

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα μορφολογικά και
φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μελιτζάνας cv. ΕΜΙ**

ΒΟΓΙΑΤΖΗΛΑΚΗ ΝΙΚΗ



ΑΘΗΝΑ 2012

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα μορφολογικά και
φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μελιτζάνας cv. ΕΜΙ

ΒΟΓΙΑΤΖΗΔΑΚΗ ΝΙΚΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπων: Χάρολντ Κ. Πάσσαμ, Καθηγητής

Μέλη: Κωνσταντίνος Ακουμιανάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Δημήτριος Σάββας, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Είναι γεγονός, ότι οι ευχαριστίες αποτελούν τις περισσότερες φορές ένα τυπικό κομμάτι κατά τη συγγραφή μιας εργασίας. Ωστόσο, κατά τη γνώμη μου, είναι ένα ουσιαστικό κομμάτι, ίσως το πιο ουσιαστικό, καθώς, χωρίς τη συμβολή κάποιων ανθρώπων η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί.

Θα ξεκινήσω λοιπόν, ευχαριστώντας τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Πάσσαμ Χάρολντ, για τη συνεχή καθοδήγηση και επίβλεψη τόσο κατά τη διάρκεια του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή, διόρθωση και τελική παρουσίαση της εργασίας αυτής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στη συνάδελφο Μακρογιάννη Δέσποινα για την πολύτιμη βοήθειά της καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, όπως επίσης και στον Καραπάνο Ιωάννη για την επιστημονική βοήθεια και τις συμβουλές του κατά τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους.

Επίσης, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τις συναδέλφους μου στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιέργειών, Δώρα και Χαριτίνη και τις πολύ καλές μου φίλες Άντρια και Αρετή για την ηθική κυρίως συμπαράσταση τους όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, όχι μόνο για την ηθική και οικονομική βοήθεια που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια, αλλά κυρίως γιατί με έμαθε να αγαπάω τη γη και ότι έχει σχέση με αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

	Σελ.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Η παραγωγή της μελιτζάνας σε παγκόσμιο επίπεδο	2
1.2 Η παραγωγή της μελιτζάνας στην Ελλάδα	3
1.3 Γενικά χαρακτηριστικά μελιτζάνας	4
1.4 Θρεπτική αξία μελιτζάνας	7
1.5 Τα νιτρικά	8
1.5.1 Γενικά για τα νιτρικά	8
1.5.2 Τα νιτρικά στον άνθρωπο	8
1.5.2.1 Η επίδραση των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία	8
1.5.2.2 Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια πρόσληψης νιτρικών	9
1.5.3 Τα νιτρικά στα φυτά	10
1.5.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά	10
1.5.3.2 Η επίδραση των νιτρικών στα φυτά	11
1.6 Σκοπός του πειράματος	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
2.1 Εγκατάσταση καλλιέργειας στο θερμοκήπιο	12
2.2 Συλλογή και μετρήσεις πειραματικού υλικού	14
2.3 Τεχνικές και όργανα μετρήσεων και προσδιορισμών	15
2.3.1 Νωπό βάρος και % ξηρά ουσία	15
2.3.2 Συνεκτικότητα καρπού	15
2.3.3 Χρώμα περικαρπίου	16
2.3.4 Ρυθμός οξείδωσης φαινολικών	16
2.3.5 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών	17
2.3.6 Προσδιορισμός νιτρικών στους φυτικούς ιστούς	17
2.3.7 Ανάλυση ολικών διαλυτών πρωτεϊνών	18
2.3.8 Ασκορβικό οξύ	19
2.3.9 Σάκχαρα	19
2.3.10 Άμυλο	21
2.3.11 Φωτοσυνθετική ικανότητα	22

2.3.12 Αριθμός στοματίων	23
2.3.13 Πάχος φύλλου	24
2.4 Στατιστική επεξεργασία	25
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	26
3.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών	26
3.1.1 Τελικό ύψος κύριων και δευτερευόντων βλαστών	26
3.1.2 Αριθμός κόμβων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού	27
3.1.3 Συνολικό βάρος φύλλων κύριων και δευτερευόντων βλαστών	28
3.1.4 Βάρος κύριων και δευτερευόντων βλαστών (χωρίς φύλλα)	29
3.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών	30
3.2.1 Επίδραση συγκέντρωσης νιτρικών στη φωτοσυνθετική ικανότητα	30
3.2.1.1 Ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης	30
3.2.1.2 Ρυθμός διαπνοής	31
3.2.1.3 Αγωγιμότητα στοματίων	32
3.2.2 Πάχος φύλλου	33
3.2.3 Πυκνότητα στοματίων	34
3.2.3.1 Πυκνότητα στοματίων στην κάτω πλευρά του φύλλου	34
3.2.3.2 Πυκνότητα στοματίων στην άνω πλευρά του φύλλου	35
3.3 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των καρπών	37
3.3.1 Επίδραση νιτρικών στο μέσο βάρος καρπών	37
3.3.2 Επίδραση νιτρικών στο ποσοστό ξηράς ουσίας του καρπού	38
3.4 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά	39
3.4.1 Συνεκτικότητα καρπών	39
3.4.1.1 Συνεκτικότητα στην πάνω πλευρά του καρπού	39
3.4.1.2 Συνεκτικότητα στην κάτω πλευρά του καρπού	40
3.4.2 Φωτεινότητα περικαρπίου (L*)	41
3.4.3 Ένταση χρώματος περικαρπίου (C)	42
3.4.4 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών	43
3.4.5 Μαύρισμα της σάρκας (ΔL)	44
3.4.6 Προσδιορισμός νιτρικών	46
3.4.7 Προσδιορισμός συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος	47

3.4.8 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών πρωτεϊνών	48
3.4.9 Προσδιορισμός αμύλου	49
3.4.10 Προσδιορισμός ολικών σακχάρων	50
3.4.11 Προσδιορισμός φρουκτόζης	51
3.4.12 Προσδιορισμός γλυκόζης	52
3.4.13 Προσδιορισμός μαλτόζης	53
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	54
4.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών	54
4.1.1 Τελικό ύψος κύριων και δευτερευόντων βλαστών	54
4.1.2 Αριθμός κόμβων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού	54
4.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών	55
4.2.1 Επίδραση συγκέντρωσης νιτρικών στη φωτοσυνθετική ικανότητα	55
4.2.1.1 Ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης	55
4.2.1.2 Ρυθμός διαπνοής	56
4.2.1.3 Αγωγιμότητα στοματίων	57
4.2.2 Πάχος φύλλου	57
4.2.3 Πυκνότητα στοματίων	58
4.3 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των καρπών	59
4.3.1 Επίδραση στο μέσο νωπό βάρος καρπού	59
4.3.2 Επίδραση νιτρικών στο ποσοστό ξηράς ουσίας του καρπού	59
4.4 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά	60
4.4.1 Συνεκτικότητα των καρπών	60
4.4.2 Χρώμα περικαρπίου - Ένταση χρώματος	60
4.4.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών	62
4.4.4 Μαύρισμα των καρπών	63
4.4.5 Προσδιορισμός νιτρικών	63
4.4.6 Προσδιορισμός συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος	64
4.4.7 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών πρωτεϊνών	64
4.4.8 Προσδιορισμός αμύλου	65
4.4.9 Προσδιορισμός ολικών σακχάρων	65
4.4.10 Προσδιορισμός φρουκτόζης	65

4.4.11 Προσδιορισμός γλυκόζης	66
4.4.12 Προσδιορισμός μαλτόζης	66
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου των Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, καλλιεργήθηκαν από τα τέλη του Φλεβάρη του 2011 έως και τις αρχές του Αυγούστου του 2011 φυτά μελιτζάνας της ποικιλίας cv. EMI. Σκοπός ήταν να μελετηθεί η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα φυσιολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ποικιλίας. Στο πείραμα έγιναν 4 διαφορετικές επεμβάσεις με βάση τη συγκέντρωση των νιτρικών, που ήταν 60, 150, 300 και 450 ppm.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα φύλλα οι οποίες αφορούσαν α) στην φωτοσυνθετική ικανότητα, β) στη πυκνότητα των στοματίων στην άνω και στην κάτω πλευρά του, γ) στη φυλλική επιφάνεια και δ) στο πάχος. Στο στάδιο συγκομιδής προσδιορίστηκαν στους καρπούς α) το νωπό βάρος, β) το ποσοστό της ξηράς ουσίας, γ) η συνεκτικότητα, δ) το εξωτερικό χρώμα του περικαρπίου, ε) τα ολικά φαινολικά, ζ) ο ρυθμός οξειδωσης των φαινολικών, η) η συγκέντρωση νιτρικών, θ) η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών πρωτεϊνών, ι) η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος, κ) η περιεκτικότητα σε σάκχαρα και άμυλο. Επιπλέον, Στο τέλος του πειράματος ελήφθησαν μετρήσεις των παρακάτω αγρονομικών χαρακτηριστικών α) ύψος κύριου και δευτερεύοντα βλαστού, β) αριθμός μεσογονατίων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού, γ) βάρος φύλλων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού και δ) βάρος κύριου και δευτερεύοντα βλαστού.

Από τα αποτελέσματα του πειράματος προέκυψε ότι η αζωτούχος λίπανση δεν επέδρασε στο τελικό ύψος των φυτών, ωστόσο επέδρασε στον αριθμό των φύλλων των βλαστών καθώς όσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των φύλλων σε κάθε βλαστό.

Όσον αφορά την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών, παρατηρήθηκε ότι α) ο ρυθμός της καθαρής φωτοσύνθεσης ήταν μεγαλύτερος στα φυτά στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών, β) ο ρυθμός της διαπνοής δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την μεταβολή της ποσότητας του παρεχόμενου αζώτου, γ) η αγωγιμότητα των στοματίων επηρεάστηκε ανάλογα με το στάδιο της καλλιέργειας, δ) το πάχος του φύλλου στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη συγκέντρωση των 450 ppm σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις επεμβάσεις και ε) η πυκνότητα των στοματίων τόσο στην άνω όσο και στην κάτω πλευρά των φύλλων

επηρεάστηκε από τη συγκέντρωση των νιτρικών καθώς προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκε η μέγιστη τιμή.

Επιπρόσθετα, η αζωτούχος λίπανση επηρέασε το νωπό βάρος των καρπών μειώνοντάς το σημαντικά προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ αντίθετα το ποσοστό της ξηράς ουσίας αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης της αζωτούχου λίπανσης και όσο πλησίαζε το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

Η αζωτούχος λίπανση είχε επίδραση και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Πιο συγκεκριμένα, η συνεκτικότητα των καρπών στην άνω πλευρά (προς τον κάλυκα) παρουσίασε σημαντική αύξηση στη 2^η και στη 3^η συγκομιδή ενώ η φωτεινότητα του περικαρπίου και η ένταση του, εμφάνισε σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων, όσο και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Η συγκέντρωση των νιτρικών στους καρπούς στη 2^η συγκομιδή ήταν μεγαλύτερη στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της αζωτούχου λίπανσης ενώ στην 3^η δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα ολικά φαινολικά αυξήθηκαν καθώς προχωρούσε η καλλιέργεια ενώ ο ρυθμός οξειδωσής τους εμφάνισε μέγιστη τιμή στα 300 και 450 ppm στις δύο τελευταίες συγκομιδές. Επιπλέον, στο ασκορβικό οξύ παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές σε κάθε συγκομιδή χωριστά καθώς η συγκέντρωσή του ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεγαλύτερη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης. Η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνες δεν μεταβλήθηκε καθόλου, ενώ η περιεκτικότητα των καρπών σε άμυλο μεταβλήθηκε τόσο μέσα στις συγκομιδές όσο και μεταξύ των επεμβάσεων. Η συγκέντρωση των ολικών σακχάρων μειώθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών, ενώ μεταβολές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις της φρουκτόζης, της γλυκόζης και της μαλτόζης.

Συμπερασματικά, η αζωτούχος λίπανση είχε θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς παρατηρήθηκε αύξηση στον αριθμό των φύλλων στους βλαστούς και κατ' επέκταση στη φωτοσυνθετική ικανότητα. Επίσης, θετική ήταν η αυξημένη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης και στην ανάπτυξη των καρπών γιατί, οι καρποί δεν περιείχαν αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών, ήταν μικρότεροι σε μέγεθος και γενικά είχαν μεγαλύτερη θρεπτική αξία, η οποία είναι και το ζητούμενο ως προς τους καταναλωτές.

ABSTRACT

Eggplant cv. EMI was cultivated in the glasshouse of the Laboratory of Vegetable Production from late February 2011 until August 2011. The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on the physiological and morphological characteristics of the variety. In this experiment, there were four treatments based on the nitrate concentration in the nutrient solution applied to the plants, namely 60, 150, 300 and 450 ppm.

During the growing period the following measurements were made on the leaves: a) photosynthetic capacity, b) stomata density on the upper and lower side, c) leaf area and d) leaf thickness. At harvest the following measurements were made on the fruit: a) fresh weight, b) dry matter content, c) firmness, d) phenolics, e) the oxidation of phenolics, f) the nitrate concentration g) the concentration of total soluble proteins, h) the concentration of ascorbic acid and i) the sugar and starch content. At the end of the experiment the following agronomic characteristics of the main and secondary shoot were recorded: a) shoot height, b) the number of internodes, c) leaf weight and d) the weight of the shoots.

The results of the experiment showed that nitrogen fertilization did not affect the plant's final height, but the number of leaves on each shoot increased with increasing nitrogen concentration.

Regarding the effect of nitrogen fertilization on the growth physiology and morphological characteristics of the plants, it was observed that: a) the rate of net photosynthesis was greater in plants grown under higher nitrate concentrations, b) the transpiration rate was not significantly affected by the change in available nitrogen, c) the conductivity of the stomata was influenced by the stage of cultivation, d) the thickness of the leaves at the end of the growing season was significantly higher at the nitrogen concentration of 450 ppm, compared to the other three levels and e) the density of stomata on both the upper and lower leaf surfaces was influenced by nitrate concentration and was highest at the end of the cultivation.

Nitrogen fertilization affected fresh fruit weight, which was reduced towards the end of the growing season, while the percentage of dry matter increased when the concentration of nitrogen fertilization dose.

Nitrogen fertilization also affected the quality characteristics of fruits. More specifically, fruit consistency at the proximal end (towards the calyx) showed a

significant increase in the 2nd and 3rd harvest, while there were significant differences in external pericarp color among the four different treatments during the cultivation period. The nitrate concentration in the eggplant fruit at the 2nd harvest was larger at the higher concentration of nitrogen, but did not differ between treatments at the 3rd harvest. The total phenolics concentration increased during the cultivation while the oxidation rate showed a maximum value at 300 and 450 ppm in the last two harvests. Ascorbic acid showed significant differences between harvests and was highest at the higher nitrogen levels, but protein concentrations did not change. The fruit starch content varied within and between treatments. The concentration of total sugars decreased with increasing nitrogen concentrations and there were also differences in the amounts of fructose, glucose and maltose during the course of the cultivation and between treatments.

In conclusion, nitrogen fertilization had a positive effect on plant growth because there was an increase in the number of leaves and thus in photosynthetic capacity. Also positive was the increased concentration of nitrogen fertilization in fruit growth and that's because although the fruits were smaller in size, they did not contain elevated concentrations of nitrate and overall, they had better nutritional value.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τον Δαβία (2012), σε μια βραχώδη περιοχή που μοιράζονται σήμερα η Μιανμάρ και η Ινδία εμφανίστηκε, πολύ πριν εμφανιστεί ο άνθρωπος, ένας χαμηλός θάμνος. Για να προστατευτεί από τα φυτοφάγα ζώα, το φυτό απέκτησε πλήθος αγκαθιών ενώ στους μικρούς καρπούς του συσσωρεύτηκαν πικρές ουσίες. Μέσα από αναρίθμητες χιλιετίες, η αρχέγονη τούτη μελιτζάνα αποικούσε τα βουνά και τις πεδιάδες της Ινδικής χερσονήσου. Όταν πια εμφανίστηκαν οι άνθρωποι, σχετικά γρήγορα περάσαμε από τη συλλογή των καρπών της άγριας μελιτζάνας στην εξημέρωση και καλλιέργειά της, με συνέπεια να μειωθεί η πυκνότητα και το μέγεθος των αγκαθιών της, να μεγαλώσουν οι καρποί της και σταδιακά να εξαφανισθεί η πικράδα τους. Την πρώτη γραπτή αναφορά στη μελιτζάνα τη συναντάμε σε ένα κινεζικό σύγγραμμα Γεωπονικής του 5^{ου} αιώνα μ.Χ. Κανένας αρχαίος συγγραφέας δεν είδε αυτό το ινδικό λαχανικό ή άκουσε για την ύπαρξη του. Και είναι περίεργο, διότι, όταν ο Μέγας Αλέξανδρος κατέλαβε την Ινδία, οι φυσιοδίφες που τον ακολουθούσαν αναμφίβολα θα το γνώριζαν, ενώ είναι επίσης σίγουρο ότι το καλλιεργούσαν στους αρχοντικούς κήπους των ελληνοϊνδικών βασιλείων που γεννήθηκαν μετά τον θάνατό του (Δαβίας, 2012).

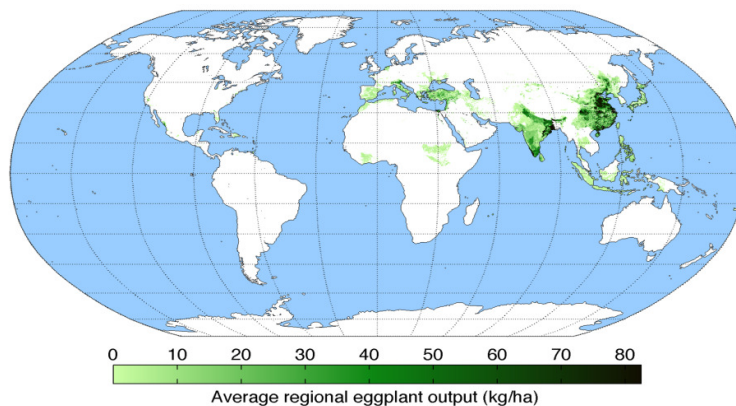
Το «κρέας των φτωχών»

Μόνον αφότου οι Άραβες έμποροι έφτασαν μέχρι την Ινδική χερσόνησο, ξενιτεύτηκε η μελιτζάνα. Και αυτό συνέβη επειδή μετέφεραν το «κρέας των φτωχών ανθρώπων» σε όλες τις χώρες που με την πειθώ ή το σπαθί ασπάστηκαν το Λόγο του Προφήτη. Χάρη στην εμμονή τους να ξεριζώνουν το «ανίερο» κλίμα και να μετατρέπουν τους αμπελώνες σε δενδρόκηπους και μποστάνια, η μελιτζάνα διαδόθηκε γρήγορα κατά μήκος της Βορείου Αφρικής, και στις αρχές του 10^{ου} αιώνα οι Μαυριτανοί άρχισαν να την καλλιεργούν στο χαλιφάτο που σήμερα ονομάζεται Ισπανία. Μέσα στους επόμενους πέντε αιώνες, η μελιτζάνα παρέμενε γνωστή μόνο στις υπό αραβική κατοχή Ιβηρική χερσόνησο και Σικελία. Αιτία γι' αυτό ήταν, από τη μία, η αδυναμία της μελιτζάνας να απομακρυνθεί από τα ζεστά κλίματα και, από την άλλη, το κακό όνομα που είχε αποκτήσει ως αγαπημένο λαχανικό των μουσουλμάνων. Καθόλου παράξενο δεν είναι, λοιπόν, που η μελιτζάνα ήταν γνωστή με δυσφημιστικά ονόματα, όπως το «malum insanum» (τρελό μήλο), από το οποίο προέρχεται το ιταλικό melanzana, ενώ πολλοί πίστευαν ακράδαντα ότι όποιος

χριστιανός τη δοκιμάζε, αμέσως θα τρελαινόταν. Μόνο μετά τα μέσα του 16^{ου} αιώνα άρχισαν να υποχωρούν οι προκαταλήψεις εις βάρος της και οι Ευρωπαίοι σταδιακά αναγνώριζαν τη γαστρονομική της αξία. Σε ολόκληρη την Οθωμανική αυτοκρατορία πάντως, η μελιτζάνα ήδη μαγειρευόταν με πάθος και υπήρχαν δεκάδες διαφορετικές συνταγές για καταπληκτικά εδέσματα που βασίζονταν στη χάρη της. Είναι, τέλος αλήθεια, ότι ακόμα και σήμερα η μεστή σάρκα της δεν λατρεύεται πουθενά αλλού με τέτοια θέρμη, όσο στις χώρες που συνορεύουν με τη λεκάνη της Μεσογείου και η κουζίνα τους δέχτηκε επιρροές από την αραβική ή την τουρκική μαγειρική (Δαβίας, 2012).

1.1 Η παραγωγή μελιτζάνας σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με τα στατιστικά παραγωγής του FAO, η μελιτζάνα είναι το τέταρτο σημαντικότερο κηπευτικό μεταξύ των σολανωδών, μετά την πατάτα, τη τομάτα και την πιπεριά (FAO, 2010). Η μελιτζάνα θεωρείται εξωτική τροφή στις ΗΠΑ και άλλες ανεπτυγμένες χώρες, ωστόσο αποτελεί σημαντικό μέρος του διαιτολογίου στις χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου, ειδικά στην Κίνα (Doganlar et al., 2002). Πιο συγκεκριμένα από τις ασιατικές χώρες οι σημαντικότερες παραγωγές είναι η Κίνα (24.501.936 τόνοι), η Ινδία (10.563.000 τόνοι), η Τουρκία (846.998 τόνοι), το Ιράν (888.500 τόνοι), η Ινδονησία (482.305 τόνοι), το Ιράκ (387.435 τόνοι) και η Ιαπωνία (330.100 τόνοι). Από τις αφρικανικές χώρες σημαντική ποσότητα παράγει η Αίγυπτος (1.229.790 τόνοι), ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση πρώτη στην παραγωγή μελιτζάνας είναι η Ιταλία με 302.551 τόνους και ακολουθούν η Ισπανία με 190.200 τόνους, η Ρουμανία με 144.396 τόνους και η Ελλάδα με 76.308 τόνους (FAO, 2010, Στατιστική υπηρεσία υπουργείου αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων).



Εικόνα 1.1 Παγκόσμια παραγωγή μελιτζάνας (Monfreda K, 2008)

1.2 Η παραγωγή της μελιτζάνας στην Ελλάδα

Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία της καλλιέργειας της μελιτζάνας στην Ελλάδα.

Πίνακας 1.1 Έκταση, παραγωγή, απόδοση και αξία παραγωγής μελιτζάνας που καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα, την περίοδο 2002-2010.

Έτος	Έκταση (στρέμματα)	Παραγωγή (τόνοι)	Απόδοση (κιλά/στρ.)	Τιμή (ευρώ/ kg)	Αξία Παραγωγής (ευρώ)
2002	28.760	75.160	2.613	0,54	40.586
2003	27.871	74.193	2.662	0,62	46.000
2004	27.770	68.415	2.464	0,54	36.944
2005	28.550	66.980	2.346	0,63	42.197
2006	25.018	70.380	2.813	0,62	43.636
2007	28.640	75.965	2.652	0,7	53.176
2008	22.320	56.639	2.538	0,71	40.214
2009	22.420	58.934	2.629	0,91	53.630
2010	25.300	76.308	3.016	0,93	70.966

Πηγή: Στατιστική υπηρεσία υπουργείου αγροτικής ανάπτυξης.

Στην Ελλάδα η μελιτζάνα καλλιεργείται σε θερμοκήπια και στο ύπαιθρο (Μπλέτσος, 1997). Χρησιμοποιούνται τοπικές ή εισαγόμενες ποικιλίες και F₁ υβρίδια. Οι πιο σημαντικές ελληνικές ποικιλίες είναι οι: Λαγκαδά, Έμι και Τσακώνικη, οι οποίες και καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος της εγχώριας αγοράς (Bletsos et al., 1998). Η Τσακώνικη επίσης ονομάζεται Αργείτικη, ενώ μια άλλη ελληνική ποικιλία που καλλιεργείται σε μικρή έκταση είναι η Σκούταρι (Μπλέτσος, 1997, Ντόγρας, 2006). Σύμφωνα με τον Ολύμπιο (2001), τα υβρίδια (F₁) που καλλιεργούνται περισσότερο στη χώρα μας είναι τα Bonica, Delica, Zenith, Festival, Black Mammouth, Ecavi, Jersey King, NP, Galine και Black Magic. Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες μελιτζάνας βασίζονται σχεδόν αποκλειστικά στα F₁ υβρίδια, ενώ στις υπαίθριες καλλιέργειες χρησιμοποιούνται υβρίδια και ποικιλίες.

Η πλειονότητα των καρπών μελιτζάνας που καταναλίσκεται, παράγεται σε ανοιχτές καλλιέργειες. Επειδή όμως υπάρχει αρκετή ζήτηση και εκτός της κανονικής εποχής, το ενδιαφέρον για καλλιέργεια μελιτζάνας στα θερμοκήπια παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια πολύ αυξημένο (Ολύμπιος, 2001).

1.3 Γενικά χαρακτηριστικά μελιτζάνας

➤ *Το φυτό*

Η μελιτζάνα καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό στις εύκρατες ζώνες, ενώ στις τροπικές χώρες και ως πολυετές (Chen and Li, 1996). Έχει τάσης ανάπτυξης προς τα πάνω, με το ύψος να κυμαίνεται από 60-120 εκ., και είναι δυνατό να φτάσει ακόμα και τα 2,5 μέτρα κάτω από ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος (Ντόγρας, 2006). Σύμφωνα με το USDA (United States Department of Agriculture, 2008) τα φυτικά μέρη της μελιτζάνας είναι ελαφρώς τοξικά, έχουν μεσαίο δείκτη C/N, ενώ το φυτό δεν προκαλεί αλληλοπάθειες.

➤ *Ο βλαστός*

Αρχικά, οι βλαστοί είναι ποώδεις και τρυφεροί, αργότερα όμως ξυλοποιούνται και γι αυτόν τον λόγο χρειάζεται στήριξη του φυτού ώστε να αποφευχθούν σπασίματα από το βάρος των καρπών. Η ανάπτυξη των βλαστών είναι συνεχής, δηλαδή τα ακραία μεριστώματα παραμένουν βλαστικά σε ολόκληρη τη ζωή του φυτού.

➤ *Τα φύλλα*

Τα φύλλα είναι εναλλασσόμενα επί των βλαστών, είναι μεγάλα, ελλειψοειδή, ακέραια, φέρουν τρίχες και χνουδι και αρκετές φορές πάνω στις νευρώσεις φέρουν άκανθες (Ολύμπιος, 2001).

➤ *Τα άνθη*

Τα άνθη εμφανίζονται μονήρη ή σε ταξιανθίες, 2-3 μαζί πάνω στους βλαστούς. Αυτό εξαρτάται τόσο από το γονότυπο όσο και από τις κλιματικές συνθήκες. Συνήθως το πρώτο άνθος της ταξιανθίας είναι μεγάλο και γόνιμο ενώ τα υπόλοιπα είναι υποανάπτυκτα, κοντόστυλα και κατά συνέπεια άγονα (Nothmann and Rylski, 1983).

Επίσης, τα άνθη είναι αυτογονιμοποιούμενα και σε πολύ μικρό ποσοστό σταυρογονιμοποιούνται με έντομα. Η ωρίμανση των ανθίων γίνεται ταυτόχρονα με την ωρίμανση του στίγματος κατά το άνοιγμα του άνθους. Το άνθος παραμένει ανοιχτό για 2-3 ημέρες.

Στη μελιτζάνα παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της ετεροστυλίας, δηλαδή ο στύλος μπορεί να έχει μεγαλύτερο, ίσο ή μικρότερο μήκος από τον κώνο των ανθών. Επομένως, το στίγμα μπορεί να προεξέχει, να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο ή εντός του κώνου. Με βάση την ετεροστυλία τα άνθη διακρίνονται σε i) μακρόστυλα (το στίγμα προεξέχει του κώνου), ii) μεσαία μακρόστυλα (το στίγμα δεν προεξέχει), iii) ψευδοκοντόστυλα (το στίγμα βρίσκεται εντός του κώνου) iv) πραγματικά κοντόστυλα (με την ωθήκη να είναι υποανάπτυκτη) (Ολύμπιος, 2001). Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει σημαντικά την καρπόδεση της μελιτζάνας, καθώς η γύρη που απελευθερώνεται από το άκρο του κώνου των ανθών, ευνοεί την γονιμοποίηση των μακρόστυλων και όχι των κοντόστυλων ανθέων. Η εμφάνιση των κοντόστυλων ανθέων σε μεγάλη συχνότητα μπορεί να μειώσει σημαντικά το ποσοστό της καρπόδεσης και κατ' επέκταση της παραγωγής (Rylski et al., 1984).

Η μελιτζάνα είναι φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό, επομένως, ανεξάρτητα από εποχές δεν συναντά δυσκολίες στην παραγωγή ανθέων, ούτε και τους χειμερινούς μήνες που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα.



Εικόνα 1.2: Άνθος μελιτζάνας

➤ *Ο καρπός*

Ο καρπός της μελιτζάνας είναι ράγα με μεγάλη ποικιλομορφία στο σχήμα (στρογγυλό, ενδιάμεσο, επίμηκες), στο μέγεθος καθώς και στο χρώμα (Fray et al., 2007). Η παραλλακτικότητα στο χρώμα του καρπού οφείλεται τόσο στην παρουσία, όσο και στην κατανομή των χρωστικών ουσιών (χλωροφυλλών και ανθοκυανινών) (Doganlar et al., 2002). Σήμερα, οι περισσότερες εμπορικές ποικιλίες μελιτζάνας έχουν καρπούς με χρώμα που ανήκει σε ένα ευρύ φάσμα αποχρώσεων του ιώδους και παραλλάσσει μεταξύ των ποικιλιών ή ακόμα και μεταξύ φυτών της ίδιας ποικιλίας. Η ένταση και η ομοιομορφία του χρώματος του καρπού και η στιλπνότητα της επιδερμίδας του, αποτελούν πολύ σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας αξιόλογης ποικιλίας (Nothmann et al., 1976).



Εικόνα 1.3: Καρποί μελιτζάνας ποικιλίας EMI

1.4 Θρεπτική αξία μελιτζάνας

Η μελιτζάνα χρησιμοποιείται ως βασική τροφή και επιδόρπιο, ωμή, μαγειρεμένη ή επεξεργασμένη, παρέχοντας στον άνθρωπο φυτικές ίνες, ανόργανα στοιχεία, βιταμίνες και λίγες θερμίδες (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2 Διατροφική αξία μελιτζάνας (100 g νωπού προϊόντος)

Θρεπτικά Στοιχεία	Περιεκτικότητα	ΗΣΠ			
Θερμίδες	24 Kcal	1%	Βιταμίνη Β6	0,10	4%
Υδατάνθρακες	5,70 g	2%	Φολικό οξύ	22 mcg	5%
Φυτικές Ίνες	3,40 g	14%	Παντοθενικό οξύ	0,28 mg	3%
Φυτοστερόλες	7,00 mg		Μέταλλα		
Πρωτεΐνη	1,01 g	2%	Ασβέστιο	9,00 mg	1%
Λίπη & λιπαρά οξέα	0,20 g		Σίδηρος	0,24 mg	1%
Συνολικά Λίπη	13,00 mg		Μαγνήσιο	14,00 mg	3%
Ω-3 λιπαρά οξέα	63,00 mg	2%	Φώσφορος	25,00 mg	2%
Ω-6 λιπαρά οξέα	1,00 g		Κάλιο	230,00 mg	7%
Βιταμίνες			Νάτριο	2,00 mg	0%
Βιταμίνη Α	2,20 mg	4%	Ψευδάργυρος	0,16 mg	1%
Βιταμίνη C	0,30 mg	1%	Χαλκός	0,08 mg	4%
Βιταμίνη E	3,50 mcg	4%	Μαγγάνιο	0,25 mg	13%
Βιταμίνη Κ	0,04 mg	3%	Σελήνιο	0,30 mcg	0%
Θειαμίνη	0,04 mg	2%	Άλλα		
Ριβοφλαβίνη	0,65 mg	3%	Νερό	92,40 g	
Νιασίνη	0,08 mg	4%	Τέφρα	0,70 g	

Πηγή: <http://www.nutritiondata.com>

1.5 Τα νιτρικά

1.5.1 Γενικά για τα νιτρικά

Τα νιτρικά είναι μια φυσική μορφή του αζώτου και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του κύκλου του αζώτου στο περιβάλλον. Προστίθενται σε καλλιέργειες κυρίως σε μορφή ανόργανου λιπάσματος, αλλά και από την αποσύνθεση νεκρών φυτικών ιστών, την κοπριά και από άλλα οργανικά κατάλοιπα. Βρίσκεται στον αέρα, το έδαφος, το νερό και τα λαχανικά (κυρίως στα φυλλώδη) και παράγεται φυσιολογικά στο ανθρώπινο σώμα (Walker, 1990, Gamgoli et al., 1994, Spreijers, 1996, Spreijers and Brandt, 2004).

Εξαιτίας της αυξημένης χρήσης των συνθετικών αζωτούχων λιπασμάτων στην γεωργία, τα λαχανικά και το πόσιμο νερό, μπορεί να περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών σε σχέση με το παρελθόν.

1.5.2 Τα νιτρικά στον άνθρωπο

1.5.2.1 Η επίδραση των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία

Είναι γνωστό ότι τα λαχανικά αποτελούν ένα από τα βασικότερα είδη διατροφής σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, στον ανεπτυγμένο κόσμο όπου ο τρόπος ζωής και η εργασία έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση της φυσικής δραστηριότητας, η ανάγκη για κατανάλωση τροφών υψηλής θρεπτικής αξίας κρίνεται περισσότερο επιτακτική (Rubatzky and Yamaguchi, 1997).

Η περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητά τους, καθώς υψηλές τιμές νιτρικών θεωρούνται επιβλαβείς για την υγεία των καταναλωτών. Αμέσως μετά την πρόσληψή τους, μέρος των νιτρικών μπορούν να μετατραπούν σε νιτρώδη, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν στα παρακάτω προβλήματα:

✚ **Μεθαιμοσφαιριναιμία:** Τα μωρά με μικρή οξύτητα στομάχου μπορεί να υποφέρουν από παιδική μεθαιμοσφαιριναιμία εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών στη διατροφή τους. Συγκεκριμένα, η ασθένεια αυτή προκαλείται όταν η αιμοσφαιρίνη αδυνατεί να δεσμεύσει και να μεταφέρει το οξυγόνο (Ezeagu, 1996, Bruning-Fann and Kaneene, 1993). Χαρακτηριστικό της ασθένειας είναι η κυάνωση της επιδερμίδας και των νυχιών (blue baby syndrome).

✚ Αυξημένη συχνότητα καρκίνου του στομάχου: Πολλοί συγγραφείς συγκλίνουν στο ότι ο κίνδυνος για την ανάπτυξη καρκίνου του στομάχου συσχετίζεται με τρεις παράγοντες: i) με το επίπεδο των νιτρικών στο πόσιμο νερό ii) με την απέκκριση των νιτρικών και iii) με την εμφάνιση ατροφικής γαστρίτιδας (Speijers, 1996). Επιδημιολογικές μελέτες δεν έδωσαν κάποια στοιχεία ότι υπάρχει αυξημένος κίνδυνος καρκίνου που σχετίζεται με την υψηλή πρόσληψη νιτρικών αλάτων από άλλες πηγές εκτός από τα λαχανικά (Gangolli, 1994). Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, μελέτες αποκάλυψαν μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης νιτρικών και γαστρικού καρκίνου (Gangolli, 1994, Beresford, 1985, Forman et al., 1985), γιατί τα λαχανικά αποτελούν μια εξαιρετική πηγή βιταμινών μετάλλων, αντιοξειδωτικών και άλλων βιολογικά δραστικών ενώσεων (Steinmetz and Potter, 1991, Chow and Hong, 2002).

1.5.2.2 Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια της ημερήσιας πρόσληψης νιτρικών

Σύμφωνα με την JECFA (Joint Expert Committee of the Food and Agriculture) και την SCF (Scientific Committee on Food), οι ανώτατες αποδεκτές τιμές της ημερήσιας πρόσληψης νιτρικών κυμαίνονται από $3.7 \text{ mg}\cdot\text{N kg}^{-1}$ σωματικού βάρους (Speijers, 1996, Speijers and Brandt, 2004), το οποίο αντιστοιχεί σε $255,5 \text{ mg NO}_3\text{-N}$ την ημέρα για ένα άτομο με βάρος 70 kg.

1.5.3 Τα νιτρικά στα φυτά

1.5.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των νιτρικών στα φυτά

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση των νιτρικών και την συσσώρευσή τους στους ιστούς των λαχανικών (Maynard et al., 1976, Corre and Breimer, 1979, Santamaria et al., 2001). Μερικοί από αυτούς είναι:

- ✓ Γενετικοί παράγοντες
- ✓ Περιβαλλοντικοί παράγοντες (πχ. ατμοσφαιρική υγρασία, περιεκτικότητα εδάφους σε νερό, θερμοκρασία, ακτινοβολία, φωτοπερίοδο)
- ✓ Καλλιεργητικοί παράγοντες (πχ. ποσότητες αζώτου και χημικές μορφές, διαθεσιμότητα άλλων θρεπτικών συστατικών, χρήση ζιζανιοκτόνων).

Από τους παράγοντες που έχουν μελετηθεί, η αζωτούχος λίπανση καθώς και η ένταση του φωτός έχουν αναγνωριστεί ως οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την περιεκτικότητα των λαχανικών σε νιτρικά (Cantliffe, 1973).

Επίσης, η συγκέντρωση των νιτρικών μπορεί να ποικίλει ανάμεσα σε διαφορετικά είδη (Bloom-Zandstra, 1989). Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι κατάταξη των διαφόρων ειδών με βάση την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά (Schuddeboom, 1993).

Πίνακας 1.3 Ταξινόμηση των λαχανικών σύμφωνα με το περιεχόμενό τους σε NO_3 ($mg \cdot kg^{-1} fm$).

Πολύ χαμηλό (<200)	Χαμηλό (200-500)	Μέτριο (500-1000)	Υψηλό (1000-2500)	Πολύ υψηλό (>2500)
Αγκινάρα	Μπρόκολο	Λάχανο	Αντίδι	Σέλερι
Μελιτζάνα	Καρότο	Άνηθος	Μάραθο	Κάρδαμο
Σκόρδο	Αγγούρι		Πράσο	Μαρνούλι
Κρεμμύδι	Κολοκύθα		Μαϊντανός	Ραπανάκι
Πεπόνι	Κουνουπίδι			Ρόκα
Πιπεριά				Σπανάκι
Τομάτα				
Καρπούζι				
Πατάτα				

Επιπλέον, η συγκέντρωση των νιτρικών στα λαχανικά διαφέρει στα διάφορα μέρη του κάθε φυτού (Santamaria et al., 1999). Πιο συγκεκριμένα, τα μέρη αυτά

μπορούν να ταξινομηθούν με φθίνουσα περιεκτικότητα σε νιτρικά ως εξής: Μίσχος > φύλλα > βλαστός > ρίζα > ταξιανθία > κόνδυλοι > καρπός > σπόρος.

1.5.3.2 Η επίδραση των νιτρικών στα φυτά

Το άζωτο είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά που υπάρχουν στους φυτικούς οργανισμούς. Είναι εξαιρετικής σημασίας, καθώς είναι από τα βασικότερα στοιχεία στις αζωτούχες ενώσεις και περιλαμβάνει το 40-50% της ξηράς ουσίας του πρωτοπλάσματος, της ζωντανής ουσίας των κυττάρων (Russo, 1996, Togun et al., 2003). Αποτελεί κύριο συστατικό όλων των αμινοξέων στις πρωτεΐνες και στα λιπίδια, το οποίο ενεργεί ως δομικό συστατικό του χλωροπλάστη (Basela and Mahadeen, 2008). Γι' αυτόν το λόγο το άζωτο είναι απαραίτητο σε σχετικά μεγάλες ποσότητες για την διαδικασία της ανάπτυξης των φυτών. Έτσι, προκύπτει άμεσα το γεγονός ότι χωρίς επαρκή ποσότητα αζώτου δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αξιόλογη ανάπτυξη και τα φυτά παραμένουν υποανάπτυκτα. Το άζωτο, είναι γνωστό για την προώθηση και την συσσώρευση της ξηράς ουσίας στα καλλιεργούμενα φυτά. Επίσης το άζωτο που απορροφάται από τα φυτά, μετατρέπεται σε αμινοξέα τα οποία εμπλέκονται στη βιοσύνθεση των πρωτεϊνικών ουσιών, των νουκλεϊκών οξέων και άλλων συστατικών (Sinclair and Horie, 1989). Προφανώς, όταν υπάρχει έλλειψη αζώτου, τα φύλλα περιέχουν σχετικά λιγότερη χλωροφύλλη και ως εκ τούτου μειώνεται η φωτοσυνθετική ικανότητα.

Το μέγεθος καθώς και η σύσταση του καρπού είναι τα σημαντικότερα ποιοτικά κριτήρια των φρέσκων λαχανικών. Καθορίζονται από γενετικούς καθώς επίσης και από περιβαλλοντικούς παράγοντες μέσω των διαδοχικών φάσεων της ανάπτυξης των καρπών και έχουν αναφερθεί ότι συσχετίζονται θετικά με την διαθέσιμη ποσότητα των νιτρικών (Jullien, 2001).

1.6 Σκοπός του πειράματος

Λόγω έλλειψης πειραματικών δεδομένων από τη παγκόσμια βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση ή μη της αζωτούχου λίπανσης στα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μελιτζάνας, πραγματοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, συγκριτική μελέτη αυτών των χαρακτηριστικών σε 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης στη μελιτζάνα cv. EMI.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α.) από τον Φεβρουάριο του 2011 έως και τον Αύγουστο του 2011.

2.1 Εγκατάσταση καλλιέργειας στο θερμοκήπιο

Η ποικιλία μελιτζάνας που χρησιμοποιήθηκε ήταν η cv. EMI. Στις 25/02/2011 τα φυτά μεταφυτεύτηκαν σε πλαστικές γλάστρες χωρητικότητας 10 l με υπόστρωμα τύρφης και περλίτη σε αναλογία 1:2 και την ίδια ημέρα τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών.

Συνολικά, η καλλιέργεια αποτελούνταν από 44 φυτά, με 11 από αυτά σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε σειρές, σε αποστάσεις 40 cm επί της γραμμής και 80cm μεταξύ των γραμμών. Για τη μεγιστοποίηση της τυχαιοποίησης του πειράματος, κάθε γραμμή περιείχε φυτά και των τεσσάρων επεμβάσεων. Μορφώθηκαν σε διστέλεχο σύστημα και υποστυλώθηκαν με τη χρήση πλαστικού σπάγκου, προσδένοντάς τα σε μεταλλικά σύρματα παράλληλα με τις γραμμές φύτευσης.



Εικόνα 2.1: Εγκατάσταση φυτών στο θερμοκήπιο

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, η λίπανση των φυτών γινόταν σε συνδυασμό με τη άρδευση, με τη χρήση δύο πυκνών διαλυμάτων που περιείχαν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1: Σύσταση πυκνών διαλυμάτων 1 και 2 που χρησιμοποιήθηκαν για την λίπανση των φυτών.

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (σε 100 l)
KNO_3	2,19 kg
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1,035 kg
Φωσφορικό οξύ (80%)	335 ml
H_3BO_3	31,65 g
$ZnSO_4$	5 g
$(NH_4)_6MO_7O_2 \cdot 4H_2O$	0,57 g
$MnSO_4 \cdot H_2O$	19,8 g
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	2,55 g
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	2,765 kg
EDTA Fe	10,5 g

Στο συγκεκριμένο πείραμα έγιναν 4 διαφορετικές επεμβάσεις. Η ποσότητα νιτρικών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μία από αυτές φαίνεται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και ποσότητα νιτρικών.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ NH_4NO_3
60 ppm	0 g (μάρτυρας)
150 ppm	514 g
300 ppm	1371 g
450 ppm	2229 g

Σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας η αραιώση των πυκνών διαλυμάτων, ήταν 1:100 με νερό. Η άρδευση των φυτών γινόταν μέρα παρά μέρα, με χρήση κανάτας χωρητικότητας 2 l, έτσι ώστε να χορηγείτε σταθερή ποσότητα λιπάσματος κάθε φορά.

Επίσης, κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν ψεκασμοί με τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα i) Decis (2,5 EC) και ii) Savona για την καταπολέμηση αφίδων και τετράνυχου.

2.2. Συλλογή και μετρήσεις πειραματικού υλικού

Κατά τη διάρκεια του πειράματος λαμβάνονταν φύλλα και καρποί για τις παρακάτω μετρήσεις:

Μετρήσεις στους καρπούς:

- Νωπό Βάρος Καρπών
- % Ξηρά Ουσία
- Συνεκτικότητα Καρπού
- Χρώμα Περικαρπίου
- Ρυθμός Οξειδωσης των Φαινολικών
- Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών
- Προσδιορισμός Νιτρικών
- Προσδιορισμός Ολικών Διαλυτών Πρωτεϊνών
- Ασκορβικό Οξύ
- Σάκχαρα
- Άμυλο

Η συγκομιδή των καρπών την πρώτη φορά έγινε μόλις έφτασαν στο επιθυμητό μέγεθος (εμπορική ωρίμανση), τρεις μήνες μετά τη μεταφύτευση. Συνολικά έγιναν τρεις συγκομιδές με διαφορά ενός μήνα η μία από την άλλη. Από την κάθε επέμβαση έγινε λήψη πέντε καρπών.

Οι μετρήσεις του νωπού βάρους, της συνεκτικότητας, του χρώματος του περικαρπίου και του ρυθμού οξειδωσης έγιναν την ημέρα της συγκομιδής. Για τις υπόλοιπες μετρήσεις, η σάρκα της μελιτζάνας αλέστηκε και το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε falcon και αποθηκεύτηκε στους -80 °C.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι μετρήσεις στις πρωτεΐνες, στο άμυλο και στα σάκχαρα έγιναν μόνο στην 1^η και την 2^η συγκομιδή, καθώς τα φυτά είχα στρεσαριστεί πριν την 3^η συγκομιδή και δεν ήταν γνωστό κατά πόσο τα αποτελέσματα της τελευταίας συγκομιδής θα ήταν αξιόπιστα.

Μετρήσεις στα φύλλα:

- Φωτοσυνθετική Ικανότητα
- Αριθμός Στοματίων
- Πάχος Φύλλου στις διαφορετικές επεμβάσεις (μέτρηση μόνο στη 3^η συγκομιδή)

Και στα φύλλα έγιναν τρεις μετρήσεις, με διαφορά ενός μήνα η μία από την άλλη. Από κάθε επέμβαση έγινε λήψη τριών φύλλων. Κάθε φύλλο ήταν το 4^ο ή 5^ο από την κορυφή.

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης έγινε επί τόπου στο θερμοκήπιο, χωρίς να αποκοπούν τα φύλλα από τα φυτά. Όλες οι άλλες μετρήσεις στα φύλλα έγιναν στο εργαστήριο την ημέρα της συγκομιδής τους.

Στο τέλος του πειράματος (αρχές Αυγούστου), ελήφθησαν μετρήσεις των παρακάτω αγρονομικών χαρακτηριστικών.

- Ύψος κύριου και δευτερεύοντα βλαστού
- Αριθμός μεσογονατίων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού
- Βάρος φύλλων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού
- Βάρος κύριου και δευτερεύοντα βλαστού

Για τις μετρήσεις αυτές επιλέχθηκαν 5 φυτά από την κάθε επέμβαση.

2.3 Τεχνικές και όργανα μετρήσεων και προσδιορισμών

2.3.1 Νωπό βάρος καρπών και % ξηρά ουσία

Το βάρος των καρπών μετρήθηκε σε γραμμάρια με ηλεκτρονική ζυγαριά με ακρίβεια 0,01 g (Mettler PE 600).

Για την μέτρηση της % ξηράς ουσίας ο καρπός καθαρίστηκε και κόπηκε κατακόρυφα σε φέτες. Οι φέτες αυτές ζυγίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε αλουμινόχαρτο (αριθμημένο για το κάθε δείγμα) και ακολούθησε ξήρανση σε φούρνο, σε θερμοκρασία 80°C για 4 ημέρες. Ο υπολογισμός της % ξηράς ουσίας υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο: (βάρος μετά τη ξήρανση/βάρος πριν τη ξήρανση) * 100.

2.3.2 Συνεκτικότητα καρπού

Η συνεκτικότητα των καρπών μετρήθηκε με επιτραπέζιο πενετρόμετρο Chatillon DFIS 10 προσαρμοσμένο στη βάση Chatillon TCM 201 (Chatillon and Sons Inc., New York). Είναι εφοδιασμένο με κωνική ακίδα διαμέτρου 6,3 mm, με ταχύτητα καθόδου 200 mm/min και μετρά συμπίεση έως 5,1 kg με ακρίβεια 0,01 kg.

Σε κάθε καρπό έγιναν συνολικά τέσσερις μετρήσεις. Οι δύο έγιναν στην πάνω μεριά του καρπού (προς τον κάλυκα), όπου οι μετρήσεις έγιναν αντιδιαμετρικά η μία από την άλλη, ενώ οι υπόλοιπες δύο έγιναν με τον ίδιο τρόπο στην κάτω πλευρά του καρπού (περίπου 3 cm από το σημείο αποκοπής του στύλου), με την ακίδα να εισέρχεται πλήρως εντός του καρπού, κρατώντας τον από το σημείο πρόσφυσης του κάλυκα και το σημείο έκπτυξης του στύλου.

2.3.3 Χρώμα περικαρπίου

Το χρώμα του περικαρπίου μετρήθηκε με τον χρωματόμετρο Minolta μοντέλο CR 200 (Minolta Co. Ltd., Osaka), το οποίο δίνει αριθμητικές τιμές για 3 παραμέτρους μέτρησης του φωτός L, a*, b* που αποτελούν καλές προσεγγίσεις των τιμών x, y, z του διεθνούς συστήματος CIE. Η παράμετρος L μετρά την φωτεινότητα σε μια κλίμακα από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), η a* δηλώνει πράσινο χρώμα όταν έχει αρνητικές τιμές και κόκκινο για θετικές, ενώ η b* δηλώνει μπλε χρώμα για αρνητικές τιμές και κίτρινο για θετικές.

Το όργανο βαθμονομήθηκε με μια λευκή πλάκα (x=93,9, y=0,321, z=0,313). Σε κάθε καρπό γίνονταν δύο μετρήσεις. Η μία στο κέντρο του καρπού και η άλλη ακριβώς στην από πίσω πλευρά.

Ο τύπος C* που χρησιμοποιήθηκε δίνεται από τη σχέση: $[\sqrt{(a^2 + b^2)}]$.

2.3.4 Ρυθμός οξείδωσης φαινολικών

Για την μέτρηση του ρυθμού οξείδωσης χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Minolta CR 200, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Από τους καρπούς αφαιρέθηκε το περικάρπιο και κόπηκαν κατακόρυφα σε φέτες. Επιλέχθηκε μία φέτα, από το κέντρο του καρπού. Η πρώτη μέτρηση έγινε αμέσως μόλις κόπηκε ο καρπός, στο κάτω μέρος (δηλαδή στο σημείο που βρίσκονται οι σπόροι). Η δεύτερη μέτρηση έγινε μία

ώρα μετά, στο ίδιο σημείο. Στο τέλος υπολογίστηκε η διαφορά ΔL η οποία δίνεται από τη σχέση: $(\Delta L_0 - \Delta L_{60})$.

2.3.5. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu η οποία βασίζεται στη πρωτότυπη αναφορά από τους Singleton and Rossi (1965).

Από τα δείγματα που διατηρήθηκαν στους -80°C λαμβάνεται ποσότητα 1 g (νωπού ιστού), τοποθετείται σε σωλήνες φυγοκέντρησης (falcons) και προστίθενται 4 ml διαλύματος εκχύλισης (σε 50 ml 80% μεθανόλης προστίθενται 1,35 ml HCl 37%). Στη συνέχεια, τοποθετούνται σε orbital shaker και τα αφήνονται για 2 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα από φυγοκέντρηση (5000 g, 15 min) το υπερκείμενο μεταφέρεται σε νέα falcon. Στα falcon με το στερεό υπόλειμμα προστίθενται 4 ml διαλύματος εκχύλισης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Το υπερκείμενο προστίθεται στα falcon που έχουν ήδη από τη προηγούμενη φυγοκέντρηση. Από το υπερκείμενο λαμβάνονται 300 μl και προστίθενται 2250 μl αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (το αντιδραστήριο αραιώνεται 10 φορές με απεσταγμένο νερό). Ακολουθεί ανάδευση (vortex). Το διάλυμα παραμένει για 5 min σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα, προστίθενται 2250 μl διαλύματος sodium carbonate (60 g/l) και ακολουθεί καλή ανάδευση. Αφήνονται σε ηρεμία για 90 min σε θερμοκρασία δωματίου (22°C) και στη συνέχεια γίνεται η μέτρηση της απορρόφησης στα 765 nm. Για κάθε δείγμα έγιναν 3 επαναλήψεις. Η κατασκευή της καμπύλης αναφοράς γίνεται με gallic acid σύμφωνα με τους Singleton and Rossi (1965).

2.3.6 Προσδιορισμός νιτρικών στους φυτικούς ιστούς

ι. Εκχύλιση των νιτρικών

Από κάθε δείγμα αποξηραμένου φυτικού ιστού λαμβάνονται 100 mg και τοποθετούνται μαζί με 10 ml αποσταγμένο νερό σε δοκιμαστικούς σωλήνες χωρητικότητας 14 ml. Ακολουθεί υδατόλουτρο για 1 ώρα στους 45°C . Έπειτα, γίνεται φυγοκέντρηση στα 5000 g για 15 λεπτά και στο τέλος γίνεται διήθηση των δειγμάτων σε κωνικές φιάλες χωρητικότητας 25 ml.

ii. Προσδιορισμός νιτρικών με την μέθοδο της νιτροποίησης του σαλισιλικού οξέος

Σε κωνικές φιάλες χωρητικότητας 25 ml τοποθετείται 0,2 ml δείγματος καθώς και 0,8 ml σαλισιλικού οξέος, με ταυτόχρονη ανάδευση. Αφήνονται σε ηρεμία για 20 λεπτά μέχρι να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια, γίνεται προσθήκη 19 ml NaOH με ταυτόχρονη ανάδευση και αφήνονται και πάλι για 20 λεπτά έως ότου αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου. Ο προσδιορισμός της απορρόφησης γίνεται στα 410 nm μήκος κύματος στο φασματοφωτόμετρο.

Η συγκέντρωση των νιτρικών στους ιστούς προσδιορίστηκε με βάση πρότυπη καμπύλη αναφοράς, η οποία δημιουργήθηκε από διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης νιτρικών (0, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 mg NO₃/l).

2.3.7 Ανάλυση ολικών διαλυτών πρωτεϊνών

Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών πρωτεϊνών έγινε με τη μέθοδο Bearden (1978).

Σε falcons χωρητικότητας 15 ml τοποθετήθηκε 1 g ιστού μελιτζάνας. Προστέθηκαν 5 ml κρύου (από το ψυγείο) extraction medium και έγινε καλή ανάδευση (vortex). Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο ψυγείο (4-5°C) για μία ώρα για εκχύλιση με περιοδικά ελαφρά ανάδευση. Ακολουθεί φυγοκέντρηση σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (5300 rpm, 15 min, 10°C).

Σε γυάλινους σωλήνες μεταφέρονται 100 μl από το υπερκείμενο υγρό σε τριπλές επαναλήψεις των δειγμάτων. Σε τριπλές επαναλήψεις ετοιμάστηκαν και 100 μl απεσταγμένο νερό, καθώς και 100 μl extraction medium (blanks). Προστίθενται 1400 μl αποσταγμένο νερό και ακολουθεί καλή ανάδευση (vortex). Με γυάλινη πιπέτα έγινε μονομιάς προσθήκη 1500 μl αντιδραστηρίου Bearden. Ακολουθεί αμέσως ανάδευση για να χρωματιστεί ομοιόμορφα το δείγμα.

Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε στα 595 nm. Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών στους φυτικούς ιστούς προσδιορίστηκε με βάση πρότυπη καμπύλη αναφοράς, η οποία δημιουργήθηκε από διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης BSA (50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 mg /l).

2.3.8 Ασκορβικό οξύ

Ο προσδιορισμός του ασκορβικού οξέος έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Bajaj and Kaur Gurdeep (1981).

Σε falcons χωρητικότητας 15 ml προστέθηκαν 5 g φυτικού ιστού καθώς και 100 ml oxalic acid solution 0,005M & 0,2 mM EDTA. Ακολουθεί φυγοκέντρηση για 15 λεπτά στα 5000 g. Σε φλάσκες των 25 ml μεταφέρθηκαν 5 ml από το διάλυμα, 0,5 ml metaphosphoric acid-acetic acid, 1 ml sulphuric acid 5% v/v, 2 ml ammonium molybdate solution 5% m/v και αραιώθηκαν με απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 25 ml.

Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε στα 760 nm. Η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος των δειγμάτων προσδιορίστηκε με βάση το πρότυπο γράφημα της μεθόδου.

2.3.9 Σάκχαρα

Ο προσδιορισμός των σακχάρων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) σύμφωνα με τη μέθοδο των Piccaglia and Galleti (1988).

i. Εκχύλιση των σακχάρων:

Από τα δείγματα που διατηρήθηκαν στους -80 °C λαμβάνεται ποσότητα 500 mg (νωπού ιστού) και τοποθετείται σε σωλήνες φυγοκέντρησης (falcons) 15 ml. Προστίθενται 5 ml πετρελαϊκού αιθέρα (petroleum ether) για την απομάκρυνση λιπών και χρωστικών, ακολουθεί ανάδευση (vortex), αφήνονται σε ηρεμία για 10-20 min και ακολουθεί φυγοκέντρηση (5300 x g, 15 min, 10°C) σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Sigma 4-16, Osterode am Harz, Germany). Απομακρύνεται το υπερκείμενο υγρό και προστίθενται 2 ml αιθυλικής αλκοόλης (80%) στο στερεό υπόλειμμα ώστε να γίνει η πρώτη εκχύλιση των σακχάρων. Μετά από καλή ανάδευση, οι σωλήνες τοποθετούνται σε υδατόλουτρο στους 65°C. Μετά την πάροδο 25 min ακολουθεί φυγοκέντρηση κάτω από τις προηγούμενες συνθήκες και το υπερκείμενο υγρό (αλκοόλη) μεταφέρεται σε νέους σωλήνες. Στους σωλήνες με το στερεό υπόλειμμα προστίθενται εκ νέου 2 ml αιθυλικής αλκοόλης και επαναλαμβάνεται για 2^η φορά η εκχύλιση των σακχάρων όπως περιγράφηκε

προηγούμενως. Όμοια, το υπερκείμενο υγρό (αλκοόλη) μετά τη φυγοκέντρωση προστίθενται στους σωλήνες που περιέχουν την αλκοόλη που προέκυψε από την πρώτη εκχύλιση. Οι σωλήνες με το εκχύλισμα μεταφέρονται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 65°C όπου με διαβίβαση βιομηχανικού αζώτου πραγματοποιείται εξάτμιση της αλκοόλης. Το στερεό υπόλειμμα που απομένει στους σωλήνες μετά την εξάτμιση της αλκοόλης περιέχει τα προς προσδιορισμό σάκχαρα. Σε κάθε σωλήνα προστίθενται 3 ml H₂O καθαρότητας HPLC και 12 mg ενεργού άνθρακα (charcoal), ακολουθεί καλή ανάδευση και φυγοκέντρωση (5300 x g για 10 min). Το υπερκείμενο υγρό φιλτράρεται με φίλτρο σύριγγας (Macherey-Nagel Chromafil PET 20/15 MS – Ø: 15 mm – pore size 0,20 µm) και το διάλυμα τοποθετείται σε eppendorf σωλήνες χωρητικότητας 2 ml, όπου και παρέμενε σε ψυγείο (4±1 °C) για 15 περίπου ώρες έως τη μέτρηση στο HPLC.

ii. Προσδιορισμός των σακχάρων σε HPLC

Η ανάλυση των σακχάρων πραγματοποιήθηκε σε σύστημα υγρής χρωματογραφίας με τα εξής χαρακτηριστικά: Αντλία Varian 9010 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), στήλη Supelco Supelcosil LC-NH₂ (5µm, 25 cm x 4,6 mm) (Sigma – Aldrich, St. Louis, MO, USA), ανιχνευτή δείκτη διάθλασης (refractive index-RI) Erma ERC-7511 (Erma Inc., Tokyo, Japan), σύστημα συλλογής δεδομένων Shimadzu Prominence CBM-20A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Η κινητή φάση αποτελείται από 80% ακετονιτρίλιο και 20% H₂O καθαρότητας HPLC (Fisher Scientific, Hampton, New Hampshire, USA). Η αντλία λειτουργούσε ισοκρατικά με ροή 1ml/min, η θερμοκρασία της στήλης διατηρήθηκε στους 30°C και 20 µl δείγματος εισέρχονται στο σύστημα μέσω του εισαγωγέα (Rheodyne single mode manual injector). Η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με το πρόγραμμα Shimadzu LC solution (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των σακχάρων έγινε με βάση το χρόνο έκλυσης (retention time-RT) και το ύψος της κορυφής του χρωματογραφήματος χωριστά για κάθε σάκχαρο, με βάση πρότυπα

διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη). Με βάση τις τιμές των συγκεντρώσεων των σακχάρων στα δείγματα, υπολογίστηκε το περιεχόμενο των καρπών της μελιτζάνας σε σάκχαρα ως % αναλογία του νερού τους βάρους.

2.3.10 Άμυλο

Ο προσδιορισμός του περιεχόμενου των καρπών σε άμυλο πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Dekker and Richards (1971) και Barham and Trinder (1972), ως εξής:

Στο στερεό υπόλειμμα που παρέμεινε στους σωλήνες φυγοκέντρησης μετά την εκχύλιση των διαλυτών σακχάρων πραγματοποιείται έκπλυση ώστε να απομακρυνθούν πλήρως τα διαλυτά σάκχαρα που έχουν πιθανά απομείνει. Προστίθενται 3 ml (80%) αλκοόλης, ακολουθεί καλή ανάδευση, οι σωλήνες τοποθετούνται σε υδατόλουτρο στους 65°C για 20 min και φυγοκεντρώνονται (5300 x g, 15 min, 10°C) σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Sigma4-16, Osterode am Harz, Germany). Το υπερκείμενο υγρό απορρίπτεται και η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για 2 φορές ακόμη και ακολουθεί και μία τρίτη, με 5 ml αιθυλικής αλκοόλης.

Στο στερεό υπόλειμμα προστίθενται 8 ml διαλύματος NaOH (0,5 N), ακολουθεί καλή ανάδευση και αφήνονται σε ηρεμία σε θερμοκρασία δωματίου για 20 min ώστε να ζελατινοποιηθεί το άμυλο. Για την εξουδετέρωση του NaOH προστίθενται 4,4 ml CH₃COOH (2M) και ακολουθεί φυγοκέντρηση (5300 x g, 15 min, 10°C).

Από το υπερκείμενο υγρό μεταφέρεται σε νέους σωλήνες 1 ml και προστίθενται 1 ml διαλύματος αμυλογλυκοζιδάσης (A7420 Sigma, από *Aspergillus niger*, 30-60 units/mg protein): 1,0-1,5mg ενζύμου σε 10 ml buffer οξικού νατρίου, pH 4,5 (100 ml buffer παρασκευάζονται από ανάμιξη 43 ml 0,2M οξικού νατρίου και 57 ml 0,2M οξικού οξέος). Το εκχύλισμα με το ένζυμο επωάζονται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 55°C για μία ώρα για τη μερική διάσπαση του αμύλου σε γλυκόζη και τελικά προστίθενται 0,4ml NaOH (1N) για την εξουδετέρωση του ενζύμου και το σταμάτημα της αντίδρασης.

Από το διάλυμα (που περιέχει γλυκόζη) λαμβάνεται 0,5ml, τοποθετείται σε νέους σωλήνες και προστίθενται 2ml αντιδραστηρίου GOD-

POD (glucose oxidase/peroxidase) της εταιρίας Biosis (Βιοτεχνολογικές Εφαρμογές Ε.Π.Ε., Αθήνα). Μετά από καλή ανάμειξη (vortex), οι σωλήνες τοποθετούνται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 37°C για 15min. Η απορρόφηση του παραγόμενου ερυθρού χρώματος μετρείται στα 510nm σε φασματοφωτόμετρο (Perkin-Elmer Lambda 1A, Waltham, Massachusetts, USA). Οι τιμές απορρόφησης που προκύπτουν συγκρίνονται με τις τιμές της καμπύλης αναφοράς που παρασκευάζεται παράλληλα με τα υπό μέτρηση δείγματα, με τη χρήση προτύπων διαλυμάτων αμόλου σε συγκεντρώσεις (0, 25, 50, 100, 150, 250, 500, 750, 1000 mgL⁻¹).

2.3.11 Φωτοσυνθετική Ικανότητα

Οι μετρήσεις της φωτοσυνθετικής ικανότητας άρχισαν 50 ημέρες μετά την εγκατάσταση των επεμβάσεων και πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ενός φορητού οργάνου CIRAS – 1 της εταιρείας PP – Systems, το οποίο εκτός του καθαρού ρυθμού φωτοσύνθεσης (Net Photosynthesis, Pn σε $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), μετρούσε την αγωγιμότητα των στοματιών (stomatal conductance, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) καθώς και τον ρυθμό διαπνοής (evaporation rate, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

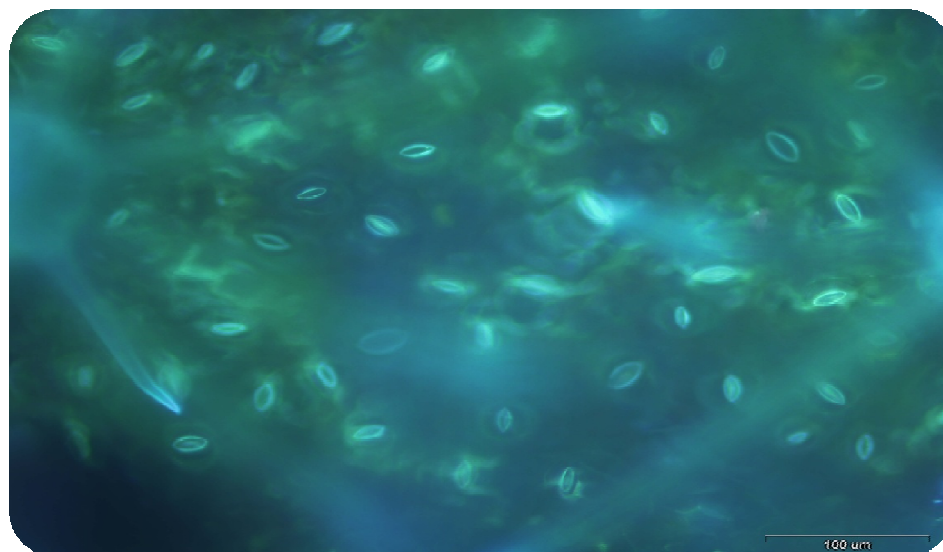
Το όργανο είχε δυνατότητα ρύθμισης της έντασης φωτισμού, της συγκέντρωσης του CO₂ του αέρα και της θερμοκρασίας του θαλάμου μέτρησης. Προκειμένου να επιτευχθούν ομοιόμορφες συνθήκες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και οι τυχόν διαφορές να οφείλονται στις επεμβάσεις και όχι στις συνθήκες μέτρησης, έγινε χρήση της δυνατότητας ρύθμισης του οργάνου. Έτσι, η ένταση της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας (PAR) ρυθμίστηκε στα 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ και η συγκέντρωση του CO₂ στα 360 ppm (± 10 ppm).

Για τις μετρήσεις επιλέγονταν πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα του 3^{ου} ή του 4^{ου} κόμβου από την κορυφή. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν για όλες τις επεμβάσεις την ίδια ημέρα, κατά τις πρωινές ώρες μεταξύ 8:30 και 10:30 πμ. Έγιναν συνολικά τρεις μετρήσεις, με διαφορά ενός μήνα η μία από την άλλη. Σε κάθε επανάληψη λαμβάνονταν 5 μετρήσεις από κάθε επέμβαση από διαφορετικά φυτά.

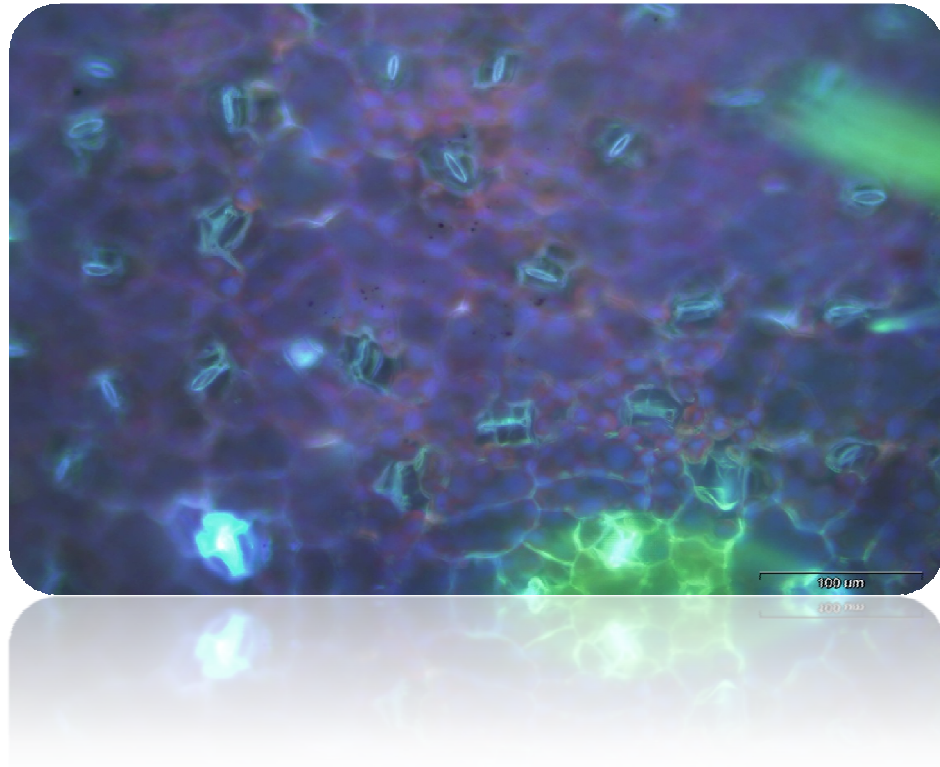
2.3.12 Αριθμός στοματίων

Για την μέτρηση της πυκνότητας των στοματίων πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη χρησιμοποιήθηκαν 3 φύλλα από διαφορετικά φυτά, 1 από κάθε φυτό και από κάθε επέμβαση. Το σημείο που επιλέχθηκε ήταν από τη μέση του φύλλου, κοντά στη κύρια νεύρωση.

Για την μέτρηση της πυκνότητας των στοματίων παρατηρήθηκε τόσο η κάτω όσο και η πάνω επιφάνεια των φύλλων σε οπτικό μικροσκόπιο επιφθορισμού με προσπίπτων υπεριώδες φως. Από ένα τυχαίο σημείο στο φύλλο πάρθηκαν 3 επιφάνειες για την μέτρηση των στοματίων στην κάτω επιφάνεια και άλλες 3 για την μέτρηση των στοματίων στην επάνω επιφάνεια. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Ως επαγωγέας φθορισμού χρησιμοποιήθηκε καυστικό κάλιο (KOH) 10% (w/v). Υπό αυτές τις συνθήκες τα στομάτια φθορίζουν με έντονο μπλε φως ενώ τα επιδερμικά κύτταρα με πιο σκούρο μπλε, με αποτέλεσμα να καθίσταται ευχερής η μέτρηση του αριθμού των στοματίων (Karabourniotis et al., 2001). Κατεγράφησαν φωτογραφίες σε κάμερα (Olympus DP7) και αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή. Από κάθε επιφάνεια πάρθηκαν 4-5 φωτογραφίες. Ακολούθησε η μέτρηση του αριθμού των στοματίων σε μία συγκεκριμένη επιφάνεια (246.671, 59 μm^2).



Εικόνα 2.2: Αποικόνιση στοματίων στη κάτω πλευρά του φύλλου



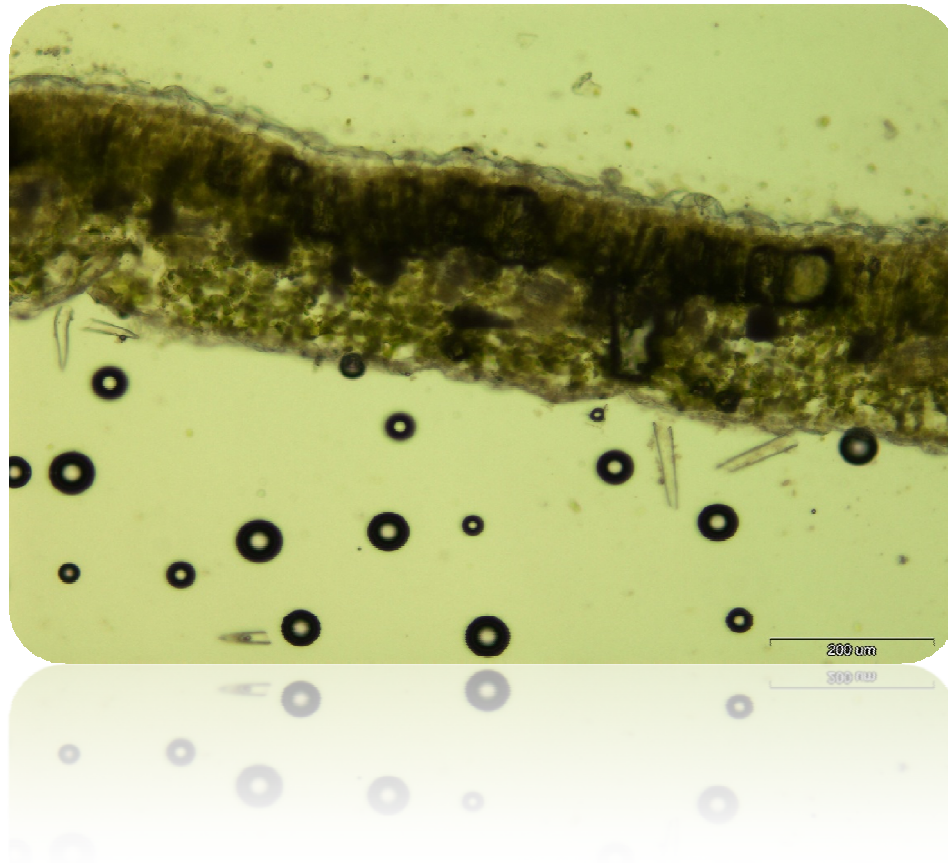
Εικόνα 2.3: Αποικόνιση στοματίων στην άνω πλευρά του φύλλου

2.3.13 Πάχος Φύλλου

Το πάχος του φύλλου μετρήθηκε μία φορά, στο τελικό στάδιο της καλλιέργειας. Χρησιμοποιήθηκαν 3 φύλλα από διαφορετικά φυτά στην κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις. Τα σημεία που επιλέχθηκαν βρίσκονταν στη μέση του φύλλου και κοντά στην κύρια νεύρωση.

Η κοπή των τομών για απλή παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο πραγματοποιήθηκε σε ψυκτικό μικροτόμο (κρυοτόμο) τύπου Leica CM1850 (Germany). Για το σκοπό αυτό από το μεσαίο τμήμα ενός πλήρως ανεπτυγμένου φύλλου, πάρθηκαν 3 επιφάνειες φύλλου, με εμβαδόν περίπου $0,25 \text{ cm}^2$, οι οποίες τοποθετήθηκαν στον ειδικό δειγματοφορέα μέσα σε ειδικό υγρό ψύξης JUNG (Leica Germany) κατάλληλο για τον κρυοτόμο, ώστε να συγκρατεί τους ιστούς κατά την κοπή (Εικόνα 2.4). Αφέθηκε το μονιμοποιητικό υλικό και στους ιστούς να παγώσουν στους $-15 \text{ }^\circ\text{C}$. Κόπηκαν εγκάρσιες τομές από τις επιφάνειες φύλλου, πάχους $15\text{-}20 \text{ }\mu\text{m}$, οι οποίες τοποθετήθηκαν σε αντικειμενοφόρο πλάκα και προστέθηκε 1 σταγόνα νερού. Εν συνεχεία, κατεγράφησαν φωτογραφίες σε κάμερα (Olympus DP7) και αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή. Με τη βοήθεια του προγράμματος

επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας Image Pro-Plus, μετρήθηκε το πάχος του φύλλου (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Εγκάρσια τομή φύλλου

2.4 Στατιστική επεξεργασία

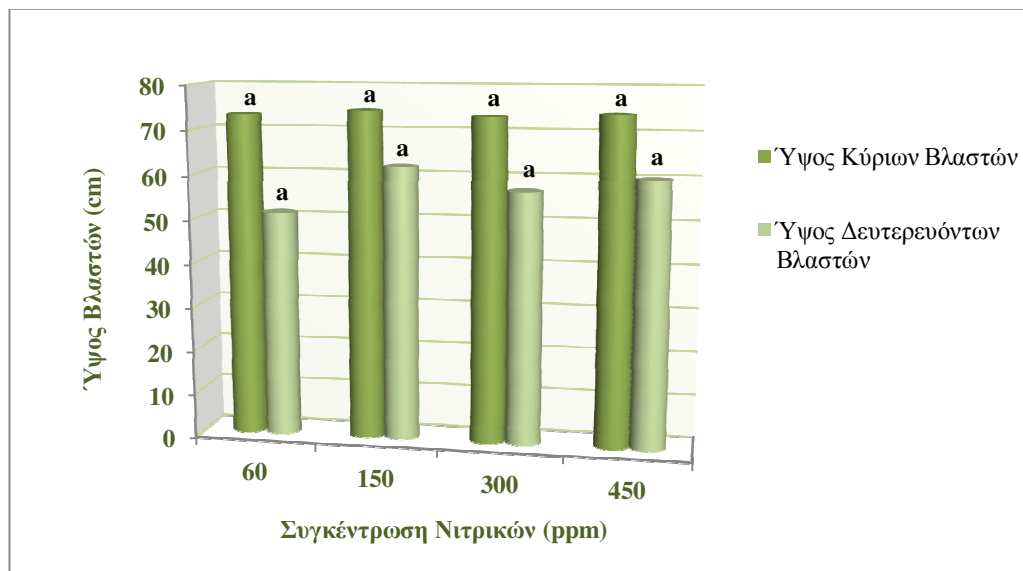
Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το μονοπαραγοντικό εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο. Μετρήθηκαν τόσο οι τιμές των παραμέτρων σε σχέση με τη συγκέντρωση των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση σε κάθε συγκομιδή, όσο και με την κάθε επέμβαση χωριστά κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Οι διαφορές των μέσων εκτιμήθηκαν σύμφωνα με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Για όλες τις στατιστικές δοκιμασίες χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics 2.1.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών

3.1.1 Τελικό ύψος κύριων και δευτερευόντων βλαστών

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται το ύψος τόσο των κύριων όσο και των δευτερευόντων βλαστών, στα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.



Ράβδοι ίδιου χρώματος που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

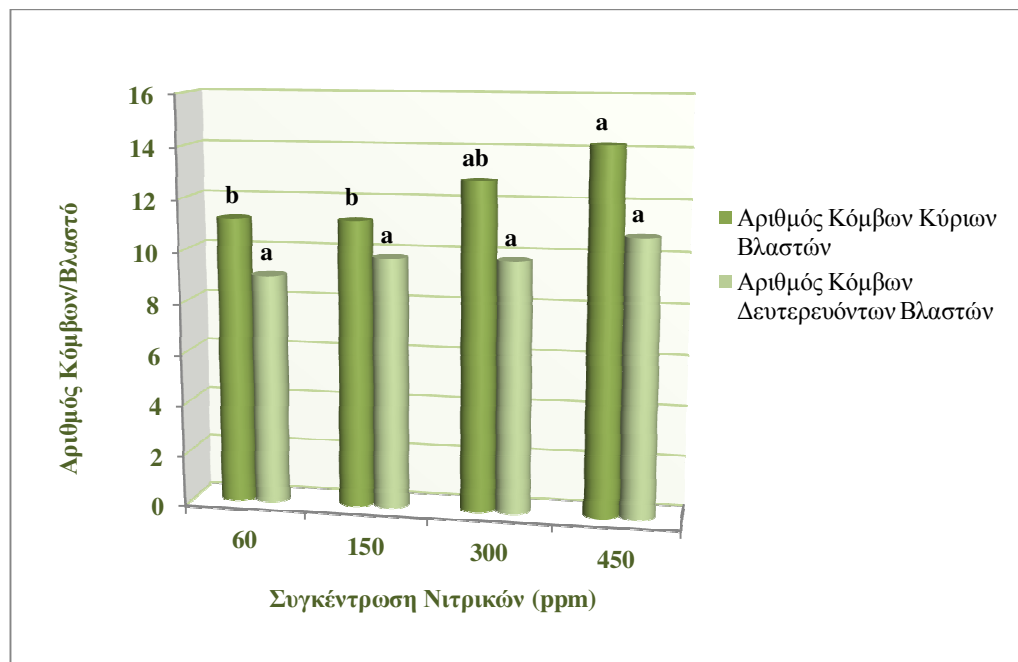
Διάγραμμα 3.3 Η επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων νιτρικών στο ύψος (cm) των κύριων και των δευτερευόντων βλαστών αμέσως μετά το τέλος της καλλιέργειας.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.1, το ύψος των κύριων βλαστών δεν διαφέρει σημαντικά στις διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικών. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στα 150 ppm, η οποία όμως δεν διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες 3 τιμές.

Το ίδιο ισχύει και για τους δευτερεύοντες βλαστούς, καθώς και εδώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά. Ελάχιστα αυξημένο σε σχέση με τα υπόλοιπα ύψος δευτερευόντων βλαστών παρατηρείται στα 150 ppm.

3.1.2 Αριθμός κόμβων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού

Στο Διάγραμμα 3.2 δίνεται ο αριθμός κόμβων του κύριου και του δευτερεύοντα βλαστού, στα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.



Ράβδοι ίδιου χρώματος που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

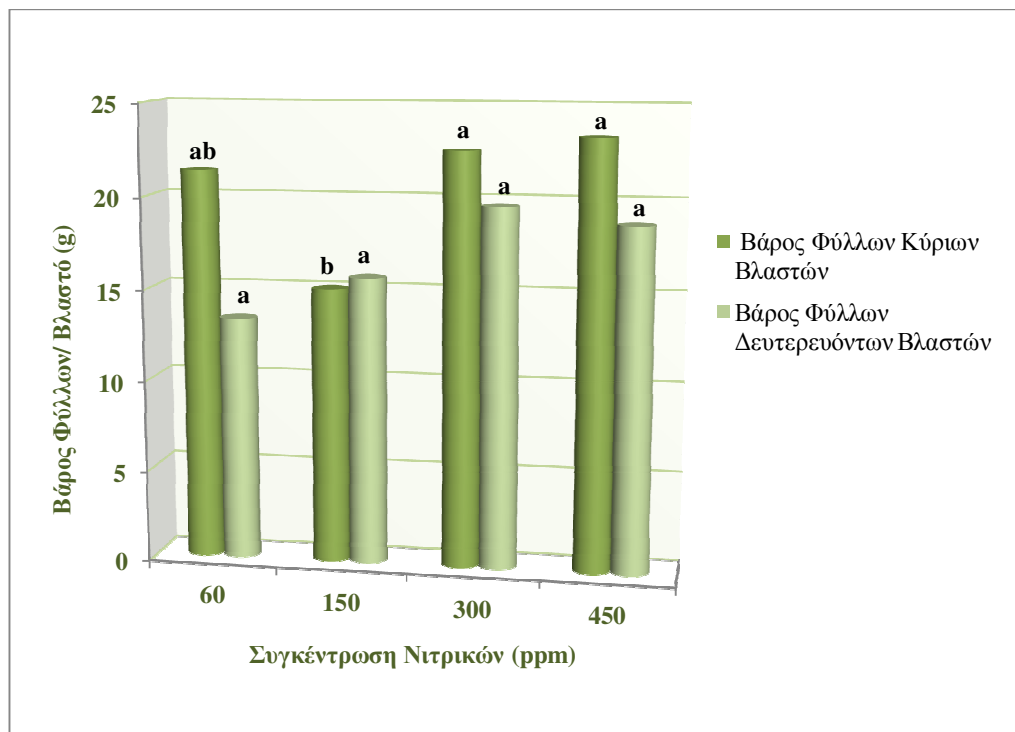
Διάγραμμα 3.2 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στον αριθμό των κόμβων στους κύριους και δευτερεύοντες βλαστούς, αμέσως μετά το τέλος της καλλιέργειας.

Η αύξηση της δόσης της αζωτούχου λίπανσης αυξάνει τον αριθμό των κόμβων στο κεντρικό στέλεχος, που εμφανίζει μέγιστο στα 450 ppm, ακολουθούμενο (χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές) από τα 300ppm ενώ στα 60 και 150ppm ο αριθμός των κόμβων ήταν ο μικρότερος χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά από τα 300ppm.

Όσον αφορά στους δευτερεύοντες βλαστούς, αν και παρατηρείται όμοια επίδραση, δεν υπάρχουν σημαντικές επιδράσεις, επομένως, η δόση της αζωτούχου λίπανσης δεν φάνηκε να επιδρά σημαντικά στον αριθμό των κόμβων των δευτερευόντων βλαστών.

3.1.3 Συνολικό βάρος φύλλων κύριων και δευτερευόντων βλαστών

Στο Διάγραμμα 3.3 δίνεται το συνολικό βάρος των φύλλων, τόσο των κύριων βλαστών όσο και των δευτερευόντων, στο τέλος της καλλιέργειας.



Ράβδοι ίδιου χρώματος που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

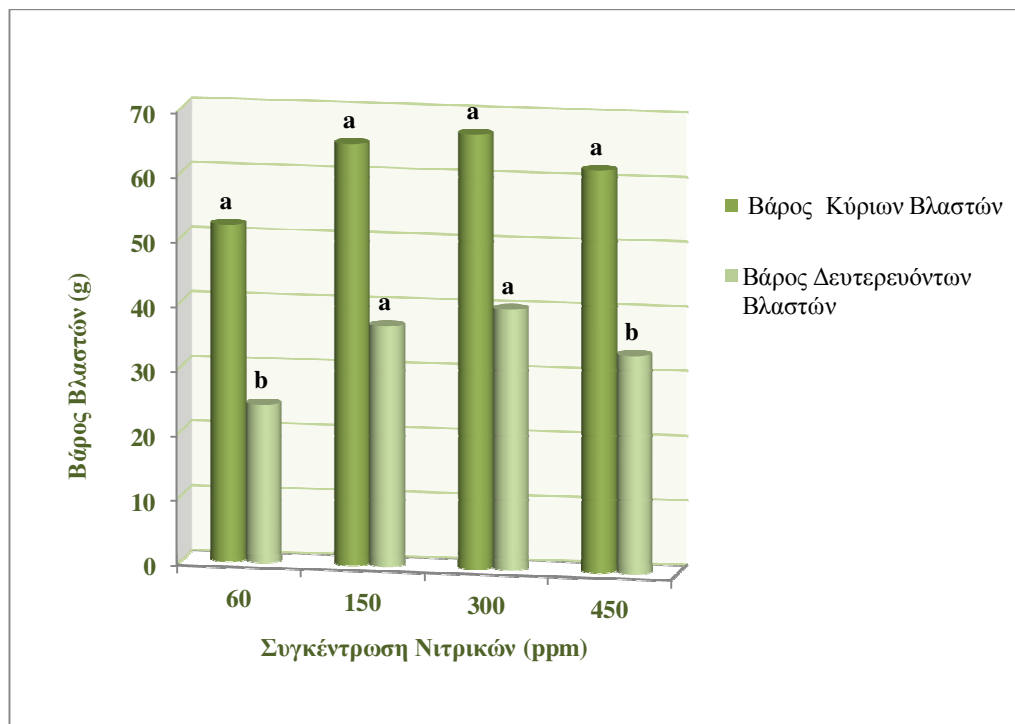
Διάγραμμα 3.3 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο βάρος (g) των φύλλων των κύριων και δευτερευόντων βλαστών, στο τέλος της καλλιέργειας.

Το βάρος των φύλλων των κύριων βλαστών εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή στα 300 και 450 ppm. Η τιμή αυτή διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή στα 150 ppm αλλά όχι και στα 60 ppm. Το μικρότερο βάρος των φύλλων παρατηρείται στα 150 ppm.

Όμοια τάση παρατηρείται και στους δευτερεύοντες βλαστούς, όμως οι τιμές του βάρους των φύλλων δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στα 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.

3.1.4 Βάρος κύριων και δευτερευόντων βλαστών (χωρίς φύλλα)

Στο Διάγραμμα 3.4 δίνεται το βάρος των κύριων και δευτερευόντων βλαστών (χωρίς φύλλα), αμέσως μετά το τέλος της καλλιέργειας.



Ράβδοι ίδιου χρώματος που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Διάγραμμα 3.4 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο βάρος (g) των κύριων και δευτερευόντων βλαστών.

Το βάρος των κύριων βλαστών δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές στα 4 διαφορετικά επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης.

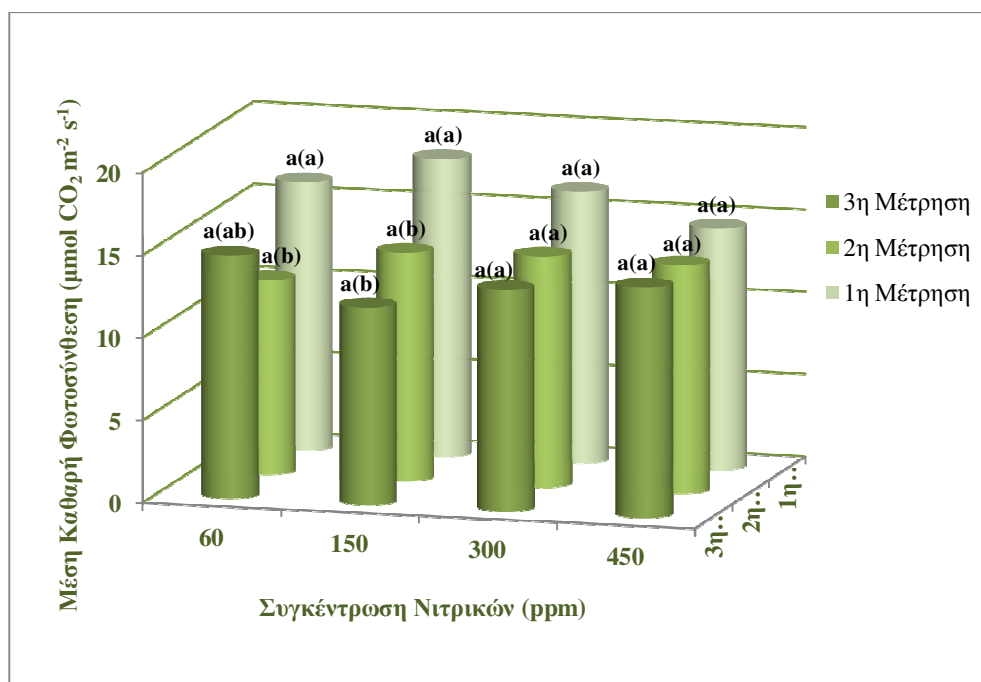
Στους δευτερεύοντες βλαστούς παρατηρείται σημαντική αύξηση του βάρους τους στα επίπεδα των 150 και 300 ppm. Αυτές οι δύο τιμές διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στα 60 και 450 ppm, οι οποίες με τη σειρά τους δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

3.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών

3.2.1 Επίδραση συγκέντρωσης νιτρικών στη φωτοσυνθετική ικανότητα

3.2.1.1 Ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης

Στο Διάγραμμα 3.5 παρουσιάζεται η καθαρή φωτοσύνθεση όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας υπό την επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.5 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη καθαρή φωτοσύνθεση ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

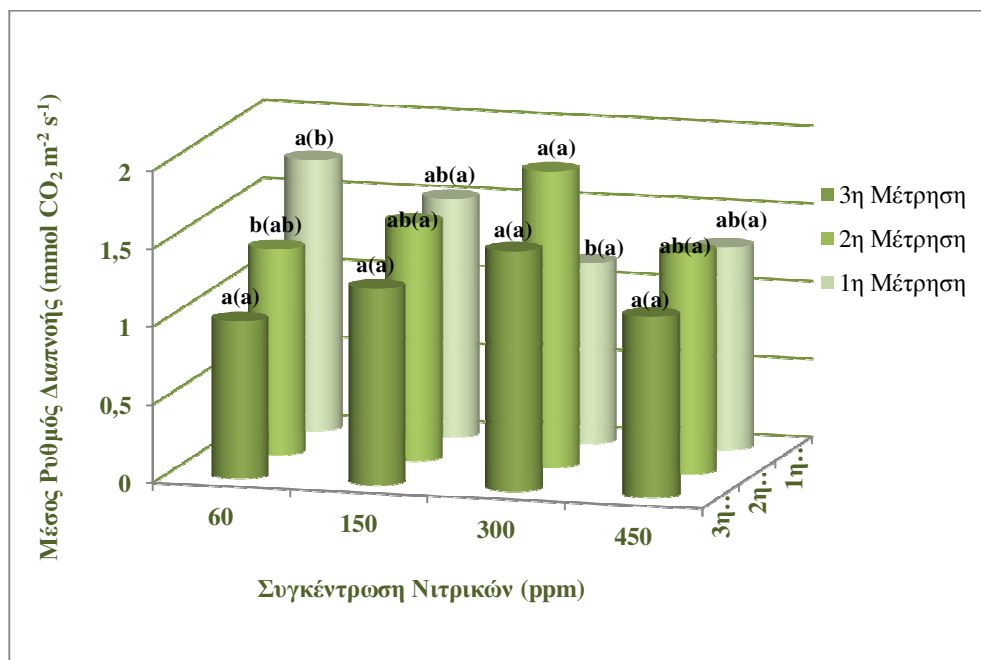
Και στις 3 μετρήσεις δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στους ρυθμούς της καθαρής φωτοσύνθεσης των φυτών που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικών.

Η ένταση της φωτοσύνθεσης κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών στην ίδια επέμβαση αζωτούχου λίπανσης παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μόνο στα 60 και 150 ppm. Στα 60 ppm η υψηλότερη ένταση της φωτοσύνθεσης

εμφανίζεται στη πρώτη μέτρηση, στη δεύτερη μειώνεται σημαντικά, ενώ στη τρίτη υπάρχει και πάλι αύξηση, χωρίς να διαφέρει στατιστικά από των άλλων δύο μετρήσεων. Στα 150 ppm, η μέγιστη τιμή της καθαρής φωτοσύνθεσης βρίσκεται στη πρώτη μέτρηση. Η τιμή αυτή διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στις επόμενες δύο μετρήσεις, όπου παρατηρείται μείωση των τιμών. Στα 300 και 450 ppm δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

3.2.1.2 Ρυθμός διαπνοής

Στο Διάγραμμα 3.6 παρουσιάζεται ο ρυθμός διαπνοής όπως αυτός μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων με την αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.6 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο ρυθμό διαπνοής (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

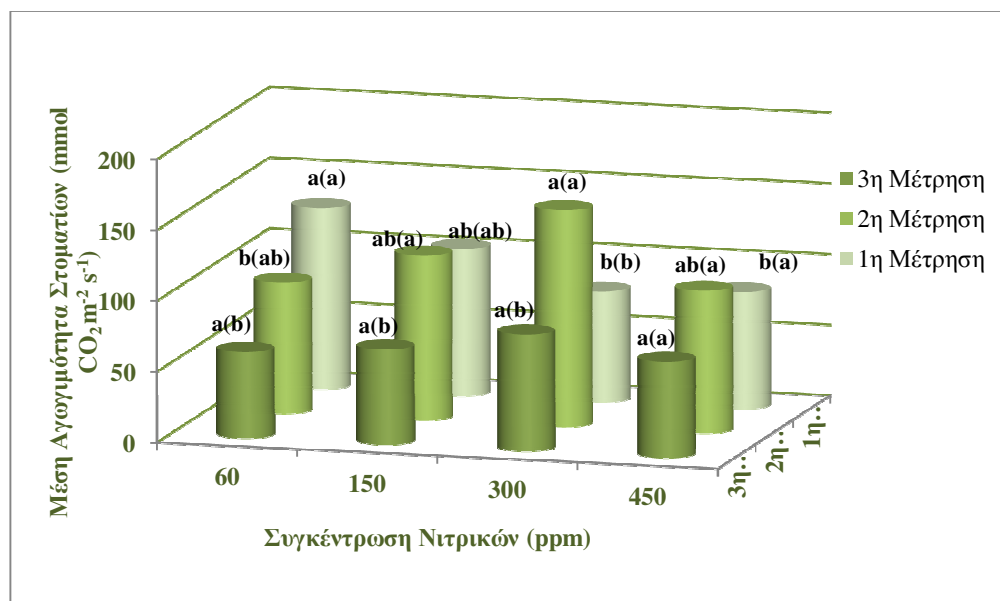
Στη 1^η μέτρηση, ο μεγαλύτερος ρυθμός διαπνοής εμφανίζεται στα 60 ppm. Στα 150 ppm ο ρυθμός δεν διαφέρει σημαντικά, σε αντίθεση με τα 300 ppm, όπου

παρατηρείται σημαντική μείωση σε σχέση με τη τιμή των 60 ppm. Στα 450 ppm δεν υπάρχει σημαντική διαφορά. Στη 2^η μέτρηση και σε αντίθεση με την 1^η, ο χαμηλότερος ρυθμός διαπνοής παρατηρείται στα 60 ppm, τιμή η οποία διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή στα 300 ppm, συγκέντρωση στην οποία παρατηρείται ο υψηλότερος ρυθμός διαπνοής. Τέλος, στη 3^η μέτρηση, ο ρυθμός διαπνοής δεν διαφέρει σημαντικά και στις 4 επεμβάσεις.

Στα 60 ppm, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ της 1^{ης} και της 3^{ης} μέτρησης, με τον ρυθμό της διαπνοής να μειώνεται καθώς προχωράει η καλλιέργεια. Στις υπόλοιπες επεμβάσεις δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις τιμές των τριών μετρήσεων, αν και στα 150 ppm παρατηρείται όμοια τάση όπως και στα 60 ppm χωρίς όμως σημαντικές διαφορές.

3.2.1.3 Αγωγιμότητα στοματίων

Στο Διάγραμμα 3.7 παρουσιάζεται η αγωγιμότητα των στοματίων, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση 4 διαφορετικών επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

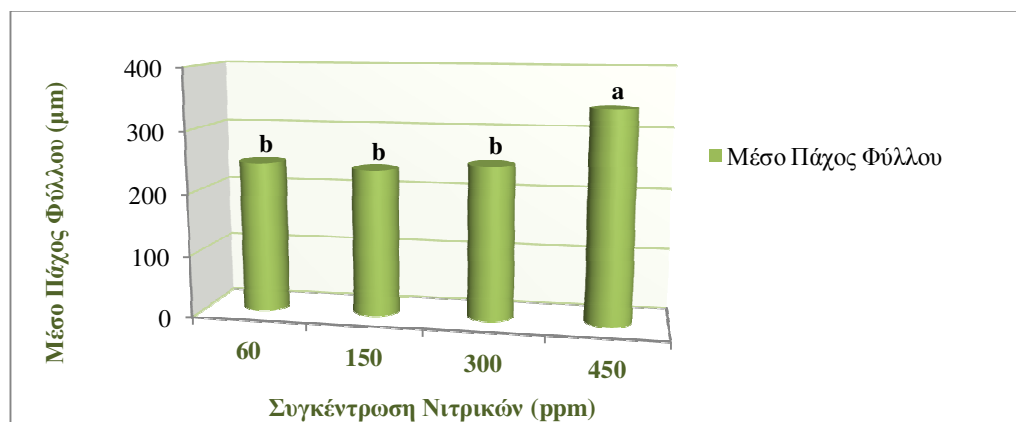
Διάγραμμα 3.7 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην αγωγιμότητα στοματίων ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στην 1^η μέτρηση η μεγαλύτερη αγωγιμότητα στοματίων παρατηρείται στο επίπεδο των 60 ppm. Στα 150 ppm δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, σε αντίθεση με τα 300 ppm, όπου παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση της αγωγιμότητας, σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στα 60 ppm, ενώ στα 450 ppm η τιμή κυμαίνεται στα επίπεδα των 300 ppm. Αντίθετα, στη 2^η μέτρηση η χαμηλότερη αγωγιμότητα στοματίων παρατηρείται στα 60 ppm, τιμή η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή στα 300 ppm, συγκέντρωση στην οποία παρατηρείται η υψηλότερη αγωγιμότητα. Τέλος, στη 3^η μέτρηση, η αγωγιμότητα των στοματίων δεν διαφέρει σημαντικά και στις 4 επεμβάσεις.

Μεταξύ των τριών σταδίων ανάπτυξης των φυτών, σε γενικές γραμμές παρατηρείται τάση για μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων στη 3^η μέτρηση, αν και οι διαφορές με τις άλλες δύο μετρήσεις δεν είναι πάντα σημαντική.

3.2.2 Πάχος φύλλου

Στο Διάγραμμα 3.8 παρουσιάζεται το πάχος του 1^{ου} πλήρους ανεπτυγμένου φύλλου από την κορυφή, στο τέλος της καλλιέργειας, υπό την επίδραση των διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης.



Οι ράβδοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

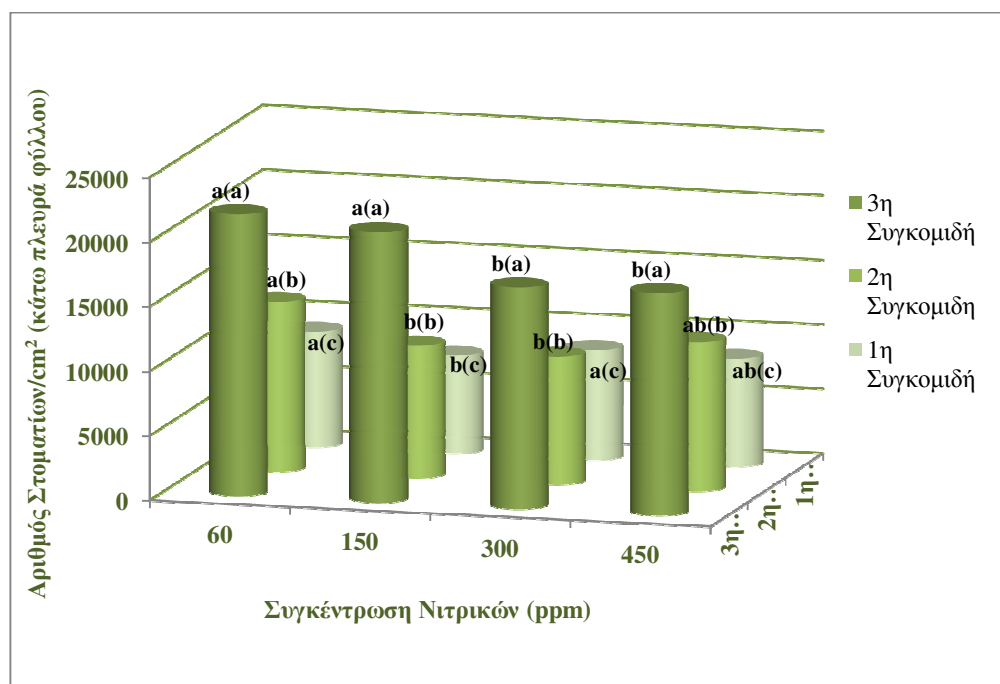
Διάγραμμα 3.8 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο πάχος του 1^{ου} πλήρους ανεπτυγμένου φύλλου από την κορυφή.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.8, στις επεμβάσεις των 60, 150 και 300 ppm, το πάχος του φύλλου δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά. Ωστόσο, σημαντική αύξηση παρατηρείται στα 450 ppm.

3.2.3 Πυκνότητα στοματίων

3.2.3.1 Πυκνότητα στοματίων στην κάτω πλευρά του φύλλου

Στο Διάγραμμα 3.9 παρουσιάζεται ο αριθμός των στοματίων/cm² στη κάτω πλευρά του φύλλου, όπως αυτός μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και κάτω από την επίδραση των διαφορετικών επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εκτός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εντός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.9 Επίδραση αζωτούχου λίπανσης στον αριθμό των στοματίων/cm² στη κάτω πλευρά του φύλλου κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

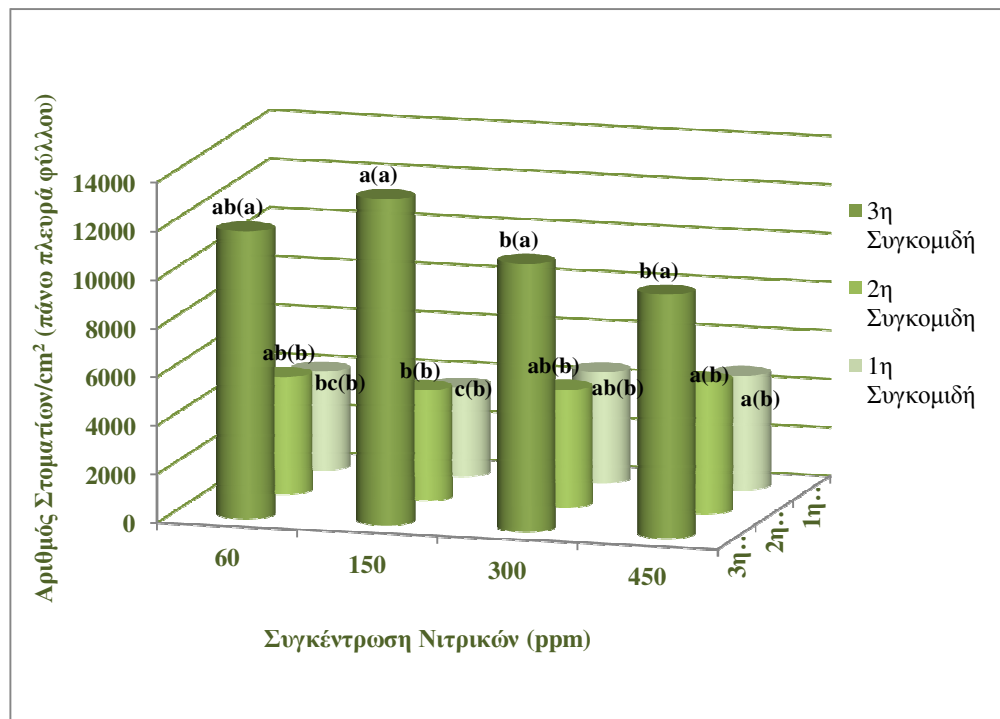
Στη 1^η συγκομιδή, η υψηλότερη πυκνότητα στοματίων εμφανίζεται στα 60 και 300 ppm. Στα 150 ppm μειώνεται σημαντικά ενώ στα 450 ppm δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άλλα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης. Και στη 2^η συγκομιδή, ο μέγιστος αριθμός στοματίων ανά cm² παρατηρείται στα 60 ppm. Στα 150 και 300 ppm αυτός ο αριθμός μειώνεται σημαντικά, ενώ στα 450 ppm παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή χωρίς να διαφέρει από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης. Στη 3^η συγκομιδή η πυκνότητα των στοματίων είναι σημαντικά υψηλότερη στις

χαμηλότερες (60 και 150 ppm) σε σχέση με τις υψηλότερες (300 και 450 ppm) δόσεις αζωτούχου λίπανσης.

Και στα 4 επίπεδα επεμβάσεων, παρατηρείται σημαντική αύξηση του αριθμού των στοματίων στην κάτω πλευρά των φύλλων καθώς προχωράει η καλλιέργεια.

3.2.3.2 Πυκνότητα στοματίων στην πάνω πλευρά του φύλλου

Στο Διάγραμμα 3.10 παρουσιάζεται ο αριθμός των στοματίων/cm² στη πάνω πλευρά του φύλλου, όπως αυτός μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και κάτω από την επίδραση των διαφορετικών επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.10 Επίδραση αζωτούχου λίπανσης στον αριθμό των στοματίων/cm² στην πάνω πλευρά του φύλλου κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή, η πυκνότητα των στοματίων διαφέρει στατιστικά σημαντικά στις επεμβάσεις των 150 και 450 ppm, με την μεγαλύτερη τιμή να παρατηρείται στην μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Επίσης σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των επεμβάσεων 60 με 450 ppm, καθώς και των επεμβάσεων 150 και 300 ppm. Και στις δύο περιπτώσεις ο μεγαλύτερος

αριθμός στοματίων ανά cm^2 παρατηρείται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Στη 2^η συγκομιδή, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ των επεμβάσεων 150 και 450 ppm, με την μεγαλύτερη τιμή και εδώ να βρίσκεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Τέλος, στη 3^η συγκομιδή η μέγιστη πυκνότητα των στοματίων παρατηρείται στα 150 ppm, η οποία διαφέρει σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm, οι οποίες ωστόσο δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

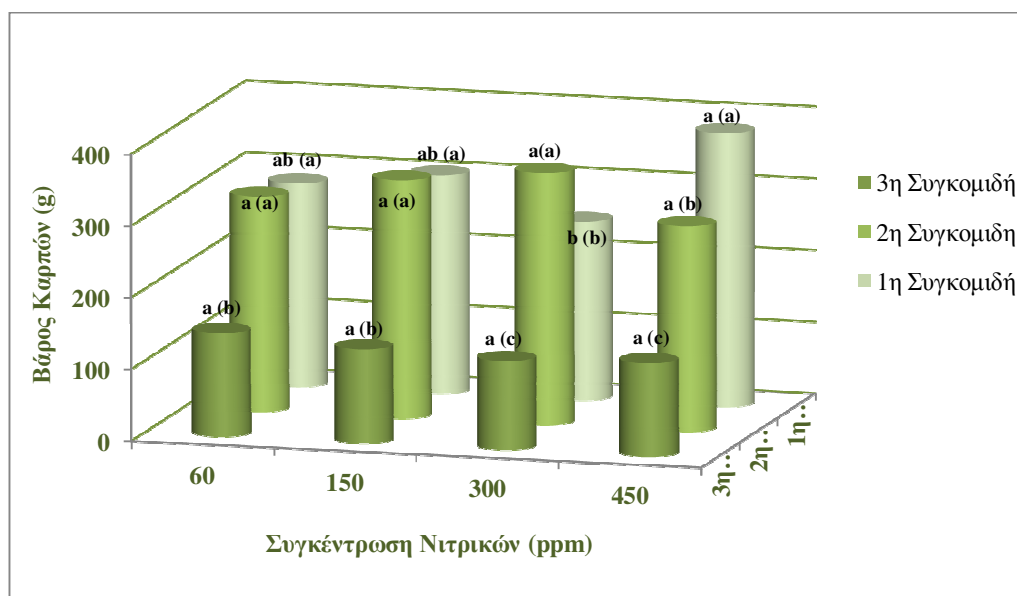
Και στις 4 επεμβάσεις, ο αριθμός των στοματίων ανά cm^2 παραμένει σταθερός στις 2 πρώτες συγκομιδές, χωρίς σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, στην 3^η συγκομιδή ο αριθμός αυτός αυξάνεται σημαντικά.

Πριν από την μέτρηση της πυκνότητας των στοματίων, μετρήθηκε η φυλλική επιφάνεια κάθε φύλλου. Από τις μετρήσεις αυτές παρατηρείται ότι στο στάδιο της τελευταίας συγκομιδής, η φυλλική επιφάνεια ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τις μετρήσεις στη δύο προηγούμενες συγκομιδές. Επομένως σε μικρότερα φύλλα η πυκνότητα των στοματίων ήταν μεγαλύτερη.

3.3 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των καρπών

3.3.1 Επίδραση νιτρικών στο μέσο βάρος καρπού

Στο Διάγραμμα 3.11 παρουσιάζεται το βάρος των καρπών όπως αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας κάτω από την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

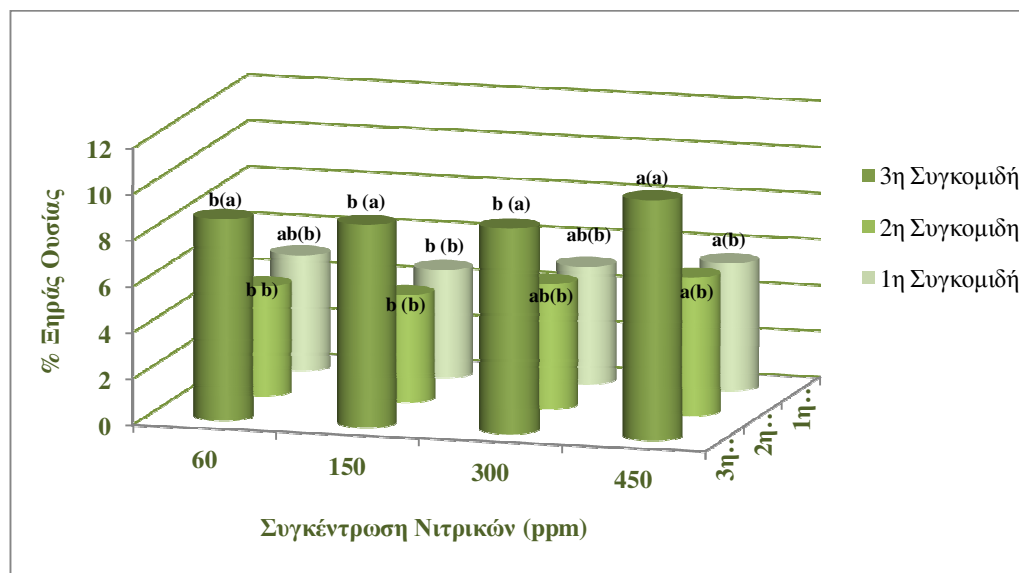
Διάγραμμα 3.11 Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης στο βάρος των καρπών (g) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στην 1^η συγκομιδή, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm, με το μεγαλύτερο μέσο βάρος καρπών να βρίσκεται και στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Στη 2^η συγκομιδή και 3^η συγκομιδή το μέσο βάρος των καρπών δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις αζωτούχου λίπανσης.

Στα 60 ppm καθώς και στα 150 ppm, εμφανίζεται σημαντική μείωση του βάρους των καρπών στην 3^η συγκομιδή. Στα 300 ppm, το βάρος αυξάνεται σημαντικά στη 2^η συγκομιδή, ενώ στη 3^η μειώνεται σημαντικά. Τέλος, στα 450 ppm, υπάρχει σταδιακή σημαντική μείωση του βάρους των καρπών

3.3.2 Επίδραση νιτρικών στο ποσοστό ξηράς ουσίας του καρπού

Στο Διάγραμμα 3.12 παρουσιάζεται το ποσοστό ξηράς ουσίας, όπως αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.12 Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης στο ποσοστό ξηράς ουσίας.

Στην 1^η συγκομιδή, το ποσοστό της ξηράς ουσίας του καρπού διαφέρει στατιστικά σημαντικά στις επεμβάσεις των 150 και 450 ppm, με το μεγαλύτερο ποσοστό να παρατηρείται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Στη 2^η συγκομιδή, η μέγιστη τιμή παρατηρείται στα 450 ppm και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στα 60 και 150 ppm, οι οποίες μεταξύ τους δεν διαφέρουν σημαντικά. Τέλος, και στη 3^η συγκομιδή το μέγιστο ποσοστό της ξηράς ουσίας εντοπίζεται στα 450 ppm, υπερτερώντας στατιστικά σημαντικά σε σχέση με τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων.

Και στα 4 επίπεδα επεμβάσεων, παρατηρείται ότι, ενώ στη 1^η και τη 2^η συγκομιδή το ποσοστό ξηράς ουσίας σε κάθε επέμβαση λίπανσης κυμαίνεται σε όμοια επίπεδα, στη 3^η συγκομιδή αυξάνεται σημαντικά.

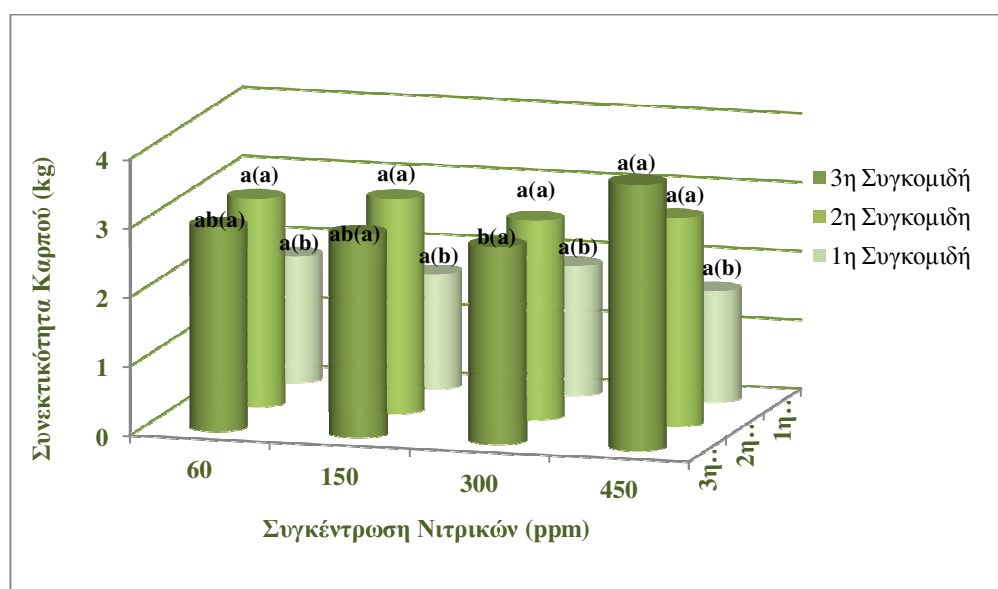
3.4 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών

3.4.1 Συνεκτικότητα των καρπών

Σημειώνεται ότι η συνεκτικότητα μετρήθηκε σε δύο σημεία σε κάθε καρπό: (α) στην άκρη προς τον μίσχο (proximal end, εδώ ονομάζεται ‘πάνω πλευρά’) και (β) στην άκρη προς την αποκοπή του στύλου (distal end, εδώ ονομάζεται ‘κάτω πλευρά’)

3.4.1.1 Συνεκτικότητα στη πάνω πλευρά του καρπού

Στο Διάγραμμα 3.13 παρουσιάζεται η μέτρηση της συνεκτικότητας στην πάνω πλευρά του καρπού (προς τον κάλυκα), όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, υπό την επίδραση τεσσάρων επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εκτός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εντός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.13 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συνεκτικότητα του καρπού (kg), στην πάνω πλευρά του.

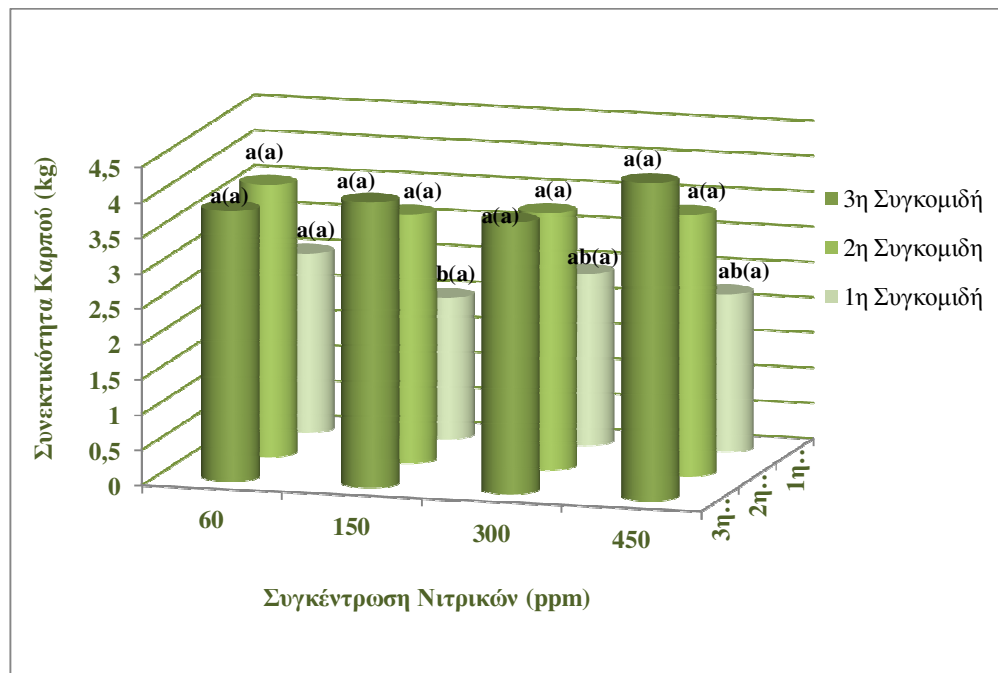
Στην 1^η και στην 2^η συγκομιδή, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τη συνεκτικότητα του καρπού, στις 4 διαφορετικές

επεμβάσεις με αζωτούχο λίπανση. Αντιθέτως, στη 3^η συγκομιδή η μεγαλύτερη συνεκτικότητα παρατηρείται στα 450 ppm, η οποία διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή στα 300 ppm.

Και στις 4 επεμβάσεις παρατηρείται ότι μετά την 1^η συγκομιδή, και όσο η καλλιέργεια προχωράει, η συνεκτικότητα του καρπού αυξάνεται σημαντικά.

3.4.1.2 Μέτρηση συνεκτικότητας στην κάτω πλευρά του καρπού

Στο Διάγραμμα 3.14 παρουσιάζεται η μέτρηση της συνεκτικότητας στην κάτω πλευρά του καρπού (περίπου 3 cm από το σημείο αποκοπής του στύλου), όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, υπό την επίδραση τεσσάρων επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.14 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συνεκτικότητα του καρπού (kg), στην κάτω πλευρά του.

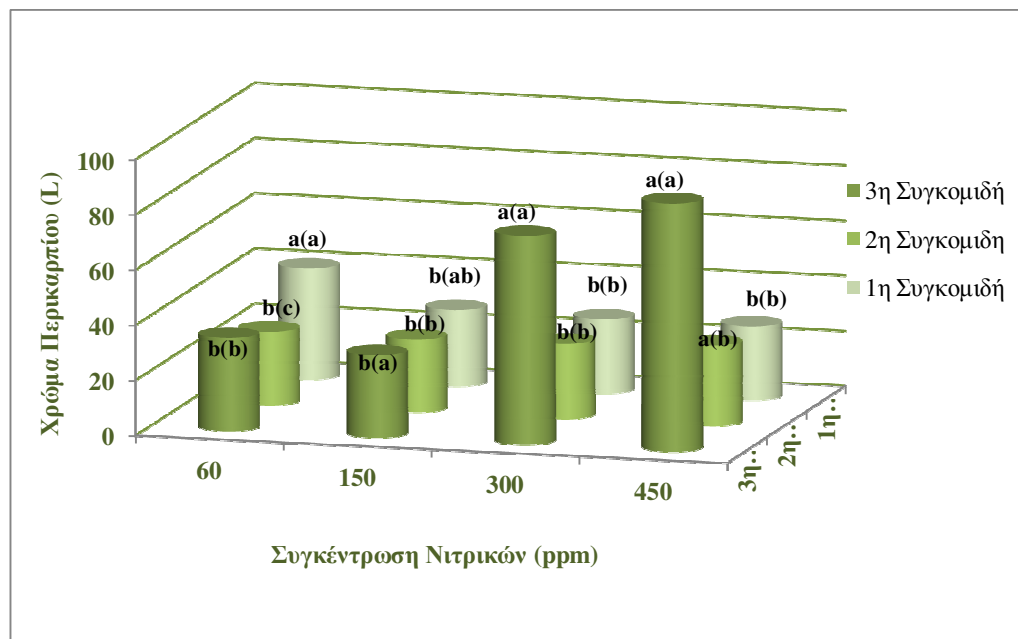
Στη 1^η συγκομιδή η συνεκτικότητα του καρπού στη κάτω πλευρά του είναι μεγαλύτερη στο επίπεδο των 60 ppm και διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή των 150 ppm. Στα υπόλοιπα επίπεδα δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά.

Στις επόμενες 2 συγκομιδές, η συνεκτικότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, μη παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις με αζωτούχο λίπανση.

Και στα 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές της συνεκτικότητας των καρπών με την πρόοδο της καλλιέργειας.

3.4.2 Φωτεινότητα περικαρπίου (L^*)

Στο Διάγραμμα 3.15 παρουσιάζεται η φωτεινότητα του περικαρπίου στο κέντρο του καρπού, όπως αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, υπό την επίδραση τεσσάρων επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.15 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φωτεινότητα (παράμετρος L^*) του περικαρπίου.

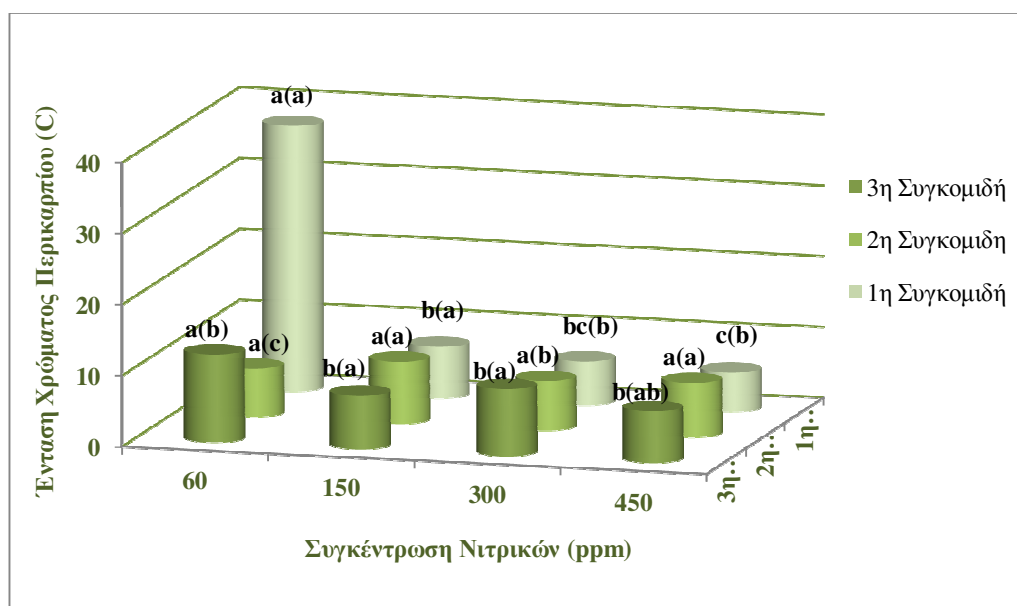
Στη 1^η συγκομιδή, η μεγαλύτερη τιμή του L παρατηρείται στα 60 ppm, η οποία διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες 3 επεμβάσεις, οι οποίες δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Στη 2^η συγκομιδή, ενώ η τιμή L δεν εμφανίζει σημαντικές διαφορές στα 60 και 150 και 300 ppm, αυξάνεται στατιστικά σημαντικά

στα 450 ppm. Στη τελευταία συγκομιδή, η φωτεινότητα του περικαρπίου υστερεί σημαντικά στις μικρότερες συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης (60 και 150 ppm), σε σχέση με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (300 και 450 ppm).

Στα 60 ppm ο καρπός είναι πιο φωτεινός στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας, αφού μετέπειτα η τιμή του L μειώνεται σημαντικά, ενώ στο τέλος της καλλιέργειας η τιμή αυτή αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με τη 2^η συγκομιδή, αλλά πάλι σε χαμηλότερα επίπεδα από την 1^η. Στα 150 ppm, παρατηρείται σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ της 2^{ης} και της 3^{ης} συγκομιδής, με την μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου L να βρίσκεται στη τελευταία συγκομιδή. Τέλος, τόσο στα 300 ppm όσο και στα 450 ppm, η τιμή του L αυξάνεται σημαντικά κατά το τέλος της καλλιέργειας, με αποτέλεσμα να είναι πιο φωτεινοί οι καρποί.

3.4.3 Ένταση χρώματος περικαρπίου (C)

Στο Διάγραμμα 3.16 παρουσιάζεται η ένταση του χρώματος του περικαρπίου, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, υπό την επίδραση τεσσάρων επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

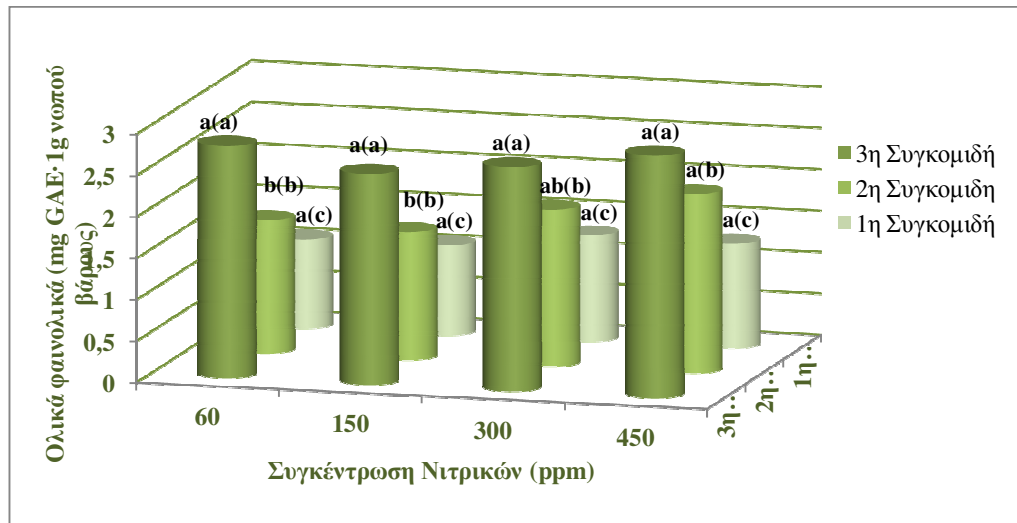
Διάγραμμα 3.16 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ένταση του χρώματος (παραμέτρος C) του περικαρπίου.

Στην 1^η συγκομιδή η ένταση του χρώματος του περικαρπίου εμφανίζει τη μέγιστη τιμή της στα 60 ppm, ενώ όσο αυξάνεται η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης τόσο μειώνεται η ένταση. Αντίθετα, στη 2^η συγκομιδή η ένταση του χρώματος δεν μεταβάλλεται σημαντικά ενώ στην τελευταία συγκομιδή η μέγιστη τιμή παρατηρείται και πάλι στα 60 ppm, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων, οι οποίες όμως μεταξύ τους δεν διαφέρουν σημαντικά.

Στα 60 ppm η ένταση του χρώματος είναι μεγαλύτερη στη 1^η συγκομιδή, μειώνεται σημαντικά στη 2^η για να αυξηθεί εκ νέου στη 3^η συγκομιδή αλλά σε επίπεδο που διαφέρει στατιστικά από την τιμή της 1^{ης} συγκομιδής. Στα 150 ppm η ένταση δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, ενώ στα 300 ppm η μέγιστη ένταση παρατηρείται στο στάδιο της 3^{ης} συγκομιδής και διαφέρει σημαντικά από τις τιμές στις προηγούμενες δύο συγκομιδές, των οποίων η ένταση παραμένει στα ίδια επίπεδα, μη διαφέροντας σημαντικά. Τέλος, στα 450 ppm, η ένταση μετά την 1^η συγκομιδή αυξάνεται σημαντικά και παραμένει σε αυτά τα επίπεδα μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

3.4.4 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών

Στο Διάγραμμα 3.17 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών, όπως αυτά μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

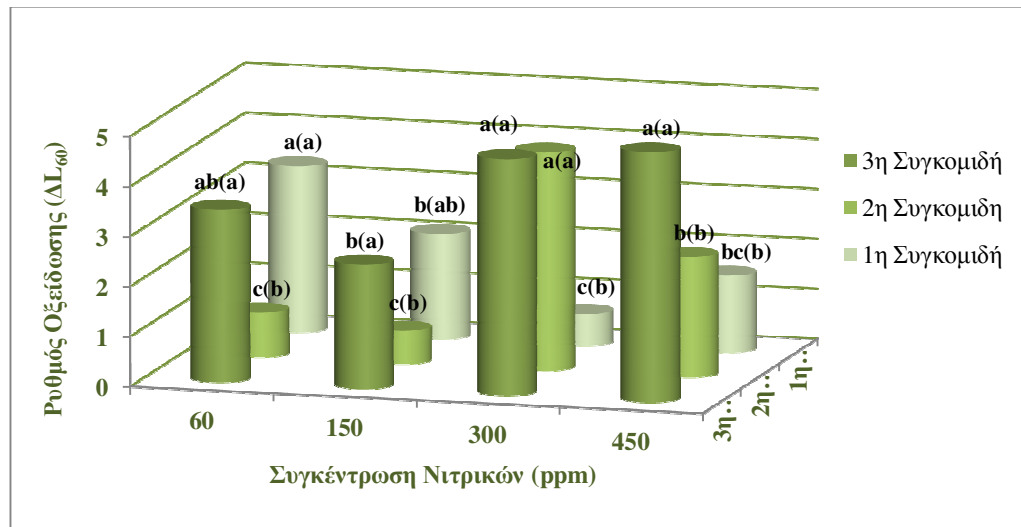
Διάγραμμα 3.17 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση ολικών φαινολικών (mg GAE·1g ξηρού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων. Αντίθετα στη 2^η, η μεγαλύτερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών παρατηρείται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών στη λίπανση (450 ppm) και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις τιμές στα 60 και 150 ppm, οι οποίες δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Στη 3^η συγκομιδή δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις.

Και στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις με αζωτούχο λίπανση παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών αυξάνεται σημαντικά με την πρόοδο των συγκομιδών.

3.4.5 Μαύρισμα της σάρκας (AL)

Στο Διάγραμμα 3.18 παρουσιάζεται η ένταση του μαυρίσματος της σάρκας των καρπών, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, υπό την επίδραση τεσσάρων επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

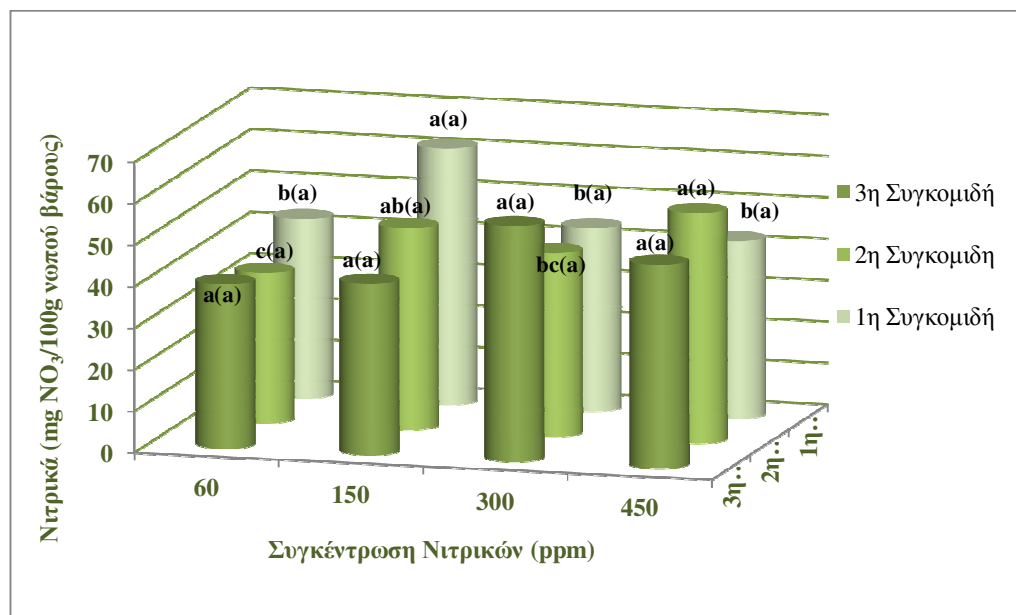
Διάγραμμα 3.18 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο μαύρισμα της σάρκας των καρπών.

Στην 1^η συγκομιδή εντονότερο μαύρισμα της σάρκας των καρπών παρατηρείται στην επέμβαση των 60 ppm. Στα 150 ppm μειώνεται σημαντικά για να μειωθεί περαιτέρω σημαντικά στα 300 ppm, ενώ στα 450 ppm παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή χωρίς να διαφέρει σημαντικά από τα επίπεδα των 150 και 300 ppm. Στη 2^η συγκομιδή εντονότερο μαύρισμα σάρκας παρατηρείται στα 300 ppm, μειώνεται σημαντικά στα 450 ppm, ενώ στα 60 και 150 ppm παρατηρείται η χαμηλότερη τιμή, μη διαφέροντας σημαντικά μεταξύ τους. Στη τελευταία συγκομιδή οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται και στις μέγιστες δόσεις της αζωτούχου λίπανσης (300 και 450 ppm) και διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή στα 150 ppm.

Στα 60 ppm υπάρχει σημαντικά χαμηλότερο είναι το μαύρισμα των καρπών της 2^{ης} συγκομιδής, ενώ δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ της 1^{ης} και 3^{ης} συγκομιδής. Αντίστοιχη είναι η εικόνα και στα 150 ppm, αλλά η 1^η και 2^η συγκομιδή δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Στα 300 ppm, η ένταση του μαυρίσματος διαφέρει σημαντικά μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} συγκομιδής με αυτόν στην 1^η συγκομιδή, ενώ στα 450 ppm, ο ρυθμός είναι μικρότερος στη 1^η και 2^η συγκομιδή και δεν διαφέρει σημαντικά, για να αυξηθεί έπειτα σημαντικά στη τελευταία συγκομιδή.

3.4.6 Προσδιορισμός νιτρικών

Στο Διάγραμμα 3.19 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των νιτρικών, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

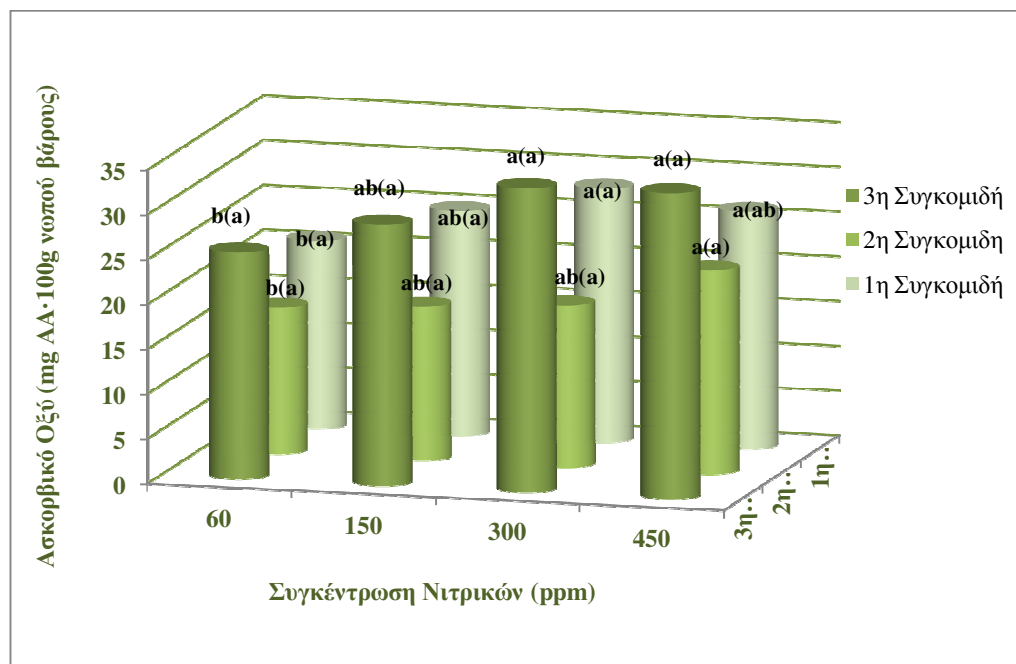
Διάγραμμα 3.19 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση νιτρικών ($\text{mg NO}_3/100\text{g}$ νωπού βάρους), κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή, η μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών στους καρπούς, παρατηρείται στα 150 ppm, τιμή που διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στις υπόλοιπες επεμβάσεις, οι οποίες μεταξύ τους δεν διαφέρουν στατιστικά. Στη 2^η συγκομιδή η μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών παρατηρείται στη επέμβαση των 450 ppm. Η τιμή αυτή διαφέρει σημαντικά με τις τιμές στα 60 καθώς και στα 300 ppm. Στη τελευταία συγκομιδή, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των νιτρικών μέσα στις επεμβάσεις.

Και στα 4 διαφορετικά επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

3.4.7 Προσδιορισμός συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος

Στο Διάγραμμα 3.20 παρουσιάζεται το περιεχόμενο των καρπών σε ασκορβικό οξύ, όπως αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

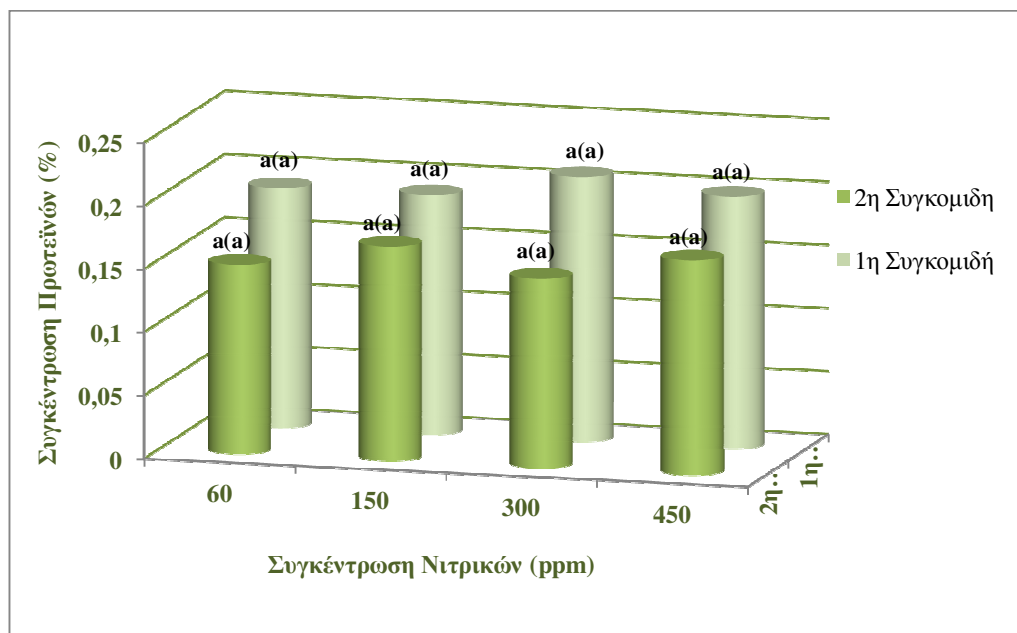
Διάγραμμα 3.20 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος (mg AA · 100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η και 3^η συγκομιδή η υψηλότερη συγκέντρωση ασκορβικού οξέος παρατηρείται στις υψηλότερες δόσεις της αζωτούχου λίπανσης (300 και 450 ppm), ενώ η χαμηλότερη, η οποία διαφέρει σημαντικά από αυτές τις δύο τιμές, παρατηρείται στη χαμηλότερη δόση αζωτούχου λίπανσης (60 ppm). Στη 2^η συγκομιδή η υψηλότερη συγκέντρωση ασκορβικού οξέος παρατηρείται στα 450 ppm, τιμή η οποία διαφέρει σημαντικά από την τιμή στα 60 ppm.

Και στις 4 επεμβάσεις αζωτούχου λίπανσης δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος στις διαφορετικές συγκομιδές των καρπών.

3.4.8 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών πρωτεϊνών

Στο Διάγραμμα 3.21 παρουσιάζεται το περιεχόμενο των ολικών διαλυτών πρωτεϊνών των καρπών, όπως αυτές μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εκτός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

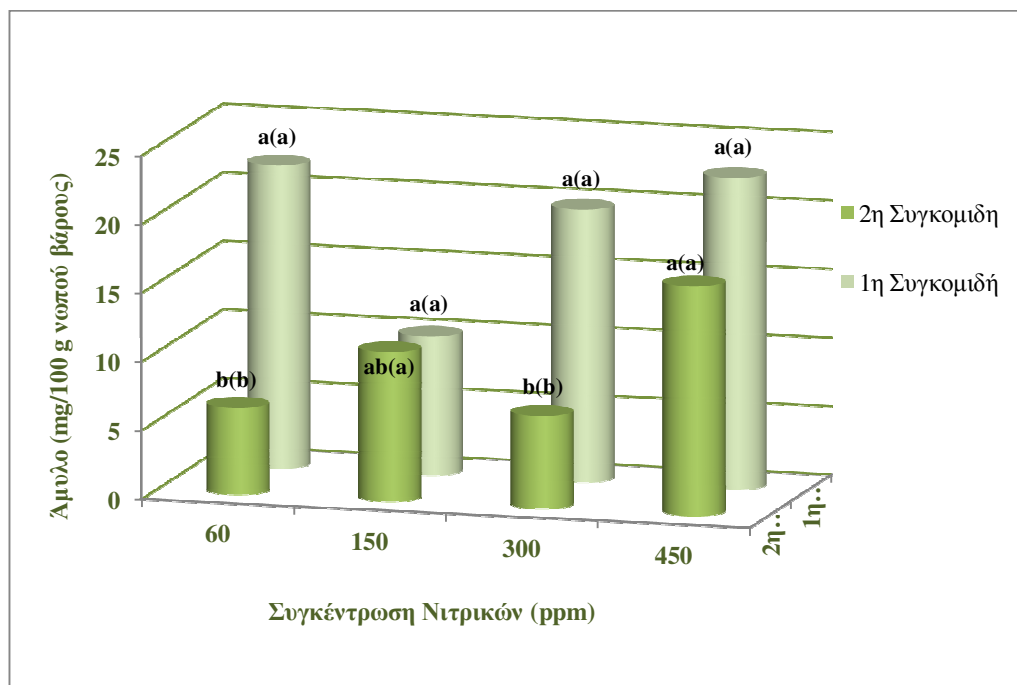
Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα *εντός* παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.21 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών πρωτεϊνών (%) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών δεν μεταβάλλεται στατιστικά σημαντικά κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας αλλά και μέσα στις διαφορετικές επεμβάσεις.

3.4.9 Προσδιορισμός αμύλου

Στο Διάγραμμα 3.22 παρουσιάζεται η συγκέντρωση του αμύλου, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

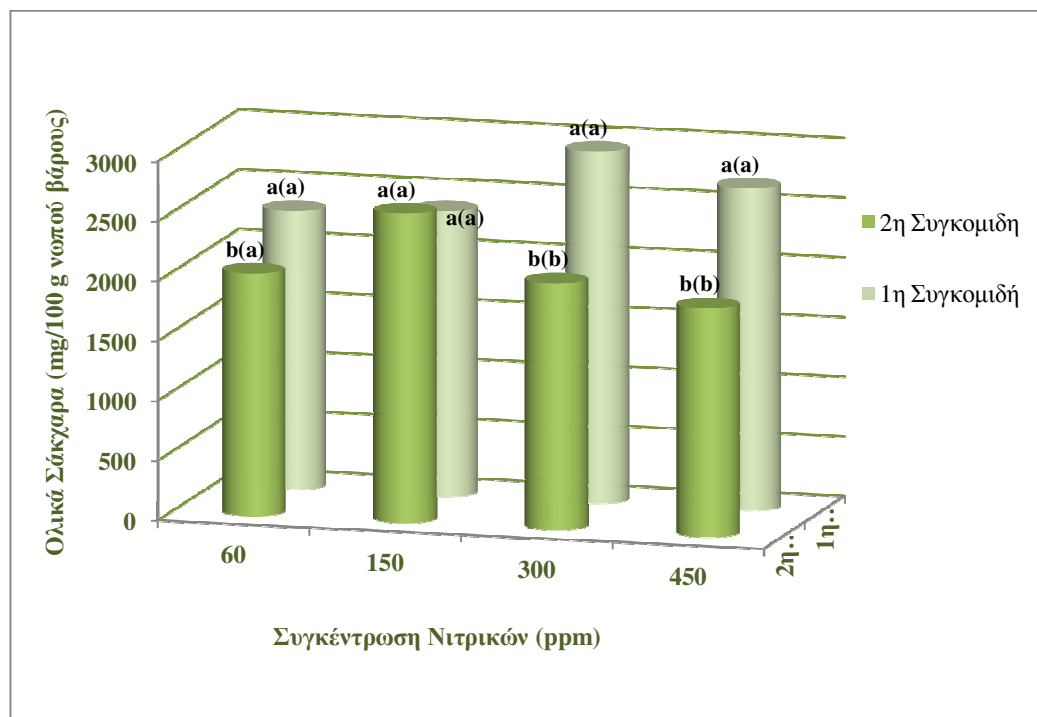
Διάγραμμα 3.22 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση του αμύλου (mg/100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στα 4 διαφορετικά επίπεδα αλατότητας. Αντίθετα, στη 2^η συγκομιδή, η συγκέντρωση του αμύλου είναι η μεγαλύτερη στα 450 ppm χωρίς να διαφέρει από την αντίστοιχη τιμή στα 150 ppm, αλλά είναι σημαντικά υψηλότερη από τις τιμές στα 60 και 300 ppm, οι οποίες μεταξύ τους δεν διαφέρουν

Στα 60 ppm καθώς και στα 300 ppm, το άμυλο μειώνεται σημαντικά από την 1^η στη 2^η συγκομιδή. Αντίθετα, στα 150 ppm και στα 450 ppm, δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

3.4.10 Προσδιορισμός ολικών σακχάρων

Στο Διάγραμμα 3.23 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των ολικών σακχάρων, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

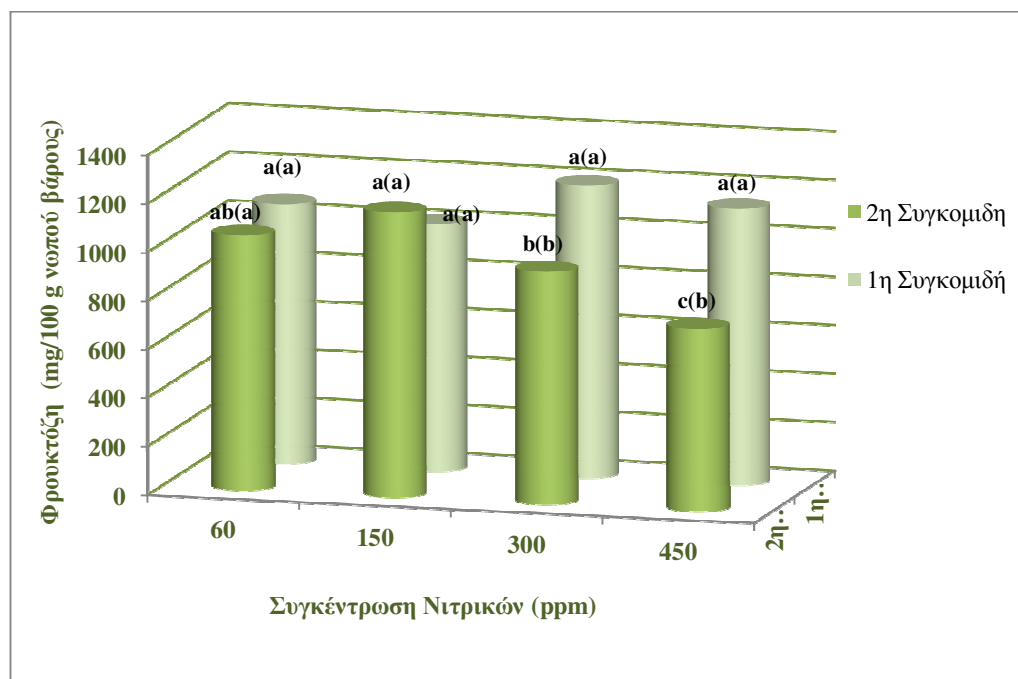
Διάγραμμα 3.23 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση των ολικών σακχάρων (mg/100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκομιδών, ενώ στη 2^η συγκομιδή τα 150 ppm εμφανίζουν τη μεγαλύτερη τιμή η οποία διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Στα 60 ppm και στα 150 ppm, δεν αλλάζει η συγκέντρωση των ολικών σακχάρων κατά τις συγκομιδές. Αντιθέτως, στα 300 ppm και στα 450 ppm η συγκέντρωση μειώνεται σημαντικά από τη 1^η στη 2^η συγκομιδή.

3.4.11 Προσδιορισμός φρουκτόζης

Στο Διάγραμμα 3.24 παρουσιάζεται η συγκέντρωση της φρουκτόζης στους καρπούς, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

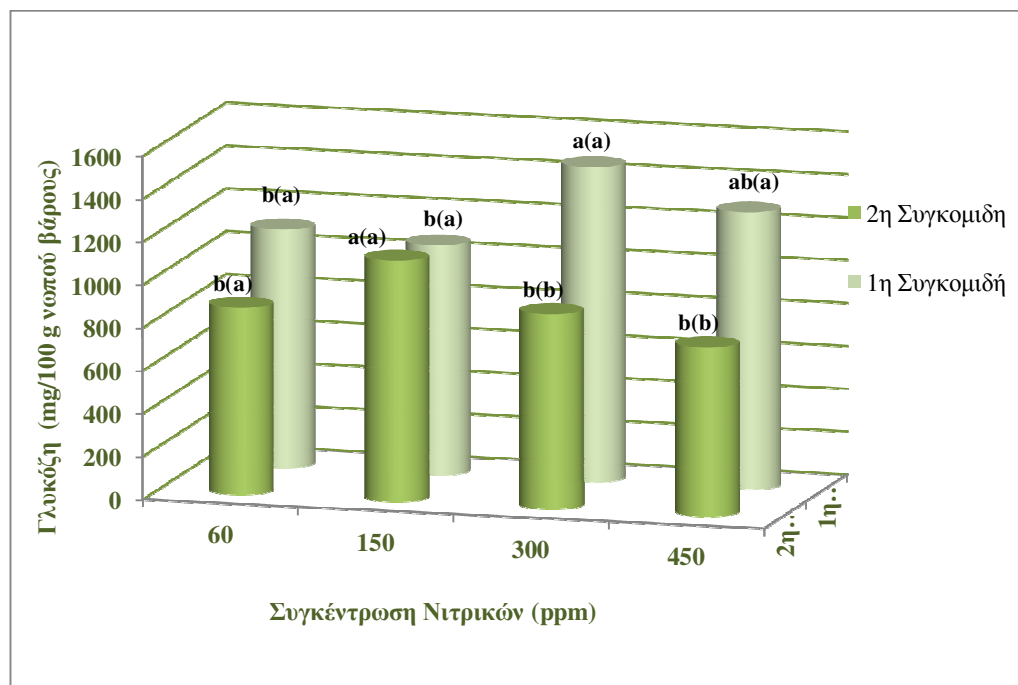
Διάγραμμα 3.24 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της φρουκτόζης (mg/100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στην 1^η συγκομιδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση της φρουκτόζης στις 4 επεμβάσεις αζωτούχου λίπανσης. Στη 2^η συγκομιδή όμως, η υψηλότερη συγκέντρωση φρουκτόζης παρατηρείται στα 150 ppm και μειώνεται σημαντικά τόσο στα 300 όσο και στα 450 ppm, όπου παρατηρείται η μικρότερη συγκέντρωση.

Στα 60 ppm καθώς και στα 150 ppm, η συγκέντρωση της φρουκτόζης δεν μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των δύο συγκομιδών. Ωστόσο, στα 300 ppm και στα 450 ppm, το περιεχόμενο σε φρουκτόζη των καρπών της 2^{ης} συγκομιδής είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με της 1^{ης}.

3.4.12 Προσδιορισμός γλυκόζης

Στο Διάγραμμα 3.25 παρουσιάζεται η συγκέντρωση της γλυκόζης των καρπών, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

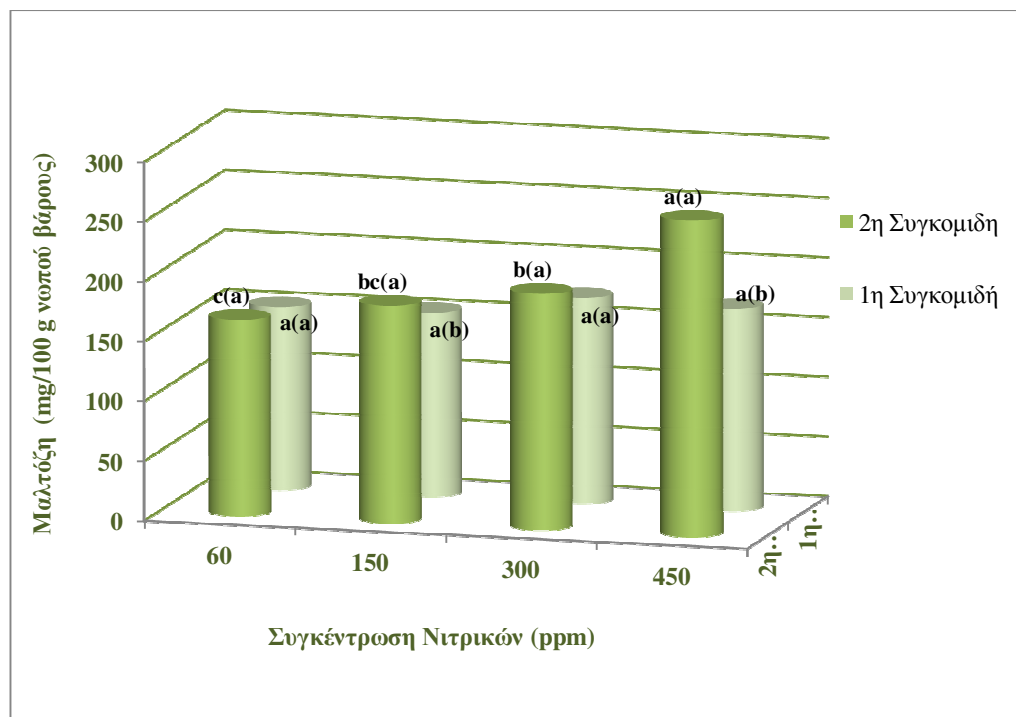
Διάγραμμα 3.25 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της γλυκόζης (mg/100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στη 1^η συγκομιδή η υψηλότερη συγκέντρωση γλυκόζης παρατηρείται στην επέμβαση των 300 ppm, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά σε σχέση με τα 60 και 150 ppm, που όμως δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Στη 2^η συγκομιδή, η μεγαλύτερη συγκέντρωση εμφανίζεται στα 150 ppm, με την τιμή αυτή να διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των υπόλοιπων επεμβάσεων.

Τόσο στα 60 ppm, όσο και στα 150 ppm η συγκέντρωση της γλυκόζης δεν μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των δύο συγκομιδών. Στα 300 ppm και 450 ppm όμως, η συγκέντρωση της γλυκόζης στους καρπούς μειώνεται από την 1^η στη 2^η συγκομιδή.

3.4.13 Προσδιορισμός μαλτόζης

Στο Διάγραμμα 3.26 παρουσιάζεται η συγκέντρωση της μαλτόζης των καρπών, όπως αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και υπό την επίδραση επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση.



Οριζόντια σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους του ίδιου χρώματος, για κάθε συγκομιδή, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κάθετη σύγκριση: Μέσοι σε ράβδους διαφορετικού χρώματος, για κάθε μία επέμβαση, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Διάγραμμα 3.26 Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της μαλτόζης (mg/100 g νωπού βάρους) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Ενώ στη 1^η συγκομιδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των επεμβάσεων της αζωτούχου λίπανσης, στη 2^η συγκομιδή η υψηλότερη συγκέντρωση μαλτόζης παρατηρείται στα 450 ppm, μειώνεται σημαντικά στα 150 και 300 ppm και ακόμα περισσότερο στα 60ppm.

Στα 60 ppm, όπως και στα 300 ppm, δεν μεταβάλλεται η συγκέντρωση μαλτόζης μεταξύ των καρπών της 1^{ης} και της 2^{ης} συγκομιδής. Σημαντική αύξηση στους καρπούς της 2^{ης} συγκομιδής παρατηρείται όμως στις επεμβάσεις των 150 ppm και των 450 ppm.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών

4.1.1 Τελικό ύψος κύριων και δευτερευόντων βλαστών

Το ύψος των φυτών μπορεί να θεωρηθεί ως ένας δείκτης της δύναμής τους και συνήθως εξαρτάται από την ευρωστία και την ανάπτυξή του, ενώ επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους (Pervez et al., 2004).

Στο πείραμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο τελικό ύψος τόσο του κύριου όσο και του δευτερεύοντα βλαστού σε κάθε φυτό. Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται εν μέρει σε αντίθεση με τους Bar et al. (2001), Bowen and Fray (2002), Prabhu et al. (2003), Wange and Kale (2004) και Ge et al. (2008), οι οποίοι παρατήρησαν ότι σημαντικές διαφορές υπήρξαν μόνο μεταξύ του μάρτυρα (χωρίς άζωτο) και των επεμβάσεων με αζωτούχο λίπανση σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς και σε καλλιέργεια τομάτας. Μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων αζώτου δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, σε πειράματα σε ραπανάκι, όσο μεγαλύτερη ήταν η ποσότητα της αζωτούχου λίπανσης, τόσο μεγαλύτερο ήταν και το ύψος των φυτών (Pervez et al., 2004).

4.1.2 Αριθμός κόμβων κύριου και δευτερεύοντα βλαστού

Στο πείραμα παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των κόμβων του κύριου βλαστού ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στην επέμβαση με την μεγαλύτερη δόση αζωτούχου λίπανσης. Στο δευτερεύοντα βλαστό, δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα πειράματα σε φυτά μελιτζάνας των Wange and Kale (2004) και Aminifard et al. (2010) όπου ο μεγαλύτερος αριθμός κόμβων παρατηρήθηκε στις μεγαλύτερες δόσεις αζωτούχου λίπανσης. Επίσης, σε πειράματα των Nicola and Basoccu (1994) και Scholberg et al. (2000) με τομάτα παρατηρήθηκε ότι φυτά χωρίς αζωτούχο λίπανση είχαν λιγότερα φύλλα σε σχέση με φυτά τα οποία είχαν δεχθεί λίπανση.

Επομένως, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως η αύξηση της χρήσης αζωτούχου λίπανσης έχει την τάση να αυξάνει τον αριθμό των κόμβων και κατ' επέκταση των φύλλων σε κάθε φυτό σε αντίθεση με τη μη χρήση λίπανσης όπου παρατηρείται σημαντικά μικρότερος αριθμός κόμβων. Σύμφωνα με τους Roe and

Cornforth (2010) αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλεται στην διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών, ιδίως του αζώτου.

4.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών

4.2.1 Επίδραση συγκέντρωσης νιτρικών στη φωτοσυνθετική ικανότητα

4.2.1.1 Ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση αποτελεί διαδικασία ζωτικής σημασίας σε πλανητικό επίπεδο διότι από τα οργανικά μόρια που προκύπτουν παρέχεται χημική ενέργεια και σκελετοί άνθρακα σε όλα τα στάδια της τροφικής αλυσίδας (Δροσόπουλος, 1998). Το άζωτο είναι το κύριο συστατικό όλων των αμινοξέων των πρωτεϊνών και των λιπιδίων, το οποίο ενεργεί ως δομική ένωση του χλωροπλάστη (Basela and Mahadeen, 2008). Η έλλειψη αζώτου στα φύλλα περιορίζει έντονα την ανάπτυξή τους καθώς και τη φωτοσύνθεση (Novoa and Loomis, 1981).

Στις μετρήσεις της φωτοσύνθεσης παρατηρήθηκε ότι σε κάθε μέτρηση ξεχωριστά, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στον ρυθμό της φωτοσύνθεσης με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης. Ωστόσο, εκεί που παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ήταν σε κάθε μία από τις τέσσερις επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, στα 60 ppm ο ρυθμός της καθαρής φωτοσύνθεσης είναι μέγιστος στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας ενώ στη συνέχεια μειώνεται σημαντικά. Και στα 150 ppm, η μέγιστη τιμή εμφανίζεται στο στάδιο της 1^{ης} συγκομιδής για να μειωθεί σημαντικά κατά τη 2^η και 3^η συγκομιδή. Επιπλέον, τόσο στη συγκέντρωση των 300 ppm όσο και των 450 ppm, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης δεν μεταβάλλεται σημαντικά.

Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο ρυθμός φωτοσύνθεσης είναι μέγιστος στις επεμβάσεις με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών. Ο μειωμένος ρυθμός φωτοσύνθεσης που παρατηρείται στη 2^η μέτρηση της επέμβασης των 60ppm καθώς επίσης και της 2^{ης} και 3^{ης} μέτρησης της επέμβασης των 150 ppm, ίσως οφείλεται τόσο στον αριθμό των φύλλων, ο οποίος είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm, όσο και στο σημαντικά μειωμένο βάρος τους στα 150 ppm, που υποδηλώνει ότι τα φύλλα είναι και μικρότερα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

4.2.1.2 Ρυθμός διαπνοής

Η διαπνοή μέσω της λειτουργίας των στοματίων συνεισφέρει στον έλεγχο της θερμοκρασίας του ελάσματος του φύλλου, στη διατήρηση του διαπνευστικού ρεύματος καθώς και στη ρύθμιση της υδατικής κατάστασης του φυτού (Farquhar and Sharkey, 1982; Hopkins, 1995).

Οι παράγοντες που επιδρούν στην ταχύτητα της διαπνοής είναι:

- ✓ Τα ανατομικά χαρακτηριστικά των φύλλων: Κρίσιμα ανατομικά χαρακτηριστικά αποτελούν ο αριθμός, οι διαστάσεις (μήκος και πλάτος), η κατανομή και η θέση των στοματίων στην επιδερμίδα (Μανέτας, 2005). Ο αριθμός των στοματίων ποικίλει και λογικά αναμένονται αυξημένες απώλειες νερού όταν υπάρχει αυξημένη πυκνότητα των στοματίων. Ωστόσο, η πυκνότητα των στοματίων δεν σχετίζεται πάντα με τη ταχύτητα διαπνοής διότι εκτός από τον αριθμό των στοματίων, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι διαστάσεις του στοματικού πόρου.
- ✓ Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ατμοσφαιρική σχετική υγρασία, η θερμοκρασία του φύλλου και του αέρα, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου.

Στις τρεις διαφορετικές μετρήσεις παρατηρείται ότι ο ρυθμός της διαπνοής μεταβάλλεται σημαντικά με την μεταβολή της συγκέντρωσης αζώτου στη λίπανση. Με εξαίρεση την 1^η μέτρηση, όπου ο χαμηλότερος ρυθμός διαπνοής βρίσκεται στα 300 ppm, στην 2^η μέτρηση η διαπνοή εμφανίζει μέγιστο ρυθμό στα 300 ppm, ενώ στην 3^η μέτρηση ο ρυθμός δεν επηρεάζεται σημαντικά. Επιπροσθέτως, με τη σύγκριση των τιμών σε κάθε μία από τις επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, παρατηρείται ότι ο ρυθμός διαπνοής παραμένει σταθερός και δεν μεταβάλλεται σημαντικά με εξαίρεση την 1^η μέτρηση στα 60 ppm, όπου είναι σημαντικά μικρότερος.

Επομένως ο ρυθμός της διαπνοής δεν επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τη μεταβολή της ποσότητας του παρεχόμενου αζώτου μέσω της αζωτούχου λίπανσης, όσο και από τον αριθμό των στοματίων, ο οποίος λαμβάνει τις μέγιστες τιμές προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

4.2.1.3 Αγωγιμότητα στοματίων

Τα στομάτια έχουν την δυνατότητα του ενεργητικού ανοίγματος και κλεισίματος με αποτέλεσμα, αφενός να ελέγχονται οι απώλειες νερού και αφετέρου να επιτρέπεται η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ μεσοφύλλου και ατμόσφαιρας (Andersson and Barber, 1996).

Σε αυτή την εργασία, η αγωγιμότητα των στοματίων στην 1^η μέτρηση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στις χαμηλότερες δόσεις της αζωτούχου λίπανσης. Ωστόσο, στη 2^η μέτρηση η τιμή αυξήθηκε σημαντικά στα 150, 300 και 450 ppm, ενώ στην 3^η μέτρηση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Επίσης, υπήρξαν σημαντικές διαφορές σε κάθε μία από τις τέσσερις επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, στην επέμβαση των 60 και 150 ppm, η αγωγιμότητα των στοματίων μειώνεται σημαντικά προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, στα 300 ppm εμφανίζει το μέγιστο στη μέση της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ στα 450 ppm, παραμένει στα ίδια επίπεδα και δεν διαφέρει σημαντικά κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ενώ στην αρχή της καλλιέργειας η αγωγιμότητα των στοματίων φαίνεται ότι επηρεάζεται αρνητικά από τη συγκέντρωση των νιτρικών, στη συνέχεια με την αύξηση της συγκέντρωσης αυξάνεται σημαντικά η τιμή της για να παραμείνει σε σταθερά επίπεδα στο τέλος της καλλιέργειας. Επίσης, παρατηρείται ότι στην επέμβαση των 450 ppm η αγωγιμότητα είναι μεγάλη σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

4.2.2 Πάχος φύλλου

Το πάχος του φύλλου στο τέλος της καλλιέργειας παρουσίασε τη μέγιστη τιμή στη μέγιστη δόση της αζωτούχου λίπανσης, τιμή η οποία διαφέρει σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στις μικρότερες δόσεις αζωτούχου λίπανσης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται σε πειράματα με τομάτα των Nicola and Basoccu (1994) και Scholberg et al. (2000).

4.2.3 Πυκνότητα στοματίων

Η πυκνότητα των στοματίων ελέγχεται από γενετικούς παράγοντες (Dunlap and Stettler, 2001, Casson and Gray, 2008) και διαφέρει μεταξύ i) των ειδών, ii) των ποικιλιών εντός του είδους και iii) από φύλλο σε φύλλο λόγω διαφορετικής φυλλικής επιφάνειας και ηλικίας (Frank, 1981, Pospisilova and Solarova, 1980).

Η πυκνότητα των στοματίων τόσο της κάτω όσο και της άνω πλευράς του φύλλου, εμφανίζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών συλλογών που πραγματοποιήθηκαν. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των στοματίων/cm² στην 1^η και στη 2^η μέτρηση είναι σημαντικά μειωμένος στα 150 ppm, ενώ στην 3^η μέτρηση η πυκνότητα των στοματίων μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στη λίπανση. Εκεί όπου παρατηρείται μεγαλύτερη μεταβολή στη πυκνότητα των στοματίων είναι κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σε κάθε μία επέμβαση. Έτσι, και στις τέσσερις επεμβάσεις και στις δύο πλευρές του φύλλου παρατηρείται ότι η πυκνότητα των στοματίων αυξάνει σημαντικά προς το τέλος της καλλιέργειας.

Συμπερασματικά, η αζωτούχος λίπανση δεν επηρεάζει τη πυκνότητα των στοματίων έπειτα από τις μετρήσεις που έγιναν σε κάθε μία συγκομιδή. Ωστόσο, παρατηρείται ότι η πυκνότητα των στοματίων αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών. Αυτό το γεγονός μπορεί να οφείλεται στην υψηλότερη θερμοκρασία που επικρατούσε εντός του θερμοκηπίου εκείνη την περίοδο και στην ανάγκη των φυτών για μεγαλύτερο ρυθμό διαπνοής.

4.3 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των καρπών

4.3.1 Επίδραση νιτρικών στο μέσο νωπό βάρος καρπού

Το μέσο νωπό βάρος των καρπών εμφανίζει σημαντικές διαφορές στα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης μόνο στην 1^η συγκομιδή. Στις επόμενες δύο συγκομιδές το βάρος παραμένει στα ίδια επίπεδα. Εκεί που παρατηρούνται αξιοπρόσεκτες διαφορές είναι μεταξύ των τριών συγκομιδών σε κάθε μία από τις επεμβάσεις ξεχωριστά. Και στα τέσσερα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης το μέσο βάρος των καρπών μειώνεται σημαντικά προς το τέλος της καλλιέργειας. Αυτή η μείωση είναι πιο έντονη στις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm.

Όσον αφορά στο μεγαλύτερο μέσο νωπό βάρος καρπών που παρατηρήθηκε στα 450 ppm στην 1^η συγκομιδή, το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Ali and Kelly (1992), Devi et al. (2002) και Aujla et al. (2007), οι οποίοι επίσης παρατήρησαν ότι αύξηση της αζωτούχου λίπανσης προκαλεί αύξηση στο μέσο νωπό βάρος των καρπών.

4.3.2 Επίδραση νιτρικών στο ποσοστό ξηράς ουσίας του καρπού

Οι ουσίες που συμμετέχουν στην ξηρά ουσία των καρπών είναι τα σάκχαρα, οι ίνες και τα οξέα. Γενικά, καρποί με υψηλά ποσοστά ξηράς ουσίας έχουν την πιο γλυκιά και γενικά την πιο έντονη γεύση.

Στο πείραμα παρατηρείται ότι και στις 3 συγκομιδές, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης, τόσο αυξάνεται και το ποσοστό της ξηράς ουσίας. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, προκύπτει ότι όσο πλησιάζουμε προς το τέλος της τόσο αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό της ξηράς ουσίας των καρπών. Έτσι, προκύπτει το συμπέρασμα ότι στη μέγιστη δόση της αζωτούχου λίπανσης παρατηρείται και το μέγιστο ποσοστό της ξηράς ουσίας. Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας την τιμή αυτή με το μέσο νωπό βάρος των καρπών όπως αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σε κάθε μία από τις τέσσερις επεμβάσεις, το μέγιστο ποσοστό ξηράς ουσίας παρατηρείται στους μικρότερους καρπούς. Ίσως αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ότι οι μεγαλύτεροι καρποί έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό σε σχέση με τους μικρότερους καρπούς. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων πειραμάτων που έγιναν σε καρπούς τομάτας (Scholberg et al., 2000).

4.4 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών

4.4.1 Συνεκτικότητα των καρπών

Η συνεκτικότητα των καρπών μελιτζάνας στην άνω πλευρά του καρπού (προς τον κάλυκα) παρουσίασε σημαντική αύξηση στη 2^η και στην 3^η συγκομιδή. Αντιθέτως στην κάτω πλευρά δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Σε σχέση με το νωπό βάρος των καρπών, παρατηρείται ότι όταν οι καρποί έχουν την τάση να είναι μεγαλύτεροι, η συνεκτικότητα τείνει να μειώνεται και το αντίστροφο.

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με μελέτες που έγιναν πάνω σε καρπούς τομάτας και στους οποίους διαπιστώθηκε ότι η αζωτούχος λίπανση επιδρά με τον ίδιο τρόπο στην συνεκτικότητα των καρπών (Kaniszewski et al., 1987; Albu-Yaron et al., 1993; Wang et al., 2007).

Ωστόσο, σε πειράματα των Warner et al. (2004) και Benard et al. (2009), δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη συνεκτικότητα των καρπών τομάτας που παρήχθησαν από φυτά που δέχθηκαν διαφορετικές δόσεις της αζωτούχου λίπανσης.

4.4.2 Χρώμα περικαρπίου (L) – Ένταση χρώματος (C)

Το χρώμα των καρπών της μελιτζάνας είναι ένα σύνθετο γνώρισμα καθώς συνδυάζει δύο διαφορετικές χρωστικές ουσίες οι οποίες κατανέμονται κάθε φορά διαφορετικά (Daunay et al., 2004b). Με βάση τη χημική δομή τους, το χρώμα της επιδερμίδας των καρπών γίνεται αντιληπτό ως πιο κόκκινο ή ως περισσότερο μωβ. Τα χρώματα αυτά εμφανίζουν διάφορες εντάσεις που κυμαίνονται από το ροζ, το κόκκινο, το μωβ, το σκούρο μωβ, ακόμη και το μαύρο. Η μία ομάδα χρωστικών ουσιών είναι οι ανθοκυανίνες οι οποίες βρίσκονται στα χυμοτόπια των κυττάρων της επιδερμίδας των καρπών. Σύμφωνα με τον Tigchelaar et al. (1968), η παρουσία ή απουσία τους εξαρτάται από γενετικούς παράγοντες. Ανεξάρτητα από την παρουσία ή την απουσία, ή την μεταβλητή ένταση των ανθοκυανίνων στην επιδερμίδα των καρπών της μελιτζάνας, για τη σύνθεσή τους είτε απαιτείται απόλυτα, είτε απαιτείται μερικώς, είτε δεν απαιτείται ύπαρξη φωτός.

Η δεύτερη ομάδα των χρωστικών ουσιών είναι οι γλωροφύλλες A και B, οι οποίες βρίσκονται κυρίως κάτω από τα επιδερμικά κύτταρα και είναι υπεύθυνες για το πράσινο χρώμα της σάρκας καθώς και της επιδερμίδας. Ωστόσο, το πράσινο

χρώμα μπορεί να καλυφθεί εάν είναι παρούσες οι ανθοκυανίνες. Η παρουσία ή η απουσία αυτών των χλωροφυλλών έχει αποδειχθεί ότι ελέγχεται από ένα μόνο κυρίαρχο γονίδιο το οποίο ονομάζεται G (Tigchelaar et al., 1968).

Ο συνδυασμός της παρουσίας ανθοκυανινών και χλωροφυλλών είναι υπεύθυνος για τη μεγάλη ποικιλία χρωμάτων που παρατηρείται στους καρπούς της μελιτζάνας. Επιπρόσθετα, τόσο η ένταση και η ομοιομορφία του χρώματος του καρπού όσο και η στιλπνότητα της επιδερμίδας του, αποτελούν πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά ποιότητας μιας ποικιλίας (Nothmann et al., 1976).

Στη παρούσα μελέτη, οι καρποί της μελιτζάνας παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στο χρώμα του περικαρπίου, τόσο μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων, όσο και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ στη 1^η συγκομιδή ο πιο ανοιχτόχρωμος καρπός παρατηρείται στη χαμηλότερη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης, στις επόμενες δύο συγκομιδές ο πιο ανοιχτόχρωμος καρπός παρατηρείται στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αζωτούχου λίπανσης. Επιπλέον, στις συγκεντρώσεις των 300 και 450 ppm, οι πιο ανοιχτόχρωμοι καρποί παράγονται καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών. Στα 150 ppm υπάρχει διαφορά μόνο στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ στα 60 ppm οι ανοιχτόχρωμοι καρποί παρατηρούνται στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου.

Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα πειραμάτων που έχουν γίνει σε τομάτα, όπου σύμφωνα με τους Warner et al. (2004), Simonne et al. (2007) και Benard et al. (2009), το χρώμα του περικαρπίου δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις της αζωτούχου λίπανσης.

Η ένταση του χρώματος του περικαρπίου δίνεται από τη σχέση $C = \sqrt{a^2 + b^2}$, όπου η παράμετρος a δηλώνει πράσινο χρώμα όταν έχει αρνητικές τιμές και κόκκινο για θετικές και η b δηλώνει μπλε χρώμα για αρνητικές τιμές και κίτρινο για θετικές. Η παράμετρος C είναι ουσιαστικά η εφαπτομένη του τριγώνου που σχηματίζεται σε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων, όπου στον άξονα x βρίσκονται οι τιμές της παραμέτρου a και στον άξονα y βρίσκονται οι τιμές της παραμέτρου b . Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του C , τόσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση του χρώματος του περικαρπίου.

Με εξαίρεση την 2^η συγκομιδή, όπου η ένταση του χρώματος του περικαρπίου δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές στις τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις,

στην 1^η και στην 3^η η ένταση αυξάνεται καθώς μειώνεται η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Στην επέμβαση των 60 ppm παρατηρείται στη 1^η συγκομιδή η μέγιστη ένταση, για να μειωθεί σημαντικά πολύ στη 2^η και να αυξηθεί εκ νέου στην 3^η. Στα 150 ppm δεν υπάρχει διαφορά στην ένταση του χρώματος σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας, ενώ τόσο στα 300 όσο και στα 450 ppm η ένταση μεγαλώνει καθώς προχωράμε προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

Επομένως, η ένταση του χρώματος επηρεάζεται από τη συγκέντρωση των νιτρικών, καθώς είναι μεγαλύτερη σε μικρότερες συγκεντρώσεις ενώ κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εμφανίζει τις μέγιστες τιμές προς το τέλος και στις συγκεντρώσεις των 300 και 450 ppm, με εξαίρεση τα 60 ppm, όπου η μέγιστη ένταση παρατηρείται στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας.

4.4.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών

Οι ανθοκυανίνες της επιδερμίδας των καρπών καθώς επίσης και η παρουσία των φαινολικών στη σάρκα, έχουν ενδιαφέρουσες από διατροφικής και υγειονομικής άποψης αντιοξειδωτικές ιδιότητες, καθώς συμβάλλουν στη μείωση των ελεύθερων ριζών οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν καρκινογενέσεις ή αθηροσκλήρωση στον ανθρώπινο οργανισμό (Stommel and Whitaker, 2003). Οι ουσίες αυτές είναι το υπόστρωμα του ενζύμου πολυφαινολική οξειδάση, η δραστηριότητα του οποίου οδηγεί στο ταχύ μαύρισμα των κομμένων ή των τραυματισμένων ιστών. Επίσης, συμβάλλουν στις οργανοληπτικές ιδιότητες των καρπών, δεδομένου ότι γενικά μεταδίδουν μια πικρή γεύση.

Τα αποτελέσματα του πειράματος για τη συγκέντρωση των φαινολικών έδειξαν ότι ενώ στη 1^η συγκομιδή δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης, στη 2^η παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά, με την μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών να παρατηρείται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Στη 3^η συγκομιδή δεν υπήρξαν και πάλι σημαντικές διαφορές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, σε καθένα από τα τέσσερα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης, καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών, οι συγκεντρώσεις των φαινολικών αυξάνονται σημαντικά. Έτσι, προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των φαινολικών στους καρπούς.

Η συγκέντρωση των φαινολικών έδειξε διακυμάνσεις από τη μία συγκομιδή στην άλλη, σύμφωνα με μελέτες που έγιναν σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας (Slimestad and Verheul, 2005; Toor, 2006; Raffo, 2006).

4.4.4 Μαύρισμα των καρπών [ΔL_{60} (L_0-L_{60})]

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στα φαινολικά οφείλεται το μαύρισμα των καρπών έπειτα από κόψιμο ή τραυματισμό καθώς και η πικρή γεύση τους.

Στην 1^η συγκομιδή ο ρυθμός οξείδωσης των φαινολικών γίνεται χαμηλότερος καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ στη 2^η και 3^η συγκομιδή παρατηρείται το αντίθετο. Δηλαδή, ο ρυθμός οξείδωσης των φαινολικών αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης της αζωτούχου λίπανσης. Όσο αφορά τη μεταβολή του ρυθμού οξείδωσης των φαινολικών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, διαπιστώνεται ότι ανεξάρτητα της επέμβασης, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των φαινολικών - κάτι που παρατηρείται καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών - τόσο μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός οξείδωσης.

4.4.5 Προσδιορισμός νιτρικών

Στην 1^η συγκομιδή, παρατηρείται ότι στην επέμβαση με αζωτούχο λίπανση σε συγκέντρωση 150 ppm, η συγκέντρωση των νιτρικών στους καρπούς είναι σημαντικά μεγαλύτερη από ότι στις υπόλοιπες τρεις συγκεντρώσεις. Στη 2^η συγκομιδή, η μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών παρατηρείται στη μεγαλύτερη δόση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ στη 3^η συγκομιδή δεν παρατηρείται διαφορά της συγκέντρωσης των νιτρικών στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις. Ωστόσο, παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των νιτρικών σε καθένα από τα τέσσερα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης.

Έχει παρατηρηθεί ότι σε κηπευτικά με εδώδιμους καρπούς (όπως για παράδειγμα πιπεριά, μελιτζάνα, τομάτα) ή με εδώδιμους κονδύλους (πατάτα) και βολβούς (κρεμμύδι) η περιεκτικότητα των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Πολλές μελέτες έχουν δείξει επανειλημμένα ότι τα φύλλα είναι οι περιοχές με τη μέγιστη συσσώρευση νιτρικών ιόντων (Maynard and Barker, 1972, Walker, 1975, Maynard et al., 1976, Corre and Breimer, 1979), ενώ θεωρείται ότι οι καρποί και οι σπόροι έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα, εφόσον τα νιτρικά μεταφέρονται δια μέσου του ιστού του ξύλου (Bloom-Zandstra, 1989).

4.4.6 Προσδιορισμός συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στις 4 διαφορετικές επεμβάσεις της αζωτούχου λίπανσης. Ωστόσο, εκεί που παρατηρούνται σημαντικές διαφορές είναι σε κάθε συγκομιδή χωριστά, όπου η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος είναι σημαντικά μεγαλύτερη στη μεγαλύτερη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης, ενώ αντίστοιχα, η μικρότερη συγκέντρωση παρατηρείται στη χαμηλότερη δόση της λίπανσης. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη πρόσληψη και αφομοίωση των θρεπτικών ουσιών, οι οποίες είναι γνωστό ότι επηρεάζουν θετικά την θρεπτική αξία των καρπών της μελιτζάνας (Asiegbu, 1991; Russo, 1996).

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα σε πείραμα με πιπεριά (Mozafar, 1993; Aminifard et al. 2012). Αντίθετα, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε κολοκύθα παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ασκορβικού οξέος (Anita et al., 2009).

4.4.7 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών πρωτεϊνών

Το άζωτο θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία λόγω και του ρόλου του σε ουσίες όπως είναι οι πρωτεΐνες, οι οποίες χρησιμεύουν ως ένζυμα-καταλύτες στις μεταβολικές διεργασίες και ως δομικά στοιχεία του κυτταροπλάσματος και των μεμβρανών.

Στο πείραμα με τους καρπούς μελιτζάνας δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές, τόσο μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων αζωτούχου λίπανσης, όσο και μεταξύ των συγκομιδών. Επομένως, η αζωτούχος λίπανση δεν φαίνεται να επηρεάζει την συγκέντρωση των διαλυτών πρωτεϊνών στους καρπούς. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία σε πειράματα με μελιτζάνα, όπου διαπιστώθηκε και εκεί ότι η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη δεν μεταβάλλεται υπό την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης καθώς επίσης και με το μέγεθος του καρπού (Akanbi et al., 2007).

4.4.8 Προσδιορισμός αμύλου

Το άμυλο είναι ένας πολυσακχαρίτης που αποτελείται από δεκάδες χιλιάδες μόρια γλυκόζης. Αποτελεί αποταμιευτικό πολυσακχαρίτη των φυτών και διασπώμενο αποδίδει μόρια γλυκόζης, από τα οποία παρέχονται τα κατάλληλα συστατικά για την παραγωγή ενέργειας.

Όσο αφορά στους καρπούς μελιτζάνας, παρατηρείται διαφορά στη συγκέντρωση του αμύλου στη 2^η συγκομιδή, με την μεγαλύτερη τιμή να βρίσκεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Επιπλέον, στις επεμβάσεις των 60 και των 300 ppm, παρατηρείται σημαντική μείωση καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών.

4.4.9 Προσδιορισμός ολικών σακχάρων

Τα ολικά σάκχαρα στη 1^η συγκομιδή δεν επηρεάζονται από την διαφορετική συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Ωστόσο, στη 2^η συγκομιδή παρατηρείται μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης τους στα 150 ppm, η οποία διαφέρει σημαντικά από αυτή των υπόλοιπων επεμβάσεων. Στις συγκεντρώσεις των 300 και 450 ppm, παρατηρείται σημαντική μείωση των σακχάρων καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών.

Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αζωτούχος λίπανση επηρεάζει τη συγκέντρωση των σακχάρων στο καρπό της μελιτζάνας, προκαλώντας μείωση καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση των νιτρικών..

4.4.10 Προσδιορισμός φρουκτόζης

Η φρουκτόζη θεωρείται ο γλυκύτερος μονοσακχαρίτης και συνηθέστερα συνοδεύει τη γλυκόζη.

Η συγκέντρωση της φρουκτόζης αν και δεν μεταβάλλεται στη 1^η συγκομιδή στη 2^η παρατηρείται να είναι σημαντικά μικρότερη καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Επιπλέον, στις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm υπάρχει σημαντική μείωση στη συγκέντρωση της φρουκτόζης καθώς αυξάνεται η ηλικία των φυτών.

4.4.11 Προσδιορισμός γλυκόζης

Η γλυκόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης ο οποίος δίνει στους καρπούς τη γλυκιά γεύση. Μετατρέπεται σε άμυλο για να αποθηκευτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Στη 1^η συγκομιδή η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρείται στην μεγαλύτερη συγκέντρωση των νιτρικών, ενώ στη 2^η συγκομιδή η μέγιστη συγκέντρωση υπάρχει στα 150 ppm, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Οι τιμές της συγκέντρωσης της γλυκόζης στη 2^η συγκομιδή μεταβάλλονται όπως ακριβώς μεταβάλλονται και οι τιμές της συγκέντρωσης της φρουκτόζης. Επιπρόσθετα, ομοιότητες στις συγκεντρώσεις της φρουκτόζης και της γλυκόζης παρατηρούνται στις επεμβάσεις των 300 και 450 ppm, οι οποίες μειώνονται σημαντικά στην 2^η συγκομιδή.

4.4.12 Προσδιορισμός μαλτόζης

Η μαλτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που σχηματίζεται από δύο μόρια γλυκόζης ενωμένα με έναν γλυκοζιτικό δεσμό. Είναι ένα από τα προϊόντα διάσπασης του αμύλου και βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα σε βλαστημένους καρπούς δημητριακών, στους οποίους το άμυλο που υπήρχε αρχικά έχει αρχίσει να διασπάται.

Στην 1^η συγκομιδή η συγκέντρωση της μαλτόζης στους καρπούς δεν επηρεάζεται σε σχέση με τη συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Αντιθέτως, στη 2^η συγκομιδή η μαλτόζη αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση της δόσης της αζωτούχου λίπανσης. Επιπλέον, τόσο στην επέμβαση των 60 ppm όσο και στην επέμβαση των 300 ppm, η συγκέντρωση της μαλτόζης δεν διαφέρει σημαντικά στις δύο συγκομιδές. Σε αντίθεση, στα 150 και 450 ppm, η συγκέντρωση της μαλτόζης αυξάνεται σημαντικά από την 1^η στη 2^η συγκομιδή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη των φυτών, προκύπτει το συμπέρασμα ότι αν και το ύψος των φυτών δεν επηρεάζεται, ωστόσο επηρεάζεται σημαντικά ο αριθμός των κόμβων - και κατ' επέκταση των φύλλων - κάθε βλαστού καθώς παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της αζωτούχου λίπανσης.

Από την μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στη φυσιολογία της ανάπτυξης και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών προέκυψε ότι: ο μεγαλύτερος ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης παρατηρείται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών, χωρίς ωστόσο να επηρεάζεται ο ρυθμός διαπνοής, ενώ η αγωγιμότητα των στοματίων δεν εμφανίζει ακριβή αποτελέσματα. Επιπλέον, το πάχος του μεσόφυλλου στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου εμφανίζει μέγιστη τιμή στη μέγιστη συγκέντρωση της αζωτούχου λίπανσης. Η πυκνότητα των στοματίων αυξάνεται προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και είναι μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η φυλλική επιφάνεια.

Στην ανάπτυξη των καρπών η αζωτούχος λίπανση είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του νωπού βάρους των καρπών προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ αντίθετα το ποσοστό της ξηράς ουσίας αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης της αζωτούχου λίπανσης.

Σε σχέση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παρατηρήθηκαν τα παρακάτω: (α) η συνεκτικότητα των καρπών παρουσίασε σημαντική αύξηση, (β) το χρώμα του περικαρπίου και η ένταση εμφάνισαν σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων, όσο και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, (γ) η συγκέντρωση των νιτρικών στους καρπούς στη 2^η συγκομιδή ήταν μεγαλύτερη στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της αζωτούχου λίπανσης ενώ στην 3^η δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, (δ) τα ολικά φαινολικά αυξήθηκαν καθώς προχωρούσε η καλλιέργεια, (ε) ο ρυθμός οξειδωσής τους εμφάνισε μέγιστη τιμή στα 300 και 450 ppm στις δύο τελευταίες συγκομιδές, (ζ) το ασκορβικό οξύ είχε αξιοσημείωτες διαφορές σε κάθε συγκομιδή χωριστά καθώς η συγκέντρωσή του ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεγαλύτερη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης, (η) η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνες δεν μεταβλήθηκε, (θ) η περιεκτικότητα των καρπών σε άμυλο μεταβλήθηκε τόσο μέσα στις συγκομιδές όσο και μεταξύ των επεμβάσεων, (ι) η συγκέντρωση των ολικών σακχάρων μειώθηκε με την αύξηση της

συγκέντρωσης των νιτρικών, (κ) παρατηρήθηκαν μεταβολές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων στις συγκεντρώσεις της φρουκτόζης, της γλυκόζης και της μαλτόζης.

Συμπερασματικά, η αζωτούχος λίπανση είχε θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς παρατηρήθηκε αύξηση στον αριθμό των φύλλων στους βλαστούς και κατ' επέκταση στη φωτοσυνθετική ικανότητα. Επίσης, θετική ήταν η αυξημένη συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης και στην ανάπτυξη των καρπών γιατί, οι καρποί δεν περιείχαν αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών, ήταν μικρότεροι σε μέγεθος και είχαν μεγαλύτερη θρεπτική αξία.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albu-Yaron A., Feigin A., Rylski I. (1993).** The quality of tomato for canning as affected by combined chloride, nitrate and osmotic potential of the nutrient solution. *Plant Foods Hum. Nutr.* 43, 201–210.
- Ali A.M., Kelly W.C. (1992).** The effects of inter fruit competition on the size of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits. *J. Hort. Sci.* 52: 69-76.
- Aminifard M., Aroiee H., Fatemi H., Ameri A., Karimpour S. (2010).** Responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. *Central European Agriculture*. Volume 11. No.4(453-458).
- Aminifard M., Aroiee H., Ameri A. and Fatemi H. (2012).** Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *African Journal Of Agricultural Research* Vol. 7(6), pp. 859-866.
- Anderson J.M., Park Y.-I., Chow W.S. (1997).** Photoinactivation and photoprotection of photosystem II in nature. *Physiologia Plantarum*, 100: 214-223.
- Anita B., Agnieszka Nawirska A., Alicja K., Sokol-Letowska A. (2009).** The effect of nitrogen fertilization Methods on Yield and Chemical Composition of Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Fruits Before and After Storage. *Veg. Crops Res. Bull.*, 70: 203-211.
- Asiegbu J.E., (1991).** Response of tomato and eggplant to mulching and nitrogen fertilization under tropical conditions. *Sci. Hort.*, 46: 33-41.
- Aujla M.S., Thind H.S., Buttar G.S. (2007).** Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. *J. Sci. Hortic.* 112:142–148.
- Barham D., Trinder P. (1972).** An improved color reagent for the determination of blood glucose by oxidase system, *Analyst*, 97: 142-145.

- Basela O., Mahadeen A. (2008).** Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). J. Agric. Biol., 10: 627-632.
- Bearden J.C. (1978).** Quantitation of submicrogram quantities of protein by an improved protein-dye binding assay. Biochemica et Biophysica Acta 533: 525-529.
- Benard C., Gautier H., Bourgaud F., Grasselly D., Navez B., Caris-Veyrat C., Weiss M. and Geenard M. (2009).** Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids and phenolics compounds. J. Agric. Food Chem., 57, 4114-4123.
- Beresford S.A. (1985).** Is nitrate in drinking water associated with gastric cancer in the urban UK? Int. J Epidemiol. 14:57–63.
- Bletsos F.A., Roupakias D.G., Tsaktsira M.L., Scaltsoyjanis A.B. and Thanassouloupoulos C.C. (1998).** Interspecific hybrids between three eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and two wild species (*Solanum torvum* Sw. and *Solanum sisymbriifolium* Lam.), Plant Breeding, 117:159-164.
- Blom-Zandstra M. (1989).** Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. Ann. Appl. Biol. 115: 553-561.
- Bowen P, Frey B. (2002).** Response of plasticultured bell pepper to staking, irrigation frequency and fertigated nitrogen rate. J. Hort. Sci., 37: 95-100.
- Bruning-Fann C.S. and Kaneene J.B. (1993a).** The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on human health: A review. Vet. Human Toxicol., 35: 521-538.
- Cantliffe D.J. (1973).** Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous, and potassium nutrition and light intensity. Agric J 65:563–565.
- Chen N.C. and Li H.M. (1996).** Cultivation & breeding of eggplant. In: Training workshop on vegetable cultivation and seed production technology V, p.1-26.

- Chow C.K. and Hong C.B. (2002).** Dietary vitamin E and selenium and toxicity of nitrite and nitrate. *Toxicology* 180:195–207.
- Corre W.J. and Breimer T. (1979).** Nitrate and nitrite in vegetables, Pudoc, Wageningen, p 85.
- Daunay M.C., Aubert S., Frary A., Doganlar S., Lester R.N., Barendse G., van der Weerden G., Hennart J.W., Haanstra J., Dauphin F., and Jullian E. (2004b).** Eggplant (*Solanum melongena*) fruit color: pigments, measurements and genetics. Proceedings of the 12th Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* and Eggplant: 108-116.
- Dekker R.F.H., Richards N.G. (1971).** Determination of starch in plant material. *Journal of the science of Food and Agriculture*, 22: 441-444.
- Devi H.H., Maity T.K., Paria N.C., Thapa U. (2002).** Response of brinjal to different sources of nitrogen. *J.Veg. Sci.* 29(1):45-47.
- Doganlar S., Frary A., Daunay M.C., Lester R.N. and Tanksley S.D. (2002).** Conservation of Gene Function in the Solanaceae as Revealed by Comparative Mapping of Domestication Traits in Eggplant, *Genetics* 161:1713–1726.
- Ezeagu I.E. (1996).** Nitrate and nitrite contents in ogi and the changes occurring during storage. *Food Chem.* 56: 77-79.
- Farquhar G., Sharkey T. (1982).** Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33: 317-345.
- Flick G.J., Ory R.L. and St. Angelo A.J. (1977).** Comparison of nutrient composition and of enzyme activity in purple, green, and white eggplant, *J. Agric. Food Chemistry*, 25:117-120.
- Forman D., Al-Dabbagh A. and Doll E.C. (1985).** Nitrate, nitrite and gastric cancer in Great Britain. *Nature* 313:620–625.
- Frary A., Doganlar S., Daunay M.C., and Tanksley S.D. (2003).** QTL analysis of morphological traits in eggplant and implications for conservation of gene function during evolution of solanaceous species, *Theor. Appl Genet* 107: 359–370.

- Gangolli S.D., van den Brandt P., Feron V., Janzowsky C., Koeman J., Speijers G., Spiegelhalder B., Walker R. and Winshnok J. (1994).** Assessment of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. *Eur J Pharmacol Environ Toxicol Pharmacol. Sect 292*:1–38.
- Ge T., Song S., Chi M., Huang D., Iwasaki K. (2008).** Effects of nitrogen forms on carbon and nitrogen accumulation in tomato seedling. *J. Agric. Sci. China. 7(11)*:1308-1317.
- Hopkins W. G. (1995).** *Introduction to Plant Physiology.* Wiley, New York.
- Julien D. (2001).** Fruit size and composition in fresh tomato fruits: Effects of fertilizer application. [Http://www.plantnutrition.org](http://www.plantnutrition.org).
- Kaniszewski S., Elkner K., Rumpel J. (1987).** Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield, nitrogen status in plants and quality of fruits of direct seeded tomatoes. *Acta Hortic. 200*, 195–202.
- Karabourniotis G., Tzobanoglou D., Nikolopoulos D. and Liakopoulos G. (2001).** Epicuticular Phenolics Over Guard Cells: Exploitation for in situ Stomatal Counting by Fluorescence Microscopy and Combined Image Analysis. *Annals of Botany 87*, 631-639.
- Maynard D.N. and Barker A.V. (1972).** Nitrate content of vegetable crops. *HortScience. 7(3)*: 224-226.
- Maynard D.N., Barker A.V., Minotti P.L. and Peck N.H. (1976).** Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron. 28*: 71-118.
- Mozafar A. (1993).** Nitrogen fertilizer and the amount of vitamins in plant. *J. Plant Nutr., 16*: 2479-2506.
- Nicola S. and Basoccu L. (1994).** Nitrogen and N, P, K relation affect tomato seedling growth, yield and earliness. *Acta Hortic. 357*: 95–102.
- Nothmann J., Rylski I. and Spigelman M. (1976).** Color and variations in color intensity of fruit of eggplant cultivars, *Scientia Horticulture, 4*:191-197.
- Nothmann J. and Rylski I. (1983).** Effects of floral position and cluster size on fruit development in eggplant. *Scientia Horticulturae 19*:19-24.

- Pervez M.A., Ayub C.M., Bashart A., Nave A.V., Nasir M. (2004).** Effect of nitrogen levels and spacing on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). Int. J. Agric. Biol., 6(3): 504-506.
- Piccaglia R., Galletti G.C. (1988).** Sugar and sugar alcohol determination in feedstuffs by HRGC, HPLC and enzymic analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 45: 203-213.
- Prabhu M., Veeraragavathatham D., Srinivasa K. (2003).** Effect of nitrogen and phosphorous on growth and yield of brinjal. South-Indian-Hort. 51(1/6):152-156.
- Raffo A., La Malf G., Fogliano V., Maiani G., Quaglia G. (2006).** Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes. J. Food Compos. Anal. 19, 11–19.
- Rubatzky V.E. and Yamaguchi M. (1997).** World vegetables: Principles, production and nutritive values. Seed Sci. Technol., 32: 683-692.
- Russo V. (1996).** Cultural methods and mineral content of eggplant (*Solanum melongena*) fruit. J. Sci. Food and Agric., 71: 119-123.
- Rylski L., Nothmann J. and Arcan L. (1984).** Differential fertility in short-styled eggplant flowers. Scientia Horticulturae 22:39-46.
- Santamaria P., Elia A., Serio F. and Todaro E. (1999).** A survey of nitrate and oxalate content in retail fresh vegetables. J. Sci. Food Agric. 79:1882–1888.
- Santamaria P., Elia A., Gonnella M., Parente A. and Serio F. (2001).** Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Horti 548:529–537.
- Scholberg J., McNeal B.L., Boote J.K., Jones W.J., Locascio J.S. and Olson M.S. (2000).** Nitrogen Stress Effects on Growth and Nitrogen Accumulation by Field-Grown Tomato. Agron. J. 92:159-167.
- Schuddeboom L.J. (1993).** Nitrates and nitrites in foodstuffs, European Commission, Council of Europe Press, Brussels, p 125.
- Simonne A.H., Fuzere J.M., Simonne E., Hochmuth R.C., Marshall M.R. (2007).** Effects of nitrogen rates on chemical composition of yellow grape tomato grown in a subtropical climate. J. Plant Nutr. 2007, 30, 927–935.

- Sinclair T.R. and Horie T. (1989).** Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency. A Review. *Crop Sci.*, 29: 90-98.
- Singh S.S., Gupta P., Gupta A.K. (2003).** Handbook of Agricultural Sciences. Kalyani Publishers. New Delhi, India. p. 184-185.
- Slimestad R., Verheul M.J. (2005).** Seasonal variation in the level of plant constituents in greenhouse production of cherry tomatoes. *J. Agric. Food Chem.* 53 3114–3119.
- Speijers G.J.A. (1996).** Nitrate, in *Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food*, ed by World Health Organization, Food Additives Series 35, Geneva, pp 325–360.
- Speijers G.J.A. (1996).** Nitrite (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds), in *Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food*, ed. by World Health Organization, Food Additives Series 35, Geneva, pp 269–323.
- Steinmetz K.A. and Potter J.D. (1991).** Vegetables, fruit and cancer. I. *Epidemiology. Cancer Causes Control* 2:325–357.
- Stommel J.R. and Whitaker B.D. (2003).** Phenolic acid content and composition of eggplant fruit in a germplasm core subset. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 704-710.
- Tannenbaum S.R. and Correa P. (1985).** Nitrate and gastric cancer risks. *Nature*, 317: 675-676.
- Tigchelaar E.C., Janick J. and Erickson H.T. (1968).** The genetics of anthocyanins coloration in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Genetics* 60: 475-491.
- Togun A O., Akanbi W.B. and Dris R. (2003).** Influence of compost and nitrogen fertilizer on growth, nutrient uptake and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Crop Res.*, 98: 40-56.
- Toor R. K., Savage G.P., Lister C.E. (2006).** Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *J. Food Compos. Anal.* 19, 1–10.

- Walker R. (1975).** Naturally occurring nitrate/nitrite in foods. *J. Sci. Food Agric.* 26: 1735-1742.
- Walker R. (1990).** Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Addit. Contam.* 7: 717–768.
- Wang Y.T., Huang S.W., Liu R.L., Jin J.Y. (2007).** Effects of nitrogen application on flavor compounds of cherry tomato fruits. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2007, 170, 461–468.
- Wang S. S., Kale R. H. (2004).** Effect of bio fertilizers and nitrogen levels on brinjal crop. *J. Soils. Crops.* 14(1):9-11.
- Warner J., Zhang T., Hao X. (2004).** Effects of nitrogen fertilization on fruit yields and quality of processing tomatoes. *Can. J. Plant Sci.* 84 (3). p. 865–871.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δροσόπουλος Ι. (1998).** Φυσιολογία Φυτών. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μπλέτσος Φ. Α. (1997).** Βερτισιλλίωση της μελιτζάνας και βελτίωση της αντοχής των ελληνικών ποικιλιών στην ασθένεια. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας, σελ. 10. Επιστημ. Επετηρίς, Τμ. Γεωπονίας, Παράρτημα αριθ. 12, Τομ.30.
- Ντόγρας Κ. (2006).** Ειδική λαχανοκομία ΙΙ, Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Εκδόσεις ΑΠΘ.
- Ολύμπιος Χ. Μ. (2001).** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης.

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟΥ

<http://www.nutritiondata.com>