

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ
ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

NITRATE ACCUMULATION WITH REGARD TO THE
STAGE OF DEVELOPMENT OF SPINACH PLANTS



Επιβλέπων Καθηγητής

Καθ. Χαράλαμπος Καριπίδης

Πτυχιακή διατριβή

Τζιμπράκου Αμαρίλντ

Άρτα 2019

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΣΠΑΝΑΚΙ.....	8
1.1 Εισαγωγή.....	8
1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	8
1.3 Απαιτήσεις σε κλίμα.....	10
1.4 Απαιτήσεις σε έδαφος.....	12
1.5 Λίπανση.....	12
1.6 Πολλαπλασιασμός.....	13
1.7 Καλλιεργητικές περιποιήσεις.....	15
1.8 Συγκομιδή.....	16
1.9 Αποδόσεις.....	17
1.10 Ποικιλίες.....	17
1.11 Ποιότητα.....	19
1.12 Θρεπτική αξία.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	22
2.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ.....	22
2.1.1 Χρησιμοποίηση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά.....	22
2.1.2 Αναγωγή νιτρικών ιόντων.....	23
2.1.3 Αναγωγή νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη.....	24
2.1.4 Αναγωγή νιτρώδων ιόντων σε αμμωνιακά.....	26
2.1.5 Συγκέντρωση NO_3^- σε φυτά σπανακιού και μαρουλιού.....	26
2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	28
2.2.1 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά (NO_3^-) και νιτρώδη (NO_2^-).....	28
2.2.2 Τοξικότητα από νιτρικά και νιτρώδη στον άνθρωπο.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	31
3.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ.....	31
3.1.1 Σκοπός του πειράματος.....	31
3.1.2 Υλικά και μέθοδοι.....	31
3.1.3 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	31
3.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ.....	33
3.2.1 Τρόπος και χρόνος δειγματοληψίας.....	33
3.2.2 Μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων.....	34
3.2.3 Προετοιμασία των φυτικών ιστών για ανάλυση.....	34
3.2.4 Εήρανση σε φούρνο.....	34
3.2.5 Άλεσμα των φυτικών ιστών.....	35
3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ.....	36
3.3.1 Εκχύλιση των νιτρικών από τα ξηρά δείγματα.....	36
3.3.2 Ανάπτυξη χρώματος –Μέθοδος χρωμοτροπικού οξέος.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	43
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	46
ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έγινε καλλιέργεια σπανακιού με απευθείας σπορά στο έδαφος, στο θερμοκήπιο του ΤΕΙ Ηπείρου. Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα των ιστών του σπανακιού σε νιτρικά κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών και να διαπιστωθεί αν υπάρχει σχέση μεταξύ νιτρικών και σταδίων ανάπτυξης κατά την καλλιέργεια του σπανακιού στο έδαφος. Ο προσδιορισμός των νιτρικών στους ιστούς του σπανακιού έγινε με την φωτομετρική μέθοδο του χρωμοτροπικού οξέος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τις χαμηλότερες τιμές νιτρικών αφορούσαν τα νεαρά και τα πιο αναπτυγμένα φυτά, ενώ οι υψηλότερες τιμές νιτρικών είχαν τα φυτά που βρίσκονταν σε ενδιάμεσο στάδιο ανάπτυξης.

ABSTRACT

Spinach plants were cultivated with direct dissemination of the seeds in the ground, in the greenhouse of TEI of Epirus. The purpose of the experiment was the determination of the concentration of the fibers of spinach in nitrates during the development of the plants to establish the relationship between the nitrates and the stage development during the cultivation of spinach in the ground. The determination of nitrates in the fibers of spinach was applied by the photometric method of chromotropic acid. The results showed that the young and the most developed plants had the lowest amount of nitrates, while the plants that are in the intermediate stage of development had the highest amount of nitrates.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία αυτή έγινε στην προσπάθεια της κατανόησης της συσσώρευσης των νιτρικών στα στάδια ανάπτυξης του σπανακιού και τα προβλήματα που προκαλούνται στον άνθρωπο από τα νιτρικά.

Η επιλογή του θέματος έγινε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χαράλαμπο Καριπίδη και με βάση την επιθυμία του γράφοντα να προσεγγίσει ένα χώρο που αφορά άμεσα την υγεία μας και αποτελεί πηγή σημαντικού προβληματισμού, όχι μόνο των καταναλωτών λαχανικών, αλλά και των κυβερνήσεων των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των άλλων κρατών, όπως ακόμα και των μεγάλων διεθνών οργανισμών όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

Για να γίνει αυτή η έρευνα πάνω σε πειραματικό αγρό καλλιέργειας σπανακιών εργάστηκαν πολλοί τους οποίους και ευχαριστώ. Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χαράλαμπο Καριπίδη για την αμέριστη συμπαράσταση του σε όλη αυτή την δύσκολη προσπάθεια, την κ. Βούλα Υφαντή που βοήθησε στις αναλύσεις των φυτικών ιστών. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του τμήματος Φυτικής Παραγωγής, για όλα όσα διδάχτηκα κατά την διάρκεια της φοίτησης μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΠΑΝΑΚΙ

Spinacia oleracea L.

(Σπανάκιον το λαχανώδες)

Οικογένεια: Amaranthaceae (Chenopodiaceae)

Δικοτυλήδονο: $2n=12$ ή $4n=24$

1.1 Εισαγωγή

Το σπανάκι είναι μέλος σήμερα της οικογένειας των Amaranthaceae (παλαιότερα Chenopodiaceae) και συγγενές με το σέσκουλο, παντζάρι κ.ά. Το όνομα *Spinacia* προέρχεται από το λατινικό *spina*, που σημαίνει άκανθα – ακανθωτός καρπός και το *oleracea* από το Ισπανικό, που σημαίνει βότανο γλάστρας. Υπάρχει και το σπανάκι της Νέας Ζηλανδίας (*Tetragonia tetragonioides*), το οποίο μοιάζει με το κοινό σπανάκι, έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες, ανήκει όμως στην οικογένεια των Tetragoniaceae.

Το σπανάκι καλλιεργείται ευρέως σε πολλές χώρες του κόσμου, σε εποχές κατά τη διάρκεια των οποίων το κλίμα είναι ψυχρό και υγρό, δηλ. όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Στις εύκρατες περιοχές καλλιεργείται από το τέλος του καλοκαιριού, και όλο τον χειμώνα μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού του επόμενου έτους. Στις βορειότερες χώρες καλλιεργείται από αργά την άνοιξη – το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Σε μερικές βόρειες χώρες επιχειρείται η καλλιέργεια του σπανακιού σε θερμοκήπια χωρίς θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες.

1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες

Φυτό: Ετήσιο, ποώδες φυτό, ψυχρής εποχής. Απαιτούνται περίπου 1,0-2,5 μήνες από τη σπορά μέχρι του εμπορικού σταδίου συγκομιδής. Καλλιεργείται για τα φύλλα του.

Ρίζα: Αναπτύσσει βαθιά κεντρική ρίζα και μεγάλο αριθμό πλάγιων δευτερευουσών επιφανειακών ριζών.

Βλαστός- φύλλα: Αρχικά το φυτό σχηματίζει εμφανή ροζέτα από τα φύλλα τα οποία βρίσκονται πολύ πυκνά τοποθετημένα, εναλλασσόμενα, πάνω σε υποτυπώδη μη ανεπτυγμένο βλαστό. Τα πολυάριθμα σαρκώδη φύλλα μπορεί να έχουν λεία επιφάνεια ή ζαρωμένη, κυματοειδή (τύπος *savoy*), ανάλογα με την ποικιλία. Το έλασμα των φύλλων μπορεί να είναι ωσειδές, στρογγυλεμένο ή τριγωνοειδές και φέρεται πάνω σε κοντό μίσχο. Η ανάπτυξη των φύλλων ποικίλλει από πλάγια σε όρθια θέση και επηρεάζεται μερικώς από τις αποστάσεις φύτευσης. Κατά το δεύτερο στάδιο ανάπτυξης, το αναπαραγωγικό, ο βλαστός επιμηκύνεται και σχηματίζεται ανθικό στέλεχος που φέρει λεπτά επιμήκη οξύληκτα φύλλα.

Άνθη-Ανθοφόρος Βλαστός: Είναι φυτό δίοικο, δηλ. τα αρσενικά και θηλυκά άνθη φέρονται σε διαφορετικά φυτά και οι σπόροι παράγονται από το θηλυκό φυτό, ενώ το αρσενικό φυτό καταστρέφεται σύντομα μετά την άνθηση. Η αναλογία εμφάνισης αρσενικών και θηλυκών φυτών είναι 1:1. Η γύρη μεταφέρεται με τον άνεμο, είναι δηλ. ανεμόφιλο φυτό. Η γονιμοποιημένη ωοθήκη αναπτύσσεται σε καρπό που φέρει μόνο ένα σπόρο. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά άνθησης, τα φυτά στο σπανάκι διακρίνονται σε 4 τύπους (α) εξαιρετικά αρσενικά, (β) βλαστητικά αρσενικά, (γ) θηλυκά και (δ) φυτά (σπάνια) με ερμαφρόδιτα άνθη. Παρατηρούνται επίσης και μόνοικα (μονόικα) δίκλινα, δηλ. εμφανίζονται σε διάφορες αναλογίες αρσενικά και θηλυκά άνθη στο ίδιο φυτό. Τα αρσενικά φυτά σχηματίζουν ανθικά στελέχη και ανθίζουν πιο νωρίς από τα θηλυκά. Στην πράξη προτιμώνται τα βλαστητικά αρσενικά και τα θηλυκά, γιατί έχουν φύλλα μεγαλύτερα, αργούν να σχηματίσουν ανθικά στελέχη και δίνουν μεγαλύτερη παραγωγή, ενώ τα εξαιρετικά αρσενικά, τα οποία επίσης ανθίζουν πολύ νωρίτερα, έχουν φύλλα μικρά.

Το φύλο των φυτών αναγνωρίζεται μετά την εμφάνιση των ανθοφόρων στελεχών (κούφιο εσωτερικά και με αυλακώσεις στην εξωτερική επιφάνεια, διακλαδιζόμενο) τα οποία αναπτύσσονται σε ύψος περίπου 70-100 εκ. μετά από έκθεση των φυτών σε μεγάλες φωτοπεριόδους.

Τα άνθη φέρονται πάνω σε μαχαλιαίες ταξιανθίες ή σε επάκριες (όπως τα αρσενικά). Τα καθαρώς αρσενικά φυτά σχηματίζουν στο υψηλότερο τμήμα των ανθοφόρων στελεχών μικρά φύλλα, ενώ τα θηλυκά ή αρρενοθήλεα φυτά φέρουν μέχρι το άκρο των στελεχών τους φύλλα, τα οποία είναι πλήρως ανεπτυγμένα. Σε κάθε ανθοφόρο κλάδο η άνθηση γίνεται διαδοχικά.

Το θηλυκό άνθος είναι μικρό, υποπράσινο και στερείται στεφάνης, αποτελείται δε από απλή ωοθήκη με 4-5 στύλους που φέρονται πάνω σε οδοντωτό κάλυκα (2-4

δόντια). Τα άνθη εμφανίζονται σε ταξιανθίες στους άξονες των φύλλων και διατηρούνται επιδεκτικά επικονίασης για αρκετές ημέρες.

Το αρσενικό άνθος αποτελείται από 4-5 στήμονες που φέρονται πάνω σε τετράλοβο ή πεντάλοβο κάλυκα (δηλ. 4-5 σέπαλα). Τόσο τα αρσενικά όσο και τα θηλυκά στερούνται πετάλων, δεν διακρίνονται δε εύκολα επί του φυτού. Το σπανάκι είναι ένα από τα σχετικά λίγα φυτά, όπου οι γυρεοσωλήνες διακλαδίζονται κατά την ανάπτυξή τους στον στύλο και μετά την γονιμοποίηση συνεχίζουν την ανάπτυξη τους υπό μορφή μυκηλίου.

Κάθε θηλυκό άνθος, αφού γονιμοποιηθεί, δίνει ένα σπόρο ο οποίος περικλείεται από τα μέρη του κάλυκα.

Καρπός: Η γονιμοποιημένη ωοθήκη αναπτύσσεται σε καρπό ο οποίος φέρει ένα μόνο σπόρο. Ο καρπός στο σπανάκι ονομάζεται σπόρος και είναι σκληρός σφαιροειδής.

Σπόρος: Υπάρχουν δύο τύποι σπόρων στο σπανάκι. Αυτοί που έχουν ακανθωτή εξωτερική επιφάνεια και οι άλλοι που έχουν λεία επιφάνεια. Ο ακανθωτός τύπος αποτελεί πρωτόγονο χαρακτήρα.

Με βάση τα δύο αυτά χαρακτηριστικά του σπόρου διακρίνουμε στο σπανάκι δύο βοτανικές ποικιλίες:

α) *Spinacia oleracea* var. *L. typica* Beck: με καρπό (σπόρο) ακανθώδη

β) *Spinacia oleracea* var. *L. glabra* (Mill.) Moench: με καρπό (σπόρο) χωρίς άκανθες.

Σήμερα καλλιεργούνται ποικιλίες που ανήκουν στη (β) βοτανική ποικιλία.

Σε 1 γραμμάριο περιλαμβάνονται 100-125 σπόροι. Ο σπόρος διατηρεί τη βλαστική ικανότητα του για 4-5 χρόνια.

Στο εξωτερικό περίβλημα του σπόρου υπάρχει ανασταλτικός της βλάστησης παράγων.

1.3 Απαιτήσεις σε κλίμα

Το σπανάκι είναι φυτό ψυχρής εποχής και ευδοκιμεί σε περιοχές με μέση θερμοκρασία 16 – 20 °C, αλλά αποδίδει ικανοποιητικά και σε χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες, γύρω στους 10 °C. Νεαρά φυτά μπορούν να ανεχθούν θερμοκρασίες παγετού μέχρι και -9 °C, χωρίς να υποστούν σημαντικές ζημιές. Η θερμοκρασία

επιηρεάζει την ποιότητα των φύλλων. Χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν αύξηση του πάχους των φύλλων και μειώνουν το μέγεθος και την παραγωγή.

Η άριστη θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση του σπόρου κυμαίνεται από 10-15 °C. Ο σπόρος του σπανακιού εισέρχεται σε λήθαργο σε θερμοκρασίες πάνω από 30 °C, για τον λόγο αυτό η βλάστηση του είναι αδύνατη ή πολύ περιορισμένη σε υψηλές θερμοκρασίες. Στο πίνακα 1.1 παρουσιάζονται η επίδραση της θερμοκρασίας του εδάφους πάνω στο ποσοστό βλαστικότητας και στο χρόνο που απαιτείται για τη βλάστηση του σπόρου του σπανακιού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Επίδραση της θερμοκρασίας εδάφους στο ποσοστό βλαστικότητας και στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη βλάστηση του σπόρου του σπανακιού.

Θερμοκρασία (°C)	Βλαστικότητα %	Ημέρες για τη βλάστηση του σπόρου
0	83	63
5	96	23
10	91	12
15	82	7
20	52	6
25	30	5
30	30	6
35	0	-

Πηγή: Harrington and Minges (1954)

Όσον αφορά την αντίδραση στον φωτοπεριορισμό, το σπανάκι είναι φυτό μεγάλης ημέρας, δηλ. για να σχηματίσει ανθικό στέλεχος και άνθη, θα πρέπει η διάρκεια της ημέρας (φωτός) να είναι μεγάλη. Για την καλλιέργεια του φυτού για κατανάλωση θα πρέπει να καλλιεργείται, όταν το μήκος της ημέρας είναι μικρό. Όταν επικρατούν μεγαλύτερες ημέρες από την «κριτική ελάχιστη», η παρουσία υψηλών θερμοκρασιών προκαλεί πρόωμη εμφάνιση ανθικών στελεχών (εαρινοποίηση). Η εμφάνιση αυτή των ανθικών στελεχών επιταχύνεται με την αύξηση του μήκους της ημέρας, και μάλιστα τα μεγαλύτερης ηλικίας φυτά είναι πιο ευαίσθητα στην άνθηση, σε σύγκριση με τα νεαρής ηλικίας φυτά. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι έκθεση των φυτών σε χαμηλές θερμοκρασίες και στη συνέχεια η παρουσία υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλου μήκους ημέρες οδηγεί στην πιο γρήγορη άνθηση του σπανακιού. Πυκνή φύτευση επίσης συμβάλλει στον πρόωμο σχηματισμό ανθικών

στελεχών σε σύγκριση με αραιή φύτευση. Οι ποικιλίες μεταξύ τους διαφέρουν στην αντίδραση στον φωτοπεριορισμό. Η «κριτική περίοδος» κυμαίνεται από 12,5-15,0 ώρες. Έχει παρατηρηθεί ότι η βλαστική ανάπτυξη του σπανακιού είναι ταχύτερη, όταν καλλιεργείται σε ελαφρά μικρότερη από την «κριτική περίοδο» φωτοπερίοδο της συγκεκριμένης ποικιλίας. Θα πρέπει επομένως οι ποικιλίες που θα καλλιεργηθούν να επιλέγονται ανάλογα με την «κριτική» φωτοπερίοδό τους, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση της περιοχής καλλιέργειας (γεωγραφικό πλάτος και την εποχή καλλιέργειας). Οι φθινοπωρινές και χειμερινές σπορές δίνουν καλύτερη ποιότητα προϊόντος, ενώ οι όψιμες ανοιξιάτικες σπορές κινδυνεύουν να υποστούν εαρινοποίηση και να ανθίσουν, πριν τα φυτά αναπτύξουν αρκετό φύλλωμα. Επομένως πρέπει να επιλέγονται ποικιλίες με ανθεκτικότητα στον σχηματισμό ανθικών στελεχών, όταν πρόκειται να ωριμάσουν σε συνθήκες μεγάλων ημερών και υψηλών θερμοκρασιών.

1.4 Απαιτήσεις σε έδαφος

Εδάφη μέσης συστάσεως, όπως τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη, πλούσια σε οργανική ουσία, είναι τα πλέον κατάλληλα για την καλλιέργεια του σπανακιού. Σε περιοχές όμως με υψηλές βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας τα ελαφρά αμμώδη εδάφη που στραγγίζουν ευκολότερα θεωρούνται ακόμη περισσότερο κατάλληλα. Τα φυτά έχουν αρκετή ανθεκτικότητα στην αλατότητα αλλά είναι ευαίσθητα στην οξύτητα του εδάφους. Το άριστο pH πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,0-7,5. Το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά και σε χαμηλότερο pH μέχρι 5,5, καθώς και σε ελαφρά αλκαλικό εδαφικό περιβάλλον. Πιο όξινα εδάφη πρέπει να αποφεύγονται ή να διορθώνονται με προσθήκη ενώσεων ασβεστίου. Εάν το pH είναι πολύ υψηλό παρατηρείται τροφοπενία Μαγγανίου (Mn) και τα φύλλα κιτρινίζουν.

1.5 Λίπανση

Το σπανάκι είναι φυτό ταχείας ανάπτυξης και συμπληρώνει την ανάπτυξη του από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή σε σύντομο χρονικό διάστημα (35-70 ημέρες). Επομένως χρειάζεται αρκετές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων σε σύντομο χρονικό διάστημα και ιδίως στο τελικό στάδιο της ανάπτυξής του. Πειράματα έδειξαν ότι τα φυτά απέκτησαν το 68% του νωπού βάρους τους τις τελευταίες 21 ημέρες πριν τη

συγκομιδή. Επίσης σημειώνεται ότι σε πειράματα με ανοιξιάτικη καλλιέργεια στην Καλιφόρνια έχει υπολογισθεί ότι αφαιρούνται από το έδαφος συνολικά 15,0 κιλά N, 2,2 κιλά P, 21,9 κιλά K, 3,8 κιλά Ca, 4,1 κιλά Mg και 4,0 κιλά Na το στρέμμα.

Για να υπολογισθεί η ποσότητα των λιπασμάτων που θα προστεθεί στο έδαφος, φρόνιμο είναι να προηγηθεί ανάλυση του εδάφους και προσθήκη λιπασμάτων με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης και θα πρέπει παράλληλα να συνυπολογιστεί ο τύπος του εδάφους, η λίπανση σε προηγούμενη καλλιέργεια, η εποχή κ.λπ.

Γενικότερα, οι ποσότητες των λιπασμάτων σε κιλά/στρέμμα που συνιστώνται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Συνιστώμενες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (μονάδες/στρέμμα) για την καλλιέργεια του σπανακιού, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

Θρεπτικό στοιχείο	Τύπος εδάφους	
	Γόνιμα εδάφη	Άγονα εδάφη
Άζωτο (N)	3-6	7-11
Φώσφορος (P ₂ O ₅)	11-17	11-17
Κάλιο(K ₂ O)	0-17	0-17

Σημειώνεται ότι προσθήκη οργανικής ουσίας σε ποσότητες 4-5 τον./στρ. καλά χωνεμένης κοπριάς βοήθα σημαντικά στην ανάπτυξη και παραγωγή του σπανακιού. Η εφαρμογή κοπριάς συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας των χημικών λιπασμάτων που προστίθενται.

Για τον έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης των φυτών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας μπορεί να εφαρμοστεί η φυλλοδιαγνωστική σε δείγμα μίσχων από νεαρά ώριμα φύλλα και ο προσδιορισμός των στοιχείων επί του ξηρού βάρους. Θεωρούνται επαρκείς οι ποσότητες 0,6% για το άζωτο, 0,3% για τον φώσφορο και 4% για το κάλιο. Σε περίπτωση χαμηλότερων συγκεντρώσεων θα πρέπει να προστεθούν ανάλογες ποσότητες των στοιχείων που είναι ελλειμματικά. Το σπανάκι έχει ανάγκη από αρκετές ποσότητες βορίου. Προσοχή από τις τροφοπενίες μαγνησίου, βορίου, χαλκού και μολυβδαινίου.

1.6 Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός του σπανακιού γίνεται αποκλειστικά και μόνο με σπόρο. Δεν γίνεται μεταφύτευση από το σπορείο στον αγρό, αλλά απευθείας σπορά στο χωράφι. Η σπορά γίνεται σε αλίες, στις παρυφές αυλάκων ή σε αναχώματα, ανάλογα

με τον τύπο του εδάφους και το σύστημα άρδευσης. Στις εύκρατες περιοχές η καλλιέργεια ξεκινά από το τέλος του καλοκαιριού (Αύγουστο) και συνεχίζεται σταδιακά μέχρι της αρχής άνοιξης (Μάρτιο) του επόμενου χρόνου, ώστε τα φυτά να αναπτύσσονται και συγκομίζονται σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες. Μπορεί να γίνονται σπορές και αργότερα αλλά πρέπει να επιλέγονται ποικιλίες ανθεκτικές στον σχηματισμό ανθικών στελεχών ή να σπέρνονται σε μεγάλα υψόμετρα όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Στην Ελλάδα η σπορά γίνεται από τα μέσα Αυγούστου έως τις αρχές Φεβρουαρίου. Σε ένα γραμμάριο σπόρου υπάρχουν περίπου 90 σπόροι, ενώ η ποσότητα του σπόρου που χρειάζεται για απευθείας σπορά ενός στρέμματος είναι 2-3 κιλά. Το βάθος σποράς κυμαίνεται στα 1,2 εκ. -1,9 εκ. ανάλογα με την καλλιεργητική τεχνική και τον τύπο του εδάφους. Η ποσότητα του σπόρου που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη σπορά εξαρτάται, επίσης, από τη χρήση για την οποία προορίζεται η καλλιέργεια, τη διαμόρφωση των γραμμών και τον απαιτούμενο πληθυσμό των φυτών. Αν η σπορά γίνεται με μηχανές ακριβείας, χρησιμοποιούνται 350-500 γραμμάρια σπόρου ανά στρέμμα. Μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου χρησιμοποιείται όταν το σπανάκι προορίζεται για νωπή κατανάλωση, διότι η φυτεία συγκομίζεται όταν είναι ακόμη σε νεαρό στάδιο και τα φύλλα είναι μικρά και ευθυτενή. Μικρότερη ποσότητα σπόρου χρησιμοποιείται όταν το σπανάκι προορίζεται για επεξεργασία, διότι η καλλιέργεια μένει στον αγρό περισσότερο χρόνο, έως ότου αναπτύξει μεγάλα φύλλα. Επίσης, η ποσότητα του σπόρου θα πρέπει να μειώνεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, διότι βελτιώνεται η βλαστικότητα των σπόρων. Οι αποστάσεις μεταξύ γραμμών ποικίλουν από 13 εκ. - 40εκ., ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν. Επί των γραμμών έχουμε 8-10 φυτά ανά 30 εκ., όταν το προϊόν προορίζεται για νωπή κατανάλωση, ενώ για σπανάκι που προορίζεται για επεξεργασία έχουμε μικρότερους πληθυσμούς φυτών (3-5 φυτά ανά 30 εκ.), καθώς τα φυτά συγκομίζονται όταν αποκτήσουν μεγαλύτερο μέγεθος. Στην Ελλάδα οι εφαρμοζόμενες αποστάσεις φύτευσης στη γραμμική σπορά είναι 20-30 εκ. μεταξύ των γραμμών και 10-15 εκ. επί των γραμμών. Σε άλλες χώρες οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών κυμαίνονται από 13,0 – 40,5 εκ.

1.7 Καλλιεργητικές περιποιήσεις

α) Καταπολέμηση ζιζανίων

Σκαλίσματα για την καταπολέμηση ζιζανίων, αν επιβάλλεται να γίνονται, θα πρέπει να εφαρμόζονται με μεγάλη προσοχή, γιατί το ριζικό σύστημα του φυτού είναι πολύ επιφανειακό, επομένως επιφανειακό πρέπει να είναι και το σκάλισμα. Σε γραμμικές καλλιέργειες και μεγάλες εκτάσεις σκαλίσματα μεταξύ των γραμμών φύτευσης γίνονται με μηχανικά μέσα.

Βοτανίσματα για απομάκρυνση ζιζανίων γίνονται εφόσον υπάρχουν ζιζάνια στο χωράφι και οι άλλες μέθοδοι καταπολέμησης τους δεν ήταν πλήρως αποτελεσματικές (ζιζανιοκτόνα, σκαλίσματα). Όταν εφαρμόζονται μηχανικά σκαλίσματα σε γραμμικές σπορές, πιθανόν να χρειάζεται βοτάνισμα πλησίον των φυτών και επί της γραμμής φύτευσης.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων με ζιζανιοκτόνα είναι πιο αποτελεσματική, όταν το έδαφος έχει προετοιμαστεί και είναι καθαρό από ζιζάνια. Πειράματα έδειξαν ότι για τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται, η εφαρμογή τους πριν τη σπορά εξασφαλίζει καλύτερο έλεγχο των ζιζανίων παρά τη εφαρμογή τους μετά τη σπορά.

β) Αραίωμα φυτών

Συνήθως δεν γίνεται αραίωμα φυτών, εκτός εάν επιδιώκεται η παραγωγή μεγάλων και ομοιόμορφων φυτών. Οι καλλιεργητές συνήθως συγκομίζουν στην αρχή τα μεγάλα φυτά και έτσι δίνεται η ευκαιρία και στα υπόλοιπα να μεγαλώνουν μέχρι την επόμενη συγκομιδή.

γ) Άρδευση

Λόγω του κοντού ριζικού του συστήματος το σπανάκι ευδοκimeί σε εδάφη με ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας. Αν οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές, θα πρέπει να εφαρμόζονται αρδεύσεις για να αποφευχθεί η καταπόνηση των φυτών και αυτό γιατί το σπανάκι είναι φυτό ταχείας ανάπτυξης, με αποτέλεσμα να είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στην καταπόνηση από έλλειψη νερού. Οι καλλιέργειες ποτίζονται συνήθως με κατάκλιση, με αυλάκια ή με καταιονισμό. Συνιστάται κατά τις περιόδους χωρίς βροχοπτώσεις να εφαρμόζεται ένα πότισμα κάθε 7-10 ημέρες με 25χιλ. ύψος νερού. Υπερβολική άρδευση μπορεί να επιφέρει μείωση της παραγωγής, καθώς αυξάνονται οι κίνδυνοι προσβολής από ασθένειες που ευνοούνται σε συνθήκες

υψηλής υγρασίας. Επίσης, θα πρέπει κατά τα ποτίσματα να δίνεται μεγάλη προσοχή ώστε να μην πέφτει χώμα πάνω στα φύλλα, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα τους.

1.8 Συγκομιδή

Η συγκομιδή στην Ελλάδα ξεκινά από τον Οκτώβριο και συνεχίζεται μέχρι τον Μάιο-Ιούνιο του επόμενου έτους, όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή είναι σχετικά σύντομο και διαρκεί από 35-70 ημέρες, ανάλογα με τον ρυθμό ανάπτυξης του φυτού (ποικιλία), που επηρεάζεται από την εποχή και το κλίμα που επικρατεί, όπως επίσης και από το στάδιο ανάπτυξης που επιλέγει ο καλλιεργητής να το συγκομίσει, παρακολουθώντας τις τιμές της αγοράς, π.χ. εάν η τιμή είναι υψηλή, η συγκομιδή επισπεύδεται. Οι περισσότερες φυτείες είναι έτοιμες για συγκομιδή μετά από 40-50 ημέρες. Η καλλιέργεια παραμένει στο έδαφος συνήθως από 2-4 μήνες (σπορά μέχρι ολοκλήρωση της συγκομιδής).

Το φυτό συγκομίζεται, όταν έχει αναπτύξει πλήρως 5-6 φύλλα. Το φυτό, εάν παραμείνει στο έδαφος, συνεχίζει να παράγει νέα φύλλα, ενώ τα παλαιά αρχίζουν να γερνούν και να ξηραίνονται. Στη διάρκεια της ζωής του φυτού από νεαρό φυτάριο μέχρι την πλήρη ωρίμαση παράγονται συνολικά 22-26 φύλλα/φυτό. Καλής ποιότητας προϊόν, όταν συγκομίζεται για να διατεθεί στην αγορά, δεν πρέπει να έχει αναπτύξει ανθικό στέλεχος ούτε να έχει κιτρινωμένα φύλλα.

Το σπανάκι μπορεί να συγκομίζεται, αφού αποκτήσει εμπορεύσιμο μέγεθος μέχρι λίγο πριν αναπτύξει ανθικό στέλεχος. Όταν το φυτό αρχίσει να σχηματίζει ανθικό στέλεχος δεν είναι πια εμπορεύσιμο. Καθυστέρηση στη συγκομιδή μπορεί να αυξήσει το βάρος του φυτού, όμως η ποιότητα των φύλλων υποβαθμίζεται. Πρώιμες ποικιλίες σπανακιού, οι οποίες φυτεύονται για πρώιμη συγκομιδή, κινδυνεύουν να σχηματίσουν ανθικά στελέχη καθώς οι ημέρες μεγαλώνουν αργά την άνοιξη και στις αρχές του καλοκαιριού. Γενετική βελτίωση για επίτευξη πρωιμότητας στο σπανάκι εξαρτάται από το μήκος της ημέρας, καθώς το χαρακτηριστικό της πρωιμότητας συσχετίζεται με το χαρακτήρα του πρώιμου σχηματισμού ανθικού στελέχους. Όμως ο κύριος αντικειμενικός σκοπός στη γενετική βελτίωση του σπανακιού είναι οι υψηλές αποδόσεις. Ο Parlevliet (1968a,b) εισηγείται η επιλογή για μεγιστοποίηση της παραγωγής να στηρίζεται στο χαρακτηριστικό του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης και του

χαμηλού ρυθμού σχηματισμού φύλλων, γιατί έτσι καθυστερεί η έναρξη του σχηματισμού ανθικών στελεχών.

Το σπανάκι έχει μεγάλη φυλλική επιφάνεια και υψηλό ρυθμό αναπνοής. Επομένως, για να διατηρηθεί η ποιότητα του, θα πρέπει η θερμοκρασία του προϊόντος να μειωθεί αμέσως και γρήγορα μετά τη συγκομιδή, για να αποφευχθεί η μάρανση και απώλεια βάρους. Στο εξωτερικό εφαρμόζουν την ψύξη υπό κενό (vacuum cooling), όπου η θερμοκρασία από 19,5 °C κατέρχεται στους 2,8 °C σε 10 λεπτά. Χρειάζονται 4 ώρες για να μειωθεί η θερμοκρασία του προϊόντος από 16,7 °C μέχρι -1,1 °C, με βεβιασμένο ψυχρό αέρα, στα συνήθη ψυγεία.

1.9 Αποδόσεις

Οι αποδόσεις ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με την περιοχή και την εποχή καλλιέργειας, από 1000-3000 κιλά/στρέμμα. Οι φθινοπωρινές καλλιέργειες δίνουν υψηλότερες αποδόσεις, ενώ οι ανοιξιάτικες χαμηλότερες. Η παραγωγή είναι μειωμένη, όταν οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές, όπως επίσης όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλη φωτοπερίοδος κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας, γιατί ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ανθοφόρων βλαστών σε βάρος του σχηματισμού φύλλων (Parlevliet, 1968b). Στην Ελλάδα οι αποδόσεις κυμαίνονται από 1,5-3,5 τόνους/στρέμμα.

1.10 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες του σπανακιού μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τον τύπο του φύλλου τους: τα ανώμαλης επιφάνειας (savoy), τα ημι-ανώμαλης επιφάνειας (semi-savoy) και τα επίπεδα (smooth).

Επίσης διακρίνονται σε αυτές που χρησιμοποιούνται για νωπή κατανάλωση στην αγορά και αυτές που καλλιεργούνται για μεταποίηση. Το σπανάκι που προορίζεται για την αγορά ανήκει κυρίως σε αυτές που έχουν ανώμαλη επιφάνεια φύλλου (savoy) (έχουν σχετικά μεγαλύτερο μέγεθος), ενώ αυτές για μεταποίηση στα επίπεδα φύλλου (smooth) (διότι αναπτύσσονται πιο γρήγορα, δίνουν υψηλή παραγωγή και πλένονται πιο εύκολα), ενώ τα ημι-ανώμαλης επιφάνειας φύλλου (semi-savoy) χρησιμοποιούνται τόσο για την αγορά όσο και για τη μεταποίηση.

Οι ποικιλίες επίσης μπορεί να διαχωριστούν σε αυτές που σχηματίζουν γρήγορα ανθικά στελέχη και στις άλλες που εμφανίζουν ανθικά στελέχη πολύ αργά.

Επίσης διακρίνονται στις ελεύθερης γονιμοποίησης ποικιλίες (open-pollinated) και στα υβρίδια F₁. Οι ελεύθερης γονιμοποίησης περιλαμβάνουν ποικιλίες μόνοικες και δίοικες.

Μερικές ποικιλίες έχουν την τάση να αναπτύσσονται πλάγια-χαμηλά στο έδαφος, και άλλες έχουν την τάση να αναπτύσσονται προς τα πάνω-όρθιες. Οι τελευταίες προσφέρονται καλύτερα για μηχανική συγκομιδή.

Επίσης διακρίνονται σε αυτές με αγκαθωτό σπόρο και λείο σπόρο. Σήμερα οι πλείστες ποικιλίες έχουν λείο σπόρο ο οποίος είναι εύκολος στη μεταχείριση και φυτεύεται με ακρίβεια από τις σπαρτικές μηχανές.

Ποικιλίες σπανακιού

- **Viroflay:** Πολύ δημοφιλής ποικιλία, κατάλληλη για συγκομιδή το φθινόπωρο, τον χειμώνα και νωρίς την άνοιξη. Τα φυτά είναι ζωηρά, μεγάλα, με ελαφρά πλάγια βλάστηση, με μεγάλα λεία και με σκούρο πράσινο χρώμα φύλλα. Ο σπόρος είναι λείος. Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία και ανθεκτική στον περονόσπορο.
- **Nobel:** Ποικιλία ταχείας ανάπτυξης, κατάλληλη για φθινοπωρινή καλλιέργεια. Έχει φύλλα μεγάλα, πλατιά και σπόρο λείο.
- **Achille (Αχιλλεύς):** Πλατύφυλλο, παραγωγικό, με σκούρο πράσινο φύλλωμα, ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικών στελεχών και στην υγρασία.
- **Geant d' Hiver:** Γαλλικής προέλευσης, με πολύ μεγάλο φύλλωμα σκούρου χρώματος, ανθεκτικό στο κρύο και στις ασθένειες, κατάλληλο για καλλιέργεια σε υγρές περιοχές τον χειμώνα.

Υβρίδια σπανακιού

- **Acosta F₁:** Μπορεί να καλλιεργηθεί όλο τον χρόνο και έχει μεγάλη αντοχή στον σχηματισμό ανθικών στελεχών.
- **Spica F₁:** Μπορεί να καλλιεργηθεί όλο τον χρόνο, ανθεκτικό στον σχηματισμό ανθικού στελέχους.
- **Parys F₁:** Υβρίδιο κατάλληλο για καλλιέργεια το φθινόπωρο και την άνοιξη. Πολύ ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες. Έχει παχιά, σκούρου πράσινου χρώματος και λεία φύλλα, με πολύ μεγάλους μίσχους. Αποδίδει

ικανοποιητικά. Είναι ανθεκτικό στις φυσιολογικές μορφές Α και Β του περονόσπορου και στο μωσαϊκό της αγγουριάς.

- **Correnta F1:** Φυτό με φύλλα χρώματος σκούρου πράσινου. Ο σπόρος είναι σφαιρικός. Είναι όψιμο, κατάλληλο για ανοιξιάτικη σπορά. Είναι ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικού στελέχους, επομένως κατάλληλο και για καλοκαιρινή παραγωγή. Ανθεκτικό στον περονόσπορο.
- **Melody F1:** Υβρίδιο τύπου semi-savoy, με φύλλωμα ελαφρά κυματοειδές, πλατύ, ανθεκτικό στον περονόσπορο. Χρώμα φυλλώματος σκούρο πράσινο. Είναι ανθεκτικό στην παραγωγή ανθικού στελέχους, κατάλληλο για ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή παραγωγή. Καλλιεργείται για νωπή κατανάλωση και για κατάψυξη. Έτοιμο για συγκομιδή 45 ημέρες μετά τη σπορά.
- **Polka F1:** Ταχείας ανάπτυξης φυτό, πολύ παραγωγικό, καλής ποιότητας, με φύλλα μεγάλα, πλατιά και λεία. Είναι ανθεκτικό σε όλες τις φυλές του περονόσπορου. Κατάλληλο για νωπή κατανάλωση και τη βιομηχανία. Κατάλληλη εποχή σποράς από το φθινόπωρο μέχρι αρχές του χειμώνα.

1.11 Ποιότητα

Όπως ελέγχθη και στα προηγούμενα, το σπανάκι καταναλώνεται κυρίως μαγειρεμένο, είτε είναι νωπό ή μεταποιημένο (καταψυγμένο-κονσέρβα). Τα κυριότερα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι το βαθύ πράσινο χρώμα του φύλλου και η απουσία ανάπτυξης βλαστού (ανθοφόρος βλαστός). Το νωπό σπανάκι πρέπει να είναι τραγανό, σαρκώδες και η επιφάνεια των φύλλων ελαφρά κυματώδης. Αντίθετα, για μεταποίηση προτιμώνται τα επίπεδα φύλλα.

Την ποιότητα του σπανακιού επηρεάζουν οι αποστάσεις φύτευσης, το ύψος της αζωτούχου λίπανσης, η ποικιλία και η εποχή καλλιέργειας. Σχετικά πειράματα έδειξαν ότι καλλιέργεια την άνοιξη, όπου η ανάπτυξη του φυτού συντελείται γρήγορα, το χρώμα των φυτών ήταν ανοικτότερο σε σύγκριση με καλλιέργεια του φθινοπώρου. Πυκνή φύτευση προκαλεί επίσης ανοικτό χρωματισμό και αυξάνει την πιθανότητα σχηματισμού ανθικού στελέχους.

Τα φυλλώδη πράσινα κηπευτικά έχουν την τάση να συγκεντρώνουν άζωτο υπό τη νιτρική μορφή (NO_3), ιδιαίτερα ως αποτέλεσμα της εφαρμογής μεγάλων ποσοτήτων (NO_3) για την εξασφάλιση του πράσινου χρώματος και του σαρκώδους των φύλλων. Στη διαδικασία της πέψης τα νιτρικά (NO_3) μετατρέπονται σε νιτρώδη

(NO₂), τα οποία οξειδώνουν την αιμογλοβίνη και σχηματίζουν την μεθεμογλοβίνη. Η ουσία αυτή είναι υπεύθυνη για την πρόκληση θανατηφόρας ασθένειας, που ονομάζεται μεθεμογλοβιναιμία, που προκαλεί σοβαρό πρόβλημα στα μηρυκαστικά ζώα. Στον άνθρωπο, το πιθανό πρόβλημα παρατηρείται στα νήπια, όταν καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες σπανακιού. Η ασθένεια αναφέρεται σαν «blue baby» και πιστεύεται ότι υπερλιπάνσεις με άζωτο υπό μορφή (NO₃) μπορεί να προκαλέσει την πάθηση. Πρόσθετα σημειώνεται ότι η νιτρώδης μορφή του αζώτου (NO₂) μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό νιτροσαμινών, οι οποίες είναι καρκινογόνες.

Η συγκέντρωση νιτρικών (NO₃⁻) στους μίσχους του σπανακιού μπορεί να φθάσει σε τοξικά επίπεδα για τον άνθρωπο. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται μεγάλες ποσότητες νιτρικών και αμμωνιακών λιπασμάτων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Το σπανάκι έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αδιάλυτα οξαλικά άλατα, περισσότερα ίσως από όλα τα άλλα κηπευτικά. Το σπανάκι παράγει οξαλικό οξύ το οποίο μαζί με το ασβέστιο σχηματίζει αδιάλυτο οξαλικό ασβέστιο και συγχρόνως μειώνει τη διαθεσιμότητα του μαγνησίου και σιδήρου. Το οξαλικό ασβέστιο είναι ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος συναντάται σε υψηλότερα ποσοστά στο σπανάκι, σε σύγκριση με πολλά άλλα φυτά, άλλα επίσης παρουσιάζει ενδιαφέρον, γιατί πιθανό να επηρεάζει την απορρόφηση του ασβεστίου από το φυτό (Sackett, 1975). Τα φύλλα του σέσκουλου και παντζαριού, μέλη και αυτά της οικογένειας των Amaranthaceae (Chenopodiaceae), περιέχουν επίσης υψηλά επίπεδα οξαλικών αλάτων. Υπάρχουν όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ ποικιλιών και γενετικών σειρών του σπανακιού, όσον αφορά την ολική περιεκτικότητά τους σε οξαλικά άλατα. Υπάρχουν επίσης σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων σπανακιού με βάση τα φύλλα τους. Ο τύπος savoy έχει χαμηλότερο ποσό οξαλικών αλάτων σε σύγκριση με τους τύπους με λεία φύλλα και ενδιάμεσους (semi savoy). Επίσης έχει βρεθεί ότι, όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες κατά την καλλιέργεια, αυξάνεται η παραγωγή οξαλικού οξέος.

1.12 Θρεπτική αξία

Το σπανάκι είναι το λαχανικό με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α. Στα 100 γραμμάρια νωπού προϊόντος περιέχει 5,800 IU. Επίσης, είναι πλούσιο σε βιταμίνη C (52mg/100g) και σε Ca (107mg/100g) και είναι πολύ καλή πηγή σιδήρου (2.1mg), φωσφόρου (66mg) και μαγνησίου (103mg). Για τον λόγο αυτό, το σπανάκι θεωρείται ένα από τα πλέον θρεπτικά λαχανικά της ομάδας των φυλλωδών λαχανικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

2.1.1 Χρησιμοποίηση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς αποτελεί ένα φυσιολογικό φαινόμενο, που συνδέεται άμεσα με το μεταβολισμό του αζώτου στα φυτά. Τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν το άζωτο είτε υπό μορφή νιτρικών (NO_3^-), είτε υπό μορφή αμμωνιακών (NH_4^+) ιόντων και στη συνέχεια να το ανάγουν και να το ενσωματώσουν στα διάφορα όργανά τους. Ενώ όμως, η αμμωνιακή μορφή αζώτου δεν είναι συγκεντρώσιμη μέσα στους φυτικούς ιστούς, γιατί είναι τοξική για τα φυτά, η νιτρική μορφή συγκεντρώνεται στα μιτοχόνδρια των κυττάρων και χρησιμοποιείται από τα φυτά για να αντισταθμίσει τα θετικά φορτία των ιόντων καλίου, μαγνησίου, ασβεστίου, νατρίου, κ.λπ. και όχι μόνο, αλλά επιτελεί και μια δράση ωσμωρυθμιστική για την αποκατάσταση τυχόν ελλείψεων των οργανικών συντελεστών στα μιτοχόνδρια.

Τα ιόντα NH_4^+ μόλις απορροφηθούν χρησιμοποιούνται στη σύνθεση των αμινοξέων και άλλων αζωτούχων ενώσεων (πουρίνες, πυριμιδίνες, ορισμένα συνένζυμα κ.α.).

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-), αντίθετα, όταν απορροφηθούν από το φυτό θα πρέπει να οργανοποιηθούν μέσω αναγωγής. Αυτό πραγματοποιείται μέσω του **ενζύμου ρεδουκτάση των νιτρικών (NR)** που συντίθεται και ενεργοποιείται από την παρουσία του υποστρώματος του, δηλαδή των νιτρικών ιόντων.

Σε αντίθεση με τα αμμωνιακά ιόντα, **το ποσοστό των νιτρικών που δεν ανάγεται από τα ένζυμα μπορεί να συγκεντρωθεί στα κύτταρα**, χωρίς να βλάψει το φυτό, αλλά παράλληλα αποτελεί και σημαντική πηγή αποθησαυρισμένων θρεπτικών ουσιών. Μάλιστα, το ποσοστό του νιτρικού αζώτου στους ιστούς, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών (διαπιστώνεται μέσω φυλλοδιαγνωστικής), αποτελεί σημαντικό δείκτη της υγιεινής κατάστασης της καλλιέργειας και συνδέεται άμεσα με το τελικό παραγωγικό αποτέλεσμα.

Το χαμηλό ποσοστό συγκέντρωσης των νιτρικών μέσα στο φυτό εκδηλώνεται

με τα τυπικά συμπτώματα της έλλειψης αζώτου, ενώ η περίσσεια των αμμωνιακών ιόντων εκδηλώνεται με τα ίδια συμπτώματα της έλλειψης καλίου, γιατί υπάρχει υψηλός ανταγωνισμός μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων. Ωστόσο, μόνο στις περιπτώσεις όπου η μοναδική πηγή αζώτου είναι η αμμωνιακή, μπορούν να εκδηλωθούν ζημιές στους ιστούς των φυτών.

Από όσα αναφέραμε παραπάνω, προκύπτει **ότι τα νιτρικά αποτελούν διεργασία φυσικής σύνθεσης στα φυτά, η συσσώρευση των οποίων στους φυτικούς ιστούς επηρεάζεται από όλους τους παράγοντες που εμπλέκονται στην αφομοίωση του αζώτου.** Δυστυχώς, η παρουσία των νιτρικών στα βρώσιμα τμήματα των φυτών μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στους καταναλωτές, από τη στιγμή που τα νιτρικά, όταν φαγωθούν, μπορούν να αναχθούν σε νιτρώδη, τα οποία με τη σειρά τους, μπορούν να ενωθούν με τις ελεύθερες αμίνες και να σχηματίσουν νιτροζαμίνες, ενώσεις εξαιρετικά καρκινογόνες. Το πέρασμα από τα νιτρικά σε νιτρώδη μπορεί να συμβεί και μέσω ενζυματικής μορφής.

2.1.2 Αναγωγή νιτρικών ιόντων

Προκειμένου τα φυτά να χρησιμοποιήσουν το ανόργανο άζωτο για να συνθέσουν αμινοξέα πρέπει να το έχουν διαθέσιμο υπό τη μορφή αμμωνιακών ιόντων. Επομένως, όταν τα φυτά προσλαμβάνουν από το έδαφος το άζωτο ως αμμωνία, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως χωρίς καμιά μετατροπή. Μάλιστα, επειδή είναι τοξική, αποθηκεύεται σε πολύ μικρές ποσότητες, σε αντίθεση με τα νιτρικά ιόντα, που ναι μεν μπορούν να αποθηκευτούν στα χυμοτόπια σε μεγαλύτερες ποσότητες, όμως προκειμένου να χρησιμοποιηθούν πρέπει πρώτα να αναχθούν σε αμμωνιακά ιόντα από το φυτό.

Μετά την πρόσληψη των νιτρικών από τις ρίζες, ένα μέρος τους μεταφέρεται στο κυτταρόπλασμα ή στα χυμοτόπια των κυττάρων των ριζών για άμεση χρήση ή για αποθήκευση, ένα άλλο μέρος τους επανεξέρχεται (efflux) και ένα τρίτο μέρος τους μεταφέρεται μέσω των αγγείων του ξύλου στα υπέργεια μέρη του φυτού για αποθήκευση ή άμεση χρήση.

Με τα νιτρικά (NO_3^-), ως την κυριαρχούσα μορφή αζώτου στο έδαφος, τα φυτά και οι μικροοργανισμοί ανέπτυξαν μια ικανότητα να χρησιμοποιούν το ανιόν NO_3^- , ως κύρια πηγή N, που απαιτείται για την αύξηση και ανάπτυξη τους. Έτσι τα

ανώτερα φυτά και οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν NO_3^- πρέπει πρώτα να το ανάγουν σε NH_4^+ . Η αναγωγή των NO_3^- σε NH_4^+ αντιστοιχεί στη μεταβολή του (+5) θετικού σθένους του N στα νιτρικά σε (-3) του αρνητικού σθένους των αμμωνιακών, ήτοι κατά 8 σθένη και άρα την προσθήκη 8 e⁻ στο νιτρικό N. Η αναγωγή αυτή απαιτεί ενέργεια 100 kcal/mol περίπου. Επειδή η αναγωγή αυτή είναι ισχυρά ενεργοδυναμική αντίδραση και τέτοιες αντιδράσεις δεν μπορούν να γίνουν στους ζώντες οργανισμούς μόνο με μία αντίδραση και επειδή τα ένζυμα που τις καταλύουν είναι φορείς ενός ή δύο ηλεκτρονίων, στην πράξη έχουμε πολλές αντιδράσεις οι οποίες γίνονται για να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα.

Η άμεση χρήση των νιτρικών στα κύτταρα της ρίζας ή στα κύτταρα των υπέργειων οργάνων, περιλαμβάνει ως πρώτο βήμα την αναγωγή τους. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από τουλάχιστον δύο αντιδράσεις: την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και των νιτρωδών σε αμμωνιακά, όπου τα NADH^2 ή NADPH δρουν ως αναγωγικά μόρια.

Η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη γίνεται στο κυτταρόπλασμα με τη βοήθεια της **νιτρικής αναγωγάσης** (nitrate reductase, NR). Υπάρχουν 3 ισοένζυμα NR, που διαφέρουν ως προς το αναγωγικό μέσο που χρησιμοποιούν. Το πλέον σύνηθες είναι το NADH-NR , το δεύτερο είναι το NAD(P)H , που χρησιμοποιεί NADH ή NADPH^3 και το τρίτο είναι το NADPH-NR , που έχει βρεθεί μόνο σε μύκητες και φύκη.

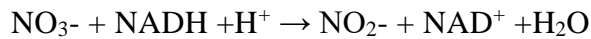
Το ένζυμο βρίσκεται κυρίως στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων της επιδερμίδας και του φλοιού των ριζών, καθώς και στα κύτταρα του μεσόφυλλου στα φύλλα.

Το ένζυμο αυτό είναι ένα σύνθετο μεταλλοένζυμο, που σχηματίζει ομοδιμερή ή ομοτετραμερή μιας υπομονάδας 100-200 KD. Έχει περιοχές πρόσδεσης με το NAD(P)H και τα νιτρικά. Μεταφέρει δύο ηλεκτρόνια στο νιτρικό ιόν από NAD(P)H , με τη βοήθεια τριών αναγωγικών κέντρων που αποτελούνται από δύο προσθετικές ομάδες, φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (flavin adenine dinucleotide, FAD) και αίμη, και έναν συμπάραγοντα Mo. Το N-άκρο της NR ενώνεται με το μεσαίο με την αίμη και το C-άκρο με το FAD.

2.1.3 Αναγωγή νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη

Στο πρώτο στάδιο της αναγωγής των NO_3^- σε NH_4^+ , πραγματοποιείται η

αναγωγή τους σε NO_2^- και η αντίδραση γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση:



Το ένζυμο που καταλύει την αντίδραση αυτή όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι η ρεδουκτάση των νιτρικών ή νιτρική αναγωγή (NR) διαχωρίστηκε και καθαρίστηκε από εκχυλίσματα βακτηρίων, ανωτέρων φυτών από τους Sato και Egami (1949). Δότης ηλεκτρονίων e^- για αναγωγή NO_3^- στα ανώτερα φυτά στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NADH). Σε μερικές περιπτώσεις δότης e^- είναι το νικοτιναμιδο-αδενινο-φωσφορικό δινουκλεοτίδιο (NADPH). Επίσης η ανοιγμένη φλαβίνη μπορεί να αποτελέσει δότη e^- για πολλά φυτά. Η NR είναι το μόνο ένζυμο στα φυτά που περιέχει στο μόριο του μολυβδαίνιο (Mo), το οποίο και είναι θεμελιώδες συστατικό του. Η δραστηριότητα του ενζύμου μπορεί να αυξηθεί με τη χορήγηση NO_3^- ή με το φως (induction). Έτσι, έλλειψη του στοιχείου αυτού προκαλεί συσσώρευση των νιτρικών ιόντων στα φυτικά κύτταρα, με σύμπτωμα τη χλώρωση των φύλλων.

Η ενέργεια της αναγωγής (NADPH) προέρχεται από τη φωτεινή ενέργεια. το NADPH παράγεται στους χλωροπλάστες. Τα σάκχαρα από τους χλωροπλάστες μεταφέρονται και μεταβολίζονται με γλυκόλυση στο κυτόπλασμα. Η οξείδωση της 3-φωσφορικής γλυκεριναλδεϋδης είναι η τελική πηγή του NADPH για την αναγωγή NO_3^- . Οι ρίζες και οι μη χλωροφυλλούχοι ιστοί μπορούν να ανάγουν NO_3^- . Στις περιπτώσεις αυτές η ενέργεια (NADH) προέρχεται από τον αναπνευστικό μεταβολισμό των φυτών (προκύπτει από τη γλυκόλυση και δίνει τα e^- για την αναγωγή NO_3^-).

Τα φυτά μπορούν να διαιρεθούν σε 3 ομάδες, σε σχέση με τη θέση όπου γίνεται η αναγωγή του NO_3^- :

- ◆ Το ξύλο πολλών φυτικών ειδών, κυρίως ξυλωδών φυτών, περιέχει όλο το άζωτο σε οργανική μορφή. Στα φυτά αυτά η αναγωγή NO_3^- , γίνεται στις ρίζες. Ως παράδειγμα αναφέρεται η μηλιά. Σε πολλά άλλα φυτά επίσης η αναγωγή NO_3^- γίνεται στις ρίζες όπως *Vaccinium*, *Rhododendron* κλπ.
- ◆ Σε πολλά φυτά οι ανιόντες χυμοί περιέχουν N κατά 95-99% υπό νιτρική μορφή. Στα φυτά αυτά η αναγωγή γίνεται στα φύλλα. Ως παράδειγμα αναφέρεται το φυτό *Xanthium*.
- ◆ Άλλα φυτά διατηρούν ενεργό νιτρική αναγωγή τόσο στις ρίζες, όσο και στα φύλλα. Πολλά καλλιεργούμενα φυτά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

2.1.4 Αναγωγή νιτρώδων ιόντων σε αμμωνιακά

Τα νιτρώδη (NO_2^-) είναι τοξικά για το κύτταρο. Έτσι, το επόμενο βήμα μετά την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη στο κυτταρόπλασμα είναι η άμεση μεταφορά τους στους χλωροπλάστες των φύλλων ή στα πλαστίδια των κυττάρων της ρίζας για άμεση αναγωγή τους σε αμμωνιακά ιόντα με τη δράση της **νιτρώδους αναγωγάσης ή νιτρώδης ρεδουκτάση** (nitrite reductase, NiR)

Η χρησιμοποίηση του N, όπου αερόβιοι μικροοργανισμοί και ανώτερα φυτά ανάγουν το NO_3^- σε NH_4^+ με σκοπό να ενσωματώσουν το N σε πρωτεΐνη των κυττάρων τους, φέρεται με το όνομα αφομοίωση νιτρικών (NO_3^- assimilation). Είναι δύσκολο να κατανοηθεί γιατί στη φύση το NH_4^+ οξειδώνεται εύκολα σε NO_3^- , το οποίο με τη σειρά του πρέπει ξανά να αναχθεί σε NH_4^+ , προτού να ενσωματωθεί σε αμινοξέα. Ένα πλεονέκτημα είναι κατά πάσα πιθανότητα ότι το NO_3^- αντιπροσωπεύει μια πιο σταθερή μορφή αποθησαυρισμένου N από ότι είναι το πτητικό NH_4^+ , αν και η παρουσία του τελευταίου ως NH_4^+ είναι πιο πιθανή σε ουδέτερα και όξινα εδάφη. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι το μόριο της αμμωνίας είναι μάλλον τοξικό και κατά συνέπεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί στους ιστούς, ενώ τα νιτρικά είναι σχετικά λιγότερο τοξικά και μπορούν να εύκολα να συγκεντρωθούν σε μεγάλες ποσότητες στον κυτταρικό χυμό των φυτών.

Μερικοί μικροοργανισμοί όπως *Escherichia coli* και *B. subtilis* ανάγουν NO_3^- σε NH_4^+ για άλλο σκοπό. Οι μικροοργανισμοί αυτοί χρησιμοποιούν το NO_3^- ως το τελικό δέκτη ηλεκτρονίων αντί του O_2 . Τα ενδιάμεσα προϊόντα είναι NO_2 , N_2O και NH_2OH . Η διεργασία αυτή καλείται **αναπνοή νιτρικών** (NO_3^- respiration). Πολλά βακτήρια (*Pseudomonas denitrificans*, *denitrobacillus*) στα οποία παρατηρείται αναπνοή NO_3^- παράγουν αέριο N_2 αντί για NH_3 . Το N_2 επιστρέφει στην ατμόσφαιρα και αυτή η μετατροπή καλείται απονιτροποίηση. Ελάχιστα είναι γνωστά για τα ένζυμα που παίρνουν μέρος σε αυτή.

2.1.5 Συγκέντρωση NO_3^- σε φυτά σπανακιού και μαρουλιού

Μερικά λαχανικά, όπως το μαρούλι και το σπανάκι συγκεντρώνουν πολλά NO_3^- στους ιστούς τους. Τα φυτά αυτά δεν έχουν, την ικανότητα να ανάγουν τα

NO_3^- , στη ρίζα ή ανάγουν μικρό μέρος στις ρίζες και μεταφέρουν τα περισσότερα νιτρικά στα φύλλα. Τα NO_3^- μπορεί να συγκεντρώνονται στα φύλλα, όταν η αναγωγή τους σε NH_4^+ σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορεί να καλύψει το σύνολο του απορροφούμενου νιτρικού αζώτου, από το έδαφος. Ως εκ τούτου η αποθήκευση των νιτρικών (NO_3^-) στους ιστούς των φυτών είναι αναπόφευκτη (Bloom-Zandstra, 1989).

Δεν συμβαίνει το ίδιο με τη φάση των νιτροδών, διότι η περαιτέρω εξέλιξη της μετατροπής των νιτροδών (NO_2^-) σε αμμωνιακά (NH_4^+), είναι ταχεία και η νιτροδής φάση εξαιρετικά ασταθής.

Υψηλά επίπεδα NO_3^- στα φύλλα μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα και ιδιαίτερα όταν η συσσώρευση αυτών των προϊόντων αυξάνει τα επίπεδα NO_3^- .

2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ NO_3^- 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 τον γονότυπο, την περιεκτικότητα του εδάφους σε NO_3^- 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.

2.2.1 Κίνδυνοι στην υγεία από νιτρικά (NO_3^-) και νιτρώδη (NO_2^-)

Τα νιτρικά (NO_3^-) από μόνα τους δεν είναι τοξικά και όταν εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος 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.

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 mgr NO_3^- -N/Kgr ζώντος βάρους. Τα νιτρώδη σχηματίζονται από αναγωγή των νιτρικών ή χορηγούνται με τα συντηρημένα τρόφιμα. Η μοιραία δόση νιτρωδών (NO_2^-) για τον άνθρωπο είναι περίπου 20 mgr NO_2^- -N/Kgr ζώντος βάρους.

Πριν την κατάποση η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- μπορεί να πραγματοποιηθεί με

τη δράση μικροοργανισμών που βρίσκονται στο νερό, τα φυτά ή τις τροφές, κατά την συντήρησή τους ή λόγω βακτηριακής μόλυνσης των τροφών σε ανοιχτά δοχεία. Επίσης ένζυμα, που απαντώνται στην φύση μπορεί να συμβάλουν σε κάποια συγκέντρωση NO_3^- σε συντηρημένες τροφές.

Με υγιές πεπτικό σύστημα τα NO_3^- απορροφούνται γρήγορα, χωρίς αναγωγή στο ανώτερο τμήμα του πεπτικού σωλήνα. Ανωμαλίες στο πεπτικό σύστημα καθυστερούν την απορρόφηση NO_3^- και αυξάνουν τις πιθανότητες αναγωγής. Η αναγωγή NO_3^- σε NO_2^- είναι πιο πιθανή στα παιδιά σε σύγκριση με τους ενήλικες, λόγω της μικρότερης οξύτητας των πεπτικών τους υγρών, γεγονός που επιτρέπει την επιβίωση των αναγωγικών βακτηρίων του γένους *E. coli* και *Clostridium*.

2.2.2 Τοξικότητα NO_3^- – NO_2^- στον άνθρωπο

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 ενζυματικά 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.

Τα μωρά είναι πολύ πιο ευαίσθητα στη μεθαιμογλοβίνη σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα παιδιά ή τους ενήλικες και κυρίως οι επιπτώσεις επαυξάνονται στα μωρά εκείνα, τα οποία υποφέρουν από γαστρεντερικά προβλήματα. Το πρόβλημα εμφανίζεται έντονα σε χώρες τις Αφρικής, που γίνεται χρήση νερού από πηγάδια με έντονη βακτηριακή μόλυνση. Μελέτες στο Ισραήλ έδειξαν ότι καταστάσεις, όπως η διάρροια, είναι η κύρια αιτία παραγωγής μεθαιμογλοβίνης και όχι οι πιθανές ποσότητες των νιτρικών σε τρόφιμα και νερό (Hegewch – Shiloah 1982).

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 κυανοπορφύρο 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 νιτρωδών και ορισμένων οργανικών αμινών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

3.1.1 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα των ιστών του σπανακιού σε νιτρικά κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών και να διαπιστωθεί αν υπάρχει σχέση μεταξύ νιτρικών και σταδίων ανάπτυξης κατά την καλλιέργεια του σπανακιού στο έδαφος.

3.1.2 Υλικά και μέθοδοι

A. Επιλογή ποικιλίας

Για την καλλιέργεια επιλέχθηκε το υβρίδιο Tahiti F1. Μια ποικιλία σπανακιού χειμερινής καλλιέργειας. Είναι υβρίδιο πολύ πρώιμο, με φύλλο ελάφρα μυτερό, όρθιο και σκούρο πράσινο χρώμα, και μεγάλης αντοχής στο κρύο.

B. Σπορά και ανάπτυξη στον αγρό

Η εγκατάσταση του πειραματικού αγρού έγινε στο θερμοκήπιο του ΤΕΙ Ηπείρου στην Άρτα. Η καλλιέργεια έγινε με απευθείας σπορά στο έδαφος, στο θερμοκήπιο στις 7 Απριλίου 2016. Η επιφάνεια του πειραματικού αγρού ήταν 6 τ.μ. Πριν την σπορά έγινε προετοιμασία του εδάφους, όργωμα και ψιλοχωματισμός. Επίσης κάναμε ενσωμάτωση 300 gr λιπάσματος. Το τύπο λιπάσματος που χρησιμοποιήσαμε ήταν 12-12-17+2 (12%N-12%P-17%K+2%Ca). Έπειτα κάναμε την σπορά, η οποία ήταν γραμμική και οι αποστάσεις που χρησιμοποιήσαμε ήταν μεταξύ των γραμμών 30cm και επί των γραμμών 4cm.

3.1.3 Καλλιεργητικές φροντίδες

Κατά την διάρκεια του πειράματος έγιναν πολλές καλλιεργητικές περιποιήσεις όπως,

- **Καταπολέμηση ζιζανίων**

Τακτικά κάναμε σκαλίσματα και βοτάνισμα για την καταπολέμηση των ζιζανίων.

- **Ποτίσματα**

Από την αρχή της σποράς της καλλιέργειας έως το τελικό στάδιο (από 7 Απριλίου έως 10 Ιουνίου 2016) πραγματοποιήθηκαν συνολικά 24 ποτίσματα. Στον μήνα Απρίλιο πραγματοποιήθηκαν συνολικά 10 ποτίσματα από τις 7 έως τις 30 Απριλίου 2016. Κατά τον δεύτερο μήνα Μάιο πραγματοποιήθηκαν συνολικά 10 ποτίσματα από τις 6 έως 30 Μαΐου 2016. Τέλος, κατά τον μήνα Ιουνίου πραγματοποιήθηκαν συνολικά 5 ποτίσματα από τις 1 έως 10 Ιουνίου 2016.

- **Καταπολέμηση εχθρών**

Στις 12 Μαΐου 2016 έγινε ψεκασμός με εντομοκτόνο λόγω της προσβολής της καλλιέργειας. Το εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Alverde 24 5C με χημική ουσία metaflumizone.

3.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ

3.2.1 Τρόπος και χρόνος δειγματοληψίας

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες 25/5/2016, 1/6/2016 και 14/6/2016, οπότε και συλλέχθηκαν συνολικά 10 φυτά τα οποία ευρίσκοντο σε διάφορα στάδια ανάπτυξης (εικόνες 4.1, 4.2, 4.3) αναφορικά με τον αριθμό των πραγματικών φύλλων και την μέση επιφάνεια αυτών (επιφάνεια ανά φύλλο). Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.





Εικ. 4.1, 4.2, 4.3: Φυτά σπανακιού σε τρία διαφορετικά στάδια ανάπτυξης.

3.2.2 Μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε την ίδια ημέρα, σε χάρτινες σακούλες, οι οποίες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο αμέσως. Με τον τρόπο αυτό αποφεύχθηκε η αποδόμηση της φυτικής μάζας από τους διάφορους μικροοργανισμούς.

3.2.3 Προετοιμασία των φυτικών ιστών για ανάλυση

Επειδή το πλύσιμο των φύλλων δεν κρίθηκε απαραίτητο, γιατί ενδέχεται με το πλύσιμο να απομακρυνθούν και κάποιες ποσότητες νιτρικών, επελέγη η μέθοδος του ξηρού καθαρισμού, με απομάκρυνση όλων των ξένων υλών από την επιφάνεια των φύλλων με ένα στεγνό πανί.

3.2.4 Ξήρανση σε φούρνο

Η ξήρανση των φυτικών ιστών του δείγματος έγινε σε φούρνο στους 70°C για 48 ώρες με σκοπό την απομάκρυνση όλης της ποσότητας του συγκρατημένου νερού και την καταστροφή των ενζύμων με σκοπό τη διακοπή όλων των διεργασιών μέσα στους φυτικούς ιστούς. Ξήρανση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες δεν απομακρύνει όλο το νερό των ιστών, ενώ ξήρανση σε υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να οδηγήσει σε θερμική αποικοδόμηση και διάσπαση της οργανικής ουσίας, μειώνοντας έτσι το ξηρό βάρος. Αμέσως μετά την ξήρανση τα δείγματα ζυγίστηκαν για να υπολογισθεί το ξηρό τους βάρος.

3.2.5 Άλεσμα των φυτικών ιστών

Μετά την ξήρανση των δειγμάτων ακολούθησε η άλεσή τους με ειδικό μύλο, έτσι ώστε να μην επηρεαστεί το αποτέλεσμα της ανάλυσης και παράλληλα με τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του φυτικού ιστού, καθιστά το υλικό εύκολο στους χειρισμούς και ομοιόμορφο.

3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ

Ο προσδιορισμός των νιτρικών στους ιστούς του σπανακιού 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 διαδικασία των πειραματικών μετρήσεων ολοκληρωνόταν σε δύο στάδια:

3.3.1 Εκχύλιση των νιτρικών από τα ξηρά δείγματα

I. 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.

II. Εκτέλεση της διαδικασίας εκχύλισης:

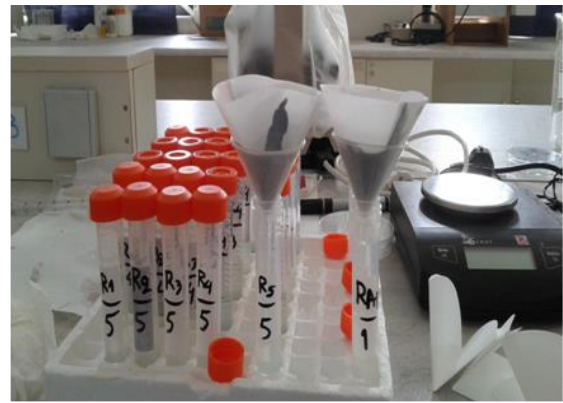
- Ποσότητα 100 mg ξηρών ιστών από το κάθε δείγμα προστίθεται σε ποτήρι ζέσεως των 50 ml.
- Στη συνέχεια προσθέτουμε 10 ml εκχυλιστικού διαλύματος [$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$] + (Ag_2SO_4) και μια μικρή ποσότητα ενεργού άνθρακα (περίπου 20 mg).
- Ακολούθως γίνεται προσθήκη 100 mg μίγματος [$\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{MgCO}_3$],
- 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.



ΕΙΚ 4.4



ΕΙΚ 4.5

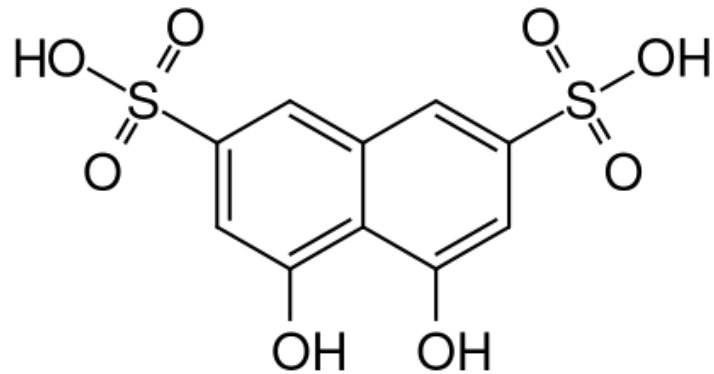


ΕΙΚ 4.6

Εικόνες(4.4, 4.5, 4.6) : Διαδικασία εκχύλισης των νιτρικών ανιόντων

3.3.2 Ανάπτυξη χρώματος-Μέθοδος χρωμοτροπικού οξέος

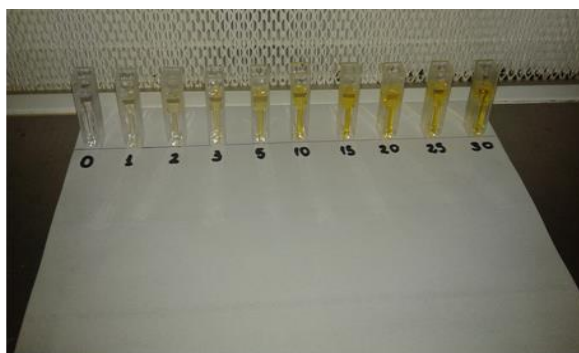
Το χρωμοτροπικό οξύ (4,5-διυδροξυναφθαλίνο-2,7-δισουλφονικό οξύ), είναι μια χημική ένωση, η οποία σε έντονα όξινο περιβάλλον αντιδρά εκλεκτικά με τα νιτρικά ανιόντα προς παραγωγή κίτρινου προϊόντος, το οποίο απορροφά το φως στα 410 nm. Η αντίδραση είναι ποσοτική και σε συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου από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



Εικ. 4.7: Συντακτικός τύπος του χρωμοτροπικού οξέος (4,5-dihydroxynaphthalene-2,7-disulfonic acid).

I. Αντιδραστήρια

- **Διάλυμα Θειϊκής ουρίας**: Παρασκευάζεται διαλύοντας 5 gr ουρίας και 4 gr Na_2SO_3 σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Προστίθεται για την οξείδωση τυχών νιτρωδών (NO_2) ανιόντων στο εκάστοτε δείγμα, σε νιτρικά.
- **Αντιδραστήριο χρωμοτροπικού οξέος**: Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,1 gr χρωμοτροπικού οξέος σε 100 ml θειϊκού οξέος (H_2SO_4). 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 (KNO_3) 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** (H_2SO_4)



ΕΙΚ 4.8



ΕΙΚ 4.9

Εικόνες (4.8, 4.9): Απεικονίζονται τα standard διαλύματα

II. Εκτέλεση της διαδικασίας ανάπτυξης χρώματος

- ✓ Το εκάστοτε δείγμα εκχυλίσματος 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 $30 \text{ mgL}^{-1} \text{ N}$), όπως φαίνεται παρακάτω στο γράφημα της εικόνας.
- ✓ Παίρνουμε 400 μl 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 200 μl από το αντιδραστήριο του χρωμοτροπικού οξέος με συνεχή ανάδευση.
- ✓ Στη συνέχεια προσθέτουμε προσεκτικά (drop by drop) 1400 μl πυκνού θειϊκού οξέος (H_2SO_4).
- ✓ Αναδεύουμε για λίγο.
- ✓ Τοποθετούμε το δείγμα σε υδατόλουτρο με θερμοκρασία $10\text{-}20^\circ \text{ C}$ για 45 min.
- ✓ Το δείγμα τοποθετείται στο φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση της απορρόφησης του, σε μήκος κύματος 410 nm. (εικ. 4.10).



Εικόνα (4.10) : Φασματοφωτόμετρο για την μέτρηση της απορρόφησης των δειγμάτων, σε μήκος κύματος 410 nm.

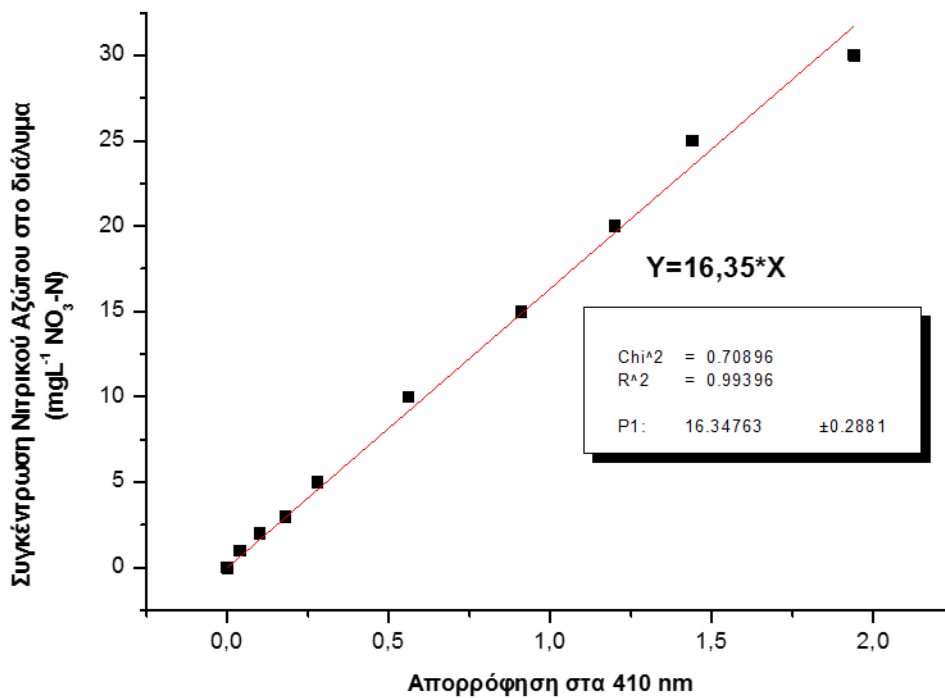
III. Κατασκευή καμπύλης αναφοράς

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 35 mgL⁻¹ και προσδιορίζεται η απορρόφησή τους από το όργανο.

Πίνακας 4.1 : Αντιστοίχιση τιμών απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου σε μήκος κύματος 410 nm, με τις πρότυπες συγκεντρώσεις νιτρικού (NO₃-N) αζώτου από 1 έως 35 mgL⁻¹.

Συγκέντρωση NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	Απορρόφηση οργάνου	Συγκέντρωση NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	Απορρόφηση οργάνου
0	0	20	0,64
2	0,1	25	1,2
5	0,29	30	1,34
10	0,45	35	1,38
15	0,77		

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



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 NO₃⁻ στα φύλλα της ρόκας και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έγινε ύστερα από αναγωγή των mgL⁻¹ νιτρικού N σε mg NO₃/kg νωπού βάρους.

Για την μετατροπή των mgL⁻¹ νιτρικού N σε mg NO₃⁻/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

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

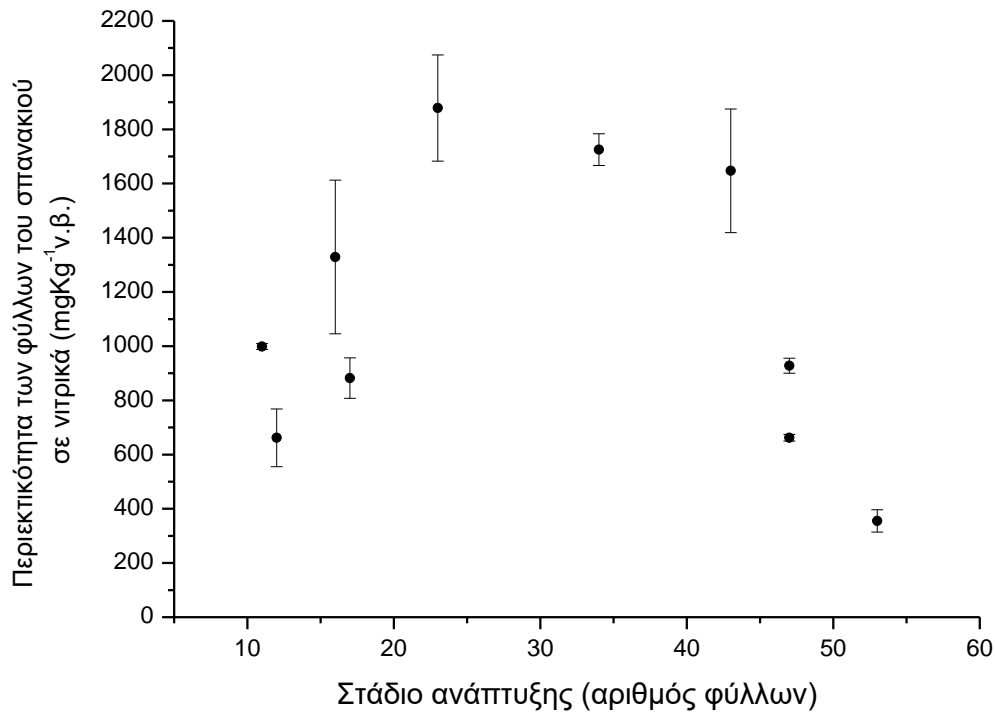
Στον παρακάτω πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περιεκτικότητας των φύλλων των φυτών του σπανακιού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία σε νιτρικά ανιόντα, σε συνδυασμό με το στάδιο ανάπτυξής τους, όπως αυτό εκτιμάται από τον αριθμό των φύλλων (τεσσάρων φυτών) και την μέση επιφάνεια του ελάσματος.

Πίνακας 4.2: Περιεκτικότητα σε νιτρικά των φύλλων του σπανακιού σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

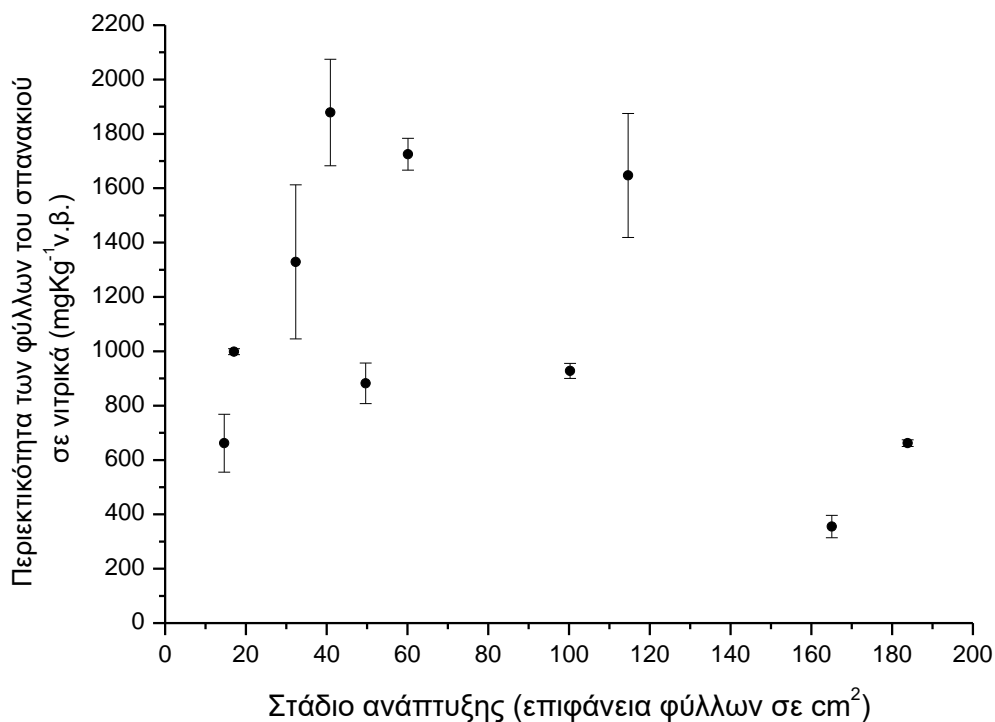
Αριθμός φύλλων (σύνολο)	Επιφάνεια φύλλων (Μ.Ο. σε cm ²)	Νιτρικά (mgKg ⁻¹)
11	17,1	998,6 ± 11
12	14,6	662,0 ± 106
16	32,3	1329,0 ± 283
17	49,7	882,0 ± 75
23	40,9	1878,8 ± 196
34	60,1	1724,9 ± 58
43	114,6	1647,0 ± 228
47	100,2	927,7 ± 28
47	183,8	662,1 ± 12
53	165,1	355,3 ± 41

Οι παραπάνω τιμές φανερώνουν ότι η περιεκτικότητα σε νιτρικά των φύλλων του σπανακιού, παρουσιάζει μεγάλο εύρος διακύμανσης κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών στο έδαφος. Οι τιμές των νιτρικών κυμάνθηκαν από τα 350 mgKg⁻¹ v.β. έως τα 1900 mgKg⁻¹ v.β.

Στις εικόνες 4.11 και 4.12 παρουσιάζονται τα διαγράμματα διασκόρπισης των παραπάνω τιμών των νιτρικών σε σχέση με τον αριθμό των φύλλων των φυτών και σε σχέση με την μέση επιφάνεια των φύλλων τους.



Εικόνα 4.11: Μεταβολή της περιεκτικότητας των φύλλων του σπανάκιού σε νιτρικά σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών (ανάλογα με τον αριθμό των φύλλων).



Εικόνα 4.12: Μεταβολή της περιεκτικότητας των φύλλων του σπανάκιού σε νιτρικά σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών (ανάλογα με την επιφάνεια των φύλλων).

Εξετάζοντας προσεκτικά τα παραπάνω διαγράμματα διασκόρπισης μπορεί να διαπιστωθεί ότι η μεταβολές στην συσσώρευση των νιτρικών στα φύλλα του σπανακιού δεν είναι «ακανόνιστες» αλλά παρουσιάζουν μια ομαλή τρόπον τινά αυξομείωση ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Οι χαμηλότερες τιμές νιτρικών αφορούσαν τα νεαρά όπως και τα πιο αναπτυγμένα φυτά, ενώ οι υψηλότερες τιμές νιτρικών τα φυτά που βρίσκονταν σε ενδιάμεσο στάδιο ανάπτυξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι παραπάνω διάφορες στην περιεκτικότητα σε νιτρικά στο σπανάκι μεταξύ των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης των φυτών, σχετίζονται τόσο με την ένταση του μεταβολισμού στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φύλλων όσο και με την διαθεσιμότητα των νιτρικών ανιόντων στο έδαφος.

Είναι γνωστό ότι τα νερά φύλλα λόγω της αυξημένης μεριστωματικής δραστηριότητας που κατέχουν μέχρι να φθάσουν την πλήρη τους ανάπτυξη σε μέγεθος, παρουσιάζουν εντονότερο μεταβολισμό. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σε νεαρό στάδιο τα φυτά έχουν μικρότερη έκταση στο ριζικό τους σύστημα και συνεπώς απορροφούν μικρότερες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων και κατ' επέκταση νιτρικών από το εδαφικό διάλυμα. Επιπλέον πρέπει να συνυπολογισθεί και το γεγονός ότι η λίπανση στα φυτά του πειράματος έγινε εφάπαξ πριν την φύτευση των φυτών. Σύμφωνα με αυτές τις βασικές θεωρήσεις μπορεί να εξηγηθεί η σχετιζόμενη με την ανάπτυξη των φυτών της παρούσας εργασίας, μεταβολή στην περιεκτικότητα των φύλλων τους σε νιτρικά.

Σε νεαρό στάδιο, μετά την φύτευσή τους, τα φυτά λόγω του περιορισμένου τους ριζικού συστήματος αλλά και της εντονότερης αφομοίωσης των νιτρικών και της αναγωγής τους σε οργανικές μορφές αζώτου για την δόμηση της αυξανόμενης βιομάζας τους, δεν μπορούν να συσσωρεύσουν νιτρικά και οι τιμές τους παρουσιάζονται μειωμένες σε σχέση με τα επόμενα στάδια, παρά το γεγονός ότι σε αυτό το στάδιο η ποσότητα του ανόργανου αζώτου που προστέθηκε με την λίπανση τους εδάφους προ της φύτευσης, ήταν στην μεγαλύτερη δυνατή τιμή. Καθώς τα φυτά αυξάνονταν σε μέγεθος (περισσότερα και μεγαλύτερα φύλλα), αυξανόταν και το ριζικό τους σύστημα, με αποτέλεσμα την εντονότερη απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των οποίων και τα διαθέσιμα νιτρικά, η περίσσια των οποίων αποτίθετο στα χυμοτόπια των φύλλων, αυξάνοντας τις τιμές των νιτρικών σε αυτά. Προς το τέλος του πειράματος και καθώς τα φυτά ολοκλήρωναν την αύξησή τους και παράλληλα τα διαθέσιμα νιτρικά στο έδαφος ελαττώνονταν με την πάροδο του χρόνου (λόγο έκπλυσης με τα ποτίσματα και της απορρόφησης από τις ρίζες των φυτών), τα αποθησαυρισμένα νιτρικά στα χυμοτόπια των κυττάρων των φύλλων χρησιμοποιήθηκαν για τη ολοκλήρωση της αύξησης των φυτών με αποτέλεσμα την

παρατηρούμενη ελάττωση στις τιμές των νιτρικών που μετρήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Η περιεκτικότητα σε νιτρικά στα λαχανικά και ιδιαίτερα στα φυλλώδη, αποτελεί έμμεση αλλά πολύ σημαντική παράμετρο της ποιότητας των λαχανικών και η υπερβολική αζωτούχος λίπανση (Blom-Zandstra, 1989) αποτελεί ένα από τους σημαντικότερους παράγοντες συσσώρευσης νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά. Τα ευρήματα από την παρούσα εργασία φανερώνουν ότι πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις αζωτούχες λιπάνσεις που προστίθενται στο έδαφος στην έναρξη της καλλιέργειας του σπανακιού, καθώς το πρόβλημα από υπερβολική αζωτούχο λίπανση μπορεί να καταστεί εντονότερο ιδιαίτερα όταν η καλλιέργεια στοχεύει στην παραγωγή νωπού προϊόντος για άμεση κατανάλωση σε σαλάτες όπως είναι το καλούμενο “baby leaf spinach”. Το προϊόν αυτό όπως λέει και το όνομά του, είναι φύλλα σπανακιού που συγκομίζονται στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών (στην αρχή της καλλιέργειας) και πριν αυτά φθάσουν στο τελικό τους μέγεθος. Σε αυτό το στάδιο και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, η συσσώρευση των νιτρικών στα φύλλα είναι εντονότερη και ο κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος (νωπά φύλλα) αυξημένος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blom-Zandstra, M. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.* 115: 553-561.
- 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. S^oC. Am. Pr^oC.*37:660.
- Χρίστος Μ. Ολύμπιος. Η τεχνική της καλλιέργειας των υπαίθριων κηπευτικών, 2015. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Ανδρέας Δ. Τσιάντης 2007. Harrington and Minges (1954). Διπλωματική Διατριβή. Η επίδραση της συσσώρευσης νιτρικών (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς σπανακιού με τη χρήση οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων σε συνδυασμό θεικών (SO_4^{2-}). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Ιμπραχίμ – Αβραάμ Χα, Σπύρος Πετρόπουλος. Γενική λαχανοκομία και Υπαίθρια καλλιέργεια λαχανικών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 2014.
- Χρίστος Μ. Ολύμπιος. Parlevliet (1968a,b). Η τεχνική της καλλιέργειας των υπαίθριων κηπευτικών, 2015. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Χρίστος Μ. Ολύμπιος. Sackett, 1975. Η τεχνική της καλλιέργειας των υπαίθριων κηπευτικών, 2015. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Ανδρέας Δ. Τσιάντης 2007. Howard et al, 1962. Διπλωματική Διατριβή. Η επίδραση της συσσώρευσης νιτρικών (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς σπανακιού με τη χρήση οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων σε συνδυασμό θεικών (SO_4^{2-}). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Ανδρέας Δ. Τσιάντης 2007.. Διπλωματική Διατριβή. Bloom-Zandstra, 1989. Η επίδραση της συσσώρευσης νιτρικών (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς σπανακιού με τη χρήση οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων σε συνδυασμό θεικών (SO_4^{2-}). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

- Ανδρέας Δ. Τσιάντης 2007.. Διπλωματική Διατριβή. Hegewch – Shiloah 1982 . Η επίδραση της συσσώρευσης νιτρικών (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς σπανακιού με τη χρήση οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων σε συνδυασμό θεικών (SO_4^{2-}). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Κωνσταντίνος Ζώτος. Μεταπτυχιακή διατριβή 2007. Η επίδραση των θεικών ανιόντων στη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα μαρουλιού. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.