59–66. <https://doi.org/10.1007/BF00011163>.
- [81] W. Jiang, Hyperaccumulation of cadmium by roots, bulbs and shoots of garlic (*Allium sativum* L.), *Bioresour. Technol.* 76 (2001) 9–13. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00086-9).
- [82] Z. Azimychetabi, M. Sabokdast Nodehi, T. Karami Moghadam, B. Motesharezadeh, Cadmium stress alters the essential oil composition and the expression of genes involved in their synthesis in peppermint (*Mentha piperita* L.), *Ind. Crops Prod.* 168 (2021) 113602. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113602>.
- [83] B. Ahmad, H. Jaleel, Y. Sadiq, M.M. A. Khan, A. Shabbir, Response of exogenous salicylic acid on cadmium induced photosynthetic damage, antioxidant metabolism and essential oil production in peppermint, *Plant Growth Regul.* 86 (2018) 273–286. <https://doi.org/10.1007/s10725-018-0427-z>.
- [84] Garden Guide, Αρωματικά φυτά: Αξία και χρήση τους στην κηποτεχνία., Garden Guide. (2019). <https://www.gardenguide.gr/aromatika-fyta-xrisi-kipotexnia/>.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Βασιλικός

#### Ριζοπότισμα

ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ (4 <sup>η</sup> εβδομάδα)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0	0	0,15	0,01	0	0
	ριζοπότισμα	0,05	0,01	0,16	0,01	0,15	0,07
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,03	0,01	0,17	0,04	0,17	0,21
	ριζοπότισμα	0,05	0,01	0,18	0,05	0,25	0,07
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,02	0,02	0,12	0,04	0,13	0,23
	ριζοπότισμα	1,33	0,76	0,13	0,02	1	1,41
ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ (8 <sup>η</sup> εβδομάδα)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0	0	0,15	0,01	0	0
	ριζοπότισμα	0,01	0,01	0,21	0,06	0,05	0,07
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,03	0,01	0,17	0,04	0,17	0,21
	ριζοπότισμα	0	0	0,25	0,06	0,05	0,07
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,02	0,02	0,12	0,04	0,13	0,23
	ριζοπότισμα	2,84	0,11	0,24	0,11	0	0
ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ (10 <sup>η</sup> εβδομάδα)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0	0	0,15	0,01	0	0
	ριζοπότισμα	0,02	0,02	0,17	0,01	0	0
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,03	0,01	0,17	0,04	0,17	0,21
	ριζοπότισμα	0,03	0	0,19	0,02	0,05	0,07
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,02	0,02	0,12	0,04	0,13	0,23
	ριζοπότισμα	2,28	0,4	0,14	0,01	0	0

## Επίπαση

ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0	0	0,15	0,01	0	0
	διαφυλλικές εφαρμογές	0,06	0,02	0,24	0,11	0,37	0,31
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,03	0,01	0,17	0,04	0,17	0,21
	διαφυλλικές εφαρμογές	0,03	0,02	6,63	1,94	25	8
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,02	0,02	0,12	0,04	0,13	0,23
	διαφυλλικές εφαρμογές	44,17	12,29	17,73	2,55	35,67	21,03

## Αγριά

ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0	0	0,15	0,01	0	0
	φυτά - Αγριά	0,07	0,03	0,15	0,03	0,03	0,06
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,03	0,01	0,17	0,04	0,17	0,21
	φυτά - Αγριά	0,07	0,04	0,12	0,02	0,13	0,23
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,02	0,02	0,12	0,04	0,13	0,23
	φυτά - Αγριά	5,71	1,66	0,13	0,03	0,4	0,4

## Δυόσμος

### Ριζοπότισμα

ΔΥΟΣΜΟΣ (15/10)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0,08	0,08	0,11	0,05	0	0
	ριζοπότισμα	0,03	0	0,17	0,02	0,05	0,07
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,05	0,01	0,14	0,06	0,03	0,06
	ριζοπότισμα	0,04	0,01	0,16	0	0,1	0
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,06	0,02	0,12	0,04	0	0
	ριζοπότισμα	0,05	0,01	0,09	0,01	0,5	0,71

ΔΥΟΣΜΟΣ (10/11)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0,08	0,08	0,11	0,05	0	0
	ριζοπότισμα	0,04	0,01	0,2	0,02	0,05	0,07
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,05	0,01	0,14	0,06	0,03	0,06
	ριζοπότισμα	0,02	0,02	0,22	0	0	0
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,06	0,02	0,12	0,04	0	0
	ριζοπότισμα	0,06	0,01	0,15	0,02	1,5	2,12

ΔΥΟΣΜΟΣ (30/11)							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0,08	0,08	0,11	0,05	0	0
	ριζοπότισμα	0,06	0	0,13	0,04	0,05	0,07
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,05	0,01	0,14	0,06	0,03	0,06
	ριζοπότισμα	0,04	0,02	0,12	0,01	0,35	0,49
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,06	0,02	0,12	0,04	0	0
	ριζοπότισμα	0	0	0,14	0,06	0	0

## Επίπαση

ΔΥΟΣΜΟΣ							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0,08	0,08	0,11	0,05	0	0
	διαφυλλικές εφαρμογές	0,03	0,03	0,21	0,1	0,3	0,52
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,05	0,01	0,14	0,06	0,03	0,06
	διαφυλλικές εφαρμογές	0,06	0,03	5,37	0,99	3,27	0,23
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,06	0,02	0,12	0,04	0	0
	διαφυλλικές εφαρμογές	0,04	0	11,13	2,19	24,67	3,79

## Αγριά

ΔΥΟΣΜΟΣ							
ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΦΥΤΩΝ	Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
		MO	SD	MO	SD	MO	SD
ρίζες	φυτά - μάρτυρες	0,08	0,08	0,11	0,05	0	0
	φυτά - Αγριά	0,05	0,02	0,13	0,02	0	0
βλαστοί	φυτά - μάρτυρες	0,05	0,01	0,14	0,06	0,03	0,06
	φυτά - Αγριά	0,07	0,01	0,14	0,03	0,1	0,17
φύλλα	φυτά - μάρτυρες	0,06	0,02	0,12	0,04	0	0
	φυτά - Αγριά	0,04	0,04	0,13	0,05	0,13	0,23