



Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείο Κρήτης

**«Καλλιέργεια σταμναγκαθιού σε διάφορους τύπους
εδαφών με προσθήκη κομπόστ από αστικά στερεά
απόβλητα ως εδαφοβελτιωτικό»**

Ανδρονίκη (Νίνα) Παπαφιλιππάκη

Επιβλέπων: καθ. Ν. Νικολαΐδης

Παρουσίαση στην επταμελή επιτροπή 6/11/2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

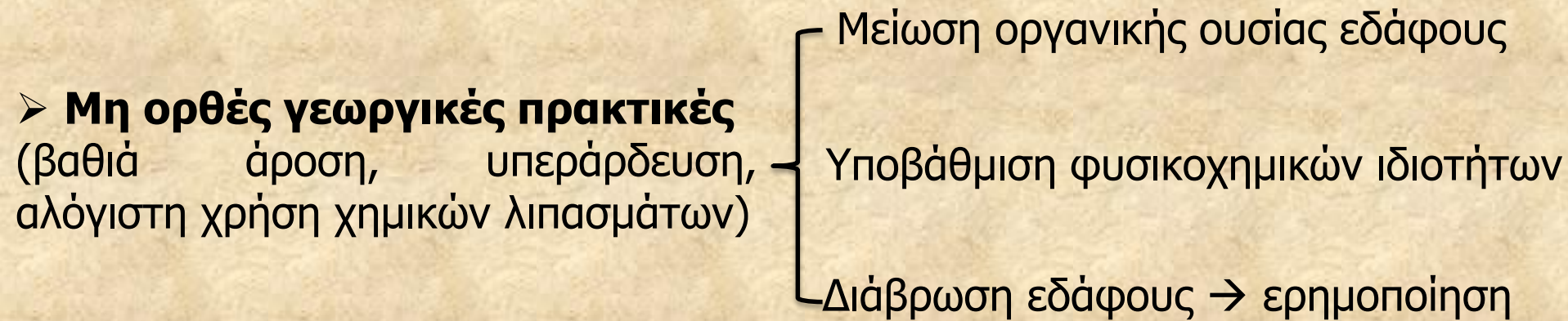
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Στόχοι – Αντικείμενα μελέτης – Καινοτομίες

- ✓ η ανάπτυξη του σταμναγκαθιού σε διαφορετικούς τύπους εδάφους καθώς και η επίδραση του κομπόστ ΑΣΑ ως εδαφοβελτιωτικό στην καλλιέργεια σταμναγκαθιού.
- ✓ η επίδραση των οριακών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων του κομπόστ (σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία) στο σύστημα έδαφος – σταμναγκάθι.
- ✓ η επίδραση του εδάφους και του κομπόστ ΑΣΑ σε σπορόφυτα από διαφορετικούς πληθυσμούς σταμναγκαθιού με φαινοτυπικές διαφορές, κάτω από τις ίδιες συνθήκες ανάπτυξης.
- ✓ η επίδραση του τύπου εδάφους, του κομπόστ ΑΣΑ και του πληθυσμού στον αποικισμό του σταμναγκαθιού με μυκόρριζες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



➤ **Η προσθήκη οργανικών εδαφοβελτιωτικών** → αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία.

➤ **Η οργανική ουσία:**

- Εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία
- Συμβάλει στη δημιουργία καλής δομής
- Αυξάνει το πορώδες και τη συγκράτηση νερού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

➤ Το κομπόστ από Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ):

- Προϊόν κομποστοποίησης (τεχνική επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των στερεών αποβλήτων)
- Περιβαλλοντικά φιλικό προϊόν → τα απόβλητα επανέρχονται στους παραγωγικούς κύκλους
- Εδαφοβελτιωτικό ή υπόστρωμα
- Πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο
- Βελτιώνει τις βιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους
- Επιδρά θετικά στη γονιμότητα του εδάφους
- Κίνδυνος επιβάρυνσης του εδάφους με βαρέα μέταλλα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

➤ Σταμναγκάθι:

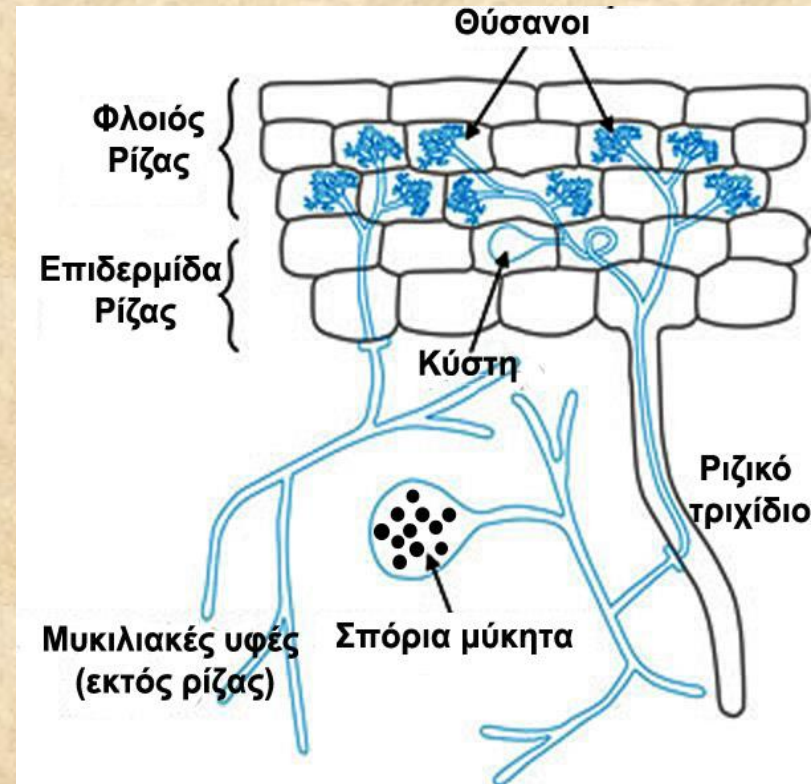
- Επιστημονικό όνομα: *Cichorium spinosum* L. οικ. Asteraceae
- Αυτοφυές - πολυετές φυτό πολύκλαδο ύψους 20-40 cm, βλαστοί με διακλαδώσεις ακανθωτές.
- Τα φύλλα του σχηματίζουν τη ροζέτα των φυτών του γένους *Cichorium*.
- Φύεται σε παραθαλάσσιους τόπους της Στερεάς Ελλάδας της Πελοποννήσου, των Κυκλάδων και της Κρήτης.
- Στα Χανιά φύεται σε διαφορετικούς οικότοπους τόσο στην ορεινή όσο και στην παραθαλάσσια ζώνη
- Έχει υψηλή διατροφική αξία (λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικές βιταμίνες, ολικές φαινόλες και Ω3 λιπαρά οξέα).
- Η συστηματική καλλιέργεια του σταμναγκαθιού ξεκίνησε τα τελευταία χρόνια στην περιοχή των Χανίων (Γραμβούσα).
- Παρουσιάζει σημαντικό οικονομικό ενδιαφέρον
- Δεν υπάρχει βιβλιογραφία που να αναφέρεται στην ανάπτυξη και στην θρέψη του σταμναγκαθιού στο έδαφος



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

➤ Μυκόρριζες:

- Μυκόρριζα είναι η συμβίωση μυκήτων με τις ρίζες των φυτών.
- Ο μύκητας προμηθεύεται υδατάνθρακες από το ριζικό σύστημα του φυτού.
- Οφέλη του φυτού από τον μύκητα:
 - ❖ Πρόσληψη P και αύξηση των φυτών.
 - ❖ Πρόσληψη N και άλλων θρεπτικών (K, Ca, Mg, Zn).
 - ❖ Καλύτερη αξιοποίηση του εδαφικού νερού.
 - ❖ Προστασία από τα βαρέα μέταλλα
 - ❖ Βελτίωση της συσσωμάτωσης των εδαφικών τεμαχιδίων
 - ❖ Προστασία από παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Διακρίνονται σε εκτομυκόρριζες και ενδομυκόρριζες (θυσανώδεις μυκόρριζες)



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αρχικά πειράματα:

1. Ποιοτική αξιολόγηση του κομπόστ ως εδαφοβελτιωτικό (σύγκριση με χωνευμένες κοπριές αιγοπροβάτων, αλόγων κτλ., κομποστοποιημένες κοπριές χοίρων, πουλερικών και κομποστοποιημένα φυτικά υπολείμματα και διαφορετικές παρτίδες κομπόστ).

Αναλύσεις

- Προσδιορισμός φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφοβελτιωτικών
- Προσδιορισμός μακροστοιχείων, ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων

2. Πειράματα προσρόφησης βαρέων μετάλλων (Cu, Zn, Cd) στο κομπόστ

Διερευνήθηκαν:

- η ικανότητα προσρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων μετάλλων στο κομπόστ
- η επίδραση των διαφορετικών χρόνων επαφής στη προσρόφηση βαρέων μετάλλων
- προσδιορίστηκαν οι ισόθερμες καμπύλες προσρόφησης Cu, Zn, Cd.

Κύρια πειράματα

Πρώτο πείραμα

Αργιλώδες



Αμμώδες



- ✓ Πρώτη σπορά (δίσκοι σποράς): 29 Νοεμβρίου 2011
- ✓ Μεταφύτευση: 14 Ιανουαρίου 2012
- ✓ Πρώτη κοπή: 29 Μαρτίου 2012 (καταστρεπτική δειγματοληψία σε 4 γλάστρες)
- ✓ Δεύτερη σπορά (δίσκοι σποράς): 28 Φεβρουαρίου 2012
- ✓ Επαναφύτευση: 2 Απριλίου 2012
- ✓ Δεύτερη κοπή: 7 Μαΐου 2012
- ✓ Κοπή επαναφύτευσης: 17 Μαΐου 2012

Μεταχειρίσεις πειράματος

Έδαφος	Κομπόστ (tn/ha)	Βαρέα μέταλλα
Αμμώδες	0	χωρίς προσθήκη
Αμμώδες	60	χωρίς προσθήκη
Αμμώδες	150	χωρίς προσθήκη
Αμμώδες	60*	στο κομπόστ
Αμμώδες	150*	στο κομπόστ
Αμμώδες*	0	στο έδαφος
Αμμώδες*	0	στο έδαφος
Αργιλώδες	0	χωρίς προσθήκη
Αργιλώδες	60	χωρίς προσθήκη
Αργιλώδες	150	χωρίς προσθήκη
Αργιλώδες	60*	στο κομπόστ
Αργιλώδες	150*	στο κομπόστ
Αργιλώδες*	0	στο έδαφος
Αργιλώδες*	0	στο έδαφος

* Cd:10, Cu:500, Zn:2000 mg/Kg

14 μεταχειρίσεις
8 γλάστρες/ μεταχείριση

Δεύτερο πείραμα:

Μελέτη διαφορετικών πληθυσμών σταμναγκαθιού (φαινοτυπική παραλλακτικότητα) που προέρχονται από διαφορετικούς οικότοπους.

6 γλάστρες/ μεταχείριση

Μεταχειρίσεις:

2 εδάφη (αμμώδες, αργιλώδες)

X

2 ποσότητες κομπόστ (0, 60 t/ha)

X

3 πληθυσμοί (ομαλός, γραμβούσα, καλ/νο)

=

12

- ✓ Σπορά (δίσκοι σποράς): 15 Νοεμβρίου 2012
- ✓ Μεταφύτευση: 22 Ιανουαρίου 2013
- ✓ Πρώτη κοπή: 2 Απριλίου 2013
- ✓ Δεύτερη κοπή: 7 Μαΐου 2013



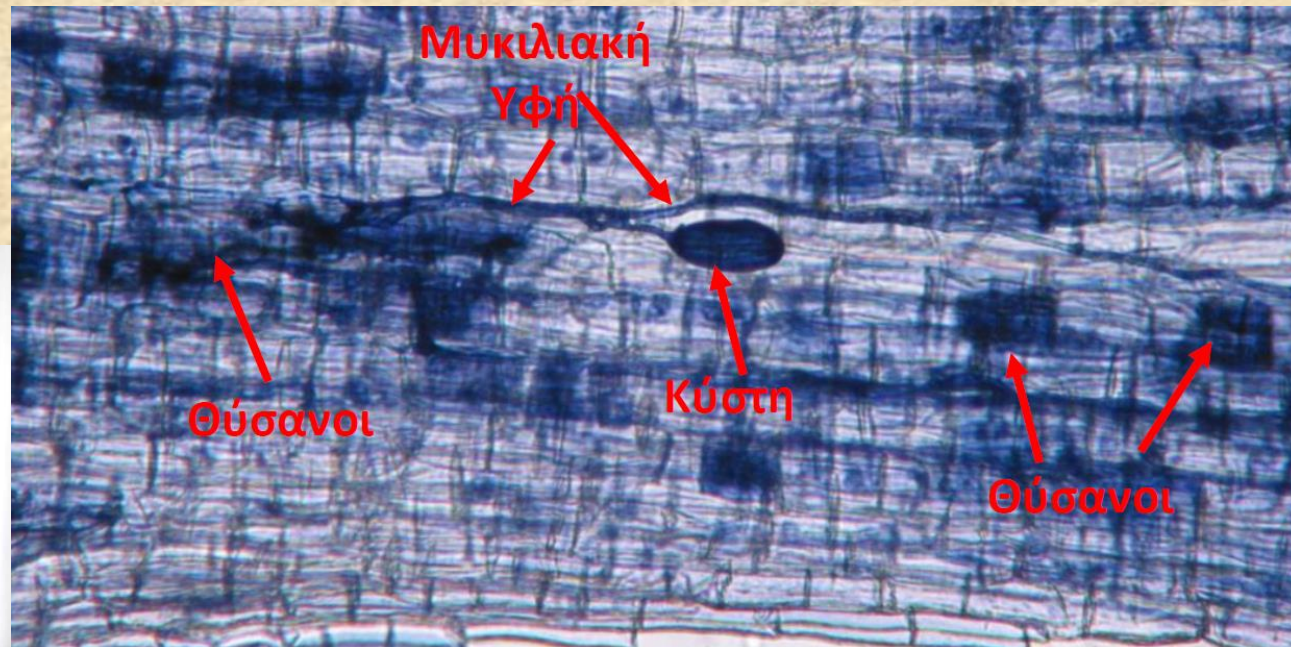
Αναλύσεις

Για το έδαφος:

- Φυσικοχημικές ιδιοτητες (Μηχανική σύσταση, pH, EC, TOC, CEC, Ανταλλάξιμα κατιόντα, TN, Διαθέσιμος P, NO_3 , NH_4^+ κ.α.)
- Ολικές και βιοδιαθέσιμες μορφές ιχνοστοιχείων και τοξικών βαρέων μετάλλων
- Ρυθμούς νιτροποίησης και ανοργανοποίησης του N.

Για το σταμναγκάθι:

- Μορφολογικά χαρακτηριστικά (Διάμετρος, Βάρος, Φυλλική επιφάνεια κ.α)
- Θρεπτικά στοιχεία (Μακροστοιχεία, Ιχνοστοιχεία, NO_3)
- Τοξικά βαρέα μέταλλα
- Χλωροφύλλες
- Μυκόρριζες

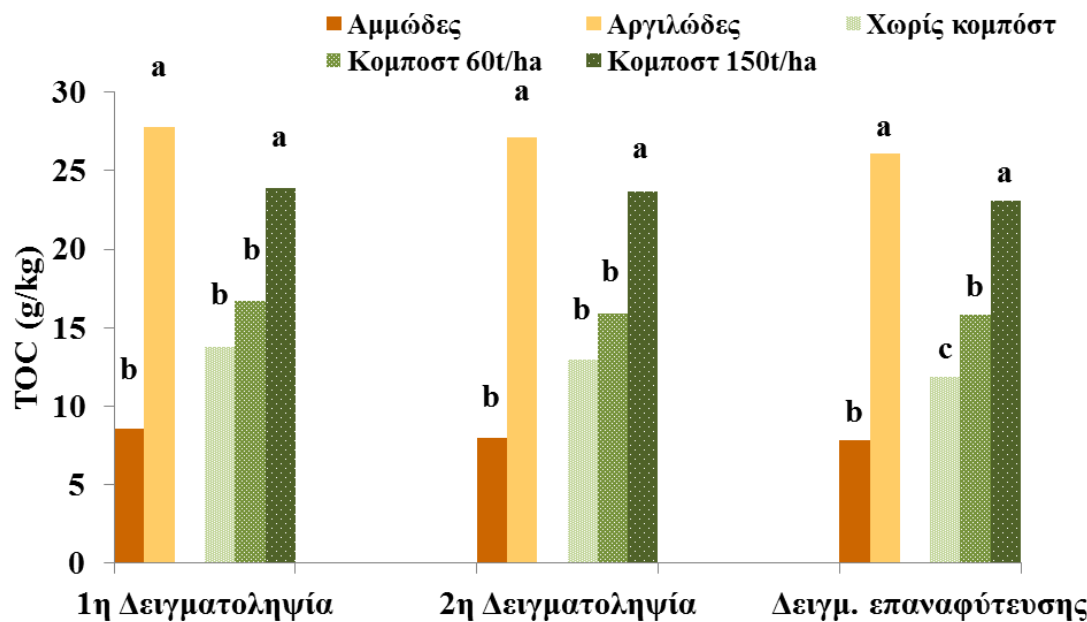


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ιδιότητες των εδαφών και του κομπόστ πριν την έναρξη του πειράματος

Παράμετρος	Αμμώδες έδαφος	Αργιλώδες έδαφος	Κομπόστ ΑΣΑ
Άργιλος (%)	7.1	40.3	ND
Ιλύς (%)	9.3	46.4	ND
Άμμος (%)	83.6	13.3	ND
pH	8.35	7.82	7.72
EC (μS/cm)	436	744	13490
CaCO ₃ (%)	19.04	18.96	ND
ΙΑΚ (cmol/kg)	5.09	26.64	72.16
Ολικός Οργ. Άνθρακας (g/kg)	4.24	21.28	228.06
Ολικό Άζωτο (g/kg)	0.41	2.12	20.00
NO ³ -N (mg/kg)	24,77	100,20	712,66
Λόγος C/N	10.33	10.06	11.40
Διαθέσιμος P (mg/kg)	15.78	19.45	515
Ανταλλάξιμο K ⁺ (cmol/kg)	0.14	1.79	34.91
Ανταλλάξιμο Na ⁺ (cmol/kg)	0.77	0.54	30.46
Ανταλλάξιμο Ca ²⁺ (cmol/kg)	28.54	50.96	55.71
Ανταλλάξιμο Mg ²⁺ (cmol/kg)	0.91	3.30	10.43
Total/DTPA Fe (mg kg ⁻¹)	8902/1.80	26548/2.11	10067/141.5
Total/DTPA Mn (mg kg ⁻¹)	582.6/4.19	737/7.41	219.5/8.48
Total/DTPA Cu (mg kg ⁻¹)	11.93/1.98	26.02/0.82	219.8/6.78
Total/DTPA Zn (mg kg ⁻¹)	31.00/1.82	72.6/0.55	452.5/56.14
Total/DTPA Pb (mg kg ⁻¹)	5.84/0.22	11.16/0.34	179.01/11.04
Total/DTPA Cd (mg kg ⁻¹)	<DL/<DL	<DL/<DL	0.90/0.27
Total/DTPA Cr (mg kg ⁻¹)	31.25/<DL	66.16/<DL	58.07/<DL
Total/DTPA Ni (mg kg ⁻¹)	37.61/0.44	95.87/0.68	31.39/0.50

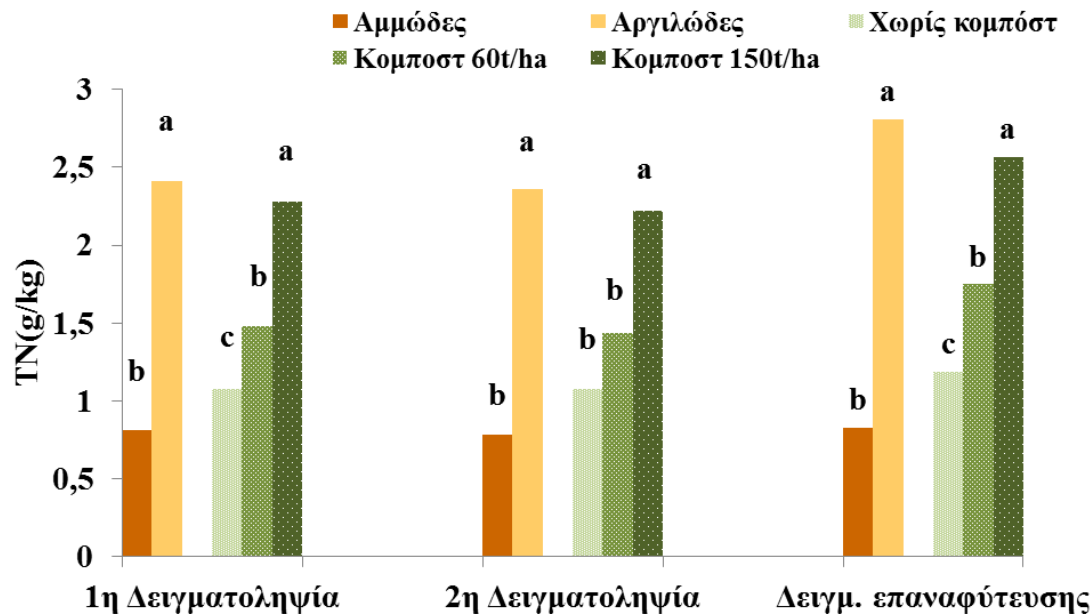
Επίδραση του τύπου εδάφους και του κομπόστ στις ιδιότητες και στη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων



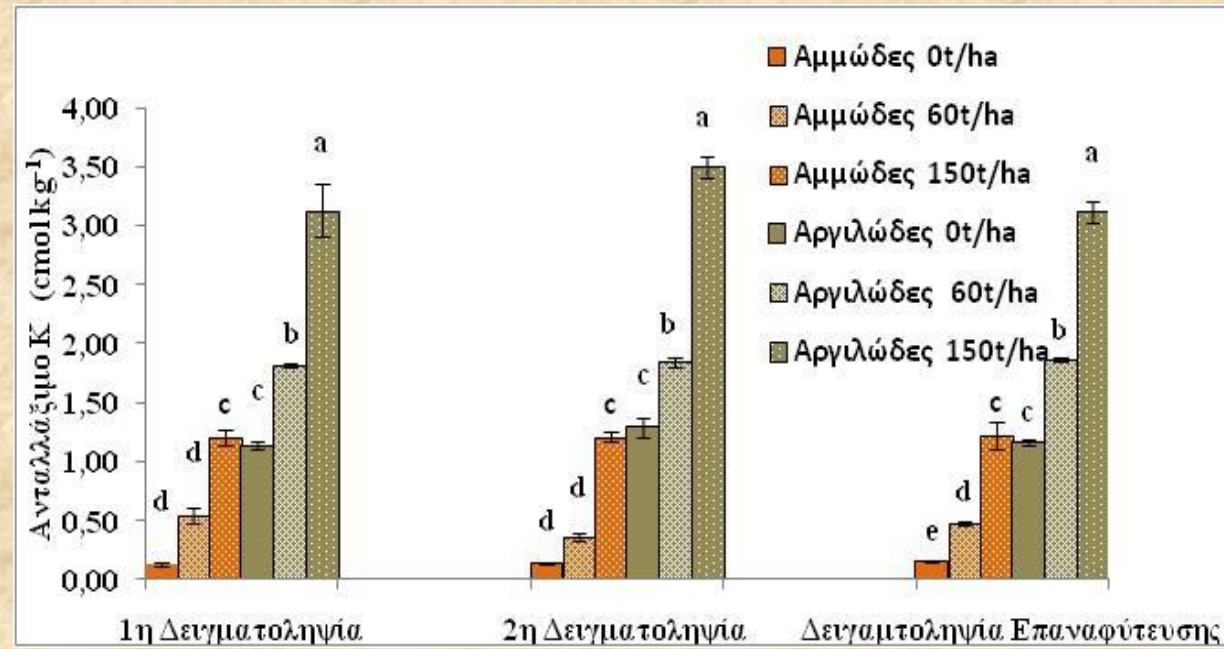
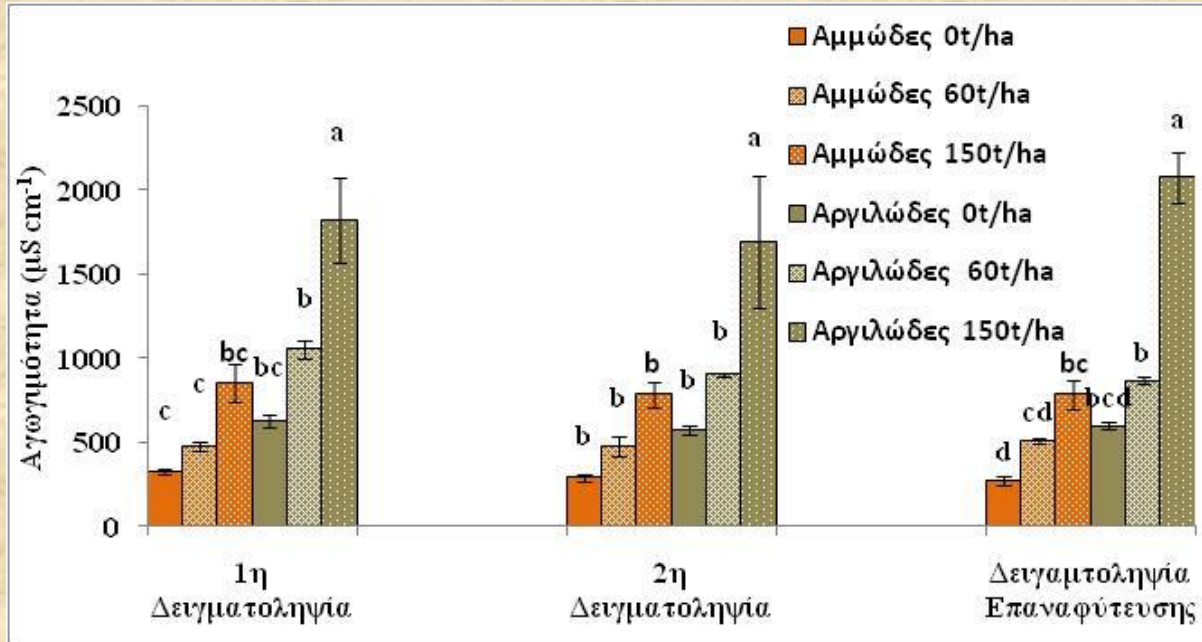
Προσδιορίστηκαν οι παρακάτω ιδιότητες του εδάφους:

pH, EC, TOC, TN, Διαθέσιμος P, IAK Ανταλλάξιμα K, Na, Ca, Mg.

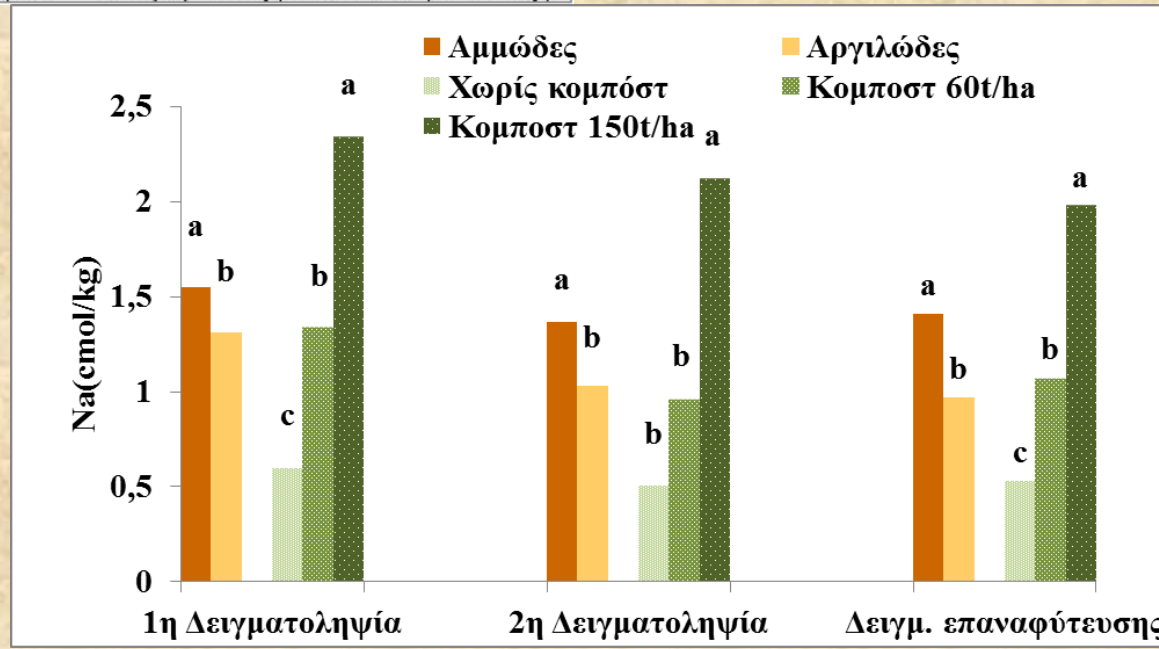
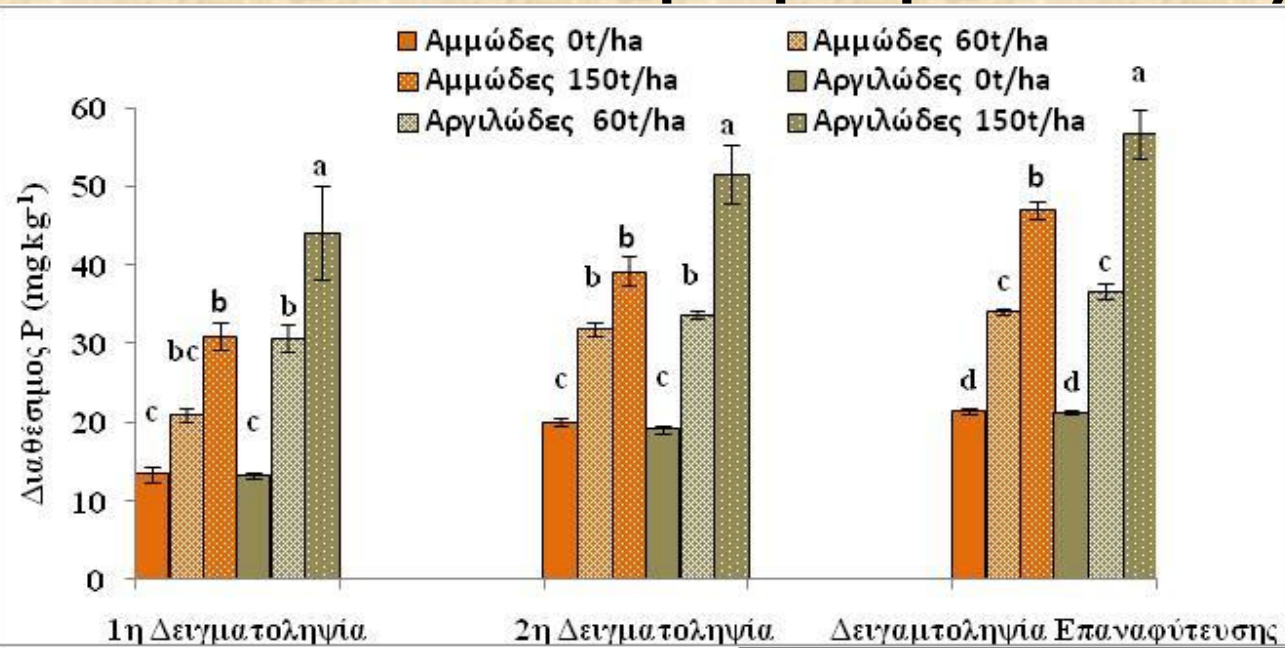
- Ο τύπος εδάφους έπαιξε σημαντικό ρόλο σε όλες τις ιδιότητες
- Το κομπόστ επηρέασε όλες τις ιδιότητες εκτός το ανταλλάξιμο Ca



Επίδραση του τύπου εδάφους και του κομπόστ στις ιδιότητες και στη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων



Επίδραση του τύπου εδάφους και του κομπόστ στις ιδιότητες και στη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων

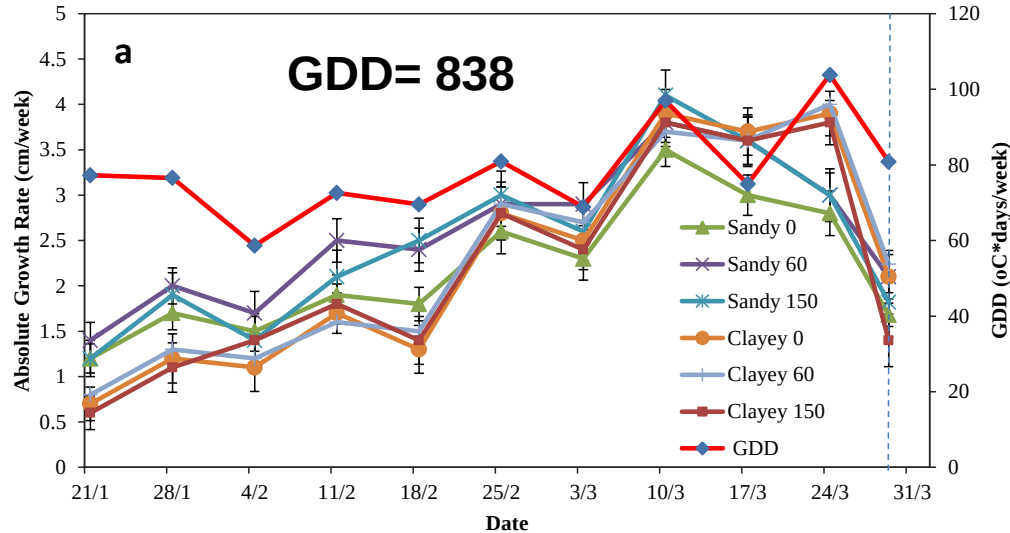


Επίδραση του κομποστ στο (%) ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας των βαρέων μετάλλων στα αμμώδη και αργιλώδη εδάφη

Δειγματοληψία	Μεταχείριση	Cu		Zn		Pb		Cd		Fe		Mn		Ni	
		Sandy	Clayey	Sandy	Clayey	Sandy	Clayey	Sandy	Clayey	Sandy	Clayey	Sandy	Clayey	Sandy	Clayey
1st	MSWC (t*ha ⁻¹)														
	0	16.05a	2.32b	7.20c	0.89c	4.69c	3.50c	<DL c	<DL b	0.02c	0.01c	0.70c	0.64b	1.21b	1.98b
	60	12.14b	2.98b	9.89b	4.66b	8.07b	5.40b	7.53b	8.20a	0.12b	0.02b	0.89b	0.81b	1.49ab	2.23b
	150	11.00b	4.53a	13.46a	9.68a	10.61a	7.86a	10.02a	10.00a	0.20a	0.04a	1.07a	1.20a	1.70a	2.85a
	Significance	**	**	**	***	***	***	***	**	***	***	**	*	**	***
2nd	0	14.29a	2.31c	6.55b	0.86c	4.93c	4.72c	<DL b	<DL c	0.02c	0.01c	0.63c	0.60b	0.92b	2.11b
	60	9.43b	3.06b	9.15a	4.58b	7.86b	6.07b	9.40a	8.50b	0.09b	0.02b	0.76b	0.79b	1.59b	2.32ab
	150	7.25c	4.04a	11.35a	8.67a	10.53a	7.65a	10.24a	10.46a	0.18a	0.04a	1.09a	1.18a	1.89a	2.72a
	Significance	***	***	**	**	***	**	**	***	***	**	***	***	*	*
Replanting	0	14.27a	2.56c	5.44b	0.91c	5.61b	4.15c	<DL b	<DL c	0.02c	0.01b	0.64c	0.60c	0.96b	2.09b
	60	10.24b	3.16b	9.42a	5.18b	8.75a	5.68b	8.92a	8.87b	0.09b	0.02b	0.86b	0.83b	1.86a	2.50ab
	150	9.26b	3.88a	13.01a	8.85a	10.77a	6.91a	10.15a	11.59a	0.18a	0.03a	1.08a	1.21a	2.18a	2.88a
	Significance	**	**	**	***	**	**	*	***	***	**	**	***	**	*

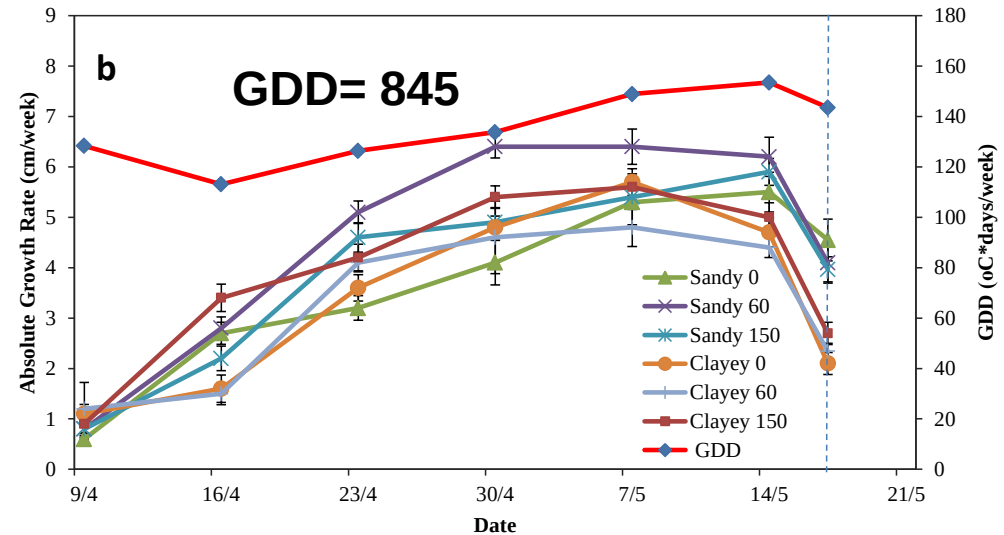
- % Βιοδιαθεσιμότητας > 10% → τα βαρέα μέταλλα είναι δυνητικά διαθέσιμα στα φυτά
- Βιοδιαθέσιμο Cr < DL → η οργανική ουσία προάγει την αναγωγή του ευκίνητου Cr⁶⁺ στο δυσκίνητο Cr³⁺
- Μικρή διαθεσιμότητα → CaCO₃, αλκαλικό pH
- Μείωση διαθεσιμότητας Cu στα αμμώδη εδάφη → σχηματισμός οργανομεταλλικών συμπλόκων

Ρυθμός ανάπτυξης της ροζέτας σε συνάρτηση με τις βαθμοημέρες (GDD) κατά την 1^η φύτευση (a) και επαναφύτευση του σταμναγκαθιού (b)



- Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εξαρτάται από τη θερμοκρασία περ/ντος (αθροιστικές βαθμοημέρες ανάπτυξης)
- Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου είχε ως αποτέλεσμα διακυμάνσεις του απόλυτου ρυθμού ανάπτυξης της διαμέτρου της ροζέτας

- Υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης παρατηρήθηκαν στα αμμώδη εδάφη, μόνο κατά την έναρξη της πρώτης φύτευσης → καλύτερη θέρμανση και αερισμό κατά τον χειμώνα
- Όλα τα φυτά απέκτησαν παρόμοιο μέγεθος ροζέτας περίπου 30 cm



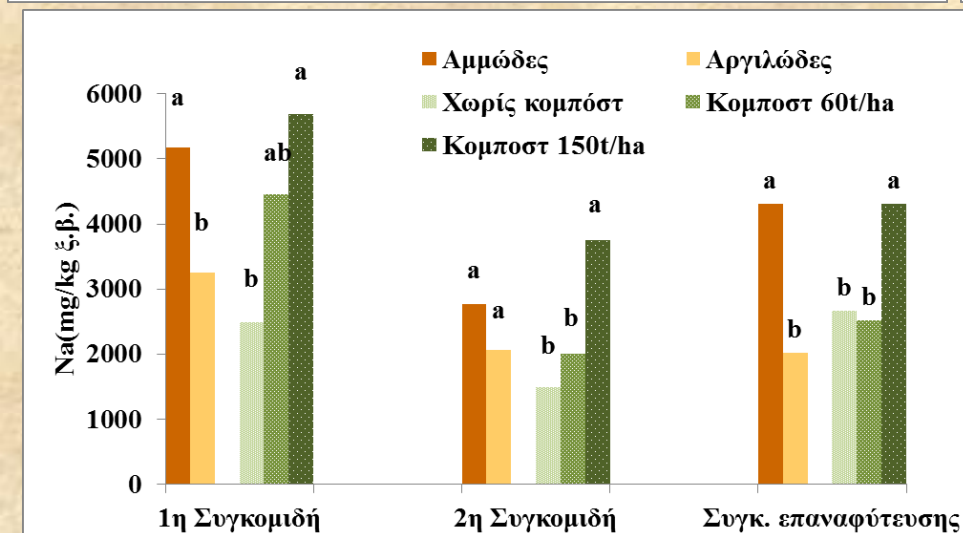
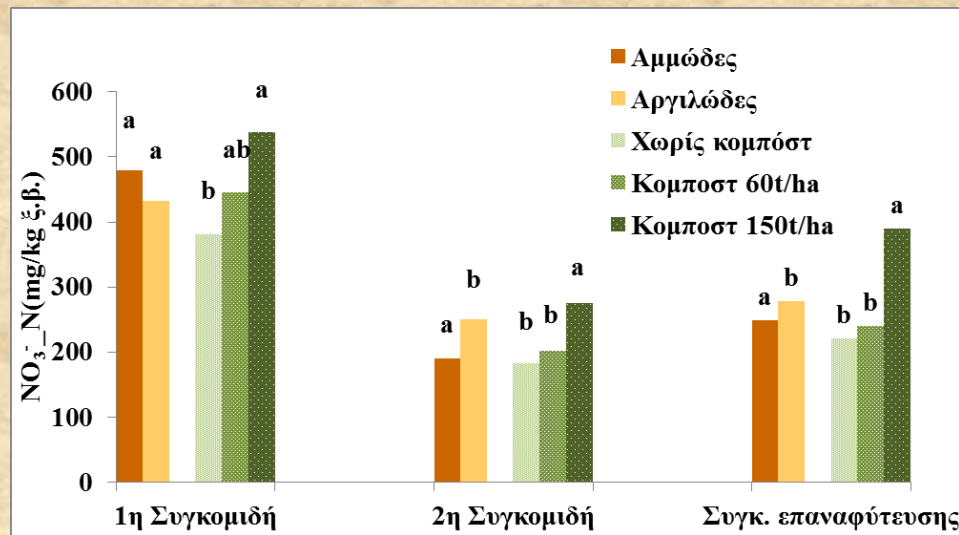
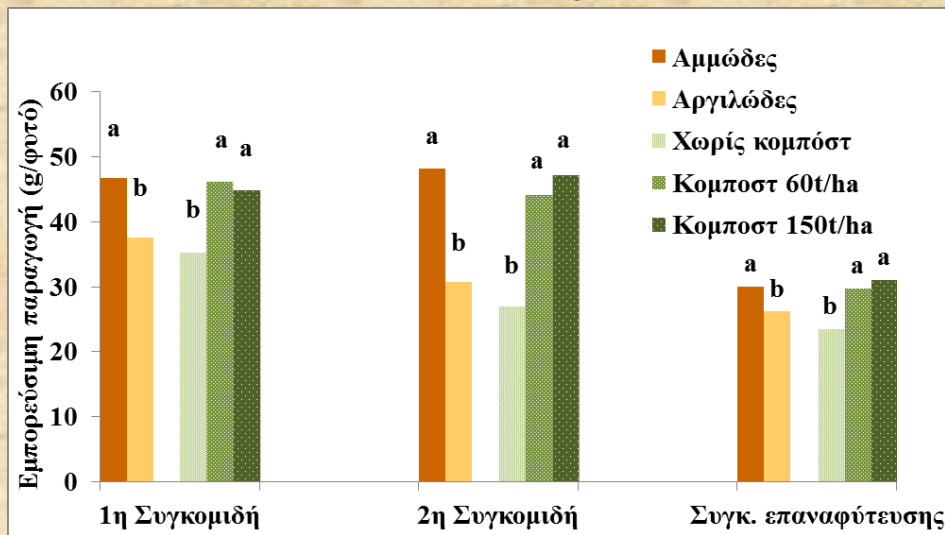
Η καλλιεργητική περίοδος και το στάδιο συγκομιδής δεν επηρεάστηκαν από τον τύπο εδάφους ή την προσθήκη κομποστ.

Επίδραση του τύπου εδάφους και του κομπόστ στις παραμέτρους ανάπτυξης, στην περιεκτικότητα μακροστοιχείων και νιτρικών στα φύλλα

Προσδιορίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι των φυτών:

Τελική διάμετρος, υπέργεια βιομάζα, περιεκτικότητα σε νερό, N,P,K,Na,Ca,Mg,NO₃-N

- Ο τύπος εδάφους και το κομπόστ έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην υπέργεια βιομάζα, στην περιεκτικότητα Na και NO₃-N.



Δεν Επηρεάστηκαν

- Τελική διάμετρος ροζέτας
- Περιεκτικότητα σε νερό
- N,P,K,Ca,Mg → Ισχύει η θεώρηση Tilman «Τα φυτά που αναπτύσσονται σε επάρκεια θρεπτικών αφομοιώνουν τις ποσότητες που χρειάζονται».

Επίδραση του τύπου εδάφους και του κομπόστ στην πρόσληψη ιχνοστοιχείων στο υπέργειο τμήμα και στις ρίζες του σταμναγκαθιού

Προσδιορίστηκαν τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία και βαρέα μέταλλα:

Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cr, Cd και Ni

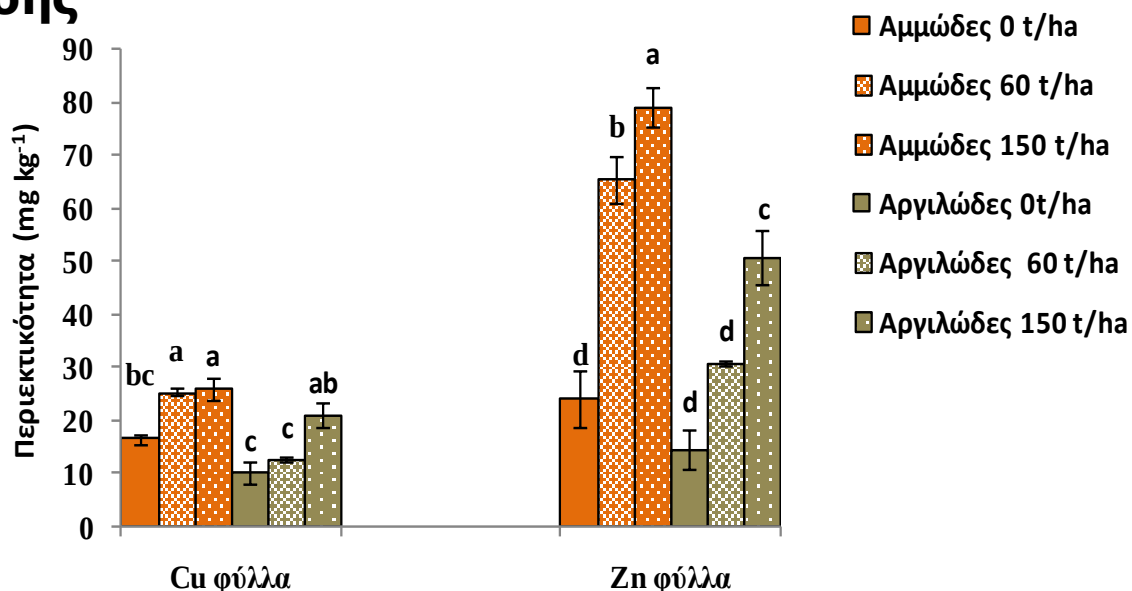
- **Ο τύπος του εδάφους έπαιξε σημαντικό ρόλο στα Cu, Zn, Mn και Cr ρίζες**
- **Το κομπόστ επηρέασε σημαντικά το Cu, Zn και το Pb στις ρίζες.**

Από την προσθήκη κομπόστ δεν επηρεάστηκαν

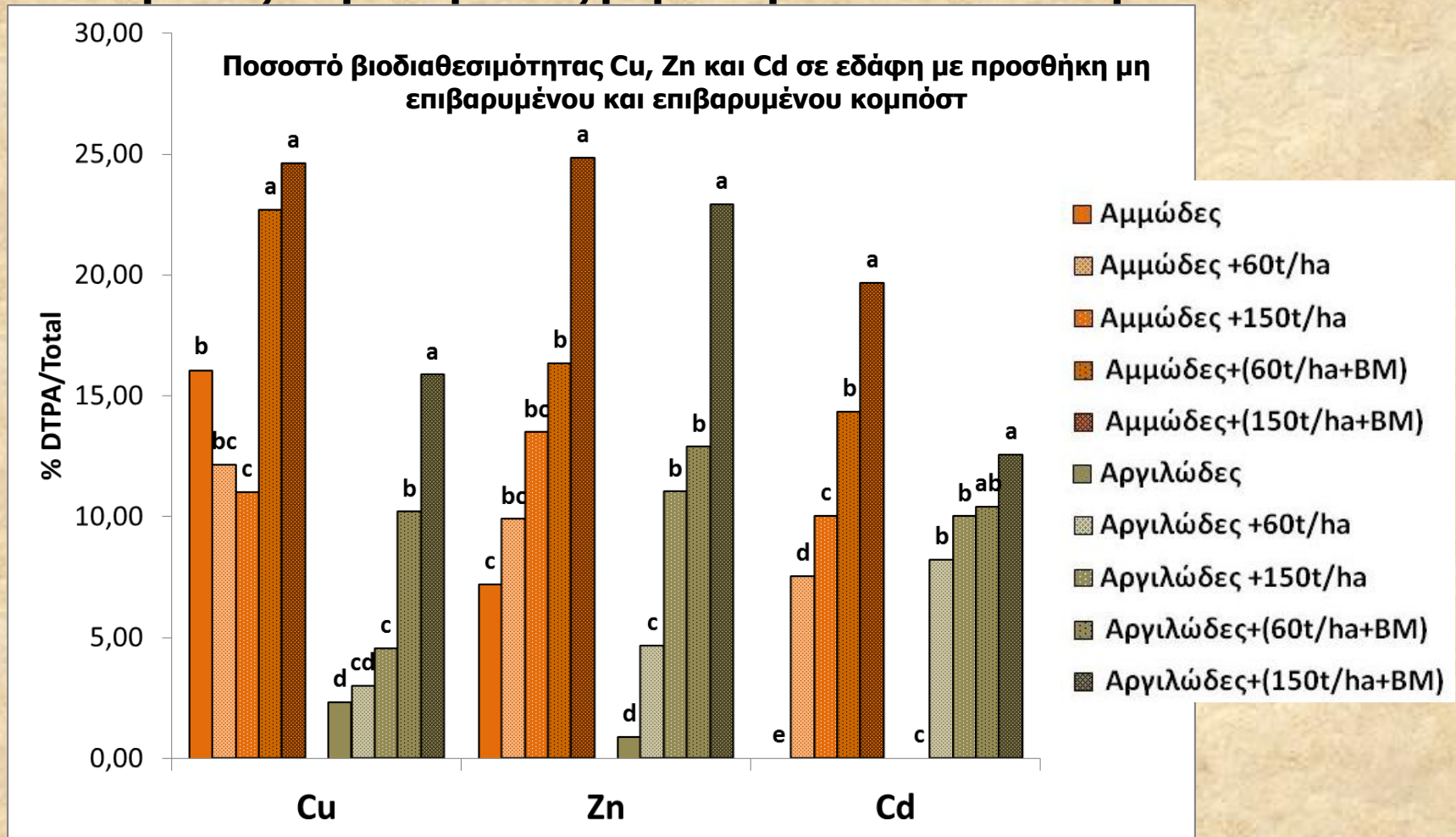
- Ο Fe στα φύλλα και στις ρίζες
- Το Mn στα φύλλα και στις ρίζες
- Το Cr στα φύλλα και στις ρίζες

Ήταν κάτω του ορίου ανίχνευσης

- Ο Pb στα φύλλα
- Το Cd και το Ni

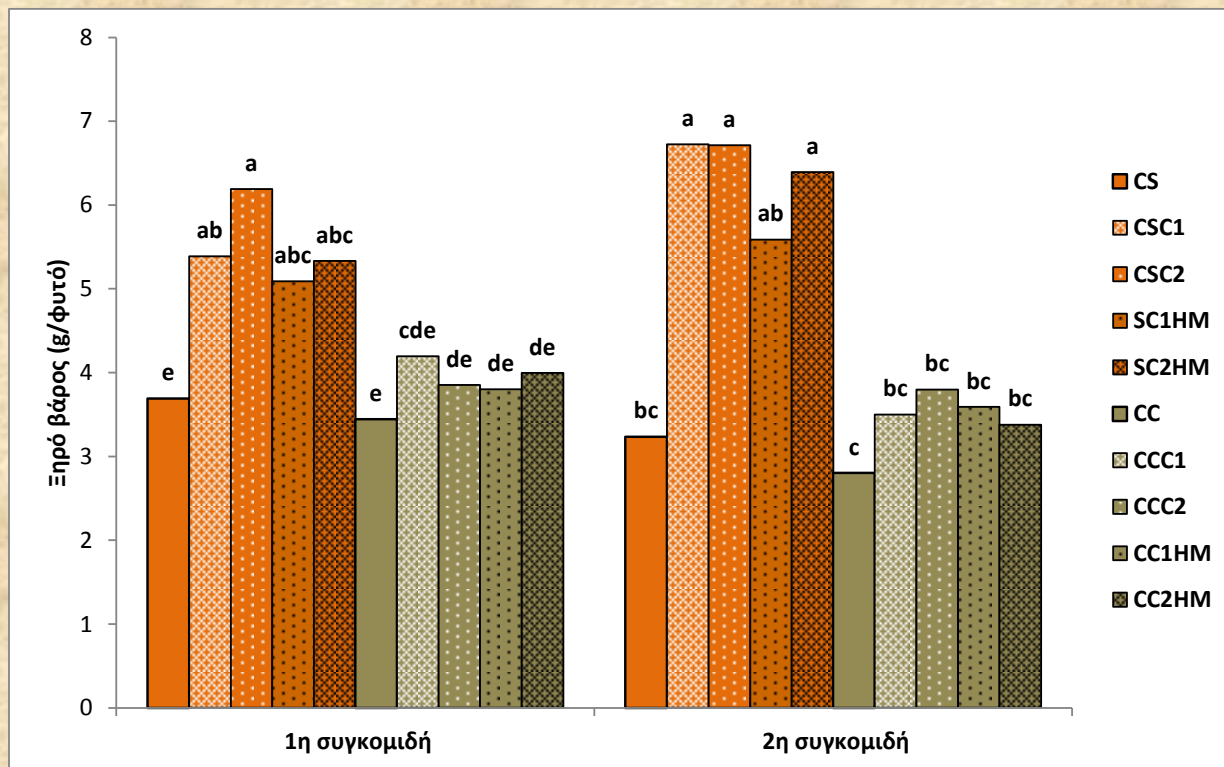


Οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο κομπόστ



- Η βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων επηρεάστηκε σημαντικά από την προσθήκη κομπόστ με οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Αυξήθηκε >10% στα Cu, Zn και Cd και έτσι τα βαρέα μέταλλα είναι δυνητικά διαθέσιμα στα φυτά.
- Οι οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων δεν επηρέασαν σημαντικά:
 - την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων
 - την πρόσληψη των υπολοίπων ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων
 - τις μορφολογικές παραμέτρους των φυτών (περιεκτικότητα σε υγρασία των φύλλων, λόγος βλαστοί/ρίζες κτλ)

Οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο κομπόστ



Διάγραμμα : Παραγωγή σταμναγκαθίου εκφρασμένη σε ξηρό βάρος υπέργειας βιομάζας σε διαφορετικούς χειρισμούς με προσθήκη επιβαρυμένου και μη επιβαρυμένου κομπόστ σε διαφορετικές κοπές.

Πίνακας: Συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα φύλλα και ρίζες στους διάφορους χειρισμούς.

Το Cd <DL σε φύλλα και ρίζες.

Φυσιολογικές τιμές:

Cu: 5-30 mg/kg ξ.β,

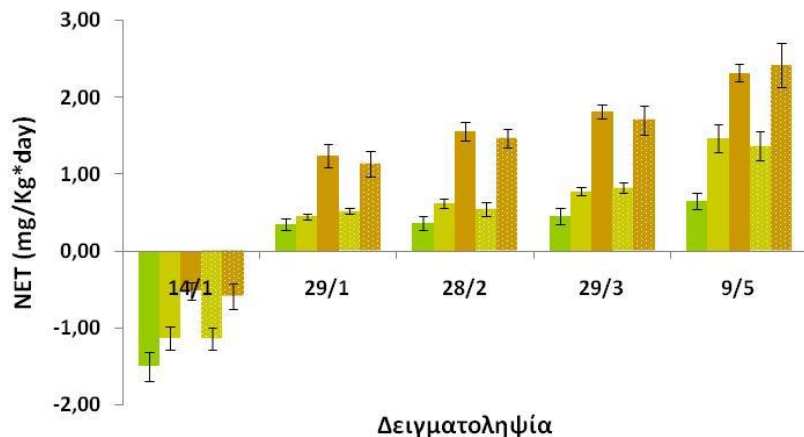
Zn: 27-150 mg/kg ξ.β.

Cd: 0,05-0,2 mg/kg ξ.β

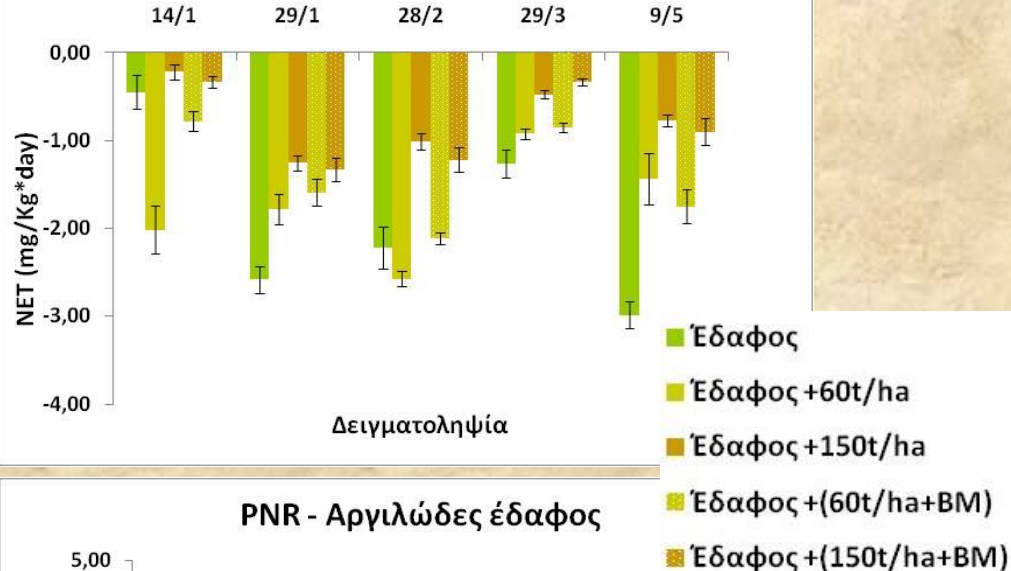
Κοπή	Χειρισμός	Cu Φύλλα (mg/kg)	Cu Ρίζες (mg/kg)	Zn Φύλλα (mg/kg)	Zn Ρίζες (mg/kg)	Κοπή	Χειρισμός	Cu Φύλλα (mg/kg)	Cu Ρίζες (mg/kg)	Zn Φύλλα (mg/kg)	Zn Ρίζες (mg/kg)
1η κοπή	CS	13,57bc	16,42cd	26,14fg	37,48d	2η κοπή	CS	18,15cd	18,55bc	29,85cd	46,49cd
	CSC1	23,90a	29,18ab	59,16de	62,42cd		CSC1	24,41abc	27,52ab	65,63bc	70,97abc
	CSC2	25,98a	32,57a	74,76cd	94,02bc		CSC2	27,25ab	30,03ab	85,78b	100,69a
	SC1HM	24,24a	31,21ab	133,83b	129,52ab		SC1HM	27,34ab	26,46abc	90,38b	95,45ab
	SC2HM	26,81a	28,71ab	225,89a	150,96a		SC2HM	30,77a	30,57a	142a	101,95a
	CC	9,00c	12,996d	19,99g	32,87d		CC	13,07d	14,839c	19,33d	26,95d
	CC1HM	22,63ab	29,65ab	91,96c	100,26bc		CC1HM	21,16bcd	19,74abc	56,96bcd	59,57bcd
	CC2HM	22,51ab	31,58ab	205,1a	143,02a		CC2HM	25,81abc	23,81abc	96,81b	95,95ab
	CCC1	18,93abc	21,80bcd	28,01efg	46,19d		CCC1	20,21bcd	18,69bc	31,44cd	43,19cd
	CCC2	20,99ab	24,86abc	57,62def	68,46cd		CCC2	24,15abc	27,02ab	60,11bcd	74,78abc

Επίδραση του κομπόστ στους ρυθμούς ανοργανοποίησης (NET) και νιτροποίησης (PNR) του N

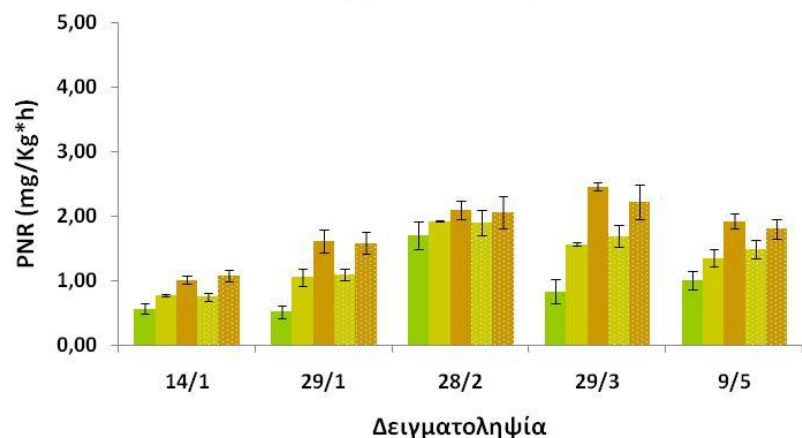
NET N - Αμμώδες έδαφος



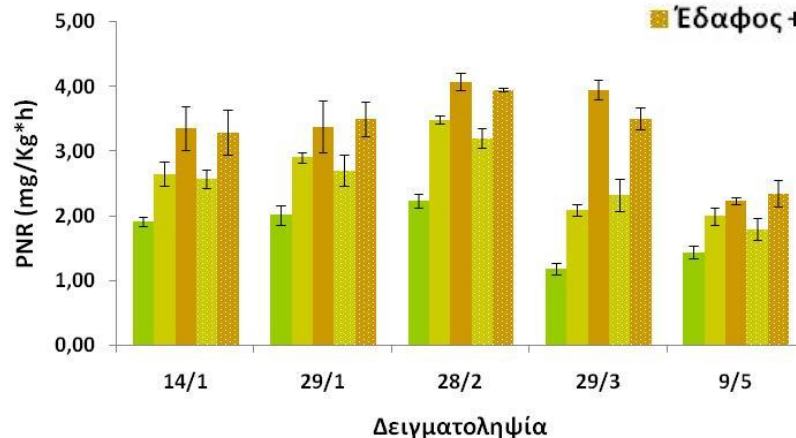
NET N - Αργιλώδες έδαφος



PNR - Αμμώδες έδαφος



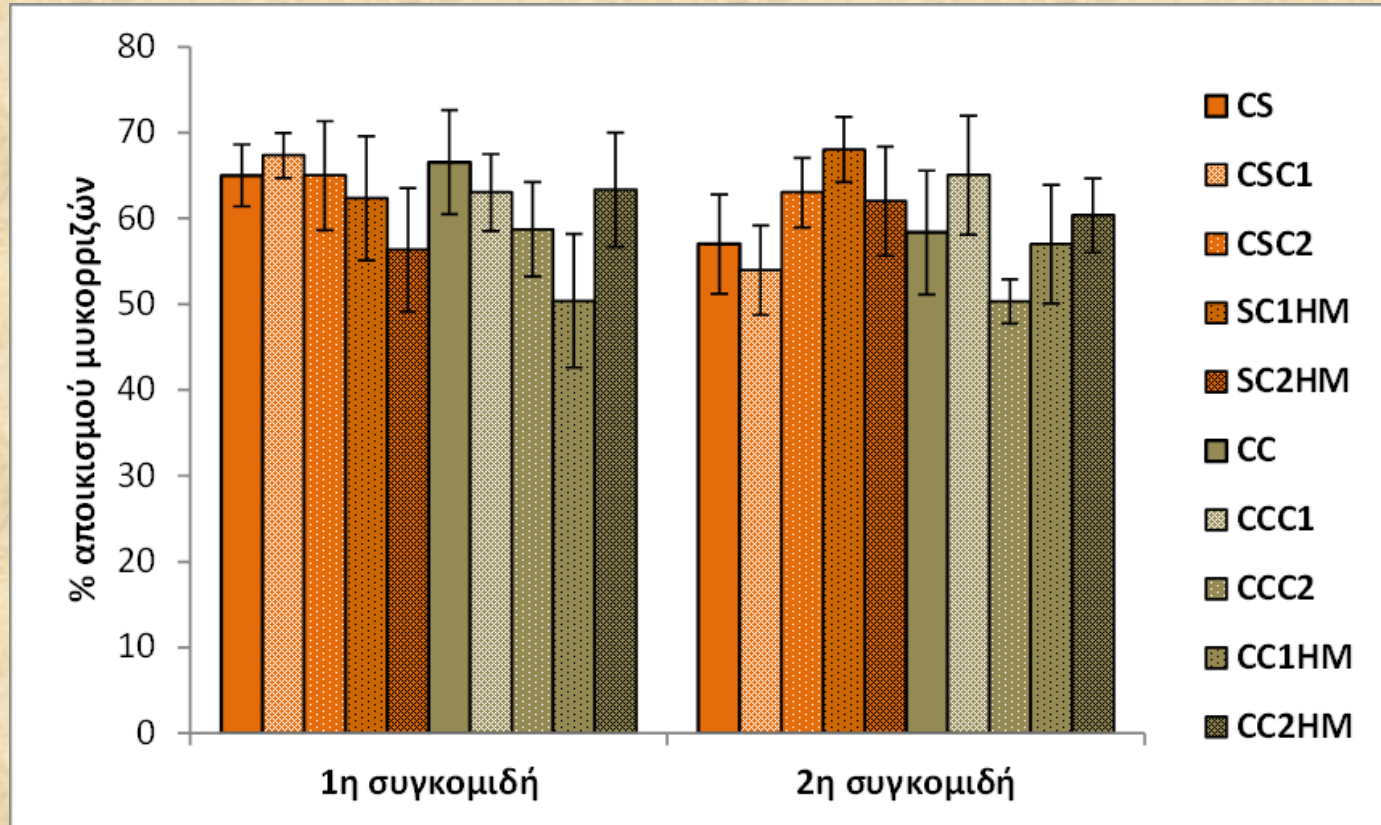
PNR - Αργιλώδες έδαφος



- Αρνητικοί ρυθμοί ανοργανοποίησης N → ακινητοποίηση του N από τους μ/ο
- Θετικοί ρυθμοί NET N → ανοργανοποίηση του N
- Το κομπόστ αυξάνει και τους 2 ρυθμούς
- Ο PNR είναι 1,5-4 φορές μεγαλύτερος στα αργιλώδη εδάφη λόγω υψηλότερης οργανικής ουσίας και ολικού N.
- Οι ρυθμοί PNR και NET N δεν επηρεάστηκαν από τις οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων → οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων δεν ήταν τοξικές για τους μ/ο του εδάφους

Αποικισμός με Μυκόρριζες

1^ο Πείραμα



Υψηλό ποσοστό αποικισμού ~60%

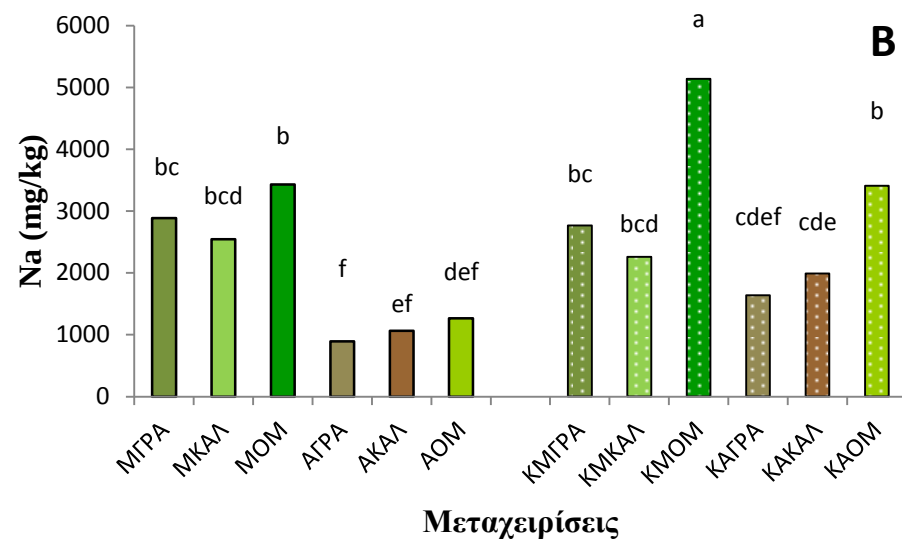
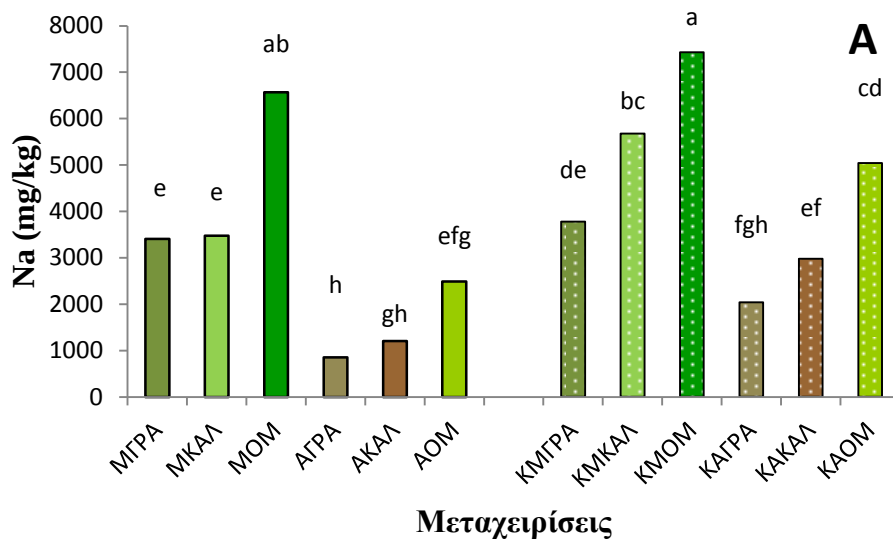
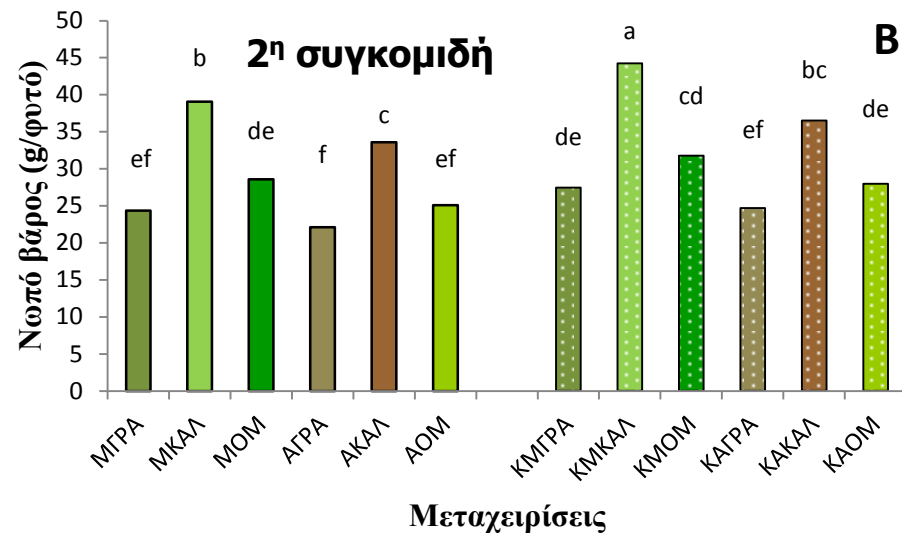
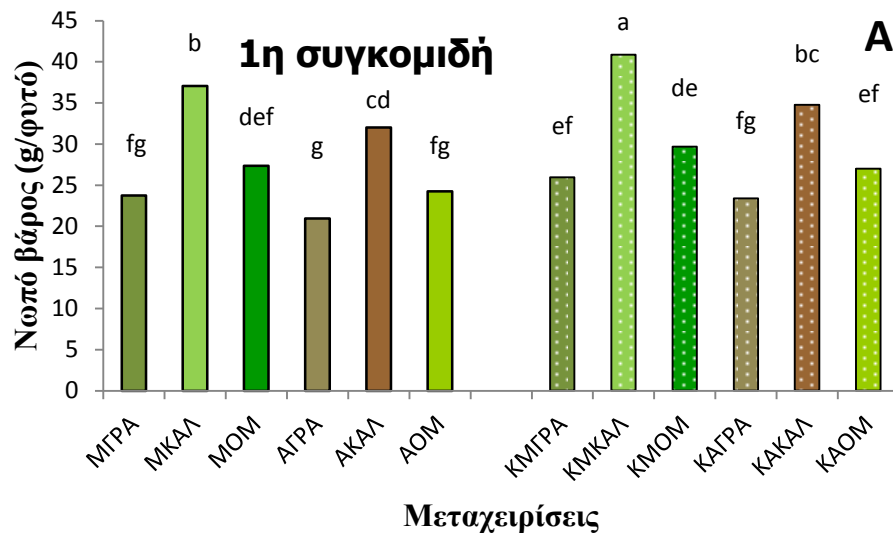
Δεν επηρεάστηκε

- Από τον τύπο εδάφους
- Από την προσθήκη κομπόστ
- Από την προσθήκη επιβαρυμένου κομπόστ

Αποτελέσματα δευτέρου πειράματος - Μελέτη διαφορετικών πληθυσμών σταμναγκαθιού (φαινοτυπική παραλλακτικότητα) που προέρχονται από διαφορετικούς οικότοπους.

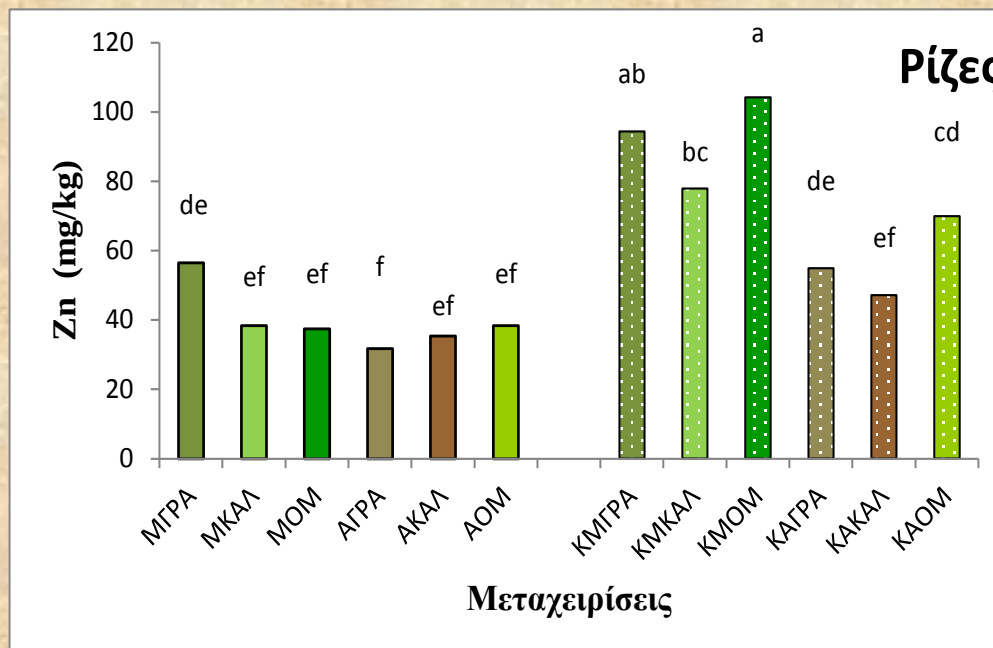
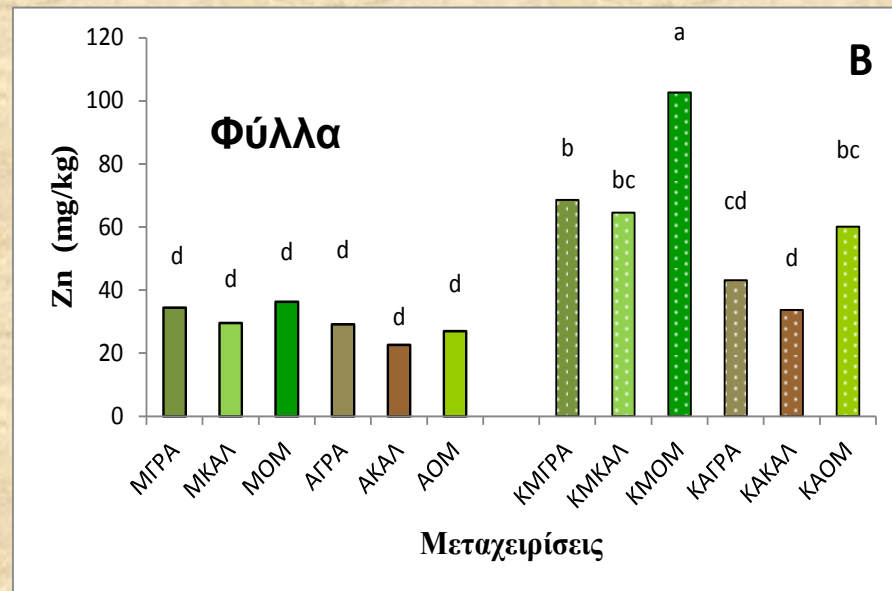
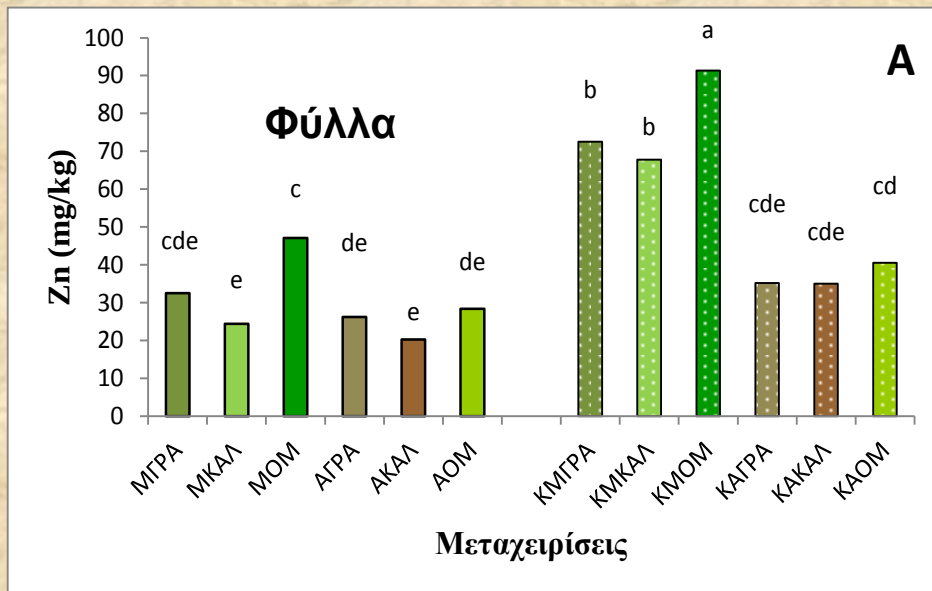
- Τα φυτά διατήρησαν σε ένα βαθμό την φαινοτυπική τους παραλλακτικότητα σε ίδιες συνθήκες ανάπτυξης.
- Οι καλλιεργούμενοι πληθυσμοί απέκτησαν τη μεγαλύτερη διάμετρο ροζέτας περίπου 30cm καθώς και τη μεγαλύτερη παραγωγή υπέργειας και υπόγειας βιομάζας.
- Περισσότερα θρεπτικά (N, P, Ca, Mg) προσρόφησε ο πληθυσμός του Ομαλού σε σχέση με τον καλλιεργούμενο και της Γραμβούσας.
- Στη πρόσληψη καλίου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών.
- Το περισσότερο Na προσροφήθηκε από τον πληθυσμό του Ομαλού και το λιγότερο από τον πληθυσμό της Γραμβούσας
- Επίσης ο πληθυσμός του Ομαλού προσρόφησε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων (Cu, Zn, Fe, Cr(ρίζες)) σε σύγκριση με τους άλλους δύο πληθυσμούς.
- Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλες δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του εδάφους ή την προσθήκη κομπόστ αλλά μονάχα από τον πληθυσμό (υψηλότερη: Ομαλός).
- Ο αποικισμός του πληθυσμού της Γραμβούσας με μυκόρριζες ήταν μικρότερος σε σχέση του Ομαλού και του καλλιεργούμενου.
- Οι διαφορές μεταξύ των μελετηθέντων πληθυσμών σταμναγκαθιού πιθανόν υποδεικνύουν γονοτυπικές διαφορές μεταξύ τους.

Αποτελέσματα Δεύτερου πειράματος



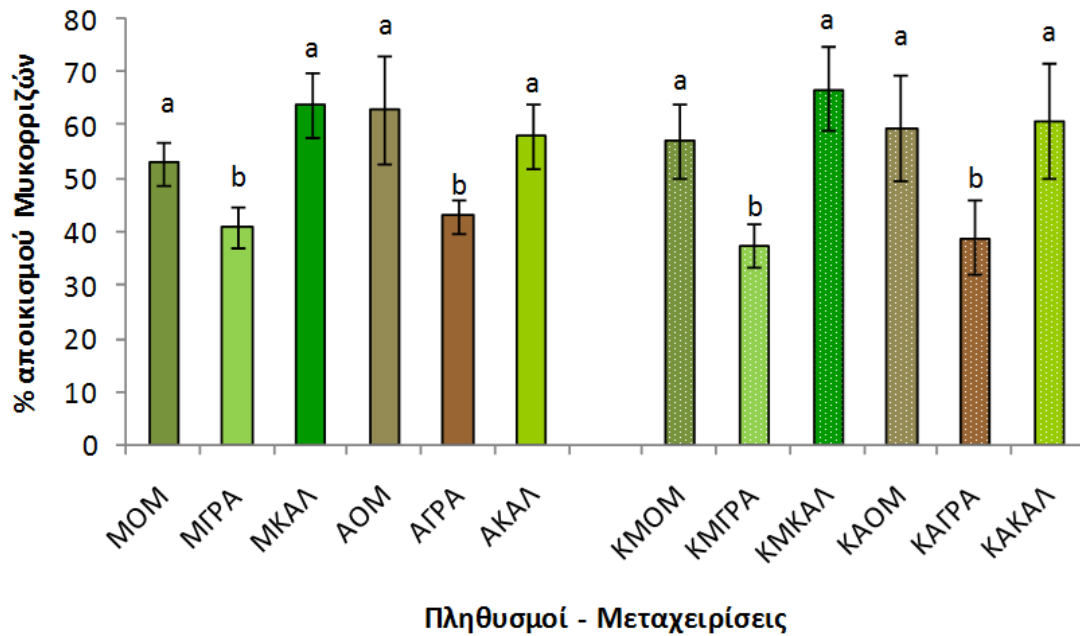
Ο τύπος εδάφους και η προσθήκη κομπόστ είχε σημαντική επίδραση στο νωπό και ξηρό βάρος και στην περιεκτικότητα σε Na του φυτού

Αποτελέσματα Δεύτερου πειράματος



Αποικισμός με Μυκόρριζες

2^ο Πείραμα



Δεν Επηρεάστηκε

- Από τον τύπο εδάφους
- Από την προσθήκη κομπόστ

Επηρεάστηκε

Από τον πληθυσμό

Ποσοστό αποικισμού :

- Καλ/νου και Ομαλού ~ 60%
- Γραμβούσας ~ 40%

Πιθανοί λόγοι μικρότερου αποικισμού του πληθυσμού Γραμβούσας

- Μορφολογία και αρχιτεκτονική της ρίζας ήταν χωρίς λεπτά ριζικά τριχίδια.
- Διαφορετικός γονότυπος.
- Πληθυσμός προσαρμοσμένος σε άγονα εδάφη.



Γραμβούσας

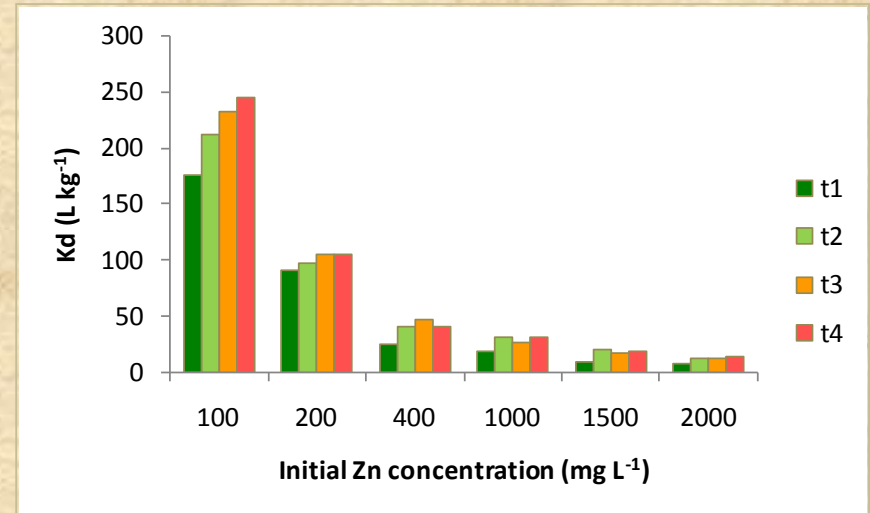
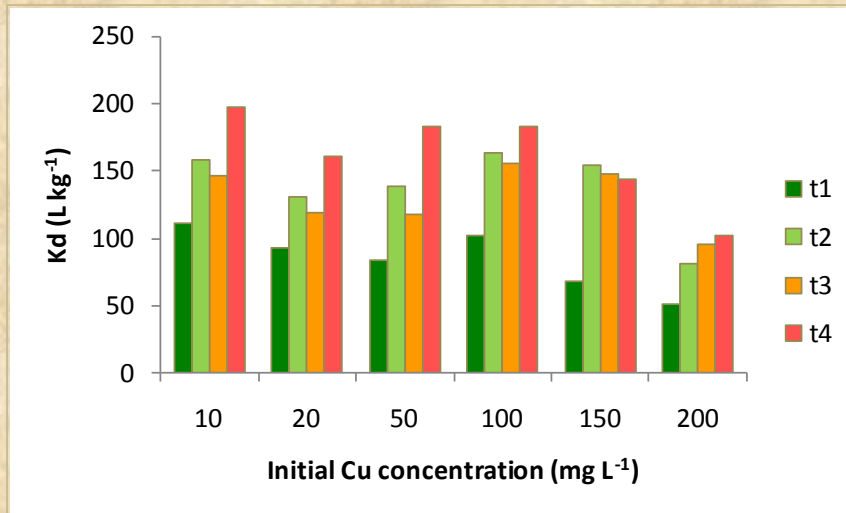


Ομαλού

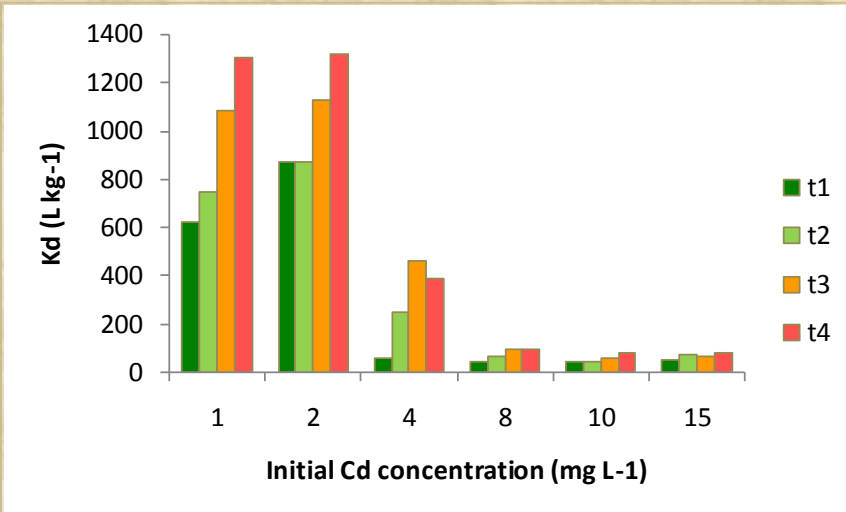


Καλ/νος

Αποτελέσματα Πειράματος προσρόφησης

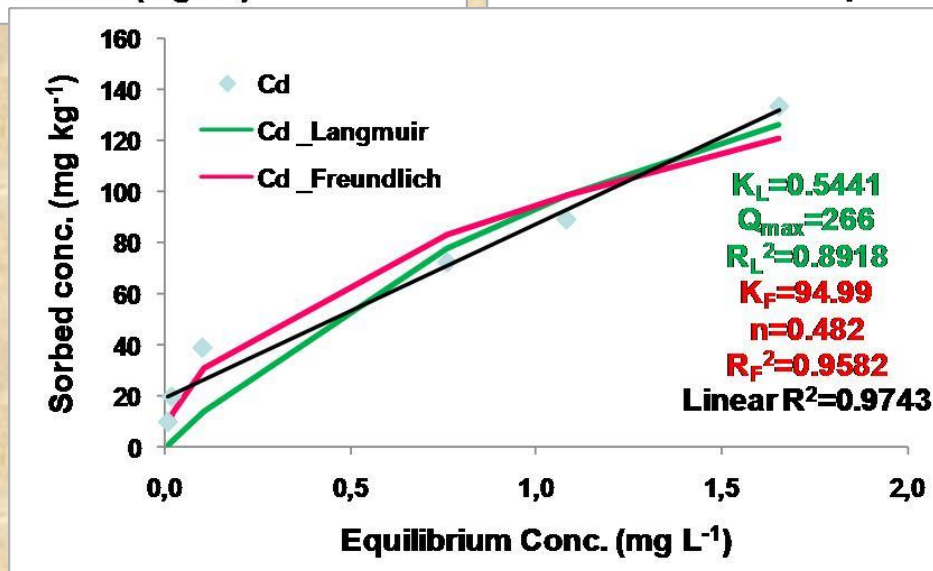
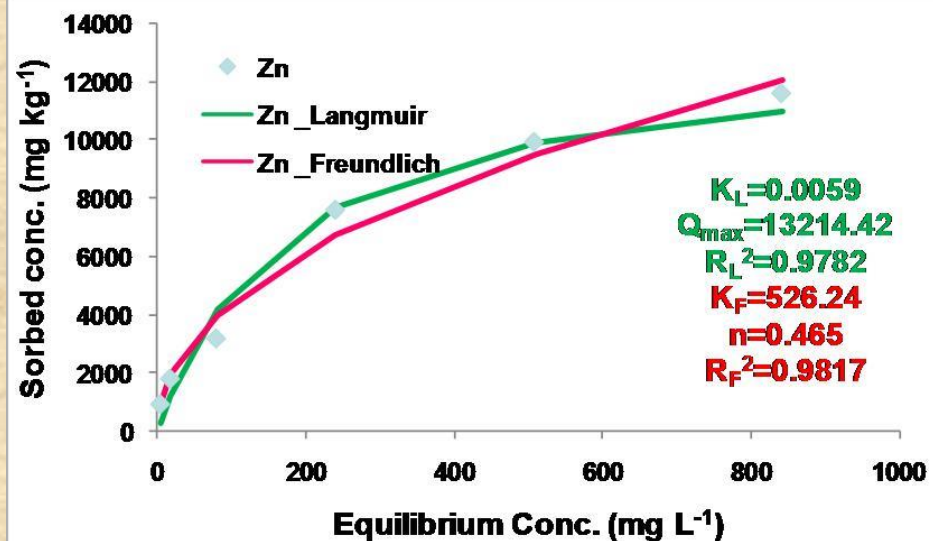
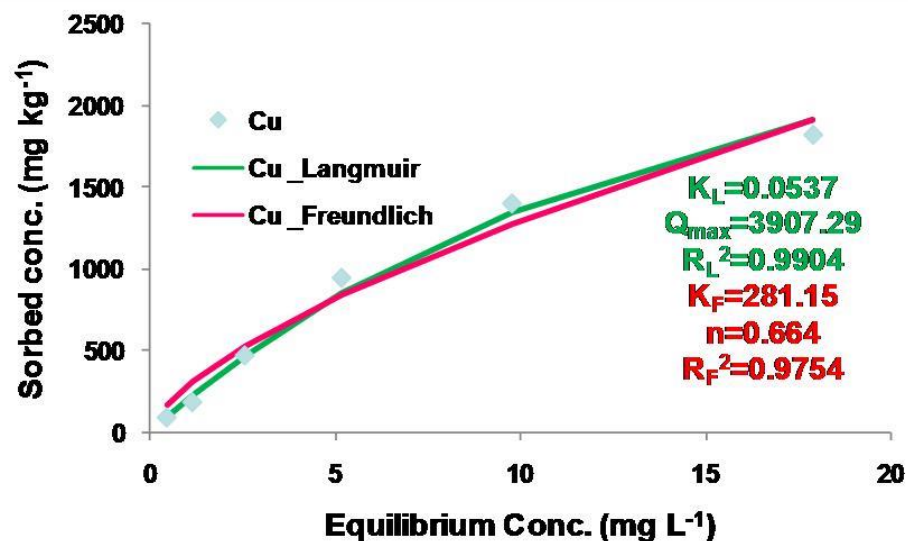


Οι τιμές του k_d σε συνάρτηση με το χρόνο για για διάφορες αρχικές συγκεντρώσεις Cu, Zn και Cd.



- Ο χρόνος επαφής έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ικανότητα προσρόφησης του κομποστ, καθώς οι τιμές k_d για τα τρία μέταλλα ήταν μεγαλύτερες στον μεγαλύτερο χρόνο εξισορρόπησης ($t_4 = 16$ ώρες).
- Η αύξηση των αρχικών συγκεντρώσεων Cu, Zn και Cd είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών του συντελεστής κατανομής (k_d), υποδεικνύοντας ένα προοδευτικό κορεσμό με μέταλλα των διαθέσιμων θέσεων προσρόφησης.

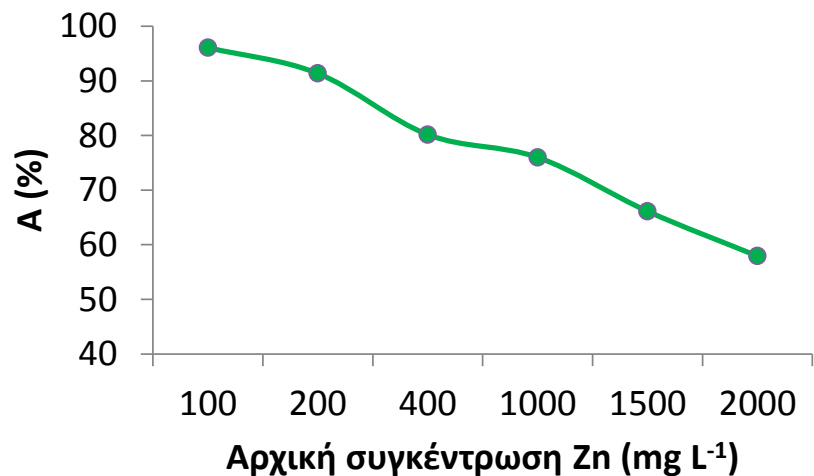
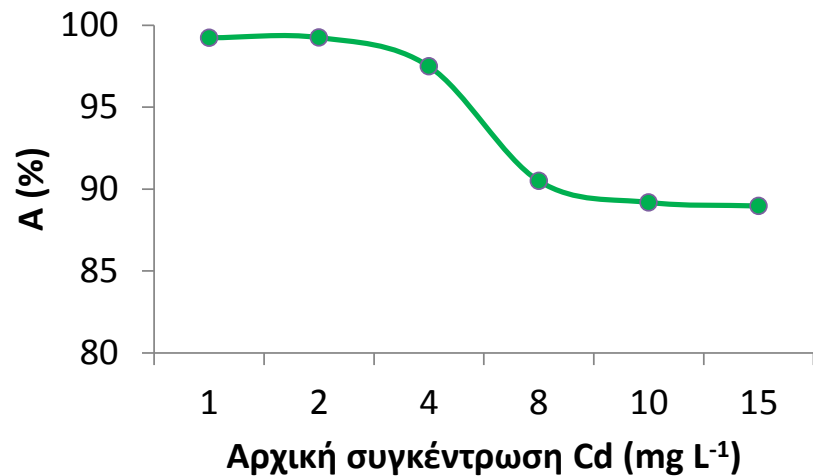
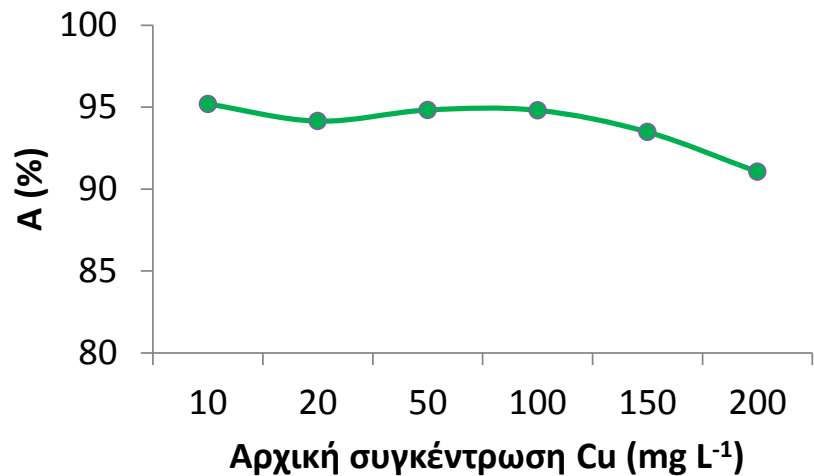
Αποτελέσματα Πειράματος προσρόφησης



Ισόθερμες καμπύλες προσρόφησης Cu, Zn και Cd σε $t=16h$.

Τα δεδομένα του πειράματος καλύτερα προσαρμόζονται στην ισόθερμη καμπύλη Langmuir για το Cu, στην ισόθερμη καμπύλη Freundlich για τον Zn και στη γραμμική καμπύλη για το Cd.

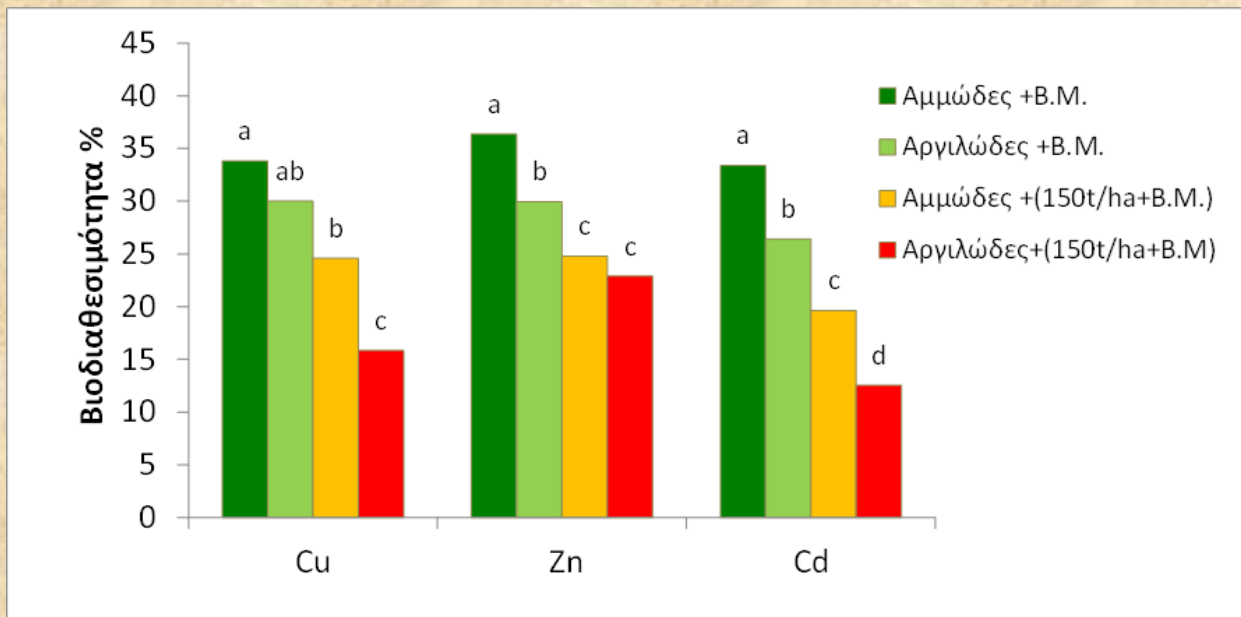
Αποτελέσματα Πειράματος προσρόφησης



Ποσοστά προσρόφησης Cu, Zn και Cd σαν συνάρτηση των αρχικών συγκεντρώσεων των μετάλλων σε t=16h.

Στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις διαλύματος μετάλλου → τιμές προσρόφησης Cu:95%, Zn:96%,Cd:99%
Στις υψηλότερες συγκεντρώσεις → τιμές προσρόφησης έπεσαν Cu:91%, Zn:58%,Cd:89%

Συσχέτιση πειραμάτων προσρόφησης και πεδίου



Μεταχείριση	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Αμμώδες +B.M.	32,12a	261,14a	0,7a
Αργιλώδες +B.M.	27,59b	206,31c	0,49b
Αμμώδες +(150t/ha+B.M.)	26,81b	225,28b	<DL
Αργιλώδες+(150t/ha+B.M)	22.52c	205,09c	<DL

- Το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας και η πρόσληψη από τα φυτά των Cu, Zn και Cd ήταν χαμηλότερα στο εμπλουτισμένο με κομπόστ έδαφος
- Μικρότερη κινητικότητα των μετάλλων→λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του κομπόστ.
- Συνολικά, το κομπόστ μπορεί να θεωρηθεί ως ένα καλό μέσο προσρόφησης για τα βαρέα μέταλλα.

Συμπεράσματα

- ❖ Το αμμώδες έδαφος είναι καταλληλότερο για την καλλιέργεια σταμναγκαθιού
- ❖ Η εφαρμογή κομπόστ:
 - είναι κατάλληλη για την καλλιέργεια του σταμναγκαθιού στην αναλογία 60t/ha χωρίς δυσμενείς περιβαλλοντικές ή άλλες επιπτώσεις
 - επιδρά θετικά στη γονιμότητα των εδαφών στην θρέψη και στην παραγωγή του σταμναγκαθιού (ανεξάρτητα από τον τύπο εδάφους).
 - μπορεί να βοηθήσει στην εξάπλωση της καλλιέργειας του σε ακραίους τύπους εδάφους (π.χ. αργιλώδη εδάφη)
 - Μπορεί να συμβάλει στο να σταματήσει η υπερεκμετάλλευση των άγριων πληθυσμών του φυτού.
- ❖ Το κομπόστ με οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων δεν συνιστάται να χρησιμοποιείται σε υψηλές αναλογίες στο έδαφος γιατί μπορεί να αυξήσει τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο εδάδιμο τμήμα του σταμναγκαθιού πάνω από τα φυσιολογικά όρια
- ❖ Ο αποικισμός των ριζών του σταμναγκαθιού με μυκόρριζες είναι υψηλός → ανθεκτικότητα στα φυτά
- ❖ Οι διαφορετικοί πληθυσμοί διατήρησαν σε μεγάλο βαθμό τις φαινοτυπικές τους διαφορές → πιθανόν είναι διαφορετικοί γονότυποι
- ❖ Οι διαφορετικοί πληθυσμοί μπορούν να αξιοποιηθούν στη βελτίωση της καλλιέργειας

Δημοσιεύσεις - Ανακοινώσεις

Papafilippaki A., Paranychianakis N. and Nikolaidis N.P. (2015). Effects of soil type and municipal solid waste compost as soil amendment on *Cichorium spinosum* (spiny chicory) growth, *Scientia Horticulturae* 195:195-205.

Papafilippaki A., N. Paranychianakis and N. P. Nikolaidis (2015). Sorption behavior of heavy metals on municipal solid waste compost. 6th Bioremediation Conference, Chania 29 June – 2 July.

Papafilippaki A., N. V. Paranychianakis and N.P. Nikolaidis (2013). Effects of municipal solid waste compost on net mineralization and potential nitrification rates in clayey and sandy soils. *17th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region (MESAEP)*, Istanbul -Turkey, 28 September-1 October.

Papafilippaki A., N. V. Paranychianakis and N.P. Nikolaidis (2012). Effects of municipal solid waste compost on stamnagathi (*Cichorium spinosum*) growth in clayey and in sandy soils. *4th International Congress- EUROSOIL 2012*. Bari Italy 2-6 July.

Παπαφιλιππάκη Α. και Ν. Νικολαΐδης (2011). Σύγκριση του κομπόστ από αστικά στερεά απόβλητα με διάφορα οργανικά εδαφοβελτιωτικά. *7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ)*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 24-27 Νοεμβρίου.

Δημοσιεύσεις..... υπό συγγραφή:

- Effects of soil type and municipal solid waste compost on wild and cultivated populations of *Cichorium spinosum* under the same cultivation conditions.
- Availability and uptake of Cu, Zn and Cd by spiny chicory (*Cichorium spinosum*) in metal-enriched municipal solid waste compost-amended sandy and clayey soils.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας !!!

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) - Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος II, Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.