

Ο ρόλος του νικελίου στα φυτά

Προκαταρκτικές μετρήσεις των συγκεντρώσεων νικελίου σε δείγματα εδαφών, φύλλων και καρπών σε οπωρώνες φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων

Το νικέλιο θεωρείται σήμερα ως ένα από τα απαραίτητα μικροθρεπτικά στοιχεία για τα φυτά αλλά είναι ελάχιστα γνωστό στους καλλιεργητές. Στο άρθρο γίνεται μια συνοπτική βιβλιογραφική ανασκόπηση των διαθέσιμων πληροφοριών για το ρόλο του, την παρουσία του στα εδάφη, την πρόσληψη από τα φυτά και τη συγκέντρωσή του στα φυτικά όργανα, καθώς και για τις συνθήκες μορφές με τις οποίες χορηγείται κατά τη λίπανση. Παρουσιάζονται επίσης αποτελέσματα προκαταρκτικών μετρήσεων της συγκέντρωσης νικελίου σε δείγματα εδαφών, φύλλων μηλιάς και ροδακινιάς και καρπών μηλιάς από οπωρώνες δύο περιοχών της Νάουσας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές τόσο ως προς τη συγκέντρωση νικελίου μεταξύ των εδαφών όσο και ως προς την ικανότητα πρόσληψης, μετακίνησης και ανακατανομής του μεταξύ των ειδών και των ποικιλιών των οπωροφόρων δένδρων.

Θ. Σωτηρόπουλος¹, Φ. Παπαδόπουλος²,
Ε. Μεταξά², Π. Ψωμά², Δ. Στυλιανίδης³

¹Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων, Νάουσα, thosotir@otenet.gr

²Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Θέρεμη Θεσσαλονίκης, frantzis@ssi.gov.gr

³Εγνατία 5, 59100 Βέροια

Το νικέλιο (Ni) ταξινομήθηκε ως χημικό στοιχείο από τον A. Cronstedt το 1751 και θεωρήθηκε το 17^ο θρεπτικό στοιχείο (μικροθρεπτικό) ως απαραίτητο για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών σχετικά πρόσφατα, το 1987 (4). Οι Roach και Barclay (1946) είχαν παρουσιάσει την πρώτη απόδειξη ότι το Ni αυξάνει σημαντικά την παραγωγή της πατάτας, του φασολιού και του σιταριού σε όξινα αμμώδη εδάφη που ήταν φτωχά σε μαγγάνιο, ψευδάργυρο και νικέλιο. Το Ni θεωρείται απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο και για τον άνθρωπο (1).

Ρόλοι του Ni στα φυτά και συμπτώματα έλλειψής του

Το Ni είναι δομικό στοιχείο ορισμένων ενζύμων, μεταξύ αυτών της ουρεάσης που είναι πολύ σημαντική για το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά (6). Με τη βοήθεια της ουρεάσης τα φυτά μετατρέπουν την ουρία σε αμμωνιακό ιόν και το χρησιμοποιούν ως πηγή αζώτου. Το Ni είναι επίσης δομικό συστατικό ορισμένων μεταλλοενζύμων όπως της υπεροξειδικής δισμουτάσης, NiFe υδρογονάσης, αφυδρογονάσης του μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονοσών και RNάσης-A (3).

Στο πεκάν (*Carya illinoensis*), τα συμπτώματα έλλειψης Ni εκδηλώνονται με τη μείωση της αύξησης των φύλλων, μείωση της έκπτυξης των οφθαλμών, μπρούτζινο χρώμα φύλλων, χλώρωση και νέκρωση της κορυφής του ελάσματος των φύλλων.

λων λόγω της υψηλής τοξικής συγκέντρωσης οργανικών οξέων καθώς παρεμποδίζεται ο μεταβολισμός του άνθρακα στο φυτό (Εικόνα 1) (21, 3). Το τελευταίο, ενδεχομένως να σχετίζεται με μείωση της ανθεκτικότητας των φυτών σε ορισμένες ασθένειες. Σε φυτά φασολιού παρατηρείται κλάρωση και νέκρωση της κορυφής του ελάσματος των φύλλων (Εικόνα 2). Η έλλειψη Ni προκαλεί μείωση του σχηματισμού φυματίων και μειωμένη αποτελεσματικότητα αζωτοδέσμευσης. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα ψυχανθή ενδεχομένως να έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε Ni. Έλλειψη Ni προκαλεί μείωση της πρόσληψης Fe.

Χορήγηση Ni μπορεί να έχει άμεση επίδραση στα παθολογικά ή έμμεσα να τονώνει τους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών σε ορισμένες ασθένειες. Χορήγηση Ni σε φυτά φασολιού (*Vigna unguiculata* L.) που παρουσίαζαν έλλειψη Ni, μείωσε την προσβολή από μυκητολογικές προσβολές των φύλλων κατά 50% (5). Σε φυτά που παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα Ni, η δραστηριότητα του ενζύμου ουρεάση μειώνεται και η διαφυλλική χορήγηση ουρίας οδηγεί σε νέκρωση τμημάτων του ελάσματος των φύλλων λόγω τοξικής δράσης (14).

Συγκέντρωση Ni στο έδαφος

Το Ni αποτελεί περίπου το 3% του στερεού φλοιού της γης και είναι το 24^ο στοιχείο σε αφθονία. Γενικά, οι συγκεντρώσεις Ni στο έδαφος κυμαίνονται από 0,7-259 mg/kg, με μία μέση τιμή της τάξεως των 24 mg/kg (16). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η μέση συγκέντρωση του Ni στο έδαφος (ανάλογα με τη χώρα) κυμαίνεται από 2,9 έως 38,2 mg/kg και από 7,5 έως 33,3 mg/kg στα αμμόδη και στα αργιλώδη εδάφη, αντίστοιχα (11). Μελέτη που έγινε στο νομό Κοζάνης (8) σε 1934 δείγματα εδάφους, οι συγκεντρώσεις Ni κυμάνθηκαν από 0,06-29 mg/kg, με μία μέση τιμή της τάξεως των 2,4 mg/kg. Ωστόσο, η συγκέντρωσή του στη λυματολάσπη ή κοντά σε εργοστάσια επεξεργασίας μετάλλων μπορεί να κυμανθεί από 24.000-35.000 mg/kg.

Τα υψηλά επίπεδα κινητικότητας και βιοδιαθεσιμότητας του νικελίου, σε σύγκριση με άλλα μέταλλα, αποτελούν συχνά αντικείμενο έρευνας. Το Ni απορροφάται εύκολα από όλα σχεδόν τα είδη φυτών σαν Ni⁺². Σύμφωνα με τους Καλαβρουζιώτη και Κουκουλάκη (2010), μία στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση και ανταγωνιστική, που λαμβάνει χώρα στο έδαφος και αφορά το Ni, είναι με το pH. Επίσης, ο Fuller (1977) σε γενικές γραμμές θεωρεί ότι: σε όξινα εδάφη (pH 4,2-6,6) το Ni είναι «ευκίνητο» ενώ σε ουδέτερα-αλκαλικά εδάφη (pH 6,7-7,8) το Ni είναι «ακίνητοποιημένο». Το Ni⁺² οξειδώνεται εύκολα και έτσι γίνεται μη διαθέσιμο για τα φυτά. Έτσι, φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλό pH εκδηλώνουν συχνότερα συμπτώματα έλλειψης του στοιχείου. Η υπερβολική ασβέστωση των εδαφών που προκαλεί αύξηση του pH του εδάφους επίσης προκαλεί μείωση της διαθεσιμότητας του Ni στα φυτά (12). Εκτός από το pH, και άλλες εδαφικές ιδιότητες όπως η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, το ποσό και ο τύπος των ορυκτών της αργίλου, η περιεκτικότητα σε οξείδια Fe, Al και Mn και το δυναμικό οξειδοαναγωγής επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του νικελίου.

Σχετικά με το ρόλο της οργανικής ουσίας, αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το μέταλλο. Ο Μήτσιος (2004), ανα-



Εικόνα 2. Συμπτώματα έλλειψης Ni σε φυτά φασολιού. (<http://edis.ifas.ufl.edu/hs1191>).

Εικόνα 1. Συμπτώματα έλλειψης Ni (δεξιά) σε φυτά πεκάν (<http://www.nickelplus.biz/id1.html>).

φέρει ότι η ανθεκτικότητα των φυτών-«υπερσυσσωρευτών» στο νικέλιο κυρίως επιτυγχάνεται από συμπλοκοποίηση του νικελίου με οργανικές ενώσεις. Τέλος, στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος και είναι συνεργιστικές, αναφέρονται οι: Ni x Mn και Ni x Fe (10).

Πρόσληψη και μεταφορά του Ni

Ευδιάλυτες ενώσεις Ni προσλαμβάνονται από τα φυτά παθητικά μέσω ενός συστήματος μεταφοράς κατιόντων, ενώ χηλικές ενώσεις Ni προσλαμβάνονται μέσω ενεργητικής διαδικασίας με τη βοήθεια των περμεασών. Τα φυτά έχουν δύο μηχανισμούς πρόσληψης του Ni, έναν με χαμηλή επιλεκτικότητα και ένα με υψηλή. Μέσω του συστήματος μεταφοράς χαμηλής επιλεκτικότητας, τα φυτά μπορούν να προσλάβουν ιόντα Ni σε χαμηλές συγκεντρώσεις (4,4 ppb), ενώ μέσω του συστήματος μεταφοράς υψηλής επιλεκτικότητας, τα φυτά μπορούν να προσλάβουν ιόντα Ni σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (1,8 ppm). Το Ni μεταφέρεται εύκολα στα διάφορα τμήματα των φυτών μέσω της ξυλώδους μοίρας πιθανότατα ως σύμπλοκο με οργανικά οξέα όπως το κιτρικό ή με αμινοξέα όπως η ιστιδίνη σε pH>6,5 (2). Τα συμπτώματα έλλειψης Ni εκδηλώνονται πρώτα στα γηραιότερα φύλλα. Λόγω της εύκολης μεταφοράς του στη ξυλώδη και στην νημώδη μοίρα, μέχρι και το 70% του Ni των βλαστών μπορεί να μεταφερθεί στα σπέρματα (5).

Συγκέντρωση Ni στους φυτικούς ιστούς

Γενικά, η συγκέντρωση Ni στα φύλλα διαφόρων φυτών κυμαίνεται από 0,05-5 mg/kg ξηρού βάρους. Τα επίπεδα επάρκειας Ni σε διάφορα είδη φυτών δίνονται στον Πίνακα 1. Τα ψυχανθή έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε Ni σε σχέση με άλλες καλλιέργειες λόγω του ότι το Ni διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των φυματίων και στην αζωτοδέσμευση. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νικέλιο συσχετι-

Πίνακας 1. Επίπεδα επάρκειας Ni σε ορισμένα είδη φυτών (Brown, 2006).

| Φυτό | Συγκέντρωση Ni (mg/kg) | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|
| | Έλλειψη | Επάρκεια | Τοξικότητα |
| Φασόλι μαυρομάτικο (<i>Vigna unguiculata</i> L.) | 0,01-0,14 | 0,22-10,3 | Υπό διαμόρφωση |
| Φασόλι (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) | Υπό διαμόρφωση | Υπό διαμόρφωση | 10-83 |
| Σόγια (<i>Glycine max</i> L.) | 0,02-0,04 | Υπό διαμόρφωση | Υπό διαμόρφωση |
| Πεκάν [<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch] | 0,1 | Υπό διαμόρφωση | Υπό διαμόρφωση |

Πίνακας 2. Εδαφολογικές αναλύσεις οπωρώνων στις περιοχές «Μπλάνα» και «Λαζαράσκα».

| Παράμετροι | Μονάδες | «Μπλάνα» | «Λαζαράσκα» |
|-------------------------|------------|-------------|--------------|
| Μηχ. σύσταση | - | Μέσο (L) | Μέσο (SCL) |
| Άργιλος | % | 22 | 26 |
| pH | | 7,8 | 7,2 |
| EC | (mS/cm) | 0,43 | 0,39 |
| Οργ. ουσία | % | 3,5 | 1,0 |
| CaCO₃ | % | 21,3 | 1,8 |
| NO₃-N | ppm | 12,6 | 4,4 |
| P | ppm | 41 | 4,6 |
| K | ppm | 56 | 49 |
| Mg | ppm | 448 | 1040 |
| Ca | ppm | >2000 | >2000 |
| Fe | ppm | 23,6 | 42 |
| Zn | ppm | 12,5 | 1,4 |
| Ni | ppm | 2,27 | 27,82 |
| Mn | ppm | 24,4 | 31 |
| Cu | ppm | 47 | 3,3 |
| B | ppm | 0,21 | 1,4 |

ζεται σε μεγάλο βαθμό με αυτά των φυτών, επειδή το νικέλιο προσλαμβάνεται εύκολα και γρήγορα από τα φυτά και είναι ευκίνητο μέσα στο φυτό (17). Συγκεντρώσεις Ni>10 mg/kg θεωρούνται τοξικές σε διάφορα ευαίσθητα είδη και >50 mg/kg σε σχετικά ανθεκτικά είδη (14) καθώς προκαλούν: μείωση της αύξησης του υπέργειου τμήματος και των ριζών, επηρεάζουν το σχηματισμό πλάγιων βλαστών, παραμορφώνουν διάφορα όργανα των φυτών, παρεμποδίζουν τη μίτωση στις κορυφές των νεαρών ριζών, προκαλούν τροφopenία Fe που οδηγεί σε χλώρωση και νέκρωση του ελάσματος, επηρεάζουν την πρόσληψη των άλλων θρεπτικών στοιχείων, διαταράσσουν το μεταβολισμό του φυτού, αναστέλλουν τη φωτοσύνθεση και προκαλούν δομικές τροποποιήσεις (7, 13).

Λίπανση με Ni

Χορήγηση λιπασμάτων που περιέχουν Ni μπορεί να γίνει

στις εξής περιπτώσεις: α) όταν η ουρία είναι η κύρια μορφή N που χορηγείται, β) όταν χορηγούνται επί σειρά ετών θρεπτικά στοιχεία όπως Zn, Mn, Cu, Fe, Ca και Mg και γ) σε καλλιέργειες ψυχανθών σε φτωχά εδάφη ή με pH >6,7.

Ευδιάλυτα άλατα όπως το NiSO₄ είναι κατάλληλα για την πρόληψη ή τη διόρθωση της τροφopenίας Ni. Διαφυλλικός ψεκασμός σε συγκέντρωση 0,03-0,06 ppm Ni είναι ικανοποιητικός και οικονομικός τρόπος χορήγησης του στοιχείου. Στη λίπανση από εδάφους χορηγούνται συνήθως 0,56 κιλά Ni/εκτάριο.

Λιπάσματα που περιέχουν Ni είναι τα εξής: NiSO₄ x 6H₂O (32,1% Ni), NiSO₄ (37,5% Ni), Ni(NO₃)₂ x 6H₂O (20,2% Ni), NiCl₂ x 6H₂O (37,2% Ni), Ni-EDTA (16,7 % Ni), λυματολάσπη (2,4-5,3% Ni) (12, 20).

Προκαταρκτικές μετρήσεις των συγκεντρώσεων Ni σε δείγματα εδαφών, φύλλων και καρπών σε οπωρώνες φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων

Προκαταρκτικές παρατηρήσεις κατά το έτος 2004 έδειξαν ότι σε 28 δείγματα καρπών οπωροφόρων δένδρων από διάφορες περιοχές της χώρας, στα 10 δείγματα βρέθηκαν μηδενικές τιμές συγκέντρωσης Ni (Στυλιανίδης και συνεργάτες, αδημοσίευτα στοιχεία). Σε μια πρώτη προσπάθεια για να διερευνηθεί αν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα ήταν απόρροια έλλειψης Ni στα εδάφη ή λόγω αδυναμίας πρόσληψης του στοιχείου από τα διάφορα φυτικά είδη, κατά το έτος 2014 δείγματα εδαφών, φύλλων και καρπών ελήφθησαν από δύο οπωρώνες της ορεινής ζώνης της Νάουσας («Μπλάνα» και «Λαζαράσκα»).

Σε οπωρώνα έκτασης 15 στρ. στην περιοχή της «Μπλάνας» καλλιεργούνται οι ποικιλίες ροδακινιάς Sun Crest και Andross εμβολιασμένες στο υποκείμενο GF677 και οι ποικιλίες μηλιάς Jonagold, Red Chief, Golden Delicious και Φιρίκι εμβολιασμένες στο υποκείμενο M26. Σε οπωρώνα έκτασης 30 στρ. στην περιοχή της «Λαζαράσκας» καλλιεργούνται οι ποικιλίες Golden B, Φιρίκι, Lutz Golden, Starckrimson, Golden Delicious, Imperial Double Red Delicious και Red Chief εμβολιασμένες στο υποκείμενο M26. Δείγματα εδαφών, καρπών και φύλλων ελήφθησαν κατά την περίοδο συγκομιδής της εκάστοτε ποικιλίας.

Στα δείγματα εδαφών (Πίνακας 2), που ελήφθησαν από τους δύο οπωρώνες («Μπλάνα» και «Λαζαράσκα») οι συγκεντρώσεις Ni ήταν 2,27 και 27,82 ppm αντίστοιχα, γεγονός που υποδηλώνει μεγάλη διαφορά ως προς την περιεκτικότητα των εδαφών σε Ni. Η μέτρηση του Ni έγινε σε I.C.P. κατόπιν εκχύλισης με δι-αιθυλενο-τριαμινο-πεντοξικό οξύ (DTPA) (19). Η μεγάλη διαφορά ως προς την περιεκτικότητα των εδαφών σε Ni, αν και οι δύο περιοχές συνορεύουν, είναι αξιοσημείωτη. Παράμετροι, όπως το pH, η οργανική ουσία, οι περιεκτικότητες εδαφους σε Fe και Mn, πιθανόν να συμβάλουν στη διαφορετική διαθεσιμότητα του Ni στους δύο γειτονικούς οπωρώνες, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Οι συγκεντρώσεις Ni των φύλλων από την περιοχή της «Μπλάνας» και της «Λαζαράσκας» δίνονται στους Πίνακες 3 και 4 αντίστοιχα.

Γενικά, οι συγκεντρώσεις Ni σε φύλλα μηλιάς ήταν μεγαλύτερες από αυτές της ροδακινιάς (Πίνακες 3 και 4). Η μεγα-

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις Νί σε φύλλα ροδακινιάς και μηλιάς από την περιοχή της «Μπλάνας».

| Ροδακινιάς | Συγκέντρωση Νί (ppm) |
|------------------|----------------------|
| Sun Crest | 1,44 |
| Andross | 1,16 |
| Μηλιάς | Συγκέντρωση Νί (ppm) |
| Golden Delicious | 4,13 |
| Jonagold | 3,47 |
| Red Chief | 3,28 |
| Φιρίκι | 3,15 |

Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις Νί σε φύλλα μηλιάς από την περιοχή της «Λαζαράσκας».

| Μηλιάς | Συγκέντρωση Νί (ppm) |
|-------------------------------|----------------------|
| Golden B | 24,45 |
| Φιρίκι | 21,63 |
| Lutz Golden | 21,36 |
| Starckrimson | 20,66 |
| Golden Delicious | 19,56 |
| Imperial Double Red Delicious | 18,05 |
| Red Chief | 16,73 |

λύτερη συγκέντρωση Νί σε φύλλα μηλιάς του οπωρώνα της «Μπλάνας» μετρήθηκε στην ποικιλία Golden Delicious (Πίνακας 3). Η μεγαλύτερη συγκέντρωση Νί στα φύλλα μηλιάς του οπωρώνα της «Λαζαράσκας» μετρήθηκε στην ποικιλία Golden B και η μικρότερη στην ποικιλία Red Chief (Πίνακας 4).

Οι συγκεντρώσεις Νί των φύλλων μηλιάς από τον οπωρώνα της «Λαζαράσκας» ήταν μεγαλύτερες από αυτές του οπωρώνα της περιοχής της «Μπλάνας». Τα αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με το γεγονός ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νικέλιο συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με αυτή των φυτών, επειδή το νικέλιο προσλαμβάνεται εύκολα και γρήγορα από τα φυτά και είναι ευκίνητο μέσα στο φυτό (13).

Οι συγκεντρώσεις Νί των καρπών από την περιοχή της «Μπλάνας» και της «Λαζαράσκας» δίνονται στον Πίνακα 5. Στον οπωρώνα της «Μπλάνας» η μεγαλύτερη συγκέντρωση Νί μετρήθηκε στην ποικιλία Red Chief, ενώ μικρότερες στις ποικιλίες Golden Delicious και Jonagold. Στον οπωρώνα της «Λαζαράσκας», μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης Νί μετρήθηκαν στις ποικιλίες Red Chief και Lutz Golden, ενώ η μικρότερη στην ποικιλία Φιρίκι. Οι υπόλοιπες ποικιλίες είχαν ενδιάμεσες τιμές.

Η υψηλότερη συγκέντρωση Νί στους καρπούς και στους δύο οπωρώνες μετρήθηκε στην ποικιλία Red Chief. Αντίθετα, στα φύλλα η συγκέντρωση Νί της ίδιας ποικιλίας δεν ήταν ιδιαίτερα αυξημένη, γεγονός που υποδηλώνει ότι η μεταφορά και ανακατανομή του στοιχείου προς τους καρπούς είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της εν λόγω ποικιλίας. Αντίθετα, στην ποικιλία Φιρίκι (οπωρώνας «Λαζαράσκας»), μετρήθηκε η χαμηλότερη συγκέντρωση Νί στους καρπούς ενώ στα φύλλα

ECO-TRAP

Πρωτοπορία
στην καταπολέμηση του δάκου της ελιάς
(*Bactrocera oleae*)

Αρ. Έγκρισης Κυκλοφορίας: 1900 / 30/10/2008 - 31/10/2016
Επιτρέπεται στην Βιολογική Γεωργία: Κοινοτικοί κανονισμοί 834/2007 889/2008

ΒΙΟΡΥΛ Α.Ε. - ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
28ο χλμ. ΕΘΝ. ΟΔΟΥ ΑΘΗΝΩΝ - ΛΑΜΙΑΣ, 190 14 ΑΦΙΔΕΣ, ΤΗΛ: 2295 045100, FAX: 2295 045250
e-mail: vioryl@vioryl.gr, www.vioryl.gr

ΔΙΑΦΗΜΙΣΗ

Πίνακας 5. Συγκεντρώσεις Ni σε καρπούς μηλιάς από τις περιοχές «Μπλάνας» και «Λαζαράσκας».

| Ποικιλίες μηλιάς | Συγκέντρωση Ni (ppm) |
|-------------------------------|----------------------|
| Περιοχή «Μπλάνας» | |
| Golden Delicious | 0,14 |
| Jonagold | 0,12 |
| Red Chief | 0,37 |
| Φιρίκι | 0,27 |
| Περιοχή «Λαζαράσκας» | |
| Golden B | 0,42 |
| Φιρίκι | 0,21 |
| Lutz Golden | 0,59 |
| Starckrimson | 0,47 |
| Golden Delicious | 0,40 |
| Imperial Double Red Delicious | 0,37 |
| Red Chief | 0,66 |

λα υπήρξε σχετικά υψηλή τιμή (Πίνακες 4 και 5).

Όπως στα φύλλα έτσι και στους καρπούς, οι συγκεντρώσεις Ni στην περιοχή της «Λαζαράσκας» ήταν μεγαλύτερες από αυτές του οπωρώνα της περιοχής της «Μπλάνας», με μικρότερες όμως διαφορές σε σύγκριση με εκείνες που μετρήθηκαν στα φύλλα.

Από τα πρώτα αποτελέσματα φαίνεται ότι οι ποικιλίες που εξετάστηκαν παρουσιάζουν διαφορετική ικανότητα πρόσληψης του Ni από το έδαφος αλλά και διαφορετική ικανότητα μεταφοράς και ανακατανομής του στοιχείου στα διάφορα τμήματα των φυτών. Ωστόσο, περαιτέρω έρευνα απαιτείται για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων στα προαναφερθέντα είδη καθώς και σε άλλα είδη οπωροφόρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anke, M., L. Angelow, M. Gleis, M. Muller and H. Illing. 1995. The biological importance of nickel in the food chain. *Fresenius J. Anal. Chem.* 352:92-96.
- Ahmad, M.S., and M. Ashraf. 2011. Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 214:125-67.
- Bai, C., C.C. Reilly, and B.W. Wood. 2006. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids, and organic acids of young pecan foliage. *Plant Physiol.* 140:433-443.

- Brown, P.H., R.M. Welch, and E.E. Cary. 1987. Nickel: a micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol.* 85:801-803.
- Brown, P.H. 2006. Nickel. In *Handbook of Plant Nutrition*, edited by A. V. Barker and D. J. Pilbeam, 395-410. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Dixon, N.E., C. Gazzola, R.L. Blakely, and B. Zerner. 1975. Jack-bean urease. A metalloenzyme. A simple biological role for nickel. *J. Am. Chem. Soc.* 97:4131-4133.
- Eskew, D., R. Welch, and W. Norvell. 1984. Nickel in higher plants. *Plant Physiol.* 76:691-693.
- ΕΘΙΑΓΕ, 2010. Εδαφολογική Μελέτη των Αποκαταστημένων Εκτάσεων του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (Λ.Κ.Δ.Μ.) της Δ.Ε.Η. Α.Ε. Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2010.
- Fuller, W.H. 1977. Movement of selected metals, asbestos, and cyanide in soil: applications to waste disposal problems. *US environmental protection agency Cincinnati OH 45268*, pp. 257.
- Καλαβρουζώτης, Ι. και Π. Κουκουλάκης. 2010. Αλληλεπιδράσεις βαρέων μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων υπό την επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. 13ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. 20-22 Οκτωβρίου 2010, Λάρισα.
- Κουλουμπής, Π. και Χ. Τσαντίλας. 2008. Ορθή γεωργική πρακτική για την ενδεδειγμένη αξιοποίηση της ιλύος των αστικών λυμάτων. Έκδοση Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, σελ. 52, Αθήνα.
- Liu, G.D. 2001. A new essential mineral element – nickel. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 7:101-103.
- Liu, G., E. Simonne, and Y. Li. 2011. Nickel nutrition in plants. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Marshner, 2003. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
- Μήτσιος, Κ.Ι. 2004. Γονιμότητα εδαφών. Αθήνα.
- NickelInstitute, 2014. <http://www.nickelinstitute.org/Sustainability/EnvironmentalQuality/Soil>.
- Nikoli, T., and Matsi, T. 2014. Evaluation of certain Ni soil tests for an initial estimation of Ni sufficiency critical levels. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177: 596-603.
- Roach, W.A., and C. Barclay. 1946. Nickel and multiple trace deficiencies in agricultural crops. *Nature*, 157:696.
- Sumner, M., and W. Miller. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients, Chapt. 40, pp. 1201-1229, in Sparks D.L., Editor: *Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods*, SSSA.
- Wells, M.L., and K.A. Harrison. 2010. Cultural management of commercial pecan orchards. http://www.caes.uga.edu/publications/pub-Detail.cfm?pk_id=7436.
- Wood, B.W., C.C. Reilly, and A.P. Nyczepir. 2004. Mouse-ear of pecan: a nickel deficiency. *HortScience*, 39: 1238-1242.