

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος: Επίδραση εφαρμογής ανεπεξέργαστων αποβλήτων
ελαιοτριβείου στην πιπεριά



Σπουδαστής: Κοσμίδης Σταύρος

Εισηγήτρια: Δρ Άννα Ασημακοπούλου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Καλαμάτα 2017

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Εισαγωγή-Σκοπός της μελέτης	4
1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	4
1.1 Απόβλητα ελαιουργείου	4
1.2. Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων.....	5
1.3. Ζεόλιθοι	8
1.3.1. Κλινοπτιλόλιθος	9
1.3.2 Χρήσεις ζεόλιθων	9
2.1. Υλικά.....	12
2.1.1. Υπόστρωμα καλλιέργειας.....	12
2.1.2. Απόβλητο ελαιουργείου	13
2.1.3. Πολλαπλασιαστικό υλικό – Ζεόλιθος-Χώρος διεξαγωγής του πειράματος.....	13
2.2. Πείραμα	14
2.2.1. Μεταχειρίσεις – Πειραματικό Σχέδιο.....	14
2.2.2. Αρδεύσεις-Λιπάνσεις	15
2.2.3. Συλλογή Απορροών-Συγκομιδή.....	16
2.3. Αναλυτικές μέθοδοι	16
3. Αποτελέσματα συζήτηση	18
3.1. Επίδραση ζεόλιθου και αποβλήτου στην ανάπτυξη των φυτών.....	18
3.2. Επίδραση ζεόλιθου και αποβλήτου στην απόδοση της καλλιέργειας.... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
3.3. Επίδραση ζεόλιθου και αποβλήτου στη σύσταση των απορροών	21
3.3.1. pH	21
3.3.2. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	21
3.3.3 Νάτριο	25
3.3.4. Κάλιο.....	29
3.3.5. Πολυφαινόλες	33
4. Συμπεράσματα	33
Βιβλιογραφία	34

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς τη συνεχή καθοδήγηση και συμπαράσταση ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Δρα Άννα Ασημακοπούλου, για την άψογη συνεργασία, τη συμπαράσταση και την πολύτιμη καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκεια του διαστήματος που χρειάστηκε για την εκπόνηση και τη συγγραφή της εργασίας αυτής.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Προϊσταμένη του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπεννακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Δρα Μαρία Ντούλα για την άριστη καθοδήγησή της καθώς και για την ευγενική παραχώρηση των χώρων του εργαστηρίου προκειμένου να λάβει χώρα μέρος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Τις ευχαριστίες μου εκφράζω επίσης τον Δρα Γεράσιμο Τρωγιάνο, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών για την καθοδήγησή του και τις συμβουλές του σε καλλιεργητικά θέματα.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τα άτομα που αποτελούν το επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Δρα Αντώνη Παπαδόπουλο και κ. Χρόνη Κολοβό, τους οποίους θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω για τη στήριξή τους.

Εισαγωγή-Σκοπός της μελέτης

Στόχος της πτυχιακής μελέτης είναι η μελέτη της επίδρασης των στερεών αποβλήτων ελαιοτριβείου και του φυσικού ζεόλιθου κλινοπτιλόλιθου στην αύξηση και απόδοση φυτών πιπεριάς 'φλάσκας'. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο (ΜΦΙ), κατά τη διάρκεια των οποίων, ζεόλιθος και απόβλητο σε διαφορετικές αναλογίες με έδαφος αποτέλεσαν το υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών πιπεριάς σε γλάστρες. Τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος ποτίζονταν και λιπαίνονταν ανάλογα με τις ανάγκες τους. Εκτός από την παρακολούθηση και καταγραφή των αποδόσεων, με συλλογή των καρπών ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης και του προσδιορισμού της απόδοσης των φυτών σε βάρος της νωπής και ξηρής ουσίας των βλαστών και των φύλλων, πραγματοποιήθηκαν και χημικές αναλύσεις των απορροών ποτίσματος στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών (pH, αγωγιμότητα, κάλιο, νάτριο και πολυφαινόλες) καθώς και προσδιορισμός του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της οργανικής ουσίας των υποστρωμάτων μετά τη λήξη του πειράματος, με σκοπό τον προσδιορισμό των πιθανών επιπτώσεων στον υδροφόρο ορίζοντα και στην ποιότητα του εδάφους.

1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1.1 Απόβλητα ελαιουργείου

Η ελαιοκαλλιέργεια και η παραγωγή ελαιολάδου είναι από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες για τις Μεσογειακές χώρες και κυρίως για την Ισπανία, την Ιταλία και την Ελλάδα, οι οποίες είναι και οι μεγαλύτερες ελαιοπαραγωγικές χώρες παγκοσμίως (LIFE PROSODOL, 2012). Η παραγωγή ελαιολάδου συνοδεύεται από την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων υγρών και στερεών αποβλήτων, η διαχείριση των οποίων αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις χώρες αυτές, καθώς:

1. Η σύσταση των αποβλήτων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποικιλία των ελαιόδεντρων, ο τρόπος καλλιέργειας και φροντίδας, το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες, το έδαφος του ελαιώνα, η χρήση φυτοπροστατευτικών και λιπασμάτων και το στάδιο ωριμότητας του ελαιόκαρπου.
2. Η παραγωγή των αποβλήτων είναι εποχική και έτσι σε διάρκεια 3-4 μηνών παράγονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, τις οποίες οι ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων πρέπει να διαχειριστούν άμεσα.
3. Τα ελαιοτριβεία είναι κυρίως μικρές οικογενειακές μονάδες, πολλά σε αριθμό και διασκορπισμένα σε διάφορες περιοχές. Η μικρή αυτή δυναμικότητα των ελαιοτριβείων καθιστά τη διαχείριση των απόβλητων οικονομικά ασύμφορη επένδυση. Έτσι, πολλοί ελαιοτριβείς διαθέτουν τα απόβλητα ανεξέλεγκτα στο έδαφος ή και σε επιφανειακούς ή υπόγειους αποδέκτες (ποτάμια, πηγάδια, θάλασσα).

Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείου (ΥΑΕ)

Τα ΥΑΕ παράγονται κυρίως από φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων και προέρχονται από το υγρό κλάσμα του χυμού του ελαιόκαρπου και του νερού που προστίθεται στην πλύση του καρπού, τη μάλαξη, τη φυγοκέντρωση στον οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα και στον ελαιοδιαχωριστήρα κατά το διαχωρισμό του ελαιολάδου. Στην Ελλάδα η συνολική παραγωγή ΥΑΕ ανέρχεται περίπου στα 1,5 εκατομμύριο κ.μ. ετησίως, καθώς υπάρχουν περίπου 2.500 ελαιουργεία σε όλη τη χώρα (LIFE PROSODOL, 2012). Τα υγρά απόβλητα ελαιουργείου έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Έντονο σκούρο καφέ έως σχεδόν μαύρο χρώμα
- Έντονη χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή
- Υψηλό οργανικό φορτίο, μέρος του οποίου είναι δύσκολα βιοαποδομήσιμο και αναλογία COD/BOD₅ να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5
- Χαμηλό pH που κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 6,0
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες
- Υψηλό περιεκτικότητα σε στερεά σώματα

Σύμφωνα με τους Kanvadias et al., (2010), η ετήσια παραγωγή υγρών αποβλήτων ελαιουργείου στις ελαιοπαραγωγικές χώρες της Μεσογείου κυμαίνεται μεταξύ $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $30 \times 10^6 \text{ κ.μ.}$

Στερεά Απόβλητα Ελαιουργείου

Τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από ένα μίγμα στερεών συστατικών, όπως τον ελαιοπυρήνα και τα φύλλα των ελαιόδεντρων που συλλέχθηκαν κατά τη συγκομιδή του ελαιόκαρπου. Τα στερεά απόβλητα ελαιουργείου αποτελούνται κατά 94% από οργανικό φορτίο και περιέχουν τοξικές ουσίες, που μπορεί να αυξήσουν την υδροφοβία του εδάφους και να μειώσουν την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη διηθητικότητα όταν εφαρμοστούν στο έδαφος

1.2. Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων

Η διαχείριση των αποβλήτων, μετά από προκατεργασία ή όχι, γίνεται στη χώρα μας με τους εξής τρόπους:

- Διάθεση σε εξατμισοδεξαμενές (Φωτ. 1)
- Ανεξέλεγκτη διάθεση στο έδαφος και σε υδατικούς αποδέκτες (Φωτ. 2)
- Κατεργασία σε ειδικές εγκαταστάσεις (παραγωγή εδαφοβελτιωτικών, χρήση του επεξεργασμένου υγρού μέρους στην άρδευση καλλιεργειών)
- Κατεργασία και ανάκτηση φαινολών



Φωτογραφία 1. Εξατμισοδεξαμενή διάθεσης αποβλήτων ελαιουργείου στην Κρήτη (πηγή LIFEPROSODOL, <http://www.prosodol.gr>)



Φωτογραφία 2. Διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου στο έδαφος (πηγή LIFEPROSODOL, <http://www.prosodol.gr>)

Οι δυσκολίες της διάθεσης των αποβλήτων του ελαιουργείου στα εδάφη οφείλονται στο υψηλό οργανικό φορτίο τους ($BOD = 30.000 \text{ mg/l}$) και στην παρουσία φαινολικών ενώσεων, οι οποίες παρουσιάζουν φυτοτοξικές ιδιότητες (Niaounakis and Halvadakis, 2006).

Η υπό προϋποθέσεις διάθεση των αποβλήτων ελαιουργείου στο έδαφος, όπως και άλλων οργανικών αποβλήτων, μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις στο έδαφος, όπως (Kanvadias et al., 2010):

- Αυξάνουν την περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία.

- Αναπληρώνουν μερικώς τα θρεπτικά συστατικά που απομακρύνονται με τη συγκομιδή (κυρίως K, P, Mg, Fe) και συνεπώς μειώνουν τις δόσεις των ανόργανων λιπασμάτων.
- Βελτιώνουν τη δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα καλύτερο αερισμό και συγκράτηση υγρασίας.
- Αυξάνουν τη σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων, με αποτέλεσμα μικρότερη απώλεια επιφανειακού εδάφους λόγω διάβρωσης.
- Περιορίζουν την ανάγκη για επεξεργασία των αποβλήτων.

Συνεπώς, η διάθεση των αποβλήτων ελαιουργείων στο έδαφος θα μπορούσε να είναι ένας εναλλακτικός τρόπος διαχείρισής τους, εφόσον γίνεται με τρόπους που διασφαλίζουν την προστασία της ποιότητάς του.

Πειράματα έδειξαν ότι η εφαρμογή 100 m³/ha αποβλήτων ελαιουργείων ισοδυναμεί με μέση λίπανση με 50-60 κιλά αζώτου ως N και 70-200 κιλά φωσφόρου ως P₂O₅ (Κριθαρούλα Ζ., 2003). Ο Catalano (1985) σε μια μελέτη κάλυψε την επιφάνεια ελαιώνα με συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα αποβλήτων ελαιοτριβείων για διάστημα 3 ετών. Διαπίστωσε αύξηση της παραγωγής των ελαιοδέντρων που ποτίστηκαν με τα απόβλητα σε σύγκριση με το μάρτυρα, εμπλουτισμό του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο και εναλλακτικό κάλιο καθώς και έντονη μεταβολική δραστηριότητα του εδάφους που οδήγησε σε μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων κατά 80% μέσα σε 60 ημέρες και μάλιστα κατά τη χειμερινή περίοδο (Κριθαρούλα Ζ., 2003). Όσον αφορά στη διαθεσιμότητα των φαινολικών ενώσεων από τα ΥΑΕ, έχει διαπιστωθεί (Παπαλουκοπούλου και συν., 2002) ότι αυτή μειώνεται σημαντικά μετά τη διάθεση των αποβλήτων στα εδάφη και η μείωση αυτή εμφανίζεται ανάλογη της περιεκτικότητας των εδαφών σε άργιλο.

Από την άλλη, η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος μπορεί να οδηγήσει σε ακινητοποίηση του διαθέσιμου αζώτου, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ανάγκη για ταυτόχρονη αζωτούχο λίπανση (Kalivas and Ehaliotis, 2008). Το φαινόμενο δικαιολογείται από το σχετικά υψηλό λόγο άνθρακα προς άζωτο που έχουν όλα τα γεωργικά απόβλητα. Επιπλέον, τα απόβλητα ελαιουργείων επηρεάζουν την ορμονική λειτουργία των φυτών και νεκρώνουν τα νεαρά σποριόφυτα. Όταν γίνεται απευθείας διάθεση των ΥΑΕ σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε επηρεάζονται αρνητικά κυρίως τα φυτά που βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο. Η παρουσία υψηλού οργανικού φορτίου, οι υψηλές συγκεντρώσεις σε φαινόλες και τανίνες και η υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά είναι υπεύθυνα για την αυξημένη τοξικότητα που παρουσιάζεται στους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Επίσης, σοβαρό μειονέκτημα της διάθεσης των ΥΑΕ στο έδαφος είναι η δυσοσμία, κυρίως κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο μετά τη διάθεση.

Στη χώρα μας δε γίνεται συνήθως διαχωρισμός των υγρών από τα στερεά απόβλητα μετά την παραγωγή τους. Το μίγμα των στερεών και υγρών αποβλήτων διατίθεται σε δεξαμενές εξάτμισης (Φωτ. 1), απ' ευθείας στο έδαφος (Φωτ. 2) ή σε υδατικούς αποδέκτες. Ο σχεδιασμός της δεξαμενής εξάτμισης γίνεται με βάση την παραγωγή ελαιολάδου, το ρυθμό εξάτμισης και την ετήσια βροχόπτωση (ένα τυπικό ελαιοτριβείο παραγωγής 300 τόνων ελαιολάδου παράγει περίπου 1000

κ.μ. απόβλητα). Στην πράξη όμως οι δεξαμενές σχεδιάζονται με βάση τις απαιτήσεις και την οικονομική δυνατότητα του ιδιοκτήτη. Η διάθεση των αποβλήτων σε εξατμισοδεξαμενές επιτρέπεται από την ελληνική νομοθεσία εφόσον τηρούνται ορισμένοι περιορισμοί, κι ένας από αυτούς είναι οι δεξαμενές να είναι στεγανοποιημένες. Στην πράξη ελάχιστες από αυτές πληρούν αυτήν την προϋπόθεση, ενώ τις περισσότερες φορές όταν ο όγκος των αποβλήτων που δέχονται είναι μεγάλος, ξεχειλίζουν και κατακλύζουν τον περιβάλλοντα χώρο αλλά και άλλους γειτονικούς. Επίσης πολλοί ελαιοτριβείς αποθέτουν το στερεό υπόλειμμα όταν αδειάζουν τις δεξαμενές στα εδάφη.

1.3. Ζεόλιθοι

Οι ζεόλιθοι, κατά τον Smith (1963), είναι αργιλοπυριτικά υλικά με κρυσταλλική δομή που εμφανίζει κοιλότητες, οι οποίες καταλαμβάνονται από ιόντα και μόρια νερού. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένυδρα κρυσταλλικά αργιλοπυριτικά άλατα στοιχείων των ομάδων IA και IIA του περιοδικού συστήματος, όπως το νάτριο, το κάλιο, το μαγνήσιο και το ασβέστιο. Ο όρος ζεόλιθος αποδίδεται στην ιδιότητα των συγκεκριμένων ορυκτών να αποβάλλουν το νερό που περιέχουν όταν θερμαίνονται, δίνοντας την εντύπωση ότι βράζουν.

Η δημιουργία φυσικών ζεολίθων απαιτεί κατάλληλες γεωλογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα συγκεκριμένα ορυκτά απαντώνται κυρίως σε κοιλάματα βασαλτικών πετρωμάτων, σε πετρώματα που έχουν υποστεί μέσες τιμές θερμοκρασίας και πίεσης και σε περιοχές με αποθέσεις ηφαιστειακής λάβας και στάχτης. Οι φυσικοί ζεόλιθοι είναι προϊόντα αντίδρασης ορυκτών υδατικών διαλυμάτων με στερεά αργιλοπυριτικά άλατα.

Στη φύση συναντάμε περισσότερα από 30 είδη ζεολίθων από τα οποία τα 20 βρίσκονται σε ιζηματογενή αποθέματα. Οι ζεόλιθοι που εμφανίζονται συχνότερα είναι οι: κλινοπτιλόλιθος, μορδενίτης, χαβαζίτης, αναλκιμίτης, φιλλιψίτης, εριονίτης και ευλανδίτης (Perraki and Orfanoudaki, 2004).

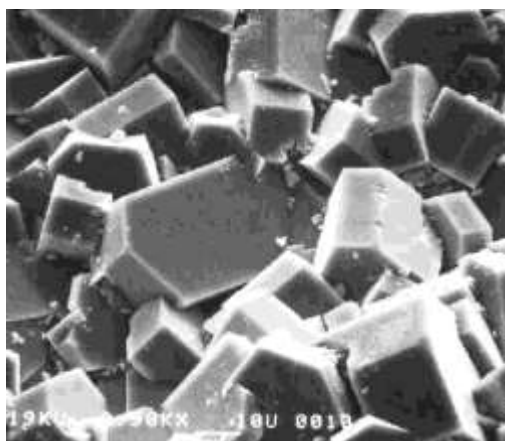
Τα πλέγματα των ζεολίθων έχουν σαν βασική μονάδα τετράεδρο ιόντων οξυγόνου, καθένα απ' τα οποία έχει στο κέντρο του ένα ιόν πυριτίου (Si^{4+}) ή αργιλίου (Al^{3+}). Το κάθε ιόν οξυγόνου είναι κοινό σε δύο συνορεύοντα τετράεδρα και επομένως οι δομές που αποτελούνται αποκλειστικά από Si και O είναι ουδέτερες. Ωστόσο, οι ζεόλιθοι περιέχουν σε μεγάλη έκταση ιόντα τρισθενούς αργιλίου που αντικαθιστούν το τετρασθενές πυρίτιο. Η αντικατάσταση του πυριτίου από το αργίλιο προσδίδει στο πλέγμα ένα καθαρά αρνητικό φορτίο, που πρέπει να εξουδετερωθεί από πρόσθετα κατιόντα. Τέτοια κατιόντα που συνήθως απαντώνται στους φυσικούς ζεόλιθους είναι τα Na^+ , K^+ , Ca^{2+} τα οποία είναι αρκετά ευκίνητα (Doula and Ioannou, 2003). Η δομή ενός ζεόλιθου περιέχει ελεύθερα κανάλια που καταλαμβάνονται από τα κατιόντα και από μόρια νερού.

1.3.1. Κλινοπτιλόλιθος

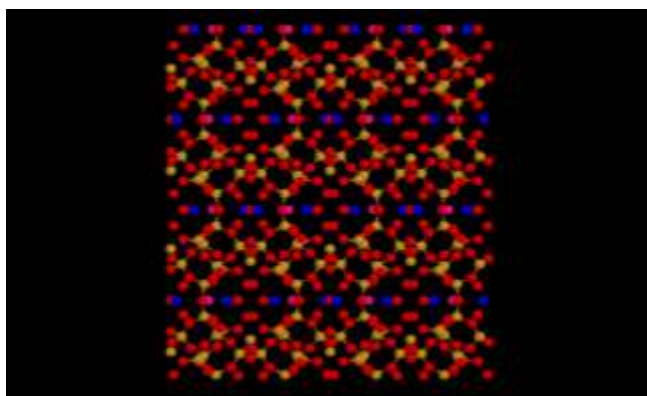
Ο κλινοπτιλόλιθος είναι φυσικός ζεόλιθος, ανήκει στην ομάδα του χολαντίτη (HEU), και ακολουθεί το γενικό τύπο (Perraki and Oranoudaki, 2004):



Ο κλινοπτιλόλιθος (Φωτ. 3 και Σχήμα 1) αφυδατώνεται με δυσκολία και η σταθερότητά του αυτή χαρακτηρίζεται από την ικανότητα άμεσης επαναπροσρόφησης νερού και διοξειδίου του άνθρακα. Η συνολική θεωρητική ιοντοεναλλακτική ικανότητα του κλινοπτιλόλιθου κυμαίνεται μεταξύ 1,6 και 2,8 meq/g.



Φωτογραφία 3. Δομή Κλινοπτιλόλιθου από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Jha and Sing, 2016).



Σχήμα 1. Η δομή του κλινοπτιλόλιθου (Jha and Sing, 2016).

1.3.2 Χρήσεις ζεόλιθων

Οι ζεόλιθοι είναι κατάλληλοι για πολύ μεγάλη ποικιλία χρήσεων (Doula and Ioannou, 2003):

Κατεργασία πυρηνικών αποβλήτων-Δέσμευση ραδιενεργών στοιχείων

Οι ζεόλιθοι όπως και άλλα υλικά με ιοντοεναλλακτικές ιδιότητες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση συγκεκριμένων ραδιονουκλιδίων από χαμηλής και μέσης στάθμης πυρηνικά απόβλητα.

Επεξεργασία υδάτων

Οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την απομάκρυνση αμμωνίας και αμμωνιακών ιόντων από αστικά και γεωργικά υδατικά απόβλητα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται φυσικοί ζεολίθοι όπως ο κλινοπτιλόλιθος, χαβαζίτης, μορδενίτης και φυλλιψίτης, αποθέματα των οποίων υπάρχουν σε αφθονία. Ο κλινοπτιλόλιθος συγκεκριμένα, επιδεικνύει υψηλή εκλεκτικότητα για το κατιόν του αμμωνίου. Στις ιχθυοκαλλιέργειες το επίπεδο αμμωνίας και αμμωνίου στα ύδατα δεν φθάνει σε τοξικά επίπεδα χάρη στη χρήση κλινοπτιλόλιθου. Η απομάκρυνση της αμμωνίας και του αμμωνίου από τα υδατικά απόβλητα επιτυγχάνεται με πέρασμα αυτών από κλίνες πληρωμένες με ζεόλιθο. Συνήθως, προτιμάται φυσικός ζεόλιθος για το σκοπό αυτό, λόγω της φυσικής κοκκώδους μορφής του που τον καθιστά περισσότερο κατάλληλο για χρήση σε στήλες σε σχέση με τους συνθετικούς ζεόλιθους. Όταν κορεστούν με ιόντα αμμωνίου οι φυσικοί ζεόλιθοι είτε αναγεννώνται, είτε χρησιμοποιούνται απευθείας σαν λιπάσματα αφού έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν με αργό ρυθμό κατιόντα αμμωνίου στο έδαφος. Η αναγέννηση περιλαμβάνει την έκπλυση του NH_4^+ από τους ζεόλιθους με τη χρήση κάποιου ανταγωνιστικού κατιόντος. Μια άλλη εφαρμογή των ζεόλιθων είναι ο καθαρισμός υγρών αποβλήτων από εγκαταστάσεις κατεργασίας σιδήρου και ορυκτών, χυτήρια και διυλιστήρια.

Δομικά υλικά

Οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αδρανείς προσμίξεις στο τσιμέντο για μεγαλύτερη αντοχή. Όμως, η κύρια ίσως διαφορά με άλλα δομικά υλικά είναι η ικανότητα των ζεολίθων να ροφούν και να εκροφούν νερό, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και σχεδόν ανεξάρτητα από την υγρασία του περιβάλλοντα αέρα, διαδικασία που τους δίνει την δυνατότητα να συμπεριφερθούν ως αποθήκες θερμότητας (thermal store). Με αυτό τον τρόπο (ρόφηση και εκρόφηση νερού), κατά τη διάρκεια φυσικών κύκλων θέρμανσης-ψύξης (π.χ. μέρα-νύχτα), οι ζεόλιθοι μπορούν να αποθηκεύσουν θερμότητα (sensible heat) και θερμότητα προσρόφησης (heat of adsorption). Τα κτίρια που έχουν ως δομικά υλικά ζεόλιθους, είναι ψυχρά κατά τη διάρκεια της ημέρας και θερμά κατά τη διάρκεια της νύχτας, αφού ο ζεόλιθος απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον, με την εκρόφηση νερού κατά την διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας, και αποδίδει πίσω αυτή τη θερμότητα κατά τη διάρκεια των πιο ψυχρών ωρών της νύχτας με την επαναρόφηση του νερού.

Ιχθυοκαλλιέργειες

Όταν τα ψάρια εκτρέφονται σε κλειστά συστήματα όπως λίμνες δημιουργείται το πρόβλημα των πολύ υψηλών επιπέδων αμμωνίας. Η συγκέντρωση αμμωνίας, ακόμη και αν είναι λίγα ppm πάνω από το επιτρεπτό όριο, είναι εξαιρετικά επιβλαβής για τα ψάρια. Οι ζεόλιθοι και κυρίως ο κλινοπτιλόλιθος και ο μορδενίτης μπορούν να αφαιρέσουν έως και το 97-99% της αμμωνίας από το νερό σε συγκεντρώσεις πολύ χαμηλές οι οποίες είναι της τάξης των 0,3 ppm.

Γεωργία και εδαφοβελτιωτικά

Ζεόλιθοι που περιέχουν ιόντα αμμωνίου και καλίου μπορεί να προστεθούν στο έδαφος σαν λίπασμα. Τα θρεπτικά ιόντα απελευθερώνονται σταδιακά μέσα σε μεγάλα χρονικά διαστήματα,

αφού μπορούν να εναλλαχθούν με ιόντα π.χ. ασβεστίου από το έδαφος, και λειτουργούν σαν ανόργανα λιπάσματα για την ανάπτυξη των φυτών. Για παράδειγμα η μεγάλη εκλεκτικότητα του κλινοπτιλόλιθου έχει ως αποτέλεσμα την αργή απελευθέρωση της αμμωνίας και έτσι βελτιώνει την ικανότητα κατακράτησης αζώτου από το έδαφος. Αυτό οφείλεται στον έλεγχο του pH από τους ζεόλιθους. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία, χρησιμοποιείται κλινοπτιλόλιθος και μορδενίτης για τον έλεγχο του pH και της υγρασίας του εδάφους, σε καλλιέργειες καρότων, μήλων, σιταριού, μελιτζάνας και βαμβακιού. Η ποσότητα ζεόλιθου που προστίθεται είτε 1,5 έως 20 τόνοι ζεόλιθου ανά εκτάριο, ενώ η παραγωγή αυξήθηκε κατά 15 έως 63%.

Κτηνοτροφία

Οι ζεόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συμπλήρωμα διατροφής για τα ζώα. Ο κοκκώδης κλινοπτιλόλιθος όπως και ο μορδενίτης, όταν προστίθενται στην τροφή των ζώων, έχουν τα εξής αποτελέσματα: αύξηση του βαθμού ανάπτυξης, προληπτική και θεραπευτική λειτουργία ενάντια στις ασθένειες των οργάνων πέψης όπως π.χ. μειώνουν τα κρούσματα διάρροιας, εντερίτιδας και άλλων ασθενειών, μείωση της τροφής, έλεγχο της οσμών από τα περιττώματα, μείωση της θνησιμότητας, μείωση του κόστους περίθαλψης ανά κεφαλή, βελτίωση της ποιότητας των αυγών, του κρέατος, του γάλακτος κ.α.

Απορρόφηση αερίων

Οι ζεόλιθοι μπορούν να απομακρύνουν ορισμένες ενώσεις από αέρια. Ο κλινοπτιλόλιθος χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του φυσικού αερίου, όσο και για τον καθαρισμό διαφόρων πετρελαϊκών αερίων.

Έλεγχος οσμών

Αυτός ο όρος αναφέρεται σε μια πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών που φτάνει μέχρι τα αποσμητικά παπουτσιών. Η καταλληλότητα των ζεόλιθων σε αυτές τις εφαρμογές οφείλεται στην εξαιρετική ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και στην επιλεκτικότητά τους στο αμμώνιο. Οι ζεόλιθοι απορροφούν 4 φορές περισσότερη αμμωνία από τα κοινά χρησιμοποιούμενα υλικά και είναι πιο εύκολοι στην απόρριψή τους. Επίσης, ο κλινοπτιλόλιθος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των οσμών των κατοικίδιων ζώων (Pet Sand).

2. Πειραματικό μέρος

Το πείραμα σχεδιάστηκε με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση στερεών αποβλήτου ελαιουργείου και του φυσικού ζεόλιθου κλινοπτιλόλιθου στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών, στη σύσταση των απορροών και στις πιθανές επιπτώσεις στην ποιότητα του εδάφους και του υδροφόρου.

2.1. Υλικά

3.1.1. Υπόστρωμα καλλιέργειας

Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα συλλέχθηκε από τον περιβάλλοντα χώρο του ΜΦΙ. Συλλέχθηκε επιφανειακό στρώμα εδάφους, βάθους 0-30 εκ., μετά από καθαρισμό της επιφάνειας από ζιζάνια και άλλα οργανικά υπολείμματα. Το έδαφος ομογενοποιήθηκε και στη συνέχεια λήφθηκε κατάλληλο δείγμα το οποίο αναλύθηκε για τον προσδιορισμό των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων του. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του εδάφους δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανάλυση εδάφους

Παράμετροι		Φυσιολ. όρια	Μέθοδος
Άργιλος (%)	17		Βουγιούκου
Ιλύς (%)	16		Βουγιούκου
Άμμος (%)	67		Βουγιούκου
Χαρακτηρισμός	Sandy Loam		
Ηλεκτρική αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1250	< 2000	Μέτρηση σε εδαφική πάστα
Συνολικά άλατα (%)		< 0,2	Εσωτερική ΜΦΙ
pH	7,39	6,1-7,8	Μέτρηση σε εδαφική πάστα
Οργανική ουσία (%)	5,6	> 2,0	Κατά ISO 14235:1998
Ολικό Άζωτο (mg/g)	3,4	> 1,5	Κατά ISO 11261:1995
Ολικό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) (%)	28	0,2-5,0	Εσωτερική
Ενεργό Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) (%)	4,0	< 7,5	Εσωτερική
Εναλλακτικό κάλιο (cmol^+/kg)	0,80	0,3-1,2	Κατά ISO 11260:1994
Εναλλακτικό ασβέστιο (cmol^+/kg)	30		Κατά ISO 11260:1994
Εναλλακτικό μαγνήσιο (cmol^+/kg)	1,8	0,4-1,5	Κατά ISO 11260:1994
Φώσφορος διαλυτός σε NaHCO_3 (mg P/kg)	33	5-20	Κατά ISO 11263:1994
Σίδηρος Fe (mg/kg)	8,9	12-50	Κατά ISO 14870:2001
Χαλκός Cu (mg/kg)	1,3	0,9-3,0	Κατά ISO 14870:2001
Ψευδάργυρος Zn (mg/kg)	18	3,0-8,0	Κατά ISO 14870:2001
Μαγγάνιο Mn (mg/kg)	4,4	15-50	Κατά ISO 14870:2001

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων, το έδαφος είναι αμμοπηλώδες, δηλαδή μέσης μηχανικής σύστασης και πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο (μάργα), με χαμηλή όμως περιεκτικότητα σε ενεργό ανθρακικό ασβέστιο και πλούσιο σε οργανική ουσία. Μακροσκοπικά το έδαφος παρουσίαζε καλή δομή λόγω της ακαλλιεργησίας και της υψηλής περιεκτικότητάς του σε οργανική ουσία και ανθρακικό ασβέστιο (το ανθρακικό ασβέστιο και η οργανική ουσία ευνοούν την συσσωμάτωση των ανόργανων στερεών συστατικών). Το έδαφος παρουσιάζει ουδέτερη προς

ελαφριά αλκαλική αντίδραση (pH) και έχει χαμηλή αγωγιμότητα, παράμετροι που δείχνουν ότι το έδαφος είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη της πιπεριάς. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο και εναλλακτικό κάλιο είναι υπερεπαρκής και δεν απαιτείται επιπρόσθετη λίπανση πριν την έναρξη του πειράματος. Το έδαφος είναι επαρκώς εφοδιασμένο σε εναλλακτικό μαγνήσιο και έχει επαρκή περιεκτικότητα σε εναλλακτικό ασβέστιο, ενώ είναι πτωχό σε μαγγάνιο και σίδηρο, μετρίως εφοδιασμένο σε χαλκό και πολύ υψηλά σε ψευδάργυρο.

2.1.2. Απόβλητο ελαιουργείου

Το απόβλητο που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα συλλέχθηκε από κατάλληλη περιοχή φύλαξης τριφασικού ελαιουργείου του ν. Ηλείας και αφού είχε απομακρυνθεί με φυσική εξάτμιση το υγρό μέρος. Για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών παραμέτρων του υλικού, λήφθηκε κατάλληλο δείγμα το οποίο αναλύθηκε (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Φυσικές και χημικές παράμετροι αποβλήτου ελαιουργείου

Παράμετροι	Τιμή
Οργανική ουσία (%)	97
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS/cm)	2,59
pH	4,10
Πολυφαινόλες, %	0,32
Άζωτο (Kjeldhal)	0,51
Κάλιο (%)	1,1
Ασβέστιο (%)	0,11
Μαγνήσιο (%)	0,05
Νάτριο (%)	0,04
Φώσφορος (P ₂ O ₅)	0,05
Σίδηρος (mg/kg)	41
Χαλκός(mg/kg)	12
Ψευδάργυρος (mg/kg)	4,3
Μαγγάνιο (mg/kg)	5,6

Το απόβλητο χαρακτηρίζεται από χαμηλό pH, ενώ η αγωγιμότητά του, αν και σχετικά υψηλή, δε χαρακτηρίζεται ως απαγορευτική για ενσωμάτωση του αποβλήτου στο έδαφος για καλλιεργητικούς σκοπούς. Το υλικό είναι εξαιρετικά πλούσιο σε οργανική ουσία αλλά και σε κάλιο, σίδηρο, χαλκό, ψευδάργυρο. Η περιεκτικότητα σε φαινόλες είναι η αναμενόμενη για τέτοιου είδους υλικά.

2.1.3. Πολλαπλασιαστικό υλικό – Ζεόλιθος-Χώρος διεξαγωγής του πειράματος

Τα φυτά αγοράστηκαν από Ιδιωτική Εταιρεία Παραγωγής και Εμπορίας πολλαπλασιαστικού υλικού. Ομοίως και ο ζεόλιθος αγοράστηκε από ιδιωτική εταιρεία.

Τα σποριόφυτα αναπτύχθηκαν σε μείγμα περλίτη και τύρφης σε αναλογία 1 : 1. Μετά την παραλαβή των φυτών, αυτά τοποθετήθηκαν σε πλαστικό θερμοκήπιο και αρδεύονταν ημερησίως με νερό του δικτύου.

Η διατήρηση των νεαρών σποριόφυτων καθώς και η διεξαγωγή του πειράματος έγιναν σε πλαστικό θερμοκήπιο στο οποίο δεν υπήρχε έλεγχος της θερμοκρασίας, αερισμού και σχετικής υγρασίας καθώς το πείραμα ήταν σχεδιασμένο να γίνει σε συνθήκες οι οποίες θα ήταν κατά το δυνατόν ανάλογες με τις συνθήκες ανάπτυξης στον αγρό, αλλά προστατευμένο από τη βροχή.

2.2. Πείραμα

2.2.1. Μεταχειρίσεις – Πειραματικό Σχέδιο

Στο πείραμα μελετήθηκε η επίδραση του αποβλήτου και του ζεόλιθου στην αύξηση και απόδοση φυτών πιπεριάς 'φλάσκας'. Η διάρκεια του πειράματος ήταν 11 βδομάδες. Τα επίπεδα του κάθε παράγοντα ήταν 3.

Ο ζεόλιθος χρησιμοποιήθηκε σε αναλογία Z0 (0%), Z1 (2,5%) και Z2 (5%) στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών (Πίνακας 3). Ανάλογα, το απόβλητο ελαιολιτριβείου χρησιμοποιήθηκε σε 3 επίπεδα AP0 (0%), AP1 (2,5%) και AP2 (5%) στο υπόστρωμα ανάπτυξης (Πίνακας 3). Η προετοιμασία του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών πραγματοποιήθηκε με την ανάμιξη εδάφους, ζεόλιθου και αποβλήτου στις διάφορες αναλογίες ανάλογα με τα επίπεδα των παραγόντων όπως αναφέρεται παραπάνω. Αρχικά, οι διάφορες αναλογίες των υλικών (μεταχειρίσεις) τοποθετήθηκαν σε σωρούς, έγινε καλή ανάμιξη και στη συνέχεια γεμίστηκαν γλάστρες όγκου 7 λίτρων με τα μίγματα, σε ίσες ποσότητες ώστε να μειωθεί η παραλλακτικότητα.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιλογή των φυτών βάση μεγέθους και ακολούθησε φύτευση αυτών (Φωτ. 4). Επιλέχτηκαν φυτά ίδιου ύψους και μεγέθους, με τον ίδιο αριθμό φύλλων και τυχαία (η τυχαιοποίηση πραγματοποιήθηκε βάσει προγράμματος τυχαιοποίησης για πειραματικό σχέδιο split – plot) με κύριο παράγοντα το ζεόλιθο και δευτερεύοντα παράγοντα τα επίπεδα του αποβλήτου σε 4 επαναλήψεις (Πιν. 4). Σύνολο φυτών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα: 3 επίπεδα ζεόλιθου x 3 επίπεδα απόβλητου x 4 επαναλήψεις = 36 φυτά.



Φωτογραφία 4. Φύτευση σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο.

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα ζεόλιθου, αποβλήτου και εδάφους στην κάθε μεταχείριση.

% περιεκτικότητα του εδάφους, του ζεόλιθου και του αποβλήτου στις διάφορες μεταχειρίσεις σε τελικό όγκο μίγματος 7 l			
Μεταχείριση	Έδαφος (%)	Ζεόλιθος (%)	Απόβλητο (%)
Z0AP0	100	0	0
Z0AP1	97,5	0	2,5
Z0AP2	95,0	0	5,0
Z1AP0	97,5	2,5	0
Z1AP1	95,0	2,5	2,5
Z1AP2	92,5	2,5	5,0
Z2AP0	95,0	5,0	0
Z2AP1	92,5	5,0	2,5
Z2AP2	90,0	5,0	5,0

Πίνακας 4: Διάταξη των φυτών ανάλογα με το πειραματικό σχέδιο

A. Ομάδα 1		
Z ₀	Z ₁	Z ₂
AP ₀	AP ₂	AP ₀
AP ₁	AP ₀	AP ₁
AP ₂	AP ₁	AP ₂
B. Ομάδα 2		
Z ₂	Z ₁	Z ₀
AP ₂	AP ₁	AP ₁
AP ₀	AP ₀	AP ₀
AP ₁	AP ₂	AP ₂
Γ. Ομάδα 3		
Z ₀	Z ₂	Z ₁
AP ₁	AP ₀	AP ₁
AP ₀	AP ₂	AP ₀
AP ₂	AP ₁	AP ₂
Δ. Ομάδα 4		
Z ₁	Z ₂	Z ₀
AP ₂	AP ₁	AP ₀
AP ₁	AP ₀	AP ₂
AP ₀	AP ₂	AP ₁

2.2.2. Αρδεύσεις-Λιπάνσεις

Τα φυτά ποτίζονταν κάθε δύο ημέρες με νερό του δικτύου. Λίπανση δεν πραγματοποιήθηκε στην φύτευση των φυτών καθώς η περιεκτικότητα του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο και κάλιο ήταν επαρκής μέχρι και τη 10^η εβδομάδα της ανάπτυξης των φυτών, οπότε και πραγματοποιήθηκε προσθήκη κοκκώδους λιπάσματος 12-12-18 σε δόση 2 κουταλιές της σούπας ανά γλάστρα καθώς διαπιστώθηκαν ανάγκες επιπρόσθετης θρέψης.

2.2.3. Συλλογή Απορροών-Συγκομιδή

Οι απορροές κάθε γλάστρας συλλέγονταν σε πλαστικά δοχεία ανά εβδομάδα. Οι απορροές των ίδιων μεταχειρίσεων (επαναλήψεων) ενώθηκαν σε ένα δείγμα (συνολικά συλλέχθηκαν 11 δοχεία απορροών) και αναλύθηκαν ως προς την αγωγιμότητα, το pH και την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, κάλιο και νάτριο. Πριν την ανάλυση τα δείγματα των απορροών συντηρήθηκαν σε ψυγείο και σε θερμοκρασία 4 °C.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών γινόταν συγκομιδή των καρπών όταν αυτοί αποκτούσαν ο εμπορικό μέγεθος. Την 11^η εβδομάδα έγινε συλλογή του υπέργειου τμήματος των φυτών και διαχωρισμός αυτού σε βλαστούς και φύλλα. Στους βλαστούς και στα φύλλα έγινε προσδιορισμός του νωπού βάρους. Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο αεροξήρανσης σε θερμοκρασία 80 °C μέχρι σταθερού βάρους και έγινε προσδιορισμός του ξηρού βάρους

2.3. Αναλυτικές μέθοδοι

Στη διάρκεια του πειράματος έγιναν οι παρακάτω προσδιορισμοί:

Εδάφη

1. Χημική αντίδραση (pH): Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε μετά την προετοιμασία πάστας κορεσμού και τη συλλογή του εκχυλίσματος κορεσμού. Το pH προσδιορίστηκε στο εκχύλισμα με την χρήση pH-μέτρου Consort C561, το οποίο ήταν εφοδιασμένο με ηλεκτρόδιο αντιστάθμισης θερμοκρασίας (Page et al., 1982).
2. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα: Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε μετά την προετοιμασία της πάστας κορεσμού και τη συλλογή του εκχυλίσματος κορεσμού. Η αγωγιμότητα προσδιορίστηκε στο εκχύλισμα κορεσμού με την χρήση αγωγιμόμετρου Consort C861, εφοδιασμένο με ηλεκτρόδιο αντιστάθμισης θερμοκρασίας (Page et al., 1982).
3. Μηχανική σύσταση: Πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Βουγιούκου (Βουγιούκος, 1962), με προσδιορισμό της εκατοστιαίας αναλογίας των κλασμάτων μηχανικής σύστασης του εδάφους μετά από το προσδιορισμό της ταχύτητας καθίζησης των εδαφικών τεμαχίων (νόμος του Stoke's) στο διάλυμα διασποράς.
4. Οργανική ουσία: Πραγματοποιήθηκε με φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα ύστερα από οξείδωσή με διάλυμα $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ σύμφωνα με το ISO 14235: 1998. Ο φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός έγινε με φασματοφωτόμετρο Jasco V-530.
5. Ολικό ανθρακικό ασβέστιο: Πραγματοποιήθηκε σε συσκευή Bernard με συλλογή και ογκομέτρηση του εκλυόμενου CO_2 , το οποίο παράγεται κατά την επίδραση διαλύματος υδροχλωρικού οξέως στα ανθρακικά άλατα του εδάφους (Page et al., 1982).
6. Ενεργό Ανθρακικό ασβέστιο: Έγινε προσδιορισμός του ενεργού $CaCO_3$ κατόπιν διασποράς του δείγματος σε διάλυμα $C_2O_4(NH_4)_2$ και τιτλοδότηση με διάλυμα $KMnO_4$ (Page et al., 1982).
7. Εναλλακτικά κατιόντα (κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, μαγνήσιο): Έγινε εκχύλιση του εδάφους με $BaCl_2$ σύμφωνα με το ISO 11260:1994. Το κάλιο και το νάτριο μετρήθηκαν σε φλογοφωτόμετρο JENWAY PFP7 και το ασβέστιο και μαγνήσιο σε Φασματόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα VARIAN SPECTRA A 220.

8. Ολικό άζωτο: Ο προσδιορισμός έγινε σύμφωνα με το ISO11261:1995 το οποίο βασίζεται στην πέψη κατά Kjeldahl. Χρησιμοποιήθηκε συσκευή απόσταξης VelρUDK 149.
9. Διαθέσιμος Φώσφορος (διαλυτός σε NaHCO₃): Πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ISO 11263:1994. Κατά τη μέθοδο έγινε εκχύλιση του δείγματος με διάλυμα όξινου ανθρακικού νατρίου και στη συνέχεια ο φώσφορος προσδιορίστηκε φωτομετρικά σε φασματοφωτόμετρο JASCOV-530.
10. Διαθέσιμα ιχνοστοιχεία: (σίδηρος, χαλκός, ψευδάργυρος, μαγγάνιο). Πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ISO14870:2001 και εκχύλιση του δείγματος με διάλυμα DTPA. Ο προσδιορισμός έγινε σε Φασματόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα VARIAN SPECTRA A 220.

Απόβλητο Ελαιουργείου

1. Οξύτητα (pH) και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Προσδιορίστηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH του αποβλήτου σε μίγμα αποβλήτου : νερού αναλογίας 1:1 v/v.
2. Προσδιορισμός χημικών παραμέτρων αποβλήτου. Έγινε πέψη του δείγματος σύμφωνα με τη μέθοδο EPA 3052 (1996) σε συσκευή πέψης μικροκυμάτων. Στο εκχύλισμα σε HNO₃ το οποίο προέκυψε μετρήθηκαν οι περιεκτικότητες σε κάλιο και νάτριο με χρήση φλογοφωτομέτρου, σε ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, χαλκό, ψευδάργυρο και μαγγάνιο με χρήση Ατομικής Απορρόφησης Φλόγας.
3. Ο προσδιορισμός των πολυφαινόλων έγινε με εκχύλιση του νωπού δείγματος με μεθανόλη, συμπύκνωση και ανάπτυξη χρώματος στο διάλυμα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu (Box 1983, Di Serio et al. 2008).

Απορροές

1. Κάλιο και Νάτριο: Τα υδατικά δείγματα μετρήθηκαν απ' ευθείας μετά από κατάλληλη αραιώση σε φλογοφωτόμετρο JENWAY PFP7.
2. Οξύτητα (pH) και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αμέσως μετά την ανάμιξη των απορροών για κάθε εβδομάδα συλλογής, μετρήθηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα απ' ευθείας στα υδατικά δείγματα με χρήση pH-μέτρου Consort C561 και αγωγιμομέτρου Consort C861.
3. Περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες. Ο προσδιορισμός έγινε σε φωτόμετρο χρησιμοποιώντας πρότυπα διαλύματα γαλλικού οξέως και ανάπτυξη χρώματος με αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Ακολούθησε μέτρηση στα 765 nm.

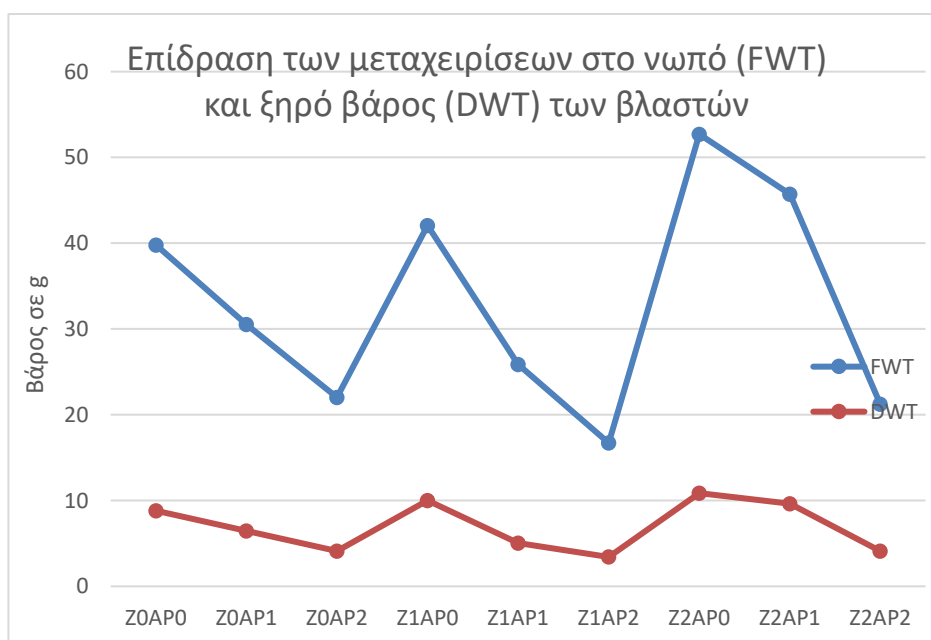
3. Αποτελέσματα συζήτηση

3.1. Επίδραση ζεόλιθου και αποβλήτου στην ανάπτυξη και αύξηση των φυτών

3.1.1. Επίδραση του ζεόλιθου και του αποβλήτου στην αύξηση των βλαστών

Στο Σχήμα 2 είναι εμφανής η διαφοροποίηση στο νωπό (FWT) και ξηρό βάρος (DWT) των βλαστών στις διάφορες μεταχειρίσεις. Το μεγαλύτερο βάρος παρατηρήθηκε στη μεταχείριση Z₂AP₀, δηλαδή στην υψηλότερη δόση ζεόλιθου χωρίς την παρουσία απόβλητου στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών.

Το γενικό συμπέρασμα στην περίπτωση αυτή είναι η θετική επίδραση του ζεόλιθου στο νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών, η οποία όμως μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε απόβλητο. Επίσης, μεταξύ των μεταχειρίσεων Z₀AP₀ και Z₁AP₁, φαίνεται ότι η δεύτερη υστερεί κατά περίπου 100% στο νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών.

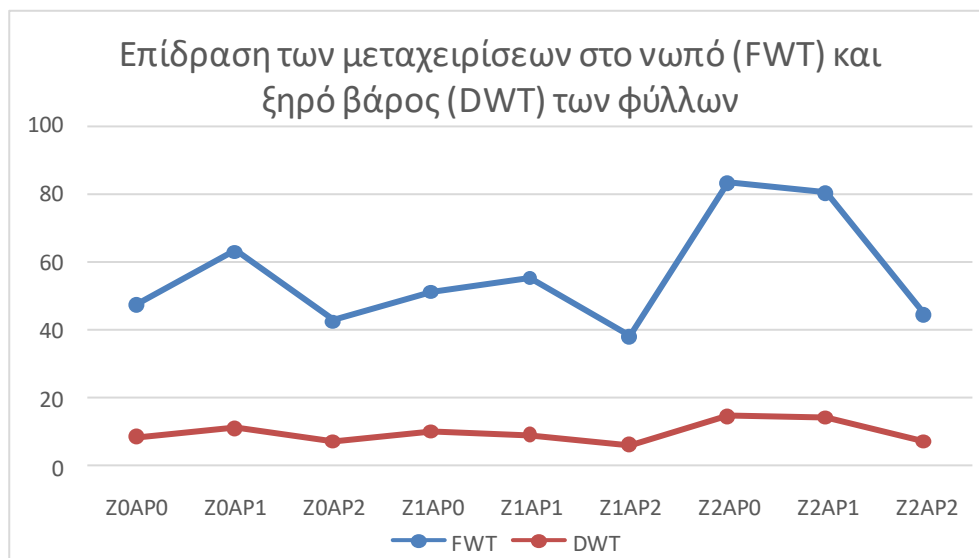


Σχήμα 2: Επίδραση του αποβλήτου και του ζεόλιθου στο νωπό (FWT) και ξηρό βάρος (DWT) των βλαστών στην συγκομιδή

3.1.2 Επίδραση του ζεόλιθου και του απόβλητου στην αύξηση των φύλλων

Στο Σχ. 3 είναι εμφανής η διαφοροποίηση στο νωπό (FWT) και ξηρό βάρος (DWT) των φύλλων στις διάφορες μεταχειρίσεις. Το μεγαλύτερο βάρος παρατηρήθηκε στη μεταχείριση Z₂AP₀ δηλαδή στην υψηλότερη δόση ζεόλιθου χωρίς την παρουσία απόβλητου στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών.

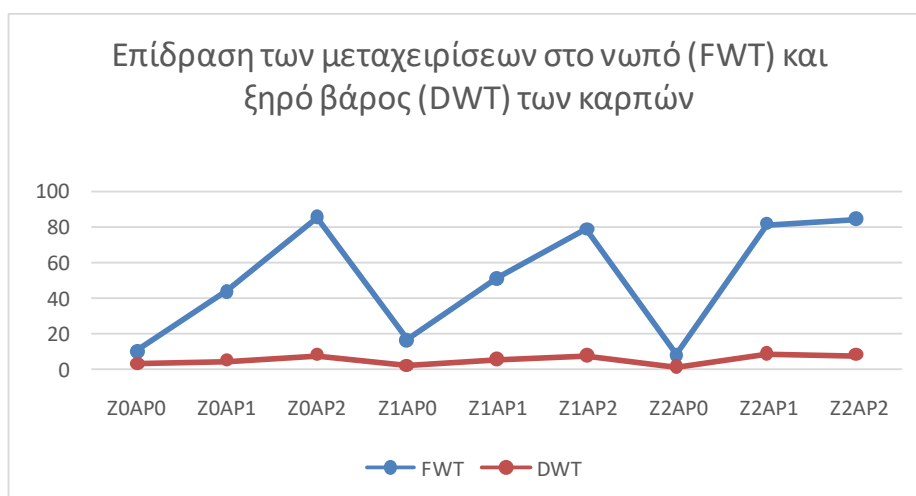
Όσον αφορά στην επίδραση των μεταχειρίσεων στο βάρος των φύλλων, συμπεραίνουμε ότι η παρουσία ζεόλιθου σε δόση Z_2 είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη απόδοση σε ξηρό και νωπό βάρος των φύλλων, απουσία απόβλητου. Επιπλέον οι μεταχειρίσεις με 2,5% απόβλητο αυξάνουν το βάρος των φύλλων για μεταχείριση ζεόλιθου 0% και 2,5% σε σχέση με τη μεταχείριση απουσίας απόβλητου.



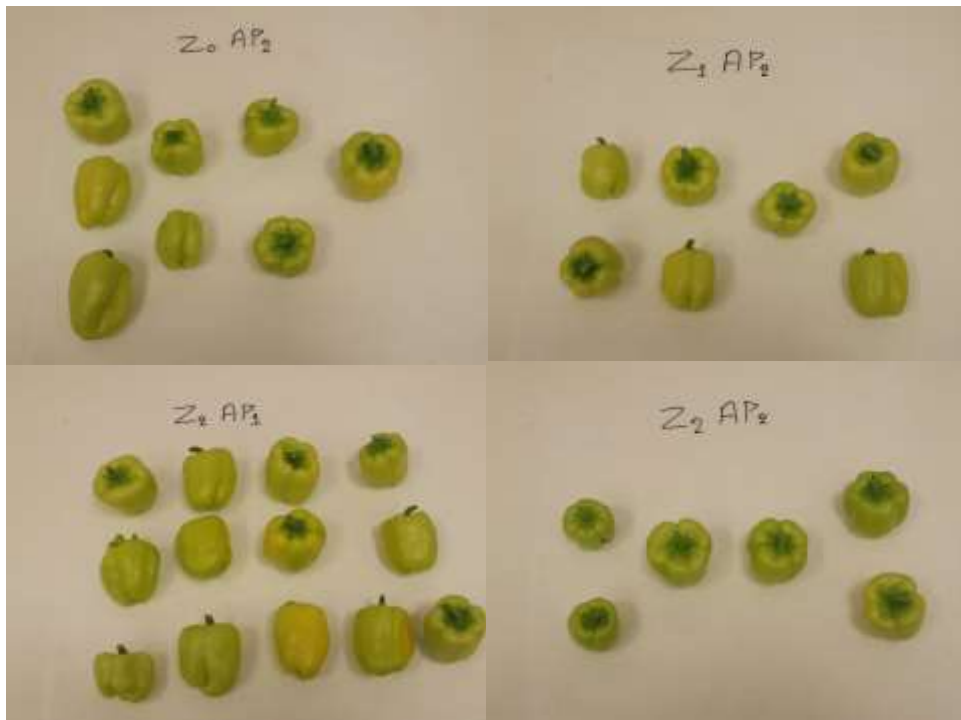
Σχήμα 3: Επίδραση του αποβλήτου και του ζεόλιθου στο νωπό (FWT) και ξηρό βάρος (DWT) των φύλλων στην συγκομιδή

3.1.3 Επίδραση του ζεόλιθου και του απόβλητου στην απόδοση (νωπό και ξηρό βάρος καρπών)

Στο Σχήμα 4 είναι εμφανής η διαφοροποίηση στο νωπό βάρος των καρπών στις διάφορες μεταχειρίσεις, ενώ δεν υπάρχουν εμφανείς διαφορές στο αντίστοιχο ξηρό βάρος των καρπών. Σχετικά με το νωπό βάρος των καρπών, οι μεταχειρίσεις Z0AP2, Z1AP2, Z2AP1 και Z2AP2 έδωσαν το μεγαλύτερο νωπό βάρος.



Σχήμα 4: Επίδραση του αποβλήτου και του ζεόλιθου στο νωπό και ξηρό βάρος των καρπών στην συγκομιδή.

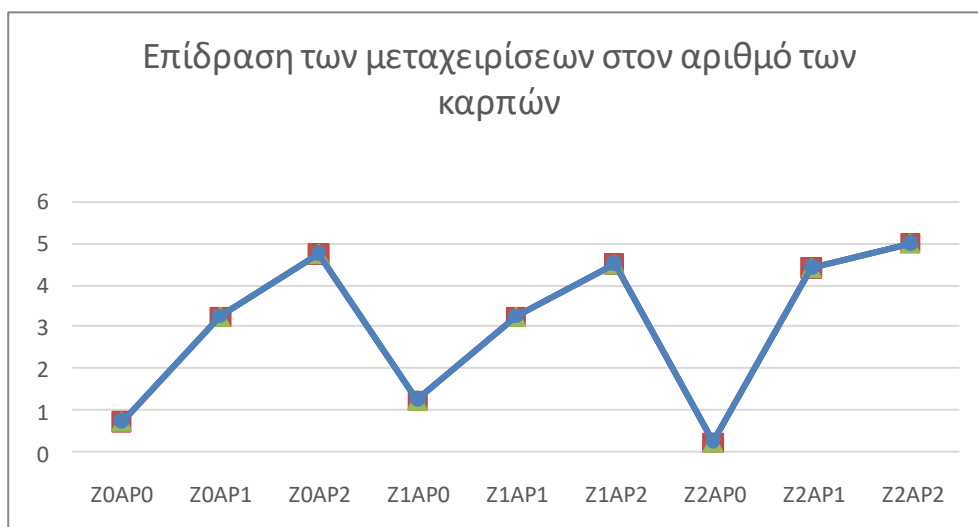


Φωτογραφία 5: Συγκομιδή για τις μεταχειρίσεις Z0AP2, Z1AP2, Z2AP1, Z2AP2.

Συμπερασματικά, αυξανόμενης της περιεκτικότητας σε απόβλητο, αυξάνεται το νωπό βάρος των καρπών, ενώ ο ζεόλιθος δε φαίνεται να επιδρά σε αυτήν την παράμετρο.

3.1.4. Επίδραση του ζεόλιθου και του απόβλητου στον αριθμό των καρπών ανά φυτό

Στο Σχήμα 5 είναι εμφανής η διαφοροποίηση στον αριθμό των καρπών ανά φυτό. Ο μεγαλύτερος αριθμός καρπών παρατηρήθηκε στις μεταχειρίσεις Z0AP2, Z1AP2, Z2AP1 και Z2AP2. Δηλαδή στις ίδιες μεταχειρίσεις στις οποίες παρουσιάζεται και το μεγαλύτερο νωπό βάρος των καρπών. Και στην περίπτωση αυτή συνεπώς, αυξανόμενης της περιεκτικότητας σε απόβλητο, αυξάνεται και ο αριθμός των καρπών, ενώ ο ζεόλιθος δε φαίνεται να επιδρά σε αυτήν την παράμετρο.



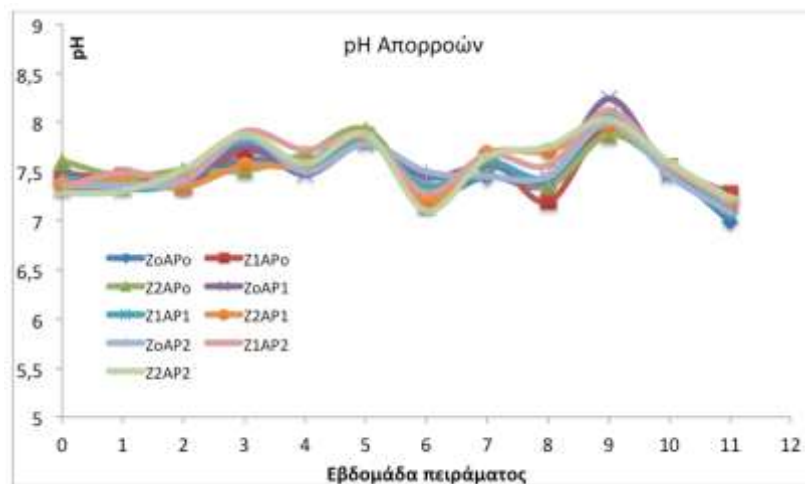
Σχήμα 5: Επίδραση του αποβλήτου και του ζεόλιθου στον αριθμό των καρπών στην συγκομιδή.

3.3. Επίδραση ζεόλιθου και αποβλήτου στη σύσταση των απορροών

Στις απορροές, οι οποίες συλλέγονταν εβδομαδιαίως για 11 εβδομάδες, μετρήθηκαν οι παράμετροι: pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, νάτριο, κάλιο και πολυφαινόλες.

3.3.1. pH

Στο Σχήμα 6 δίνεται η μεταβολή του pH των απορροών στις 11 εβδομάδες του πειράματος. Όπως φαίνεται δεν υπάρχουν διακυμάνσεις στις τιμές pH των απορροών μεταξύ των μεταχειρίσεων, κάτι που θα μπορούσε να συμβεί λόγω του χαμηλού pH του αποβλήτου (pH= 4,1). Συνεπώς, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις δεν αναμένεται να επηρεάσουν την οξύτητα του εδάφους. Άλλωστε είναι γνωστή και η ιδιότητα του κλινοπτιλόλιθου να σταθεροποιεί το pH των υποστρωμάτων, των οποίων αποτελεί συστατικό, σε τιμές μεταξύ 7,5 – 8,0 (Doula et al., 2012).



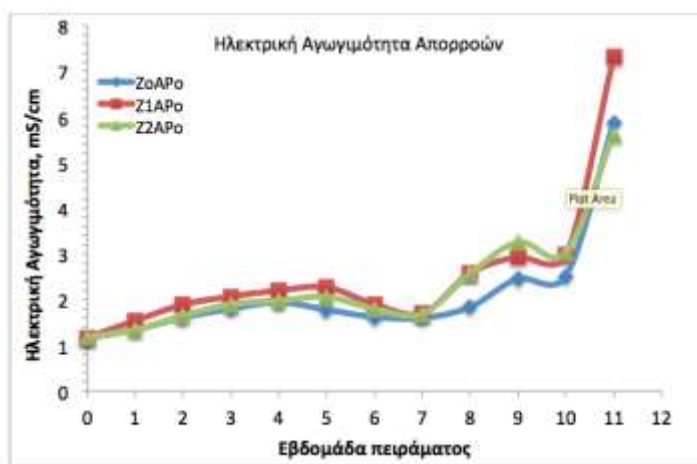
Σχήμα 6. Μεταβολή pH των απορροών στις 11 εβδομάδες του πειράματος για όλες τις μεταχειρίσεις.

3.3.2. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των απορροών δε φαίνεται να επηρεάστηκε σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων, παρ' όλα αυτά, διαφορές που παρουσιάζονται μπορούν να αποδοθούν σε επιδράσεις του ζεόλιθου και του απόβλητου. Εξαίρεση, οι μεταβολές στην αγωγιμότητα που καταγράφηκαν κατά την 11^η εβδομάδα, λόγω προσθήκης λιπάσματος.

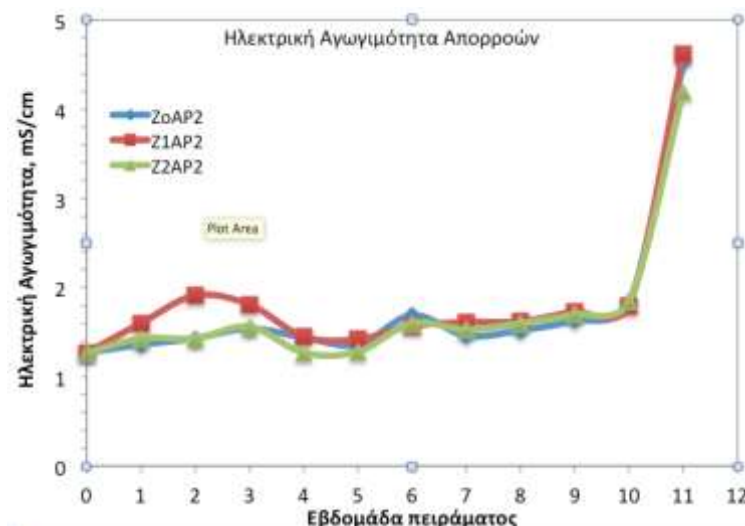
Στο Σχήμα 7, όπου δίνεται η μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τις μεταχειρίσεις με μηδενική περιεκτικότητα σε απόβλητο και για τις τρεις περιεκτικότητες σε ζεόλιθο, παρατηρούμε σταδιακή αύξηση της αγωγιμότητας από περίπου 1 mS/cm στην έναρξη του πειράματος ως και 3,0-3,5 mS/cm τη 10^η εβδομάδα, οπότε και προστέθηκε λίπασμα, πρακτική η οποία αύξησε την αγωγιμότητα των απορροών σε τιμές μεταξύ 6,0 και 7,5 mS/cm. Η σταδιακή αύξηση της αγωγιμότητας μέχρι τη 10^η εβδομάδα οφείλεται στην απελευθέρωση κατιόντων από τον ζεόλιθο, και κυρίως καλίου και νατρίου (Doula et al., 2012a, b), συμπεριφορά γνωστή για το υλικό αυτό. Για

αυτόν ακριβώς το λόγο συστήνεται πολλές φορές έκπλυση του ζεόλιθου με νερό πριν τη χρήση (συνήθως για 3-4 εβδομάδες πριν την φύτευση), ώστε να αποφευχθεί έκλυση καλίου και νατρίου κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, (Doula et al., 2012a, b).



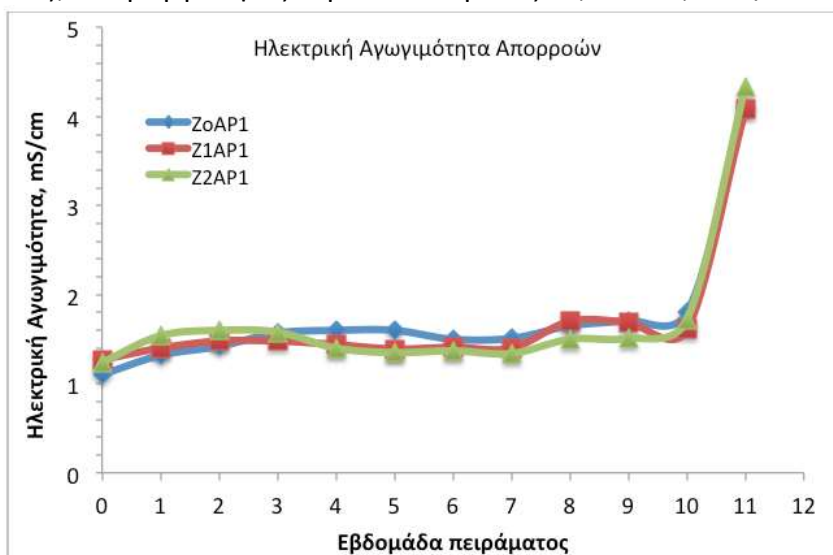
Σχήμα 7. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών στις μεταχειρίσεις με μηδενική περιεκτικότητα αποβλήτου και για τις τρεις περιεκτικότητες ζεόλιθου.

Στο Σχήμα 8, όπου δίνεται η αγωγιμότητα των απορροών για περιεκτικότητα αποβλήτου 2,5% και για τις τρεις περιεκτικότητες ζεόλιθου, παρατηρούμε ότι το φαινόμενο της έκλυσης κατιόντων από τον ζεόλιθο έχει περιοριστεί σημαντικά, προφανώς λόγω της παρουσίας του απόβλητου, κυρίως λόγω της πολύ υψηλής περιεκτικότητάς του σε οργανική ουσία, η οποία δεσμεύει και συγκρατεί συστατικά (αύξηση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων-ΙΑΚ), όπως αυτά που εκλύονται από τον ζεόλιθο. Η αύξηση της αγωγιμότητας την 11^η εβδομάδα είναι και σε αυτήν την περίπτωση πολύ σημαντική λόγω της προσθήκης λιπάσματος.



Σχήμα 8. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών στις μεταχειρίσεις με 2,5 % απόβλητο και για τις τρεις περιεκτικότητες ζεόλιθου.

Το ίδιο συμπέρασμα με το Σχήμα 8, προκύπτει και για το Σχήμα 9, όπου δίνεται η μεταβολή της αγωγιμότητας για τη μέγιστη δόση αποβλήτου (5%) και για τις τρεις μεταχειρίσεις με ζεόλιθο. Στην περίπτωση αυτή όμως, και μη θεωρούμενης της 11^{ης} εβδομάδας, οι αγωγιμότητες για όλες τις περιπτώσεις κυμαίνονται μεταξύ 1,4 – 1,8 mS/cm, ενώ για την περιεκτικότητα σε απόβλητο 2,5%, του σχήματος 8, οι αγωγιμότητες κυμαίνονται μεταξύ 1,5 και 2,0 mS/cm. Αντίθετα, απουσία αποβλήτου (σχήμα 7), οι αγωγιμότητες κυμαίνονται μεταξύ 1,5 και 3,5 mS/cm.

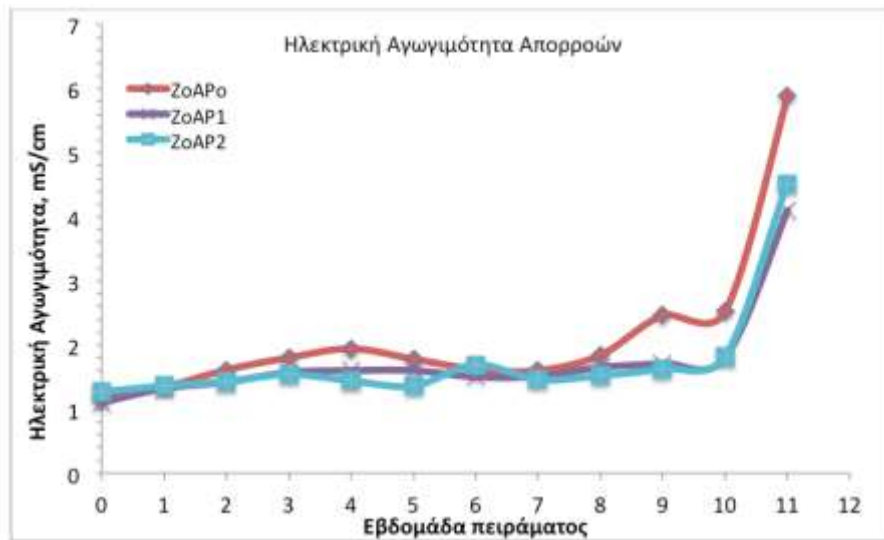


Σχήμα 9. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών στις μεταχειρίσεις με 5 % απόβλητο και για τις τρεις περιεκτικότητες σε ζεόλιθο.

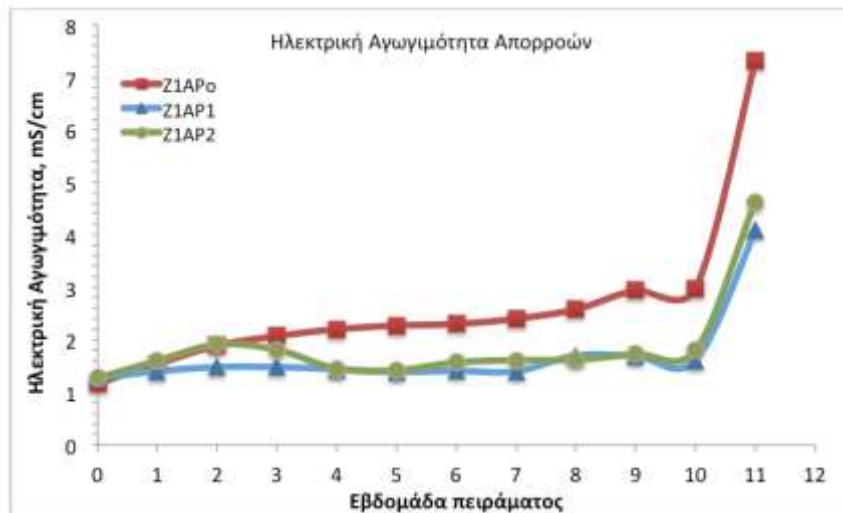
Το γενικό συμπέρασμα από τα διαγράμματα 7, 8 και 9 είναι ότι η παρουσία του αποβλήτου σταθεροποιεί και ελαττώνει την παρουσία ιόντων στις απορροές από το υπόστρωμα, κυρίως λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία.

Τα όσα παραπάνω αναφέρθηκαν επιβεβαιώνονται και στα διαγράμματα 10 έως 12 και συγκεκριμένα :

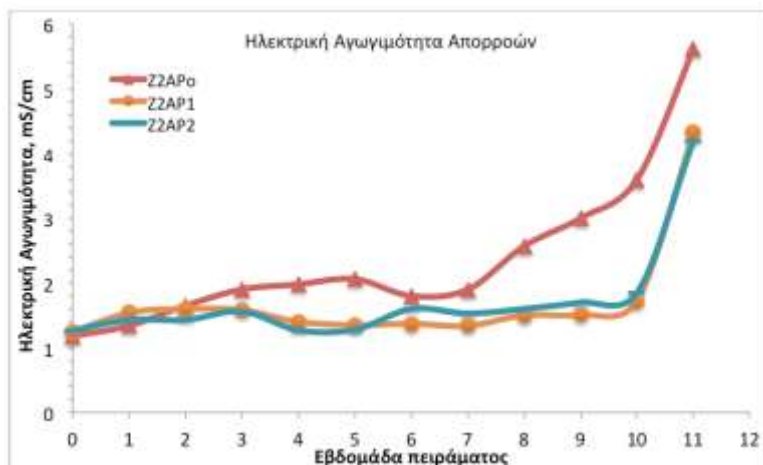
1. Απουσία ζεόλιθου, το απόβλητο διατηρεί την αγωγιμότητα των απορροών μεταξύ 1,2 και 1,6 mS/cm, γενικά χαμηλότερα από τη μεταχείριση χωρίς απόβλητο (Z₀AP₀). Επιπλέον η παρουσία απόβλητου διατηρεί την αγωγιμότητα μετά την λίπανση μεταξύ 4,0 και 4,5 mS/cm, σε αντίθεση με την τιμή 6,0 mS/cm που μετρήθηκε απουσία αποβλήτου και ζεόλιθου. (Σχήμα 10).
2. Παρουσία ζεόλιθου 2,5 % και απουσία απόβλητου (μεταχείριση Z₁AP₀), η αγωγιμότητα των απορροών κυμαίνεται μεταξύ 1,2 και 3,0 mS/cm σε αντίθεση με την περίπτωση της παρουσίας αποβλήτου, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 1,0 και 1,8 mS/cm, χωρίς διακυμάνσεις λόγω διαφορετικής περιεκτικότητας σε απόβλητο. Και σε αυτήν την περίπτωση η απουσία απόβλητου δίνει αγωγιμότητα απορροών μετά τη λίπανση 7,5 mS/cm, σε αντίθεση με την περίπτωση παρουσίας απόβλητου, όπου η αγωγιμότητα μετά τη λίπανση βρίσκεται μεταξύ 4,2 και 4,8 mS/cm (Σχήμα 11).
3. Η αύξηση της δόσης του ζεόλιθου από 2,5 % σε 5 % δε φαίνεται να βελτιώνει περαιτέρω την αγωγιμότητα των απορροών παρουσία απόβλητου (Σχήμα 12).



Σχήμα 10. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών στις μεταχειρίσεις για μηδενική περιεκτικότητα σε ζεόλιθο και για τις τρεις μεταχειρίσεις με απόβλητο.



Σχήμα 11. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών σε μεταχειρίσεις για 2,5 % ζεόλιθο και για τις τρεις μεταχειρίσεις με απόβλητο.



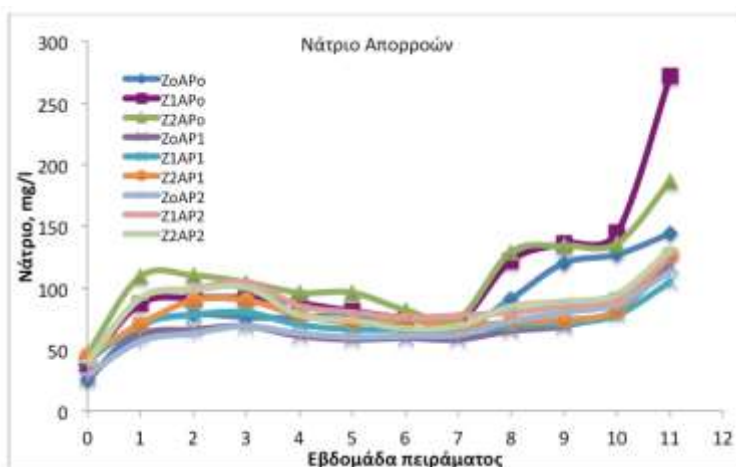
Σχήμα 12. Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των απορροών σε μεταχειρίσεις για 5 % ζεόλιθο και για τις τρεις μεταχειρίσεις με απόβλητο.

Συμπερασματικά :

Για δόση απόβλητου 2,5 % και 5 % και παρουσία ζεόλιθου 2,5 % επιτυγχάνεται ηλεκτρική αγωγιμότητα απορροών μεταξύ 1,0 και 1,8 mS/cm ενώ συγχρόνως μεγάλη είναι και η μείωση της αγωγιμότητας η οποία προκαλείται μετά από λίπανση, λόγω όμως της παρουσίας της οργανικής ουσίας του αποβλήτου και όχι τόσο του ζεόλιθου.

3.3.3 Νάτριο

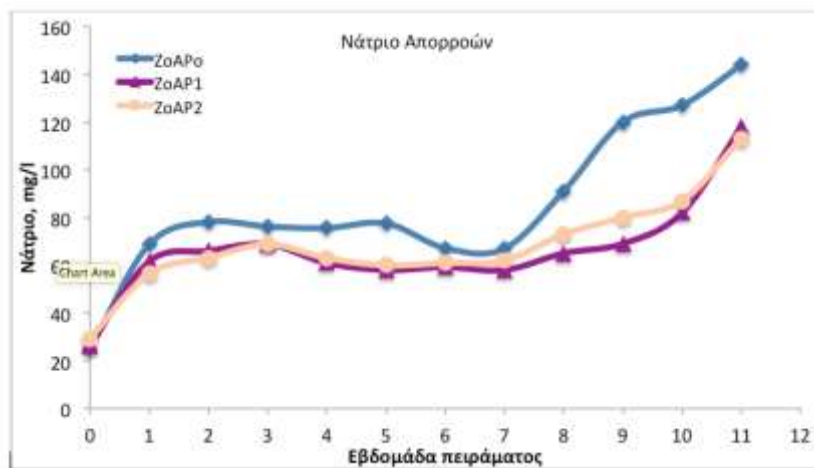
Στις απορροές των υποστρωμάτων μετρήθηκε και η περιεκτικότητα σε νάτριο. Συνολικά, οι συγκεντρώσεις του νατρίου στις απορροές όλων των μεταχειρίσεων δίνονται στο Σχήμα 13, όπου η γενική εικόνα είναι αρχική αύξηση στις συγκεντρώσεις του νατρίου, οι οποίες σταδιακά μειώνονται από τη 2^η εβδομάδα μέχρι και την 7^η. Στη συνέχεια παρατηρείται σταδιακή αύξηση των εκροών, μέχρι και τη 10^η εβδομάδα, οπότε και έχουμε μεγαλύτερη αύξηση στις συγκεντρώσεις του νατρίου στις απορροές για όλες τις μεταχειρίσεις λόγω εφαρμογής λίπανσης.



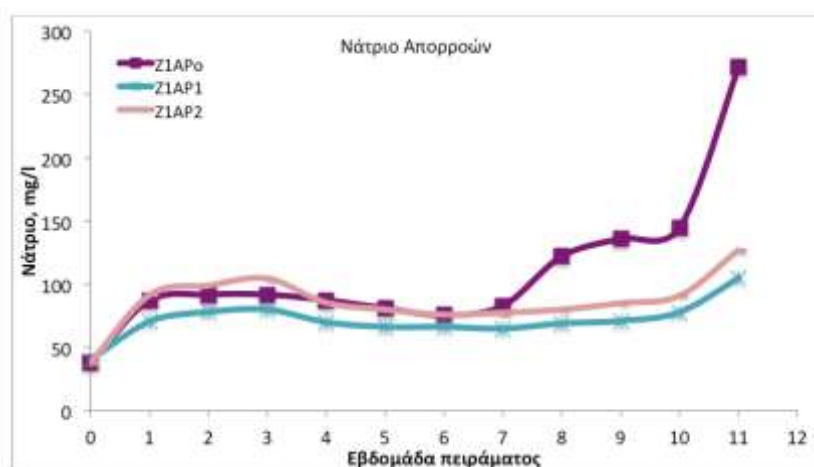
Σχήμα 13. Μεταβολή της περιεκτικότητας των απορροών σε Νάτριο για όλες τις μεταχειρίσεις.

Η αύξηση της έκλυσης νατρίου εξαιτίας της παρουσίας απόβλητου και απουσία ζεόλιθου παρατηρήθηκε (Σχήμα 14) σε ποσοστό 200 % και για τις δύο μεταχειρίσεις, χωρίς όμως σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αντίθετα, απουσία απόβλητου και ζεόλιθου, η αύξηση στην έκλυση νατρίου ήταν έως και 300 %. Επίσης, στην περίπτωση αυτή, το απόβλητο φαίνεται ότι επιδρά θετικά στη συγκράτηση κατιόντων, κάτι που επίσης φαίνεται στο ίδιο διάγραμμα για την 11^η εβδομάδα, όπου απουσία απόβλητου η έκλυση νατρίου έφτασε τα 140 mg/l, σε αντίθεση με τα 120 mg/l παρουσία αποβλήτου.

Παρουσία της χαμηλότερης δόσης ζεόλιθου (2,5 %), η έκλυση νατρίου φαίνεται να διατηρείται σχετικά σταθερή και για τις τρεις μεταχειρίσεις με απόβλητο (0, 2,5 και 5%). Συνεπώς, η αρχική αύξηση κατά περίπου 100 % από την έναρξη του πειράματος έως και την 4^η εβδομάδα οφείλεται στην έκλυση Na από το πλέγμα του ζεόλιθου. Οι συγκεντρώσεις αυτές πάντως φαίνεται ότι ελαττώνονται με το χρόνο και την 6^η εβδομάδα η έκλυση νατρίου είναι σχεδόν ίδια για όλες τις μεταχειρίσεις.



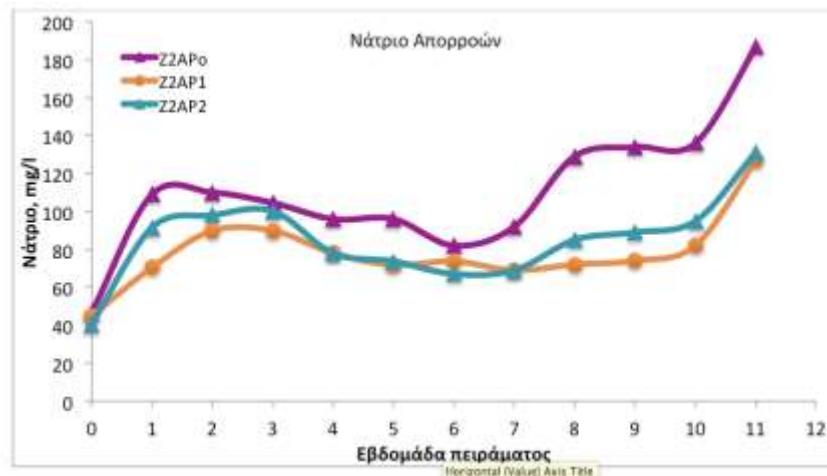
Σχήμα 14. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για μηδενική περιεκτικότητα ζεόλιθου και για τις τρεις μεταχειρίσεις αποβλήτου.



Σχήμα 15. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για περιεκτικότητα ζεόλιθου 2,5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις αποβλήτου.

Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά στην απορροή νατρίου μετά τη λίπανση. Στην περίπτωση αυτή και για μηδενική περιεκτικότητα σε απόβλητο φτάνει τα 170mg/l, σε αντίθεση με τις δύο μεταχειρίσεις με απόβλητο που είναι περίπου 100- 120 mg/l, στο ίδιο επίπεδο δηλαδή όπως και απουσία ζεόλιθου.

Η ίδια συμπεριφορά παρουσιάζεται και στο Σχήμα 16, με διαφοροποίηση ως προς τις τιμές νατρίου που εκλύονται και οι οποίες είναι σε αυτή την περίπτωση υψηλότερες των δύο προηγούμενων διαγραμμάτων, κάτι που θα πρέπει να αποδοθεί στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ζεόλιθου.

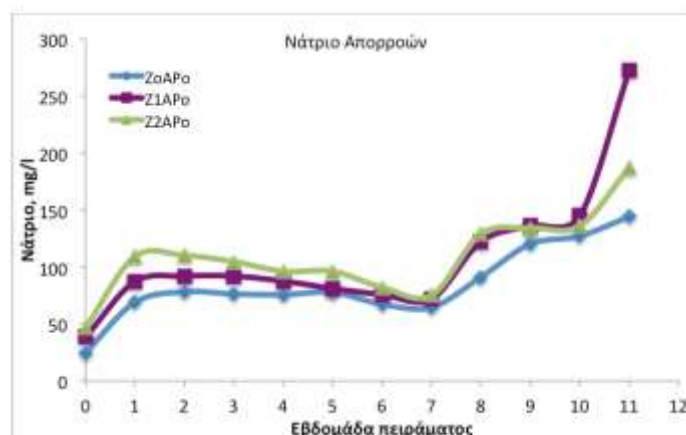


Σχήμα 16. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για περιεκτικότητα ζεόλιθου 5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις αποβλήτου.

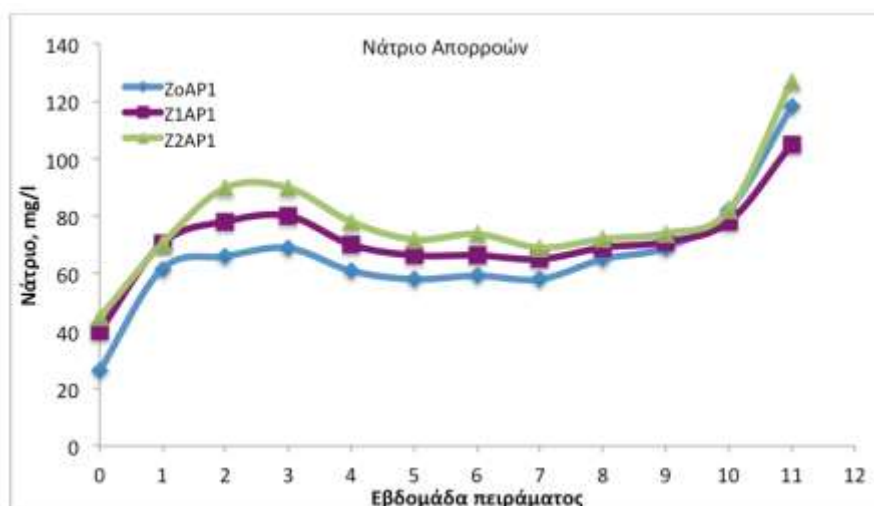
Συμπερασματικά:

Ο ζεόλιθος φαίνεται ότι επιβαρύνει τις απορροές σε νάτριο ειδικά τις πρώτες τέσσερις εβδομάδες του πειράματος, ενώ μετά την 6^η εβδομάδα φαίνεται να έχει μικρή επίδραση. Και στην περίπτωση αυτή, η παρουσία του απόβλητου επιδρά θετικά στον έλεγχο της έκλυσης νατρίου.

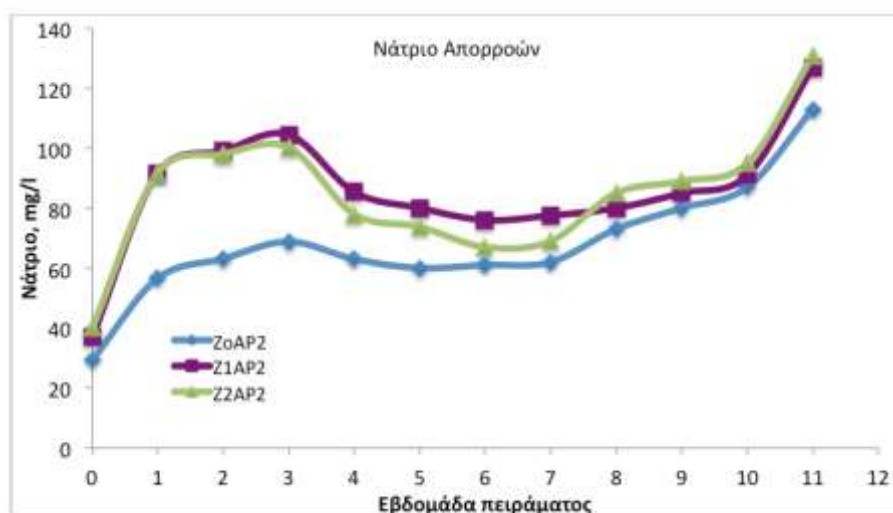
Το παραπάνω συμπέρασμα φαίνεται και στα διαγράμματα 17, 18 και 19, στα οποία είναι εμφανές ότι αυξανόμενη της συγκέντρωσης του ζεόλιθου, αυξάνεται η και συγκέντρωση του νατρίου στις απορροές. Παρ' όλα αυτά, οι διαφοροποιήσεις αμβλύνονται μετά την 6^η εβδομάδα.



Σχήμα 17. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για μηδενική περιεκτικότητα αποβλήτου και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.



Σχήμα 18. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για περιεκτικότητα αποβλήτου 2,5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.

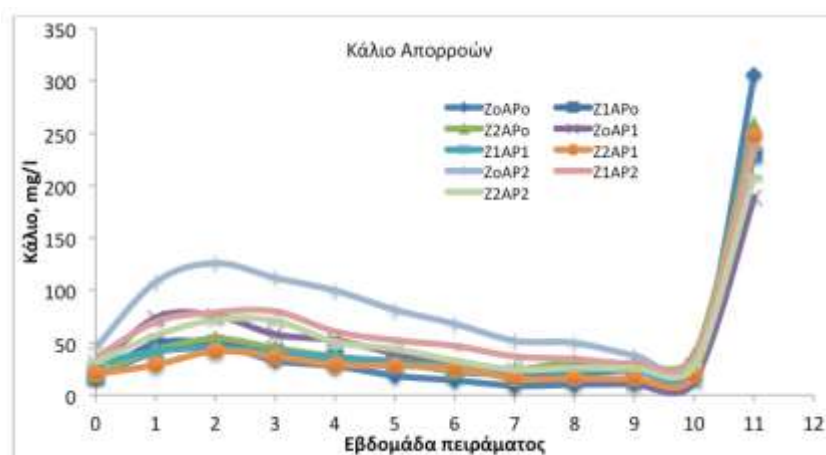


Σχήμα 19. Περιεκτικότητα των απορροών σε νάτριο για περιεκτικότητα αποβλήτου 5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.

Συνεπώς η πρακτική έκπλυσης του ζεόλιθου πριν τη φύτευση ή χρήση ζεόλιθου με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε νάτριο, η οποία αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Doula et al., 2012b), προτείνεται και σε αυτήν την περίπτωση ως αποτελεσματική για ελάττωση του νατρίου στις απορροές.

3.3.4. Κάλιο

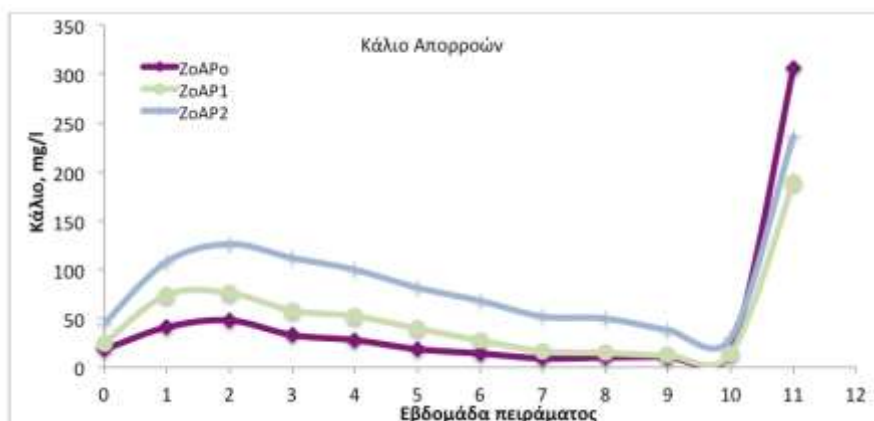
Στις απορροές των υποστρωμάτων μετρήθηκε επίσης και η περιεκτικότητα σε κάλιο. Συνολικά οι συγκεντρώσεις δίνονται στο Σχήμα 20, όπου η γενική εικόνα δείχνει αρχική αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου στις απορροές, η οποία σταδιακά μειώνεται από τη 2^η εβδομάδα μέχρι και την 9^η, οπότε όλες οι μεταχειρίσεις φαίνεται να συγκλίνουν σε εκροή καλίου σχεδόν στα επίπεδα που καταγράφηκαν στην αρχή του πειράματος. Στην συνέχεια παρατηρείται απότομη αύξηση την 11^η εβδομάδα μετά την εφαρμογή λίπανσης, με διαφορές στις συγκεντρώσεις του καλίου μεταξύ των μεταχειρίσεων.



Σχήμα 20. Μεταβολή της περιεκτικότητας των απορροών σε κάλιο για όλες τις μεταχειρίσεις.

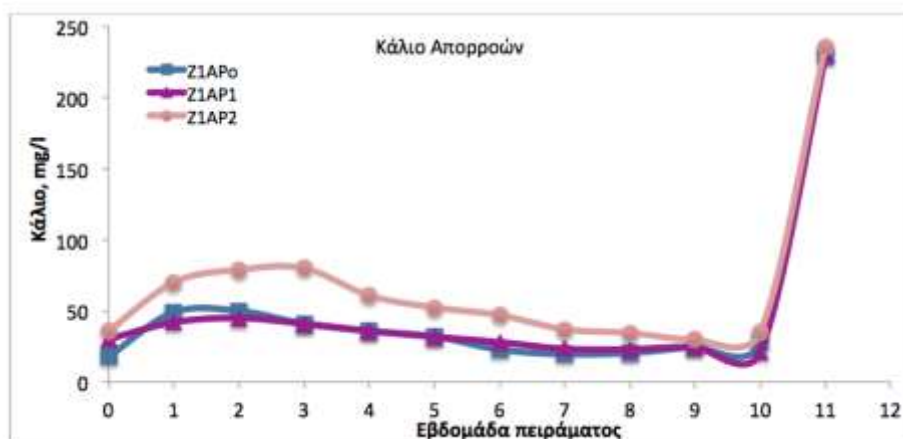
Η επίδραση της περιεκτικότητας σε απόβλητο φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση του καλίου των απορροών (Σχήμα 21). Συγκεκριμένα, απουσία ζεόλιθου είναι εμφανές ότι αύξηση της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε απόβλητο, αυξάνει σημαντικά τη συγκέντρωση του καλίου στις απορροές (έως 200% για περιεκτικότητα απόβλητου 2,5% και έως 400% για περιεκτικότητα 5%). Αυτό είναι αναμενόμενο, λόγω της πολύ υψηλής περιεκτικότητας των αποβλήτων ελαιουργείου σε κάλιο. Όπως έχει καταγραφεί (Kanvadias et al., 2011) πολύ υψηλές συγκεντρώσεις καλίου ανιχνεύονται σε εδάφη στα οποία διατίθενται απόβλητα ελαιουργείου.

Είναι επίσης σημαντικό να αξιολογηθεί, ότι ενώ τη 10^η εβδομάδα οι απορροές και των τριών μεταχειρίσεων του Σχήματος 21 έχουν ελαττωθεί σε μεγάλο βαθμό και φτάνουν τις αρχικές συγκεντρώσεις στην έναρξη του πειράματος, με την εφαρμογή λίπανσης οι συγκεντρώσεις του καλίου στις απορροές αυξάνοντα 400% έως και 1000%. Και σε αυτήν τη περίπτωση, όπως και του νατρίου, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στη μεταχείριση με μηδενική περιεκτικότητα σε απόβλητο.

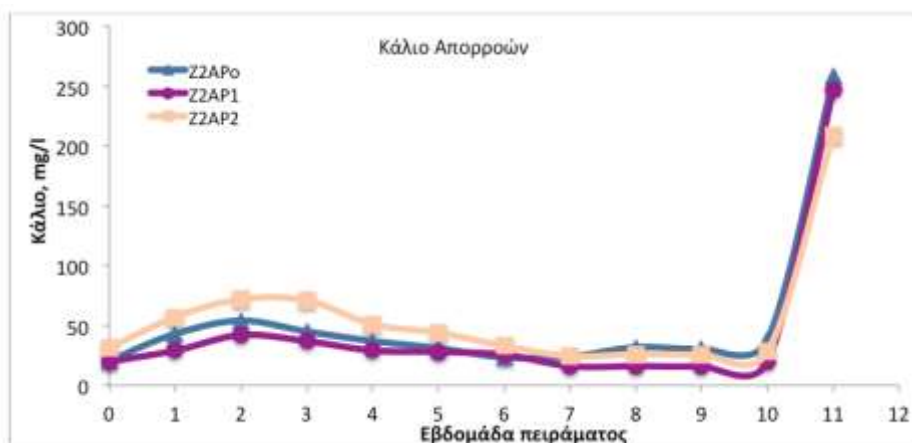


Σχήμα 21. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για μηδενική περιεκτικότητα ζεόλιθου και για τις τρεις μεταχειρίσεις απόβλητου.

Στα δύο σχήματα που ακολουθούν (22 και 23), είναι εμφανές ότι η προσθήκη ζεόλιθου στο υπόστρωμα ελαττώνει σημαντικά την έκλυση καλίου. Συγκεκριμένα, οι απορροές εμφανίζουν πολύ μικρή διαφοροποίηση ως προς τη συγκέντρωση καλίου για τις μεταχειρίσεις με μηδενική και 2,5% περιεκτικότητα σε απόβλητο, ενώ για απόβλητο 5%, η έκλυση καλίου είναι σαφώς μεγαλύτερη, σε κάθε περίπτωση όμως σημαντικά ελαττωμένη σε σχέση με την περίπτωση απουσίας ζεόλιθου (Σχήμα 21), ελάττωση, η οποία, γίνεται πιο σημαντική καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε ζεόλιθο. Αυτή η συμπεριφορά του ζεόλιθου είναι αναμενόμενη, λόγω της μεγάλης τάσης του στην προσρόφηση κατιόντων, και ειδικά των ιόντων NH_4^+ και K^+ (Doula and Ioannou, 2003; Perraki and Orfanoudaki, 2004).



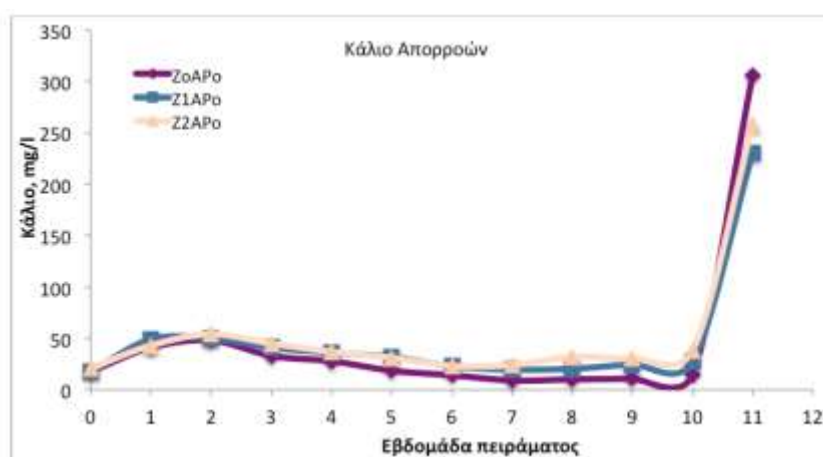
Σχήμα 22. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για περιεκτικότητα ζεόλιθου 2,5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις αποβλήτου.



Σχήμα 23. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για περιεκτικότητα ζεόλιθου 5 % και για τις τρεις μεταχειρίσεις αποβλήτου.

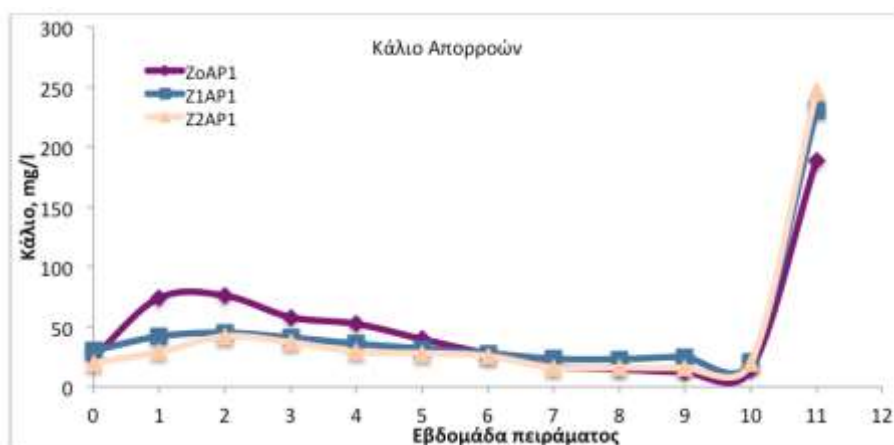
Συμπερασματικά, η έκλυση καλίου προς τα κατώτερα εδαφικά στρώματα αυξάνεται με την περιεκτικότητα του αποβλήτου, ενώ η παρουσία ζεόλιθου ελαττώνει σημαντικά την έκλυση καλίου.

Το γεγονός ότι η παρουσία καλίου στις απορροές οφείλεται στο απόβλητο, φαίνεται πιο καθαρά στα σχήματα 24 έως 26. Συγκεκριμένα, όταν απουσιάζει το απόβλητο (Σχήμα 24), οι μεταχειρίσεις με το ζεόλιθο δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις καλίου στις απορροές, ενώ μία τάση για ελάττωση της συγκέντρωσης του καλίου μετά τη λίπανση διαφαίνεται λόγω της παρουσίας του ζεόλιθου.



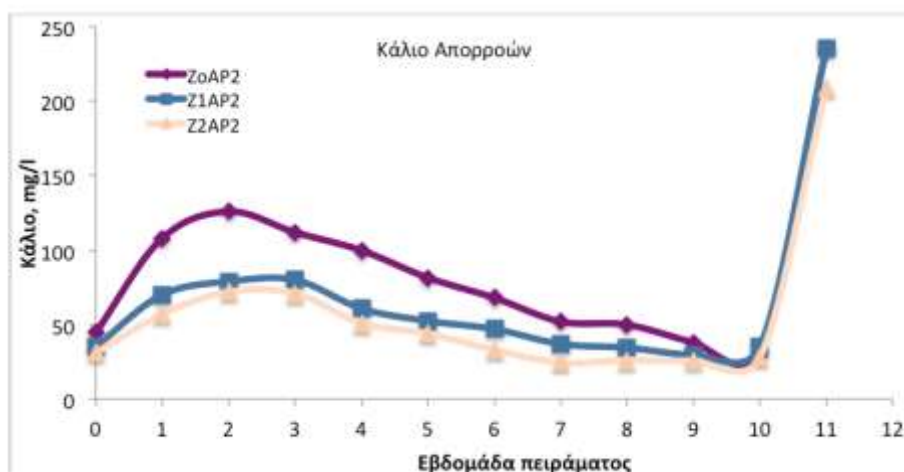
Σχήμα 24. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για μηδενική περιεκτικότητα αποβλήτου και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.

Αντίστοιχα, στο Σχήμα 25, ο ζεόλιθος ελάττωσε έως μηδένισε την έκλυση καλίου από το απόβλητο, κάτι που φαίνεται ξεκάθαρα σε σύγκριση με τις εκροές για μηδενική περιεκτικότητα ζεόλιθου στο ίδιο διάγραμμα.



Σχήμα 25. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για περιεκτικότητα απόβλητου 2,5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.

Η περαιτέρω αύξηση του απόβλητου, σε ποσοστό 5% (Σχήμα 26) δεν αλλάζει την επίδραση του ζεόλιθου (δηλαδή τη μείωση εκροής καλίου), φαίνεται όμως ότι η μεγάλη συγκέντρωση αποβλήτου προκαλεί αύξηση των τιμών καλίου που εκλύονται.



Σχήμα 26. Περιεκτικότητα των απορροών σε κάλιο για περιεκτικότητα αποβλήτου 5% και για τις τρεις μεταχειρίσεις ζεόλιθου.

Συμπερασματικά, ο ζεόλιθος λόγω δέσμευσης των ιόντων καλίου, ελαττώνει σημαντικά την έκλυσή τους στο έδαφος. Μεταξύ των μεταχειρίσεων του πειράματος, η ελάχιστη επίδραση στο έδαφος που καλλιεργείται προκαλείται όταν η περιεκτικότητα του απόβλητου και του ζεόλιθου είναι 2,5%.

3.3.5. Πολυφαινόλες

Όσον αφορά στις πολυφαινόλες, οι οποίες μετρήθηκαν στις απορροές των υποστρωμάτων, εκτός από την περίπτωση της μεταχείρισης Z1AP2 για την οποία μετρήθηκαν ίχνη πολυφαινολών την 1^η εβδομάδα των πειραματισμών, δεν ανιχνεύτηκαν πολυφαινόλες σε καμία άλλη μεταχείριση και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

4. Συμπεράσματα

Η χρήση στερεών αποβλήτων ελαιουργείων ως υπόστρωμα στα εδάφη για καλλιεργητικούς σκοπούς επιφέρει πλήθος προβλημάτων, όπως φυτοτοξικότητα λόγω κυρίως της περιεκτικότητάς τους σε πολυφαινόλες και της χαμηλής οξύτητάς τους, υπερφόρτωση του εδάφους με τα συστατικά τους, π.χ. κάλιο, τα οποία, αν και θρεπτικά, εν τούτοις σε τόσο υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν υποβάθμιση του εδάφους αλλά και φυτοτοξικότητες. Παρ' όλα αυτά, η υψηλή περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία είναι ωφέλιμη για τα εδάφη καθώς αυξάνει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και βελτιώνει τη δομή των εδαφικών συσσωματωμάτων.

Η χρήση του φυσικού ζεόλιθου κλινοπτιλόλιθου ως πρόσθετου στο έδαφος μαζί με το απόβλητο αμβλύνει κάποιες από τις αρνητικές επιδράσεις του απόβλητου και δρα θετικά στην ανάπτυξη των φυτών, μειώνοντας τα επίπεδα φυτοτοξικότητας του απόβλητου, ενώ παράλληλα οι θετικές επιδράσεις του απόβλητου διατηρούνται.

Η χρήση του απόβλητου του ελαιουργείου σε συνδυασμό με την παρουσία ζεόλιθου στο μέσο ανάπτυξης των φυτών, προκάλεσε αύξηση των αποδόσεων σε αριθμό καρπών και στο νωπό βάρος αυτών λόγω της παρουσίας του απόβλητου, ενώ η θετική επίδραση του ζεόλιθου καταγράφηκε στο νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων.

Όσον αφορά στην επικινδυνότητα υποβάθμισης των κατώτερων εδαφικών οριζόντων και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής έδειξαν:

- Η προσθήκη στο έδαφος αποβλήτων ελαιουργείων σε περιεκτικότητα έως και 5% μαζί με κλινοπτιλόλιθο έως και 5% δεν αναμένεται να επηρεάσει την οξύτητα του εδάφους, ενώ το pH κυμαίνεται μεταξύ 7,5 – 8,0 .
- Η προσθήκη στο έδαφος του απόβλητου σταθεροποίησε και ελάττωσε την παρουσία ιόντων στις απορροές από το υπόστρωμα, κυρίως λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία. Η δράση του απόβλητου ήταν σημαντική και στην περίπτωση μείωσης της υπερβολικά υψηλής αγωγιμότητας των απορροών μετά από λίπανση. Στην περίπτωση αυτή, το απόβλητο υπερτερεί σε θετική επίδραση του ζεόλιθου.
- Για δόση απόβλητου 2,5 % και 5 % και παρουσία ζεόλιθου 2,5 % επιτυγχάνεται ηλεκτρική αγωγιμότητα απορροών μεταξύ 1,0 και 1,8 mS/cm ενώ συγχρόνως μεγάλη είναι και η μείωση της αγωγιμότητας η οποία προκαλείται μετά από λίπανση. Η αύξηση της δόσης του ζεόλιθου από 2,5 % σε 5 % δε φαίνεται να βελτιώνει περαιτέρω την αγωγιμότητα των απορροών παρουσία απόβλητου.

- Ο ζεόλιθος φαίνεται ότι επιβαρύνει τις απορροές με νάτριο, ειδικά τις πρώτες τέσσερις εβδομάδες του πειράματος, ενώ μετά την 6^η εβδομάδα φαίνεται να έχει μικρή επίδραση. Και στην περίπτωση αυτή, η παρουσία του απόβλητου επιδρά θετικά στον έλεγχο της έκλυσης νατρίου. Απαιτείται συνεπώς εφαρμογή της γνωστής βιβλιογραφικά πρακτικής έκπλυσης του ζεόλιθου πριν τη φύτευση ή χρήση ζεόλιθου με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε νάτριο για ελάττωση του νατρίου στις απορροές.
- Η έκλυση καλίου προς τα κατώτερα εδαφικά στρώματα αυξάνεται με την περιεκτικότητα του αποβλήτου, ενώ η παρουσία ζεόλιθου ελαττώνει σημαντικά την έκλυση καλίου.
- Ο ζεόλιθος λόγω δέσμευσης των ιόντων καλίου, ελαττώνει σημαντικά την έκλυσή τους στο έδαφος.
- Μηδενικός φαίνεται ο κίνδυνος από τις πολυφαινόλες καθώς αυτές, εκτός μίας μεταχείρισης την 1^η εβδομάδα του πειράματος, δεν ανιχνεύτηκαν σε καμία άλλη μεταχείριση και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.
- Μεταξύ των μεταχειρίσεων και συνδυάζοντας τα αποτελέσματα του πειράματος, συμπεραίνουμε ότι η ελάχιστη επίδραση στο έδαφος που καλλιεργείται προκαλείται όταν η περιεκτικότητα του απόβλητου και του ζεόλιθου είναι 2,5%, ενώ για την ίδια μεταχείριση προκύπτει αύξηση του αριθμού των καρπών και του νωπού βάρους αυτών, όπως επίσης και του νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων, όχι όμως και του νωπού και ξηρού βάρους των βλαστών. Σε κάθε περίπτωση, όμως είναι μια μεταχείριση που αναμένεται να έχει βελτιωμένα αποτελέσματα απόδοσης σε σχέση με την Ζ₀ΑΡ0 και συγχρόνως τις λιγότερες αρνητικές επιδράσεις για το έδαφος.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Κριθαρούλα, Ζ., 2003. Αξιολόγηση των εδαφών της πεδιάδας Μεσσαράς για εφαρμογή κασιόγαρου, με χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Γ.Π.Σ.), Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Παπαλουκοπούλου, Π., Οικαλιώτης, Κ., και Ασημακόπουλος, Ι., 2002. Επιπτώσεις από την εφαρμογή υγρών αποβλήτων ελαιολιπιδίων σε διαφορετικά εδάφη. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, σελ. 179-190, Κηφισιά, Αθήνα.

Ξενόγλωσση

Box, J.D., 1983. Investigation of the Folin–Ciocalteu phenol reagent for the determination of polyphenolic substances in natural waters, *Water Research*, 17, 511–525.

Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle and size analysis of soils, *Agronomy Journal*, 54, 464–465.

Di Serio M.G., Lanza, B., Mucciarella, M.R., Russi, F., Iannucci, E., Marfisi, P., Madeo, A., 2008. Effects of olive mill wastewater spreading on the physico-chemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62, 403–407

Doula K. M., Ioannou A., 2003. The effect of electrolyte anion on Cu adsorption-desorption by clinoptilolite, *Microporous and Mesoporous Materials*, 58/2, 115-130.

- Doula, M.K., Elaiopoulos, K., Kavvadias, V.A., Mavraganis, V. 2012a. Use of Clinoptilolite to improve and protect soil quality from the disposal of Olive Oil Mills Wastes. *Journal of Hazardous Materials*, 207-208, 103.
- Doula, M.K., Kavvadias, V.A., Elaiopoulos, K. 2012b. Zeolites in Soil Remediation processes. In: "Natural Zeolites", V. Inglezakis and A. Zorpas (eds). Bentham Publisher, chapter 22, pp. 519-568.
- Doula, M.K., Kavvadias, V., Elaiopoulos, K., 2013. Proposed soil indicators for Olive Mill Waste (OMW) disposal areas. *Water, Air, and Soil Pollution*, 224, 1621-1632.
- EPA Method 3052, 1996. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices.
- Jha, B., Singh, N., 2016. Fly Ash Zeolites, *Advanced Structured Materials* 78, Springer Science+Business Media Singapore, DOI 10.1007/978-981-10-1404-8-2
- ISO 11261: 1995. Soil quality-Determination of total nitrogen-Modified Kjeldahl method.
- ISO 11263:1994. Soil quality-Determination of phosphorous-Spectrometric determination of phosphorous soluble in sodium hydrogen carbonate solution.
- ISO 11260:1994. Soil quality-Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level using barium chloride solution.
- ISO 14870:2001. Soil quality-Determination of trace elements by buffered DTPA solution.
- Kalivas, D.P., Ehaliotis, C., 2008. A GIS-based land suitability model for the application of olive-mill wastewaters. A case study for the Messara plain, Crete island, Greece. *Soils and Agricultural Chemistry Lab., Department of Land Resources and Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens.*
- Kavvadias, V., Doula, M. K., Komnitsas, K., Liakopoulou, N., 2010. Disposal of olive oil mill wastes in evaporation ponds: effects on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 182, p. 144–155.
- Kavvadias, V., Komnitsas, K., Doula, M.K., 2011. Long term effects of Olive Mill Wastes disposal on soil fertility and productivity. In: Satinder Kaor Brar (ed.) *Hazardous Materials: Types, Risks and Control*. NOVA Science Publishers, Inc. ISBN : 978-1-61324-425-8. Chapter 16.
- Niaounakis, M., Halvadakis, C.P., 2006. *Olive Processing Waste Management, Literature Review and Patent Survey (Second Edition)*, Elsevier, London UK.
- Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Perraki, Th., Orfanoudaki, A., 2004. Mineralogical study of zeolites from Pentalofos area, Thrace, Greece. *Applied Clay Science*, 25, 9-16.
- Smith, J.V., 1963. Structural classification of Zeolites, *Mineralogical Society of America, Special paper* 1
(http://www.minsocam.org/msa/OpenAccess_Publications/MSA_Special_Papers/MSA_SP_1/MSA_SP1_281-290.pdf).

Ιστοσελίδες

LIFE Prosodol (<http://www.prosodol.gr>)