



ΑΝΟΙΚΤΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΥΠΡΟΥ

# ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

## Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

#### ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

Αξιολόγηση μιας καλλιέργειας του ψευδοσιτηρού χωρίς γλουτένη κουινόας (*Chenopodium Quinoa*) ως φυτό εξυγίανσης σε εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών

*Αναγνωσταράς Εμμανουήλ*

Επιβλέπων Καθηγητής

*Μπιλάλης Δημήτριος*

ΜΑΪΟΣ, 2014

**Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ**  
**ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Αξιολόγηση μιας καλλιέργειας του ψευδοσιτηρού χωρίς  
γλουτένη κουινόας (*Chenopodium Quinoa*) ως φυτό εξυγίανσης  
σε εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών

*Αναγνωσταράς Εμμανουήλ*

Επιβλέπων Καθηγητής  
*Μπιλάλης Δημήτριος*

ΜΑΪΟΣ, 2014

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες ..... i

Ελληνική περίληψη ..... ii

Αγγλική περίληψη ..... iii

### 1 Κεφάλαιο Πρώτο-Εισαγωγή .

1.1 Η Κουινόα (*Chenopodium quinoa* Willd).....12

1.1.2 Ταξινόμηση της κουινόας .....12

1.1.3 Μορφολογία της κουινόας.....13

1.1.4 Βιολογία της κουινόας.....13

1.1.5 Πλεονεκτήματα της καλλιέργειας της κουινόας .....14.

1.1.6 Ανθρώπινη κατανάλωση-Σύσταση και Διατροφική Αξία.....15

1.1.7 Χρήσεις.....16

1.2 Συστήματαεδαφοκατεργασίας .....18

1.3 Νιτρορύπανση.....18

1.4 Μηχανισμοί απορρόφησης των νιτρικών.....23

1.5 Φυτοεξυγίανση.....26

1.6 Η αειφόρος γεωργία.....28

1.7 Σκοπός και στόχοι του Πειράματος.....28

2 Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....30

<b>3</b>	<b>Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία.....</b>	<b>32</b>
3.1	Εισαγωγή .....	32
3.2	Μέθοδοι και Υλικά .....	33
3.2.1	Θέση και οργάνωση πειράματος .....	33
3.2.2	Φυσικοχημικές ιδιότητες αγρού .....	34
3.2.3	Φυτικό υλικό .....	34
3.2.4	Καλλιεργητικές εργασίες .....	35
3.2.5	Λίπανση και Άρδευση.....	35
3.2.6	Μετρήσεις εδαφικών χαρακτηριστικών.....	36
3.2.6.1.	Ολικό Άζωτο.....	36
3.2.6.2	Οργανική Ουσία.....	36
3.2.6.3	Νιτρικά.....	36
3.2.6.4	Πορώδες.....	36
3.2.6.5	Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD).....	37
3.2.7	Μετρήσεις φυτικών χαρακτηριστικών κοινότητας.....	38
3.2.7.1	Ύψος.....	38
3.2.7.2	Ξηρό Βάρος.....	38
3.2.7.3	Δείκτης LAI.....	38
3.2.7.4	Απόδοση .....	39.
3.2.7.5	Άζωτο υπέργειου μέρους.....	39
3.2.8	Προσδιορισμός του ρυθμού πρόσληψης νιτρικών από την κοινότητα .....	40
3.2.9	Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων .....	41

<b>4</b>	<b>Κεφάλαιο Τέταρτο - Αποτελέσματα.....</b>	<b>42</b>
4.1	Κλιματολογικά και Μετεωρολογικά δεδομένα .....	42
4. 2	Η επίδραση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους στο ανόργανο άζωτο του εδάφους.....	43
4.2.1	Οργανική Ουσία .....	43
4.2.2.	Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD).....	45
4.2.3.	Πορώδες Εδάφους.....	46
4.2.4.	Ολικό Άζωτο στο Έδαφος.....	48
4.2.5.	Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (N-NO <sub>3</sub> ).....	50.
4.2.5.1.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ).....	50
4.2.5.2.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ).....	52
4.2.5.3.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ).....	54
4.2.5.4.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ).....	56
4.2.5.5.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ).....	58
4.2.5.6.	Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ).....	60
4.3.	Η επίδραση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους στα φυτικά χαρακτηριστικά της κουνιάας.....	62
4.3.1.	Ξηρό Βάρος .....	62
4.3.2.	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας Κουνιάας.....	64
4.3.3.	Ύψος Κουνιάας.....	65
4.3.4	Απόδοση σε σπόρο.....	67
4.3.5.	Άζωτο υπέργειου μέρους .....	70
4.3.5.1.	N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (25ΗΑΣ).....	70
4.3.5.2.	N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (50ΗΑΣ).....	72
4.3.5.3	N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (75ΗΑΣ).....	74
4.3.5.4	N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (100ΗΑΣ).....	76
4.3.5.5	N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (125ΗΑΣ).....	78

4.3.5.6 N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας (150ΗΑΣ).....	80
4.3.6 Ο ρυθμός πρόσληψης νιτρικών από την κοινότητα.....	83
<b>5 Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση –Συμπεράσματα – Εισηγήσεις.....</b>	<b>85</b>
5.1 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εδαφικών και των φυτικών χαρακτηριστικών της κοινότητας.....	85
5.2. Ρυθμός μεταβολής του αζώτου της κοινότητας και των νιτρικών στο έδαφος.....	93
 <b>Βιβλιογραφία</b>	
<b>Ξένη Βιβλιογραφία.....</b>	<b>96</b>
<b>Ελληνική Βιβλιογραφία.....</b>	<b>101</b>

Από την θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω ολόψυχα τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Αν. Καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο τόσο για την ανάθεση του θέματος όσο και για τη συνεχή καθοδήγηση, την κριτική επίβλεψη και τις εύστοχες διορθώσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής. Η ουσιαστική συνεργασία του ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της ερευνητικής αυτής εργασίας. Η στήριξη του τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ανθρώπινο επίπεδο ήταν αναντικατάστατη. Ακόμη ευχαριστώ θερμά το Διδακτικό Προσωπικό του ΑΠΚΥ Καθηγητές κ. Βογιατζάκη Ιωάννη και κ. Ζορπά Αντώνιο για την αρωγή που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης. Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας του ΓΠΑ, που συνέβαλαν καθοριστικά στη διεκπεραίωση της εργασίας.

Τελειώνοντας θέλω να εκφράσω της ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την υπομονή που έδειξε και την συμπαράσταση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μελέτης.

Αθήνα, Μάιος 2014

Αναγνωσταράς Εμμανουήλ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε εγκατεστημένο πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α) στην περιοχή του Βοτανικού, με καλλιέργεια κουνιάς (*Chenopodium quinoa* Willd), εφαρμόστηκαν διαφορετικά είδη εδαφοκατεργασίας (Συμβατική:CT και Μειωμένη:MT) καθώς και επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση), προκειμένου να αξιολογηθεί ο ρυθμός απορρόφησης των νιτρικών από τα φυτά. Η σπορά του πειραματικού πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο 03-08/2013.

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους που μετρήθηκαν είναι το ολικό άζωτο, η οργανική ουσία, το πορώδες, η Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο Συσσωματωμάτων (MWD) και τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) για 25, 50, 75, 100, 125 και 150 Ημέρες Από την Σπορά (ΗΑΣ), ενώ οι μετρήσεις των φυτικών χαρακτηριστικών της κουνιάς ήταν το ύψος (150ΗΑΣ), το ξηρό βάρος, ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI, η απόδοση σε σπόρους και το περιεχόμενο N (%) της κουνιάς για 25, 50, 75, 100, 125 και 150 ΗΑΣ.

Η κουνιά έχει χαρακτηριστεί ως μία από τις καλλιέργειες για την διασφάλιση της τροφής στον 21<sup>ο</sup> αιώνα καθώς πρόκειται για τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας (super-food), ενώ παράλληλα από τους σπόρους του παράγεται αλεύρι χωρίς γλουτένη.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τα 2 συστήματα κατεργασίας του εδάφους επιδρούν στην οργανική ουσία του εδάφους, στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος, 50 Ημέρες Από την Σπορά (50ΗΑΣ), στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος της κουνιάς, στην απόδοση σε σπόρο της κουνιάς και στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς 25 και 75 ΗΑΣ με το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) να δίνει κατά κύριο λόγο υψηλότερες τιμές από ότι το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT).

Επιπρόσθετα τα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης επιδρούν στην Περιεκτικότητα νιτρικών στο Έδαφος, στο περιεχόμενο άζωτο της κουνιάς και στο ξηρό βάρος της σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, με υψηλότερες τιμές να δίνει η λίπανση των 30 μονάδων Αζώτου / στρέμμα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν θετικές συσχετίσεις μεταξύ του ξηρού βάρους των στελεχών κουνιάς, του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 50 ή 75 ημέρες από σπορά (50 ή 75ΗΑΣ) και για τα δύο συστήματα καλλιέργειας καθώς επίσης και για όλα τα επίπεδα λίπανσης.

Η αλληλεπίδραση, μεταξύ περιεχόμενου Αζώτου της κουνιάς (%) (150ΗΑΣ), της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (25ΗΑΣ) και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (150ΗΑΣ) παρουσιάζεται σε κάθε σύστημα εδαφοκατεργασίας και στα τρία επίπεδα λίπανσης.

Ομοίως με την πολλαπλή συσχέτιση που πραγματοποιήθηκε αποδείχθηκε ότι το Ξηρό Βάρος συσχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την Φυλλική Επιφάνεια καθώς επίσης και με την περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά (50 ή 75ΗΑΣ).



Παρουσιάζεται θετική συσχέτιση σε μεγάλο βαθμό ( $R^2 = 0,9946$ ) του συνολικού ποσού των νιτρικών στο έδαφος ( $\text{ppm} \cdot \text{day}$ ) και του συνολικού περιεχόμενου N (%) στην κοινούα ( $\text{N}\% \cdot \text{day}$ ) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ).

Επίσης ισχυρή συσχέτιση παρουσιάζεται ανάμεσα στον Ρυθμό μεταβολής των νιτρικών στο έδαφος και του Ρυθμού μεταβολής του περιεχόμενου N (%) της κοινούας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) και για τα 3 επίπεδα λίπανσης. Δηλαδή καταδεικνύεται ότι τα νιτρικά που απομακρύνονται από το έδαφος προσλαμβάνονται από την καλλιέργεια της κοινούας σε μεγάλο βαθμό.

Συμπερασματικά η καλλιέργεια της κοινούας αναδεικνύεται ως δυνατικός φυτοεξυγιαντής των υποβαθμισμένων εδαφικών οικοσυστημάτων από τη νιτρορύπανση (υπολείμματα λιπασμάτων) καθώς διαθέτει βαθύ ριζικό σύστημα, που απορροφά τα νιτρικά πριν φτάσουν στα υπόγεια ύδατα.

## SUMMARY

In experimental field of the Agricultural Laboratory installed in the farm of the Agricultural University of Athens (AUA) in the area of Votanikos, the effect of 2 systems of soil tillage (Conventional:CT and Minimum:MT) was studied in the crop of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Each one of the tillage systems was combined with three different kinds of fertilizers (15% N:15 units Nitrogen / acre, 30 % N: 30 units of nitrogen / acre , CON: control , non fertilizer) to assess the rate of absorption of nitrates by plants. The experimental field was established during the cultivating period 03-08/2013.

The soil properties that were measured were total N, organic matter , porosity, the Means Weight Diameter (MWD) and nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) for 25, 50, 75, 100 , 125 and 150 Days After Sowing (DAS) whereas measurements of plant characteristics were quinoas height (150DAS), dry weight , Leaf Area Index (LAI), the yields of seed and the N content (%) of quinoas for 25, 50, 75, 100, 125 and 150 DAS.

The quinoa has been identified as one of the crops to ensure food in the 21st century as it is a food of high nutritional value (super-food), while at the same time from quinoa's seeds gluten free flour is produced.

According to the results of the two tillage systems impact on soil organic matter, the content of nitric nitrogen in the soil (50DAS), the dry weight of quinoas in yields of seed of quinoas and % N content of quinoas 25 and 75 DAS to the conventional tillage system (CT) to give mainly higher values than the minimum tillage system (MT).

Furthermore, the different levels of nitrogen fertilization affect the nitrate content in soil, nitrogen content of quinoas and dry weight during the cultivating period, whereas higher values were given by the fertilization of 30 units N / acre .

According to the results positive correlations between the dry weight of quinoas, leaf area index (LAI) and in soil nitrate (ppm) were found in about 50 or 75 days after sowing (50 or 75DAS) for both tillage systems as well as for all levels of fertilization.

The interaction between nitrogen content of quinoas (%) (150DAS) of soil nitrate (25DAS) and the content of soil nitrate (150DAS) occurs in each tillage system and at the three levels of fertilization .

In addition with that multiple correlation it was proven that the dry weight correlates significantly with the LAI as well as with the content of soil nitrate (50 or 75DAS).

There is a rather positive correlation ( $R^2 = 0,9946$ ) and to a great degree between the total amount of nitrate in the soil (ppm \* day) and the total N content (%) in quinoa (N % \* day) during the cultivating period (150DAS) .

Furthermore a rather strong correlation is proven to exist between the rate of change of nitrate in the soil and the rate of change of N content (%) of quinoas during the cultivating period (150DAS) for the 3 levels of fertilization. In other words that shows that nitrates removed from the soil are absorbed by quinoas.

In conclusion , cultivation of quinoas is proven to be a potential phytoremediation of degraded terrestrial ecosystems by nitrates (fertilizer residues) as it has a deep root system, which absorbs nitrates before they reach groundwater.

# 1 Κεφάλαιο Πρώτο-Εισαγωγή

## 1.1 Η Κουινόα (*Chenopodium quinoa* Willd)

Η κουινόα (*Chenopodium quinoa* Willd) προέρχεται από τη Νότια Αμερική και συγκεκριμένα από την περιοχή των Άνδεων και αποτελεί την αρχαιότερη καλλιέργεια της Αμερικής. Υπάρχουν μάλιστα ευρήματα στην περιοχή της Χιλής, που συνηγορούν στο ότι η κουινόα καλλιεργούνταν ακόμα πριν από το 3000 π.Χ. Στο Περού υπάρχουν ευρήματα που αποδεικνύουν καλλιέργεια κινόα πριν και από το 5000 π.Χ. Οι πολεμιστές των Ίνκας έτρωγαν κινόα για να έχουν αυξημένο σφρίγος. Λόγω της σημασίας που είχε στη ζωή των Ίνκας αναφέρεται ως «ο χρυσός των Ίνκας». Η σημασία που είχε η κουινόα για τους Ίνκας φαίνεται από το ότι η πρώτη σπορά κάθε χρόνο άρχιζε από τον αρχηγό της φυλής τους και γίνονταν με μία χρυσή τσάπα. Στη διάρκεια της αποικιοκρατίας οι Ισπανοί κατακτητές απαγόρευαν την καλλιέργεια της κινόας επειδή οι Ίνκας την θεωρούσαν ιερό φυτό και την χρησιμοποιούσαν στις ιεροτελεστίες.

Περιοχές στις οποίες καλλιεργούσαν τη κουινόα ήταν μεταξύ άλλων οι Άνδεις, το Εκουαδόρ, η Χιλή, το Περού, η Κολομβία κ.α. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω του ότι κάποια στιγμή οι διατροφικές συνήθειες των ντόπιων αντικαταστάθηκαν από ξένες καλλιέργειες (σιτάρι, κριθάρι), η καλλιέργεια της κινόα πέρασε σε δεύτερη μοίρα και καλλιεργούνταν σε μικρές περιοχές κυρίως για οικογενειακή χρήση και άλλες πάλι φορές τη χρησιμοποιούσαν ως προστατευτικό πλέγμα για άλλες καλλιέργειες όπως αυτής του καλαμποκιού. Το συγκεκριμένο γένος καλλιεργήθηκε για πολλά έτη σαν φυλλώδες λαχανικό (*Chenopodium album*) αλλά και σαν δημητριακό (*Chenopodium quinoa* – *C. album*), αφού εξαιτίας της σημαντικής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνες και αμινοξέα το χρησιμοποιούσαν ως τροφή για ανθρώπους και ζώα (λυσίνη 5,1-6,4% & μεθειονίνη 0,4-1,0%) (Bhargava et al., 2003).

### 1.1.2 Ταξινόμηση της κουινόας

Η κουινόα προέρχεται από το γένος *Chenopodium*, οικογένεια *Chenopodiaceae*, ενώ η βοτανική της ονομασία είναι *Chenopodium quinoa* Willd. Έχει ωστόσο και διάφορες κοινές ονομασίες όπως “quinua” όπως συνήθιζαν να την ονομάζουν στο Περού και αλλού, “jora”, “jiura”, “callari” στη Βολιβία κ.α. Η κουινόα ή κινόα είναι δικοτυλήδονο φυτό και ανήκει στην ίδια οικογένεια με τα ζαχαρότευτλα, το σπανάκι και το ζιζάνιο λουβουδιά. Η πρώτη βοτανική περιγραφή της κινόας ως ιθαγενές είδος της Ν. Αμερικής (περιοχή Άνδεων Περού και Βολιβίας) έγινε το 1778 από τον Willdenow προς τιμή του οποίου το όνομα του (Willd.) φαίνεται στην ονομασία της κινόας, *Chenopodium quinoa* Willd.

### 1.1.3 Μορφολογία της κουνιάς

Η κουνιά είναι ψευδοδημητριακό, δεν είναι δημητριακό και παρά το γεγονός ότι τα συστατικά τους είναι ίδια, υπάρχει μία ειδοποιός διαφορά και συγκεκριμένα, ο σπόρος της κινιά είναι δικότυλος ενώ των πραγματικών δημητριακών είναι μονοκότυλος.

Η κινιά μπορεί να φτάσει σε ύψος 1-3 μέτρα, ενώ οι ρίζες φτάνουν σε βάθος μέχρι και 30 εκατοστά. Το ριζικό σύστημα της κινιάς αποτελείται από μία κεντρική πασσαλώδη ρίζα και ένα πλούσιο σύστημα από πολλές πλάγιες ρίζες. Η ανθεκτικότητα της κινιάς στην ξηρασία οφείλεται σε αυτό το βαθύ και πλούσιο ριζικό σύστημα

Ένα άλλο χαρακτηριστικό, είναι ότι φυτρώνει πολύ γρήγορα αρκεί ο σπόρος να ποτιστεί, να έρθει σε επαφή με υγρασία. Ο βλαστός του έχει διάμετρο 3-5 εκατοστά και μπορεί να είναι ίσιος ή με διακλαδώσεις. Τα χρώματα που μπορεί να τη συναντήσουμε είναι διάφορα ανάλογα με το είδος της, υπάρχει σε λευκό, κίτρινο, καφέ ή και κόκκινο. Τα φύλλα της μοιάζουν σαν πόδι χήνας σχηματικά και περιλαμβάνουν τους μίσχους και το έλασμα. Το έλασμα έχει πολλές μορφές, τριγωνικό, ρομβοειδές, λογχοειδές. Ο καρπός είναι πολύ μικρός (1-1.5 mm), αχάινο, με πολύ λεπτή μεμβράνη, χρώμα άσπρο, κόκκινο ή μαύρο, ανάλογα με την ποικιλία. Ο σπόρος είναι σχήματος φακού-δίσκου, με βαθύλωμα στην άκρη, διαμέτρου 2-3 mm, 200-500 σπόροι ανά γραμμάριο, χρώματος άσπρου, κίτρινου, πορτοκαλί, καφέ ή μαύρου, ανάλογα με την ποικιλία – βιότυπο και την περιοχή παραγωγής (Valencia-Chamorro, 2004).

### 1.1.4 Βιολογία της κουνιάς

Πολλαπλασιάζεται με σπόρο που σπέρνεται απευθείας στο χωράφι την άνοιξη. Φυτρώνει σε 3-10 μέρες όταν η θερμοκρασία είναι γύρω στους 15 °C (Jacobsen and Bach, 1998). Υψηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα ή παρατηρείται ανομοιομορφία φυτρώματος. Τον πρώτο μήνα μετά το φύτευμα η κινιά μεγαλώνει σχετικά αργά. Χρειάζονται γύρω στις 60 μέρες για να αρχίσει η άνθηση και πάνω από 100 μέρες έως 150 για τη συλλογή, ανάλογα με την ποικιλία και τις καλλιεργητικές πρακτικές και συνθήκες (Jacobsen 2003).

Το βάθος σποράς είναι 1-2 cm το πολύ και εξαρτάται από την υγρασία εδάφους, με το μεγαλύτερο βάθος σε συνθήκες μειωμένης εδαφικής υγρασίας και μη δυνατότητας άρδευσης σε τέτοια περίπτωση. Τα σπορόφυτα της κινιάς είναι ευαίσθητα σε εδάφη με κρούστα. Η σπορά γίνεται με πνευματική μηχανή σε όλη την επιφάνεια ή καλύτερα σε γραμμές σε αποστάσεις 50-70 cm γραμμή από γραμμή και περί τα 5-10 cm επί της γραμμής. Η σπορά σε γραμμές συνιστάται γιατί επιτρέπει την καλλιέργεια μεταξύ των γραμμών για τον έλεγχο των ζιζανίων δεδομένου ότι δεν υπάρχουν ακόμα ικανοποιητικά εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα για την κινιά. Η ποσότητα σπόρου για ένα στρέμμα, είναι 100 g για σπορά σε γραμμές και περί τα 200 g για σπορά σε όλη την επιφάνεια, ή όταν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές (Jacobsen, 2003).

### 1.1.5 Πλεονεκτήματα της καλλιέργειας της κουινόας

Η σημασία της κουινόας (*Chenopodium quinoa* Willd) (Εικόνα 1.1) ως καλλιέργειας σηματοδοτείται από το γεγονός ότι το 2013 είχε οριστεί από τον Ο.Η.Ε. ως διεθνές έτος της κινόας, ενώ ο FAO προσδιορίζει την κινόα ως μία από τις καλλιέργειες για την διασφάλιση της τροφής στον 21ο αιώνα.. Η καλλιέργειά της παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα (Danielsen et al., 2003):

- **Ευρεία γενετική παραλλακτικότητα του φυτού.**

Το φυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως δεξαμενή γονιδίων για τη δημιουργία ποικιλιών με βελτιωμένα χαρακτηριστικά.

- **Προσαρμοστικότητα του φυτού σε δυσμενείς κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.**

Μπορεί να προσαρμοσθεί σε περιοχές από το επίπεδο της θάλασσας έως υψόμετρο 4.000 μέτρων, σε περιοχές όπου άλλες καλλιέργειες δεν μπορούν να αναπτυχθούν. Επιπλέον, η καλλιέργεια επιδεικνύει εξαιρετική προσαρμοστικότητα καθώς μπορεί να αναπτυχθεί σε περιβάλλον με σχετική υγρασία από 40 έως 88%, αντέχει σε θερμοκρασίες από -4 έως 38°C, είναι ανθεκτική στην έλλειψη εδαφικής υγρασίας και αποδίδει ικανοποιητικά σε ύψος βροχόπτωσης από 100 – 200 mm.

- **Μεγάλη διατροφική αξία.**

- **Χαμηλό κόστος παραγωγής.**



**Εικόνα 1.1:** Φυτό κουινόας

### 1.1.6 Ανθρώπινη κατανάλωση-Σύσταση και Διατροφική Αξία

Η κουνιά (Εικόνα 1.1) συγκρινόμενη με το σιτάρι και άλλες καλλιέργειες παρουσιάζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, 14-21,9 %, ανάλογα με την ποικιλία, στα απαραίτητα αμινοξέα, σε καλά λιπίδια, σε ανόργανα στοιχεία (Πίνακας 1.1), σε βιταμίνες, σε φυτικές ίνες και σε σαπωνίνες, χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο, μέση σε υδατάνθρακες και καθόλου γλουτένη (Ayala et al., 2004; Repo-Carrasco et al. 2003).

**Πίνακας 1.1:** Χημική σύνθεση της κινιάς (%Ξ.Β.) και άλλων δημητριακών, ψυχανθών (Valencia-Chamorro, 2004).

	κινιά	κριθάρι	καλαμπόκι	ρύζι	σιτάρι	βρώμη	σίκαλη	σόγια
Πρωτεΐνη	16,5	10,8	10,22	7,6	14,3	11,6	13,4	36,1
Λίπη	6,3	1,9	4,7	2,2	2,3	5,2	1,8	18,9
Ινώδεις ουσίες	3,8	4,4	2,3	6,4	2,8	10,4	2,6	5,6
Τέφρα	3,8	2,2	11,7	3,4	2,2	2,9	2,1	5,3
Υδατάνθρακες	69,0	80,7	81,1	80,4	78,4	69,8	80,1	34,1
Kcal 100g <sup>-1</sup> Θερμιδική αξία	399	383	408	372	392	372	390	451

Η κινιά σε αντίθεση με το σιτάρι και πολλά άλλα τρόφιμα έχει πρωτεΐνη με όλα τα απαραίτητα για τον άνθρωπο και τα ζώα αμινοξέα και μάλιστα σε επιθυμητή αναλογία, πολύ κοντά σε εκείνη της καζεΐνης στο γάλα, αλλά με υψηλότερη βιολογική αξία.. Η υψηλή περιεκτικότητα της πρωτεΐνης της κινιάς στα απαραίτητα αμινοξέα καθιστά την κινιά το μόνο φυτικό τρόφιμο που ικανοποιεί τις προδιαγραφές του FAO για την διατροφή του ανθρώπου.

Η κινιά είναι πολύ πλούσια σε λυσίνη (5 φορές περισσότερο από ότι το σιτάρι) και στα θειούχα αμινοξέα μεθειονίνη, κυστεΐνη ενώ το σιτάρι και άλλα τρόφιμα είναι ελλειμματικά σε αυτά (Πίνακας 1.2). Η κουνιά περιέχει και δύο οιστρογόνα (daidzein, genistein) τα οποία συμβάλουν στην πρόληψη της οστεοπόρωσης και ορισμένων οργανικών και μεταβολικών δυσλειτουργιών από έλλειψη οιστρογόνων κατά την εμμηνόπαυση και παράλληλα ευνοούν την κυκλοφορία του αίματος (Vega - Gálvez et al., 2010 ).

**Πίνακας 1.2:** Βασικά αμινοξέα στην κουνόα και σε άλλα διατροφικά είδη (g/100g πρωτεΐνης) (Valencia-Chamorro, 2004).

	κινόα	καλαμπόκι	ρύζι	σιτάρι	φασόλι	γάλα	FAO
Ισολευκίνη	4,9	4,0	4,1	4,2	4,5	10,0	4,6
Λευκίνη	6,6	12,5	8,2	6,8	8,1	6,5	9,3
Λυσίνη	6,0	2,9	3,8	2,6	7,0	7,9	6,6
Μεθειονίνη	5,3	4,0	3,6	3,7	1,2	2,5	4,2
Φαινυλαλαίνη	6,9	8,6	10,5	8,2	5,4	1,4	7,2
Θρεονίνη	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,7	4,3
Τρυπτοφάνη	0,9	0,7	1,1	1,2	1,1	1,4	1,7
Βαλλίνη	4,5	5,0	6,1	4,4	5,0	7,0	5,5

Η κουνόα θεωρείται ιδιαίτερα πλούσια στα καλά ακόρεστα λιπίδια ω-3 (λινολενικό περί το 5-7%), ω-6 (λινολεϊκό περί το 50-57%) και ω-9 (ολεϊκό περί το 28%) και παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα, περί το 6% σε ίνες.

Η απουσία γλουτένης επιτρέπει τη χρήση της κουνόας από οργανισμούς αλλεργικούς στη γλουτένη ή πασχοντες από κοιλιοκάκη. Επιπρόσθετα περιέχει ικανοποιητική ποσότητα από τις κυριότερες βιταμίνες και μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες του ανθρώπινου οργανισμού. Είναι ιδιαίτερα περιεκτική στη βιταμίνη E (4,60 – 5,90 mg/100 g ξηρό βάρος) η οποία έχει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση (Abugoch James, 2009).



**Εικόνα 1.2:** Σπόροι κουνόας

Τα αμινοξέα, που περιέχονται στα άλευρα της κουνόας δεν είναι πλήρως διαθέσιμα στον οργανισμό, διότι οι σαπωνίνες (βρίσκονται στο περισπέρμιο του σπόρου σε ποσοστό 0,1 έως 5%) παρεμβαίνουν στη βιολογική χρησιμοποίηση των θρεπτικών ουσιών (Kuljanabhagavad and Wink, 2009). Επίσης οι σαπωνίνες έχουν μια πικρή γεύση και πρέπει να απομακρυνθούν πριν αυτή χρησιμοποιηθεί, με εμποτισμό και σχολαστικό πλύσιμο σε νερό ή με μηχανικό τρόπο, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος μείωσης των ανόργανων στοιχείων του σπόρου (Jacobsen, 2003).



### 1.1.7 Χρήσεις

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η κινόα χαρακτηρίζεται και κατατάσσεται στα λειτουργικά τρόφιμα (functional food) και χρησιμοποιείται με τη μορφή σπόρου, ως αλεύρι για πολλά παρασκευάσματα καθώς και ως φύλλα και νεαρά σπορόφυτα.

Τα φύλλα και νεαρά σπορόφυτα της κινόας είναι πλούσια σε πρωτεΐνη, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία όπως ασβέστιο, φωσφόρο, σίδηρο κ. α. και γι αυτό ως σαλατικά είναι πολύ πιο θρεπτικά από ότι άλλες πράσινες σαλάτες. Τα φύλλα και νεαρά σπορόφυτα μπορούν να χρησιμοποιούνται και μαγειρευτά όπως το σπανάκι. Τα πράσινα στελέχη και τα φύλλα χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή αλλά και ξηρά ως βιοκαύσιμο.

Η χρήση της κουινόας επειδή δεν περιέχει γλουτένη ενδείκνυται για όσους πάσχουν από κοιλιοκάκη. Η πολύ καλή περιεκτικότητα της κινόας σε μαγγάνιο και η καλή σε μαγνήσιο, φώσφορο και φολικό οξύ την καθιστά κατάλληλη για όσους πάσχουν από διαβήτη ή αθηροσκλήρωση (van Dam et al., 2006). Η κινόα έχει αντιοξειδωτική δράση ως πλούσια πηγή μαγγανίου το οποίο ευνοεί τη δράση αντιοξειδωτικού ενζύμου (δισμουτάση του υπεροξειδίου-SOD και φλαβονοειδών (Christensen et al., 2007).

Η NASA συμπεριέλαβε την Κινόα στο σύστημα εξοπλισμού (Controlled Ecological Life Support System) των πυραύλων για αποστολές μακράς διάρκειας, ως εναλλακτική λύση διατροφής για την επίλυση των προβλημάτων της ανεπαρκούς πρόσληψης πρωτεΐνης.

Η Κινόα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αμειψισπορές σιτηρών επιτρέποντας τον καλύτερο έλεγχο των αγρωστωδών ζιζανίων και προλαμβάνοντας την ανάπτυξη παρασίτων και ασθενειών. Η Κινόα μπορεί να εξυγιάνει το έδαφος από τα νιτρικά καθώς διαθέτει βαθύ ριζικό σύστημα που τα απορροφά πριν φτάσουν στα υπόγεια νερά.

Άλλα προϊόντα που προέρχονται από την Κινόα είναι η εκχύλιση ελαίου κινόας, το άμυλο, η σαπωνίνη (για φαρμακευτικούς σκοπούς), χρωστικές από τα φύλλα και τους σπόρους, συμπυκνώματα πρωτεϊνών κ.λπ. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας από τη συγκομιδή του σπόρου χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές για τα βοοειδή, τα πρόβατα, τους χοίρους και τα πουλερικά.

Η τιμή της Κινόας ανά κιλό σπόρου το 2011 ήταν περίπου 4,85 \$, ενώ στις μαύρες ποικιλίες ήταν πάνω από 8 \$ καθώς επίσης και η τιμή εισαγωγής στην Ευρώπη ξεπερνά τα 10€ το κιλό.

## 1.2 Συστήματα εδαφοκατεργασίας

Τα κυριότερα συστήματα κατεργασίας τα οποία εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, (Sprague, 1986) είναι τα εξής:

α) Αροτριάα ή συμβατική κατεργασία (CT) : Γίνεται με την χρήση αρότρου ή δισκαρότρου με στόχο την αναστροφή του εδάφους την καταστροφή της βλάστησης και την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων της επιφάνειας. Ακολουθείται από την χρήση μηχανημάτων της δευτερογενούς κατεργασίας που στοχεύουν στην ομαλοποίηση της επιφάνειας και στο σχηματισμό της σποροκλίνης.

β) Μειωμένη κατεργασία (MT) : Γίνεται με τη χρήση της φρέζας ή του καλλιεργητή και σκοπός της κατεργασίας είναι η ομαλοποίηση, το σχίσμο και η αναμόχλευση της ανώτερης επιφάνειας του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα γίνεται ενσωμάτωση των υπολειμμάτων ή της ανεπιθύμητης βλάστησης στο έδαφος.

γ) No-Tillage (Ακατεργασία) : Είναι ένα σύστημα κατά το οποίο στενές μόνο λωρίδες του εδάφους αναμοχλεύονται και γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαία η χρήση ζιζανιοκτόνων ή άλλων μέσων καταπολέμησης των ζιζανίων. Η κατεργασία των λωρίδων δεν ξεπερνά τα 5x5 cm και θεωρείται αναγκαία για να καταστεί εφικτή η σπορά.

Στην Ελλάδα στη συμβατική κατεργασία γίνονται 7 περίπου επεμβάσεις, στη μειωμένη κατεργασία 4-5 επεμβάσεις ενώ στην ακατεργασία περίπου 3 επεμβάσεις, οι οποίες αφορούν εκτός από τα μηχανήματα κατεργασίας και τις επεμβάσεις ζιζανιοκτονίας και λίπανσης ( Ευθυμιάδης, 1990).

## 1.3 Νιτρορύπανση

Η ρύπανση με ανόργανα άλατα, τα οποία περιέχουν άζωτο (με τη μορφή αμμωνιακών ή νιτρικών αλάτων) ή φωσφόρο μπορούν να βλάψουν τα επιφανειακά ύδατα. Τέτοια ρυπαντικά φορτία (Πίνακας 1.3) περιέχονται κυρίως στις γεωργικές απορροές, στα αστικά λύματα και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα.

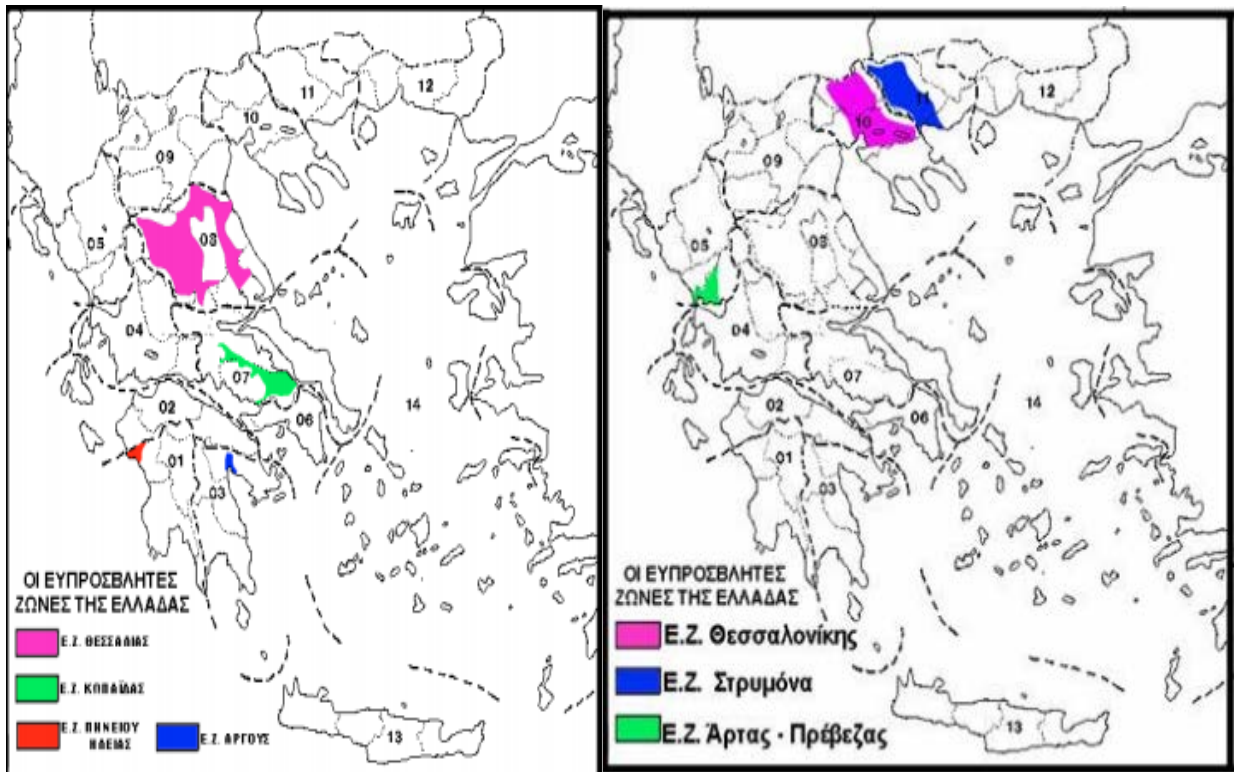
Τα νιτρικά άλατα που προέρχονται από γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού, το οποίο εκφράζει την αύξηση στις χημικές θρεπτικές ουσίες (ενώσεις που περιέχουν άζωτο ή φωσφόρο) σε ένα οικοσύστημα. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση των φωτοσυνθετικών οργανισμών, όπως για παράδειγμα τα φύκια στις λίμνες, με αποτέλεσμα να περιορίζεται το διαθέσιμο οξυγόνο για τα ψάρια και άλλους ζωικούς πληθυσμούς. Επιπλέον, τα υπόγεια ύδατα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στη ρύπανση, καθώς έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη γεωργικών απορροών ή αστικών λυμάτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως επακόλουθο την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων με αποτέλεσμα τα υπόγεια ύδατα να καθίστανται τοξικά για τον άνθρωπο και για τους ζωικούς οργανισμούς.

**Πίνακας 1.3:** Τα είδη των ρύπων και το ρυπαντικό τους αποτέλεσμα

Είδη Ρύπων	Ρυπαντικό Αποτέλεσμα
Οργανική Ύλη	Από-οξυγόνωση Αποδέκτη (κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου)
Θρεπτικές Ουσίες (κυρίως άζωτο και φώσφορος)	Ευτροφισμός
Συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων (NH <sub>3</sub> )	Τοξικότητα σε Υδρόβιους Οργανισμούς Απο-οξυγόνωση των Λιμνών
Συγκέντρωση Νιτρικών ιόντων (NO <sub>3</sub> -N)	Ασφυξία σε Βρέφη Είναι τοξικά για πόση στην περίπτωση που η συγκέντρωσή τους υπερβαίνει τα 50 mg/lit

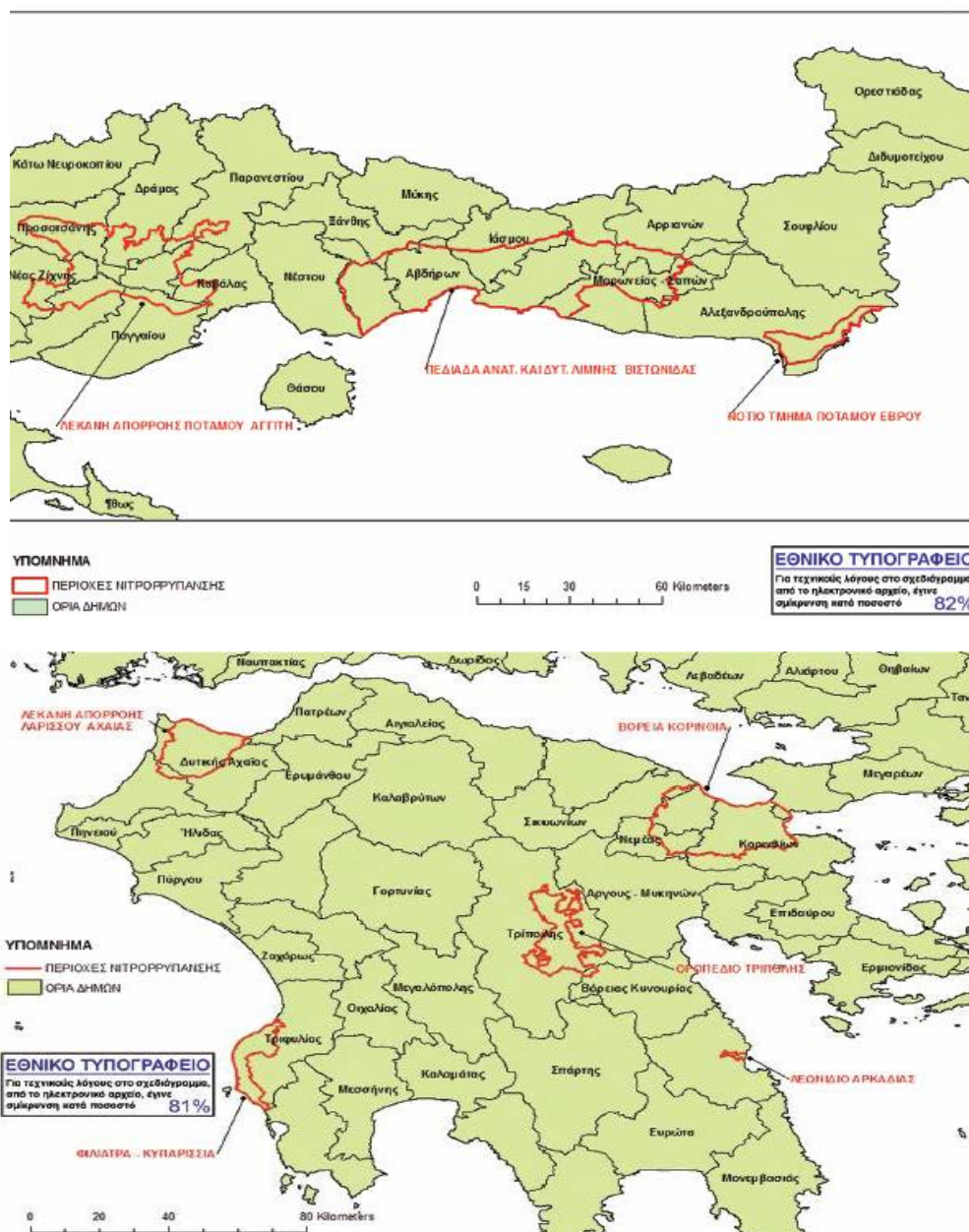
Η κύρια πηγή αζωτούχων ενώσεων είναι τα γεωργικά λιπάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται με σκοπό την τόνωση της ανάπτυξης των φυτών. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται η ζωική κοπριά, τα κατάλοιπα ιχθυοτροφείων και η λυματολάσπη. Η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών ριζών (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπεύθυνη για την ποιότητα των υδάτων δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 50mg/l, η οποία ισοδυναμεί με 11,3mg/l (NO<sub>3</sub>—N). Συγκεκριμένα όρια που αφορούν τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) σε νωπά λαχανικά από 11-700mg/Kg και σε κρέατα 500ppm/Kg για (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) και 200ppm/Kg για (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) έχουν επίσης θεσπιστεί.

Η φύση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα συμβάλουν στην άμεση οξειδωση του Fe<sup>++</sup> της αιμοσφαιρίνης σε Fe<sup>+++</sup> με αποτέλεσμα τη δημιουργία της μεθαιμοσφαιρίνης η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ασφυξία λόγω της αδυναμίας της να μεταφέρει οξυγόνο στους περιφερειακούς ιστούς. Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται ταυτόχρονη αναγωγή των νιτρικών ριζών σε νιτρώδεις ενώσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Η παρουσία νιτρωδών ενώσεων στο αίμα είναι δυνατόν να προκαλέσουν το σχηματισμό νιτροζαμινών ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη καρκίνου σε πολλά όργανα του ανθρώπινου σώματος. Η συσσώρευση τέλος νιτρικών ριζών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες στο θυρεοειδή, ταχυκαρδία και άλλες ηπιότερης μορφής παθολογικές ασθένειες.



Εικόνα 1.3: Ευπρόσβλητες ζώνες από νιτρορύπανση στην Ελλάδα

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=CmiCkrm71%2FI%3D&tabid=250&language=el-GR>)



**Εικόνα 1.4:** Νέες ευπρόσβλητες ζώνες από νιτρορύπανση στην Ελλάδα το 2013

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=CmiCkrm71%2FI%3D&tabid=250&language=el-GR>)

Στην Ελλάδα προωθείται ο προσδιορισμός επιπλέον υδάτινων αποδεκτών (Εικόνες.1.3& 1.4) που υφίστανται ή ενδέχεται να υποστούν νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης από τις χερσαίες περιοχές που χαρακτηρίζονται ως ευπρόσβλητες ζώνες, ώστε να επιτυγχάνεται πιο ολοκληρωμένα και αποτελεσματικά η προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος (ΚΥΑ16190/1335/1997). Για τη μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης στα νερά που βρίσκονται στις ευπρόσβλητες ζώνες (Πίνακας 1.4) καταρτίζεται Πρόγραμμα Δράσης και λαμβάνεται οποιοδήποτε επιπλέον συμπληρωματικό μέτρο ή ενισχυμένη δράσης.

**Πίνακας 1.4:** Οι τιμές μέσης συγκέντρωσης (mg/l) νιτρικών στα υπόγεια ύδατα των 41 λεκανών απορροής (<http://www.i-bec.org/>).

ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	2000-2006	2007-2010	2000-2010
ΠΡΕΣΠΩΝ (GR01)	13,268	14,262	13,599
ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (GR02)	20,864	29,302	23,544
ΑΞΙΟΥ (GR03)	31,344	23,340	28,676
ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04)	16,125	17,093	16,448
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (GR05)	44,554	23,697	35,615
ΣΤΡΥΜΟΝΑ (GR06)	31,035	20,115	27,915
ΝΕΣΤΟΥ (GR07)	26,940	14,482	22,788
ΞΑΝΘΗΣ-ΞΗΡΟΡΕΜΑΤΟΣ (GR08)	23,200	17,445	20,323
ΡΕΜΑΤΩΝ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ-ΛΟΥΤΡΟΥ ΕΒΡΟΥ (GR09)	-	22,770	22,770
ΕΒΡΟΥ (GR10)	31,350	24,428	29,042
ΚΑΛΑΜΑ (GR12)	5,250	5,983	5,543
ΑΧΕΡΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΛΟΥΡΟΥ (GR13)	10,896	13,758	11,921
ΑΡΑΧΘΟΥ (GR14)	13,958	10,894	12,733
ΑΧΕΛΩΟΥ (GR15)	10,288	10,317	10,300
ΠΗΝΕΙΟΥ (GR16)	28,840	31,913	29,609
ΡΕΜΑΤΩΝ ΑΛΜΥΡΟΥ-ΠΗΛΙΟΥ (GR17)	32,938	-	32,938
ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ (GR18)	4,300	1,100	3,233
ΕΥΒΟΙΑΣ (GR19)	100,893	51,950	84,579
ΕΥΗΝΟΥ (GR20)	4,782	2,896	4,027
ΜΟΡΝΟΥ (GR21)	4,200	3,589	3,955
ΒΑ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ (GR22)	9,458	9,450	9,455
ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ (GR23)	56,895	47,614	53,183
ΑΜΦΙΣΣΑΣ (GR24)	13,250	13,250	13,250
ΑΣΩΠΟΥ (GR25)	61,473	50,375	57,034
ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ (GR26)	95,016	85,705	91,291
ΡΕΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΒΟΡ. ΠΕΛΟΠΟΝΗΣΟΥ (GR27)	36,410	32,777	34,957
ΠΕΙΡΟΥ-ΒΕΡΓΑ-ΠΗΝΕΙΟΥ (GR28)	34,051	22,385	29,385
ΑΛΦΕΙΟΥ (GR29)	29,250	24,052	27,171
ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΤΡΙΠΟΛΗΣ (GR30)	84,595	220,955	139,139
ΡΕΜΑΤΩΝ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ (GR31)	138,910	139,899	139,306
ΠΑΜΙΣΟΥ-ΝΕΔΟΝΤΟΣ-ΝΕΔΑ (GR32)	37,755	36,493	37,250
ΕΥΡΩΤΑ (GR33)	75,193	64,340	70,852
ΚΕΡΚΥΡΑΣ-ΠΑΞΩΝ (GR34)	8,157	3,297	5,727
ΡΕΜΑΤΩΝ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΑΝΙΩΝ-ΡΕΘΥΜΝΟΥ-ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (GR39)	32,332	39,995	34,248
ΡΕΜΑΤΩΝ ΝΟΤΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΑΝΙΩΝ-ΡΕΘΥΜΝΟΥ-ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (GR40)	38,087	34,912	37,293
ΡΕΜΑΤΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ (GR41)	44,138	47,947	45,091
ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ - ΙΘΑΚΗΣ - ΖΑΚΥΝΘΟΥ (GR45)	17,075	17,075	17,075



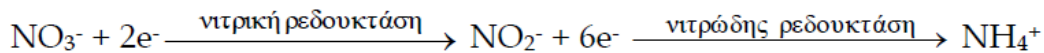
#### 1.4 Μηχανισμοί απορρόφησης των νιτρικών

Γενικά διακρίνουμε δύο κατηγοριών μηχανισμούς απορρόφησης, τον παθητικό και τον ενεργητικό. Η παθητική απορρόφηση επιτρέπει την είσοδο ανόργανων ιόντων στους φυτικούς ιστούς, στηρίζεται στα φαινόμενα διάχυσης των ιόντων, στο μηχανισμό των ισορροπιών Donnan και επιτελείται χωρίς την κατανάλωση ενέργειας από τα φυτά. Το κυτταρικό τοίχωμα που περιβάλλει τα φυτικά κύτταρα είναι διαπερατό γι' αυτά τα ιόντα του εδαφικού διαλύματος για τα οποία ισχύουν οι γνωστοί νόμοι της διάχυσης. Κύριο χαρακτηριστικό της ενεργητικής απορρόφησης είναι η κατανάλωση ενέργειας η οποία δαπανάται από το φυτικό κύτταρο. Η ενεργητική απορρόφηση εξηγείται με την ύπαρξη ουσιών μεταφορέων, εξειδικευμένων στην αναγνώριση και μεταφορά ιόντων στο εσωτερικό του κυττάρου. Η ενέργεια γι' αυτή τη δράση προέρχεται από την υδρόλυση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP).

Υπό φυσικές συνθήκες η κατ' αρχήν πηγή εφοδιασμού των εδαφών σε N είναι η περιεχόμενη οργανική ουσία. Η ανοργανοποίηση (αποδόμηση) της οργανικής ύλης του εδάφους απελευθερώνει το αμμωνιακό N, τα δε φυτά μέσω των ριζών τους απορροφούν το άζωτο υπό μορφή νιτρική ή αμμωνιακή. Η νιτρική μορφή είναι πολύ διαλυτή και κατά συνέπεια πολύ ευκίνητη μορφή. Το νιτρικό άζωτο μετατρέπεται σε οργανικό άζωτο των φυτικών ιστών αφού πρώτα αναχθεί γι' αυτό και υπερβολική απορρόφηση του αν δεν αναχθεί έγκαιρα, οδηγεί στη συσσώρευση των νιτρικών στους ιστούς. Το αμμωνιακό άζωτο είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμο. Οι κύριες διαθέσιμες μορφές του ανόργανου εδαφικού N περιλαμβάνουν το  $\text{NO}_3\text{-N}$  και το  $\text{NH}_4\text{-N}$ . Εν τούτοις, οι αροτραίες καλλιέργειες, ειδικά στις εύκρατες περιοχές, παραλαμβάνουν το N ως επί το πλείστον σε νιτρική μορφή λόγω της ταχείας μικροβιακής οξείδωσης του  $\text{NH}_4\text{-N}$  στο έδαφος. Αυτό δε σημαίνει ότι ο ρόλος του  $\text{NH}_4\text{-N}$  πρέπει να υποεκτιμάται στη θρέψη των φυτών, καθώς παρουσία και των δύο μορφών τα περισσότερα φυτά φαίνεται αφενός να αναπτύσσονται καλύτερα και να δίνουν μεγαλύτερες αποδόσεις, αφετέρου να προσλαμβάνουν επιλεκτικά  $\text{NH}_4\text{-N}$ , ακόμα και όταν αυτό βρίσκεται σε μικρότερες συγκεντρώσεις (Glass et al., 2002).

Η πρόσληψη ιόντων όπως του  $\text{NO}_3^-$  από τις ρίζες των φυτών πραγματοποιείται μέσω μηχανισμών που εμπλέκουν τη δραστηριότητα εξειδικευμένων (ενζυμικής φύσεως) φορέων (carriers) στο πλασμαλήμμα των εξωτερικών κυττάρων της ρίζας. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από εκλεκτικότητα (επιλογή ιοντικού είδους εις βάρος άλλων), κατανάλωση μεταβολικής ενέργειας (υπό μορφή ATP), και μετακίνηση του ιόντος αντίθετα από τη φορά του ηλεκτροχημικού δυναμικού. Τα συστήματα πρόσληψης έχουν χαρακτηριστεί ως πολυφασικά, υποδηλώνοντας τη συμμετοχή περισσότερων από ένα επιμέρους συστημάτων μεταφοράς, ανάλογα με την εξωτερική συγκέντρωση του ανόργανου N. Το  $\text{NO}_3\text{-N}$  που προσλαμβάνεται από τα φυτά μπορεί να αφομοιωθεί στη ρίζα, να αποθηκευτεί στα χυμοτόπια των ριζικών κυττάρων ή να μεταφερθεί μέσω του ξυλώματος στο υπέργειο τμήμα, επίσης για αποθήκευση ή αφομοίωση.

Το  $\text{NH}_4\text{-N}$ , αντίθετα, πρέπει κατά κανόνα να ενσωματωθεί σε οργανικές ενώσεις στη ρίζα, λόγω της τοξικής επίδρασης της αμμωνίας στους φυτικούς ιστούς. Για να είναι το N αξιοποιήσιμο από το φυτό, πρέπει πρωταρχικά να ενσωματωθεί σε οργανικές ενώσεις. Καθώς η μορφή του N με την οποία λαμβάνει χώρα η αφομοίωση είναι η μορφή  $\text{NH}_4\text{-N}$ , απαρχή του μεταβολισμού του N συνιστά η αναγωγή του  $\text{NO}_3\text{-N}$  σε  $\text{NH}_4\text{-N}$ , μία διαδικασία που πραγματοποιείται σε δύο στάδια, όπως φαίνεται παρακάτω:



Η πρώτη φάση καταλύεται από το ένζυμο νιτρική ρεδουκτάση (ή αναγωγή) (NR), λαμβάνει χώρα στο κυτταρόπλασμα και είναι καθοριστική του ρυθμού της όλης αναγωγής. Ακολούθως, το  $\text{NO}_2^-$  εισέρχεται στα πλαστίδια της ρίζας (ή στους χλωροπλάστες στο υπέργειο τμήμα) για τη δεύτερη αναγωγή από τη νιτρώδη ρεδουκτάση (NiR). Η δραστηριότητα των δύο ενζύμων προάγεται από το  $\text{NO}_3\text{-N}$ , τα σάκχαρα, το  $\text{CO}_2$ , το φως και τις κυτοκινίνες, ενώ ρυθμίζεται αρνητικά από τα προϊόντα αφομοίωσης της  $\text{NH}_3$  και κυρίως από το γλουταμικό και τη γλουταμίνη. Η συνολική διαδικασία είναι δαπανηρή σε μεταβολική ενέργεια, καθώς συνεπάγεται την πρόσληψη  $8e^-$  από το άτομο του N (Hakeem et. al., 2012).

Το  $\text{NH}_4\text{-N}$ , εκτός από την αναγωγή του  $\text{NO}_3\text{-N}$ , μπορεί να προέλθει και από άλλες διεργασίες, ενώ πολλές είναι και οι βιοχημικές οδοί για την ενσωμάτωση του  $\text{NH}_4\text{-N}$  σε αζωτούχα βιομόρια. Η συνηθέστερη, όμως, οδός είναι η συνδυασμένη δράση των ενζύμων GS/GOGAT (συνθετάση της γλουταμίνης/συνθετάση του γλουταμινικού οξέος), όπου το  $\text{NH}_4\text{-N}$  ενσωματώνεται σε γλουταμίνη και γλουταμινικό οξύ (Geisseler et al., 2009). Οι αζωτούχες αυτές ενώσεις είναι οι κυρίαρχες ενώσεις που μεταφέρονται και δρουν ως υπόστρωμα για την παραγωγή (αντιδράσεις τρανσαμίνωσης) νέων αμινοξέων, αμιδίων και αμινών (Tischner, 2000). Ο δε ανθρακικός σκελετός των αμινοξέων προέρχεται κυρίως από ενδιάμεσα προϊόντα της φωτοσύνθεσης, της γλυκόλυσης και του κύκλου των τρικαρβονικών οξέων ή κύκλο του Krebs. Ακολούθως, το N της αμινοομάδας μεταφέρεται βήμα-βήμα σε πιο πολύπλοκες ενώσεις και καταλήγει στις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα, που αποτελούν τους δομικούς λίθους της ζώσας ύλης.

Όταν υπάρχει αυξημένη τροφοδοσία N, αυξάνει κατά πολύ η περιεκτικότητα του φυτού σε αζωτούχες ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (αμινο-ενώσεις), αλλά λιγότερο η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Ιδιαίτερη είναι η συσσώρευση των αμιδίων (γλουταμίνη, ασπαραγγίνη), ενώ σε συνθήκες έλλειψης N φαίνεται να κυριαρχούν τα αμινοξέα. Στα περισσότερα φυτά, μόνο όταν ο ρυθμός παροχής N καλύπτει τις απαιτήσεις του φυτού για μέγιστο ρυθμό αύξησης συσσωρεύονται σημαντικές ποσότητες  $\text{NO}_3\text{-N}$ , διαφορετικά αντιπροσωπεύει ένα μικρό ή αμελητέο ποσοστό του ολικού N (Geisseler et al., 2009).

Κατά κανόνα, τα φύλλα εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις N από το βλαστό, οι οποίες μάλιστα γίνονται μέγιστες όταν αυτά αποκτήσουν το πλήρες μέγεθός τους, όπου το πλείστον του N προέρχεται από τους αποθησαυριστικούς ιστούς. Σα 3/4 των αζωτούχων ενώσεων στα φύλλα σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση. Καθώς το φύλλο προχωρά προς το γηρασμό, η συγκέντρωση του N μειώνεται, αφενός γιατί αυξάνεται το % ξηρό βάρος, αφετέρου γιατί μέρος του N (αμινοξέα από υδρόλυση πρωτεϊνών) μετακινείται για χρησιμοποίηση σε άλλους ιστούς. Χαρακτηριστικό για τα περισσότερα φυτά είναι ότι η συγκέντρωση του N μειώνεται με την αύξηση της καλλιέργειας. Οι Tei et al., (2002) εξηγούν την προοδευτική μείωση του % N στην ξηρά ουσία με βάση την έννοια της διαμερισματοποίησης στο φυτό. Η περιεκτικότητα του N στο φυτό μεταβάλλεται σύμφωνα με την αναλογία δύο διαμερισμάτων του φυτού: το μεταβολικό, το οποίο θεωρείται φυσιολογικά ενεργό για αύξηση επειδή συνδέεται με μεταβολικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και έχει υψηλές συγκεντρώσεις N, και το δομικό, το οποίο αποτελείται από δομικούς και αποθηκευτικούς ιστούς, με χαμηλή περιεκτικότητα σε N. Έτσι, καθώς το φυτό μεγαλώνει, η συγκέντρωση του N



στην ξηρά ουσία μειώνεται, λόγω μιας αύξησης της αναλογίας των δομικών και αποθηκευτικών ιστών, που είναι κυρίως αποτέλεσμα μίας αύξησης στο σχετικό ποσό ξηράς ουσίας στους βλαστούς.

Ένα κοινό χαρακτηριστικό της κόμης των φυτών είναι η καθ' ύψος κατανομή του N των φύλλων (Lötscher et al., 2003), με τα ανώτερα στρώματα να εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις N, οι οποίες μειώνονται προς τα κατώτερα σκιαζόμενα στρώματα της κόμης. Η ανομοιόμορφη αυτή κατανομή του N δικαιολογείται πρωτίστως από τη σχέση του με τη φωτοσύνθεση (Echarte et al., 2008). Από την κορυφή προς το κάτω μέρος της κόμης, τα φύλλα χρειάζονται προοδευτικά λιγότερο N για να μεγιστοποιήσουν την αφομοίωση του CO<sub>2</sub>, λόγω της εξασθένησης της ακτινοβολίας μέσα στην κόμη. Εφόσον, λοιπόν, τα επίπεδα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερα στα ψηλότερα φύλλα, φαίνεται να είναι προς όφελος του φυτού να κατανέμει μεγαλύτερες ποσότητες N σε αυτά (Wang et al., 2005; Ciganda et al., 2008). Έτσι, καθώς η κόμη αναπτύσσεται, το N μετακινείται από τα γηραιότερα και τα όλο και περισσότερο σκιαζόμενα κάτω φύλλα, στα νεότερα της κορυφής. Έχειδειχτεί ότι η ανομοιόμορφη κατανομή του N μεταξύ των φύλλων της κόμης αυξάνει την ημερήσια αφομοίωση CO<sub>2</sub> κατά 20-40 %, σε σχέση με μία θεωρητική ομοιόμορφη κατανομή (Gastal et al., 2002).

Άλλος ένας παράγοντας που συνεισφέρει στην ανομοιόμορφη κατανομή του N καθ' ύψος του φυτού είναι η διαφορετική ηλικία των φύλλων της κόμης (με αύξηση της ηλικίας του φυτού η συγκέντρωση του N μειώνεται), όπως και το γεγονός ότι τα διάφορα φύλλα του φυτού μπορεί να αναπτυχθούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες παροχής N λόγω διακυμάνσεων του εδαφικού N, ενώ η παραγωγή τους παραμένει συνεχής.

Μέχρι πρότινος, οι έρευνες κατευθύνονταν μεμονωμένα είτε προς την υπόθεση ότι η πρόσληψη του NO<sub>3</sub>-N ρυθμίζεται από τη διαθεσιμότητα του εδάφους, είτε ότι ελέγχεται από το ρυθμό αύξησης της καλλιέργειας, δηλαδή από την απαίτηση της καλλιέργειας για N. Η σημερινή θεώρηση αφορά μία πιο ολοκληρωμένη οπτική, κατά την οποία ο ρυθμός πρόσληψης του NO<sub>3</sub>-N ελέγχεται συνδυαστικά και από τους δύο παράγοντες (Lemaire et al., 2004). Αρκετά στοιχεία δείχνουν ότι η πρόσληψη του NO<sub>3</sub>-N (και γενικότερα ανόργανων ιόντων) από τη ρίζα ρυθμίζεται έτσι ώστε να συναντά τις απαιτήσεις για αύξηση και ανάπτυξη του φυτού. Αυτό φαίνεται να προέρχεται από αλλαγές στην έκφραση των διαφόρων συστημάτων πρόσληψης της ρίζας, που ρυθμίζονται αρνητικά (down-regulated) σε συνθήκες υψηλής θρεπτικής κατάστασης του φυτού για το συγκεκριμένο στοιχείο (Forde, 2002).

Ο ρυθμός πρόσληψης του NO<sub>3</sub>-N μειώνεται μετά από παρατεταμένη εξωγενή έκθεση σε αυτό, γεγονός που δείχνει ότι η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων είναι αντικείμενο αρνητικής ανατροφοδότησης. Το αρχικό υπεύθυνο σήμα για τον αρνητικό έλεγχο είναι το ίδιο το ιόν, ενώ υψηλά επίπεδα NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N και αμινοξέων στο κυτταρόπλασμα επίσης αναχαιτίζουν την καθαρή πρόσληψη του NO<sub>3</sub>-N. Το κυριότερο από τα αμινοξέα φαίνεται να είναι η γλουταμίνη, ενώ ο ίδιος ρόλος έχει αναφερθεί και για το ασπαρτικό και το γλουταμικό. Πειράματα έχουν δείξει ότι το σήμα δεν πρέπει να προέρχεται μόνο από τη ρίζα, αλλά NO<sub>3</sub>-N και προϊόντα αφομοίωσής τους από τα φύλλα μπορούν να λειτουργήσουν ως σήματα μεγάλης απόστασης, τα οποία υποδεικνύουν τη θρεπτική κατάσταση του φυτού. Έτσι, θετικό σήμα προέρχεται από την παροχή άνθρακα, ενώ αρνητικό σήμα προέρχεται από οργανικό N που επανακυκλοφορεί από το υπέργειο τμήμα στη ρίζα μέσω του φλοιού, δρώντας σαν σήμα κορεσμού (Ciampitti and Tony, 2011).

Η πρόσληψη του N φαίνεται να συσχετίζεται με την απαίτηση του φυτού σε N, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από την αύξηση του φυτού, τουλάχιστον όταν η μεταφορά του N στην επιφάνεια της ρίζας δε συνιστά περιοριστικό παράγοντα. Υπό συνθήκες άφθονης παροχής N, όπου επιτρέπεται η μέγιστη αύξηση της καλλιέργειας, η πρόσληψη του N εξαρτάται και από την εν δυνάμει αύξηση του καλλιεργούμενου φυτού, και από την ικανότητά του να αποθηκεύει το πλεονάζον N (Lemaire et al., 2004).

Ο παράγοντας που καθορίζει το ποσόν N που θα προσλάβει το φυτό είναι η παροχή N, η οποία είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε ανόργανο N και της αύξησης της ρίζας (Kristensen and Thorup-Kristensen, 2004; Razzaghi et al, 2012). Οι Devienne-Barret et al., (2000) έδειξαν ότι η συγκέντρωση  $\text{NO}_3\text{-N}$  στο έδαφος ελέγχει την πρόσληψη N της καλλιέργειας όχι μόνο σε συνθήκες χαμηλής, αλλά και υψηλής συγκέντρωσης  $\text{NO}_3\text{-N}$  στο έδαφος. Αυτό παρατηρήθηκε σε περιπτώσεις όπου τα επίπεδα N της καλλιέργειας ήταν υψηλά και επέτρεπαν μέγιστο ρυθμό αύξησης στα φυτά.

Η παρουσία ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) στο έδαφος είναι ο πιο συνηθισμένος λόγος ακινητοποίησης θρεπτικών στοιχείων και ιδιαίτερα των μετάλλων. Τόσο το διάλυμα που περιέχει όξινα ανθρακικά ανιόντα όσο και η επιφάνεια επαφής του εδαφικού διαλύματος που περιέχει τα μέταλλα με στερεό  $\text{CaCO}_3$  σχηματίζουν δυσδιάλυτες ανθρακικές ενώσεις των μετάλλων, ακινητοποιούνται, απομακρύνονται από το εδαφικό διάλυμα και δεν είναι πλέον στη διάθεση των φυτών. Άλλοι λόγοι ακινητοποίησης των θρεπτικών στοιχείων είναι το pH και το περιβάλλον οξειδοαναγωγής. Σε αλκαλικό εδαφικό περιβάλλον ( $\text{pH}>7,5$ ) τα μέταλλα Fe, Mn, Zn και Cu σχηματίζουν υδροξειδία και σαν τέτοια καθιζάνουν. Αντίθετα τα ίδια μέταλλα είναι ευκίνητα σε όξινο pH. Ορισμένες όμως φορές ενώνονται με φωσφορικά ανιόντα και σχηματίζουν αδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις ( $\text{pH}<5,8$ ).

### **1.5 Φυτοεξυγίανση**

Η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης (Phytoremediation), παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, ως εναλλακτική μέθοδος εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων επειδή τα φυτά έχουν τη δυνατότητα να προσλαμβάνουν και να διασπούν τοξικές οργανικές ουσίες, τόσο από το έδαφος όσο και από την ατμόσφαιρα. Ο όρος εξυγίανση (remediation) αναφέρεται εναλλακτικά του όρου αποκατάσταση της υγείας του εδαφικού οικοσυστήματος, αν και είναι συνδεδεμένος με τις τεχνικές εξυγίανσης που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων εδαφικών λειτουργιών (McCutcheon and Schnoor, 2003).

Η υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (E.P.A.), κατατάσσει τη φυτοεξυγίανση στις λεγόμενες καινοτόμες τεχνολογίες επεξεργασίας (Innovative treatment technologies). Πρόκειται για τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων και άλλων μολυσματικών παραγόντων, χωρίς όμως να υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με το κόστος και την απόδοση που έχουν υπό διαφορετικές συνθήκες επεξεργασίας. Τα τελευταία χρόνια η έννοια των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας έχει επεκταθεί πέρα από τη χρησιμοποίησή τους στην επεξεργασία υδατικών αποβλήτων. Τέτοιες προσπάθειες περιλαμβάνουν τη χρήση φυτών για την εξυγίανση αβαθών υδροφορέων και έχουν σαν στόχο την ρύπανση που προκαλούν κυρίως εντομοκτόνα και ανόργανα στοιχεία όπως άζωτο και φωσφόρος. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως βιο-φίλτρα (Bio-filters) ή ριζο-φίλτρα (Rhizo-filters).

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης γενικά μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

### 1. Φυτοαπορρύπανση (Phytodecontamination)

#### 2. Φυτοσταθεροποίηση (Phytostabilization)

Η φυτοαπορρύπανση, περιλαμβάνει μηχανισμούς, με τη βοήθεια των οποίων, η συγκέντρωση του ρυπαντή στο έδαφος, το νερό και την ατμόσφαιρα μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα (McCutcheon and Schnoor, 2003).

Η φυτοσταθεροποίηση περιλαμβάνει μηχανισμούς οι οποίοι έχουν ως στόχο την αδρανοποίηση και απομόνωση του ρυπαντή ώστε να παρεμποδιστεί η μετανάστευση του (migration) από το έδαφος στο υπόγειο νερό ή στην ατμόσφαιρα. Η φυτοσταθεροποίηση βασίζεται στην ικανότητα των φυτών να εκκρίνουν ουσίες, μέσω των ριζών τους, οι οποίες ευνοούν μηχανισμούς όπως η χουμοποίηση (humification) - δέσμευση του ρυπαντή στα χουμικά συστατικά του εδάφους, η λιγνιτοποίηση (lignification) - δέσμευση στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών και δέσμευση στα εδαφικά σωματίδια (soil sequestration) (Flatham and Lanza, 1998; Zambetakis et al., 2005).

Οι παράμετροι σχεδιασμού εφαρμογής της τεχνολογίας Φυτοεξυγίανσης περιλαμβάνουν (Mackova et al., 2006):

#### 1. Προσδιορισμό του επιπέδου της ρύπανσης

Κατά το σχεδιασμό του συστήματος Φυτοεξυγίανσης, πρέπει να προσδιοριστεί το είδος και η συγκέντρωση των ρυπαντών καθώς και το βάθος στο οποίο εκτείνεται η ρύπανση.

#### 2. Επιλογή του φυτικού υλικού

Τα φυτά πρέπει να παρουσιάζουν γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης, υψηλούς ρυθμούς εξατμισοδιαπνοής αρκετά βαθύ ριζικό σύστημα για την περίπτωση υπογείων υδάτων και να μετατρέπουν το ρυπαντή σε μη τοξικά παράγωγα.

#### 3. Έλεγχος της δυνατότητας χρησιμοποίησης των επιλεγμένων φυτών (Treatability tests)

.

#### 4. Συντήρηση του συστήματος της Φυτοεξυγίανσης

#### 5. Συγκομιδή του φυτικού υλικού

Οι διαδικασίες επεξεργασίας του φυτικού υλικού είναι η ελεγχόμενη καύση (controlled incineration), η κομποστοποίηση (composting) καθώς και διάθεση σε χωματερές (landfilling).

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης συνοψίζονται ως εξής (McCutcheon and Schnoor, 2003)

- Μειωμένα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.

- Δε διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της μολυσμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική επεξεργασία ιδιαίτερα για μεγάλους όγκους χώματος ή νερού, που είναι μολυσμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρυπαντών.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους..

Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης .

Η φυτοεξυγίανση με τη χρήση συμβατικών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (αγρωστώδη, μηδική, ηλίανθος, καπνός κ.α.) έχει ήδη να επιδείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα στις περιπτώσεις όπου απαιτείται απομάκρυνση ρυπαντών από μεγάλες εκτάσεις. Η χρησιμοποίηση των παραπάνω φυτικών ειδών περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση των οργανικών ή ανόργανων ρυπαντών βρίσκονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (Mackova et al., 2006).

## 1.6 Η αειφόρος γεωργία

Η αειφόρος γεωργία εξασφαλίζει μια σταθερή προμήθεια τροφίμων, αλλά και ότι οι περιβαλλοντικές, κοινωνικό-οικονομικές και ανθρώπινες επιπτώσεις στην υγεία αναγνωρίζονται και υπολογίζονται στο πλαίσιο των εθνικών σχεδίων ανάπτυξης.

Ο ορισμός του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας “FAO” (Food and Agriculture Organization) για την αειφόρο ανάπτυξη της γεωργίας είναι η διαχείριση και η διατήρηση των φυσικών πόρων και ο προσανατολισμός των τεχνολογικών και θεσμικών αλλαγών με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίσουν την συνεχή ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών για το παρόν και τις μελλοντικές γενιές. Η Αειφόρος διαχείριση της γεωργικής γης στοχεύει στη διατήρηση ή βελτίωση της παραγωγής τροφίμων , τη μείωση του επιπέδου του κινδύνου παραγωγής , προστατεύοντας τη δυνατότητα των φυσικών πόρων και την πρόληψη της υποβάθμισης του εδάφους και της ποιότητας των υδάτων, ενώ είναι οικονομικά βιώσιμη και κοινωνικά αποδεκτή (Schjonning et al., 2004). Η λανθασμένη διαχείριση της γεωργίας, όπως η υπερβολική χρήση λιπασμάτων που μέσω των απορροών καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες αποτελεί την πρωταρχική αιτία των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

## 1.7 Σκοπός και στόχοι του Πειράματος

Σε εγκατεστημένο πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α) με καλλιέργεια κουνιάς εφαρμόστηκαν διαφορετικά είδη εδαφοκατεργασίας (Συμβατική:CT και Μειωμένη:MT) καθώς και επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση), προκειμένου να αξιολογηθεί ο ρυθμός απορρόφησης των νιτρικών από τα φυτά. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους που μετρήθηκαν είναι το ολικό άζωτο, η οργανική ουσία, το πορώδες, η Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο (MWD) και τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) για 25, 50, 75, 100, 125 και 150 Ημέρες Από την Σπορά (ΗΑΣ), ενώ οι μετρήσεις των φυτικών χαρακτηριστικών της κουνιάς ήταν το ύψος, το ξηρό βάρος, ο Δείκτης Φυλλικής επιφάνειας LAI, η απόδοση σε σπόρους και το περιεχόμενο N (%) της κουνιάς για 25, 50, 75, 100, 125 150 ΗΑΣ.

Στα πλαίσια της αειφορικής ανάπτυξης η μελέτη αυτή στοχεύει στην ανάδειξη του φυτού της κουνιάς ως φυτοεξυγιαντής των υποβαθμισμένων εδαφικών οικοσυστημάτων από τα νιτρικά (υπολείμματα λιπασμάτων) καθώς διαθέτει βαθύ ριζικό σύστημα που τα απορροφά πριν φτάσουν στα υπόγεια νερά. Η σημασία της κουνιάς ως καλλιέργειας σηματοδοτείται από το ότι το 2013 έχει οριστεί από τον Ο.Η.Ε. ως διεθνές έτος της κουνιάς, ενώ ο FAO θεωρεί την κουνιά ως μία από τις καλλιέργειες για την διασφάλιση της τροφής στον 21ο αιώνα καθώς πρόκειται για τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας, ενώ παράλληλα από τους σπόρους του παράγεται αλεύρι χωρίς γλουτένη.

Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και η εξυγίανση των υποβαθμισμένων από την ανθρώπινη δραστηριότητα εδαφών, αποτελεί μια αειφορική διαχειριστική πρακτική και έναν από τους κεντρικούς ερευνητικούς στόχους σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα νιτρικά και νιτρώδη από την άσκηση της εντατικής γεωργίας είναι ο κρισιμότερος παράγοντας ευτροφισμού. Η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης (Phytoremediation), παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, ως εναλλακτική μέθοδος εξυγίανσης εδαφών και υπόγειων υδάτων από τη νιτρορύπανση. Η φυτοεξυγίανση με τη χρήση συμβατικών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (αγρωστώδη, μηδική, ηλίανθος, καπνός κ.α.) έχει ήδη να επιδείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα στις περιπτώσεις όπου απαιτείται απομάκρυνση ρυπαντών από μεγάλες εκτάσεις.

## 2 Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η καλλιέργεια κουνιάς ανταποκρίνεται θετικά στην αζωτούχο λίπανση (Berti et al., 2000; Schooten and Van Pinxterhuis, 2003; Schulte-Erley et al., 2005). Τα πειράματα λίπανσης σε διάφορες χώρες έδειξαν ότι η κουνιά αντιδρά θετικά στην βασική αζωτούχο λίπανση. Σε πειράματα στις Η.Π.Α η αύξηση του αζώτου από 2 μονάδες το στρέμμα σε 16 μονάδες αύξησε σημαντικά την απόδοση. Η πρόσληψη N από την κουνιά σχεδόν διπλασιάστηκε για λίπανση 120 kg Αζώτου ha<sup>-1</sup> σε σύγκριση με μηδενική λίπανση αζώτου, το οποίο δείχνει μια τάση αποτελεσματικής απορρόφησης των N- λιπασμάτων (Schulte-Erley et al., 2005). Η καλλιέργεια της κουνιάς ήταν ο καλύτερος υπερ-συσσωρευτής νικελίου, χρωμίου και καδμίου υποβαθμισμένων εδαφικών οικοσυστημάτων (Bhargava et al., 2008).

Η πρόσληψη του N αποτελεί ένα ενδογενές χαρακτηριστικό των φυτών καθώς παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές στην ικανότητα πρόσληψης του αζώτου (N) μεταξύ διαφορετικών ειδών αλλά και γενοτύπων, σε διαφορετικά επίπεδα παρεχόμενου εδαφικού N (Schulte-Erley et al., 2005; Van Oosterom et al., 2010). Στα σιτηρά, που οι αποδόσεις τους συνδέονται με τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων σπόρων (grains), το N επιδρά θετικά τόσο στον αριθμό και το μέγεθος των σπόρων, όσο και στη θρεπτική τους αξία (Fatemeh et al., 2012).

Το φύλλωμα πολλών ειδών *Chenopodium* είναι μια πλούσια πηγή μετάλλων όπως κάλιο, νάτριο, ασβέστιο και σίδηρο. Ιδιαίτερα το φύλλωμα της κουνιάς είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, καροτενοειδή και ασκορβικό οξύ με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή σε πολλά μέρη του κόσμου (Bhargava, et al., 2010). Η αυξημένη αζωτούχος λίπανση είχε θετική επίδραση στην ποιότητα της ζωοτροφής από κουνιά (Kakabouki et al., 2014).

Η κουνιά (*Chenopodium quinoa* Willd) καλλιεργούνταν και χρησιμοποιούνταν ακόμα και πριν 7.000 χρόνια κατά μήκος των Άνδεων. Σήμερα οι σπόροι της θεωρούνται ως οι πιο θρεπτικοί στον κόσμο και αποτελούν ένα λειτουργικό τρόφιμο (functional food) ή υπερτροφή (super food) (Gonzalez et al., 2012; Vega – Gálvez et al., 2010). Η κουνιά θεωρείται ψευδοσιτηρό (pseudocereal) γιατί οι σπόροι της χρησιμοποιούνται όπως το σιτάρι και άλλα δημητριακά και συγκρινόμενη με το σιτάρι και άλλες καλλιέργειες έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, στα απαραίτητα αμινοξέα, σε καλά λιπίδια, σε ανόργανα στοιχεία, σε βιταμίνες, σε φυτικές ίνες και σε σαπωνίνες, χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο, μέση σε υδατάνθρακες και καθόλου γλουτένη (Bilalis et al., 2012; Kuljanabhagavad and Wink, 2009; Repo-Carrasco et al., 2003). Η κινιά θεωρείται καλλιέργεια ανθεκτική στην ξηρασία, σε μέτριους παγετούς και αλατότητα (Bhargava et al., 2006; FAO 2011).

Η υπέρμετρη χρήση αζωτούχων σκευασμάτων με σκοπό τη βελτίωση και προστασία της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος. Για την επίτευξη της αειφορικής γεωργίας, είναι αναγκαίο να αναπτυχθούν καλλιέργειες που μπορούν να προσλαμβάνουν στο μέγιστο επίπεδο το θρεπτικά συστατικά του εδάφους με αποτέλεσμα την μικρότερη απαίτηση σε λίπασμα. Η παγκόσμια ανάγκη για «Αποδοτικότερη Χρήση των Πόρων» μπορεί να προσεγγιστεί μέσα από την μελέτη της φυσιολογίας των φυτών, της φυτικής ικανότητας πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων, των μεταβολικών διεργασιών, την αντίδραση των φυτών σε οριακές συνθήκες καθώς και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους (Masclaux-Daubresse et al., 2010)

Γενικά, σε παγκόσμιο επίπεδο αναφέρονται αποδόσεις από 40-50 κιλά το στρέμμα έως και πάνω από 400 κιλά. Οι χαμηλές αποδόσεις παρατηρούνται στις περιοχές καταγωγής της κινόας όπου η καλλιέργεια γίνεται ακόμα σε μεγάλο βαθμό παραδοσιακά και εντατικά, ενώ οι υψηλότερες όπου ακολουθούνται σύγχρονες τεχνικές. Στην Ν. Αμερική συνηθισμένες αποδόσεις είναι 40 έως 120 κιλά το στρέμμα. Στη Βολιβία αναφέρουν απόδοση 48 έως 250 g ανά φυτό. Στην Κένυα αναφέρουν απόδοση πάνω από 400 κιλά το στρέμμα. Στην Β. Αμερική η μέση απόδοση ήταν πάνω από 100 κιλά, στον Καναδά 80-100 κιλά (Jacobsen, 2003; Laguna, 2003). Στην Ευρώπη οι πειραματικές καλλιέργειες έδωσαν στην Αγγλία μέχρι 510 κιλά το στρέμμα, στη Δανία από 150 έως 350 κιλά και στη Γερμανία 50 έως 200 κιλά το στρέμμα. Έρευνα στην Αμερική και Ευρώπη που αφορούσε την κινόα έδειξε ότι τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε μια ποικιλία της Δανίας με καλύτερη απόδοση 228 κιλά στην Ιταλία και 396 κιλά το στρέμμα στην Ελλάδα (Mujica et al., 2001).

Η Φυτοεξυγίανση χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για την απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων από το έδαφος. Τα είδη *Chenopodium* έδειξαν αυξημένη εξυγιαντική ικανότητα ως προς την απορύπανση του εδάφους ( 0-750  $\mu\text{M}$ ) από το κάδμιο (Cd) (Zulfiqar et al., 2012).

Συστήματα κατεργασίας εδάφους επηρεάζουν τις φυσικές ιδιότητες με διαφορετικό τρόπο, λόγω των ποικίλων εντάσεων οργώματος τους, η οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά διείσδυσης (Bhattacharyya et al., 2008).

Η υιοθέτηση του συστήματος μειωμένης εδαφοκατεργασίας βοήθησε στη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους (π.χ. οργανική ύλη, πορώδες και συνολικό N ) (Bilalis et al., 2010; 2012).

### 3 Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία

#### 3.1 Εισαγωγή

Σε εγκατεστημένο πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α) με καλλιέργεια κουνιάς (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Εκόνα 3.1) εφαρμοσθηκαν διαφορετικά είδη κατεργασίας του εδάφους καθώς και επίπεδα αζωτούχου λίπανσης, προκειμένου να αξιολογηθεί ο ρυθμός απορρόφησης των νιτρικών από τα φυτά. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους που μετρήθηκαν είναι το ολικό άζωτο, η οργανική ουσία, η Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD), το πορώδες και τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) ενώ οι μετρήσεις των φυτικών χαρακτηριστικών της κουνιάς είναι το ύψος, το ξηρό βάρος, το νωπό βάρος, ο Δείκτης LAI και η απόδοση. Επιπρόσθετα ελήφθησαν μετεωρολογικά δεδομένα για τη χρονική περίοδο πραγματοποίησης του πειράματος.



**Εικόνα 3.1:** Φυτό κουνιάς 150 ΗΑΣ

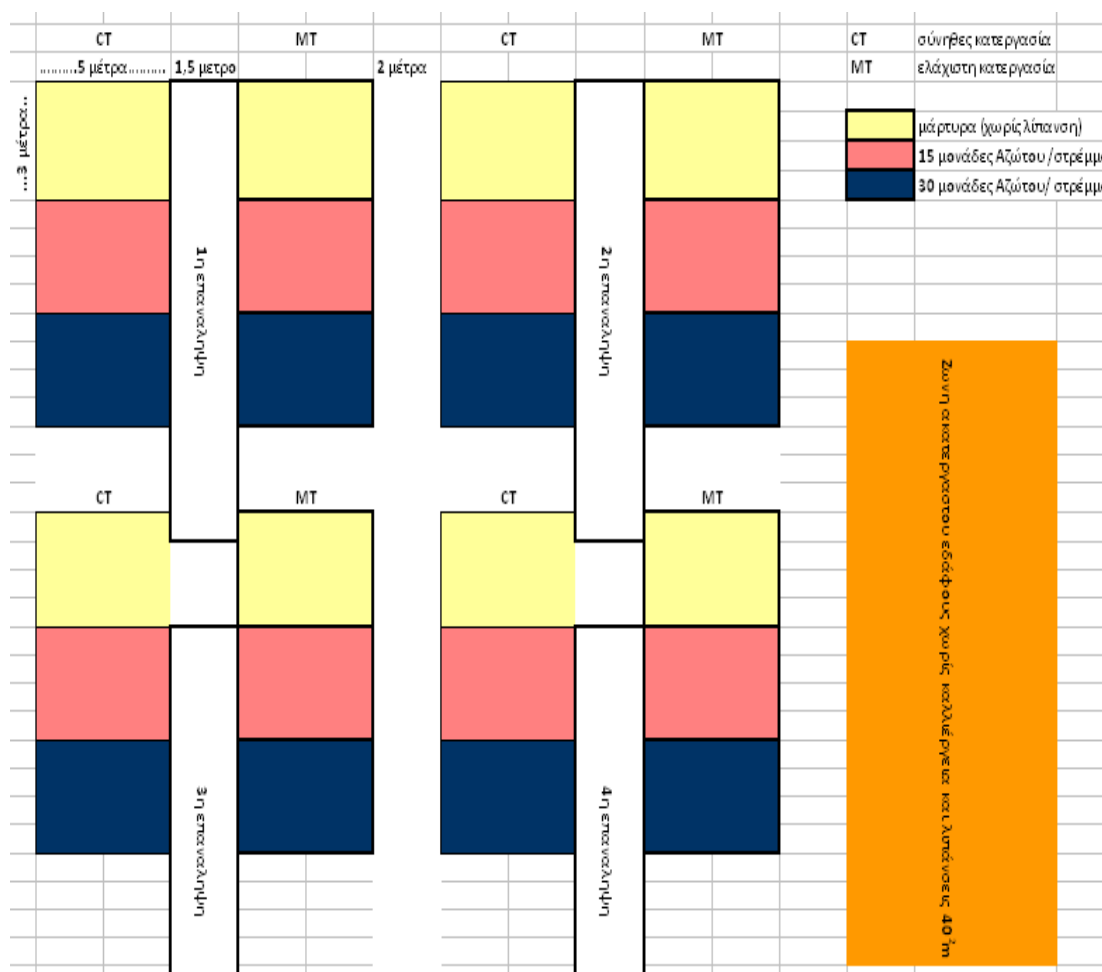


## 3.2 Μέθοδοι και Υλικά

### 3.2.1 Θέση και οργάνωση πειράματος

Για το συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε αγρός του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37° 59'01.83'' N, 23° 42'07.37'' E, 170m από την επιφάνεια της θάλασσας). Η καλλιέργεια της κινόα έγινε από το Μάρτιο του 2013 μέχρι και τον Αύγουστο του 2013.

Το σχέδιο σύμφωνα με το οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα στον αγρό ήταν Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) υποδιαιρεμένων μερών με 4 επαναλήψεις, που αποτελούνταν από 2 κύρια μέρη διαφορετικής εδαφοκατεργασίας (Συμβατική:CT και Μειωμένη:MT) και 3 υποτεμάχια (διαφορετικά επίπεδα λίπανσης:15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση). Ο αριθμός όλων των υποτεμαχίων ήταν 24, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1. με συνολικό εμβαδό του πειραματικού αγρού 525 m<sup>2</sup>.



Σχήμα 3.1: Διάταξη του Πειραματικού Αγρού του ΓΠΑ

### 3.2.2 Φυσικοχημικές ιδιότητες αγρού

Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου αγρού που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα.. Το έδαφος είναι αλκαλικό και αργιλοπηλώδες (CL) (άργιλο 24,9% , 61,2 % λάσπη, και το 13,9 % άμμος) ενώ διακρίνεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και ταυτόχρονα υψηλή σε  $\text{Na}^+$ .

**Πίνακας 3.1:** Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού στο ΓΠΑ.

$\text{CaCO}_3$	15,99%	Μαργώδες
<b>ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ</b>	<b>1,47%</b>	Χαμηλή περιεκτικότητα
$\text{NO}_3^-$	104,3 ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
P (Κατά Olsen)	9,95 ppm	Οριακά εφοδιασμένο
$\text{Na}^+$	110 ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
pH (1:1 $\text{H}_2\text{O}$ )	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
<b>Κοκκομετρική Σύσταση</b>	ClayLoam	Αργιλλοπηλώδες (CL)

### 3.2.3 Φυτικό υλικό

Στον πειραματικό αγρό σπάρθηκε σπόρος κουνιάς από βιολογική καλλιέργεια (Davert), πιστοποιημένη από την Bio Latina. Η ποικιλία στην οποία ανήκει ο σπόρος ονομάζεται “Real” ή “Roya” με χώρα προέλευσης την Βολιβία (Εικόνα 3.2).



**Εικόνα 3.2:** Σπόροι κουνιάς

### 3.2.4 Καλλιεργητικές εργασίες

Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του πειραματικού αγρού πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εδαφοκατεργασίες:

-**Μειωμένη (MT)** : χρησιμοποιήθηκε καλλιεργητής με βάθος κατεργασίας σχεδόν 30 εκατοστά και στη συνέχεια πέρασε φρέζα στα 5 εκατοστά προκειμένου να μείνουν υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους.

-**Συμβατική (CT)** : χρησιμοποιήθηκε άροτρο με βάθος 20 με 25 εκατοστά, ενώ η φρέζα πέρασε δύο φορές.

Τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση, η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 30 εκατοστά, ενώ οι γραμμές πριν τη σπορά χαράχτηκαν με γραμμοχαράκτη. Η φύτευση των σπόρων έγινε με το χέρι για να επιτύχουμε ακριβές αποτέλεσμα σε σειρές 30 εκατοστά μεταξύ τους σε βάθος 2-3 εκατοστά, με ρυθμό σποράς  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ . Η καλλιέργεια, η οποία προυπήρχε πριν την κινία ήταν σκληρού σιταριού.

Για την εδαφοκατεργασία χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα του Εργαστηρίου Γεωργίας όπως το Άροτρο με πλάτος κοπής 14' τύπου γενικής χρήσης με βάθος κατεργασίας ~25cm και η Φρέζα με 3 μαχαίρια ανά βάση τύπου «L» και πλάτος 1,60m με βάθος κατεργασίας ~15 cm. Τα μηχανήματα αυτά φέρονταν ή σύρονταν σε γεωργικό ελκυστήρα Massey Ferguson 45 HP.

### 3.2.5 Λίπανση και Άρδευση

Η κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό έγινε με εναέριο σύστημα καταιονισμού. Η άρδευση επαναλαμβανόταν όταν η εδαφική υγρασία έφθανε στο 75% της εδαφοϊκανότητας. Η εδαφική υγρασία, προσδιοριζόταν με ζεύγος αισθητήρων (Probe moisture meter, Delta-T Devices Ltd) και ως επίπεδο αναφοράς σε βάθος 20 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Η συνολική ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 180 mm, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το ύψος της βροχόπτωσης.

Η λίπανση πραγματοποιήθηκε σε 3 επίπεδα:

**A)** 30 Μονάδες N / στρέμμα=30Kg N/ στρέμμα ή 300Kg N/ ha

**B)** 15 Μονάδες N / στρέμμα=15 Kg N/ στρέμμα 150Kg N/ ha

**Γ)** CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση

### 3.2.6 Μετρήσεις εδάφικων χαρακτηριστικών

#### 3.2.6.1. Ολικό Άζωτο

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος έγινε με την μέθοδο Kjeldahl (Bremner, 1960) που στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του N, εκτός από  $\text{NO}_3\text{-N}$ , σε  $\text{NH}_4^+$  και στη συνέχεια στο προσδιορισμό της. Η καύση και η εκχύλιση των εδαφικών δειγμάτων έγιναν σε συσκευή Büchi 316.

#### 3.2.6.2 Οργανική Ουσία

Ο οργανικός C στο έδαφος του πειραματικό αγρού προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της υγρής οξειδωσης και αφορούσε το βάθος 0-15 cm για κάθε τεμάχιο (Walkley & Black, 1934). Ομοίως με παραπάνω η καύση και η εκχύλιση έγιναν σε συσκευή Büchi 316. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο τέλος κάθε καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΜΣ) και στα δύο συστήματα εδαφοκατεργασίας.

#### 3.2.6.3 Νιτρικά

Ο προσδιορισμός του  $\text{NO}_3\text{-N}$  στα εδαφικά εκχυλίσματα πραγματοποιήθηκε φωτομετρικά με το τεστ NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillows HR (Hach Company, 2004), το οποίο στηρίζεται στη μέθοδο αναγωγής του Cd. Οι μετρήσεις της απορρόφησης έγιναν σε φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (Shimadzu UV-1700). Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης του  $\text{NO}_3\text{-N}$  (σε ppm) έγινε με τη βοήθεια πρότυπης καμπύλης, με αυξανόμενες συγκεντρώσεις  $\text{KNO}_3$  σε  $\text{KCl}$  για την περίπτωση των εκχυλισμάτων εδάφους, για τα οποία ακολούθησε αναγωγή σε ξηρό βάρος εδάφους ( $\text{NO}_3\text{-N}$  ppm/kg εδάφους). Οι μετρήσεις των νιτρικών του εδάφους έγινε για 25, 50, 75, 100, 125 και 150 Ημέρες Από Σπορά (ΗΑΣ).

#### 3.2.6.4 Πορώδες

Ο προσδιορισμός του πορώδους έγινε με την λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων, τα οποία αφού ενυδατώθηκαν πλήρως υποβλήθηκαν σε στράγγιση σε συγκεκριμένες τιμές μύζησης στην ειδική συσκευή (Pressure membrane extractor της Soil Moisture Ltd. California USA). με την οποία αφαιρείται και νερό από πόρους με διαφορετική διάμετρο (Kuntze et al., 1988). Τα δείγματα ελήφθησαν με ειδικούς μεταλλικούς δακτυλίους. Το πορώδες υπολογίστηκε από τις παραμέτρους του φαινομένου ειδικού βάρους (Φ.Ε.Β.) καθώς και του πραγματικού ειδικού βάρους (Π.Ε.Β.). Το επί τοις εκατό ποσοστό του όγκου δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Πορώδες} = (1 - \text{Φ.Ε.Β.} / \text{Π.Ε.Β.} * 100) (\%) \text{ (Σιδηράς 2002)}$$

### 3.2.6.5 Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD)

Ο προσδιορισμός της Μέσης Σταθμισμένης Διαμέτρου Συσσωματωμάτων (MWD) πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της ξηρής κοσκίνισης (Εικόνα 3.3) Χρησιμοποιούνταν 1L αεροξηραθέντος εδάφους από διάφορα βάθη 0-15 , 15-30 & 30-45cm, τα οποία τοποθετούνταν σε σειρά από κόσκινα και μετά από κοσκίνισμα 3min σε παλμό 1mm με  $\nu=4\text{Hz}$ , για κάθε εδαφικό κλάσμα (VanBavel 1949; Bin και Horn, 2001). Ο προσδιορισμός της έγινε με τη χρήση της συσκευής ταλάντωσης Analysette 3, (Spartan, Fritsch Ltd, Oberstein, Γερμανία) και η διάμετρος οπής στα κόσκινα ήταν 20, 10, 5, 2 & 1 mm. Ο υπολογισμός γίνονταν από τον παρακάτω τύπο (Van Bavel, 1949):

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i W_i$$

$X_i$  = η διάμετρος της οπής των κόσκινων (mm),  $W$  = μάζα των αδρανών υλικών που παραμένουν στο κόσκινο  $n$  = αριθμός των κόσκινων



**Εικόνα 3.3:** Μέτρηση MWD

### 3.2.7 Μετρήσεις φυτικών χαρακτηριστικών κουνιάς

#### 3.2.7.1 Ύψος

Η μέτρηση του ύψους των φυτών της κουνιάς (cm) πραγματοποιήθηκε επιτόπου στις δύο μεσαίες σειρές του κάθε υποτεμαχίου στα φυτά που υπήρχαν σε μήκος γραμμής 1 μέτρου (η απόσταση αυτή καθορίστηκε μετά το φύτευμα των φυτών, 14-17 φυτά/m). Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε 150 ΗΑΣ σε 10 φυτικά δείγματα ανά τεμάχιο.

#### 3.2.7.2 Ξηρό Βάρος

Το ξηρό βάρος προσδιορίστηκε μέσα από την διαδικασία ξήρανσης για 72 ώρες στους 70 ° C μετά από τυχαία επιλογή 10 φυτών ανά πειραματικό υποτεμάχιο, τα οποία στη συνέχεια ζυγίζονταν για να προσδιορισθεί το ξηρό βάρος των φυτών (150 ΗΑΣ), αφού είχε ήδη μετρηθεί το νωπό βάρος.

#### 3.2.7.3 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)

Η μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας (LAI) πραγματοποιήθηκε στα φυτικά δείγματα της κουνιάς στα οποία γίνονταν η μέτρηση του ξηρού βάρους (150ΗΑΣ). Ο προσδιορισμός της φυλλικής επιφάνειας πραγματοποιήθηκε με την αυτόματη συσκευή μέτρησης LAI (Delta –T Devices Ltd, Burwell Cambridge, UK)(Εικόνα 3.4).



*Εικόνα 3.4:* Συσκευή μέτρησης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)

### 3.2.7.4 Απόδοση

Για κάθε επίπεδο εδαφοκατεργασίας και επιπέδου λίπανσης συγκομιζόταν όλος ο πειραματικός αγρός και κάθε υποτεμάχιο ( $15\text{m}^2$ ) ζυγίζονταν ξεχωριστά και στη συνέχεια πολ/ντας επί 100 μας έδινε την απόδοση σε kg ανά 10 στρέμματα (1ha) (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Καρποί Κουινόας

### 3.2.7.5 Άζωτο υπέργειου μέρους (25,50, 75,100,125,150 ΗΑΣ)

Ο προσδιορισμός στους διάφορους φυτικούς ιστούς έγινε με την μέθοδο Kjeldahl που στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του N σε  $\text{NH}_4^+$  και στη συνέχεια στο προσδιορισμό της (Bremer, 1960). Η καύση και η εκχύλιση έγιναν σε συσκευή Büchi 316. Με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται ο προσδιορισμός του οργανικού και ανόργανου αζώτου, που βρίσκεται στους φυτικούς ιστούς, σε μορφή νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) ή ακόμα και νιτρώδων ( $\text{NO}_2^-$ ) αλάτων. Η μέθοδος περιλαμβάνει κατεργασία ενός δείγματος, που το διαλύουμε με πυκνό θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 95% και σαλικυλικό σε μια φιάλη KJELDAHL. Νιτρικά και νιτρώδη αντιδρούν και σχηματίζουν ενώσεις αζώτου. Με την καύση διασπάται η ένωση αζώτου και παράγεται η αμμωνία, η οποία δεν πρέπει να μείνει σ' αυτή τη μορφή γιατί είναι πτητική. Έτσι, η αμμωνία παραμένει στη φιάλη με το  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  και μετατρέπεται σε  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε διάφορα στάδια της καλλιεργητικής περιόδου στις 25, 50, 75, 100, 125 και 150 ΗΑΣ (Εικόνα 3.6, 3.7 και 3.8).



Εικόνα 3.6: Φυτό Κουινόας 25ΗΑΣ



**Εικόνα 3.7:** Φυτό Κουινόας 50 ΗΑΣ



**Εικόνα 3.8:** Φυτό Κουινόας 75ΗΑ

### **3.2.8 Προσδιορισμός του ρυθμού πρόσληψης Νιτρικών από την κουινόα**

Ο ρυθμός μεταβολής των νιτρικών στο έδαφος (*P M N E*) (ppm/day) κατά την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής διαδικασίας (150ΗΑΣ) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση (Quanbao et al, 2007):

$$P M N E = (Nιτρικά150ΗΑΣ - Nιτρικά 25ΗΑΣ) / 150ΗΜΕΡΕΣ,$$

όπου *Nιτρικά150ΗΑΣ* και *Nιτρικά 25ΗΑΣ* είναι η περιεκτικότητα των νιτρικών του εδάφους για 150ΗΑΣ και 25ΗΑΣ, αντιστοίχως

Ο ρυθμός μεταβολής του περιεχόμενου Ν στην κουινόα (*P M A K*) (N%/day) κατά την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής διαδικασίας (150ΗΑΣ), υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση (Quanbao et al, 2007):

$$P M A K = (N\%150ΗΑΣ - N\% 25ΗΑΣ) / 150ΗΜΕΡΕΣ,$$

όπου *N%150ΗΑΣ* και *N% 25ΗΑΣ* εκφράζουν το περιεχόμενο Ν% της κουινόας για 150ΗΑΣ και 25ΗΑΣ αντιστοίχως.



Με τη χρήση του παρακάτω τύπου για τον αριθμητικό υπολογισμό της τιμής ορισμένων ολοκληρωμάτων, που ονομάζεται κανόνας του τραπέζιου (Hartel et al., 2008), προσδιορίστηκαν: α) τα συνολικά Νιτρικά στο έδαφος για 150 ΗΑΣ (ppm\*day) και β) το περιεχόμενο Ν (%) στην κοινούα για 150 ΗΑΣ (N%\* day).

$$\sum_{i=0}^{n-1} \frac{h}{2} (f_i + f_{i+1})$$

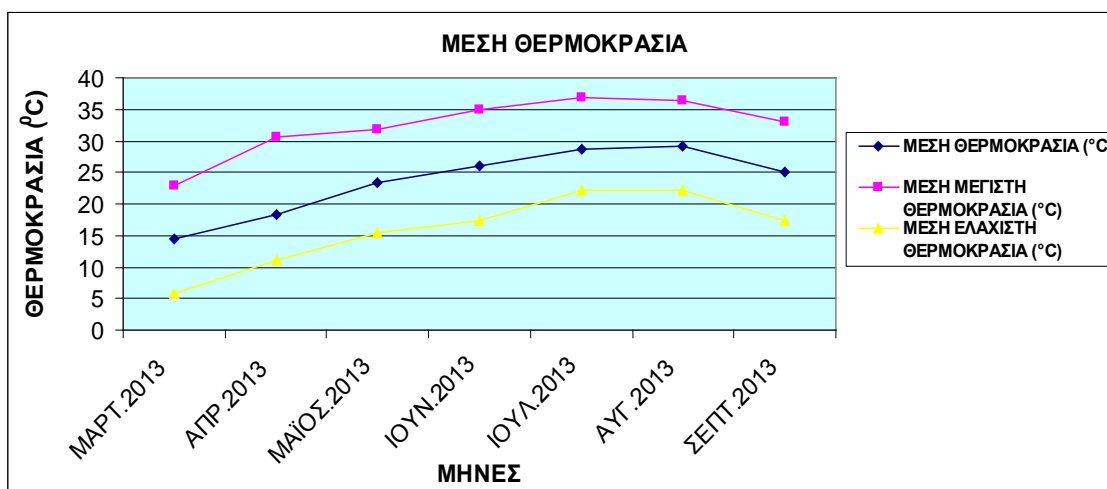
### 3.2.9 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η ανάλυση της διακύμανσης των μέσων όρων των τιμών των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την τεχνική της ανάλυσης της διακύμανσης ως προς ένα παράγοντα (One way Anova) για επίπεδο 5%. Η σύγκριση των μέσων τιμών για τη διαπίστωση στατιστικά σημαντικών ή μη διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη παραμέτρων έγινε με το τεστ Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά (LSD:Least Significant Difference) για πιθανότητα 5%. Το στατιστικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Statistica (Stat Soft, 1996).

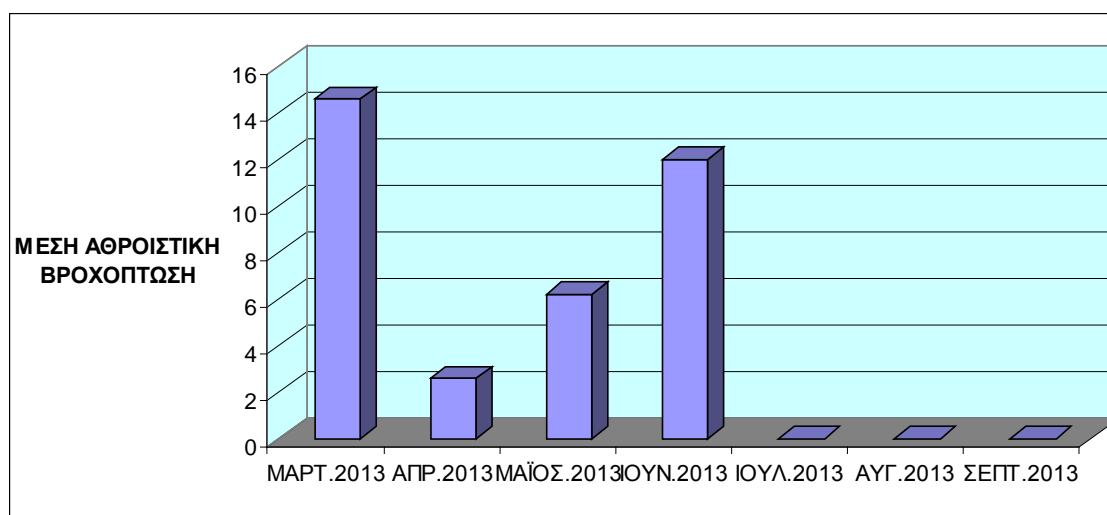
## 4. Κεφάλαιο Τέταρτο - Αποτελέσματα

### 4.1. Κλιματολογικά και Μετεωρολογικά δεδομένα

Στο διάστημα από Μάρτιο μέχρι και Αύγουστο του 2013 παρατηρείται διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας αλλά και των βροχοπτώσεων (Διαγράμματα 4.1 & 4.2).



**Διάγραμμα 4.1** :Η διακύμανση της θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η πειραματική διαδικασία ([www.meteo.gr Data Search.htm](http://www.meteo.gr/DataSearch.htm)).



**Διάγραμμα 4.2** :Η διακύμανση της βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο διεξήχθη το πείραμα ([www.meteo.gr Data Search.htm](http://www.meteo.gr/DataSearch.htm)).

## 4. 2. Η επίδραση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους στο ανόργανο άζωτο του εδάφους

### 4.2.1. Οργανική Ουσία

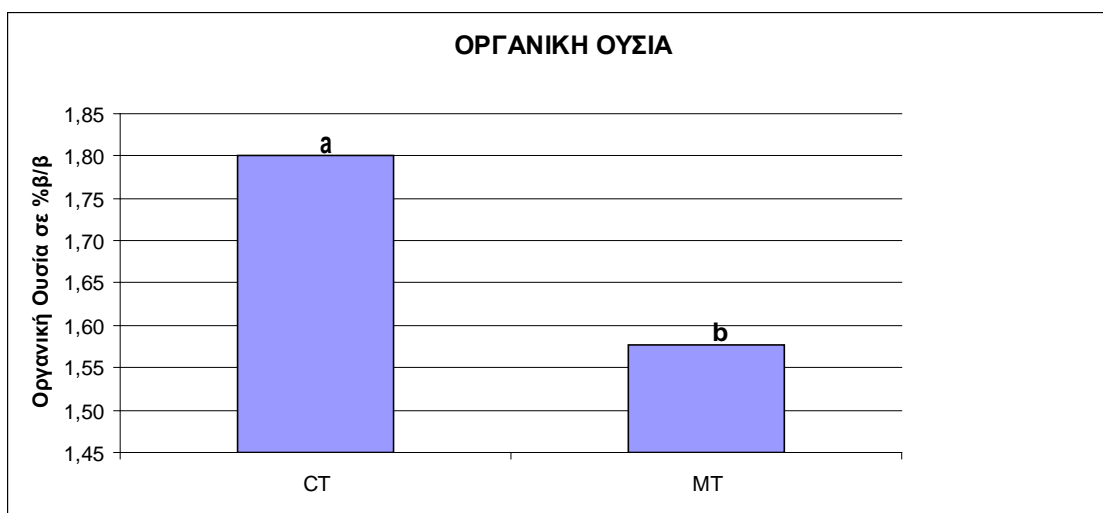
Όσον αφορά την οργανική ουσία του εδάφους, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας (σύνηθες και ελάχιστη) του εδάφους (Πίνακας 4.1) για επίπεδο  $p=0,029601$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.1 δεν παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων στην οργανική ουσία, όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

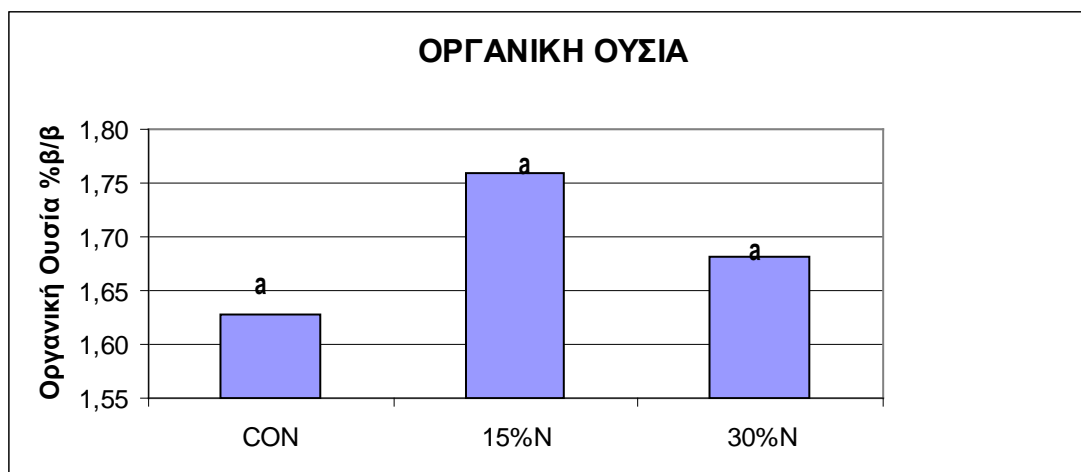
**Πίνακας 4.1** Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

<i>Οργανική Ουσία</i>	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	32,28995	<b>0,029601</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	3,771005	0,209599
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,802306	0,554845

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οργανική ουσία του εδάφους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 1,80%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 1,58% (Διάγραμμα 4.3).



**Διάγραμμα 4.3** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην οργανική ουσία (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)



**Διάγραμμα 4.4** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην οργανική ουσία (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

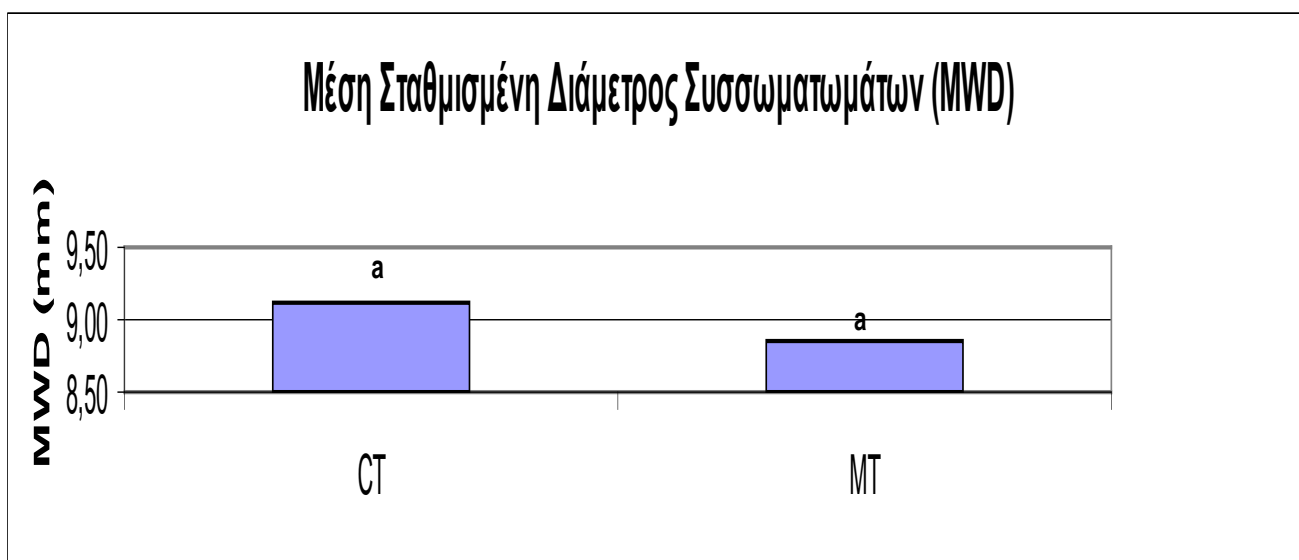
Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 15% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή οργανικής ουσίας (1,76) και ακολούθησε η λίπανση με 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30%N) και τιμή 1,68 ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή οργανικής ουσίας (1,63) (Διάγραμμα 4.4).

#### 4.2.2. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2 δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των συστημάτων κατεργασίας του εδάφους στην Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD) του εδάφους. Οι τιμές της MWD για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 9,12mm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 8,86mm (Διάγραμμα 4.5).

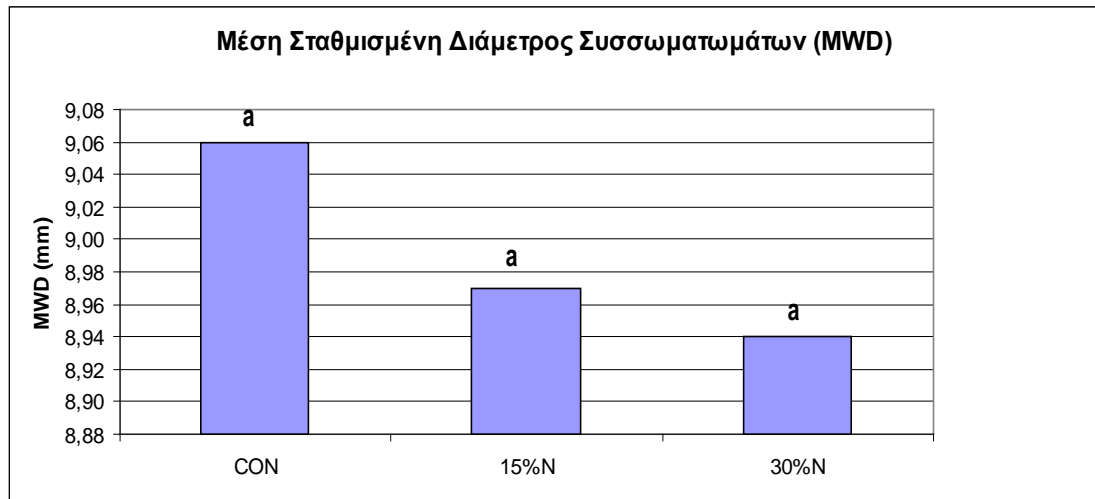
**Πίνακας 4.2** Ανάλυση διασποράς της Μέσης σταθμισμένης διαμέτρου συσσωματωμάτων (MWD) του εδάφους με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

Μέση σταθμισμένη διάμετρος συσσωματωμάτων (MWD)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	8,894737	0,096438
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,684211	0,59375
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	5,736842	0,148438



**Διάγραμμα 4.5** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο Συσσωματωμάτων (MWD) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Παρόμοια δεν παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων στην Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (MWD) του εδάφους, όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακα 4.2). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή MWD (9,06mm) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 8,97mm ενώ οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή MWD (8,94mm) (Διάγραμμα 4.6).



**Διάγραμμα 4.6** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο Συσσωματωμάτων (MWD) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης καθώς και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (Διάγραμμα 4.5 & 4.6).

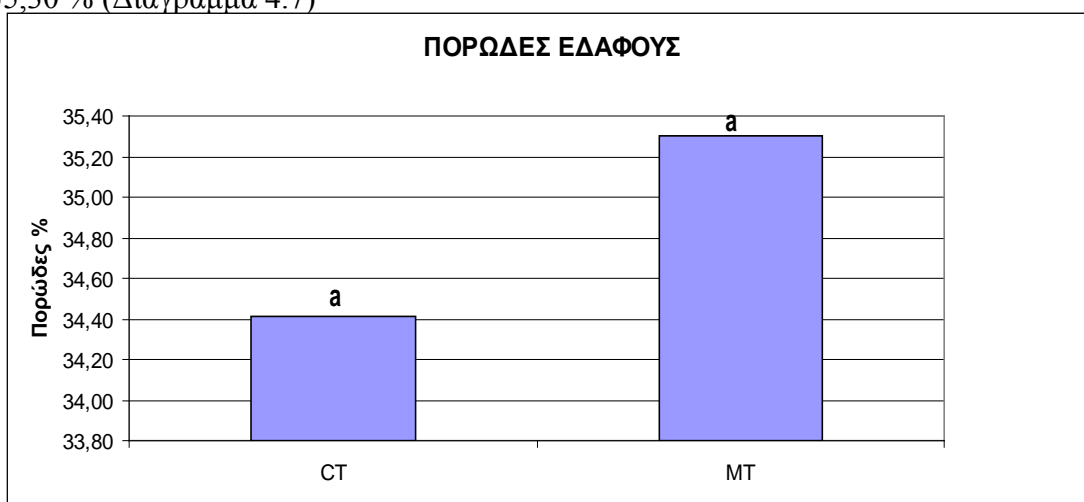
#### 4.2.3. Πορώδες Εδάφους

Όσον αφορά το Πορώδες του εδάφους, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας, καθώς επίσης και της λίπανσης. Παρόμοια μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 4.3).

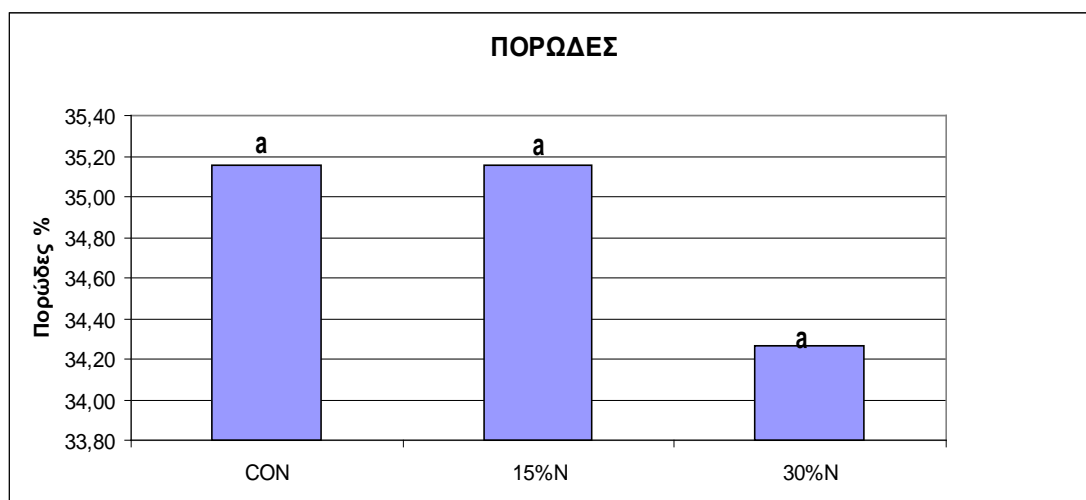
**Πίνακας 4.3** Ανάλυση διασποράς του πορώδους του εδάφους με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

Πορώδες Εδάφους	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	9	0,095466
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	4	0,2
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	12	0,076923

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο πορώδες του εδάφους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 34,41 %, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 35,30 % (Διάγραμμα 4.7)



**Διάγραμμα 4.7** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο πορώδες του εδάφους (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)



**Διάγραμμα 4.8** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο πορώδες του εδάφους (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15% N) και ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) έδωσαν την ίδια τιμή πορώδους του εδάφους (35,16%) και ακολούθησε η λίπανση με 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30%N) και τιμή 34,27% (Διάγραμμα 4.8).

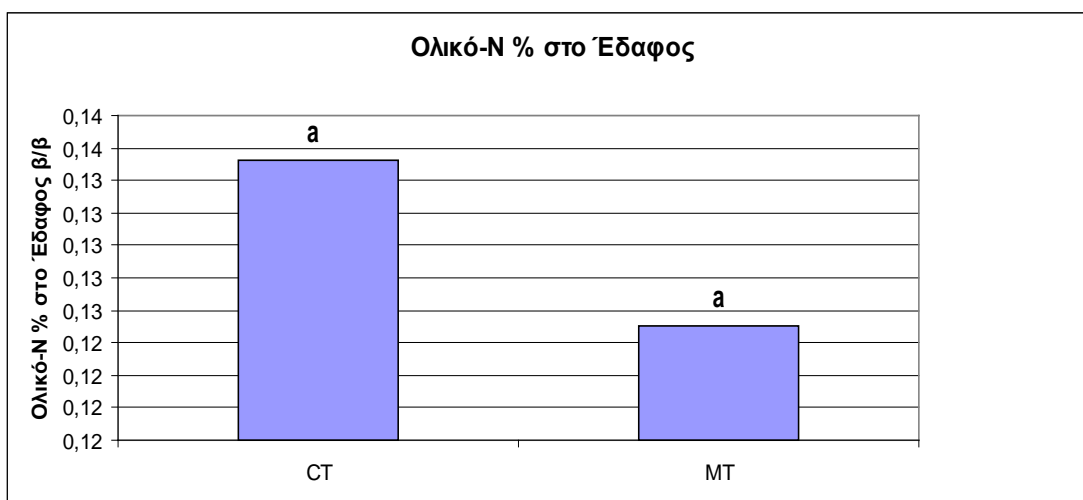
#### 4.2.4. Ολικό Άζωτο στο Έδαφος

Όσον αφορά το Ολικό Άζωτο του εδάφους, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας, καθώς επίσης και της λίπανσης. Παρόμοια μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 4.4)

**Πίνακας 4.4** Ανάλυση διασποράς του Ολικού Αζώτου στο έδαφος με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

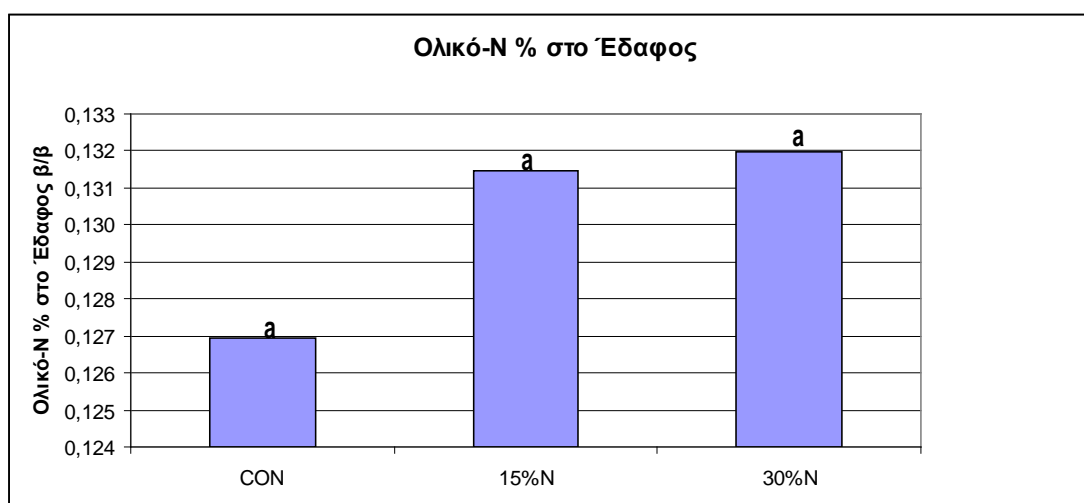
Ολικό-N στο Έδαφος	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	5,050555	0,153635
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,496917	0,66804
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	2,080148	0,32466





**Διάγραμμα 4.9** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο *Ολικό Άζωτο του εδάφους* (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας.).

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης καθώς και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (Διάγραμμα 4.9 & 4.10). Οι τιμές του Ολικού Αζώτου στο έδαφος για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 0,14 % β/β, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 0,13 % β/β (Διάγραμμα 4.9). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Ολικού Αζώτου στο έδαφος (0,132%β/β) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 0,131%β/β ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της (0,127%β/β) (Διάγραμμα 4.10).



**Διάγραμμα 4.10** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο *Ολικό Άζωτο του εδάφους* (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

#### 4.2.5. Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (N-NO<sub>3</sub>)

##### 4.2.5.1. Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ)

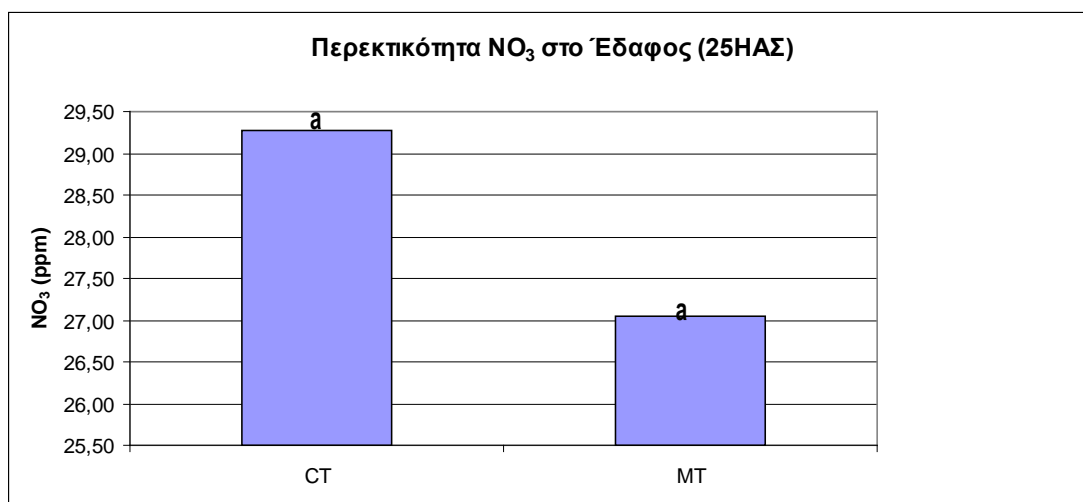
Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.5) για επίπεδο  $p=0,003733$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.5 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.5** Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ)με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ:Ημέρες Από Σπορά).

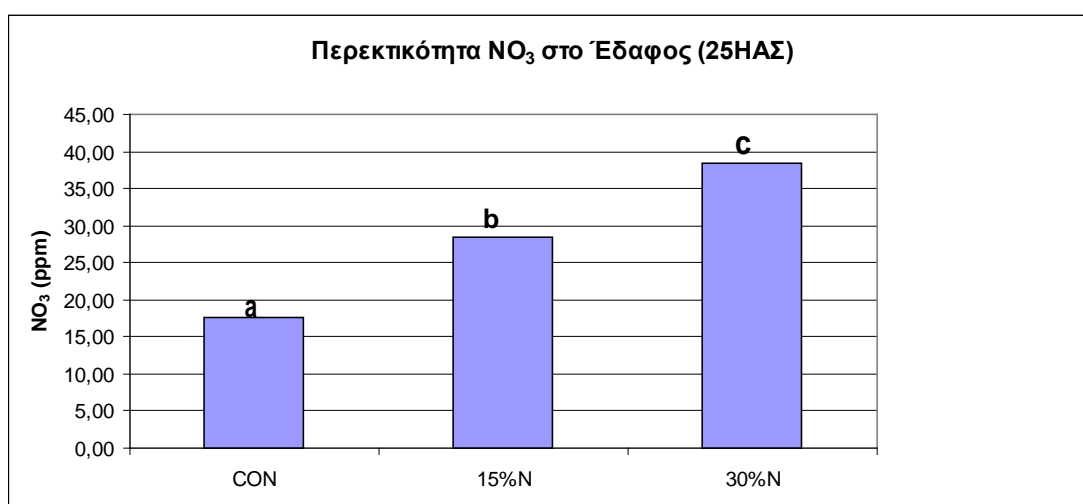
Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ)	F	p-level
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	9,307693	0,092735
ΛΙΠΑΝΣΗ	266,8462	<b>0,003733</b>
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ	2,384615	0,295455

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 29,28ppm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 27,04 ppm (Διάγραμμα 4.11).



**Διάγραμμα 4.11** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας α=5%. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (38,43 ppm), 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 28,37 ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της(17,69 ppm) (Διάγραμμα 4.12).



**Διάγραμμα 4.12** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (25ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

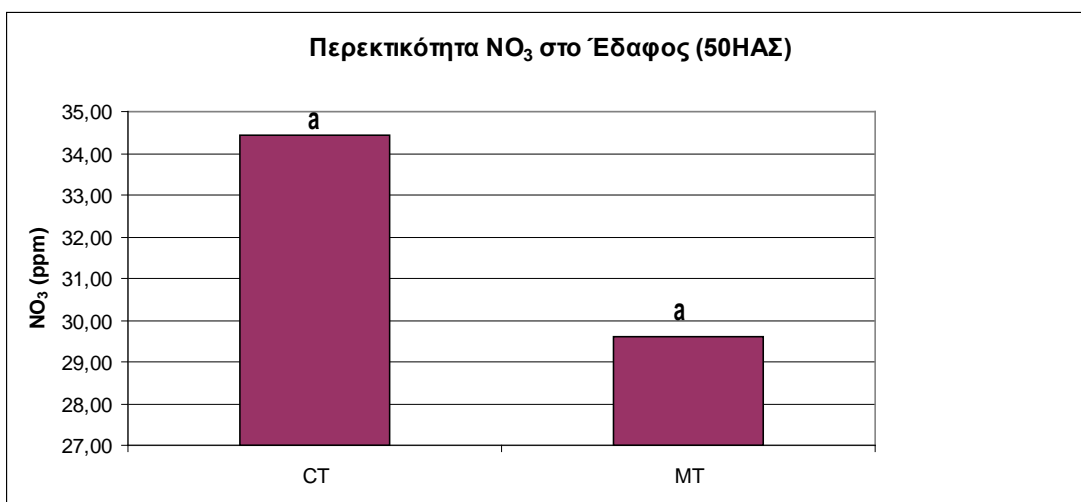
#### 4.2.5.2. Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ)

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.6 παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), για επίπεδο  $p=0,005444$  και  $p=0,044153$  αντίστοιχα.. Αντίθετα μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.6** Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητας N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ:Ημέρες Από Σπορά).

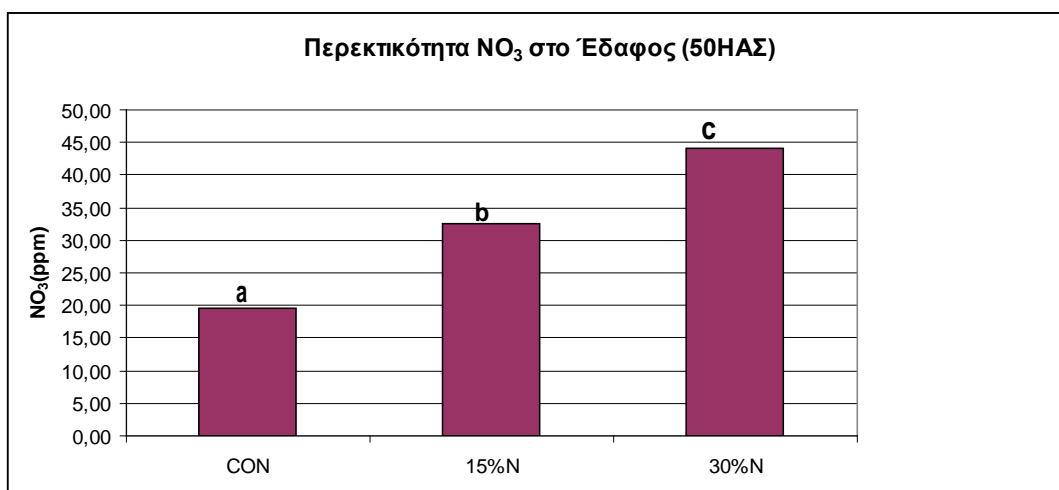
Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	21,16	<b>0,044153</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	182,68	<b>0,005444</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	4,84	0,171233

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 34,44 ppm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 29,61 ppm (Διάγραμμα 4.13).



**Διάγραμμα 4.13** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας α=5%. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (44,10 ppm), 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 32,45 ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή (19,53 ppm) (Διάγραμμα 4.14).



**Διάγραμμα 4.14** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (50ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

#### 4.2.5.3. Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ)

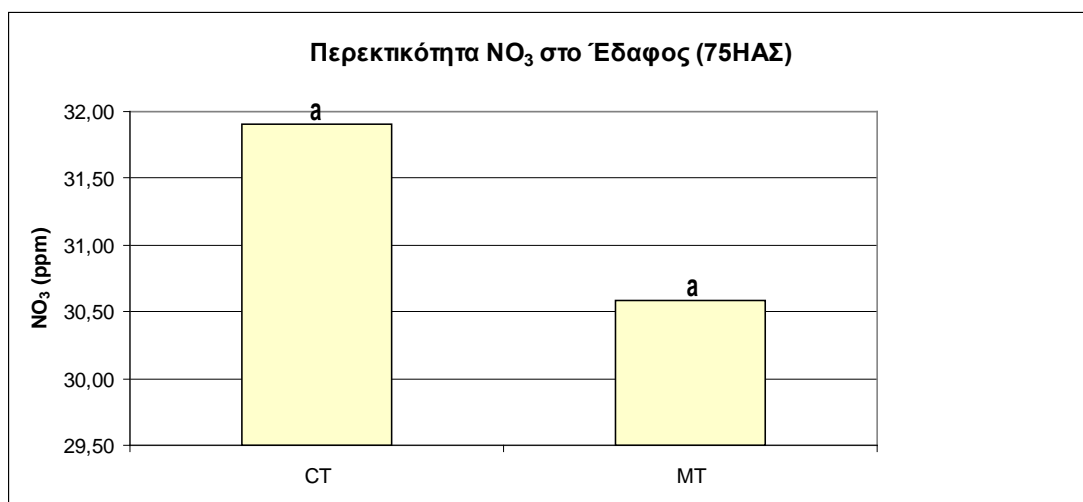
Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.7) για επίπεδο  $p=0,01085$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.7 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

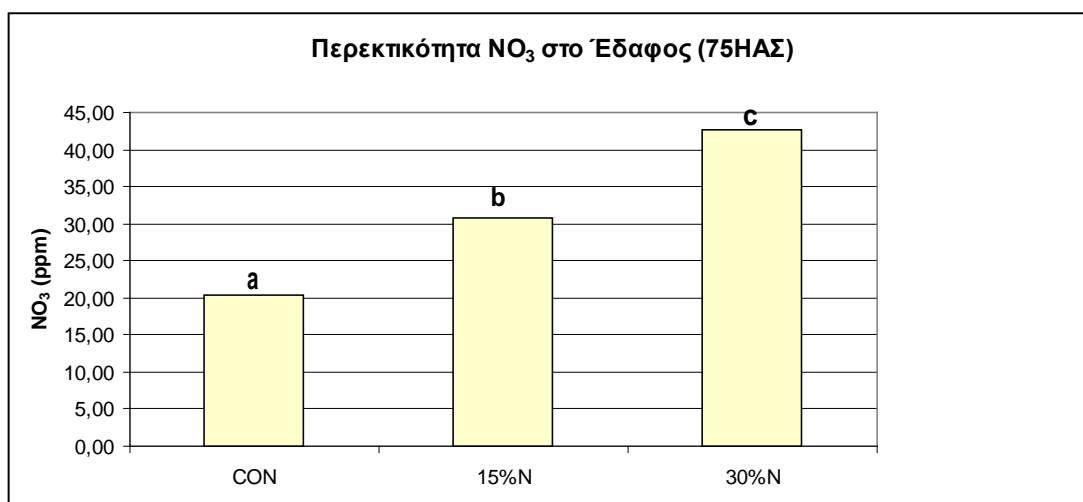
*Πίνακας 4.7 Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).*

Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	0,972973	0,427922
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	91,16216	<b>0,01085</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	1,702703	0,37

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 31,90 ppm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 30,58 ppm (Διάγραμμα 4.15).



**Διάγραμμα 4.15** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)



**Διάγραμμα 4.16** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (75ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας α=5%. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (42,57 ppm), 25 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 30,69 ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της (20,46 ppm) (Διάγραμμα 4.16).

#### 4.2.5.4. Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ)

Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.8) για επίπεδο  $p=0,038793$ .

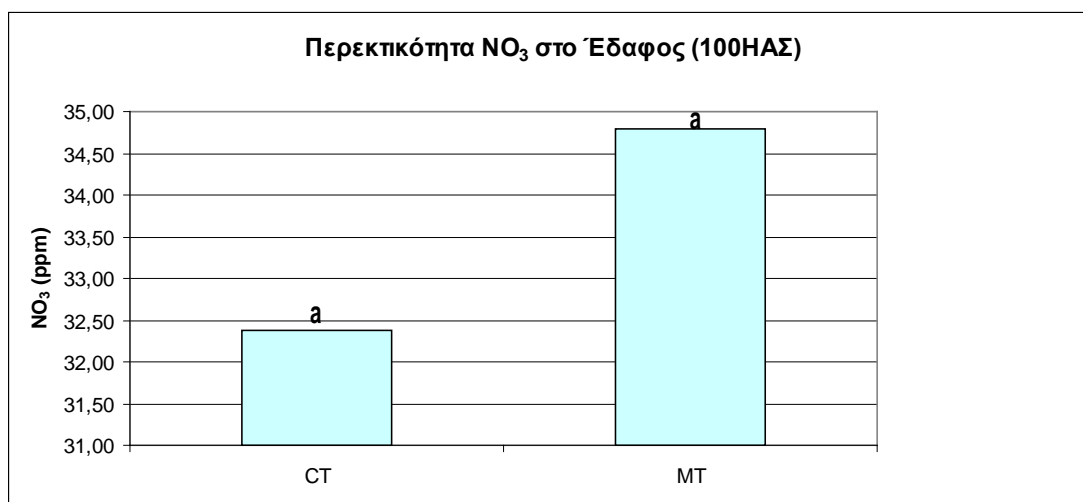
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.8 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.8** Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ:Ημέρες Από Σπορά).

Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	1,587302	0,33481
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	24,77778	<b>0,038793</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,111111	0,9

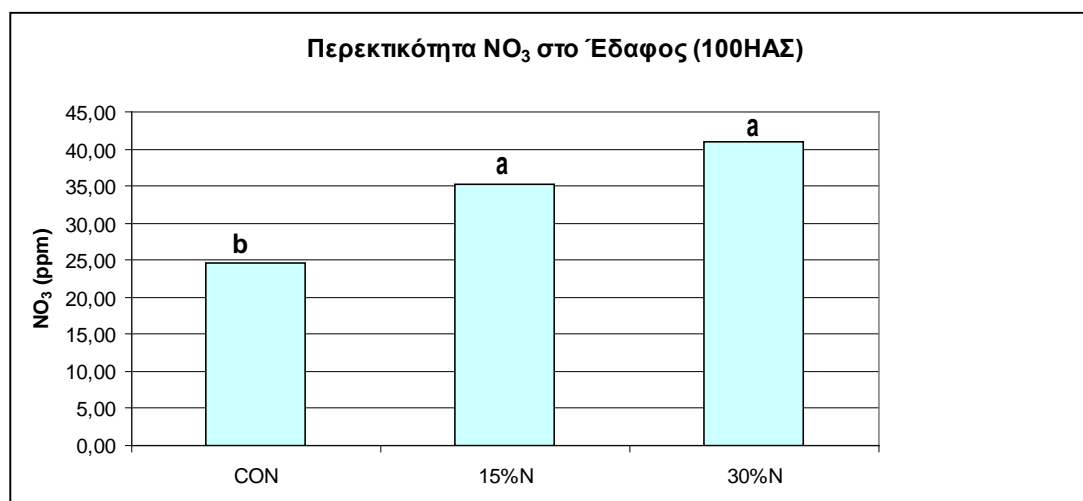
Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 32,38 ppm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 34,80 ppm (Διάγραμμα 4.17).





**Διάγραμμα 4.17** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης, ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης τα οποία δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας α=5%. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (40,96 ppm), 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 35,16 ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της (24,65 ppm) (Διάγραμμα 4.18).



**Διάγραμμα 4.18** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (100ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

#### 4.2.5.5. Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ)

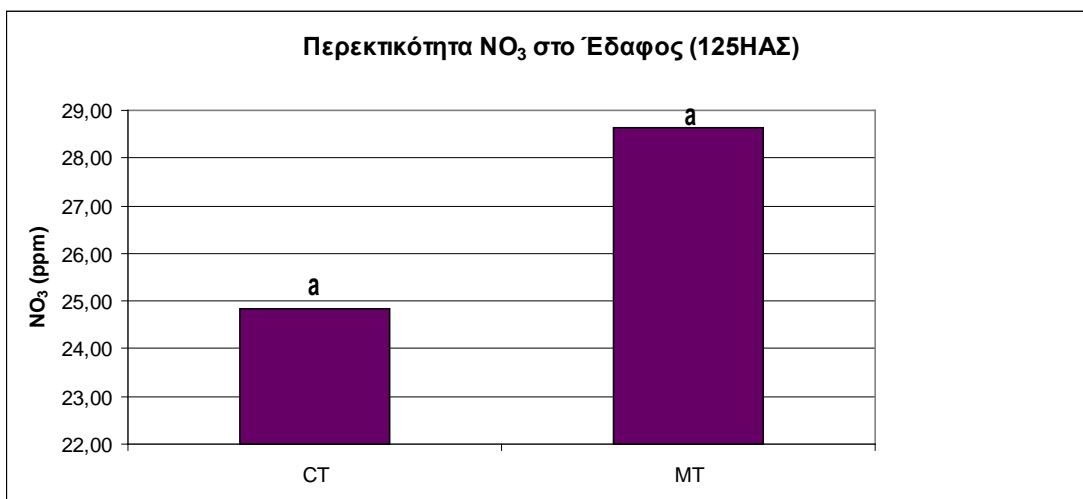
Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.9) για επίπεδο  $p=0,049724$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.9 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.9** Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητας N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

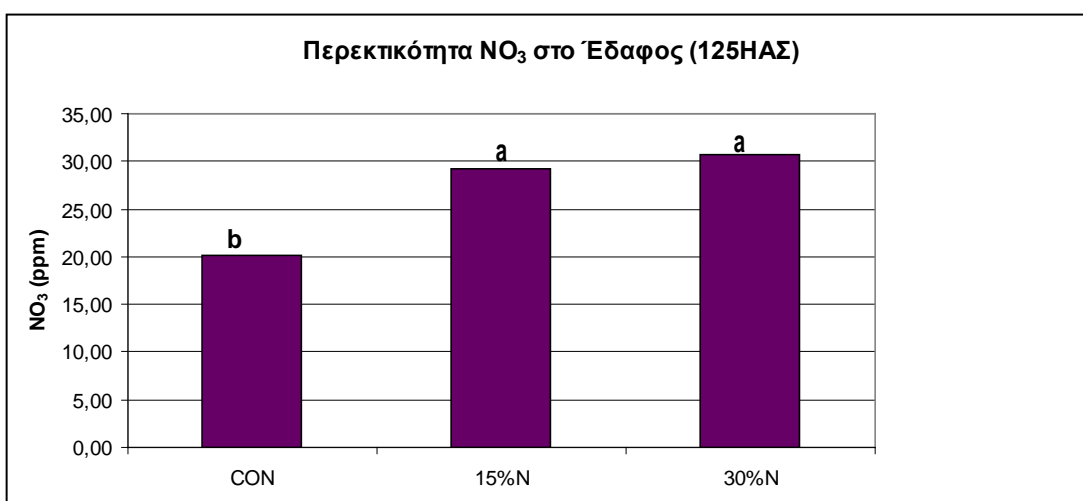
Περιεκτικότητα N-NO <sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	6,25	0,129612
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	19,11111	<b>0,049724</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	1,333333	0,428571

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 24,83 ppm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 28,63 ppm (Διάγραμμα 4.19).



**Διάγραμμα 4.19** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης, ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης τα οποία δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (30,78 ppm), 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 29,26ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της (20,14 ppm) (Διάγραμμα 4.20).



**Διάγραμμα 4.20** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (125ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

#### 4.2.5.6. Περιεκτικότητα N-N<sub>03</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ)

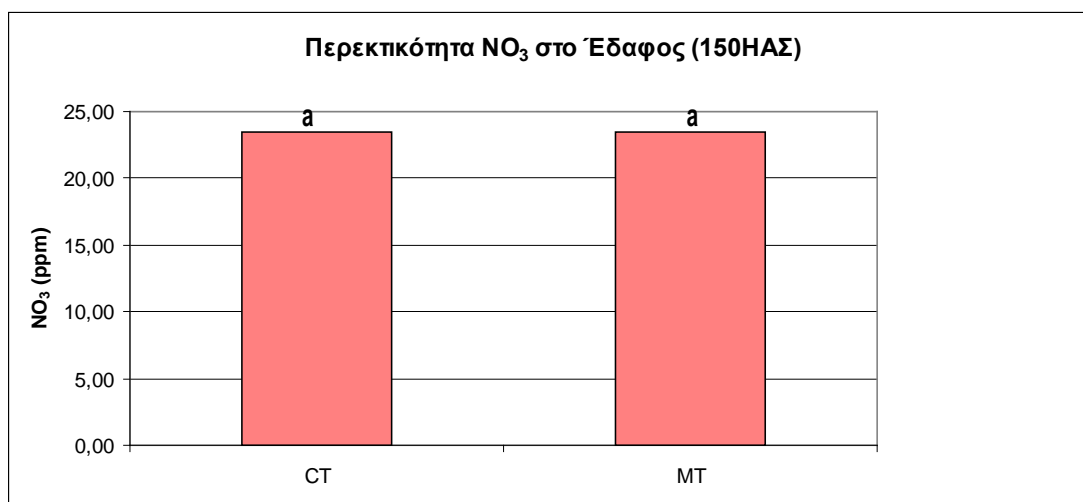
Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-N<sub>03</sub>) στο Έδαφος, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.10) για επίπεδο  $p=0,026316$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.10 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-N<sub>03</sub>) στο Έδαφος, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.10** Ανάλυση διασποράς της Περιεκτικότητας N-N<sub>03</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ:Ημέρες Από Σπορά).

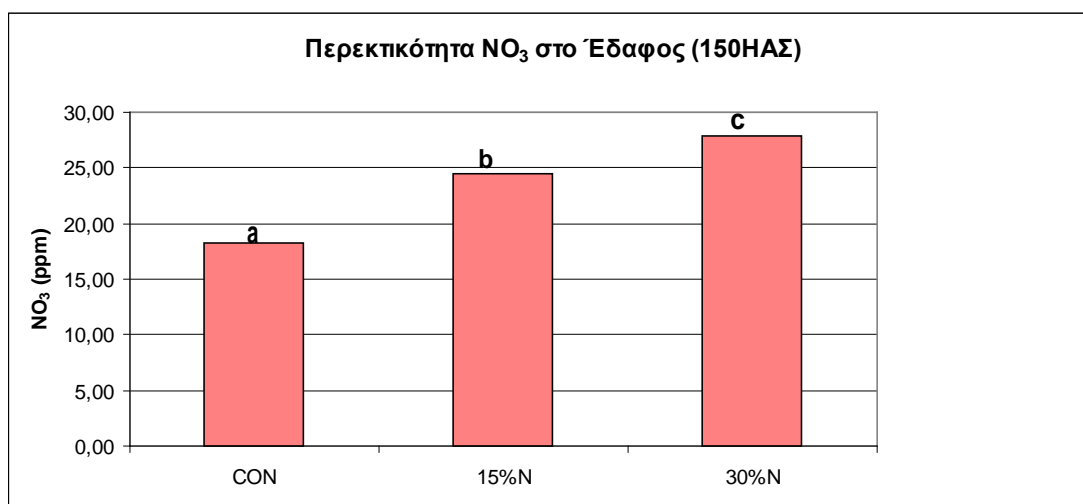
Περιεκτικότητα N-N <sub>03</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	2,59E-29	1
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	37	<b>0,026316</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,230769	0,8125

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-N<sub>03</sub>) στο Έδαφος, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) και για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT)) κυμάνθηκαν στα 23,51ppm (Διάγραμμα 4.21).



**Διάγραμμα 4.21** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος (27,90ppm), 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 24,41ppm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή της (18,21ppm) (Διάγραμμα 4.22).



**Διάγραμμα 4.22** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην Περιεκτικότητα N-NO<sub>3</sub> στο Έδαφος (150ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

### 4.3. Η επίδραση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους στα φυτικά χαρακτηριστικά της κουνιάς

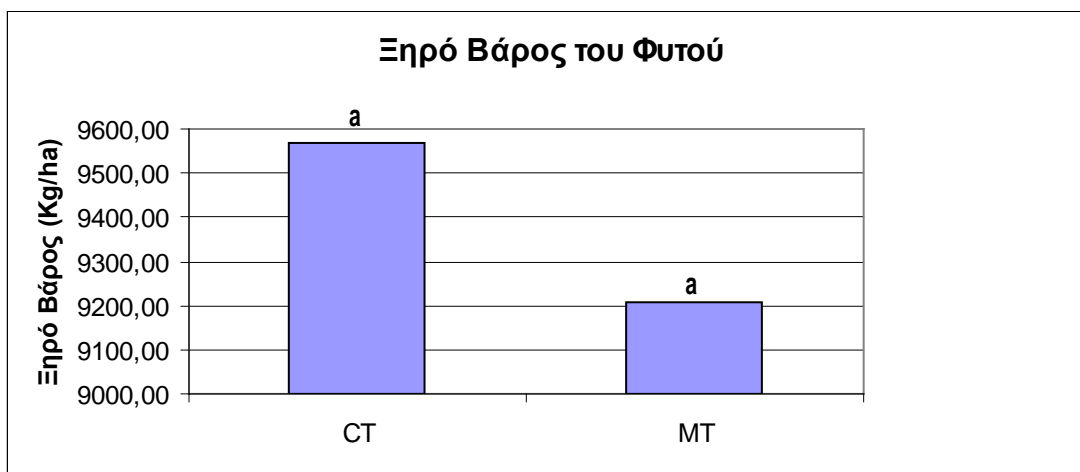
#### 4.3.1. Ξηρό Βάρος

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.11 παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος της κουνιάς, για επίπεδο  $p=0,018611$  και  $p=0,037897$  αντίστοιχα.. Αντίθετα μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.11** Ανάλυση διασποράς του Ξηρού Βάρους της κουνιάς με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

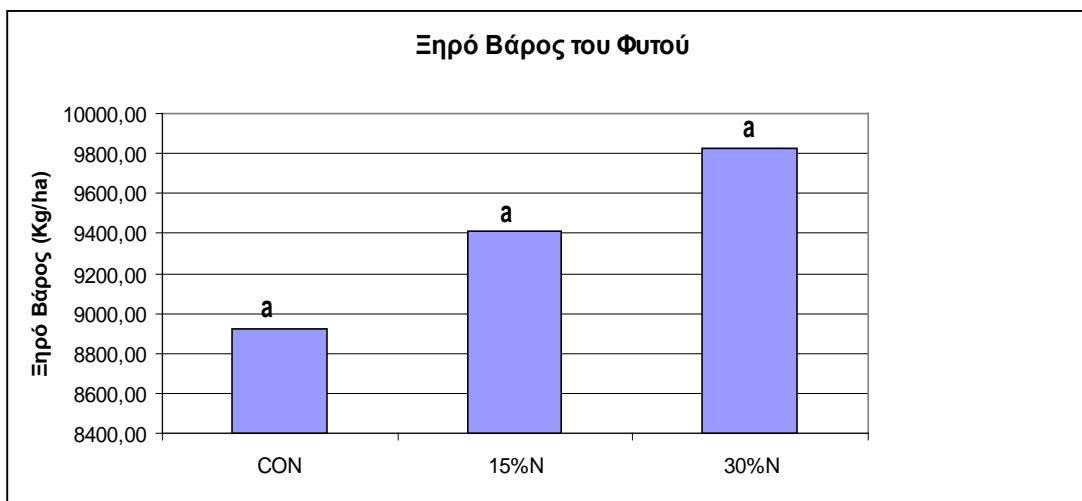
Ξηρό Βάρος (Kg/ha)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	24,89695	<b>0,037897</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	52,7304	<b>0,018611</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	1,474401	0,404138

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος της κουνιάς, σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 9568,17 kg/ha, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 9208,83 kg/ha (Διάγραμμα 4.23).



**Διάγραμμα 4.23** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο Ξηρό Βάρος της κοινότητας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος της κοινότητας (9828,50 kg/ha) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 9413,25 kg/ha ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη ξηρού βάρους (8923,75 kg/ha) (Διάγραμμα 4.24).



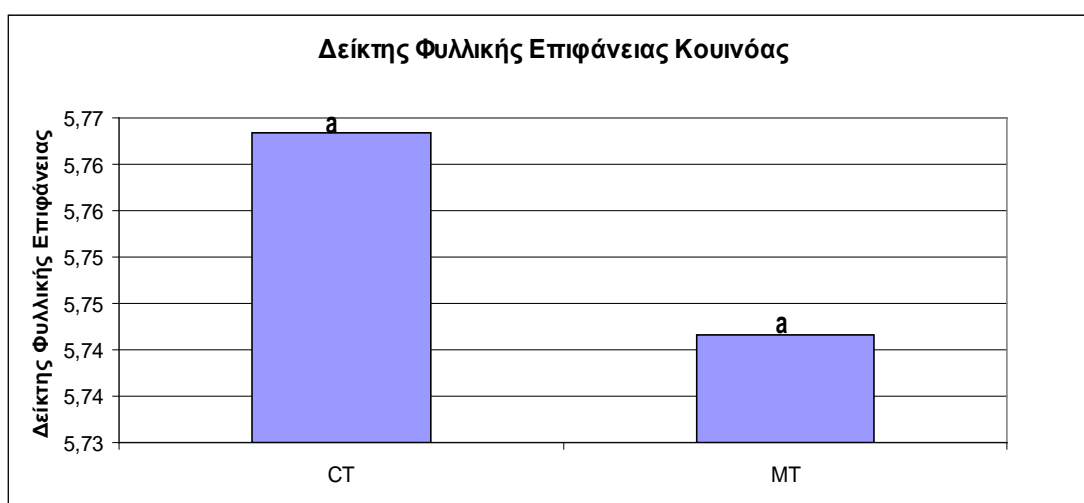
**Διάγραμμα 4.24** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο Ξηρό Βάρος της κοινότητας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

### 4.3.2. Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας Κουινόας

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.12 δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των συστημάτων κατεργασίας του εδάφους στον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουινόας. Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 5,76, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 5,74 (Διάγραμμα 4.25).

**Πίνακας 4.12** Ανάλυση διασποράς του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουινόας με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές)

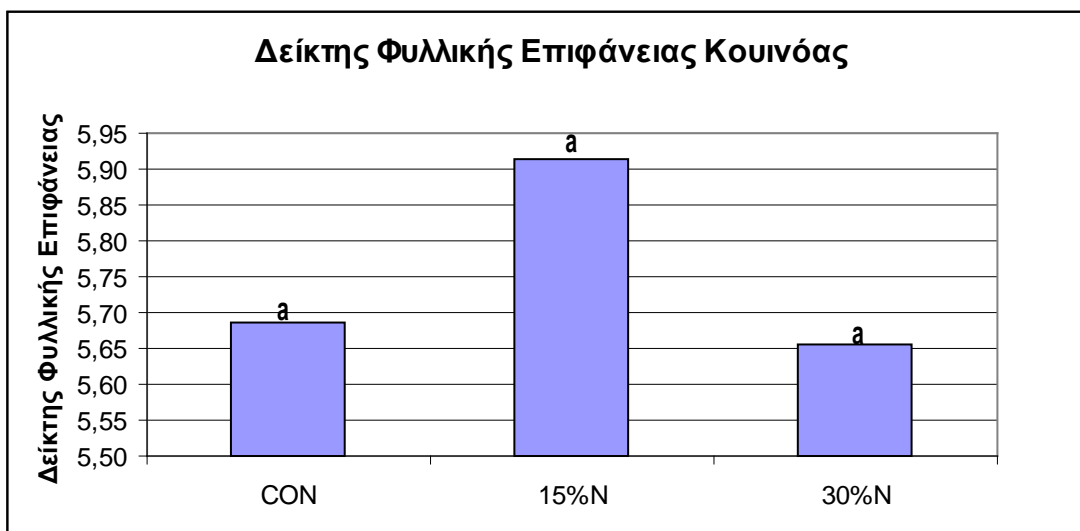
Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας	F	p-level
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	0,015873	0,911264
ΛΙΠΑΝΣΗ	0,904762	0,525
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ	2,111111	0,321429



**Διάγραμμα 4.25** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουινόας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)



Παρόμοια δεν παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων στον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουινόας, όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακα 4.12). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (5,92) και ακολούθησε ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) και τιμή 5,69 ενώ οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N)) παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή (5,66) (Διάγραμμα 4.26).



**Διάγραμμα 4.26** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης της καλλιέργειας στον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουινόας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης καθώς και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (Διάγραμμα 4.25 & 4.26).

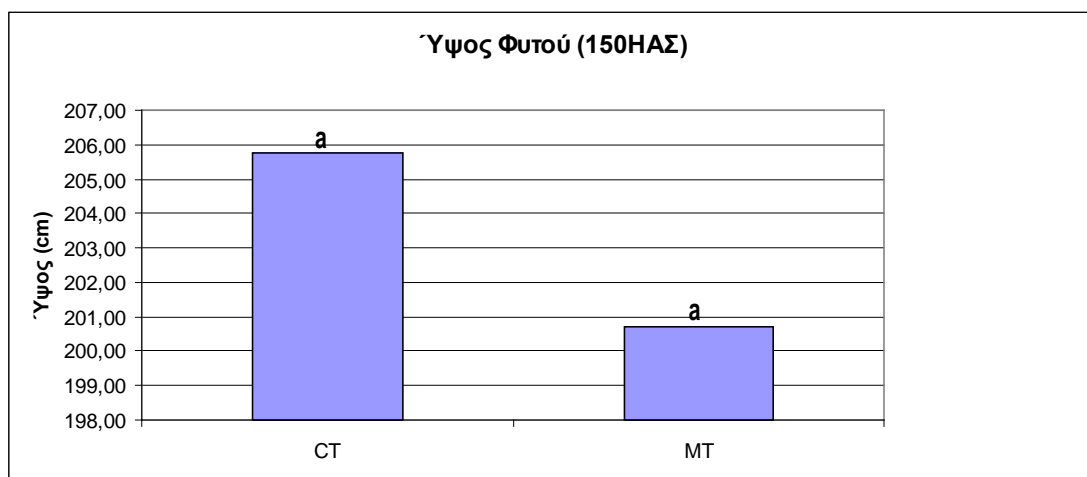
### 4.3.3. Ύψος Κουινόας

Όσον αφορά το Ύψος της Κουινόας, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας, καθώς επίσης και της λίπανσης. Παρόμοια μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 4.13).

**Πίνακας 4.13** Ανάλυση διασποράς του ύψους της κουνιάς με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

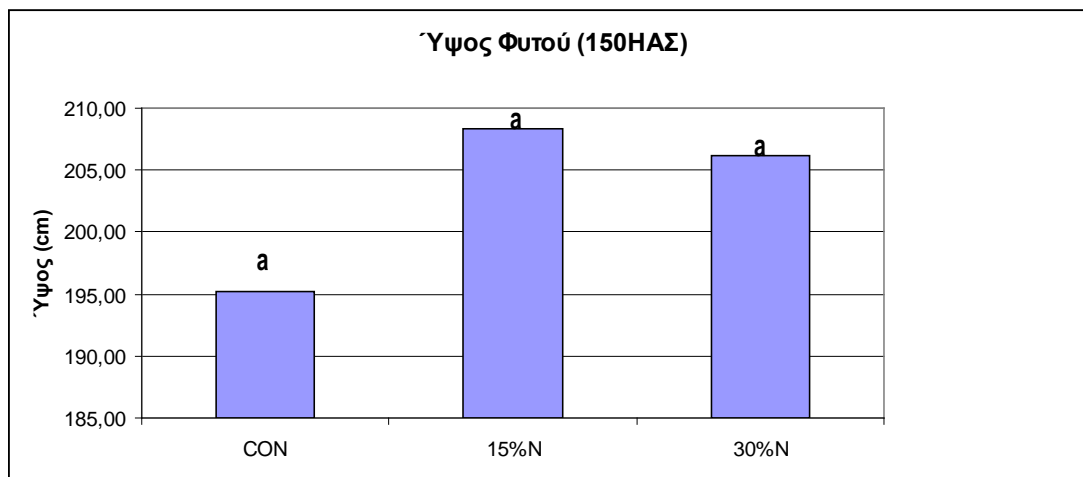
<b>Ύψος Κουνιάς (150ΗΑΣ)</b>	<b>F</b>	<b>p-level</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	3,698225	0,194386
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	9,449704	0,095696
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	2,029586	0,330078

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο **Ύψος της Κουνιάς**, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 205,77 cm, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 200,69 cm (Διάγραμμα 4.27).



**Διάγραμμα 4.27** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο ύψος της κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή ύψους της κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), (208,2cm) και ακολούθησε οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) και τιμή 206,18 cm ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή (195,20 cm) (Διάγραμμα 4.28).



**Διάγραμμα 4.28** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο ύψος της κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

#### 4.3.4 Απόδοση σε σπόρο

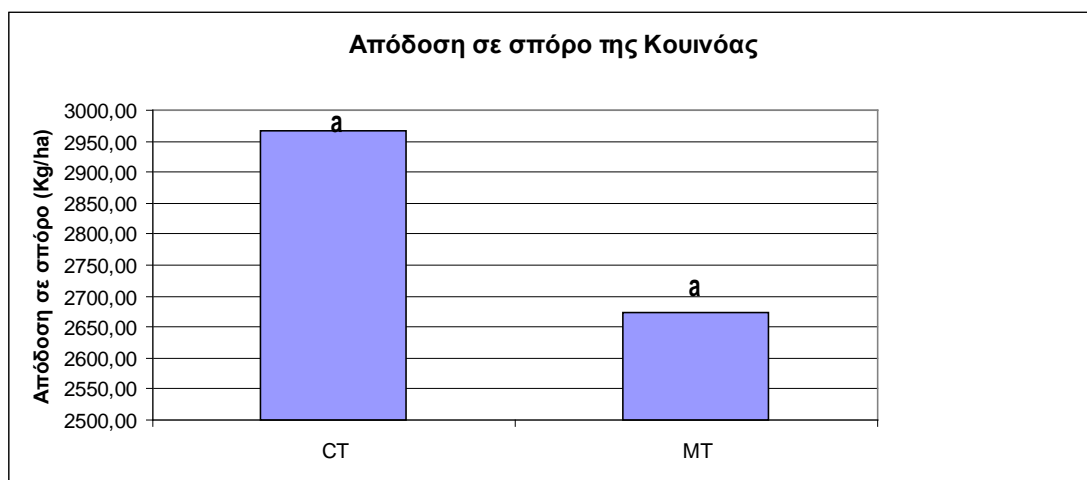
Όσον αφορά την απόδοση σε σπόρο της κουνιάς, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας (συμβατική και ελάχιστη) του εδάφους (Πίνακας 4.14) για επίπεδο  $p=0,027322$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.14 δεν παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων στην απόδοση σε σπόρο της κουνιάς, όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 3.14** Ανάλυση διασποράς της απόδοσης σε σπόρο της κορινόας με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

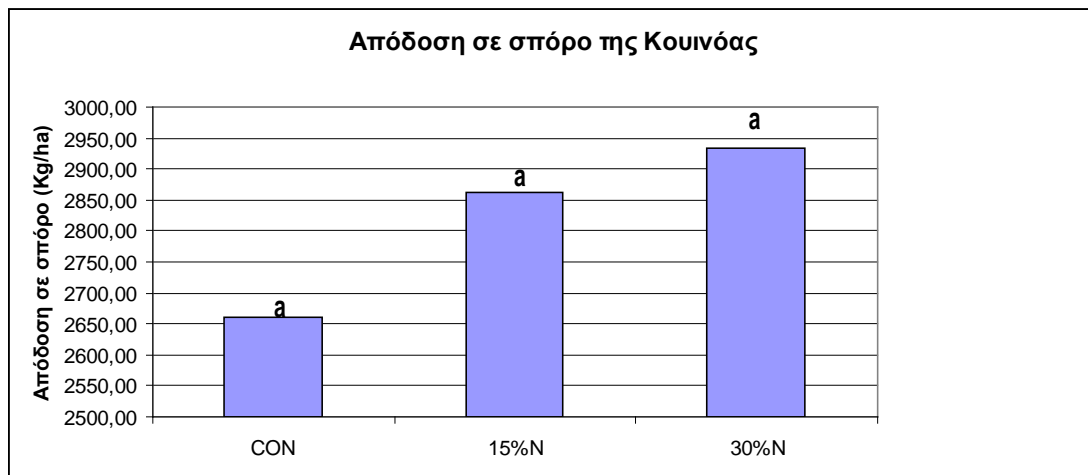
Απόδοση σε σπόρο (kg/ha)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	35,10806	<b>0,027322</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	10,90718	0,083983
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	1,116478	0,472483

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόδοση σε σπόρο της κορινόας σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 2966 kg/ha, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 2672,60 kg/ha (Διάγραμμα 4.29).



**Διάγραμμα 4.29** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην απόδοση σε σπόρο της κορινόας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή απόδοσης σε σπόρο της κορινόας (2934 kg/ha ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 2862,90 kg/ha ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή απόδοσης σε σπόρο της κορινόας (2661 kg/ha ) (Διάγραμμα 4.30).



**Διάγραμμα 4.30** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην απόδοση σε σπόρο της κουινόας (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση).

### 4.3.5. Αζωτο υπέργειου μέρους

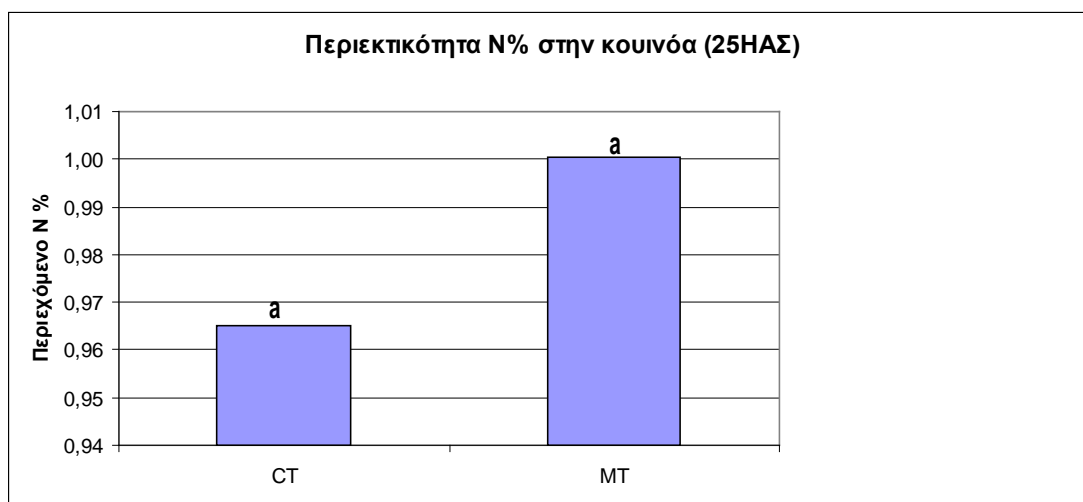
#### 4.3.5.1. N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας (25ΗΑΣ)

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.15 παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας, 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), για επίπεδο  $p=0,002412$  και  $p=0,04881$  αντίστοιχα.. Αντίθετα μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.15** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας (25ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

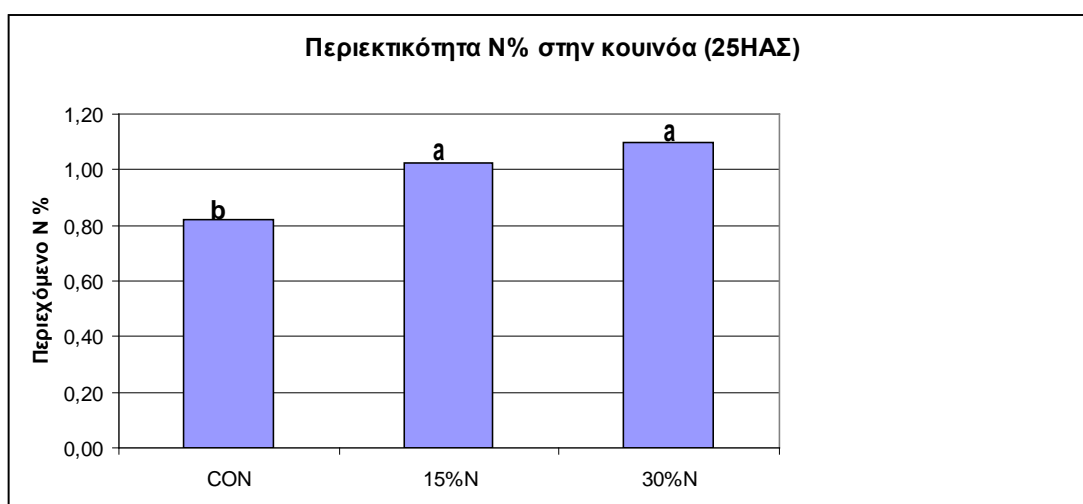
N % του υπέργειου μέρους (25ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	19	<b>0,04881</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	413,5263	<b>0,002412</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	8,894737	0,101064

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας, 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 0,97, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 1,00 (Διάγραμμα 4.31).



**Διάγραμμα 4.31** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (25ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης, ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης τα οποία δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (1,10%), 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 1,02 % ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (0,82%) (Διάγραμμα 4.32).



**Διάγραμμα 4.32** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (25ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

#### 4.3.5.2. N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας (50ΗΑΣ)

Όσον αφορά την περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.16) για επίπεδο  $p=0,022847$ .

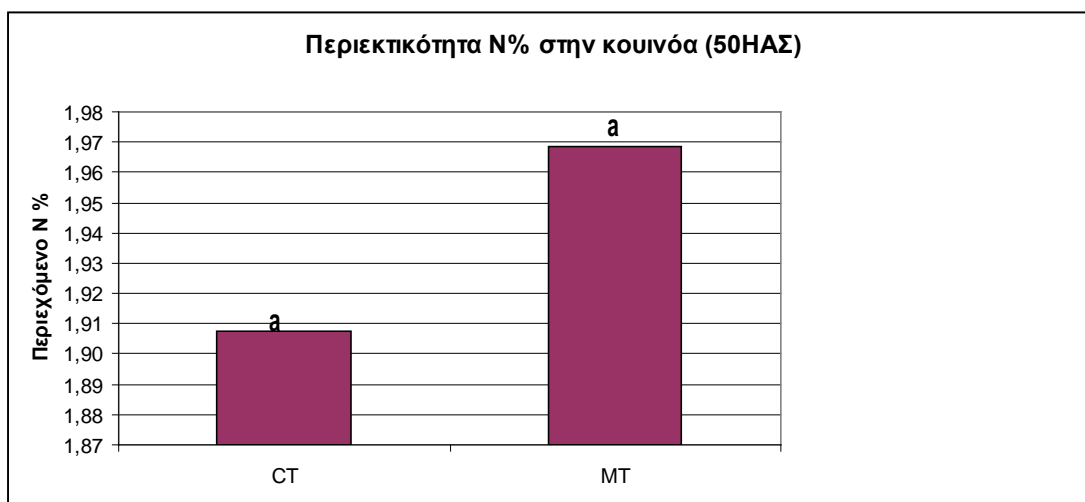
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.16 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.16** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας (50ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

N % του υπέργειου μέρους (50ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	0,381198	0,599892
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	42,76993	<b>0,022847</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,221737	0,818506

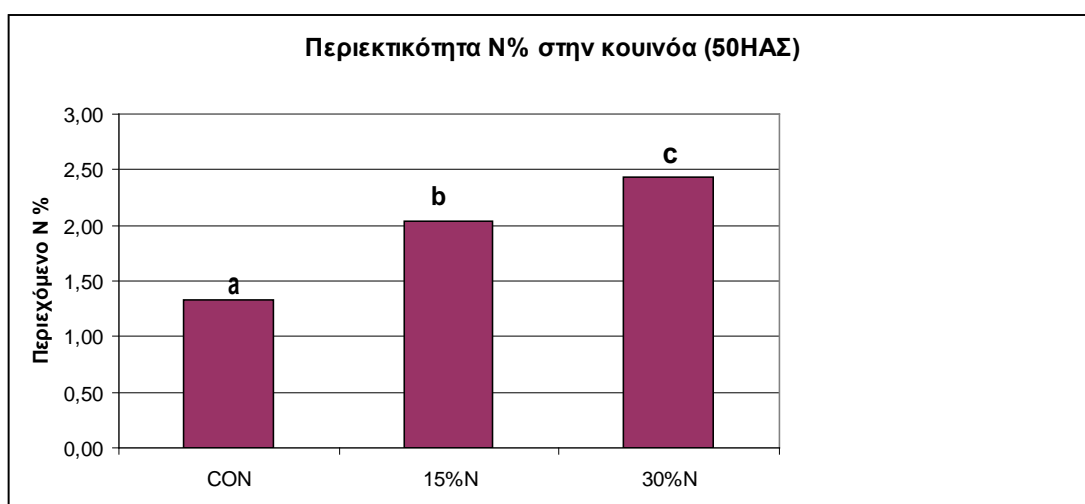
Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κοινότητας, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 1,91%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 1,97% (Διάγραμμα 4.33).





**Διάγραμμα 4.33** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κοινούας (50HAΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, HAΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κοινούας (50HAΣ) (2,44%) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 2,04 % ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κοινούας (50HAΣ) (1,33%) (Διάγραμμα 4.33).



**Διάγραμμα 3.34** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κοινούας (50HAΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, HAΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

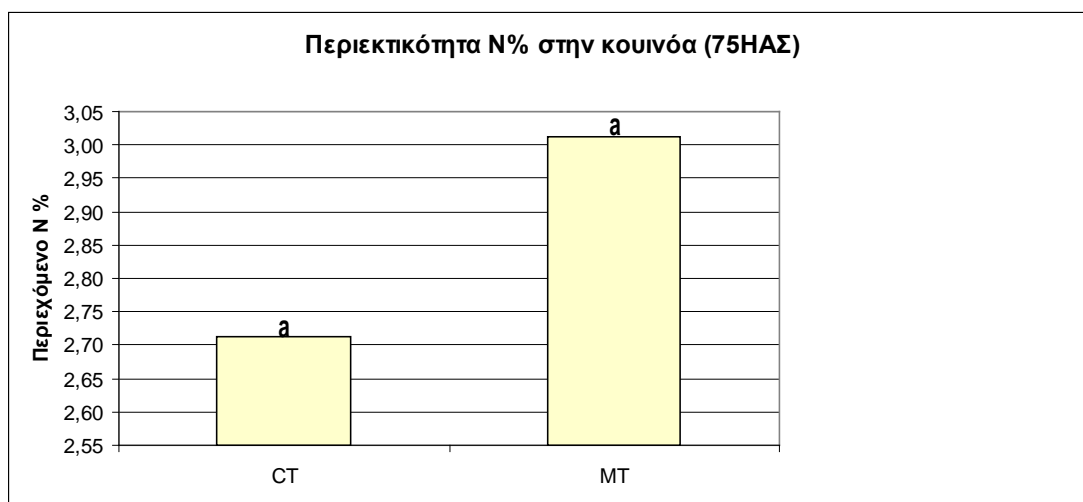
#### 4.3.5.3 N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (75ΗΑΣ)

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.17 παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), για επίπεδο  $p=0,006421$  και  $p=0,030394$  αντίστοιχα.. Αντίθετα μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.17** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (75ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

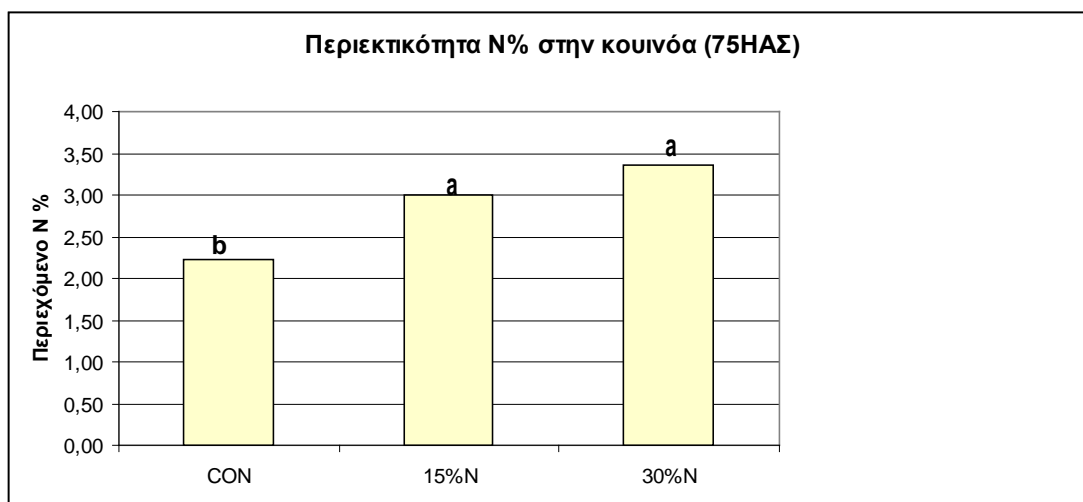
N % του υπέργειου μέρους (75ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	31,40843	<b>0,030394</b>
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	154,75	<b>0,006421</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ X ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	1,69186	0,37149

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Περιεκτικότητα N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 2,71%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 3,01 % (Διάγραμμα 3.35).



**Διάγραμμα 3.35** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνόας (75ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης, ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης τα οποία δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνόας (3,35%), 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 3,00% ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνόας (2,23%) (Διάγραμμα 4.36).



**Διάγραμμα 4.36** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (75ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

#### 4.3.5.4 N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (100ΗΑΣ)

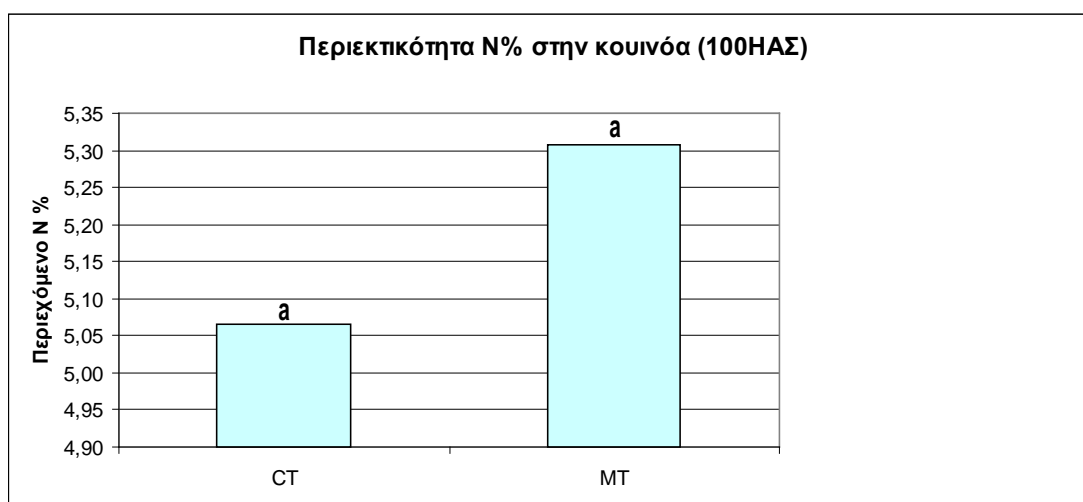
Όσον αφορά το περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.18) για επίπεδο  $p=0,025601$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.18 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.18** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (100ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

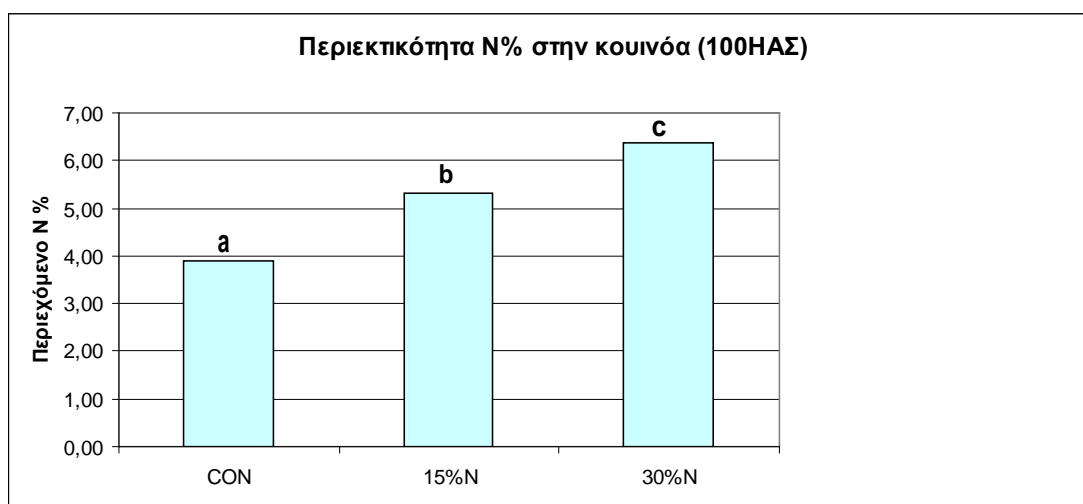
N % του υπέργειου μέρους (100ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	1,099075	0,404478
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	38,06063	<b>0,025601</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,000638	0,999362

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές του για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στο 5,07%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 5,31% (Διάγραμμα 4.37).



**Διάγραμμα 4.37** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (100ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή του *περιεχόμενου* N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (100ΗΑΣ) (6,36%), 100 ημέρες από την σπορά (100ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 5,31 % ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή *περιεχόμενου* N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (3,90%) (Διάγραμμα 4.38).



**Διάγραμμα 4.38** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο *περιεχόμενο* N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (100ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

#### 4.3.5.5 N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (125ΗΑΣ)

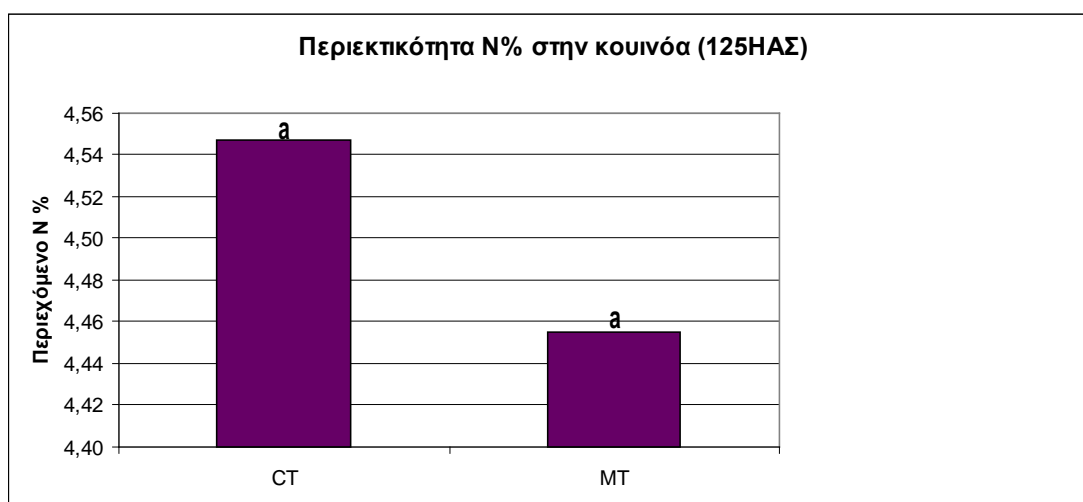
Όσον αφορά το *περιεχόμενο* N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς , 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.19) για επίπεδο  $p=0,016764$ .

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.19 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στο *περιεχόμενο* N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 4.19** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (125ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

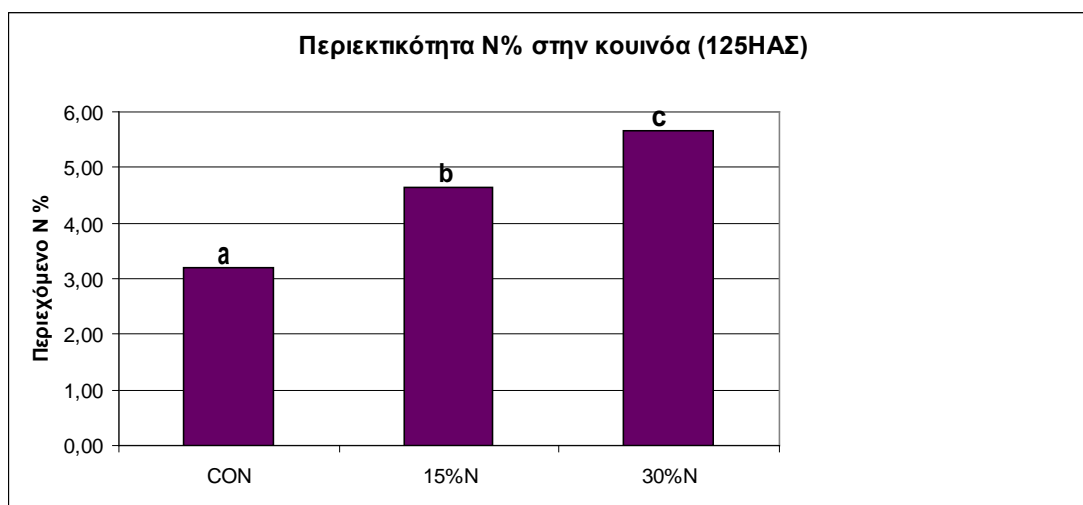
N % του υπέργειου μέρους (125ΗΑΣ)	F	p-level
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	0,248171	0,667753
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	58,6511	<b>0,016764</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,452448	0,688493

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω της μεθόδου της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές του για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στα 4,55%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 4,46 % (Διάγραμμα 4.39).



**Διάγραμμα 4.39** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς (125ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (5,66%), 125 ημέρες από την σπορά (125ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) και τιμή 4,64 % ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (3,21%) (Διάγραμμα 4.40).



Διάγραμμα 4.40 Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (125ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

#### 4.3.5.6 N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας (150ΗΑΣ)

Όσον αφορά το περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους (Πίνακας 4.20) για επίπεδο  $p=0,007047$ .

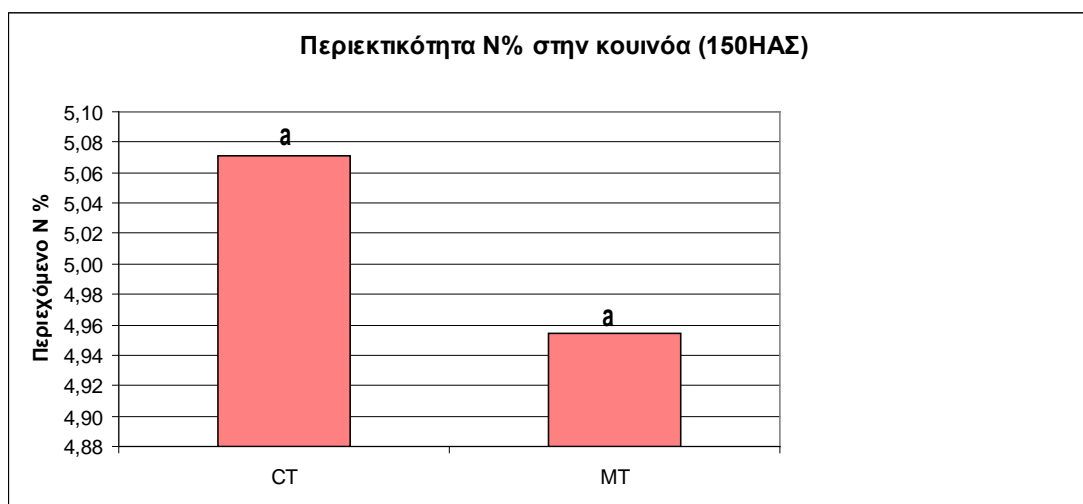
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.20 δεν παρατηρείται επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας στο περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάας, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), όπως επίσης μεταξύ των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσιάζεται αλληλεπίδραση αφού δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



**Πίνακας 3.20** Ανάλυση διασποράς του περιεχόμενου Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας (150ΗΑΣ) με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά).

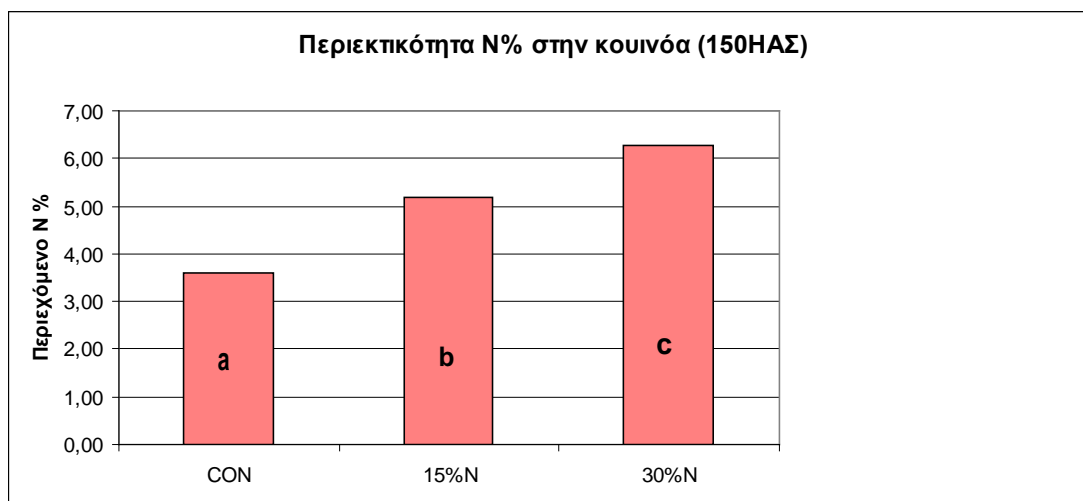
<i>N % του υπέργειου μέρους (150ΗΑΣ)</i>	<b>F</b>	<b>p-level</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>	1,146874	0,478206
<b>ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	140,8986	<b>0,007047</b>
<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ Χ ΛΙΠΑΝΣΗ</b>	0,935175	0,516749

Μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) κυμάνθηκαν στα 5,07%, ενώ για το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT) στα 4,95 % (Διάγραμμα 4.41).



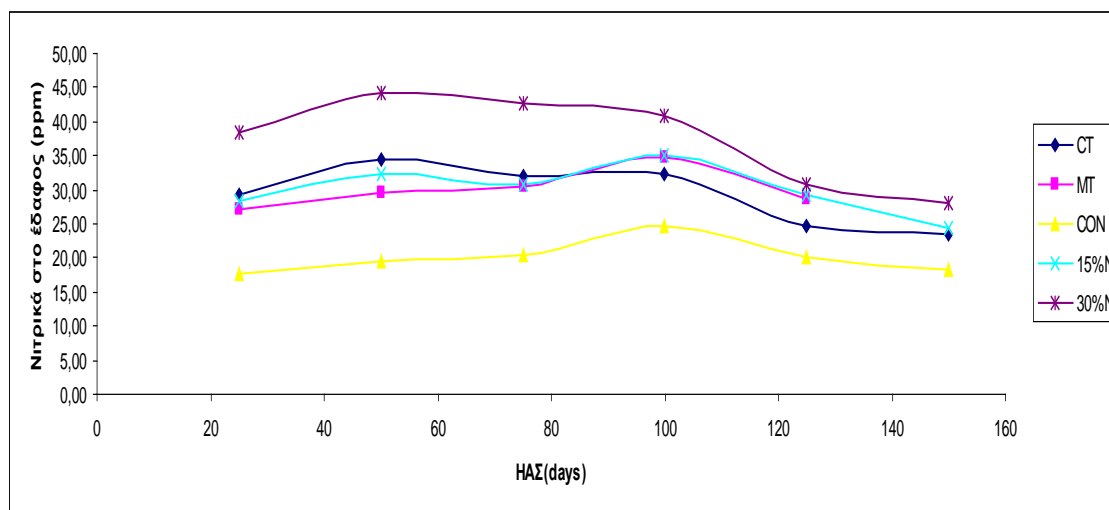
**Διάγραμμα 4.41** Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο περιεχόμενο Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας (150ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά)

Μεταξύ των επιπέδων λίπανσης οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης μέσω με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% Ν) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή του περιεχόμενου Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας (6,28%), 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ) και ακολούθησε η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%Ν) και τιμή 5,17% ενώ ο μάρτυρας-χωρίς λίπανση (CON) παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή του περιεχόμενου Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας (3,59%) (Διάγραμμα 4.42).



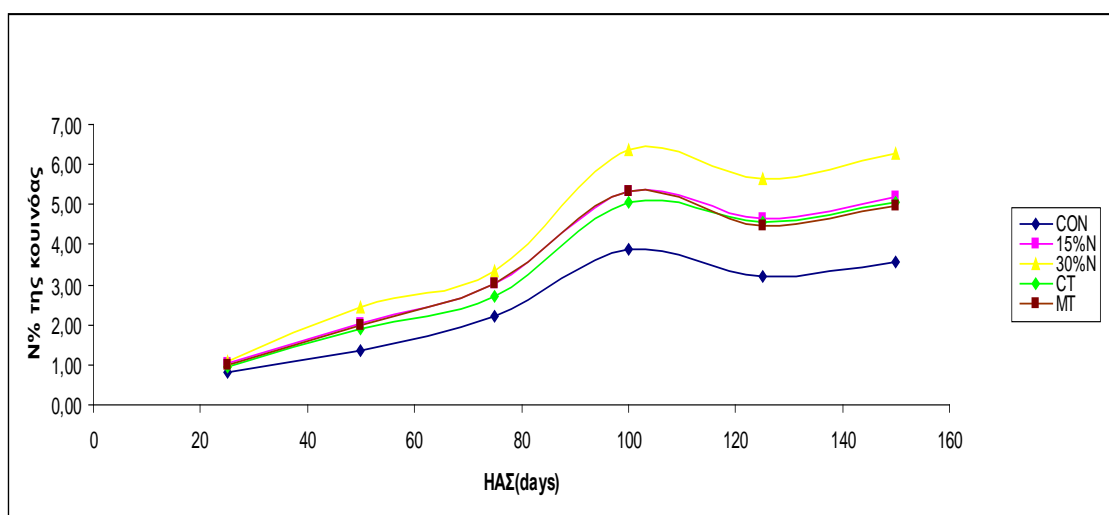
**Διάγραμμα 4.42** Επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στο περιεχόμενο Ν% του υπέργειου μέρους της κουνόας (150ΗΑΣ) (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ , 15% Ν: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% Ν: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά ).

#### 4.3.6. Η μεταβολή των νιτρικών του εδάφους και του περιεχόμενου N της κοινότητας .



**Διάγραμμα 4.43:** Η μεταβολή των νιτρικών στο έδαφος (ppm) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) για τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης και συστήματα εδαφοκατεργασίας (15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 4.43 η μείωση των νιτρικών στο έδαφος (ppm) δείχνει να αυξάνεται μετά από 100ΗΑΣ και για τα 3 επίπεδα λίπανσης και τα 2 συστήματα εδαφοκατεργασίας. Επιπρόσθετα η τελική τιμή των νιτρικών στο έδαφος μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) παρουσιάζεται ίδια και για τα 2 συστήματα κατεργασίας του εδάφους.



**Διάγραμμα 4.44:** Η μεταβολή του περιεχόμενου N(%) της κοινότητας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) για τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης και συστήματα εδαφοκατεργασίας (15% N: 15 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, 30% N: 30 μονάδες Αζώτου/στρέμμα, CON: μάρτυρας-χωρίς λίπανση, ΗΑΣ: Ημέρες Από Σπορά, CT: συμβατικό σύστημα κατεργασίας, MT: σύστημα ελάχιστης κατεργασίας)

Η μεταβολή του περιεχόμενου N(%) της κουνόας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) παρουσιάζεται παρόμοια και για τα 2 συστήματα εδαφοκατεργασίας. Αντίθετα το επίπεδο λίπανσης επιδρά στην τελική τιμή του περιεχόμενου N της κουνόας με την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής περιόδου 150ΗΑΣ.. Όμως παρατηρείται αντίστοιχη συμπεριφορά ως προς τις μεταβολές των τιμών του και για τα 3 επίπεδα λίπανσης για όλη την διάρκεια των 150ΗΑΣ. (Διάγραμμα 4.44).

## 5 Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις

### 5.1 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εδαφικών και των φυτικών χαρακτηριστικών της κοινότητας

Η παρακάτω σχέση, δηλαδή η αλληλεπίδραση, μεταξύ περιεχόμενου Αζώτου της κοινότητας (%), 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ) – περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 25 ημέρες από σπορά (25ΗΑΣ) – περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 150 ημέρες από σπορά (150ΗΑΣ) εκφράζεται σε κάθε σύστημα εδαφοκατεργασίας και στα τρία επίπεδα λίπανσης.

$$[N \% \text{ κοινότητας (150ΗΑΣ)}] = b_0 + b_1 * [NO_3 \text{ Εδάφους(25ΗΑΣ)}] + b_2 * [NO_3 \text{ Εδάφους (150ΗΑΣ)}] \quad (1.a)$$

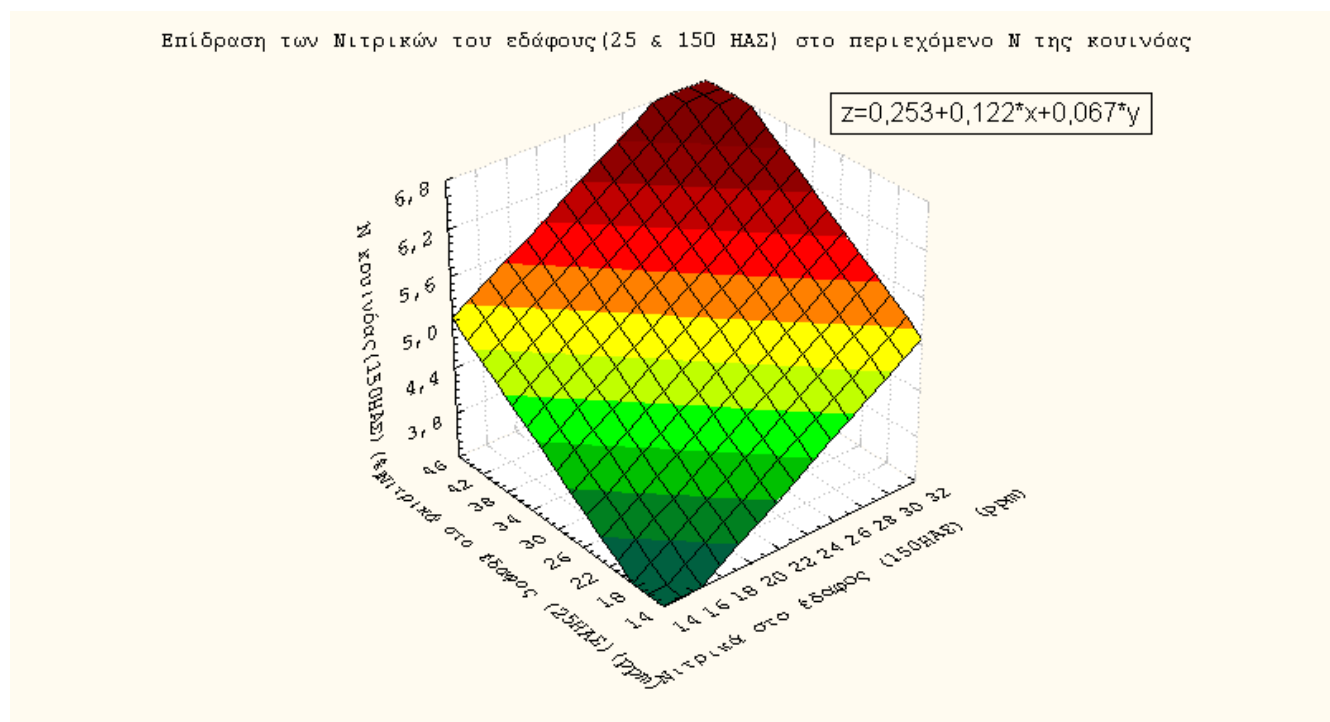
$$[N \% \text{ κοινότητας(150ΗΑΣ)}] = 0,253486 + 0,06738 * [NO_3 \text{ Εδάφους(25ΗΑΣ)}] + 0,12175 * [NO_3 \text{ Εδάφους(150ΗΑΣ)}]$$

<i>t</i>	(0,383369)	(2,845759)	(2,451253)
<i>p-level</i>	(0,710345)	(0,019 222)	(0,036681)

$$R = 0,96545505 \quad R^2 = 0,93210345 \quad R^2 \text{ Adjusted} = 0,91701533$$

$$F(2,9) = 61,777 \quad p < ,00001 \quad \text{Std.Error of estimate: } 0,33745$$

Με βάση τα δεδομένα όλων των συστημάτων εδαφοκατεργασίας και στα τρία επίπεδα λίπανσης υπολογίστηκε ο τρόπος αλληλεπίδρασης με τη γενική σχέση (1.α) και γραφικά απεικονίζεται στο Διάγραμμα 5.1. Υψηλή, όπως αναμενόταν, ήταν η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 25 και 150 ημέρες από σπορά (25&150ΗΑΣ) ( $R^2 \text{ Adjusted} = 0,92$ ).



**Διάγραμμα 5.1:** Η αλληλεπίδραση της περιεκτικότητας των νιτρικών του εδάφους (ppm) (25 & 150 ΗΑΣ) στο περιεχόμενο Αζωτο(%) της κοινότητας (150ΗΑΣ)

Η αύξηση της περιεκτικότητας των νιτρικών του εδάφους (ppm) (25 & 150 ΗΑΣ) επιδρά θετικά στο περιεχόμενο Άζωτο(%) της κουνιάς (150ΗΑΣ) (Διάγραμμα 5.1).

Όσον αφορά το περιεχόμενο N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους ενώ αντίθετα δεν παρουσιάστηκε επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή του περιεχόμενου N% του υπέργειου μέρους της κουνιάς.

Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-NO<sub>3</sub>) στο Έδαφος, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ) και 25 ημέρες από την σπορά (25ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους ενώ δεν την επηρεάζουν τα δύο συστήματα εδαφοκατεργασίας. Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος.

Από την πολλαπλή συσχέτιση που πραγματοποιήθηκε αποδείχθηκε ότι το Ξηρό Βάρος συσχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την Φυλλική Επιφάνεια καθώς επίσης και με την περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 50 ή 75 ημέρες από σπορά (50 ή 75ΗΑΣ) , γι' αυτό και παρουσιάζονται σε τρισδιάστατη μορφή στα Διαγράμματα 5.2 & 5.3. Παρατηρήθηκε λοιπόν στενή σχέση των τριών παραπάνω παραγόντων που δίνεται από τις γενικές εξισώσεις πολλαπλής συσχέτισης (2.α) και (3.α):

$$\text{Ξηρό Βάρος} = b_0 + b_1 * [\text{Φυλ. Επιφάνεια}] + b_2 * [\text{NO}_3 \text{ Εδάφους (50ΗΑΣ)}] \quad (2.α)$$

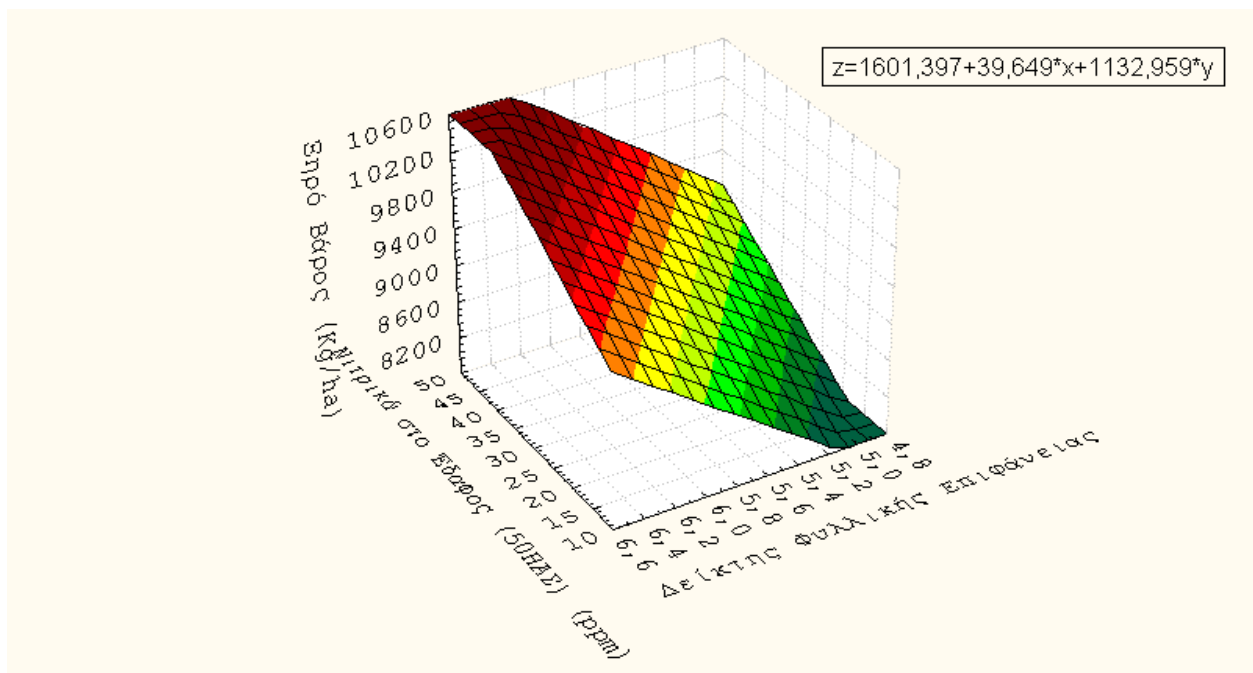
$$\text{Ξηρό Βάρος} = 1601,4 + 1132,96 * [\text{Φυλ. Επιφάνεια}] + 39,65 * [\text{NO}_3 \text{ Εδάφους (50ΗΑΣ)}]$$

$$t \quad (0,655024) \quad (2,65995) \quad (2,84385)$$

$$p\text{-level} \quad (0,528836) \quad (0,026048) \quad (0,019282)$$

$$R = 0,80936765 \quad R^2 = 0,65507599 \quad R^2 \text{Adjusted} = 0,57842621$$

$$F(2,9) = 8,5464 \quad p < 0,00831 \quad \text{Std.Error of estimate: } 510,94$$



**Διάγραμμα 5.2:** Πολλαπλή παλινδρόμηση (2α) μεταξύ του Ξηρού Βάρους, της Φυλλικής Επιφάνειας καθώς επίσης και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 50 ημέρες από σπορά (50 ΗΑΣ).

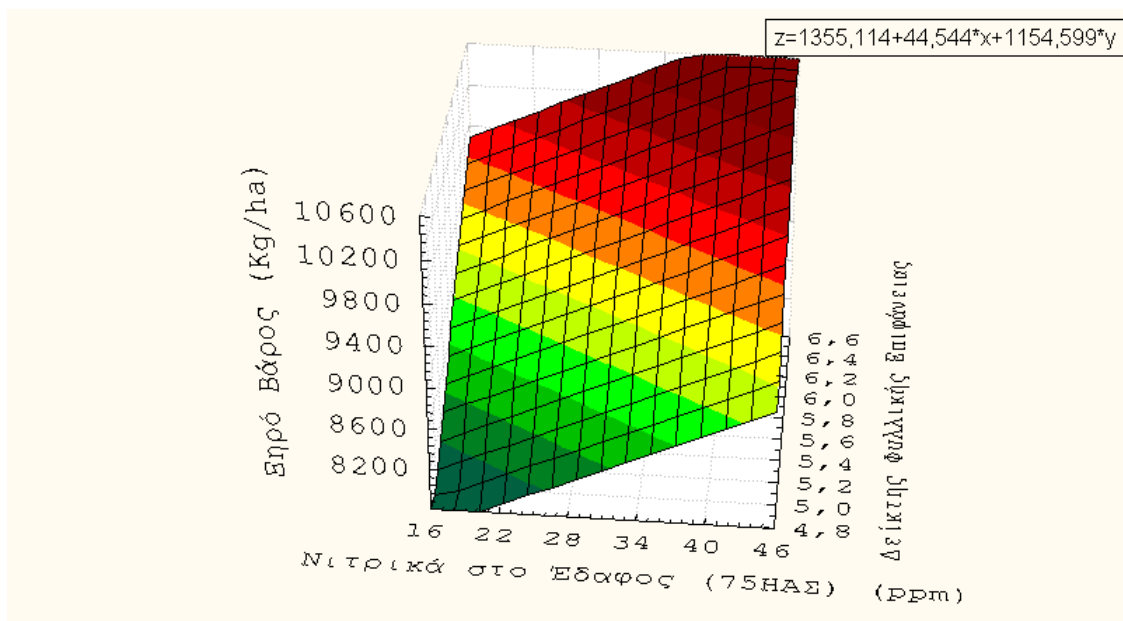
$$\text{Ξηρό Βάρος} = b_0 + b_1 * [\text{Φυλ. Επιφάνεια}] + b_2 * [\text{N0}_3 \text{ Εδάφους (75ΗΑΣ)}] \quad (3.a)$$

$$\text{Ξηρό Βάρος} = 1355,11 + 1154,6 * [\text{Φυλ. Επιφάνεια}] + 44,544 * [\text{N0}_3 \text{ Εδάφους (75ΗΑΣ)}]$$

<i>t</i>	0,54866	2,69656	2,801524
<i>p-level</i>	0,59658	0,02453	0,020661

$$R = 0,80634005 \quad R^2 = 0,65018428 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0,57244746$$

$$F(2,9) = 8,3639 \quad p < 0,00886 \quad \text{Std.Error of estimate: } 514,55$$



**Διάγραμμα 5.3:** Πολλαπλή παλινδρόμηση (3α) μεταξύ του Ξηρού Βάρους, της Φυλλικής Επιφάνειας καθώς επίσης και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 75 ημέρες από σπορά (75 ΗΑΣ).

Παρατηρήθηκε επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος της κουνιάς. Οι τιμές του ξηρού βάρους για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) παρουσιάστηκαν μεγαλύτερες από αυτές που έδωσε το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος της κουνιάς.

Επιπρόσθετα δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των συστημάτων κατεργασίας του εδάφους και των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της Κουνιάς, όπως έδειξαν και άλλες μελέτες (Kakabouki et al., 2014).

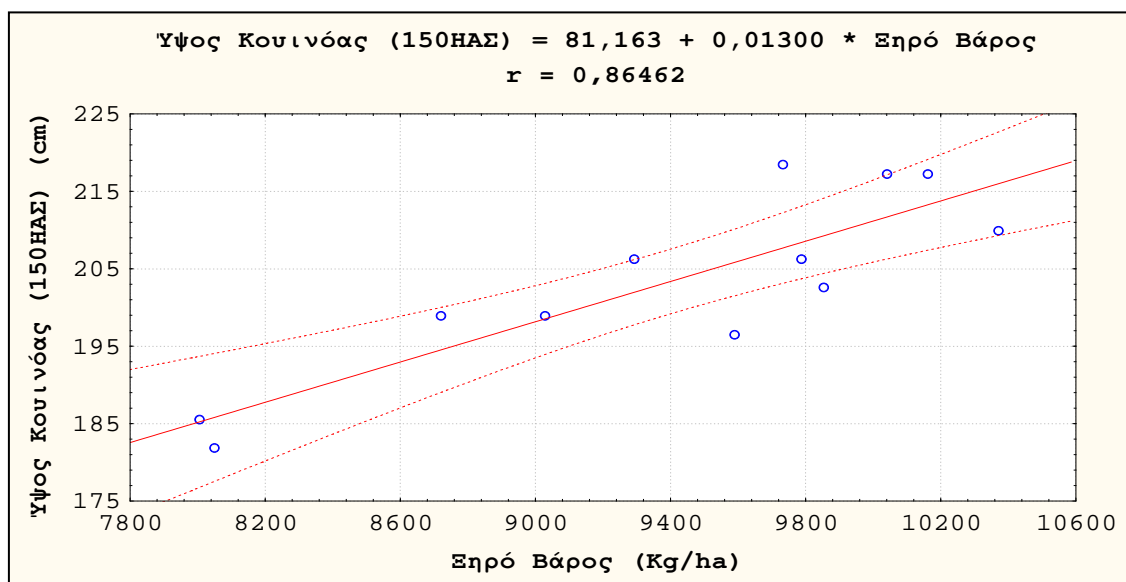
Όσον αφορά την Περιεκτικότητα Νιτρικών στο Έδαφος, 75 ημέρες από την σπορά (75ΗΑΣ), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των λιπάνσεων του εδάφους ενώ αντίθετα δεν παρουσιάστηκε επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας.

Παράλληλα παρατηρείται επίδραση των λιπάνσεων και των συστημάτων εδαφοκατεργασίας στην Περιεκτικότητα Νιτρικού Αζώτου(N-N<sub>03</sub>) στο Έδαφος, 50 ημέρες από την σπορά (50ΗΑΣ), Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) ήταν μεγαλύτερες από ότι το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή Περιεκτικότητας Νιτρικού Αζώτου στο Έδαφος.



Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκαν θετικές συσχετίσεις μεταξύ του ξηρού βάρους των στελεχών κουνιάς, του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικά (ppm), 50 ή 75 ημέρες από σπορά (50 ή 75ΗΑΣ) και για τα δύο συστήματα καλλιέργειας καθώς επίσης και για όλα τα επίπεδα λίπανσης (Διάγραμμα 5.2 και 5.3). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το άζωτο αποτελεί συστατικό ουσιών όπως τα αμινοξέα, οι πρωτεΐνες, οι χλωροφύλλες κ.α., οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη μεταβολική αξία. Όλες αυτές οι ουσίες αποτελούν δομικά συστατικά των ιστών του φυτού και είναι έμμεσα συνδεδεμένες με το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης. Ως δομικά συστατικά των ιστών συμβάλλουν στην αύξηση της βλάστησης του φυτού και κατά συνέπεια στην αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας. Επιπλέον, εφόσον η φυλλική επιφάνεια αυξάνει, αυξάνει η ένταση της φωτοσύνθεσης με παράλληλη αύξηση των φωτοσυνθετικών προϊόντων. Επομένως αυξάνεται η ανάπτυξη του φυτού με αποτέλεσμα να αυξάνεται και το ξηρό βάρος του.

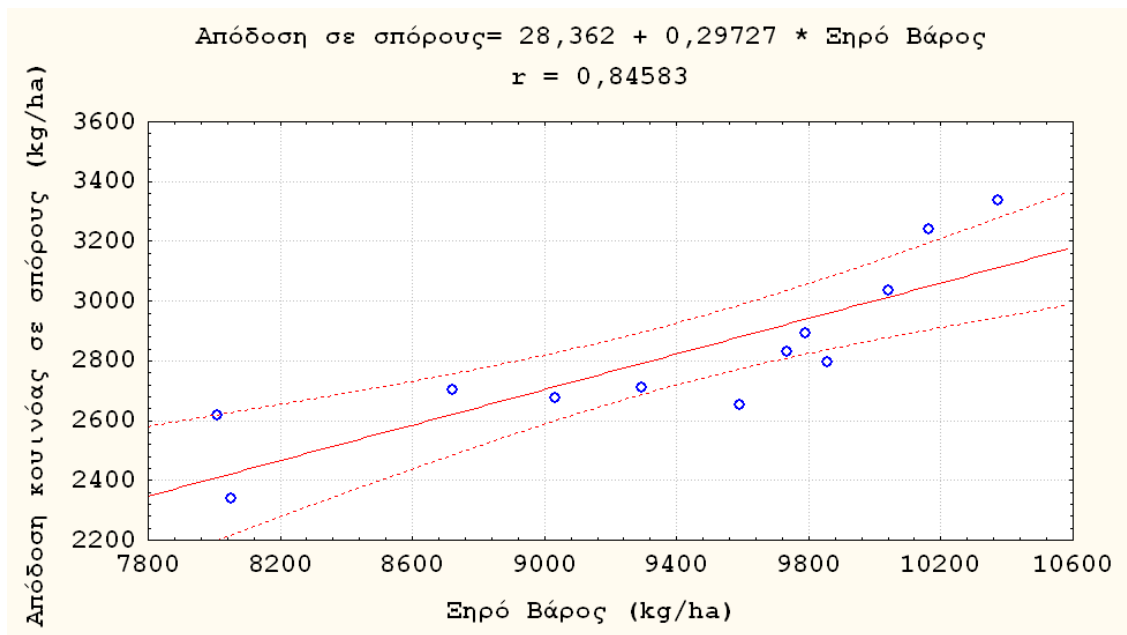
Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι το ξηρό βάρος του στελέχους καθώς και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), που είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τα μεταβολικά προϊόντα που προέρχονται από τη φωτοσύνθεση, σχετίζονται άμεσα με τη συγκέντρωση αζώτου στο έδαφος (Hassan and Leitch, 2001).



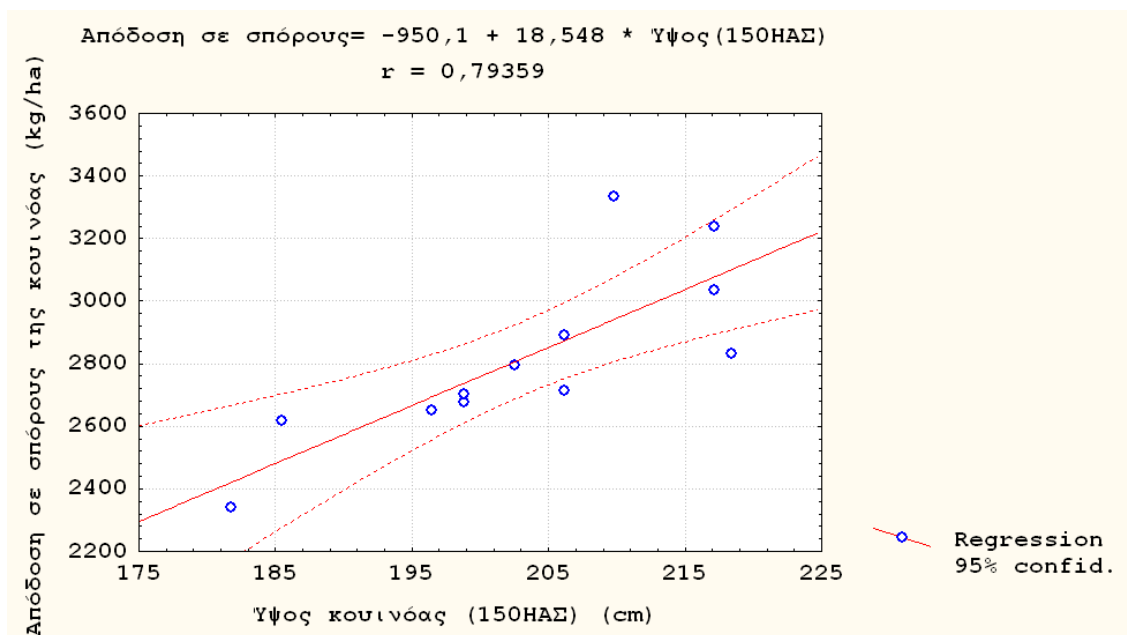
**Διάγραμμα 5.4:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ύψους της κουνιάς (150ΗΑΣ) (cm) και του ξηρού βάρους της (kg/ha).

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται πολύ καλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ύψους της κουνιάς (150ΗΑΣ) και του ξηρού βάρους της ( $r=0,86462$ ) και επιβεβαιώνεται και σε άλλες έρευνες για την κουνιά (Kakabouki et al., 2014).

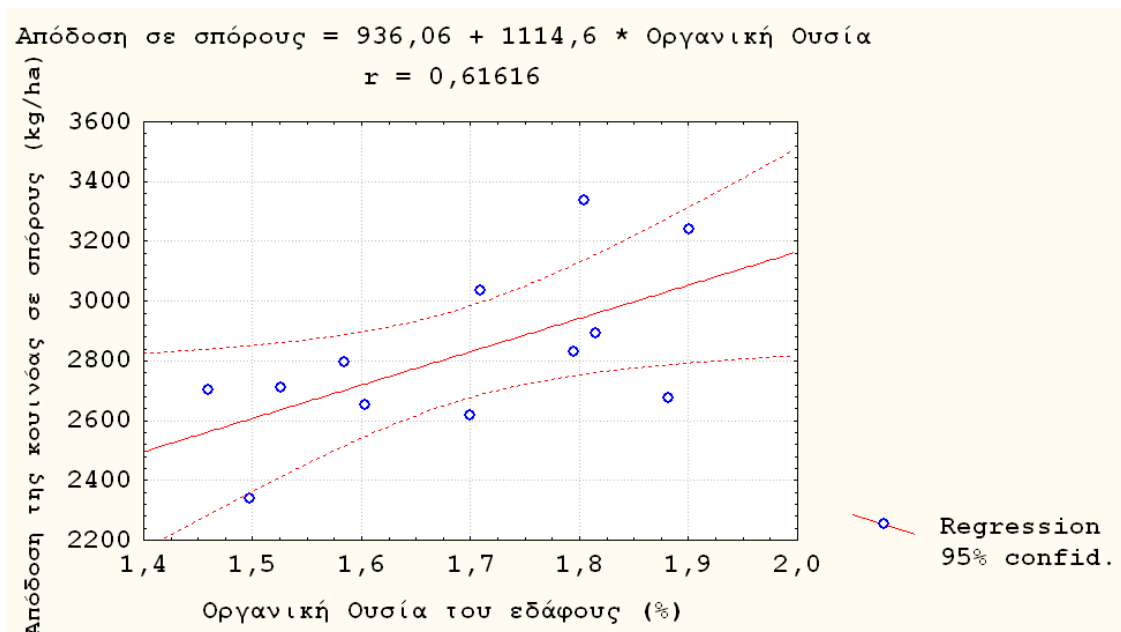
Όσον αφορά το Ύψος της Κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ), δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας, καθώς επίσης και της λίπανσης. Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) ήταν μεγαλύτερες από αυτές του συστήματος ελάχιστης κατεργασίας (MT). Από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης η λίπανση με 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15%N) παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή ύψους της κουνιάς, 150 ημέρες από την σπορά (150ΗΑΣ).



**Διάγραμμα 5.5:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρους της κουνιάς και του ξηρού βάρους της.



**Διάγραμμα 5.6:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρους της κουνιάς και του ύψους της (150ΗΑΣ).



**Διάγραμμα 4.7:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρους της κουνιάς και της οργανικής ουσίας του εδάφους (150ΗΑΣ).

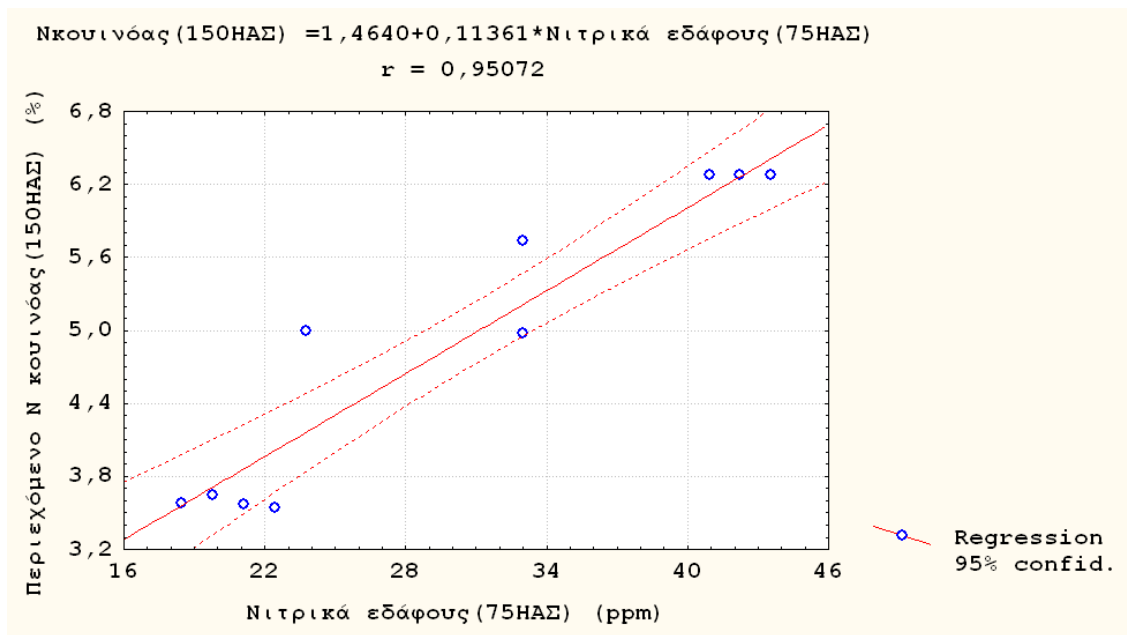
Η γραμμική συσχέτιση της απόδοσης σε σπόρους της κουνιάς βρέθηκε πολύ καλή για το ξηρό βάρος και το ύψος της ( $r=0,84583$  και  $r=0,79359$ ) και καλή για την οργανική ουσία του εδάφους ( $r=0,61616$ ). Η θετική συσχέτιση της απόδοσης σε σπόρους με το ύψος και το ξηρό βάρος της διαπιστώνεται και σε άλλες μελέτες για την κουνιά (Spehar and Santos, 2005).

Όσον αφορά την απόδοση σε σπόρο της κουνιάς, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας (συμβατική και ελάχιστη) του εδάφους. Οι τιμές της για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) ήταν μεγαλύτερες, από ότι στο σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT).

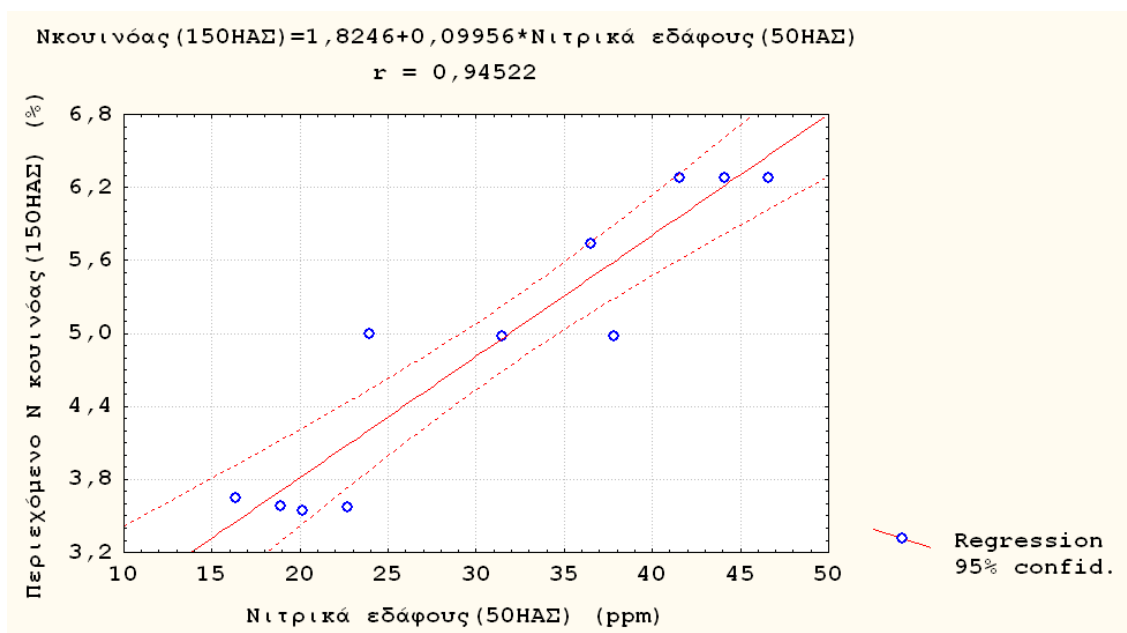
Η απόδοση σε σπόρους της κουνιάς παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την οργανική ουσία του εδάφους (150ΗΑΣ) (Διάγραμμα 5.7) και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η οργανική ουσία αποτελεί την πηγή των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων και του αζώτου.

Όσον αφορά την οργανική ουσία του εδάφους, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των δύο συστημάτων κατεργασίας (σύνηθες και ελάχιστη) του εδάφους με τιμές για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) υψηλότερες σε σχέση με το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT). Tueche και Hauser ( 2011 ) ανέφεραν ότι η αζωτούχος λίπανση δεν είχε αποτέλεσμα στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, όπως επισημάνθηκε και στην παρούσα μελέτη. Επιπλέον , δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο έδαφος του ολικού αζώτου μεταξύ των συστημάτων άροσης, όπως διαπιστώνεται και σε άλλες μελέτες (Kakabouki et al., 2014).

Η καλύτερη ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος της κουνιάς (Ύψος και Ξηρό Βάρος) οδήγησε στην αύξηση της απόδοσής της σε σπόρους. Οι κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρουσίασαν ακραίες τιμές ώστε να επηρεάσουν την άνθηση και τη γονιμοποίηση της κουνιάς.



**Διάγραμμα 5.8:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του περιεχόμενου Αζώτου (150ΗΑΣ) της κουινόςας και της περιεκτικότητας σε νιτρικά του εδάφους (75ΗΑΣ).



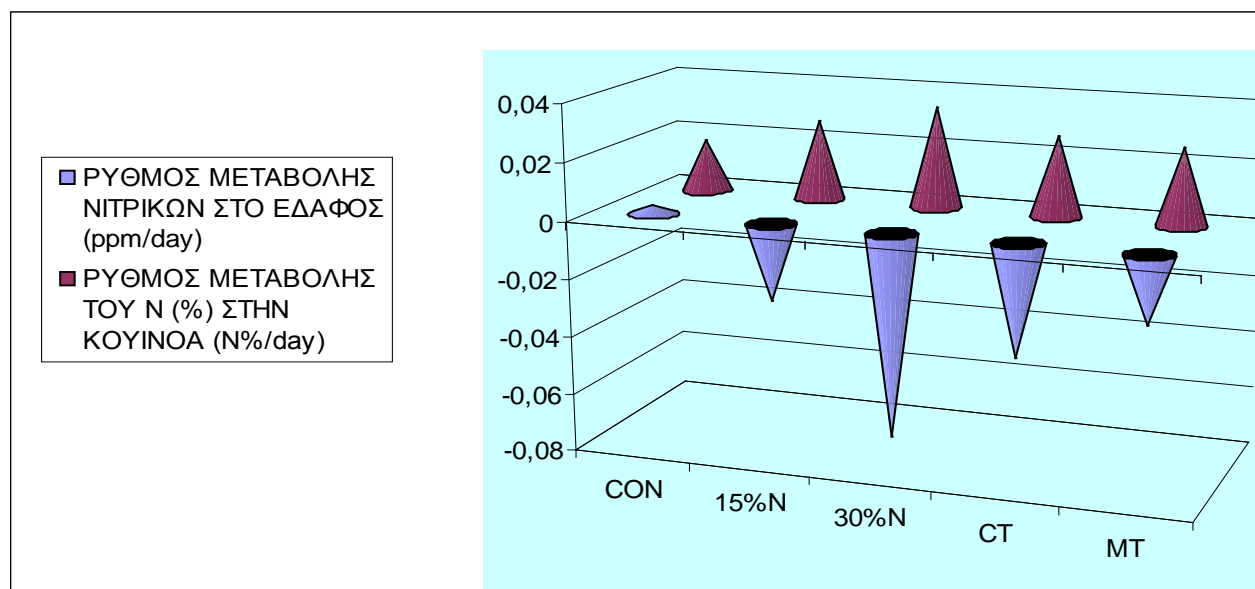
**Διάγραμμα 5.9:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του περιεχόμενου Αζώτου (150ΗΑΣ) της κουινόςας και της περιεκτικότητας σε νιτρικά του εδάφους (50ΗΑΣ).

Το περιεχόμενο Άζωτο (150ΗΑΣ) της κουινόςας σχετίζεται θετικά με την περιεκτικότητα σε νιτρικά του εδάφους για 75ΗΑΣ και για 50ΗΑΣ με  $r=0,95072$  και  $r=0,94522$  αντίστοιχα (Διαγράμματα 5.8 και 5.9).

## 5.2. Ρυθμός μεταβολής του αζώτου της κοινότητας και των νιτρικών στο έδαφος

Η υπερβολική αζωτούχος λίπανση ευθύνεται για τη ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα εξαιτίας της διήθησης των νιτρικών (Schmidt et al., 2000; Kutra et al., 2003; De Paz et al., 2004). Επιπροσθέτως, η παραγωγή των λιπασμάτων χαρακτηρίζεται ως μια εξαιρετικά ενεργειακά δαπανηρή διαδικασία (Heller et al., 2003). Επομένως, ένα περιβαλλοντολογικά βιώσιμο σύστημα παραγωγής βιομάζας είναι απαραίτητο να διέπεται από μειωμένες εισροές N και υψηλή αξιοποίηση της εφαρμοζόμενης αζωτούχου λίπανσης (Schulte auf'm Erley et al., 2005). Οι απαιτήσεις σε N και ο βαθμός αξιοποίησής του από τα φυτά είναι καθοριστικός παράγοντας για τη βιωσιμότητα μιας καλλιέργειας, τόσο για το κόστος παραγωγής, όσο και για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος.

Μεταξύ όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, το N θεωρείται ως το πλέον αναγκαίο στοιχείο για την ανόργανη θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών, καθώς ασκεί τη μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση, την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών, ενώ συχνά αποβαίνει περιοριστικός παράγοντας της γεωργικής παραγωγής. Τα φυτά ενσωματώνουν το N σε πολυάριθμες οργανικές ουσίες, όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα, χλωροφύλλη, αλκαλοειδή, βιταμίνες, ρυθμιστές αύξησης, οι οποίες παίζουν ζωτικό ρόλο στην αύξηση και ανάπτυξή τους. Η αύξηση και παραγωγικότητα μιας καλλιέργειας είναι αποτέλεσμα ενός μεγάλου αριθμού μεταβολικών διαδικασιών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της καλλιέργειας. Αν και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ένας ανεξάρτητος ρόλος του N, η παρουσία του φαίνεται να είναι καθοριστική για την αύξηση των καλλιεργούμενων φυτών.

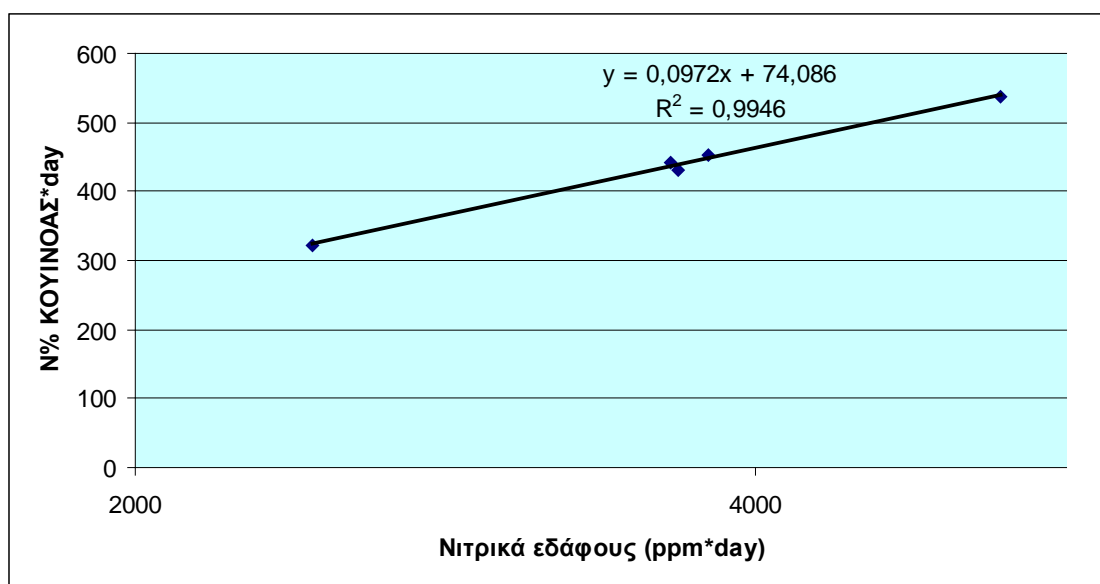


**Διάγραμμα 5.10:** Ρυθμός μεταβολής νιτρικών στο έδαφος (ppm/day) και του περιεχόμενου N(%) στην κοινότητα (N%/day)

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.10 ο Ρυθμός μεταβολής των νιτρικών στο έδαφος κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) αυξάνεται ανάλογα με το επίπεδο λίπανσης του εδάφους και συγκεκριμένα από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα ( 30% N) έδωσαν 2,66 φορές μεγαλύτερη τιμή από ότι οι 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (15% N). Ομοίως ο Ρυθμός μεταβολής των νιτρικών στο έδαφος επηρεάζεται από τα δύο συστήματα κατεργασίας του εδάφους με τιμές για το συμβατικό σύστημα κατεργασίας (CT) 1,6 φορές υψηλότερες σε σχέση με το σύστημα ελάχιστης κατεργασίας (MT).

Επιπρόσθετα ο Ρυθμός μεταβολής του περιεχόμενου N (%) της κοινόας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) δεν επηρεάζεται από το είδος της εδαφοκατεργασίας, ενώ αντίθετα παρουσιάζεται επίδραση του επιπέδου της εδαφικής λίπανσης στις τιμές του. Συγκεκριμένα από τα τρία είδη διαφορετικών επιπέδων λίπανσης οι 30 μονάδες Αζώτου / στρέμμα (30% N) έδωσαν 1,25 φορές μεγαλύτερη τιμή από ότι οι 15 μονάδες Αζώτου / στρέμμα και 1,87 φορές μεγαλύτερη τιμή από τον μάρτυρα (CON) (Διάγραμμα 5.10).

Με βάση τα παραπάνω παρουσιάζεται μια ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στον Ρυθμό μεταβολής των νιτρικών στο έδαφος και του Ρυθμού μεταβολής του περιεχόμενου N (%) της κοινόας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ) για τα 3 επίπεδα λίπανσης. Δηλαδή καταδεικνύεται ότι τα νιτρικά που απομακρύνονται από το έδαφος προσλαμβάνονται από την καλλιέργεια της κοινόας σε μεγάλο βαθμό.



**Διάγραμμα 5.11:** Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του συνολικού ποσού των νιτρικών στο έδαφος για 150 ΗΑΣ (ppm\*day) και του συνολικού περιεχόμενου N (%) στην κοινόα για 150 ΗΑΣ (N%\* day).

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.11 παρουσιάζεται θετική συσχέτιση σε μεγάλο βαθμό ( $R^2 = 0,9946$ ) του συνολικού ποσού των νιτρικών στο έδαφος (ppm\*day) και του συνολικού περιεχόμενου N (%) στην κοινόα (N%\* day) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (150ΗΑΣ).

Συμπερασματικά η καλλιέργεια της κοινόας αναδεικνύεται ως δυναμικός φυτοεξυγιαντής των υποβαθμισμένων εδαφικών οικοσυστημάτων από τη νιτρορύπανση (υπολείμματα λιπασμάτων) καθώς διαθέτει βαθύ ριζικό σύστημα που τα απορροφά πριν φτάσουν στα υπόγεια ύδατα.

Η μείωση του κόστους καλλιέργειας και η μείωση της διήθησης νιτρικών στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή εναλλακτικών τρόπων διαχείρισης του εδάφους και επιλογής των μορφών του N που θα προστεθούν, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας σε N και παράλληλα να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

## Ξένη Βιβλιογραφία

AOAC. 2009. Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Basinski J.J., Wetselaar R., Beech D.F., and Everson J.P., 1975. Nitrogen supply, Nitrogen uptake and cotton yields. *Cott.Gow.Rev.* 52,1

Baumont, R., S. Prache, M. Meuret and P. Morand-Fehr. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.* 64:15-28.

Berti, M., Wilckens, R., Hevia, F., Serri, H., Vidal, I., Mendez, C., 2000. Fertilizacion nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ciencia Investigacion Agraria*, 27, pp.81-90.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D., 2010. Mineral composition in foliage of some cultivated and wild species of *Chenopodium*. *Span. J. Agric. Res.*, 8 (2), pp.371-376.

Bhargava, A., Shukla, S., Srivastava, J., Singh, N., and Ohri, D., 2008. *Chenopodium*: a prospective plant for phytoextraction. *Acta Physiol. Plant.*, 30, pp.111–120.

Bhargava, A., S. Shukla and D. Ohri. 2007. Effect of sowing dates and row spacings on yield and quality components of quinoa (*Chenopodium quinoa*) leaves. *Indian J. Agric. Sci.* 77(11):748-751.

Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D., 2006. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. *Industr. Crops Prod.*, 23, pp.73-87. DOI: 10.1016/j.indcrop.2005.04.002.

Bilalis, D., Travlos, I., Karkanis, Gournaki, M., Katsenios, G., Hela, D., and Kakabouki, I., 2013. Evaluation of the allelopathic potential of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd). *Ardi Fundulea, Romanian Agricultural Research*, 30, pp. 1222-4227.

Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V. and Hela, D., 2012. Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj- Napoca*, 40 (1), pp.42-46.

Bilalis, D.J., Karkanis, A., Papastylianou, P., Patsiali, S., Athanasopoulou, M., Barla G. and Kakabouki, I., 2010. Response of organic linseed (*Linum usitatissimum* L.) to the combination of tillage systems, (minimum, conventional and no-tillage) and fertilization practices: Seed and oil yield production. *Aust. J. Crop. Sci.*, 4 (9), pp.700-705.

Bremer J. M. 1960. Determination of nitrogen in soil by kjedahl method. *J. Agr. Sci.* 55:1-23.

Christensen, S. A., Pratt, D. B., Pratt, C., Stevens, M. R., Jellen, E. N., Coleman, C. E. et al., 2007. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant. Genet. Res.*, 5, pp.82–95.

Ciampitti A., Ignacio and Vyn J. Tony 2011 . A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages *Field Crops Research* 121 2–18



- Ciganda, V., Gitelson, A., Schepers, J., 2008. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative crop vigor indicator by means of reflectance-based techniques. *Agron. J.* 100, 1409–1417.
- Cossani, C.M., Slafer, G.A., Savin, R., 2011b. Do barley and wheat (bread and durum) differ in grain weight stability through seasons and water–nitrogen treatments in a Mediterranean location? *Field Crops Res.* 121, 240–247.
- Danielsen, S., Bonifacio, A. and Ames, T., 2003. Diseases of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Rev. Int.*, 19, pp.43–59.
- De Paz JM, & Ramos, C. 2004: Simulation of nitrate leaching for different nitrogen fertilization rates in a region of Valencia (Spain) using a GIS– GLEAMS system. *Agric Ecosyst Environ* 103: 59– 73.
- Dugalić, G., B. Gajić, N. Bokan, M. Jelić, Z. Tomić and R. Dragović. 2012. Liming increases alfalfa yield and crude protein content in an acidic silty loam soil. *Afr. J. Biotechnol.* 53:11552-11558.
- Echarte, L., Rothstein, S., Tollenaar, M., 2008. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Sci.* 48, 656–665.
- Fatemeh, R., Plauborg, F., Jacobsen, Sven-Erik., . Jensen, C, R., Andersen M. N., 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. *Agricultural Water Management*, 109, pp. 20– 29.
- Flatham, P. E., and Lanza, G. R. (1998). "Phytoremediation: Current reviews on an emerging technology". *Journal of Soil Contamination*, Vol. 7, pp. 415-432.
- Forde, GB., 2002. The role of long-distance signalling in plant responses to nitrate and other nutrients. *Journal of Experimental Botany* 53: 39-43.
- Geisseler, D., 2009. Significance of organic nitrogen uptake from plant residues by soil microorganisms as affected by carbon and nitrogen availability. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, pp.1281–1288.
- Gonzalez, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M. and Pradoc, F. E., 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *J. Sci. Food. Agric.*, 92, pp.1222–1229.
- Hartel R.W., D.B. , Howell H, T ., 2008. *Math Concepts for Food Engineering*. Taylor and Francis
- Heller MC, Keoleian GA, & Volk, TA. 2003: Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass Bioenergy* 25, 147–165.
- Hellin, J., Hgman, S., 2003. Quinoa and food security. In: J. Hellin, S. Hgman (eds), *Feeding the Market: South American Farmers, Trade and Globalization*. Intermediate Technology Development Group (ITDG) Publishing, London, UK, pp.131-168

- Jacobsen, S.E., 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev Int*, 19, pp.167-177.
- Jacobsen, S.E., 1997. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmentalattern. *Euphytica*, 96, pp.41-48.DOI:10.1023/A:1002992718009.
- Johnson A. Holly and Biondini E.Mario, 2001.Root morphological plasticity and nitrogen uptake of 59 plant species from the Great Plains grasslands, U.S.A.*Basic Appl. Ecol.* 2, 127–143
- Jacobsen SE,2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev Int* 19:167-177.
- Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G., Tsiplakou, E., and Hela, D., 2014. Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. *Emir. J. Food Agric.*, 26 (1), pp.18-24. <http://www.ejfa.info/>
- Kering, M. K., J. Guretzky, E. Funderburg and J. Mosali. 2011. Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in Midland bermuda grass. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 42:1958-1971.
- Kristensen, H.L., Thorup-Kristensen, K., 2004. Root growth and nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 529–537.
- Kuntze H., G. Roeschmann and G. Schwerdtfeger. 1988. “*Bodenkunde*”. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Kuljanabhadgavad, T., Wink, M., 2009. Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochem Rev* 8, pp.473-490.
- Kutra G, & Aksomaitiene, R. 2003: Use of nutrient balances for environmental impact calculations on experimental field scala. *Eur J Agron* 20: 127–135.
- Li, Y. M., Chaney, R., Brewer, E., Roseberg, R., Angle, J. S., Baker, A., Reeves, R., and Nelkin, J.: Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations, *Plant Soil*, 249, 107–115, 2003
- Lemaire G, Recous S, & Mary, B. 2004: Managing residues and nitrogen in intensive cropping systems. New understanding for efficient recovery by crops. "New directions for a diverse planet". In: *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26/9-1/10 2004, Brisbane, Australia.*
- Looc, w., Mistele, B., Schmidhalte, U., 2012. Assessing the vertical footprint of reflectance measurements to characterize nitrogen uptake and biomass distribution in maize canopies. *Field Crops Research* 129 14–20
- Mackova, M. et al. eds,2006. *Phytoremediation and Rhizoremediation: Theoretical Background*, Springer.

- Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, Ch., Gaufichon, L., and Suzuki, A., 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Nitrogen in agricultural plants. Review: Part of a special issue on plant nutrition. *Annals of Botany*, 105, pp.1141–1157.
- McCutcheon, S.C. and Schnoor, J.L., eds, 2003. *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*, Wiley
- Quanbao, Y., Hongcheng, Z., Haiyan, W., Ying, Z., Benfo, W., Ke, X., Zhongyang, H., Qigen, D., Ke, X., 2007, Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. *Agric. China* 1(1): 30-36.
- Razzaghi, F., F. Plauborg, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen and M. N. Andersen. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. *Agric. Water Manage.* 109:20-29.
- Razzaghi, F. 2011. Acclimatization and agronomic performance of quinoa exposed to salinity, drought and soil-related abiotic stresses. Ph.D. Thesis. Department of Agroecology Science and Technology. Aarhus University. pp:1-124
- Raskin, I., Salt, D., Kramer, U. and Schulman, R., 1998. "Phytoremediation: Green and Clean". *Acta Horticulture*, Vol. 457, pp. 329-331.
- Rehman, H., Chandna, R., Ahmad, A., Iqbal, M., 2012. Physiological and Molecular Analysis of Applied Nitrogen in Rice. *Rice Science* 19(3): 213–222
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S.E., 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* -*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.*, 19 (1-2), pp.179-189. DOI: 10.1081/FRI-120018884.
- Schjonning, P., S. Elmholt and B.T. Christensen (2004). Soil quality management, synthesis. In: Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T. (Eds.), *Managing Soil Quality: Changes in Modern Agriculture*. 315–333.
- Schulte-auf'm-Erley, G., Kaul, H. P., Kruse, M. and Aufhammer, W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.*, 22, pp.95-100.
- Schmidt U, Thoeni H, & Kaupenjohann, M. 2000: Using a boundary line approach to analyze N<sub>2</sub>O flux data from agricultural soils. *Nutr Cyc Agroecosyst* 57: 119–129.
- Shao, H., Chu, L. Y., Xu, G., Yan, K., Zhang, L. H., and Sun, J. N. Progress in phytoremediating heavy-metal contaminated soils, in: *Detoxification of Heavy Metals*, edited by: Sherameti, I. and Varma, A., Springer, 73–90, 2011.
- StatSoft, Inc. (1996). *STATISTICA for Windows* [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2300 East 14th Street, Tulsa, OK 74104, phone: (918) 749-1119, fax: (918) 749-2217, email: info@statsoftinc.com, WEB: <http://www.statsoftinc.com>

- Tangyuan Ning, Yanhai Zheng , Huifang Han, Gaoming Jian., Zengjia Li, 2012 . Nitrogen uptake, biomass yield and quality of intercropped spring- and summer-sown maize at different nitrogen levels in the North China Plain. *Biomass and Bioenergy* 47, 91-98.
- Tayefe, M., Gerayzade A., Amiri, E., Nasrollah Zade, A., 2011. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, nitrogen use efficiency of rice. *International Conference on Biology, Environment and Chemistry IPCBEE vol.24 (2011) © (2011)IACSIT Press, Singapore*
- Tueche, J. R. and S. Hauser. 2011. Maize (*Zea mays L.*) yield and soil physical properties as affected by the previous plantain cropping systems, tillage and nitrogen application. *Soil Tillage Res.* 115–116:88-93.
- VanBavel C. M., 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 14: 20-23.
- Van Oosterom, E.J., Chapman, S.C., Borrell, A.K., Broad, I.J., Hammer, G.L., 2010. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum. I. N demand of vegetative plant parts. *Field Crops Res.*, 115, pp.19–28.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. and Martínez, E. A., 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), an ancient Andean grain: a review. *J. Sci. Food Agric.*, 90, pp.2541-2547.
- Walkley A. & Black I. A. , 1934. An examination of the Degtjareff methods for determining soil organic and a proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Wang, Z., Wang, J., Zhao, C., Zhao, M., Huang, W., Wang, C., 2005. Vertical distribution of nitrogen in different layers of leaf and stem and their relationship with grain quality of winter wheat. *J. Plant Nutr.* 28, 73–91.
- Yuntao, F., Jigen, L., Qiangguo, C., 2013. *Bulletin UASVM Horticulture*, 70(1)/2013, 19-25 Print ISSN 1843-5254; Electronic ISSN 1843-5394
- Zhang. B., and Horn, R. 2001. Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. *Geoderma* 99: 123-145.
- Zulfiqar, S., Wahid, A., Farooq, M., Maqboo, N. and Arfan, M., 2012. Phytoremediation of soil Cadmium using *chenopodium* species. *Pak. J. Agri. Sci.*, Vol. 49(4), 435-445.

## **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Αθανασοπούλου, 2010. Μεταπτυχιακή μελέτη. Επίδραση της χλωρής λίπανσης και του συστήματος κατεργασίας στην ανάπτυξη και την απόδοση του λιναριού.

Ζαμπετάκης Α.Λ., Μάνιος Β.Θ., Καρατζάς Γ, 2005. Καινοτόμες μέθοδοι εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων. Η τεχνολογία της εξυγίανσης.

Καραμάνος, Α., 1993. Γενική γεωργία –Μέρος Ι. Στο εναέριο περιβάλλον, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μπιλάλης, Δ., 1999. Μελέτη συστημάτων εδαφοκατεργασίας-σποράς με και χωρίς λίπανση σε φυτικές και εδαφικές παραμέτρους σε μία ζετή αμειψισπορά. Διδακτορική Διατριβή.

Σιδηράς, Κ.Ν., 2002. Εδαφικό περιβάλλον. Πανεπιστημιακό βιβλίο για το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.