



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΕ ΦΥΤΑ
ΡΟΚΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥΣ**

Αγγελική Μακρή
Γεωργία Φιλή

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Καριπίδης, Καθηγητής ΤΕΙ Ηπείρου

Άρτα, Δεκέμβριος, 2017



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΕ ΦΥΤΑ
ΡΟΚΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥΣ**

Αγγελική Μακρή
Γεωργία Φιλή

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Καριπίδης, Καθηγητής ΤΕΙ Ηπείρου

Άρτα, Δεκέμβριος, 2017

**STUDY OF NITRATE ACCUMULATION IN ROCKET
PLANTS IN RELATION TO THEIR STAGE OF
DEVELOPMENT**

© Μακρή Αγγελική, Φιλή Γεωργία, 2017.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνουμε υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι έξω ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν(κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Μακρή Αγγελική

Φιλή Γεωργία

Υπογραφή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρόκα είναι ένα δημοφιλές λαχανικό. Καταναλώνεται κυρίως νωπή σε σαλάτες. Ως φυλλώδες λαχανικό όμως έχει την τάση να συσσωρεύει αυξημένες ποσότητες νιτρικών, τα οποία ενοχοποιούνται ως επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών ανιόντων σε φυτά ρόκας στα διάφορα στάδια ανάπτυξής τους, από την μεταφύτευση ως την πλήρη άνθηση. Φυτά ρόκας (*Eruca sativa*) καλλιεργήθηκαν σε γλάστρες χωρητικότητας ενός λίτρου (1 lt) με μείγμα τύρφης-περλίτη 1:1. Η λίπανση των φυτών έγινε με την χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων. Σε κάθε δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους φύλλων ρόκας, ακολούθησε η εκχύλιση των νιτρικών από τα ξηρά δείγματα και προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά η περιεκτικότητα των φύλλων τους σε νιτρικά, με την μέθοδο του χρωμοτροπικού οξέος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα νεαρά φυτά της ρόκας παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην περιεκτικότητα τους σε νιτρικά κατά την διάρκεια της ανάπτυξής τους.

Λέξεις-κλειδιά : Ρόκα, αζωτούχος λίπανση, νιτρικά ανιόντα

ABSTRACT

Rocket is a popular vegetable. Mainly is consumed fresh in salads. As a leafy vegetable, however, it tends to accumulate increased amounts of nitrate, which are inherited as hazardous to human health. The aim of the experiment was to study the influence of nitrates from the nutrient on the accumulation of nitrates on rocket plants, from the beginning of their growth till their full bloom. Rocket plants (*Eruca sativa*) were cultivated in one liter (1 lt) pots in a turf-perlite mixture 1:1. Fertilization of the plants was performed by providing nutrient solutions. Every sampling, both fresh and dry rocket leaves were weighed extraction of nitrates from the dry samples followed and through a spectrometric procedure we determined the level of nitrates in the leaves, employing the chromotropic acid method. The results showed that the young rocket plants show significant variations in the nitrate content during their growth.

Keywords : Rocket plants, nitrogen, nitrates

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο ΡΟΚΑ (<i>Eruca sativa</i>).....	9
1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ.....	10
1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ.....	10
1.3. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	11
1.4. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	11
1.5. ΣΥΛΛΟΓΗ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ-ΧΡΗΣΕΙΣ.....	12
1.6. ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ.....	12
1.7. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ.....	14
2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	14
2.2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	14
2.3. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΑΠΟ ΝΙΤΡΙΚΑ(NO_3^-) ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ(NO_2^-).....	15
2.4. ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ ΑΛΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ.....	17
2.4.1. ΝΙΤΡΩΔΗ ΑΛΑΤΑ	18
2.4.2. ΝΙΤΡΙΚΑ ΑΛΑΤΑ.....	19
2.5. ΝΙΤΡΟΖΑΜΙΝΕΣ.....	20
2.6. ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ.....	21
2.7. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ – ΚΑΝΟΝΕΣ.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο ΠΕΙΡΑΜΑ.....	23
3.1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	23
3.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΛΛΩΝ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ.....	25
3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ.....	29
3.4. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΞΗΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	29
3.5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΩΜΟΤΡΟΠΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΡΟΚΑ

Η ρόκα (*Eruca sativa*) είναι ένα γνωστό και αγαπητό φυτό. Στις μέρες μας χρησιμοποιείται περισσότερο για σαλάτες και δε χρειάζεται βράσιμο αν και σε κάποιες χώρες χρησιμοποιείται και αλλιώς, στο μεσαίωνα χρησιμοποιούνταν ως θεραπευτικό αφού περιέχει σιναπέλαιο. Η καλλιέργειά της είναι πολύ εύκολη και μπορεί να γίνει εκτός από τον κήπο και σε δοχεία ή μεγάλες γλάστρες. Η σπορά της ξεκινά νωρίς την άνοιξη και μπορεί να συνεχιστεί για πολλούς μήνες. Το χειμώνα μπορεί να καλλιεργηθεί και σε θερμοκήπια. Είναι ανθεκτική με το κρύο και ευαίσθητη με την πολύ υγρασία. Η συγκομιδή της γίνεται με το χέρι ύστερα από 30 ημέρες από την σπορά. Όπως κάθε φυτό έτσι και η ρόκα έχει να αντιμετωπίσει μια γκάμα από εχθρούς από έντομα, ζιζάνια και ασθένειες όπως περονόσπορος, μαύρη μούχλα κ.α. Η καλλιέργεια της ρόκας μπορεί να αποφέρει στον παραγωγό έσοδα της τάξης των 700 ευρώ ανά στρέμμα με τη μέση στρεμματική παραγωγή να κυμαίνεται μεταξύ 1000-1200 κιλά και την τιμή πώλησης στα 0,60 – 0,80 ευρώ το κιλό. Για την καλύτερη πορεία της καλλιέργειας της ρόκας χρειάζεται συνεχής πληροφόρηση, ενημέρωση και έρευνα.

1.1 ΚΑΤΑΓΩΓΗ

Η καταγωγή της ρόκας είναι από την νοτιοανατολική Ασία, καλλιεργείται όμως στη βόρειο Αμερική και σε περιοχές της μεσόγειου, είναι ένα ποώδες φυτό. Στην Ελλάδα λένε ότι η ρόκα ήρθε από τους προσφυγές της Κωνσταντινούπολης και άλλοι από τη Θράκη. Επίσης σημειώνεται ότι είναι ένα φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί πολλές φορές κατά τη διάρκεια του χρόνου.

1.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ

Η ρόκα ανήκει στο γένος *Eruca* και το είδος *sativa*, της οικογενείας των σταυρανθών δηλαδή Brassicaceae και τάξη Brassicales. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 80 – 100 εκατοστά, λόγω των διακλαδιζομένων βλαστών (εικ. 1α). Τα άνθη του φυτού είναι μπεζ με διάμετρο 2-4 εκατοστά, σχηματίζουν ταξιανθία κόρυμβο, με την τυπική δομή του άνθους των σταυρανθών (εικ 1β). Τα πέταλα είναι μπεζ, με μωβ πορφύρες νευρώσεις και οι στήμονες κίτρινοι. Το φυτό αποβάλλει τα σέπαλα του αμέσως μετά την άνθιση. Τα φύλλα είναι πτερωτά, έμβολα με 4-10 μικρούς πλευρικούς λοβούς και ένα μεγάλο ακραίο λοβό. Ο καρπός είναι μικρός , κωνικός , ραμφοειδής και περιέχει αρκετούς ωοειδείς σπόρους κίτρινου χρώματος. Η ρίζα του φυτού είναι πασσαλώδης. Η ρόκα χαρακτηρίζεται κυρίως για την πολύ έντονη μυρωδιά , την περίεργη και λίγο πικάντικη γεύση καθώς είναι ευχάριστη και τα φύλλα της τρώγονται και χρησιμοποιούνται σε σαλάτες και φαγητά.



Εικ 1α: Φυτό ρόκας



Εικ 1β: Άνθος ρόκας

1.3 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Η ρόκα είναι συγγενές με το φυτό *Eruca langirosta* δηλαδή την άγρια ρόκα που παλαιότερα φύτευε σαν σπάρτο, και θεωρείται φυτό με μελισσοκομική αξία. Οι ποικιλίες που είναι σημαντικές είναι οι παρακάτω:

Καλλιεργούμενη ρόκα (It. *Rucola coltivota*, En. *Cultivated rocket*):

Η καλλιεργούμενη ρόκα έχει στρογγυλεμένο φύλλο και το άνθος είναι λευκό με καφετιές ραβδώσεις. Η σπορά γίνεται από το Φεβρουάριο έως το Σεπτέμβριο απευθείας στο χωράφι, καλλιεργείται όμως και στο θερμοκήπιο. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών κυμαίνονται από 20- 30 cm και είναι ελάχιστα απαιτητικές.

Άγρια ρόκα – *Diploaxis tenuifolia* (It *Rucola selvatica*, En . *Wild rocket*):

Ποικιλία που παράγει μικρό φυτό με γκριζοπράσινο φύλλωμα και έντονα ψαλιδωτά φύλλα και κίτρινο άνθος. Η σπορά γίνεται από την άνοιξη έως τις αρχές του φθινοπώρου. Ενώ οι αποστάσεις της σποράς είναι 20 -35 cm. Η άγρια ρόκα έχει πικάντικη γεύση που είναι κατάλληλη για σαλάτα, αναπτύσσεται λίγο βραδέως και σχηματίζει μια ροζέτα. Είναι πολυετές φυτό και μπορεί να κόβεται συχνά.

Αρωματική ρόκα:

Η αρωματική ρόκα μπορεί να έχει 4 -5 κοπές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας της η οποία είναι περίπου 50 ημέρες. Είναι μια ποικιλία του εξωτερικού και αυτή όπως και οι άλλες ποικιλίες είναι ιδανική για σαλάτες.

1.4 ΕΛΑΦΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η ρόκα είναι ένα φυτό το οποίο είναι ανθεκτικό στο κρύο αφού μπορεί να ευδοκιμήσει ακόμη και σε -3°C χωρίς να πάθει ιδιαίτερη ζημία. Ευδοκιμεί ακόμη σε όλα τα ειδή εδαφών. Έχει μεγάλη ανάγκη σε νερό αφού όταν έχουμε άνω από 25°C είναι πολύ απαιτητική σε νερό. Η ρόκα είναι ένα ηλιόφιλο φυτό αφού χρειάζεται να το βλέπει ο ήλιος κάποιες ώρες τουλάχιστον την ημέρα. Η σπορά γίνεται την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο αν είναι ήπιο το φθινόπωρο έχουμε ρόκα ακόμη και το χειμώνα . Ευδοκιμεί στα περισσότερα

εδάφη με μικρή αντοχή σε 6-7 pH. Τη σπέρνουμε άμεσα στο χωράφι και οι αποστάσεις από τις γραμμές είναι 15 cm μπορούμε όμως να τη σπείρουμε και με σπαρτική μηχανή. Το ύψος της ροκάς φτάνει τα 10 με 60 cm. Οι σπόροι βλαστάνουν 5 -15 μέρες ανάλογα την ποικιλία.

1.5 ΣΥΛΛΟΓΗ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ- ΧΡΗΣΕΙΣ

Στη φύση θα βρούμε σε όλη τη διάρκεια του έτους. Από τα μέσα Απριλίου έως τα τέλη Μαΐου αρχίζει να ανθίζει και στις πιο ζεστές περιοχές και μέχρι τα μέσα Ιουνίου έχει ανθίσει ακόμη και στις πιο ψύχρες περιοχές. Η ανάπτυξη της ροκάς συντελείται σε 8-10 εβδομάδες όπου είναι πιο ζεστά τόσο πιο γρήγορη είναι η ανάπτυξη της. Ο βλαστός και τα φύλλα της ροκάς τρώγονται σε πολλές περιοχές σε σαλάτες αφού σε άλλες μαγειρεύονται, σε χώρες που μαγειρεύονται παίρνουν το φυτό σε μεγάλη ανάπτυξη ενώ σε αυτές που δεν μαγειρεύονται σε μικρή ανάπτυξη. Η κομμένη ρόκα δε θέλει ιδιαίτερους χειρισμούς μπορεί να διατηρηθεί στο ψυγείο για 4-5 ημέρες.

1.6 ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ

Στην ιατρική δεν χρησιμοποιούνται τα φύλλα της ροκάς αλλά οι σπόροι οι όποιοι χρησιμοποιούνται για την παράγωγη ελαίου απαραίτητο για τη φαρμακοποιία. Το έλαιο είναι ιδιαίτερα καυστικό όπως είναι λογικό αφού και η ρόκα έχει μια καυστική και πιπεράτη γεύση. Η ρόκα είναι ένα φυτό πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες, αποτελεί πηγή ασβεστίου, καλίου, βιταμινών του συμπλέγματος Β αλλά και βιταμίνης Α, C και K, καθώς είναι πλούσια σε φυλλικό οξύ. Κάνει καλό στα οστά λόγω της βιταμίνης K η οποία ενδυναμώνει το σκελετικό σύστημα. Η ρόκα είναι ευεργετική για το συκώτι αφού βοηθάει στη πέψη και καταπολεμά την παρουσία φυσικών αέριων στα έντερα. Επίσης βοηθάει στην τόνωση και την ενίσχυση του οργανισμού σε περιπτώσεις εξασθένησης. Η ρόκα που χρησιμοποιείται για φαρμακευτικούς και θεραπευτικούς σκοπούς πρέπει να συγκομίζεται κατά την ανθοφορία του φυτού. Το έλαιο που περιέχεται μέσα στους σπόρους της ροκάς μπορεί να καταπολεμήσει την καταρροή που προκαλεί το συνάχι και τη φλεγμονή στο λαιμό. Επιπλέον ενεργεί κατά του διαβήτη και της παχυσαρκίας. Ωστόσο είναι γνωστό από τα αρχαία χρόνια ότι τονώνει τη σεξουαλική λειτουργία και προκαλεί σεξουαλική επιθυμία (από τις πληροφορίες του Διοσκουρίδη).

1.7 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ

Είναι ένα αρωματικό χορταρικό που έχει λίγες θερμίδες καθώς τα τρία φλιτζάνια περιέχουν 15 θερμίδες και επίσης είναι εύκολο να καλλιεργηθεί ακόμη και σε μια γλάστρα στο μπαλκόνι μας.

Μέση διατροφική αξία ανά 100gr

Ενέργεια 188 KJ / 45 KCal

Υδατάνθρακες 9.2 g (εκ των οποίων 0.7 g σάκχαρα)

Λιπαρά 0.7 g (εκ των οποίων 0.2 g κορεσμένα)

Φυτικές ίνες 3.5 g

Νάτριο 3.5 g

Κάλιο 0.4 g

Βιταμίνη A 712 mg

Βιταμίνη C 15 mg

Φυλλικό οξύ 97 mg

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Είναι μια ανόργανη μορφή του στοιχείου αζώτου (N) και έχει μεγάλη σπουδαιότητα για τη ζωή. Στο διάλυμα που περιβάλλει τα σωματίδια του εδάφους συναντώνται ως νιτρικά ιόντα (NO_3^-). Έχουν μεγάλη σπουδαιότητα αφού αποτελούν μέρος του κύκλου του αζώτου και είναι απαραίτητα για τη ζωή. Τα νιτρικά είναι μια μορφή αζώτου που μπορεί εύκολα να προσληφθεί από το φυτό. Μολονότι στο έδαφος υπάρχουν μεγάλα αποθέματα νιτρικών ιόντων δεν μπορούν να συγκρατηθούν από τα φυλλίδια της αργίλου και των συμπλοκών της στο έδαφος και εκλύονται στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Μπορεί να γίνει οργανικό άζωτο στα αποθέματα του εδάφους. Το άζωτο ενώνεται με το χούμο και τον άνθρακα και έτσι προστατεύεται έως ότου απελευθερωθεί από τους οργανισμούς ως ‘διαθέσιμο’ νιτρικό. Οι απαιτήσεις για διαθέσιμο άζωτο είναι πολλές και δεν μπορούν να καλυφτούν από το έδαφος για αυτό χρειάζεται να συμπληρώσουμε άζωτο για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού.

2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Η συγκέντρωση NO_3^- στους φυτικούς ιστούς αποτελεί φυσιολογικό φαινόμενο, που συνδέεται άμεσα με το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά και προκύπτει από την απορρόφηση των νιτρικών ιόντων σε μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που ανάγεται.

Η συγκέντρωση NO_3^- εξαρτάται από :

- την περιεκτικότητα του εδάφους σε NO_3^-
- τον γονότυπο
- και τις κλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά

Τελευταία το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συγκέντρωση NO_3^- στις τροφές. Η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- και οι δυσμενείς δράσεις αυτής της αναγωγής στον άνθρωπο και τα ζώα είναι

υπεύθυνες γι' αυτό το ενδιαφέρον. Ανάμεσα στις τροφές που καταναλώνονται, τα νωπά και τα κονσερβοποιημένα λαχανικά είναι οι κυριότερες πηγές NO_3^- για τον ανθρώπινο οργανισμό.

2.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΑΠΟ ΝΙΤΡΙΚΑ(NO_3^-) ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ (NO_2^-)

Τα νιτρικά από μόνα τους δεν είναι τοξικά και όταν εισέλθουν στον οργανισμό δεν παίρνουν μέρος στις κανονικές βιολογικές διεργασίες. Αντίθετα αποβάλλονται σχετικά γρήγορα με τα ούρα κατά 80% περίπου ή με τα περιττώματα (σε ποσοστό 1-2%) και ανακυκλώνονται με το σάλιο.(18%)

Τα NO_3^- και τα NO_2^- σε μικρές συγκεντρώσεις είναι ακίνδυνα για τον άνθρωπο, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις ή κάτω από ειδικές συνθήκες μπορούν να γίνουν πολύ επικίνδυνα, που σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να επιφέρουν ακόμη και το θάνατο.

Η τοξικότητα NO_3^- είναι σχετικά χαμηλή και ποικίλλει ευρέως. Η μοιραία δόση για ενήλικες είναι 15-70 mg NO_3^- -N/Kg ζώντος βάρους. Τα νιτρώδη σχηματίζονται από αναγωγή των νιτρικών ή χορηγούνται με τα συντηρημένα τρόφιμα. Η μοιραία δόση νιτρώδων (NO_2^-) για τον άνθρωπο είναι περίπου 20 mg NO_2^- -N/Kg ζώντος βάρους.

Κατά τη διάρκεια της πέψης των τροφών είναι πιθανόν τα νιτρικά να αναχθούν εν μέρει με τη βοήθεια των μικροοργανισμών σε νιτρώδη στο στόμα και στο γαστρεντερικό σύστημα. Τα νιτρώδη αποτελούν τη πηγή των ανησυχιών για την υγεία του ανθρώπου.

Υπάρχουν δυο πιθανές επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου:

Μεθαιμογλοβιναιμία (σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών)

Από τη φύση τους η δράση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα, το δισθενές ιόν σιδήρου (Fe^{+2}) της αιμογλοβίνης μπορεί να οξειδωθεί στην τρισθενή μορφή (Fe^{+3}), με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεθαιμογλοβίνης, η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα, μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα ασφυξίας τον άνθρωπο, λόγω της αδυναμίας μεταφοράς οξυγόνου στους περιφερειακούς ιστούς.

Η μεθαιμογλοβίνη απαρτίζει το 1% της αιμογλοβίνης σε υγιή άτομα, το 4% στα νεογέννητα παιδιά και το 6% ή και περισσότερο σε μωρά με αναπνευστικά προβλήματα ή διάρροια. Η μικρή ποσότητα μεθαιμογλοβίνης, που κανονικά παράγεται, μπορεί να μετατραπεί ενθυμητικά ξανά σε αιμογλοβίνη. Αν η ταχύτητα μετατροπής της

μεθαιμογλοβίνης είναι μικρότερη από την ταχύτητα συγκέντρωσης, τότε έχουμε μεγάλη συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης στο αίμα με επιζήμιες συνέπειες για την υγεία μας.

Η αιμογλοβίνη των νεογέννητων παιδιών μετατρέπεται πολύ πιο εύκολα σε μεθαιμογλοβίνη, σε σύγκριση με την αιμογλοβίνη των μεγαλύτερων παιδιών. Η οξεία τοξικότητα NO_2^- εμφανίζεται ως κυάνωση (μεθαιμογλοβιναιμία) με κυανοπορφυρό αποχρωματισμό του δέρματος και των χειλιών και εμφανίζεται όταν το 15% της αιμογλοβίνης οξειδώνεται σε μεθαιμογλοβίνη. Όταν το ποσοστό ανέλθει στο 70% ή και περισσότερο μεθαιμογλοβίνη στο αίμα, μπορεί να αποβεί μοιραία για τον άνθρωπο.

Η συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης μπορεί να προκληθεί και από πολλές ενώσεις όπως: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), phenacetin, χρώματα ανιλίνης, και το λούστρο των επίπλων. Εκτός από την κυάνωση, η τοξικότητα NO_3^- ή NO_2^- εκδηλώνεται με πιο χρόνια συμπτώματα όπως:

- Τα NO_3^- και NO_2^- καταστρέφουν την καροτίνη των τροφών και προκαλούν έλλειψη βιταμίνης A σε άνθρωπο και ζώα, ενώ στον άνθρωπο μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στο θυρεοειδή.
- Τα NO_2^- προκαλούν ταχυκαρδίες, εμετούς και διάρροια.
- Τα NO_2^- στα ζώα αυξάνουν την ανάγκη για ιώδιο λόγω των ανωμαλιών που προκαλούνται στο θυρεοειδή αδένα.
- Υψηλή συγκέντρωση NO_2^- στις τροφές δίνει ανώμαλο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και πνευματική καθυστέρηση σε ασθενείς με κληρονομική μεθαιμογλοβιναιμία.
- Ανωμαλία στα έμβρυα από την νιτροζαμίνη που σχηματίζεται από αντίδραση νιτροδών και ορισμένων οργανικών αμινών.

Εμφάνιση καρκίνου του στομάχου και της ουροδόχου κύστης

Τα νιτρικά στο όξινο περιβάλλον του στομάχου ανάγονται σε νιτρώδη, τα οποία μπορούν να αντιδράσουν με αμίνες και να παράγουν νιτροζαμίνες, ενώσεις καρκινογόνες σε πειραματόζωα (Duncan et al 1997).

Οι νιτροζαμίνες θεωρούνται ύποπτες για καρκινογένεσις στον άνθρωπο, αλλά δεν έχει αποδειχθεί ακόμα η σχέση μεταξύ νιτρικών και κρουσμάτων καρκίνου. Στις προηγμένες χώρες οι πληθυσμοί είναι εκτεθειμένοι σε μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών σύμφωνα με την τάση για κατανάλωση φυλλωδών λαχανικών σε συνδυασμό με νερό αρκετά ρυπασμένο. Κλινικές έρευνες, όμως, αποδεικνύουν μικρότερη συχνότητα γαστρεντερικού

καρκίνου(Duncan et al 1997), ενώ παρατηρείται σαφής τάση μείωσης των κρουσμάτων γαστρικού καρκίνου (Douthwaite, 1999).

Σε έρευνα του πανεπιστημίου της Iowa σε 22.000 γυναίκες ηλικίας 55-69 ετών που άρχισε το 1986 (Epidemiology, 2001) η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου της ουροδόχου κύστης σχετίζεται με αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών στο πόσιμο νερό, ενώ και η χρόνια κατανάλωση νερού με χαμηλή περιεκτικότητα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Οι ερευνητές προτείνουν να συνεχιστούν οι έρευνες, αλλά και συνιστούν τη μείωση του ορίου παρουσίας νιτρικών στο πόσιμο νερό (Weyer, Gerham, 2001). Σύμφωνα με τον WHO, η μέγιστη ασφαλής ποσότητα νιτρικών που πρέπει να λαμβάνει ένας ενήλικας ανέρχεται στα 220mg/L NO_3^- την ημέρα κατανεμημένα κατά 70% από λαχανικά, 15% από άλλα τρόφιμα και 15% από το νερό (Σάββας, 2000).

2.4 ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ ΑΛΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Αν εξετάσουμε τη σύσταση των τροφίμων που συμμετέχουν στην καθημερινή διατροφή μας, θα ανακαλύψουμε ότι ένα μεγάλο μέρος από αυτά, περιέχουν ουσίες που μπορούν με ευκολία να χαρακτηριστούν από άχρηστες έως και επικίνδυνες λόγος, για τα διάφορα πρόσθετα των τροφίμων, που σκοπό έχουν, μεταξύ άλλων, να «βελτιώσουν» την εμφάνιση, το χρώμα και τη σύσταση των τροφίμων. Μια ιδιαίτερη κατηγορία τέτοιων ουσιών είναι και τα συντηρητικά, με βασικό εκπρόσωπο τους, τα νιτρικά και τα νιτρώδη άλατα. Ουσίες καθόλου αθώες που, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχουν μπει για τα καλά στην διατροφική μας αλυσίδα.

Τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα προστίθενται στα τρόφιμα (κυρίως σε ιχθυοπαρασκευάσματα και κρεατοπαρασκευάσματα) για να εμποδίσουν την ανάπτυξη του βακτηριδίου, *Clostridium botulinum*, η τοξίνη του οποίου μπορεί να οδηγήσει στην παράλυση και πολλές φορές στο θάνατο. Ένας ακόμη λόγος για τη χρησιμοποίησή τους είναι ότι προσδίδουν στα αλλαντικά που δέχονται θερμική επεξεργασία τη χαρακτηριστική γεύση, υφή και ροζέ χρώμα. Τα βρίσκουμε επίσης στα λαχανικά, τα οποία παρέχουν περισσότερο από το 85% του διαιτητικού νιτρικού άλατος (το οποίο είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού), όμως η υπερβολική λήψη του μπορεί να

δημιουργήσει προβλήματα υγείας. Τα νιτρικά άλατα μπορούν επίσης να βρεθούν και στο πόσιμο νερό σε αρκετές περιοχές της χώρας μας, λόγω της αλόγιστης χρήσης των λιπασμάτων όπου τα νερά παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθούμε στους τρόπους μείωσης των νιτρικών στα φυτά, άλλοι παραδοσιακοί και άλλοι με τη βοήθεια της χημικής βιομηχανίας. Οι πιο απλοί και οικολογικοί είναι οι παρακάτω:

- Χρήση ποικιλιών που συσσωρεύουν χαμηλές ποσότητες νιτρικών.
- Αύξηση της έντασης και της διάρκειας του φωτός με την εφαρμογή τεχνητού φωτισμού.
- Συγκομιδή τον κατάλληλο χρόνο.
- Καλλιέργεια την κατάλληλη εποχή.
- Υδροπονική καλλιέργεια των λαχανικών.
- Βιολογική καλλιέργεια των λαχανικών.

Τα νιτρικά άλατα μπορούν να βρεθούν σε πολλές περιοχές της χώρας μας στο πόσιμο νερό, λόγω της αλόγιστης χρήσης των λιπασμάτων όπου τα νερά παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών. Το νερό είναι η κυρία πηγή μόλυνσης από NO_2^- των παιδιών. Η αποστείρωση με βρασμό αυξάνει την συγκέντρωση νιτρικών. Η επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών ριζών (NO_3^-) στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας και την ευρωπαϊκή επιτροπή, υπεύθυνη για την ποιότητα των υδάτων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 50 mg/l η οποία ισοδυναμεί με 11,3mg/l (NO_3^- -N).

2.4.1.ΝΙΤΡΩΔΗ ΑΛΑΤΑ

Έχουμε το **E249 (νιτρώδες κάλιο)** και το **E250 (νιτρώδες νάτριο)**.

- Προέλευση: Φυσικά μεταλλικά στοιχεία. Μπορούν να εξορυχτούν ή να παρασκευαστούν χημικά, το πρώτο από το νιτρικό κάλιο και το δεύτερο από το νιτρικό νάτριο.
- Χρήση: Χρησιμοποιείται ως συντηρητικό σε προϊόντα κρέατος και ψαριών.
- Ανώτατο όριο: Έως 150 mg ανά κιλό μάζας προϊόντος.
- Παρενέργειες: Τα νιτρώδη είναι πρόδρομα μόρια των (πιθανολογούμενων καρκινογόνων) νιτροζαμινών, που σχηματίζονται στο στομάχι από τα νιτρώδη άλατα και τις πρωτεΐνες.

- Αντενδείξεις: Προϊόντα με νιτρώδες κάλιο δεν θα πρέπει να χορηγούνται σε παιδιά κάτω του ενός χρόνου, ενώ τα προϊόντα που περιέχουν νιτρώδες νάτριο, δεν θα πρέπει να χορηγούνται σε παιδιά κάτω των έξι μηνών.

2.4.2. ΝΙΤΡΙΚΑ ΑΛΑΤΑ

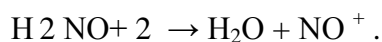
Έχουμε το **E251(νιτρικό νάτριο)** και το **E252(νιτρικό κάλιο)**.

- Προέλευση: Φυσικά μεταλλικά στοιχεία. Βρίσκονται σχεδόν σε όλα τα λαχανικά. Από αυτά, μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικά έχουν: τα μαρούλια, το σπανάκι, τα παντζάρια, τα ραπανάκια, οι ρόκες και το κάρδαμο. Λαχανικά με μέση περιεκτικότητα σε νιτρικά είναι: το σέλινο, το λάχανο, τα κολοκυθάκια, τα αντίδια και το φινόκιο. Λαχανικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά είναι: η μελιτζάνα, τα φασολάκια, τα μπρόκολα, τα ραδίκια, τα μπιζέλια, τα αγγούρια, οι πατάτες, τα καρότα, οι πιπεριές, ταμανιτάρια, το πράσο, τα λαχανάκια των Βρυξελλών, το κόκκινο λάχανο, το σπαράγγι, η ντομάτα και το κρεμμύδι. Η κατανομή των νιτρικών στα λαχανικά διαφοροποιείται ανάλογα με το τμήμα τους. Έτσι τα εξωτερικά φύλλα των φυλλωδών λαχανικών περιέχουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών, σε σχέση με τα υπόλοιπα φύλλα, ενώ οι μίσχοι και οι βλαστοί (κοτσάνια) περιέχουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών, σε σχέση με το έλασμα των φύλλων.
- Χρήση: Χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά και κατά του αποχρωματισμού των φυσικών χρωστικών σε προϊόντα κρέατος, τυροκομικά και πίτσες.
- Ανώτατο όριο: Έως 300 mg ανά κιλό μάζας προϊόντος.
- Παρενέργειες: Με τη θερμότητα κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος ή στο στομάχι μας κατά τη διαδικασία της πέψης μπορούν να μετατραπούν σε νιτρώδη (E249 και E250 αντίστοιχα).
- Χρήσιμη συμβουλή: Όταν βράζουμε τα λαχανικά, ένα σημαντικό μέρος των νιτρικών που περιέχεται σε αυτά περνάει στο νερό που έβρασαν, γι' αυτό και δεν θα πρέπει να καταναλώνεται.

2.5 ΝΙΤΡΟΖΑΜΙΝΕΣ

Οι νιτροζαμίνες είναι χημικές ενώσεις της χημικής δόσης(-R2) -N = O, δηλαδή μια νιτροζομάδα συνδεδεμένη σε μια αμίνη. Οι περισσότερες νιτροζαμίνες είναι καρκινογόνες. Οι νιτροζαμίνες εμφανίζονται σε προϊόντα λατέξ ,όπως μπαλόνια ,και σε πολλά τρόφιμα και άλλα αναλώσιμα. Οι νιτροζαμίνες από προφυλακτικά δεν αναμένεται να έχουν τοξικολογική σημασία.

Σε τρόφιμα, οι νιτροζαμίνες παράγονται από νιτρώδη και δευτεροταγείς αμίνες , τα οποία συχνά εμφανίζονται με τη μορφή πρωτεϊνών. Ο σχηματισμός τους μπορεί να συμβεί μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων ισχυρών όξινων συνθηκών, όπως του ανθρώπινου στομάχου . Οι υψηλές θερμοκρασίες, όπως και στο τηγάνισμα, μπορούν επίσης να ενισχύσουν το σχηματισμό νιτροζαμινών. Η παρουσία νιτροζαμινών μπορεί να ταυτοποιηθεί με την αντίδραση νιτροζοίου του Liebermann (δεν πρέπει να συγχέεται με το αντιδραστήριο Liebermann το οποίο αντιδρά κόκκινο ή μπλε παρουσία φαινολών).Υπό όξινες συνθήκες, τα νιτρώδη άλατα σχηματίζουν νιτρώδες οξύ (HNO₂), το οποίο πρωτονιώνεται και διασπάται στο κατιόν νιτροζωνίου N⁼ O⁺ και νερό:



Το κατιόν νιτροζονίου αντιδρά τότε με μία αμίνη για να παράγει νιτροζαμίνη. Αυτές οι διεργασίες οδηγούν σε σημαντικά επίπεδα νιτροζαμινών σε πολλά τρόφιμα, ιδιαίτερα σε μύρα , ψάρια και υποπροϊόντα ψαριών, καθώς και σε προϊόντα κρέατος και τυριού που διατηρούνται με ενώσεις νιτρωδών. Η αμερικανική κυβέρνηση καθόρισε όρια στην ποσότητα νιτρωδών που χρησιμοποιούνται στα προϊόντα με βάση το κρέας, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος καρκίνου στον πληθυσμό. Υπάρχουν επίσης κανόνες για την προσθήκη ασκορβικού οξέος ή σχετικών ενώσεων στο κρέας, καθώς οι ενώσεις αναστέλλουν τον σχηματισμό νιτροζαμινών.

Οι νιτροζαμίνες που είναι ειδικές για τον καπνό μπορούν επίσης να βρεθούν στον καπνό τσιγάρου, στον καπνό τσιμπίματος στην Αμερική, στον καπνό τσίγλας και σε πολύ μικρότερο βαθμό στο snus (127,9 ppm για τον αμερικανικό εμβολιασμό από τα 2,8 ppm σε σουηδικό καπνό ή snus).Οι νιτροζαμίνες μπορούν επίσης να βρεθούν σε ατμούς ηλεκτρονικού τσιγάρου , αν και αυτό αναφέρεται ότι είναι ιχνοστοιχεία , πιθανώς από την προπυλενογλυκόλη και / ή τη φυτική γλυκερίνη που χρησιμοποιείται στην παρασκευή. Οι νιτροζαμίνες μπορούν να σχηματιστούν από νιτρικά (συνήθως γεωργική απορροή) στο πόσιμο νερό κατά την κατάποση. Το πρότυπο EPA είναι 10 ppm ' αλλά θεωρείται από την

Εθνική Ακαδημία Επιστημών ότι δεν διαθέτει περιθώριο ασφαλείας για ευαίσθητα άτομα. Το πρότυπο αυτό δεν έχει αλλάξει πάνω από 40 χρόνια παρά τις επανειλημμένες προειδοποιήσεις από την Ακαδημία.

Το 1956, δύο Βρετανοί επιστήμονες, John Barnes και Peter Magee, ανέφεραν ότι η διμέθυλο-νιτροζαμίνη παρήγαγε όγκους του ήπατος σε αρουραίους . Διεξήχθη έρευνα και περίπου το 90% των ενώσεων νιτροσαμίνης θεωρήθηκε καρκινογόνο .

Στη δεκαετία του 1970, παρατηρήθηκε αυξημένη συχνότητα καρκίνου του ήπατος που βρέθηκε στα νορβηγικά ζώα εκμετάλλευσης . Τα εκτρεφόμενα ζώα τρέφονταν με αλεύρι της ρέγγας , η οποία διατηρήθηκε με νιτρώδες νάτριο . Το νιτρώδες νάτριο είχε αντιδράσει με διμεθυλαμίνη στα ψάρια και παρήγαγε διμέθυλο- νιτροζαμίνη .Οι νιτροζαμίνες μπορούν να προκαλέσουν καρκίνους σε μια μεγάλη ποικιλία ζωικών ειδών, χαρακτηριστικό που υποδηλώνει ότι μπορεί επίσης να είναι καρκινογόνοι στους ανθρώπους. Επί του παρόντος, οι διαθέσιμες επιδημιολογικές ενδείξεις από μελέτες ελέγχου των περιπτώσεων για τη λήψη νιτρωδών και νιτροζαμινών υποστηρίζουν μια θετική σχέση με τον κίνδυνο καρκίνου του γαστρικού ιστού. Όσον αφορά τον καρκίνο του οισοφάγου , τα διαθέσιμα στοιχεία υποστηρίζουν τη θετική συσχέτιση μεταξύ πρόσληψης νιτρωδών και νιτροζαμινών και γαστρικού καρκίνου (GC), μεταξύ κρέατος και επεξεργασμένου κρέατος και GC και οισοφαγικού καρκίνου και μεταξύ κονσερβών ψαριών, λαχανικών και καπνιστών τροφίμων και GC.

2.6 ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ

Αντίθετα από τις επικρατέστερες απόψεις, σήμερα ενισχύονται οι ευεργετικές ενδείξεις ότι τα νιτρικά διατροφικής προελεύσεως συμμετέχουν σε έναν αμυντικό μηχανισμό , ο οποίος προστατεύει το γαστρεντερικό σύστημα από παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως το *Helicobacter pylori*, το οποίο προκαλεί γαστρεντερίτιδες, έλκη και γαστρικό καρκίνο.

Το νιτρώδες νάτριο είναι πολύ αποτελεσματικό στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης ενός μικροοργανισμού γνωστού ως *Clostridium botulinum*, του οποίου η τοξίνη προκαλεί την αλλαντίαση ,θανατηφόρα δηλητηρίαση. Με άλλα λόγια, η αφαίρεση του νιτρώδους νατρίου από τα τρόφιμα μειώνει τον κίνδυνο του καρκίνου και αυξάνει τον κίνδυνο της αλλαντίαςης.

2.7 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΝΟΝΕΣ

Με την οδηγία 91/676, της Ε.Ε. του 1991, άρχισε η προστασία του πόσιμου νερού από τις γεωργικές πρακτικές και θέσπισαν ευαίσθητες ζώνες όπου η συγκέντρωση των νιτρικών στο νερό ήταν >50 mg/l. Στις ζώνες αυτές υιοθετήθηκε ειδικό σχέδιο δράσης για τη μείωση της ρύπανσης από λιπάσματα. Από το 1998 λειτουργεί το σύστημα MINAS στην Ολλανδία (MINerals Accounting System) το οποίο παρακολουθεί τις ποσότητες αζώτου (N) και φωσφόρου (P), που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.

Στόχος του προγράμματος είναι: το έτος 2015 οι περιοχές με συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια ύδατά τους >50 mg/l, να μειωθούν στο 21% των συνολικών περιοχών, από το 40% που ήταν το 1985, ενώ το έτος 2037 το ποσοστό να μειωθεί στο 12%.

Στην Ε.Ε. προωθείται η θέσπιση των κανόνων της ορθής γεωργικής πρακτικής. Αυτό πρακτικά για τα αζωτούχα λιπάσματα σημαίνει ότι:

1. Το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα δεν εφαρμόζεται στην αρχή της βροχερής περιόδου (φθινόπωρο).
2. Χρησιμοποιείται ακριβώς η δόση που απαιτείται από την καλλιέργεια.
3. Το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα εφαρμόζεται μόνο όταν οι ανάγκες της καλλιέργειας το απαιτούν.
4. Σε αμμώδη εδάφη το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα εφαρμόζεται σε πολλές και μικρές δόσεις.
5. Η καλλιέργεια διατηρείται σε καλή κατάσταση, ώστε τα φυτά να προσλαμβάνουν το νιτρικό άζωτο σε ικανοποιητικό βαθμό.

Επειδή ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από τα νιτρικά είναι αρκετά σημαντικός η Ε.Ε. το 1995 θέσπισε ανώτατο επιτρεπτό όριο ημερήσιας κατανάλωσης νιτρικών ίσο με 3,65 mg/Kg σωματικού βάρους του λήπτη, το οποίο αντιστοιχεί σε 255,5 mg $\text{NO}_3^- \text{N}$ την ημέρα για ένα άτομο του οποίου το βάρος είναι 70 Kg.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΠΕΙΡΑΜΑ

3.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Φυτά ροκάς (*Eruca sativa*) φυτευτήκαν σε φυτοδοχεία εμπλουτισμένα με τύρφη και περλίτη και αναπτύχτηκαν με χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων. Η καλλιέργεια των φυτών έγινε σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου από τις 17 Ιανουαρίου το 2017 μέχρι 1 Ιουνίου 2017. Η λίπανση των φυτών έγινε με τη χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες των χορηγηθέντων λιπασμάτων ανά λίτρο θρεπτικού διαλύματος. Τα θρεπτικά διαλύματα σε κάθε περίπτωση παρέρχονταν μέχρι απορροής. Κατά την διάρκεια ανάπτυξης των φυτών και μέχρι το πέρας του πειράματος έγιναν 20 ποτίσματα. Ανά τέσσερα ποτίσματα, επιπλέον των παρακάτω ποσοτήτων, στα φυτά χορηγείτο και μείγμα ιχνοστοιχείων στο νερό του ποτίσματος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ
Φωσφορικό μονοκάλιο KH_2PO_4 :0,652g/l
Νιτρικό κάλιο KNO_3 :0,35g/l
Νιτρική αμμώνια NH_4NO_3 :0,42g/l
Θειικό μαγνήσιο MgSO_4 :0,36g/l

Πίνακας 1 : Ποσότητα λιπασμάτων που χορηγούνται στα φυτά

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται τα στάδια ανάπτυξης της ροκάς.

Εικ 3.1



Εικόνα (3.1): Νεαρά φυτά ρόκας σε φυτοδοχεία από υπόστρωμα τύρφης

Εικ 3.2



Εικόνα (3.2) : Νεαρά φυτά ρόκας του πειράματος, αμέσως μετά την βλάστησή τους (στο στάδιο του πρώτου πραγματικού φύλλου) σε δίσκο ομαδικής σποράς.



Εικ 3.3

Εικόνα (3.3) : Νεαρά φυτάρια ρόκας λίγο πριν την μεταφύτευση



Εικ 3.4



Εικ 3.5

Εικόνα (3.4,3.5) : Νεαρά φυτά ρόκας του πειράματος, αναπτυσσόμενα σε μείγμα τύρφης – περλίτη με χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων, 13 μέρες μετά την μεταφύτευση

3.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΛΛΩΝ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ

Συγκομίσαμε τα φυτά της ρόκας μετρήσαμε το βάρος τους και προσδιορίσαμε το νωπό τους βάρος. Κατόπιν τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για 48 ώρες στους 75° C.

Μετά την ξήρανση ζυγίσαμε τα δείγματα για να προσδιορίσουμε το ξηρό τους βάρος και από τη σχέση νωπού / ξηρού βάρους το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας του κάθε

δείγματος. Καθώς το ποσοστό υγρασίας είναι απαραίτητο για την αναγνώριση των τιμών των νιτρικών σαν ποσότητα ανά χιλιόγραμμο νωπών φυτών.

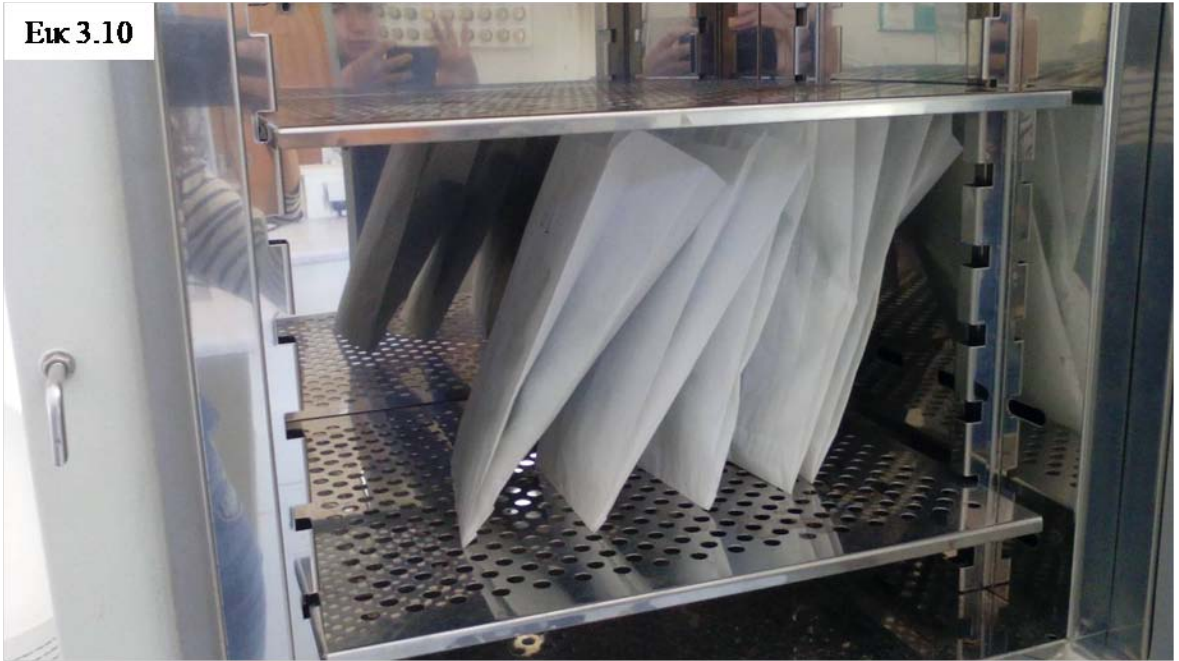
Τα ξηρά δείγματα κονιορτοποιήθηκαν σε γουδί στο χέρι, σφραγίστηκαν σε αεροστεγή φιαλίδια και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία -20°C μέχρι τη στιγμή του προσδιορίσαμε την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε NO_3^- .



Εικόνες (3.6,3.7): Στάδιο συγκομιδής όπου μετρήθηκε το βάρος των φύλλων ροκάς με ζυγαριά ακριβείας.



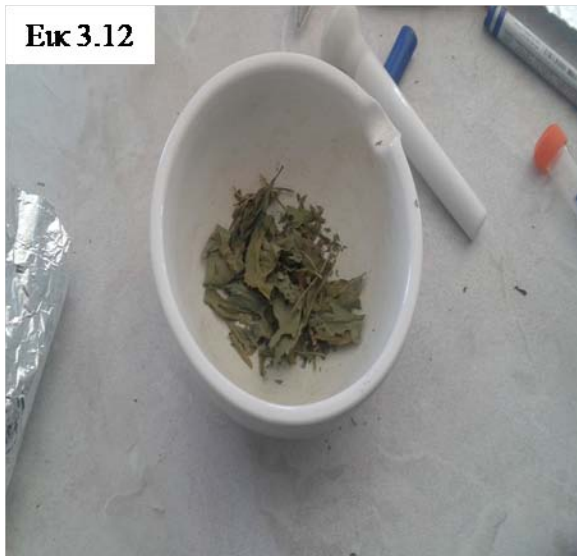
Εικ 3.10



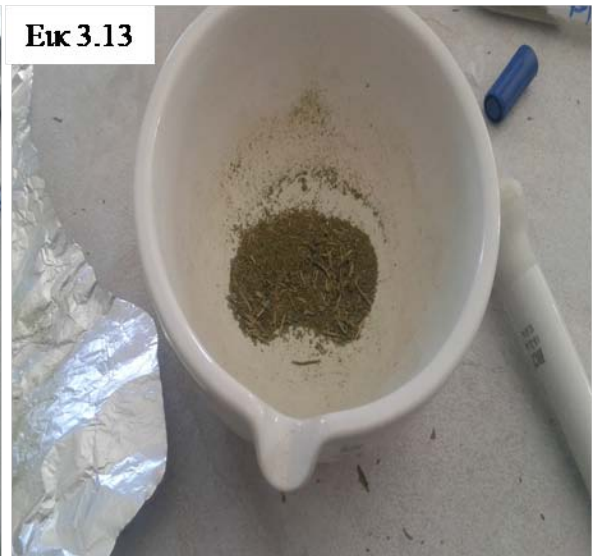
Εικόνες (3.8,3.9,3.10) : Μόλις προσδιορίστηκε το νωπό βάρος των φύλλων της ροκάς τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για 48 ώρες στους 75°C.

Εικ 3.11





Εικ 3.12



Εικ 3.13

Εικόνες (3.11,3.12,3.13) : Μέτρηση και κονιορτοποίηση ξηρών δειγμάτων στο γουδί.



Εικ 3.14

Εικόνα(3.14): Δείγμα αλεσμένων φυτικών ιστών που σφραγίστηκαν σε αεροστεγή φιαλίδια.

3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ο προσδιορισμός των νιτρικών στους ιστούς της ρόκας στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε με την φωτομετρική μέθοδο του χρωμοτροπικού οξέος (Kowalenko, C.G. and. Lowe, L.E., 1973) επί εκχυλίσματος νιτρικών ιόντων από δείγματα ξηρών ιστών. Η επιλογή της ξήρανσης των δειγμάτων- φυτικών ιστών πριν την διαδικασία εκχύλισης και όχι η άμεση εκχύλιση των νιτρικών από νεπούς ιστούς, έγινε καθώς οι ξηροί ιστοί μπορούν να αποθηκεύουν στο ψυγείο για αρκετό διάστημα χωρίς την αλλοίωση της σύστασης των ανόργανων συστατικών τους, διευκολύνοντας έτσι την εκτέλεση όλου του πειράματος.

Η διαδικασία των πειραματικών μετρήσεων ολοκληρωνόταν σε δύο στάδια:

- Εκχύλιση των νιτρικών από τα ξηρά δείγματα
- Ανάπτυξη χρώματος-Μέθοδος χρωμοτροπικού οξέος

3.4. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΞΗΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

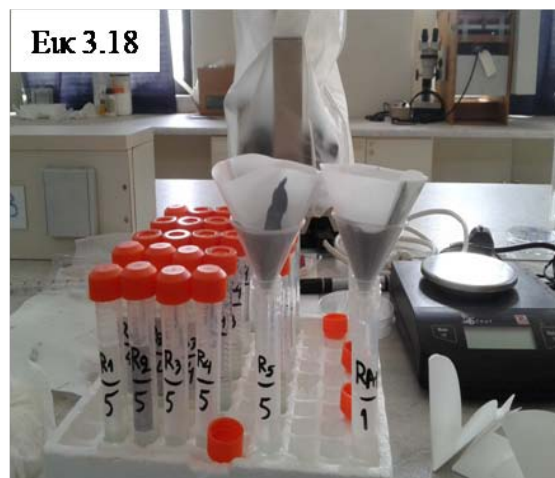
A. Αντιδραστήρια:

- Εκχυλιστικό διάλυμα. Παρασκευάζεται διαλύοντας 25 gr θειϊκού χαλκού ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) και 3,3 gr θειϊκού αργύρου (Ag_2SO_4) σε 5lt. Καλύτερα ο θειϊκός άργυρος να διαλύεται σε ζεστό νερό.
- Μίγμα υδροξειδίου του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) και ανθρακικού μαγνησίου-υδροξειδίου μαγνησίου ($\text{MgCO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$). Παρασκευάζεται με ένα μέρος ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) και δύο μέρη $\text{MgCO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ μέσα σε γουδί με πάρα πολύ καλό ανακάτεμα.
- Ενεργός άνθρακας (Carcoal activated). Χρησιμοποιείται για τον αποχρωματισμό των εκχυλισμάτων.

B. Εκτέλεση της διαδικασίας εκχύλισης:

- Ποσότητα 100 mg ξηρών ιστών από το κάθε δείγμα προστίθεται σε ποτήρι ζέσεως των 50 ml.
- Στη συνέχεια προσθέτουμε 10 ml εκχυλιστικού διαλύματος [$(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + (\text{Ag}_2\text{SO}_4)$] και μια μικρή ποσότητα ενεργού άνθρακα (περίπου 20 mg).
- Ακολούθως γίνεται προσθήκη 100 mg μίγματος [$\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{MgCO}_3$],

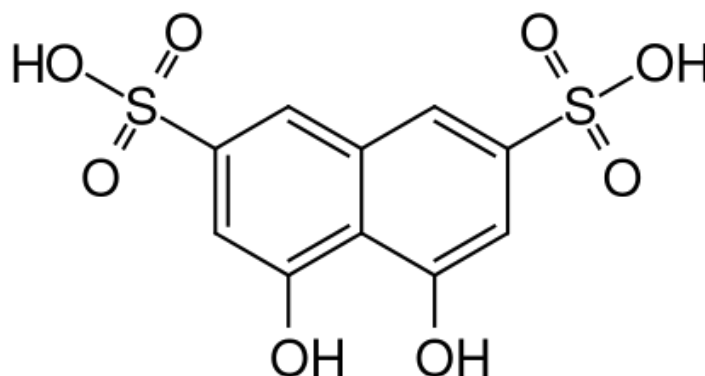
- Ακολουθεί ανάδευση για 1 λεπτό με μηχανικό αναδευτήρα και το αφήνουμε στη συνέχεια σε ηρεμία για 20 min.
- Το διάλυμα διηθείται με ηθμό *Whatman No 2* ή κάποιο αντίστοιχο.



Εικόνες(3.15,3.16,3.17,3.18) : Απεικονίζεται η διαδικασία εκχύλισης των νιτρικών ανιόντων

3.5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΩΜΟΤΡΟΠΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

Το χρωμοτροπικό οξύ (4,5-διυδροξυναφθαλίνο-2,7-δισουλφονικό οξύ) (εικ.3.19), είναι μια χημική ένωση, η οποία σε έντονα όξινο περιβάλλον αντιδρά εκλεκτικά με τα νιτρικά ανιόντα προς παραγωγή κίτρινου προϊόντος, το οποίο απορροφά το φως στα 410 nm. Η αντίδραση είναι ποσοτική και σε συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου από 1 έως 30-35 mgL⁻¹ έχει γραμμική σχέση με την απορρόφηση στο παραπάνω μήκος κύματος.

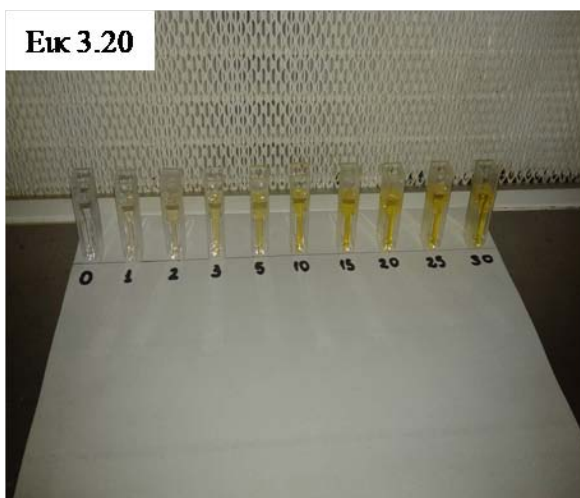


Εικόνα 3.19: Συντακτικός τύπος του χρωμοτροπικού οξέος (4,5-dihydroxynaphthalene-2,7-disulfonic acid).

A. Αντιδραστήρια

- Διάλυμα Θειϊκής ουρίας: Παρασκευάζεται διαλύοντας 5 gr ουρίας και 4 gr Na₂SO₃ σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Προστίθεται για την οξειδωση τυχόν νιτρωδών (NO₂) ανιόντων στο εκάστοτε δείγμα, σε νιτρικά.
- Αντιδραστήριο χρωμοτροπικού οξέος: Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,1 gr χρωμοτροπικού οξέος σε 100 ml θειϊκού οξέος (H₂SO₄). Διατήρηση για 2 εβδομάδες σε σκούρα φιάλη.
- Standard Νιτρικών (με μορφή N στα νιτρικά): Παρασκευάζεται διάλυμα 1.000 ppm με την προσθήκη 0,720 gr νιτρικού καλίου (KNO₃) σε 100 ml νερό. Στη συνέχεια το διάλυμα αυτό αραιώνεται δέκα φορές ώστε να προκύψει διάλυμα των 100 mgL⁻¹. Με κατάλληλη αραιώση γίνεται η παρασκευή των standards διαλυμάτων. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της καμπύλης αναφοράς.

- Πυκνό-θερμό Θειϊκό οξύ (H₂SO₄)



Εικόνες (3.20,3.21) : Απεικονίζονται τα standard διαλύματα

B. Εκτέλεση της διαδικασίας ανάπτυξης χρώματος

- ✓ Το εκάστοτε δείγμα εκχύλισματος φυτικών ιστών αραιώνεται κατάλληλα έτσι ώστε η απορρόφηση του φασματοφωτόμετρου να βρίσκεται κάτω από την τιμή 1,5 που αντιστοιχεί σε συγκεντρώσεις αζώτου που βρίσκονται μέσα στο γραμμικό μέρος της καμπύλης αναφοράς (κάτω από 30 mgL⁻¹ N), όπως φαίνεται παρακάτω στο γράφημα της εικόνας .
- ✓ Παίρνουμε 200 ml από το εκχύλισμα κάθε δείγματος (μετά από την αραιώση) και τα τοποθετούμε σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- ✓ Προσθέτουμε μία σταγόνα από το αντιδραστήριο της θειϊκής ουρίας με συνεχή ανάδευση.
- ✓ Αφήνουμε το δείγμα σε ηρεμία για 4 min.
- ✓ Τοποθετούμε τον δοκιμαστικό σωλήνα μέσα σε υδατόλουτρο με παγωμένο νερό για την απορρόφηση της εκλυόμενης θερμότητας κατά την προσθήκη των οξέων που ακολουθεί.
- ✓ Προσθέτουμε 100 ml από το αντιδραστήριο του χρωμοτροπικού οξέος με συνεχή ανάδευση.
- ✓ Στη συνέχεια προσθέτουμε προσεκτικά (drop by drop) 1700 ml πυκνού θειϊκού οξέος (H₂SO₄).
- ✓ Αναδεύουμε για λίγο.
- ✓ Τοποθετούμε το δείγμα σε υδατόλουτρο με θερμοκρασία 10-20° C για 45 min.

- ✓ Το δείγμα τοποθετείται στο φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση της απορρόφησης του, σε μήκος κύματος 410 nm. (εικ.3.22).



Εικόνα (3.22) : Φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση της απορρόφησης των δειγμάτων, σε μήκος κύματος 410 nm.

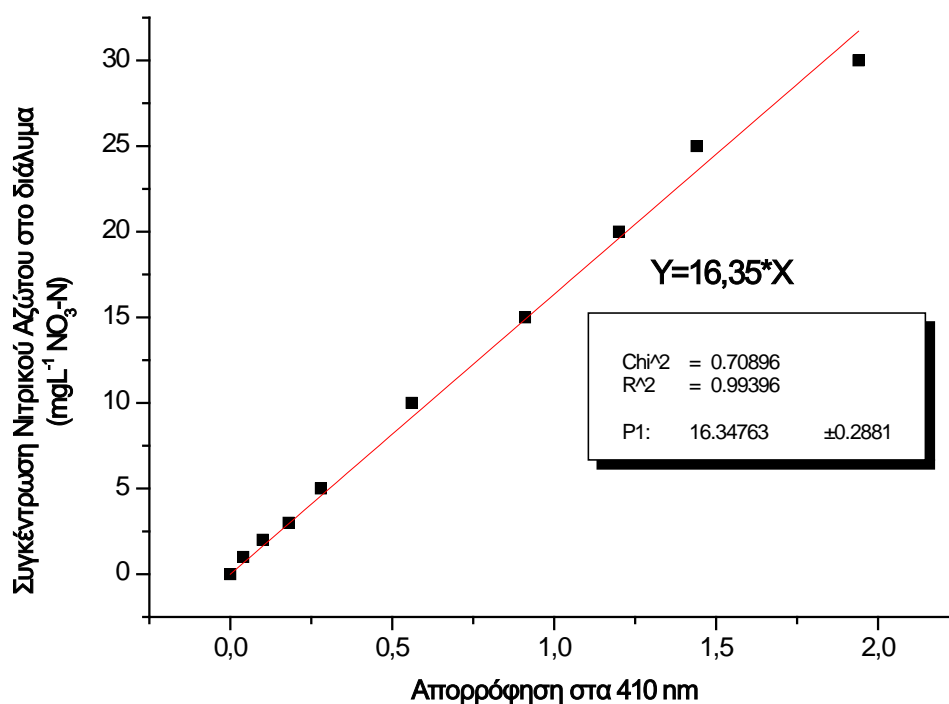
Γ. Κατασκευή καμπύλης αναφοράς

Αυτή αφορά την γραμμική σχέση μεταξύ της απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου στα 410 nm και της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στα διαλύματα από 0 έως 30 mgL⁻¹. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις δεν ισχύει η γραμμική σχέση. Για την κατασκευή της χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων NO₃-N (παρασκευασμένο από νιτρικό κάλιο – KNO₃) με διαβάθμιση από 0 έως 30 mgL⁻¹ και προσδιορίζεται η απορρόφησή τους από το όργανο.

Πίνακας 2 : Αντιστοίχιση τιμών απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου σε μήκος κύματος 410 nm, με τις πρότυπες συγκεντρώσεις νιτρικού (NO₃-N) αζώτου από 1 έως 30 mgL⁻¹.

Συγκέντρωση NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	Απορρόφηση οργάνου	Συγκέντρωση NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	Απορρόφηση οργάνου
0	0	10	0,56
1	0,04	15	0,91
2	0,1	20	1,2
3	0,18	25	1,44
5	0,28	30	1,94

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η καμπύλη αναφοράς που προσδιορίστηκε με βάση τα *standard* διαλύματα του πειράματός μας



Διάγραμμα 1 : Καμπύλη αναφοράς νιτρικού αζώτου στα 410 nm.

Η παραπάνω καμπύλη αναφοράς αφορά την γραμμική σχέση, η οποία προκύπτει από την στατιστική επεξεργασία της γραμμικής παλινδρόμησης της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου, πάνω στις ενδείξεις του φασματοφωτόμετρου και η οποία είναι :

$$Y = 16,35 \times X \quad (R^2=99,4\%)$$

όπου Y είναι η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου σε ppm που αντιστοιχεί στην τιμή X της ένδειξης του φασματοφωτόμετρου.

Επειδή στο εκάστοτε διάλυμα που εισάγεται προς μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο η τιμές Y αφορούν τις συγκεντρώσεις του νιτρικού N σε mgL^{-1} , ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των NO_3^- στα φύλλα της ρόκας και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έγινε ύστερα από αναγωγή των mgL^{-1} νιτρικού N σε $\text{mg NO}_3/\text{kg}$ νωπού βάρους.

Για την μετατροπή των mgL^{-1} νιτρικού N σε $\text{mg NO}_3/\text{kg}$ νωπού βάρους, υπολογίσθηκε αρχικά η περιεκτικότητα σε mg νιτρικών του δείγματος των 100mg ξηρών ιστών, τα οποία ανάγονται σε βάρος νωπών ιστών λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή αφυδάτωσης. Από την τιμή αυτή αναλογικά προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε νιτρικά ανά χιλιόγραμμο νωπού βάρους.

Δηλαδή $Y=N \times d \times D \times 4,4$

Όπου:

Y: Νιτρικά (mg/kg νβ) στο κάθε φυτό

N: νιτρικό άζωτο (mgL^{-1}) σε κάθε δείγμα μετά την κατάλληλη αραίωση (ένδειξη οργάνου $\times 16,35$)

d: βαθμός αραίωσης του κάθε δείγματος

D: ποσοστό % της ξηρής ουσίας του εκάστοτε δείγματος

4,4: συντελεστής αντιστοίχισης του βάρους του νιτρικού αζώτου με το βάρος των νιτρικών ανιόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των δειγμάτων των φυτών της ρόκας κατά την διάρκεια του πειράματος.

Πίνακας 3 : Τιμές νιτρικών (mg/kg νβ) στα φυτά ρόκας κατά τις έξι δειγματοληψίες του πειράματος.

	Δειγματοληψίες (Μεταχειρίσεις)					
Επανάληψη	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η (άνθηση)
1	2598	3410	2423	3967	2832	2116
2	2910	3630	1928	1932	1841	(3160)
3	4686	4640	3784	1092	774	1956
4	3857	3915	2123	1742	928	1775
5	3779	4819	3550	4408	1110	1678

Οι τιμές που βρίσκονται μέσα σε παρένθεση εξαιρέθηκαν από την παραπέρα αξιολόγηση-επεξεργασία καθώς ύστερα από στατιστικό έλεγχο κρίθηκαν ως ακραίες (outliers). Για τον έλεγχο της ύπαρξης ακραίων τιμών εφαρμόστηκε η μέθοδος του διατεταρτημοριακού εύρους (interquartile range – IQR) του Tukey (Tukey, 1977).

Η ανάλυση της διασποράς των παραπάνω τιμών (εξαιρουμένων των «ακραίων») έγινε σύμφωνα με το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο (ΕΤΣ) με ένα παράγοντα (χρόνος ανάπτυξης των φυτών) με έξι μεταχειρίσεις (δειγματοληψίες) και παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4: Ανάλυση της διασποράς (ANOVA) των τιμών της περιεκτικότητας των φυτών της ρόκας σε νιτρικά, για τις έξι δειγματοληψίες του πειράματος.

Πηγή Παραλ/τητας	ΒΕ	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F πειράματος	P
Μεταχειρίσεις (δειγματοληψίες)	5	23147783,28	4629556,7	5,67	0,0015**
Υπόλοιπο (πειρ. Σφάλμα)	23	18774485,55	816281,98		
Σύνολο	28	4470819,67			

$$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0,55$$

$$\text{Root MS}_{\text{error}} = \sqrt{\text{MS}_{\text{error}}} = 903,48$$

$$\text{Mean } Y = 2765,62$$

Συντελεστής παραλλακτικότητας (Coefficient of Variation):

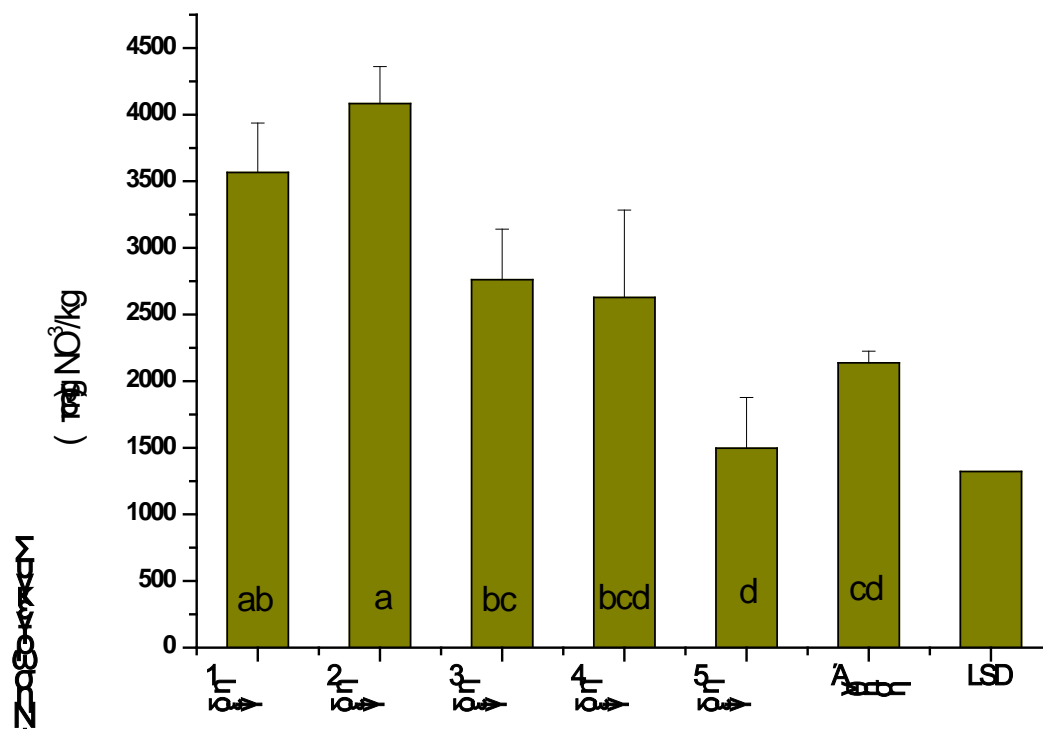
$$CV = 903,48/2765,62 \times 100\% = 32,67\%$$

Από την παραπάνω ανάλυση της διασποράς είναι προφανές ότι μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων (δειγματοληψίες) υπάρχουν σημαντικές διαφορές ($F=5,67$ με 5 και 28 BE, $P=0,0015$). Οι συγκρίσεις των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5 : Μέσοι και τυπικά σφάλματα (ΤΣ) της περιεκτικότητας των φυτών της ρόκας σε νιτρικά (mg/kg νβ) κατά τις έξι δειγματοληψίες του πειράματος. Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Επεμβάσεις	Μέσος ± ΤΣ (mg/kg νβ)	n
1η δειγ/ψια (20 ημέρες από την μεταφύτευση)	3566 ± 371 (ab)	5
2η δειγ/ψια (25 ημέρες από την μεταφύτευση)	4083 ± 277 (a)	5
3η δειγ/ψια (30 ημέρες από την μεταφύτευση)	2761 ± 380 (bc)	5
4η δειγ/ψια (35 ημέρες από την μεταφύτευση)	2628 ± 655 (bcd)	5
5η δειγ/ψια (40 ημέρες από την μεταφύτευση)	1497 ± 380 (d)	5
6η δειγ/ψια (άνθηση- 50 ημέρες από την μεταφύτευση)	1880 ± 87 (cd)	4
LSD (a=0,05)	1322	

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται και στο γράφημα της παρακάτω εικόνας 4



Εικόνα 4 : Μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών στους υπέργειους ιστούς των φυτών της ρόκας που καλλιεργήθηκαν σε μείγμα τύρφης –περλίτη κατά την διάρκεια των δύο πρώτων μηνών από την μεταφύτευσή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών ανιόντων στους υπέργειους ιστούς (κυρίως φύλλα), νεαρών φυτών ρόκας κατά την διάρκεια της ανάπτυξής τους μέχρι την πλήρη άνθηση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα νεαρά φυτά της ρόκας παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις στην περιεκτικότητά τους σε νιτρικά κατά την διάρκεια της ανάπτυξής τους. Ήδη από την πρώτη δειγματοληψία (20 ημέρες από την μεταφύτευση) στα νεαρά φυτά οι τιμές των νιτρικών ήταν ιδιαίτερα αυξημένες. Η μέση τιμή των 3500 mg νιτρικών ανά kg νωπού βάρους (πίνακας 2), έφθασε και ξεπέρασε τις τιμές που έχουν οριστεί από την Ε.Ε. για άλλα λαχανικά όπως τα μαρούλια και τα σπανάκια (Κανονισμός Ε.Ε. 563/2002). Ακόμα υψηλότερες τιμές νιτρικών (4000 mg/kg νβ) παρουσίασαν τα φυτά της ρόκας στην δεύτερη δειγματοληψία (25 ημέρες από την μεταφύτευση των φυτών).

Όμως κατά την τρίτη και τέταρτη δειγματοληψία (30 και 35 ημέρες από την μεταφύτευση των φυτών) και ενώ η χορήγηση του αζώτου με το νερό του ποτίσματος ήταν συνεχής, τα φυτά παρουσίασαν σημαντικότερη μείωση στην περιεκτικότητα (των φύλλων τους κυρίως) σε νιτρικά, τα οποία κατά μέσον όρο ήταν της τάξεως των 2500 mg/kg νβ. Ακόμα παραπέρα σημαντική μείωση στις τιμές των νιτρικών παρατηρήθηκε κατά την πέμπτη δειγματοληψία (40 ημέρες από την μεταφύτευση) και ενώ στα φυτά άρχισε να γίνονται εμφανείς οι καταβολές του ανθικού τους στελέχους (1500 mg/kg νβ).

Από το στάδιο αυτό και μετά, στα ανθισμένα φυτά (6^η δειγματοληψία- 50 ημέρες περίπου από την μεταφύτευση), παρατηρήθηκε αύξηση των νιτρικών που κατά μέσο όρο ήταν της τάξεως των 1900 mg/kg νβ.



Εικόνα 5 : 6^η δειγματοληψία από τα ανθισμένα φυτά

Μια πιθανή εξήγηση για την παραπάνω αυξομείωση των νιτρικών που παρουσίασαν τα φυτά του πειράματός μας μπορούμε να δώσουμε αν λάβουμε υπόψη ότι οι κυριότεροι παράγοντες που προκαλούν την αυξημένη συσσώρευση νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά είναι η υπερβολική αζωτούχος λίπανση (Blom-Zandstra, 1989) και η χαμηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, (Steingrover *et al.*, 1993), σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα νιτρικά (η κύρια μορφή αζώτου αναγκαίου για την ανόργανη διατροφή των φυτών) προσλαμβάνονται από τις ρίζες των φυτών μη εκλεκτικά, μέσω του ρεύματος της διαπνοής των φυτών.

Τα φυτά δεν είναι σε θέση να ελέγξουν την ποσότητα του νιτρικού αζώτου που προσλαμβάνουν από το εδαφικό διάλυμα (μη εκλεκτική απορρόφηση) μέσω του ρεύματος της διαπνοής. Και δεν είναι αναγκαίο αυτό για τα φυτά, καθώς τα νιτρικά δεν είναι τοξικά ιόντα για τα φυτικά κύτταρα. Το πλεονάζον άζωτο συγκεντρώνεται στα χυμοτόπια των κυττάρων (κυρίως των φύλλων και της ρίζας) υπό μορφή των μη τοξικών νιτρικών ανιόντων. Υπό αυτή την μορφή έχει πλέον διπλό ρόλο για τα φυτά. Αποτελεί παρακαταθήκη αζώτου για μελλοντική χρήση στον μεταβολισμό και την βιοσύνθεση αζωτούχων οργανικών ουσιών για τα φυτά, όταν παραστεί σχετική έλλειψη αζώτου στο εδαφικό διάλυμα. Εξίσου όμως σημαντικός είναι ο ρόλος των νιτρικών που αποθησαυρίζονται και συσσωρεύονται στα κυτταρικά χυμοτόπια ως ρυθμιστικές ουσίες

της σπαργής των κυττάρων (ωσμορυθμιστές) (Blom-Zandstra and Lampe, 1983). Ακόμα και σε συνθήκες πλήρους απουσίας του αζώτου από το εδαφικό διάλυμα, νιτρικά εξακολουθούν και ανιχνεύονται στους ιστούς των φυτών.

Οι υψηλές τιμές νιτρικών που προσδιορίστηκαν κατά τις δύο πρώτες δειγματοληψίες στα φυτά της παρούσας εργασίας, μπορεί βάσιμα να θεωρηθεί ότι ήταν αποτέλεσμα αυξημένης χορήγησης αζώτου για τα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών. Με άλλα λόγια δόσεις αζώτου της τάξεως των 200 mgL^{-1} στο νερό του ποτίσματος ήταν αυξημένες για τα νεαρά φυτά, τα οποία λόγω μεγέθους αν και μπορούσαν να απορροφήσουν δεν ήταν σε θέση να αφομοιώσουν τις αυξημένες ποσότητες νιτρικών που τους χορηγήθηκαν.

Στις επόμενες δειγματοληψίες, όπου και τα φυτά αυξήθηκαν σε μέγεθος αλλά και οι συνθήκες έντασης του φωτισμού βελτιώθηκαν, τα φυτά ήταν σε θέση να αφομοιώσουν και να αναγάγουν σε οργανικό άζωτο, μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικού αζώτου και η δόση των 200 mgL^{-1} στο νερό του ποτίσματος φαίνεται να καλύπτει άριστα τόσο τις ανάγκες σε άζωτο των φυτών της ρόκας, αλλά και να μην προκαλεί υπέρμετρη αύξηση στα νιτρικά.

Κατά την πέμπτη δειγματοληψία, όπου ο μεταβολισμός των φυτών αυξήθηκε παραπάνω και λόγω της έναρξης της διαμόρφωσης του ανθικού στελέχους, η ελάττωση των νιτρικών ήταν ακόμα πιο εμφανής. Μετά την ολοκλήρωση της άνθισης, όπου τα φυτά έπαψαν να αυξάνουν την βιομάζα τους και οι ανάγκες τους σε ανόργανο άζωτο άρχισαν να περιορίζονται, η συνεχής παρουσία αζώτου στο νερό του ποτίσματος είχε σαν αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση των νιτρικών στα φύλλα των φυτών της ρόκας.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό του ποτίσματος της τάξης των 200 mgL^{-1} επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες της ανόργανης διατροφής των φυτών της ρόκας χωρίς να προκαλέσουν υπέρμετρη αύξηση στην συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

(Tukey, J. W., 1977. Exploratory data analysis. Reading, PA: Addison-Wesley).

Κανονισμός Ε.Ε. 563/2002. Τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 466/2001 για τον καθορισμό μέγιστων τιμών ανοχής για ορισμένες προσμείξεις στα τρόφιμα (νιτρικά άλατα). Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. L86/5- L86/6.

Kowalenko, C.G. and. Lowe, L.E., 1973. Determination of nitrates in soil extracts. Soil Sci. Soc. Am. Proc.37:660.

Blom-Zandstra, G., and Lampe, J., 1983. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Plant Nutrition 6(7): 611-628.

Steingrover, E.G., Steenhuizen, J.W., and Vander Boon, J., 1993. Effects of low light Intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. Netherlands J. Agric. Sci. 41(1): 13-21.

The Growth Illusion by Richard Douthwaite (1999-05-31)
<https://www.amazon.co.uk/Growth-Illusion-Richard-Douthwaite-1999-05-31/dp/B01LP7FS26>

Γουνιτσιώτη Ηρώ, 2017. Νιτρικά και νιτρώδη. Διαθέσιμο στο : < <https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/15041-nitrika-nitrodi> > [Πρόσβαση στις 30 Ιουνίου 2017].

Καλλιέργεια ρόκας/Καλλιεργητικές τεχνικές. 2015. Διαθέσιμο στο : < <http://agrosimvoulos.gr/kalliergeia-rokas-kalliergitikes-technikes> > [Πρόσβαση στις 5 Ιουλίου 2017]

Μαρίνου Χριστίνα, 2011. Η καλλιέργεια της ρόκας(*Eruca sativa*). ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Πτυχιακή εργασία, Θεσσαλονίκη .Διαθέσιμο στο: < http://index.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/5919/Marinou_Xristina.pdf?sequence=3 > [Πρόσβαση στις 10 Σεπτεμβρίου 2017].

Νιτρώδες νάτριο : ισορροπώντας κινδύνους και οφέλη. Διαθέσιμο στο : < <http://171yk-thess.thess.sch.gr/files/antonakou/files/foodadditives/sodiumnitrate.htm> > [Πρόσβαση στις 30 Σεπτεμβρίου 2017].

Πανταζή Βασιλική, 2013. Επίδραση της αζωτούχου και θειικής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών σε φυτά ρόκας που καλλιεργούνται σε επεξεργασμένο υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Παπαδοπούλου Μαρία Π.,2005.Εκτίμηση κινδύνου ρύπανσης των υδάτων από τη χρήση φυτο-προστατευτικών προϊόντων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά. Διαθέσιμο στο : < http://library.tee.gr/digital/m2067/m2067_papadopoulou.pdf > [Πρόσβαση στις 20 Αυγούστου 2017].

Πισιμίση Ελένη, 2012. Νιτρικά- Απειλή για το περιβάλλον και την υγεία μας. Διαθέσιμο στο : < <http://oikopress.gr/index.php/sustainable-growth/103-a> > [Πρόσβαση στις 13 Σεπτεμβρίου 2017].

Ράπτη Βασιλική, 2009. Επίδραση της θειϊκής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στο μαρούλι και στο ραπάνι καλλιεργουμένων σε τεχνητό υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Σάββας, 2000 από την πτυχιακή της Ράπτη Βασιλική, 2009. Επίδραση της θειϊκής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στο μαρούλι και στο ραπάνι καλλιεργουμένων σε τεχνητό υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Τα νιτρώδη άλατα στη διατροφή. 2006. Διαθέσιμο στο : < http://inmedis.gr/articles/news_results.asp?id=38 > [Πρόσβαση στις 14 Σεπτεμβρίου 2017].

Douthwaite, 1999 από την πτυχιακή της Πανταζή Βασιλική, 2013. . Επίδραση της αζωτούχου και θειϊκής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών σε φυτά ρόκας που καλλιεργούνται σε επεξεργασμένο υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Epidemiology, 2001 από την πτυχιακή της Ράπτη Βασιλική, 2009. Επίδραση της θειϊκής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών στο μαρούλι και στο ραπάνι καλλιεργουμένων σε τεχνητό υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Weyer, Gerham, 2001 από την πτυχιακή της Πανταζή Βασιλική, 2013. . Επίδραση της αζωτούχου και θειϊκής λίπανσης στη συσσώρευση νιτρικών σε φυτά ρόκας που καλλιεργούνται σε επεξεργασμένο υπόστρωμα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΔΠΜΣ «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες». Διπλωματική Εργασία. Ιωάννινα.

Οι εικόνες είναι φωτογραφικό υλικό από Μακρή Αγγελική και Φιλή Γεωργία.

