

# Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΜΣ «Επιστήμες και Συστήματα Φυτικής Παραγωγής»

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

“Αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του αζώτου σε ποικιλίες βυνοποιήσιμου κριθαριού κατά την εφαρμογή δύο τύπων αζωτούχων λιπασμάτων (βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης πρόσληψης)”



Σταύρος Δ. Μπουρουγιάννης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Γ. Οικονόμου

**ΑΘΗΝΑ 2016**

# Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής



### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

“Αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του αζώτου σε ποικιλίες βυνοποιήσιμου κριθαριού κατά την εφαρμογή δύο τύπων αζωτούχων λιπασμάτων (βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης πρόσληψης)”

Σταύρος Δ. Μπουρουγιάννης

#### **Εξεταστική Επιτροπή**

Γ. Οικονόμου – Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Δ. Μπουράνης, Καθηγητής

Κ. Οιχαλιώτης, Επίκουρος Καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την καλλιεργητική περίοδο 2014-2015 μελετήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα, η αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του αζώτου κατά την εφαρμογή δύο τύπων αζωτούχων λιπασμάτων, βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης απορρόφησης, σε πέντε γονοτύπους κριθαριού και συγκεκριμένα στις ποικιλίες «Charles», «Fortuna», «Zhana», «Asta» και «Grace». Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η φαινολογία τους, το βάρος της ξηράς ουσίας κατά την άνθηση και την συγκομιδή, η περιεκτικότητα των φυτών σε άζωτο καθώς και η κίνησή του εντός αυτών. Επίσης μελετήθηκε ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ, οι στάχεις/m<sup>2</sup>, η απόδοση σε καρπό και ο δείκτης συγκομιδής. Τέλος μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τους παραγόμενους σπόρους κατάλληλους για βυνοποίηση, δηλαδή το ποσοστό της πρωτεΐνης στους κόκκους και το μέγεθος αυτών.

Ο βιολογικός κύκλος των φυτών επηρεάστηκε από την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης αλλά και από τον τύπο του λιπάσματος που εφαρμόστηκε. Οι ποικιλίες μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την πρωιμότητά τους.

Οι επεμβάσεις λίπανσης επηρέασαν στατιστικά σημαντικά, τον αριθμό των στάξεων/m<sup>2</sup>, την περιεκτικότητα σε N των βλαστικών μερών κατά την συγκομιδή, την μετακίνηση και ικανότητα μετακίνησης του N και τον δείκτη συγκομιδής αζώτου. Επίσης, μεταξύ των ποικιλιών υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε N των βλαστικών μερών κατά την συγκομιδή, στην μετακίνηση και ικανότητα μετακίνησης του N, τον δείκτη συγκομιδής αζώτου, στον αριθμό κόκκων ανά στάχυ, στο βάρος 1000 κόκκων και στην απόδοση σε καρπό.

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, το μέγεθος σπόρου επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τη λίπανση και την ποικιλία. Αντίθετα η πρωτεΐνη των καρπών δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τους παραπάνω παράγοντες.

Υψηλές τιμές πρωτεΐνης καταγράφηκαν σχεδόν από όλες τις ποικιλίες που δέχτηκαν αζωτούχο λίπανση. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις ιδιαίτερα ξηροθερμικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των καρπών και οι οποίες επηρέασαν την αναλογία υδατανθράκων και αζώτου. Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι το 53-81% της συνολικής ποσότητας του αζώτου που αποθηκεύτηκε στα βλαστικά τμήματα του φυτού (φύλλα + στελέχη) μέχρι και την άνθηση, επανακινητοποιήθηκε τελικά προς τους καρπούς.

Τα φυτά της ποικιλίας Zhana παρουσίασαν καλύτερη συμπεριφορά σχεδόν σε όλα τα χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ποικιλίες και ειδικότερα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Εμφάνισε το υψηλότερο ποσοστό σπόρων κατάλληλων για βυνοποίηση σε όλες τις επεμβάσεις λίπανσης (>89,94%), ενώ ήταν η μοναδική ποικιλία που η περιεκτικότητα των καρπών της σε πρωτεΐνη κατάφερε να παραμείνει εντός των ορίων που έχει θέσει η βιομηχανία, σε όλες της επεμβάσεις λίπανσης και ανεξάρτητα από τις πολύ άσχημες καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την περίοδο του γεμίσματος.

“Efficiency of nitrogen utilization in malting barley by applying two types of nitrogen fertilizers (slow-release and immediate absorption)”

## **ABSTRACT**

The 2014-2015 growing season was studied in the experimental field of the Agricultural University of Athens at Spata, the efficiency of nitrogen utilization by applying two types of nitrogen fertilizers, slow-release and immediate absorption, five genotypes of barley and specifically varieties «Charles», «Fortuna »,« Zhana »,« Asta »and« Grace ». The characteristics studied were: phenology, the weight of the dry substance during flowering and harvest, their nitrogen content and its translocation in the plants. The number of plant height during harvest, grains per spike, yield and harvest index were also studied. Finally, the research studied the characteristics which make the produced grains suitable for malting, the percentage of protein in the grains and their size.

The biological cycle of the plants was affected by the application of nitrogen fertilization and the type of fertilizer applied. Varieties showed statistically significant differences in their precocity.

The two types of fertilizer affected statistically significant the percentage of nitrogen content of plants during harvest, the nitrogen translocation and efficiency, nitrogen harvest index and grain size. Also, varieties had statistically significant differences in nitrogen content of plants during harvest, the nitrogen translocation and efficiency, nitrogen harvest index, seed size, grain per spike, thousand kernel weight and grain yield.

As regards the quality characteristics, the seed size was significantly influenced by fertilization and variety. On the contrary, the protein of the grain was not affected significantly by the above factors.

Higher protein values were recorded from almost all the varieties nitrogen fertilization was used. This may be due to the very hot and dry conditions that prevailed during the filling of grain, which affected the carbohydrate and nitrogen ratio. This study showed that 53 to 81% of the total amount of nitrogen stored in plant parts (leaves + straws) until anthesis was translocated to grains.

The plants of Zhana variety showed better performance in almost all characteristics compared to other varieties and especially the quality characteristics. This variety showed the highest grain suitable for malting in all fertilization levels (> 89.94%), while it was the only variety with grain protein within the limits set by the industry, all the fertilization procedures and notwithstanding the very bad weather conditions during the filling period.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1 Το κριθάρι.....   | 7         |
| 1.2 Η λίπανση στο κριθάρι .....   | 9         |
| 1.3 Η λίπανση στη γεωργική παραγωγή.....  | 10        |
| 1.3.1 Λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης (ΛΒΑ).....   | 11        |
| 1.3.2 Διαφορές λιπασμάτων βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης πρόσληψης....                     | 12        |
| 1.4 Ο ρόλος του αζώτου στο φυτό.....  | 14        |
| 1.4.1 Η κατανομή και μετακίνηση του αζώτου στα φυτά.....                                      | 16        |
| 1.4.2 Πρόσληψη και μεταφορά νιτρικών ιόντων εντός του φυτικού σώματος.....                    | 18        |
| 1.4.2.1 Πρόσληψη νιτρικών από τη ρίζα .....   | 18        |
| 1.4.3 Η πρόσληψη και μεταφορά των αμμωνιακών ιόντων από τα φυτά.....                          | 20        |
| 1.4.4 Η πρόσληψη οργανικού αζώτου .....   | 21        |
| 1.4.5 Η αφομοίωση του αζώτου από τα φυτά .....  | 22        |
| 1.4.6 Συνέργεια στη θρέψη των φυτών με νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα.....                       | 26        |
| 1.4.7 Τοξικότητα αμμωνίου .....   | 28        |
| 1.5 Η πρωτεΐνη στον καρπό.....  | 28        |
| 1.6 Αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE) 30               |           |
| 1.6.1 Η σημασία της αποτελεσματικότητας της χρήσης του αζώτου (nitrogen use efficiency) ..... | 30        |
| 1.6.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του αζώτου.....                        | 30        |
| <b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>  | <b>32</b> |
| 2.1 Γενικά 32   |           |
| 2.1.1 Επιλογή γενετικού υλικού .....  | 32        |
| 2.1.2 Πειραματικό σχέδιο.....   | 33        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2 Καλλιεργητικά στοιχεία .....   | 34        |
| 2.2.1 Εδαφοκατεργασία .....  | 34        |
| 2.2.2 Σπορά 34   |           |
| 2.2.3 Καταπολέμηση ζιζανίων .....  | 34        |
| 2.3 Παρατηρήσεις-Προσδιορισμοί.....  | 35        |
| 2.3.1 Φαινολογία.....  | 35        |
| 2.3.2 Φυσιολογικές παράμετροι.....   | 36        |
| 2.3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά .....  | 38        |
| 2.3.4 Συστατικά απόδοσης.....  | 38        |
| 2.4 Στατιστική Ανάλυση.....  | 40        |
| 2.5 Άποψη του πειραματικού αγρού στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της φυτείας...40       |           |
| <b>3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>  | <b>43</b> |
| 3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα .....   | 43        |
| 3.2. Φαινολογία .....  | 44        |
| 3.2.1. Εκτίμηση του βιολογικού κύκλου με την κλίμακα Zadoks .....                    | 44        |
| 3.2.2 Ύψος φυτών .....   | 48        |
| 3.2.3 Εκτίμηση της πρωιμότητας.....  | 50        |
| 3.3 Φυσιολογικές παράμετροι .....  | 53        |
| 3.3.1 Περιεκτικότητα, μετακίνηση και αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου .....          | 53        |
| 3.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....   | 57        |
| 3.4.1 Περιεκτικότητα καρπών σε πρωτεΐνη.....   | 57        |
| 3.4.2 Μέγεθος καρπών .....   | 58        |
| 3.4.3 Το μέγεθος και η πρωτεΐνη των καρπών και η σχέση τους με άλλες μεταβλητές..... | 61        |
| 3.5 Συστατικά απόδοσης .....   | 63        |
| 3.5.1 Ξηρό βάρος φυτών .....   | 63        |
| 3.5.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ .....   | 65        |



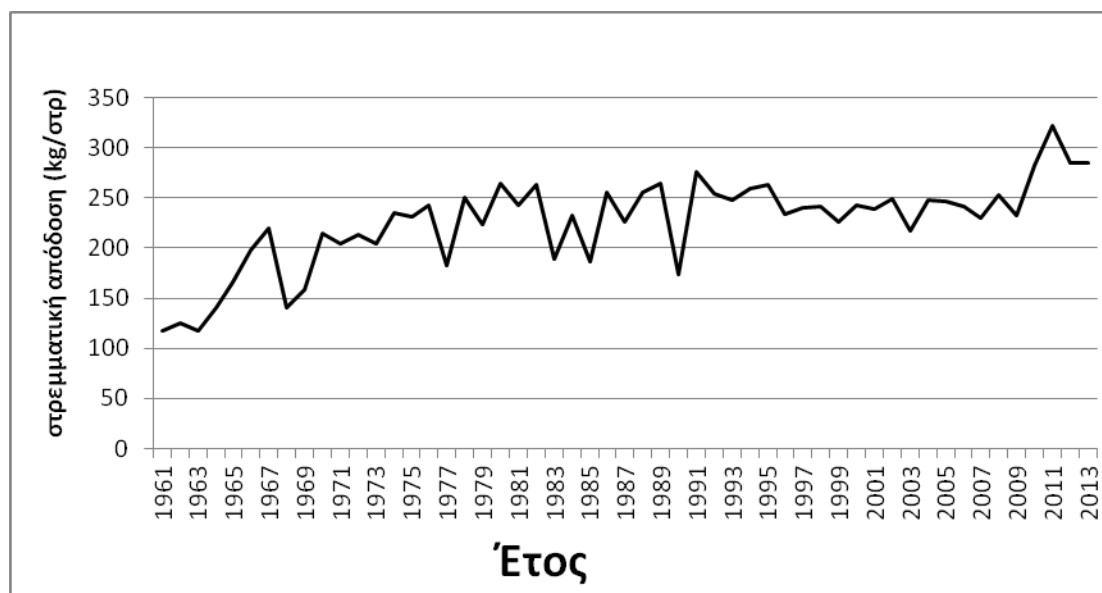
|  |           |
|--|-----------|
| 3.5.3 Αριθμός στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο.....    | 66        |
| 3.5.4 Βάρος 1000 κόκκων.....                       | 68        |
| 3.5.5 Απόδοση σε καρπό.....                        | 69        |
| 3.5.6 Συντελεστής συγκομιδής (Harvest Index) ..... | 70        |
| <b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>                       | <b>72</b> |
| <b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                       | <b>74</b> |
| 5.1 Ελληνική.....                                  | 74        |
| 5.2 Ξένα 75  |           |
| <b>6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>                          | <b>86</b> |



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Το κριθάρι

Το κριθάρι είναι η τέταρτη σημαντικότερη καλλιέργεια παγκοσμίως μετά το σιτάρι, καλαμπόκι και ρύζι (Μπλαδενόπουλος και Ματσούκας, 2000). Στην Ελλάδα καταλαμβάνει την τρίτη θέση σε έκταση μετά το μαλακό και σκληρό σιτάρι, η ετήσια παραγωγή μας σε κριθάρι το 2013 έφτασε τους 353.000 τόνους. Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations), από το 1961 μέχρι το 2013 η στρεμματική απόδοση αυξήθηκε από 117 kg/στρ σε 285 kg/στρ. Στο Διάγραμμα 1.1 φαίνεται η πορεία της στρεμματικής απόδοσης στην Ελλάδα.



**Διάγραμμα 1.1.** Η χρονική πορεία της στρεμματικής απόδοσης του κριθαριού από το 1961 έως το 2013 (πηγή: FAOstat).

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) ανήκει στο γένος *Hordeum*, στο τμήμα *Cerealia*, στην οικογένεια των αγρωστωδών (*Poaceae*) και είναι διπλοειδές ( $2n=14$ ). Ένα ώριμο φυτό κριθαριού αποτελείται από α) τις ρίζες, β) τα στελέχη (το βασικό και των αδελφιών) που αποτελούνται από κενά μεσογονάτια διαστήματα και 5-7 συμπαγή γόνατα, γ) τα φύλλα, που αποτελούνται από τον κολεό, το έλασμα, τα γλωσσίδα και τα ωτίδια, δ) ένα στάχυ στην κορυφή κάθε στελέχους, το οποίο απαρτίζεται από σταχύδια οργανωμένα σε ομάδες των τριών που εναλλάσσονται σε κάθε γόνατο της ράχης, ε) τα σταχύδια που προαναφέρθηκαν και αποτελούνται από ένα ανθίδιο και δύο λέπυρα (εξωτερικά), στ) τα αυτεπικονιαζόμενα ανθίδια που

αποτελούνται από το χιτώνα και τη λεπίδα που εσωκλείουν τα αναπαραγωγικά όργανα και ζ) τους σπόρους. Όταν και τα τρία σταχύδια σε κάθε γόνατο της ράχης είναι γόνιμα, τότε δημιουργούνται τρεις στήλες σπόρων σε κάθε πλευρά της ράχης και το κριθάρι λέγεται εξάστιχο. Όταν μόνο το κεντρικό σταχύδιο είναι γόνιμο, το κριθάρι ονομάζεται δίστιχο.

Το κριθάρι περιλαμβάνει τρία καλλιεργούμενα είδη και δύο άγρια, όλα με  $n=14$  χρωμοσώματα. Όλα τα είδη διασταυρώνονται εύκολα μεταξύ τους δίνοντας γόνιμους απογόνους.

Οι ποικιλίες του κριθαριού κατατάσσονται με διάφορα κριτήρια, όπως αναφέρει ο Σφήκας (1995) και η Παπακώστα-Τασοπούλου (2008). Με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τα στελέχη του κριθαριού διαφέρουν στο ύψος, την αντοχή τους στο πλάγιασμα και στο σχήμα του λαιμού. Τα φύλλα διαφέρουν στο σχήμα, στο τρίχωμα των κολεών, στο χρώμα, στο μήκος και στο πλάτος, χαρακτηριστικά που επηρεάζονται πολύ από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Πιο σταθερά θεωρούνται τα χαρακτηριστικά του στάχους, όπως οι σειρές των ανθέων και κόκκων, η πυκνότητα των σταχυδίων, τα λέπυρα και η ευκολία αλωνισμού. Τα λέπυρα συνήθως δεν αποχωρίζονται από τον κόκκο, όμως υπάρχουν και γυμνοί τύποι που μοιάζουν με τον κόκκο του σιταριού. Διαφορές παρατηρούνται και στο χρώμα, το σχήμα, το βάρος και το μήκος του κόκκου, όμως δεν θεωρούνται σημαντικές. Τέλος, οι ποικιλίες, ανάλογα με τις σειρές των κόκκων στον στάχυ, διακρίνονται σε δίστιχες και εξάστιχες.

Οι ποικιλίες βάσει των φυσιολογικών τους διαφορών χαρακτηρίζονται χειμερινές ή εαρινές. Επίσης, διαφέρουν ως προς την πρωιμότητα, τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, την περίοδο του λήθαργου του σπόρου, την αντοχή τους στο ψύχος, την ξηρασία, τα άλατα του εδάφους και τις ασθένειες.

Οι ποικιλίες διακρίνονται και με βάση τη χρήση τους σε κτηνοτροφικές, ζυθοποιίας και διπλής χρήσης (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2008). Οι ποικιλίες ζυθοποιίας δίνουν σπόρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζωοτροφή, δεν ισχύει όμως το αντίθετο. Στην Ευρώπη, όπως και στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται οι δίστιχες ποικιλίες για παραγωγή ζύθου, ενώ στην Αμερική οι εξάστιχες.

Το κριθάρι, όπως αναφέρει η Παπακώστα - Τασοπούλου (2008), έχει μεγάλη διάδοση λόγω της ευρείας προσαρμοστικότητάς του. Καλλιεργείται στο μεγαλύτερο εύρος γεωγραφικού πλάτους και υψομέτρου από κάθε άλλη καλλιέργεια. Είναι λιγότερο ανθεκτικό από ό,τι το σιτάρι στις χαμηλές θερμοκρασίες (το κριθάρι

εμφανίζει προβλήματα σε παρατεταμένες θερμοκρασίες  $-12^{\circ}\text{C}$  έως  $-15^{\circ}\text{C}$ ), ενώ κάτω από το χιόνι αντέχει έως και  $-30^{\circ}\text{C}$ . Οι φθινοπωρινοί τύποι είναι πιο ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες από τους ανοιξιάτικους. Όσον αφορά τις υψηλές θερμοκρασίες, το κριθάρι παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με το σιτάρι, σε βαθμό που ποικιλίες θερμών κλιμάτων, όταν πλησιάζουν στην ωρίμανση, αντέχουν χωρίς σημαντική επίπτωση στην απόδοση σε θερμοκρασίες έως και  $45^{\circ}\text{C}$ .

Οι πρώιμοι βιότυποι του κριθαριού σπέρνονται και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Γενικά, το κριθάρι δεν αντέχει την ξηρασία και αναπτύσσεται καλύτερα με μέτριες βροχοπτώσεις. Βέβαια, ορισμένες ποικιλίες αξιοποιούν πολύ καλά το πρόσθετο νερό, τριπλασιάζοντας ή και τετραπλασιάζοντας τις αποδόσεις τους. Υπάρχουν ποικιλίες κριθαριού που ωριμάζουν σε 60-70 ημέρες και με ανοιξιάτικη σπορά μπορούν να αξιοποιούν περιοχές με μικρή βλαστική περίοδο και ξηροθερμικές συνθήκες. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει στο κριθάρι να ωριμάζει νωρίς, αποφεύγοντας την καλοκαιρινή ξηρασία. Έτσι, αποδίδει σε ξηροθερμικές συνθήκες λόγω της πρωιμότητας του και όχι λόγω της αντοχής του στην ξηρασία. Σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη καλλιεργείται ως ανοιξιάτικο σιτηρό. Για όλα αυτά και επειδή αποτελεί εξαιρετική ζωοτροφή, υποκαθιστά το σιτάρι στα πτωχά και μέσης γονιμότητας εδάφη, όπου αποδίδει περισσότερο (Σφήκας, 1995).

Το κριθάρι, από πλευράς εδάφους, προσαρμόζεται καλύτερα σε βαθιά πηλώδη εδάφη, γόνιμα, με καλή αποστράγγιση και pH 6-8. Προτιμά μέτρια γονιμότητα, ενώ σε πολύ πλούσια εδάφη εμφανίζει πλάγιασμα των φυτών. Είναι το χειμερινό σιτηρό με τη μεγαλύτερη αντοχή στα άλατα και την αλκαλικότητα του εδάφους, ενώ είναι πολύ ευαίσθητο στην οξύτητα και στην υγρασία του εδάφους (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2008).

## 1.2 Η λίπανση στο κριθάρι

Η λίπανση αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των σιτηρών και συγκεκριμένα η αζωτούχος λίπανση είναι η κυρίως χρησιμοποιούμενη στην καλλιέργεια του κριθαριού στην Ελλάδα και παγκόσμια. Η αποτελεσματική διαχείριση του αζώτου είναι καθοριστική για την εξασφάλιση της μέγιστης οικονομικής απόδοσης και της μείωσης των δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον (Campbell κ.α., 1993). Ειδικότερα, η εκτεταμένη και πολλές φορές αλόγιστη χρήση των χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων οδήγησε σε ρύπανση των υπογείων νερών λόγω της έκπλυσης των νιτρικών και σε υποβάθμιση των εδαφών με

αποτέλεσμα να δημιουργηθούν προβλήματα στις καλλιέργειες και στη δημόσια υγεία (Van Alphen και Stoorvogel, 2000). Έτσι, η ορθολογική χρήση των χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων είναι ένα από τα πιο σημαντικά θέματα στην ελληνική γεωργία. Η καλύτερη αξιοποίηση του N από τις καλλιέργειες μειώνει τις απώλειες N και ελαχιστοποιεί την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Η μετακίνηση του N από τα βλαστικά μέρη του φυτού στους αναπτυσσόμενους κόκκους των σιτηρών μπορεί να τροφοδοτήσει τους κόκκους με N σε συνθήκες έλλειψης N ή σε περιόδους ξηρασίας ή καταπόνησης από άλλα αίτια. Παρόλο που έχουν πραγματοποιηθεί πολλά πειράματα λίπανσης με N στην απόδοση του κριθαριού δεν έχει διευκρινιστεί ο ρόλος και η επίδρασή της στη μετακίνησή τους μέσα στο φυτό καθώς και οι παράγοντες που την επηρεάζουν (σχέση πηγής-αποδέκτη).

### **1.3 Η λίπανση στη γεωργική παραγωγή**

Η αποτελεσματική χρήση των λιπασμάτων είναι βασικός συντελεστής στη γεωργική παραγωγή πρέπει να χρησιμοποιείται κατά το δυνατόν ορθολογικά. Η γνώση των ιδιοτήτων του εδάφους, των αναγκών των καλλιεργειών σε θρεπτικά στοιχεία και των κλιματικών δεδομένων βοηθούν στη χορήγηση κατάλληλου τύπου ποσότητας λίπανσης για να αυξήσουμε την απόδοση των θρεπτικών ουσιών (Nutrient Use Efficiency).

Το διαθέσιμο άζωτο μετά την λίπανση στα σιτηρά μπορεί να φτάσει το 30% με 50% (Craswell και Godwin 1984). Οι μεγάλες αυτές απώλειες οφείλονται στην υψηλή διαλυτότητα των αζωτούχων λιπασμάτων και τη μη προσρόφιση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος όπου επιτρέπει την εύκολη μετακίνησή τους μέσω του νερού σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, απομακρύνοντας τα από ενεργό ριζόσφαιρα. Η μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρικά γίνεται ταχύτατα, ενώ παράλληλα έχουμε μεγάλες αέριες απώλειες αμμωνίας και νιτρικών λόγω απονίτρωσης (Γκαντίδης και άλλοι 1989; Σετάτου & Σιμώνης, 1994; Αλμαλιώτης & Παρούσης, 1995).

Βελτίωση στην αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων προσφέρουν διάφορες χημικές ενώσεις που ασκούν παρεμποδιστική δράση στο μηχανισμό της νιτροποίησης και στην ουρέαση. Οι παρεμποδιστές της νιτροποίησης καθυστερούν την βακτηριακή οξείδωση του αμμωνιακού ιόντος, αδρανοποιώντας για ένα χρονικό διάστημα την δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων (Nitrosomonas). Οι παρεμποδιστές της

ουρεάσης αδρανοποιούν για ένα χρονικό διάστημα την ουρεάση που είναι υπεύθυνη για την υδρόλυση της ουρίας, την μετατροπή δηλαδή του αμιδικού αζώτου σε αμμωνιακές ενώσεις και αμμωνιακά ιόντα.

### 1.3.1 Λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης (ΛΒΑ)

Λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης ή ελεγχόμενης απελευθέρωσης θεωρούνται τα λιπάσματα εκείνα που απελευθερώνουν τα θρεπτικά τους στοιχεία στο έδαφος κατά τρόπο ανάλογο με τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών. Τα ΛΒΑ στοχεύουν στον έλεγχο της απελευθέρωσης των ευκίνητων στο έδαφος θρεπτικών στοιχείων. Το άζωτο, το βόριο και σε ελαφρά αμμώδη εδάφη και το κάλιο είναι τα στοιχεία που παρασύρονται εύκολα με το νερό κάτω από την ενεργό ζώνη των ριζών. Για τα άλλα θρεπτικά στοιχεία τα ΛΒΑ συνήθως δεν πλεονεκτούν έναντι των κοινών λιπασμάτων (Joyce et al., 1988).

Από τεχνικής απόψεως ένα λίπασμα θεωρείται ότι είναι ΛΒΑ, όταν υπό συγκεκριμένες συνθήκες και σε θερμοκρασία 25° C εκπληρώνει τα παρακάτω κριτήρια (Association of American Plant Food Control Officials 1995):

- 1) δεν απελευθερώνει περισσότερο από 15% των συστατικών του σε 24 ώρες,
- 2) δεν απελευθερώνει περισσότερο από 75% των συστατικών του σε 28 ημέρες,
- 3) απελευθερώνει περίπου το 75% των συστατικών του στο χρόνο που αναφέρει ο κατασκευαστής.

Τα κυριότερα ΑΒΑ είναι αυτά που παρασκευάζονται με επικάλυψη των κόκκων υδατοδιαλυτών λιπασμάτων με ένα πορώδες, ή ένα βραδέως αποδομούμενο υλικό. Στα υλικά αυτά περιλαμβάνονται κυρίως το περατό πολυαιθυλένιο, τα κεριά και το θειάφι. Η απελευθέρωση εξαρτάται από τη σύσταση και τις φυσικές ιδιότητες του λιπάσματος, και από τη σύσταση και το πάχος του περιβλήματος (Hassan et al., 1992). Επίσης, εξαρτάται από τις φυσικές συνθήκες του περιβάλλοντος, με κυριότερη τη θερμοκρασία, η αύξηση της οποίας επιταχύνει το ρυθμό απελευθέρωσης, ενώ αντίθετα μείωσή της τον επιβραδύνει (Conover & Poole, 1987, Gandeza et al., 1991). Το εδαφικό pH παίζει σημαντικό ρόλο στο ρυθμό απελευθέρωσης σε ορισμένα ΑΒΑ (Μπαξεβάνου, 1998). Άλλοι ερευνητές διαπίστωσαν στα πειράματά τους μεγαλύτερη απελευθέρωση αζώτου σε όξινα εδάφη, από ότι σε ουδέτερα ή αλκαλικά (Tlustos & Blackmer, 1992).

### 1.3.2 Διαφορές λιπασμάτων βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης πρόσληψης

Οι σπόροι και τα νεαρά φυτά είναι πολύ ευαίσθητα σε αυξημένες συγκεντρώσεις ιόντων που προκύπτουν από την ταχύτατη διάλυση των κοινών λιπασμάτων. Αποτυχία φυτρώματος ή μεταφύτευσης παρατηρείται αρκετά συχνά από αυξημένη λίπανση με κοινά λιπάσματα, τα οποία προκαλούν σημαντική αύξηση της αλατότητας του εδάφους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως μετά από την προσθήκη ουρίας, αυξημένη είναι και η συγκέντρωση της αμμωνίας. Η αμμωνία σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί επίσης σημαντικά προβλήματα στα νεαρά φυτά και τους σπόρους.

Τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης λόγω της μειωμένης τοξικότητας σε νεαρά φυτά και σπόρους σε σύγκριση με τα λιπάσματα ταχείας απελευθέρωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερες ποσότητες στη βασική λίπανση ώστε να έχουμε μειωμένη ποσότητα και συχνότητα επιφανειακών εφαρμογών. Η εφάπαξ λίπανση του ρυζιού με λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης, σε δόση που να ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες της καλλιέργειας, έχει δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα (Manjappa et al., 1994; Kaneta, 1995; Kaneki et al., 2000). Επίσης καλή ανάπτυξη και απόδοση με εφάπαξ αζωτούχο βασική λίπανση με επικαλυμμένη ουρία, βρέθηκε και με το καλαμπόκι (Saigusa et al., 1993). Ωστόσο στη σύγχρονη γεωργική πρακτική, το άζωτο προστίθεται σε πολλές δόσεις γιατί τα φυτά παρακολουθούνται ως προς την ανάπτυξή τους, οπότε ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες και την προβλεπόμενη απόδοση γίνονται οι κατάλληλες συμπληρωματικές προσθήκες του αζώτου. Η εφάπαξ λίπανση με ABA δεν προσφέρει τη δυνατότητα διορθωτικών κινήσεων. Έτσι αν επικρατήσουν δυσμενέστερες των προβλεπομένων αρχικά συνθήκες, τα φυτά πιθανόν να βρεθούν με αυξημένη για τις ανάγκες τους λίπανση. Αυτό θα προκαλέσει πιθανώς σοβαρά προβλήματα στην καλλιέργεια, καθώς και αυξημένες προς το περιβάλλον απώλειες αζώτου (Shoji & Kanno, 1994).

Σε περίπτωση καλλιέργειας χωρίς ή με μειωμένη κατεργασία του εδάφους, μια λίπανση του φυτού με τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης αρκεί για να καλύψει τις ανάγκες του. Παρόμοια, σημαντική είναι η χρήση τους σε καλλιέργειες υπό χαμηλή κάλυψη, όπου η επιφανειακή συμπληρωματική λίπανση, εφόσον δεν υπάρχουν συστήματα υδρολίπανσης, είναι πολλές φορές αδύνατη. Στο καλαμπόκι η παράπλευρος λίπανση με ABA και γραμμική ζιζανιοκτονία έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα (Inoue et al., 2000). Επίσης Σε αρκετές ερευνητικές εργασίες αναφέρεται βελτίωση διαφόρων ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγομένων



προϊόντων όπως στο κριθάρι διαπιστώθηκε αύξηση της πρωτεϊνικής περιεκτικότητας με τη χρήση ΛΒΑ (Zhang et al., 2000).

Όσο αφορά την ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης δείχνουν να πλεονεκτούν συγκριτικά με τα κοινά λιπάσματα. Με τη σταδιακή παροχή θρεπτικών στοιχείων αποφεύγεται η πλεονασματική συσσώρευσή τους στη ριζόσφαιρα και κατά συνέπεια στους φυτικούς ιστούς (πολυτελής κατανάλωση). Περιεκτικότητα σε άζωτο μεγαλύτερη του κανονικού, αλλά γενικά η ανισόρροπη θρέψη, καθιστά τα φυτά ευαίσθητα σε ορισμένους εχθρούς και ασθένειες (Balasubramanian et al, 1987; Chase, 1988). Σε σιτάρι και κριθάρι, διαπιστώθηκε μετά από λίπανση με ΑΒΑ, μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μύκητες που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα (Lyaskovskii & Pidoľplichko, 1990).

Η αποτελεσματικότητα των κοινών αζωτούχων λιπασμάτων είναι μικρή (30-70%), έτσι οι παραγωγοί χρησιμοποιούν 2-3 φορές μεγαλύτερη δόση από εκείνη που ικανοποιεί τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών, αυξάνουν το κόστος λίπανσης αλλά και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπροσθέτως μειώνεται όταν ο παραγωγός από άγνοια ή από αντίξοες καιρικές συνθήκες λιπαίνει πολύ πρόωρα ή πολύ όψιμα. Η λιπαντική πρακτική με τα κοινά λιπάσματα, κυρίως για το άζωτο, περιλαμβάνει εκτός της βασικής λίπανσης και μία ή περισσότερες επιφανειακές εφαρμογές. Η λίπανση με ΑΒΑ απαιτεί μικρότερες ποσότητες και συνήθως λιγότερες επιφανειακές εφαρμογές. Πολλοί ερευνητές, για τα συνηθισμένα επίπεδα λιπάνσεων, παρατηρούν σημαντική αύξηση της απόδοσης, όπως στο ρύζι (Xia et al., 1989; Kaneta, 1995). Οι απώλειες νιτρικών προς τα υπόγεια νερά είναι επίσης πολύ μικρότερες (Knoblauch, 1990; Jimenez et al, 1989; Mikkelsen et al., 1994; Diez et al., 2000; Shoji & Kanno, 1994; Rietze & Seidel, 1994).

Η αγρονομική αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων ταχείας απελευθέρωσης μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την χρήση τεχνικών όπως η τμηματική λίπανση, η γραμμική λίπανση, η υδρολίπανση κλπ. και να συνεισφέρουν τα μέγιστα στη βελτίωση τους (Hall, 1996; Kloth, 1996; Raban, 1995). Έχει διαπιστωθεί μεγάλη απόκλιση των δεδομένων του εργαστηρίου, τα οποία αναφέρονται στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά και γνωστοποιούνται στον καταναλωτή, με τον πραγματικό ρυθμό απελευθέρωσης στον αγρό. Οι επικρατούσες συνθήκες στο έδαφος μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά το ρυθμό απελευθέρωσης. Οι περισσότερες μελέτες του ρυθμού απελευθέρωσης των θρεπτικών συστατικών τους έχουν πραγματοποιηθεί υπό

εργαστηριακές συνθήκες (Gambash & Kochba 1990; Hanyu et al., 1999; Huett & Gogel, 2000; King & Balogh, 2000; Okumura & Miki, 1999). Σε πολλά είδη δυσδιάλυτων λιπασμάτων ποσοστό του περιεχομένου αζώτου απελευθερώνεται πολύ αργά ή και καθόλου ώστε μέρος των στοιχείων αυτών είναι διαθέσιμα για την επόμενη καλλιέργεια, εφόσον αυτή δεν καθυστερήσει πολύ. Το γεγονός αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιάσμά του προγράμματος λίπανσης της επόμενης καλλιέργειας, η οποία πρέπει να είναι μειωμένη κατά το ποσοστό αυτό. Σημαντικό ποσοστό υπολειμματικού στα λιπάσματα αζώτου, βρέθηκε μετά από καλλιέργεια ρυζιού και ήταν διαθέσιμο για το σιτάρι που ακολούθησε (Singh et al., 1999).

#### **1.4 Ο ρόλος του αζώτου στο φυτό**

Το άζωτο αποτελεί τον πιο περιοριστικό παράγοντα στο σύνολο της αγροτικής παραγωγής ανά τον κόσμο. Το κριθάρι αντιδρά θετικά στην προσθήκη αζώτου όταν η υγρασία δεν είναι περιοριστικός παράγοντας. Οι Alessi και Power (1973) αναφέρουν ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ λίπανσης, ποικιλίας και περιβάλλοντος που οδηγεί στην διαφοροποίηση της απόδοσης σε καρπό και της ποιότητας του σπόρου. Η αζωτούχος λίπανση είναι συνάρτηση των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής και κυρίως της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία του εδάφους τόσο περισσότερο άζωτο αξιοποιείται από τα φυτά.

Το άζωτο, αν και επηρεάζει διάφορες διεργασίες εντός του φυτού, συμβάλλει στην αύξηση του φυτού κυρίως μέσω της φωτοσύνθεσης. Η περιεκτικότητα φύλλων σε χλωροφύλλη σχετίζεται θετικά με την φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού και βασικό δομικό στοιχείο της χλωροφύλλης είναι το άζωτο. Οι μετρήσεις χλωροφύλλης σε συνθήκες αγρού γίνονται απλά με το χλωροφυλλόμετρο και βοηθούν στην ορθή λίπανση της καλλιέργειας.

Η έλλειψη αζώτου σε σημαντικό βαθμό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της διάρκειας ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας και κατά συνέπεια σε μικρότερη πρόσληψη ηλιακής ακτινοβολίας και χαμηλότερους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς (Fageria et al., 2003). Επάρκεια αζώτου στο κριθάρι αυξάνει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, το αδέλωμα, το φύλλωμα, το ύψος του βλαστού, την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων και το μέγεθος του στάχους (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2008) καθώς επίσης και τον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ, τον δείκτη συγκομιδής και την απόδοση σε καρπό. Υπερβολικές ποσότητες αζώτου ευνοούν την ανάπτυξη φυλλώματος και βλαστού, προκαλούν

πλάγιασμα και οψιμίζουν την καλλιέργεια (Καραμάνος, 1987). Η εισαγωγή στην καλλιέργεια νέων ποικιλιών με αυξημένη αντοχή στο πλάγιασμα επέτρεψε τη χορήγηση μεγαλύτερων δόσεων αζώτου και συνέβαλε στην αύξηση των αποδόσεων (Dubetz και Wells, 1968).

Τα αδέρφια πριν το γηρασμό τους μεταφέρουν αζωτούχες και άλλες οργανικές ουσίες στους βλαστούς που θα επιζήσουν (Lupton και Pinthus, 1969, Rawson και Donald, 1969). Το στέλεχος χρησιμεύει ως προσωρινή δεξαμενή υδατανθράκων και αζωτούχων ουσιών που κατόπιν ανακατανέμονται στους κόκκους κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου (Μπλαδενόπουλος, 2002). Η συμμετοχή των προϊόντων αυτών στο γέμισμα του κόκκου είναι ιδιαίτερα υψηλή και φτάνει στο 50%, κάτω από συνθήκες ξηρασίας (Austin et al., 1980). Παρά το γεγονός ότι παρατηρείται σημαντική μετακίνηση αζώτου από τα βλαστικά όργανα προς τους στάχεις (Watson, 1958) κατά το γέμισμα των κόκκων, περίσσεια αζώτου στο έδαφος κατά την ίδια περίοδο αυξάνει αρκετά την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη (Καραμάνος, 1987). Η περιεκτικότητα των καρπών σε ολικό άζωτο αυξάνει συνεχώς μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση. Από τις διάφορες αζωτούχες ουσίες ταχύτερα συσσωρεύονται η χορδεΐνη και η γλουτελίνη (Καραμάνος, 1987).

Η αζωτούχος λίπανση όπως αναφέρεται από πολλούς ερευνητές αυξάνει την απόδοση και το ποσοστό πρωτεΐνης στον καρπό (Martin και Mikeisen, 1960; Baghot et al., 1968; Dubetz και Wells, 1968; Gately, 1968; Zubriski et al., 1970; Alessi και Power, 1973). Οι Θεουλάκης κ.α. (1992) αναφέρουν ότι η αζωτούχος λίπανση αυξάνει το ποσοστό πρωτεΐνης και μειώνει το βάρος και το πάχος των κόκκων. Οι Μπλαδενόπουλου κ.α. (1990) βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα, προσθέτοντας ότι μειώνεται η περιεκτικότητα σε άμυλο του καρπού. Επίσης οι Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001) βρήκαν ότι η αζωτούχος λίπανση αύξησε την συνολική υπέργεια φυτομάζα, το ύψος, επιμήκυνε ελαφρά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου, αύξησε την πυκνότητα των στάχτων ανά μονάδα επιφανείας, αύξησε την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης του κόκκου, τον βαθμό πλαγιάσματος και την ευαισθησία στο οίδιο. Επίσης, βρήκαν μείωση της βλαστικής περιόδου, του δείκτη συγκομιδής, της απόδοσης και του βάρους 1000 κόκκων.

Στο κριθάρι που προορίζεται για βυνοποίηση πρέπει να γίνεται περιορισμένη αζωτούχος λίπανση, γιατί τα χαρακτηριστικά της ποιότητας της βύνης, όπως η πρωτεΐνη του κόκκου, το πάχος του κόκκου και η α-αμυλάση, υποβαθμίζονται (Zubriski et al., 1970). Η περίσσεια αζώτου στα υγρά εδάφη αυξάνει την

περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη, χαρακτηριστικό ανεπιθύμητο για το κριθάρι ζυθοποιίας αλλά επιθυμητό για το κτηνοτροφικό κριθάρι.

Οι Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001) θεωρούν ότι η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο κριθάρι είναι μάλλον αρνητική και σε έναν αγρό με ικανοποιητική γονιμότητα και ισχυρές βροχοπτώσεις, κατά την περίοδο της άνοιξης, δεν ωφελεί. Άλλωστε, μόνο το 50% του αζώτου που εφαρμόζεται στο έδαφος απορροφάται από τα φυτά, ενώ το υπόλοιπο χάνεται μέσω έκπλυσης, απορροής, απονιτροποίησης (Craswell και Gogwin, 1984). Έτσι, η αποτελεσματική χρήση του αζώτου ελαχιστοποιεί την περιβαλλοντική ρύπανση (Scharf και Alley, 1988).

#### **1.4.1 Η κατανομή και μετακίνηση του αζώτου στα φυτά**

Το άζωτο, ως μακροστοιχείο, απαιτείται σε συγκριτικά μεγάλες ποσότητες από τα φυτά προκειμένου να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Το 1-5% της ξηρής μάζας των φυτών συνίσταται από άζωτο, το οποίο αποτελεί βασικό συστατικό των πρωτεϊνών, των νουκλεϊκών οξέων, της χλωροφύλλης, ορισμένων συνενζύμων, των φυτο-ορμονών και δευτερογενών μεταβολιτών. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου των φυτικών ιστών βρίσκεται ενσωματωμένο στις πρωτεΐνες, καταλαμβάνοντας το 85% του ολικού αζώτου. Τα νουκλεϊκά οξέα περιλαμβάνουν το 5% του ολικού αζώτου, ενώ ορισμένες υδατοδιαλυτές, χαμηλού μοριακού βάρους οργανικές ενώσεις διαφόρων τάξεων το 5-10%.

Στα σιτηρά η κύρια πηγή αζώτου για τον καρπό είναι το άζωτο που ανακατανέμεται από τα βλαστικά μέρη (Simpson et al., 1983). Η ποσότητα αυτού του αζώτου εξαρτάται από την ικανότητα ανακατανομής του αζώτου και από το ποσό που είναι διαθέσιμο, δηλαδή από τη σχέση πηγής-δεξαμενής. Ως δυναμικότητα πηγής κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου ορίζεται η ικανότητα του φυτού να προμηθεύει μεταβολίτες τους αναπτυσσόμενους κόκκους και ως δυναμικότητα δεξαμενής ορίζεται η δυναμική των κόκκων να αποθηκεύουν μεταβολίτες. Η προμήθεια με άζωτο είναι καθοριστικός παράγοντας του μεταβολισμού και η επίδρασή του στην οργανογένεση του κριθαριού έχει τεκμηριωθεί πειραματικά (Cannell, 1969, Fletcher και Dale, 1974).

Το 60%-92% του αζώτου που συσσωρεύεται στους κόκκους κατά την ωρίμανση προέρχεται από την ανακατανομή του αζώτου (Spiertz και de Vos, 1983, Cox et al., 1985, Papakosta και Gagianas, 1991). Σε κάποιες περιπτώσεις το ολικό άζωτο που περιέχεται στο φυτό κατά την άνθηση μπορεί να είναι μέχρι και 90-100%

του ολικού αζώτου κατά την ωρίμανση (Loffler et al., 1985). Το ποσό του αζώτου που είναι αποθηκευμένο στα βλαστικά όργανα του φυτού κατά την άνθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί το ποσό του αζώτου που είναι διαθέσιμο για ανακατανομή (Cox et al., 1986). Το ποσό του αζώτου που είναι αποθηκευμένο εξαρτάται από το επίπεδο του εδαφικού αζώτου, από το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης, τις συνθήκες ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της περιόδου πριν την άνθηση και από το γενότυπο (Cox et al., 1985).

Οι Boatwright και Haas (1961) αναφέρουν ότι μέχρι το ζεστάχνασμα το μεγαλύτερο μέρος της ξηράς ουσίας έχει συσσωρευτεί και το περισσότερο άζωτο έχει προσληφθεί από το σιτάρι που έχει λιπανθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα σιτηρά που καλλιεργούνται σε μεσογειακό κλίμα επειδή ο καιρός μετά την άνθηση είναι, συνήθως, ζεστός και ξηρός και έτσι η φωτοσύνθεση περιορίζεται. Συνεπώς, η απόδοση εξαρτάται κυρίως από τη μετακίνηση των προϊόντων φωτοσύνθεσης που είχαν σχηματιστεί πριν την άνθηση στους σπόρους. Η ικανότητα ανακατανομής του αζώτου εξαρτάται από τις συνθήκες ανάπτυξης κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου και από το γενότυπο.

Οι Palta et al. (1994) έδειξαν ότι η ικανότητα ανακατανομής του αζώτου ήταν μεγάλη σε μεσογειακά περιβάλλοντα στις οποίες τα φυτά υποφέρουν από υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια του γεμίσματος του κόκκου. Αύξηση θερμοκρασίας μεταξύ 15-22°C μείωσε την περίοδο ζωής του φυλλώματος (Spiertz, 1977) και επιτάχυνε την μεταφορά του αζώτου από τους βλαστικούς ιστούς στο σιτάρι (Vos, 1981). Οι Cox et al. (1986) έδειξαν ότι υψηλότερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης πριν την άνθηση οδηγούν σε μικρότερη ικανότητα μετακίνησης του αζώτου, καθώς η διαθεσιμότητα μεγαλύτερων ποσών αζώτου καθιστά τη μετακίνησή του μη απαραίτητη, ενώ στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Perez et al. (1983). Ο Halloran (1981) αναφέρει μείωση στην ικανότητα μετακίνησης του αζώτου όταν επικρατούν μη ευνοϊκές συνθήκες για την πρόσληψη αζώτου πριν την άνθηση, που συνδέονται με ξηρασία ή υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, οι ασθένειες του φυλλώματος μειώνουν τη μετακίνηση του αζώτου από τα βλαστικά μέρη του φυτού προς τους σπόρους κατά τη διάρκεια γεμίσματος του κόκκου (Dimmock και Gooding, 2002). Ακόμη, η ικανότητα μετακίνησης του αζώτου εξαρτάται και από το γενότυπο (Cox et al., 1986). Ωστόσο, αυτή η επίδραση του γενοτύπου έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται από τη χρονιά (Przuli και Momcilovic, 2001) και από τα επίπεδα λίπανσης (Cox et al., 1986, Papakosta και Gagianas, 1991).

## 1.4.2 Πρόσληψη και μεταφορά νιτρικών ιόντων εντός του φυτικού σώματος

### 1.4.2.1 Πρόσληψη νιτρικών από τη ρίζα

Η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα των νιτρικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα και το ρυθμό διαπνοής. Αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλαπλά σημεία ελέγχου και ρύθμισης λόγω της εκλεκτικότητας των μηχανισμών πρόσληψης. Στην πρόσληψη των νιτρικών ιόντων από τη ρίζα των ανώτερων φυτών εμπλέκονται δύο τύποι πρωτεϊνών-μεταφορέων. Οι μεταφορείς αυτοί κωδικοποιούνται από τις οικογένειες γονιδίων NRT1 και NRT2 και εδράζονται στην πλασματική μεμβράνη των επιδερμικών κυττάρων και των κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Οι πρωτεΐνες NRT1 εμφανίζουν χαμηλή συγγένεια για τα νιτρικά ιόντα και λειτουργούν όταν οι συγκεντρώσεις των τελευταίων στο εξωτερικό διάλυμα είναι υψηλότερες των 0,5 mM, ενώ αντίστοιχα οι NRT2 παρουσιάζουν υψηλή συγγένεια για το υπόστρωμα και εμπλέκονται στην μεταφορά των νιτρικών ιόντων όταν αυτά απαντώνται στο διάλυμα σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες των 0,5 mM (Siddiqi et al., 1990). Ανεξάρτητα από το είδος του μεταφορέα, η είσοδος των νιτρικών ιόντων εντός του κυττάρου διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης πραγματοποιείται με φορά αντίθετη στην (έντονη) διαβάθμιση του ηλεκτροχημικού δυναμικού. Τα αρνητικά φορτισμένα νιτρικά ιόντα θα πρέπει να ξεπεράσουν δύο σημαντικά αρνητικά φράγματα, το αρνητικό δυναμικό της πλασματικής μεμβράνης αλλά και την υψηλότερη ενδοκυτταρική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων έναντι αυτής του εξωτερικού μέσου. Συνεπώς, η εισροή νιτρικών ιόντων εντός του κυττάρου απαιτεί την κατανάλωση μεταβολικής ενέργειας. Πράγματι, η είσοδος των νιτρικών ιόντων μέσω των μεταφορέων NRT1 και NRT2 διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης απαιτεί την συμμεταφορά πρωτονίων. Προκειμένου να διατηρηθεί η διαβάθμιση πρωτονίων μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης δαπανάται ATP από μια αντλία πρωτονίων (ATPάση) απελευθερώνοντας ένα πρωτόνιο προς το εξωτερικό του κυττάρου.

Οι μεταφορείς NRT2 των ανώτερων φυτών, αντίθετα με τους NRT1, προκειμένου να λειτουργήσουν απαιτούν την συνύπαρξη της πρωτεΐνης NRT3 η οποία διαθέτει μια διαμεμβρανική περιοχή που συνδέεται άμεσα με την NRT2. Επομένως εάν οι δύο πρωτεΐνες διαχωριστούν δεν εκτελούν μεμονωμένα μεταφορά νιτρικών ιόντων.

Τα ένζυμα που απαιτούνται για την μεταφορά και αφομοίωση των νιτρικών ιόντων επάγονται από την παρουσία νιτρικών ιόντων στο περιβάλλον, ενώ σε περίπτωση συσσώρευσης νιτρικών ιόντων στα κύτταρα η πρόσληψη τους καταστέλλεται. Στα περισσότερα φυτικά είδη η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου και συνήθως μειώνεται σημαντικά κατά την άνθηση.

#### **1.4.2.2 Κίνηση των νιτρικών ιόντων εντός των αγγείων του ξύλου και μεταφορά τους στο υπέργειο μέρος**

Η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων και η μεταφορά τους στο υπέργειο μέρος του φυτού αποτελεί μια διαδικασία η οποία ελέγχεται από μια σειρά μηχανισμών καθώς επίσης και από την εναλλαγή ημέρας-νύχτας. Η πρόσληψη και μεταφορά των νιτρικών ιόντων δεν ελέγχεται μόνο από τη διαθεσιμότητά τους στο έδαφος αλλά και από τις ανάγκες των φυτών (Marschner et al., 1996). Όταν η εδαφική διαθεσιμότητα είναι επαρκής, ο παράγοντας που κυρίως καθορίζει την πρόσληψη αζώτου είναι οι ανάγκες του φυτού.

Παρόλο που η μεταφορά των νιτρικών ιόντων είναι μια διαδικασία που επηρεάζεται από τις ημερονύκτιες εναλλαγές της διαπνευστικής δραστηριότητας, ιδιαίτερο ρόλο στη ρύθμισή της φαίνεται πως παίζει η αφομοίωση και ο μεταβολισμός των αζωτούχων ενώσεων στη ρίζα καθώς και ο μηχανισμός φόρτωσης των αγγείων του ξύλου (Gonzalez-Dugo et al., 2010). Πειράματα στο φυτό *Ricinus communis* με σύγχρονο έλεγχο της διαθεσιμότητας αζώτου στη ρίζα και μέτρηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στον ανιόντα χυμό, του ρυθμού πρόσληψής τους από τη ρίζα και του ρυθμού μεταφοράς τους προς το υπέργειο μέρος, έδειξαν ότι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στον ανιόντα χυμό ακολουθεί ημερήσιο ρυθμό και εμφανίζεται χαμηλή κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ αυξάνεται έντονα κατά την διάρκεια της νύχτας. Αντίθετα, ο ρυθμός πρόσληψης εμφανίζει ημερήσιο μέγιστο κατά την φωτεινή περίοδο κυρίως λόγω της εντονότερης διαπνοής. Ωστόσο, ο ρυθμός μεταφοράς των νιτρικών ιόντων στο υπέργειο μέρος παρουσιάζει εντυπωσιακή σταθερότητα μεταξύ φωτεινής και σκοτεινής περιόδου, προφανώς επειδή κατά τη διάρκεια της ημέρας ένα σημαντικό μέρος του προσληφθέντος αζώτου συγκρατείται στη ρίζα (Herdel et al., 2001). Η πτώση της συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων του εδαφικού διαλύματος δεν επηρεάζει το χρονοισμό των ημερονύκτιων ταλαντώσεων, παρά μόνο το εύρος τους (δηλαδή τις μέγιστες τιμές συγκέντρωσης του NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Αύξηση της εδαφικής διαθεσιμότητας προκαλεί, εντός μερικών ωρών, αύξηση του ρυθμού πρόσληψης νιτρικών ιόντων και μεταφοράς αζωτούχων ενώσεων προς το υπέργειο μέρος η οποία ωστόσο είναι παροδική (Herdel et al., 2001).

#### **1.4.2.3 Εκροή νιτρικών ιόντων**

Η είσοδος και η διαφύλαξη των αζωτούχων συστατικών στα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιώδους παρεγχύματος της ρίζας είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την ανάπτυξη των φυτικών οργάνων, ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να συμβεί και εκροή νιτρικών ή αμμωνιακών ιόντων και αμινοξέων από τις ρίζες προς το εδαφικό διάλυμα. Η φαινομενικά σπάταλη από ενεργειακής άποψης διαδικασία αυτή φαίνεται ότι συνδέεται με την ύπαρξη περίσσειας αζώτου, ωστόσο η φυσιολογική σημασία της παραμένει ασαφής. Πιθανόν να παίζει τον ρόλο της ασφαλιστικής δικλείδας προκειμένου να αποτρέψει συσσώρευση νιτρικών σε τοξικά επίπεδα.

#### **1.4.2.4 Η ενδοκυτταρική κατανομή των νιτρικών ιόντων**

Σε αντίθεση με τα αμμωνιακά ιόντα τα οποία ενσωματώνονται ταχέως σε οργανικά συστατικά και παραμένουν στη ρίζα, τα νιτρικά ιόντα διανέμονται άμεσα σε όλα τα φυτικά όργανα. Σε επίπεδο κυττάρων ο κύριος όγκος των  $\text{NO}_3^-$  συσσωρεύεται στα χυμοτόπια, από τα οποία είναι δυνατόν να ανακτηθούν. Συνεπώς τα νιτρικά ιόντα που συσσωρεύονται στο χυμοτόπιο συγκροτούν μία αποθήκη που μπορεί να προμηθεύσει το στοιχείο σε περίπτωση έλλειψης. Ωστόσο το αποθηκευμένο αυτό άζωτο μπορεί να ικανοποιήσει μόνο ένα μέρος των αναγκών και εξαντλείται μέσα σε περίπου 48 ώρες από την επιβολή της έλλειψης νιτρικών. Η αποθήκευση νιτρικών στο χυμοτόπιο φαίνεται ότι έχει παροδικό χαρακτήρα αφού συμβαίνει κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν δεν υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω μεταβολισμού μέσω της αναγωγής των νιτρικών (Hawkesford et al., 2012).

### **1.4.3 Η πρόσληψη και μεταφορά των αμμωνιακών ιόντων από τα φυτά**

#### **1.4.3.1 Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων από τις ρίζες**

Η μεταφορά των αμμωνιακών ιόντων δια μέσου των μεμβρανών των κυττάρων της ρίζας πραγματοποιείται κυρίως μέσω της οικογένειας μεταφορέων AMT/MEP/Rh. Η υποοικογένεια AMT1 μεταφέρει αμμωνιακά ιόντα μέσω πρωτεϊνών φορέων μεταφοράς  $\text{NH}_4^+$  ή συμμεταφοράς  $\text{NH}_4^+/\text{H}^+$ . Η υποοικογένεια



AMT2/MEP περιλαμβάνει το διάυλο μεταφοράς AmtB που έχει εντοπιστεί στο *Escherichia coli* και τους Mer1-3 μεταφορείς που έχουν αναφερθεί στις ζύμες.

Στο *Arabidopsis*, οι μεταφορείς AtAMT1.1, AtAMT1.2 και AtAMT1.3 εμφανίζουν υψηλή συγγένεια με το υπόστρωμα για αυτό και μεταφέρουν τα NH<sub>4</sub><sup>+</sup> όταν τα τελευταία βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, μικρότερες των 0,5 mM, στο εδαφικό διάλυμα. Οι AtAMT1.1 και AtAMT1.3 εκφράζονται στα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιώδους παρεγχύματος της ρίζας ενώ οι AtAMT1.2 στα κύτταρα της ενδοδερμίδας και του φλοιώδους παρεγχύματος. Φαίνεται λοιπόν ότι δεν εμπλέκονται μόνο στην πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων, αλλά και στη μεταφορά του διαμέσου του αποπλάστη κατά την κατ' ακτίνα κίνηση. Σε συνθήκες έλλειψης αζώτου, τα γονίδια AtAMT1.1 υπερεκφράζονται ενώ όταν το φυτό επανατροφοδοτείται με αμμωνιακά ιόντα, η έκφραση των γονιδίων αυτών μειώνεται. Η ενδοκυτταρική αύξηση των αμμωνιακών ιόντων ή της γλουταμίνης λειτουργεί ως σήμα αντίδρασης που παρεμποδίζει την περαιτέρω πρόσληψή τους (Hawkesford et al., 2012).

Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων ακολουθεί τον ημερήσιο κύκλο και αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας έως ότου γίνει μέγιστη στο τέλος της φωτοπεριόδου όπου, σταδιακά, αρχίζει να μειώνεται. Ο ημερήσιος κύκλος πρόσληψης των αμμωνιακών πιστοποιεί ότι η πρόσληψη αζώτου ρυθμίζεται από τα αποθέματα άνθρακα. Εξωτερική τροφοδοσία του φυτού με φωτοσυνθετικά προϊόντα κατά τη διάρκεια της νύχτας, οδηγεί σε εισροή αμμωνιακών ιόντων και σε υπερέκφραση των γονιδίων AtAMT1 και AtNRT2.1 που κωδικοποιούν πρωτεΐνες-μεταφορείς νιτρικών ιόντων στο *Arabidopsis* (Hawkesford et al., 2012).

Στο κριθάρι το οποίο είναι ευαίσθητο σε υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών στο εδαφικό διάλυμα, η συσσώρευση αμμωνιακών ιόντων εντός των κυττάρων της ρίζας αποτρέπεται μέσω της εκροής αμμωνιακών ιόντων προς το εδαφικό διάλυμα. Το φαινόμενο αυτό συνιστά μια άσκοπη ανακύκλωση των αμμωνιακών ιόντων διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης (Britto et al., 2001).

#### **1.4.4 Η πρόσληψη οργανικού αζώτου**

Εκτός των ανόργανων μορφών, και οι οργανικές μορφές του στοιχείου που υπάρχουν στο έδαφος συμβάλλουν στη θρέψη των φυτών. Το οργανικό άζωτο στο έδαφος απαντάται με την μορφή πεπτιδίων, πρωτεϊνών, αμινοξέων και ουρίας. Τα πεπτίδια και οι πρωτεΐνες διασπώνται από πρωτεάσες που εκκρίνονται από

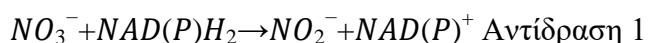
μικροοργανισμούς του εδάφους. Η συγκέντρωση των ελευθέρων αμινοξέων στα γεωργικά εδάφη κυμαίνεται από 1-100  $\mu\text{M}$  και αποτελεί το μεγαλύτερο κλάσμα οργανικού αζώτου που απαρτίζεται από διαλυτές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους. Η πρόσληψη των αμινοξέων από τις ρίζες παρουσιάζει ενεργειακό όφελος, ωστόσο οι μικροβιακοί πληθυσμοί του εδάφους αποτελούν ισχυρό ανταγωνιστή όσον αφορά στην πρόσληψη τους. Παρόλα αυτά έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μεταφορέων αμινοξέων στις ρίζες, ορισμένοι εκ των οποίων λειτουργούν μέσω ευνοϊκής διαβάθμισης πρωτονίων (Näsholm et al., 2009). Οι μεταφορείς αυτοί φαίνεται ότι εκτελούν εξειδικευμένες λειτουργίες σε διαφορετικούς τύπους κυττάρων ενώ η συγγένεια και η εξειδίκευση ως προς το υπόστρωμα ποικίλλουν.

Όσον αφορά στην ουρία, πρόκειται για πηγή εδαφικού αζώτου που είτε απαντάται φυσικά στα εδάφη, είτε χρησιμοποιείται ως αζωτούχο λίπασμα. Η ουρία είτε υδρολύεται σε αμμωνιακά ιόντα από το ένζυμο ουρεάση των μικροοργανισμών του εδάφους είτε προσλαμβάνεται απευθείας από τις ρίζες. Τα περισσότερα φυτά διαθέτουν ένα μόνο γονίδιο που κωδικοποιεί την ουρεάση. Οι μεταφορείς της ουρίας διαμέσου των μεμβρανών είναι πιθανόν να συμπεριλαμβάνουν τον συμμεταφορέα πρωτονίων AtDUR3 που έχει εντοπιστεί στο *Arabidopsis* και που εμφανίζει υψηλή συγγένεια για την ουρία. Η παθητική μεταφορά της ουρίας επιτελείται από μια ομάδα της οικογένειας των πρωτεϊνών MIP (Major Intrinsic Proteins), των υδατοπορινών.

## 1.4.5 Η αφομοίωση του αζώτου από τα φυτά

### 1.4.5.1 Η αφομοίωση των νιτρικών ιόντων

Τα νιτρικά και τα αμμωνιακά ιόντα αποτελούν τις βασικές πηγές αζώτου των φυτών. Σε αερόβιες εδαφικές συνθήκες τα νιτρικά ιόντα συνιστούν την κύρια πηγή αζώτου. Τα ιόντα αυτά αφενός μεν χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερος ευκίνητα, αφετέρου μπορούν να αποθηκευτούν στο χυμοτόπιο. Ωστόσο η χρήση τους στη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών και των άλλων οργανικών συστατικών προϋποθέτει την αναγωγή τους σε αμμωνιακά ιόντα. Η αναγωγή αυτή εκτελείται σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά στη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη με απόσπαση δύο ηλεκτρονίων. Η αντίδραση αυτή καταλύεται στο κυτταρόπλασμα από το ένζυμο αναγωγή των νιτρικών. Ως δότης ηλεκτρονίων προσφέρεται το συνένζυμο NAD(P)H (αντίδραση 1, Barker and Bryson, 2012).



Οι αναγωγάσες των νιτρικών των ανώτερων φυτών αποτελούνται από δύο υπομονάδες, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει τρεις προσθετικές ομάδες: το φλαβινο-αδένινο-δινουκλεοτίδιο (FAD), την αίμη και ένα άτομο μολυβδαινίου. Το μολυβδαίνιο σχηματίζει σύμπλοκο με ένα οργανικό μόριο που ονομάζεται πτερίνη.

Η αναγωγή των νιτρικών αποτελεί ένζυμο-κλειδί στην αφομοίωση του αζώτου, διαδικασία η οποία απαιτεί ιδιαίτερο ρυθμιστικό έλεγχο προκειμένου να αποφευχθεί η συσσώρευση των νιτρικών σε τοξικά επίπεδα. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται σε διαφορετικά επίπεδα (μεταγραφικό, μεταφραστικό, μεταμεταφραστικό) και περιλαμβάνει σύνθεση ή αποδόμηση του ενζύμου, αντιστρεπτή απενεργοποίησή του και ρύθμιση δραστηριότητας μέσω της συγκέντρωσης του υποστρώματος. Σε επίπεδο μεταγραφής και μετάφρασης η αναγωγή των νιτρικών ρυθμίζεται από τη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων, την ύπαρξη φωτισμού και την επάρκεια σε φωτοσυνθετικά προϊόντα (Herdel et al., 2001). Η αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα προκαλεί επαγωγή της σύνθεσης της πρωτεΐνης. Σε μετα-μεταφραστικό επίπεδο το ένζυμο ενεργοποιείται μέσω αντιστρεπτής φωσφορυλίωσης από παράγοντες όπως η ύπαρξη φωτισμού και τα επίπεδα των υδατανθράκων (Taiz and Zeiger, 2012).

Η δραστηριότητα της αναγωγής των νιτρικών γίνεται μέγιστη όσο αυξάνει ο ρυθμός έκτασης του φύλλου, ενώ αντίστοιχα μειώνεται δραστικά στα πλήρως εκπτυγμένα φύλλα. Το γεγονός αυτό ίσως να εξηγεί γιατί περιορίζεται η χρήση των αποθηκευμένων νιτρικών ιόντων στα φύλλα που έχουν εισέλθει στη διαδικασία της γήρανσης. Στα περισσότερα φυτικά είδη υπάρχει δυνατότητα αναγωγής των νιτρικών τόσο στο βλαστό όσο και στη ρίζα. Η επιμέρους συμβολή των δύο αυτών οργάνων εξαρτάται από τη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων του εξωτερικού διαλύματος. Εάν η συγκέντρωσή τους είναι χαμηλή, η αναγωγή τους επιτελείται κυρίως στη ρίζα. Όταν η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων του εξωτερικού διαλύματος αυξάνεται, η αναγωγή σε επίπεδο ρίζας καθίσταται περιοριστικός παράγοντας, οπότε αυξάνεται το κλάσμα των νιτρικών που μετακινείται και ανάγεται στο βλαστό. Εκτός αυτού, το είδος του συνοδού ιόντος κατά την μεταφορά των νιτρικών ιόντων διαμέσου των μεμβρανών, επηρεάζει το κλάσμα των νιτρικών ιόντων που ανάγονται στη ρίζα σε σχέση με αυτά που μετακινούνται και ανάγονται στον βλαστό. Εάν το συνοδό ιόν είναι  $K^+$ , η αναγωγή των νιτρικών ιόντων στις ρίζες παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει εάν τα συνοδά ιόντα είναι  $Ca^{2+}$  ή  $Na^+$  (Hawkesford et al., 2012).

Η αναγωγή του νιτρικών αποτελεί ενεργοβόρο διαδικασία που απαιτεί ενέργεια που ισοδυναμεί σε κατανάλωση 15 mole ATP ανά mole νιτρικών. Στην περίπτωση που η αναγωγή συμβαίνει στα φύλλα, τα ενεργειακά αυτά ισοδύναμα εξασφαλίζονται μέσω της φωτοφωσφορυλίωσης (Scheurwater et al., 2002). Σε συνθήκες έλλειψης ενέργειας (όπως υπό χαμηλό φωτισμό ή κατά την περίοδο της καρποφορίας) η περιορισμένη προμήθεια ισοδυνάμων μπορεί να οδηγήσει κατά τη διάρκεια έντονων αναγκών σε σκελετούς άνθρακα σε ανταγωνισμό μεταξύ της αναγωγής του CO<sub>2</sub> και της αναγωγής των νιτρικών ιόντων. Από την άλλη πλευρά σε συνθήκες υπερτροφodότησης της φωτοσυνθετικής συσκευής και κινδύνου φωτοοξειδωσής και φωτοπαρεμπόδισης, η αναγωγή των νιτρικών μπορεί να αναδειχτεί σε βαλβίδα εκτόνωσης της υπερπαραγωγής των ενεργειακών ισοδυνάμων (Hawkesford et al., 2012).

Κατά το δεύτερο στάδιο αναγωγής των νιτρικών, τα νιτρώδη ιόντα που προκύπτουν στο κυτταρόπλασμα από το πρώτο στάδιο μεταφέρονται στους χλωροπλάστες των φύλλων και στα πλαστίδια των ριζών. Στα οργανίδια αυτά, ανάγονται από το ένζυμο αναγωγάση των νιτρωδών σε αμμωνιακά ιόντα σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση (Barker and Bryson, 2012):

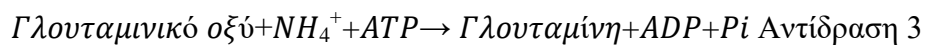


Η αναγωγή των νιτρωδών στους χλωροπλάστες επιτελείται με μεταφορά 6 ηλεκτρονίων από την ανηγμένη φερρεδοξίνη (η οποία ανάγεται μέσω της φωτοσυνθετικής ροής ηλεκτρονίων) ενώ σε μη φωτοσυνθετικούς ιστούς από το NADPH που παράγεται μέσω της οδού των φωσφορικών πεντοζών (Taiz and Zeiger, 2012). Τα ισοένζυμα της αναγωγής των νιτρωδών που εντοπίζονται στους χλωροπλάστες και τα πλαστίδια των ριζών έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: αποτελούνται από ένα μόνο πολυπεπίδιο που περιέχει δύο προσθετικές ομάδες, ένα σύμπλεγμα σιδήρου-θείου και μία εξειδικευμένη αίμη. Η ύπαρξη φωτισμού και η αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών επάγουν την μεταγραφή της αναγωγάσης των νιτρωδών. Αντίθετα η συσσώρευση της ασπαραγίνης και της γλουταμίνης (τα οποία είναι τα τελικά προϊόντα της διαδικασίας) καταστέλλουν την επαγωγή αυτή.

#### 1.4.5.2 Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων

Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων προς αμινοξέα και αμίδια πραγματοποιείται είτε στα μιτοχόνδρια είτε στους χλωροπλάστες. Η κύρια οδός για τη μετατροπή αυτή περιλαμβάνει τις διαδοχικές δράσεις της συνθετάσης της

γλουταμίνης και της συνθετάσης του γλουταμινικού οξέος. Η συνθετάση της γλουταμίνης (GS) καταλύει την προσθήκη αμινομάδας στο γλουταμινικό οξύ, οπότε παράγεται γλουταμίνη (αντίδραση 3).

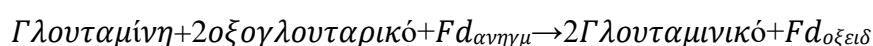


Η αντίδραση αυτή απαιτεί την υδρόλυση ενός μορίου ATP και την παρουσία ενός δισθενούς κατιόντος όπως το  $\text{Mg}^{2+}$  ή το  $\text{Co}^{2+}$  ως συμπαραγόντα. Τα φυτά διαθέτουν δύο ισοένζυμα συνθετάσης της γλουταμίνης, ένα που εντοπίζεται στο κυτταρόπλασμα και ένα που εντοπίζεται στα πλαστίδια των ριζών ή στους χλωροπλάστες των φωτοσυνθετικών ιστών. Το κυτταροπλασματικό ισοένζυμο εκφράζεται σε βλαστώντα σπέρματα ή στις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες των ριζών και των βλαστών και παράγουν ως φορέα αζώτου γλουταμίνη. Η πλαστιδιακή ισομορφή των ριζών παράγει αμίδια (γλουταμίνη, ασπαραγίνη) για τοπική κατανάλωση, ενώ η χλωροπλαστική των βλαστών επαναφομοιώνει τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  που παράγονται μέσω φωτοαναπνοής. Η έκφραση των πλαστιδιακών ισομορφών του ενζύμου επηρεάζεται από την ύπαρξη φωτισμού και τα επίπεδα των υδατανθράκων (Taiz and Zeiger, 2012).

Η συνθετάση του γλουταμινικού οξέος (GOGAT) μεταφέρει την αμιδική ομάδα της γλουταμίνης στο α-κετογλουταρικό οξύ παράγοντας δύο μόρια γλουταμινικού οξέος. Τα φυτά περιέχουν δύο ισομορφές GOGAT. Η πρώτη δέχεται ηλεκτρόνια από το NADH ενώ η δεύτερη από τη φερρεδοξίνη. Η πρώτη ισομορφή εντοπίζεται σε πλαστίδια των μη φωτοσυνθετικών ιστών όπως ρίζες ή ηθμαγγειώδεις δεσμίδες των αναπτυσσόμενων φύλλων. Στις ρίζες, η συνθετάση του γλουταμινικού οξέος παίζει ρόλο στην αφομοίωση των  $\text{NH}_4^+$  που προέρχονται από το εδαφικό διάλυμα, ενώ στις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες αφομοιώνει  $\text{NH}_4^+$  που προέρχεται από τη γλουταμίνη (αντιδράσεις 4 και 5) που έχει μεταφερθεί από τις ρίζες ή τα γηρασμένα φύλλα (Taiz and Zeiger, 2012).



Αντίδραση 4



Αντίδραση 5

### 1.4.5.3 Ο ρόλος των ενώσεων οργανικού αζώτου χαμηλού μοριακού βάρους

Στα ανώτερα φυτά οι ενώσεις οργανικού αζώτου χαμηλού μοριακού βάρους χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσα παράγωγα κατά την αφομοίωση του ανόργανου αζώτου και τη σύνθεση οργανικών ενώσεων υψηλού μοριακού βάρους. Επίσης παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά του αζώτου από τα όργανα-παραγωγούς στα όργανα-καταναλωτές. Οι ενώσεις οργανικού αζώτου χαμηλού μοριακού βάρους χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική πηγή αζώτου για τις περιόδους έλλειψης ανόργανου αζώτου (Hawkesford et al., 2012).

Πιο αναλυτικά, προκειμένου να μειωθεί το ενεργειακό κόστος που απαιτείται για την μεταφορά του αφομοιωμένου αζώτου από τη ρίζα στον βλαστό, ο κύριος όγκος του μεταφέρεται με την μορφή αζωτούχων ενώσεων με υψηλή αναλογία N/C (>0,4). Συνεπώς, στον ανιόντα χυμό των ριζών κυριαρχούν τα αμιδινα γλουταμίνη (2N/5C) και ασπαραγίνη (2N/4C), το αμινοξύ αργινίνη (4N/6C) και τα ουρεΐδια αλλαντοΐνη και αλλαντοϊκό οξύ (4N/4C) ((Hawkesford et al., 2012).

Σημαντικό ρόλο στη μεταφορά αζώτου παίζουν επίσης ορισμένες ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, όπως οι αμίνες και οι πολυαμίνες, των οποίων η βιοσύνθεση πραγματοποιείται μέσω της αποκαρβοξυλίωσης αμινοξέων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ομάδας αυτής είναι η πουτρεσκίνη της οποίας η συγκεντρώνση μπορεί να φθάσει το 1.2% της ξηρής ουσίας των φυτών. Πολύ υψηλή συγκεντρώνση πουτρεσκίνης εντοπίζεται σε μεριστωματικούς ιστούς που τροφοδοτούνται με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών ιόντων ή βρίσκονται σε τροφοπενία καλίου (Hawkesford et al., 2012).

### 1.4.6 Συνέργεια στη θρέψη των φυτών με νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα

Από τις πληροφορίες που παρατέθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους γίνεται φανερό ότι τα αμμωνιακά ιόντα θα έπρεπε να έχουν προτίμηση όσον αφορά στην απορρόφησή τους από τις ρίζες αφού η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων δεν απαιτεί τα τεράστια ποσά ενέργειας που απαιτεί η αφομοίωση των νιτρικών ιόντων (Bloom et al., 1992). Η προτίμηση ενός φυτικού είδους ως προς τα νιτρικά ή αμμωνιακά ιόντα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, τόσο ενδογενείς όσο και περιβαλλοντικούς. Εξ αυτών, οι παράγοντες που σχετίζονται με το εδαφικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι όταν τα φυτά τροφοδοτούνται με συνδυασμό αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων επιτυγχάνονται υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης και υψηλότερες αποδόσεις. Ωστόσο, φυτικά είδη που

είναι προσαρμοσμένα να επιβιώνουν σε όξινα εδάφη ή σε εδάφη με χαμηλό δυναμικό οξειδαναγωγής (όπως κατακλυσμένα εδάφη) προτιμούν τα αμμωνιακά ιόντα. Αντίθετα, φυτικά είδη που επιβιώνουν σε ασβεστώδη εδάφη προτιμούν τα νιτρικά ιόντα. Στην περίπτωση που ο εφοδιασμός του φυτού με άζωτο είναι χαμηλός και οι συγκεντρώσεις των δύο ειδών ιόντων είναι παρόμοιες, απορροφώνται κατά προτίμηση τα αμμωνιακά ιόντα. Επίσης εντονότερη απορρόφηση αμμωνιακών συμβαίνει όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος ενώ σε θερμοκρασίες κάτω από 5 °C, η απορρόφηση των νιτρικών ιόντων σταματά (Hawkesford et al., 2012).

Καθώς τα νιτρικά ή τα αμμωνιακά ιόντα συνιστούν το 80% των συνολικών κατιόντων και ανιόντων που προσλαμβάνονται από τα φυτά, γίνεται αντιληπτό ότι η μορφή με την οποία απορροφώνται είναι δυνατό να επηρεάσει την πρόσληψη άλλων κατιόντων ή ανιόντων, την ρύθμιση του κυτταρικού pH και του pH της ριζόσφαιρας. Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων στις ρίζες παράγει ένα πρωτόνιο ανά μόριο αμμωνίου. Τα πρωτόνια αυτά εκκρίνονται κατά ένα μεγάλο μέρος στο εξωτερικό μέσο με σκοπό τη διατήρηση σταθερού κυτταρικού pH και ουδέτερου ηλεκτρικού δυναμικού το οποίο αντισταθμίζει την πλεονασματική πρόσληψη κατιόντων έναντι ανιόντων. Στην περίπτωση της θρέψης του φυτού και με τα δύο είδη ιόντων, τα πρωτόνια που απελευθερώνονται κατά την αφομοίωση του αμμωνιακού ιόντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγωγή των νιτρικών ιόντων, καθιστώντας πιο εύκολη για το φυτό τη ρύθμιση του ενδοκυτταρικού pH (Hawkesford et al., 2012).

Η χημεία της ριζόσφαιρας επίσης επηρεάζεται από το είδος του ιόντος. Η τροφοδοσία με αμμωνιακά ιόντα είναι δυνατόν να μειώσει το pH της ριζόσφαιρας λόγω έκκρισης πρωτονίων ενώ η τροφοδοσία του φυτού με νιτρικά ιόντα να το αυξήσει, διότι οδηγεί σε μία καθαρή πρόσληψη πρωτονίων από τη ριζόσφαιρα. Οι αλλαγές στο pH έχουν επίδραση στην διαθεσιμότητα των άλλων θρεπτικών στοιχείων όπως του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων.

Η μορφή με την οποία το άζωτο προσλαμβάνεται από το φυτό είναι σημαντική για τη βιοσύνθεση και τη λειτουργία ορισμένων φυτο-ορμονών και ιδιαίτερα των κυτοκινινών. Για παράδειγμα τα ένζυμα που εμπλέκονται στην βιοσύνθεση των κυτοκινινών επάγονται από τη θρέψη του φυτού με νιτρικά ιόντα και όχι με άλλο θρεπτικό στοιχείο. Ακόμα και όταν η ανάπτυξη ενός φυτού επιτελείται κυρίως με αμμωνιακά ιόντα, τα νιτρικά ιόντα είναι επωφελή επειδή προκαλούν ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα στα επίπεδα κυτοκινινών και IAA του βλαστού. Αντίθετα

αν ένα φυτό αναπτύσσεται σχεδόν αποκλειστικά με νιτρικά ιόντα, καθυστερεί να εισέλθει στην αναπαραγωγική φάση λόγω της υπερβολικής συγκέντρωσης κυτοκινινών. Σε αυτή την περίπτωση ο εφοδιασμός του φυτού με αμμωνιακά μπορεί να επάγει την άνθηση, πιθανόν αυξάνοντας την βιοσύνθεση των πολυαμινών που λειτουργούν ως δευτερογενή σηματοδοτικά μόρια (Hawkesford et al., 2012).

#### 1.4.7 Τοξικότητα αμμωνίου

Η πρόσληψη αμμωνιακών ιόντων σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει της εμφάνιση τοξικών συμπτώματα στα φυτά. Τα συμπτώματα της τοξικότητας αμμωνίου συμπεριλαμβάνουν χλώρωση των φύλλων, καχεξία στην ανάπτυξη, νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα και τελικά νέκρωση του φυτού. Παρότι η τοξικότητα που επιφέρουν τα αμμωνιακά ιόντα στο φυτικό μεταβολισμό δεν έχει πλήρως κατανοηθεί, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι πιθανόν οφείλεται: α) στην παρεμπόδιση πρόσληψης κατιονικών θρεπτικών στοιχείων, β) σε αδυναμία ρύθμισης του pH του κυττάρου, γ) σε διαταραχές του μεταβολισμού του άνθρακα επειδή η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων υδατανθράκων και δ) στην οξίνιση της ριζόσφαιρας που επάγεται από την πρόσληψη των αμμωνιακών μπορεί να οδηγήσει σε τοξικότητα αργιλίου, ιδιαίτερα σε όξινα εδάφη (Hawkesford et al., 2012).

#### 1.5 Η πρωτεΐνη στον καρπό

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η συγκέντρωση πρωτεΐνης στον καρπό είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό της ποιότητας του κριθαριού (Jenner et al., 1991; Johanson et al., 2001) ειδικά για τις ποικιλίες που προορίζονται για βυνοποίηση και ζωοτροφή (Bertholdsson, 1999). Στις ποικιλίες κριθαριού που προορίζονται για βυνοποίηση η συγκέντρωση πρωτεΐνης πρέπει να είναι μεταξύ 9% και 11% (Bertholdsson, 1999), ενώ στις ποικιλίες που προορίζονται για ζωοτροφή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 11%. Υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, καθώς και υψηλό ποσοστό βασικών αμινοξέων ανώτερης βιολογικής αξίας, όπως η λυσίνη και η μεθειονίνη, είναι τα βασικά στοιχεία καθορισμού της θρεπτικής αξίας του κριθαριού που προορίζεται για ζωοτροφή (Rasmusson, 1985, Foster και Prentice, 1987). Αντιθέτως, υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης καθιστά την ποικιλία ακατάλληλη για την ζυθοποιία καθώς δεν είναι δυνατή η παραγωγή υψηλού ποσοστού εκχυλίσματος, που επιζητείται (Cook, 1962) και συντελεί μαζί με άλλους παράγοντες στο μη επιθυμητό



θόλωμα της μύρας (Cook, 1962, Burger και Lambрге, 1985) που οφείλεται στην καταβύθιση διαλυτών πρωτεϊνών.

Η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στον καρπό καθορίζεται από τον γενότυπο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το άζωτο, την εδαφική υγρασία και τη θερμοκρασία (Johansson *et al.*, 2001). Σε έρευνα βρέθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αζωτούχος λίπανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποθηκευτικών πρωτεϊνών, άρα και των συνολικών (Killen *et al.*, 1978). Όμως δεν ανταποκρίνονται όλες οι ποικιλίες κριθαριού με τον ίδιο τρόπο στη λίπανση με άζωτο (El-Negoumy *et al.*, 1982). Γενικά το πρωτεϊνικό περιεχόμενο αυξάνεται με την αζωτούχο λίπανση (Θεουλάκης, 1992, Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας, 2001), ωστόσο η προσθήκη φωσφόρου και καλίου δεν το επηρεάζουν. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες κριθαριού με υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης και γίνονται προσπάθειες για να ενσωματωθούν τα αντίστοιχα γονίδια σε ποικιλίες με υψηλές αποδόσεις (Jensen και Nielsen, 1982).

Το άζωτο είναι το βασικό δομικό συστατικό των πρωτεϊνών και έχει αποδειχθεί ότι τα επίπεδα του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου έχουν μεγάλη επίδραση στη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους του κριθαριού (Eilrich *et al.*, 1973). Τη θετική επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους κόκκους κριθαριού διαπίστωσαν και οι Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001). Επίσης έχει αποδειχθεί ότι η αζωτούχος λίπανση συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό άλλα και της συγκέντρωσης πρωτεΐνης στους σπόρους. Αντίθετα παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης στους σπόρους και της απόδοσης σε καρπό. Συνεπώς πρέπει να δοθεί έμφαση στη διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης ώστε να διατηρηθεί μία ισορροπία μεταξύ της απόδοσης σε καρπό και να του επιπέδου της ποιότητας. Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στον καρπό εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της μεταφοράς υδατανθράκων και αζώτου στον καρπό (Jenner, 1991). Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα του αζώτου στους σπόρους αλλά και από το επίπεδο υδατανθράκων του φυτού, π.χ. από τη σχέση μεταξύ C και N κατά το γέμισμα του κόκκου (Cox *et al.*, 1986). Ο βαρύς κόκκος θα έχει υψηλό ποσοστό αμύλου και επομένως μικρό πρωτεΐνης.

Οι απαιτήσεις σε άζωτο για τη σύνθεση πρωτεΐνης στους αναπτυσσόμενους σπόρους ικανοποιούνται από την κινητοποίηση αζώτου που βρίσκεται στους βλαστικούς ιστούς και είχε αφομοιωθεί πριν την άνθηση και από την απευθείας

πρόσληψη και αφομοίωση αζώτου κατά τη διάρκεια γεμίσματος των σπόρων. Η κινητοποίηση αζώτου που είχε αφομοιωθεί πριν την άνθηση έχει προταθεί ως η κύρια πηγή αζώτου για τους σπόρους (Austin *et al.*, 1977). Σε κάποιες περιπτώσεις, το συνολικό περιεχόμενο του αζώτου στα φυτά κατά την άνθηση φτάνει το 90-100% του συνολικού αζώτου κατά την ωρίμανση (Heitholt *et al.*, 1990).

## **1.6 Αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE)**

### **1.6.1 Η σημασία της αποτελεσματικότητας της χρήσης του αζώτου (nitrogen use efficiency)**

Η βελτιστοποίηση των λιπασμάτων και η βελτίωση του NUE για καλλιέργειες με υψηλές αποδόσεις, μειωμένη λίπανση με άζωτο και λιγότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον εξαιτίας της απορρόφησης αζώτου ήταν αντικείμενο μελέτης πολλών (Agostini *et al.*, 2010; Burns, 2006; Neeteson and Carton, 2001; Rahn, 2002). Η αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου εξαρτάτε κυρίως από δύο στοιχεία: τη δυνατότητα πρόσληψης αζώτου όπου είναι η ικανότητα της καλλιέργειας να χρησιμοποιήσει το άζωτο που βρίσκεται στο (Burns, 2006; Greenwood *et al.*, 1989), και η δυνατότητα του αζώτου που απορροφήθηκε να δώσει (Janssen, 1998; Schenk, 2006). Οι αποτελεσματικότητες αυτές μπορεί να διαφέρουν μέσα στην ίδια καλλιέργεια επειδή εξαρτώνται από διαφορετικά όργανα και μηχανισμούς του φυτού όπως και περιβαλλοντικούς.

### **1.6.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του αζώτου**

Το είδος και η ποικιλία έχουν σημαντικό ρόλο γιατί ο γενότυπος επηρεάζει την πρόσληψη αζώτου και της χρήση του αζώτου που απορροφήθηκε λόγω του γεγονότος ότι κάθε γενότυπος έχει τα δικά του μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως οι ρίζες, φύλλα κλπ. (Schenk, 2006; Thorup-Kristensen and Sørensen, 1999; Thorup-Kristensen and Van der Boogard, 1999). Όμως ο ίδιος γενότυπος μπορεί να δώσει διαφορετικά NUE όταν βρεθεί σε διαφορετικά επίπεδα διαθεσιμότητας αζώτου (Burns, 2006).

Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, το έδαφος κλπ. μπορούν να επηρεάσουν τον NUE γιατί επηρεάζουν τον βιολογικό κύκλο της καλλιέργειας ή τη διαθεσιμότητα αζώτου από το έδαφος μέσω της ορυκτοποίησης της οργανικής ύλης και την απορρόφηση των (Agostini *et al.*, 2010). Εξαιτίας των παραπάνω, κάθε συμπέρασμα για την NUE στις καλλιέργειες θα πρέπει να περνάει

από πειράματα σε διαφορετικές χρονιές και τοποθεσίες, όπως επίσης και σε διαφορετικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

Σημαντικός παράγοντας είναι η διαχείριση της (Neeteson et al., 1999). Η διαχείριση περιλαμβάνει την πυκνότητα και κατανομή των φυτών στο χώρο. (Shapiro and Wortmann, 2006), την ποσότητα λίπανσης με άζωτο και τη μέθοδο εφαρμογής της (Li, 2003; Linaje et al., 2005; Ma and Kalb, 2006; Osborne, 2006), την διαχείριση του νερού, τη ταυτόχρονη διαχείριση νερού και λίπανσης (Battilani et al., 2003; Remie et al., 2003; Singandhure et al., 2003). Επιπροσθέτως, η σχέση διαχείρισης της καλλιέργειας και περιβαλλοντικών παραγόντων, περιλαμβανομένων των βιοτικών και αβιοτικών στρες, μπορούν να αλλάξουν τη βιομάζα και τη κατανομή του αζώτου στο (Vouillot and Devienne-Barret, 1999; Yong-Zhan et al., 1996; Zvomuya and Rosen, 2002).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Γενικά

Την καλλιεργητική περίοδο 2014-2015 μελετήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα στην περιοχή Γυαλού ) και σε έκταση 665 m<sup>2</sup> (19 x 35 m), η αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του αζώτου σε πέντε ποικιλίες βυνοποιήσιμου κριθαριού κατά την εφαρμογή δυο τύπων αζωτούχων λιπασμάτων (βραδείας απελευθέρωσης και άμεσης πρόσληψης) στον βιολογικό κύκλο των φυτών, στη διακύμανση του βάρους των φυτών κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου, στο ποσοστό του αζώτου στο φυτό κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου, στο ποσοστό της πρωτεΐνης του σπόρου, στο ξηρό βάρος των στάχτων, στο μέγεθος των σπόρων, στον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ και στο βάρος των χιλίων σπόρων σε τρεις διαφορετικούς τύπους λιπάνσεως (μάρτυρας, nutrimore, νιτρική αμμωνία).

**Πίνακας 2.1** Ανάλυση του εδάφους στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα.

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| <b>pH</b>                         | 8,08%       |
| <b>CaCO<sub>3</sub>(%)</b>        | 39%         |
| <b>Άμμος</b>                      | 50,6%       |
| <b>Αργίλος</b>                    | 26%         |
| <b>Ιλύς</b>                       | 23,4%       |
| <b>Χαρακτηρισμός του εδάφους</b>  | Αμμόπηλώδες |
| <b>Οργανική ουσία</b>             | 2,3%        |
| <b>N (%)</b>                      | 0,11        |
| <b>P (Olsen) µg/g</b>             | 258,62      |
| <b>K<sup>+</sup> (ppm)</b>        | 432         |
| <b>Na<sup>+</sup> (ppm)</b>       | 34          |
| <b>Ca<sup>+</sup> (meq/100gr)</b> | 21,61       |
| <b>I.A.K (meq/100gr)</b>          | 22,7        |

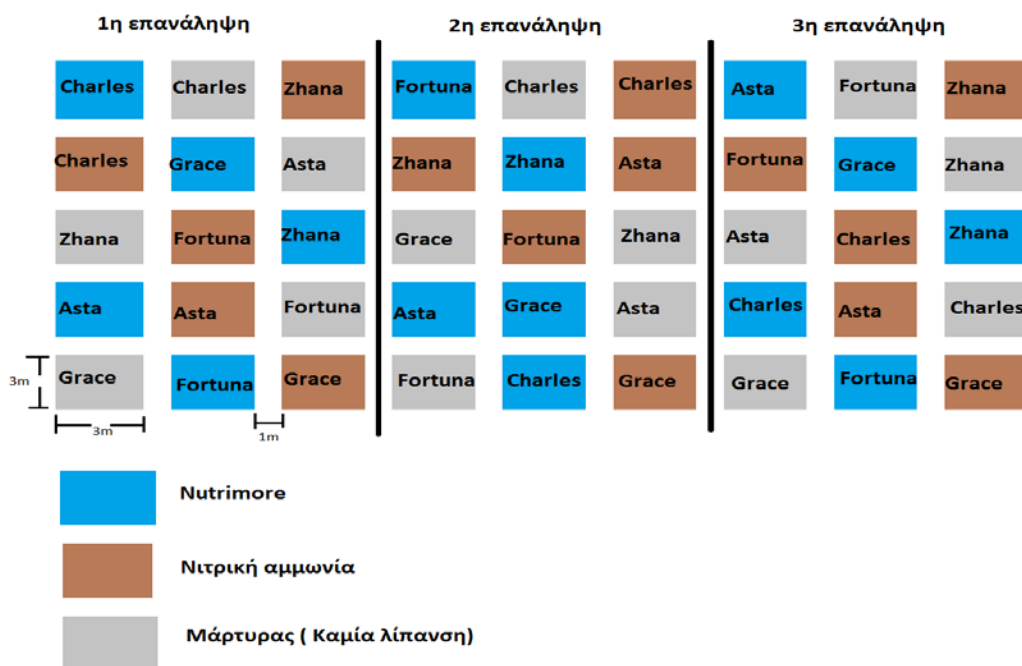
#### 2.1.1 Επιλογή γενετικού υλικού

Αξιολογήθηκαν συνολικά πέντε δίστοιχες ποικιλίες βυνοποιήσιμου κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) οι “ KWS Asta”, “Charles”, “Fortuna”, “Grace” και “Zhana”. Και οι πέντε ποικιλίες είναι εγγεγραμμένες στον κοινοτικό κατάλογο ποικιλιών, είναι χαμηλόσωμες, αρκετά πρώιμες και ιδιαίτερα παραγωγικές όταν καλλιεργούνται σε γόνιμα εδάφη. Οι ποικιλίες “KWS Asta”, “Zhana”, “Fortuna” και “Grace” έχουν δημιουργηθεί μόνο με παραδοσιακές μεθόδους βελτίωσης, ενώ η ποικιλία “Charles” ως ένα σημαντικό ποσοστό. Η ποικιλία “Charles” είναι μία Null-Lox ποικιλία και

χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι δεν συνθέτει τα ένζυμα LOX-1 και LOX-2, που είναι μέλη της οικογένειας των ενζύμων της λιποξυγενάσης. Τα συγκεκριμένα ένζυμα συνθέτονται στο έμβρυο κυρίως κατά το φύτρωμα των σπόρων του κριθαριού και καταλύουν την οξυγόνωση των λιπαρών οξέων (κυρίως λινολεϊκό οξύ), σε υδροϋπεροξειδία, οδηγώντας τελικά στη σύνθεση μη επιθυμητών καρβονυλίων (Yang *et al.*, 1993) . Το LOX-1 οδηγεί τελικά στη σύνθεση της χημικής ένωσης E-2-εννεανάλη (trans-2-nonenal ή T2N), η οποία είναι ευρέως αναγνωρισμένη ως η κύρια αιτία για την ανάπτυξη της χαρακτηριστικής δυσάρεστης γεύσης στις ηλικιωμένες μύρες, ενώ το LOX-2 οδηγεί στη σύνθεση της χημικής ένωσης εξανάλη (13-HPODE).

### 2.1.2 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (Randomized Complete Block Design). Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις με δύο επεμβάσεις, τους πέντε βιότυπους και τα τρία είδη λίπανσης. Κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση  $9\text{m}^2$  (3 x 3m) και περιελάμβανε 15 γραμμές σποράς με απόσταση 20 cm μεταξύ των γραμμών. Η πυκνότητα της σποράς ήταν 330 φυτά /  $\text{m}^2$ . Οι τρεις επεμβάσεις λίπανσης περιλάμβαναν α) μάρτυρα που δεν έγινε προσθήκη αζώτου, β) λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (Nutrimore N-Plus 46-0-0) 6kg N/στρ και γ) λίπανση με λίπασμα άμεσης απορρόφησης (νιτρική αμμωνία 20,5-0-0) 6kg N/στρ. Τόσο στην επέμβαση β), όσο και στην επέμβαση γ) χορηγήθηκαν εξίσου 6 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα με επιφανειακή εφαρμογή. Όσον αφορά το χρόνο της εφαρμογής, στην περίπτωση του λιπάσματος βραδείας απελευθέρωσης πραγματοποιήθηκε στις αρχές αδελφώματος και στη περίπτωση του λιπάσματος άμεσης απορρόφησης προς το τέλος του αδελφώματος.



Σχήμα 2.1.2a Κάτοψη του αγρού, όπως αυτός διαμορφώθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος.

## 2.2 Καλλιεργητικά στοιχεία

### 2.2.1 Εδαφοκατεργασία

Για την κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε πρώτα καθαρισμός από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και έπειτα άροση, η οποία πραγματοποιήθηκε 13 Δεκεμβρίου.

Στις 17 Δεκεμβρίου η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε σπάζοντας τα επιφανειακά συσσωματώματα με τη χρήση φρέζας, με στόχο την επίτευξη μεγαλύτερου ποσοστού φυτρώματος των σπόρων.

### 2.2.2 Σπορά

Η σπορά πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά και εντοπισμένα, για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας της πυκνότητας της φυτείας. Οι γραμμές φύτευσης ήταν 15 ανά τεμάχιο με απόσταση 20 cm μεταξύ των γραμμών και 2-3 cm επί της γραμμής. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 24 Δεκεμβρίου του 2014.

### 2.2.3 Καταπολέμηση ζιζανίων

Πριν την σπορά έγινε χειρωνακτική καταπολέμηση ζιζανίων σε όλο τον χώρο που θα πραγματοποιούταν το πείραμα, ακόμα και στα σημεία που δεν θα γινόταν

σπορά φυτών. Αργότερα, έγινε εφαρμογή του εμπορικού σκευάσματος Bromotrill 40 EC (Bromoxynil) σε δόση 100 κ.εκ./στρ.

## 2.3 Παρατηρήσεις-Προσδιορισμοί

### 2.3.1 Φαινολογία

Στο παρόν πείραμα η ανάπτυξη των φυτών των τριών ποικιλιών υπολογίστηκε με βάση τη κλίμακα Zadoks. Πραγματοποιήθηκαν 13 μετρήσεις από την 54η ημέρα από την σπορά, μέχρι την 149η ημέρα από την σπορά.

**Πίνακας 2.3.1a** Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψιών και στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

| Αριθμός δείγματος | Ημερομηνία παρατήρησης | Μέρες από την σπορά | Στάδιο ανάπτυξης των φυτών κατά Zadoks |
|-------------------|------------------------|---------------------|--|
| 1                 | 16-02-15               | 54                  | 20-22                                  |
| 2                 | 24-02-15               | 62                  | 21-24                                  |
| 3                 | 05-03-15               | 71                  | 22-25                                  |
| 4                 | 11-03-15               | 77                  | 24-28                                  |
| 5                 | 20-03-15               | 86                  | 26-31                                  |
| 6                 | 27-03-15               | 93                  | 28-32                                  |
| 7                 | 03-04-15               | 100                 | 31-33                                  |
| 8                 | 15-04-15               | 112                 | 41-49                                  |
| 9                 | 22-04-15               | 119                 | 47-57                                  |
| 10                | 29-04-15               | 126                 | 60-70                                  |
| 11                | 06-05-15               | 133                 | 70-83                                  |
| 12                | 15-05-15               | 142                 | 83-85                                  |
| 13                | 22-05-15               | 149                 | 85-91                                  |

Η κλίμακα Zadoks είναι μια κλίμακα που περιγράφει τα στάδια ανάπτυξης των αγρωστωδών φυτών. Το σύστημα Zadoks γίνεται όλο και πιο αποδεκτό παγκοσμίως και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους μικρούς σπόρους και τα στάδια του είναι εύκολο να αναγνωριστούν στο χωράφι.

Το σύστημα Zadoks είναι ένας διψήφιος κώδικας όπου το πρώτο ψηφίο αναφέρεται στο βασικό στάδιο της ανάπτυξης από το φύτεμα μέχρι την ωρίμανση. Το δεύτερο ψηφίο (με τιμές από 0 έως 9) είναι μία υποδιαίρεση των βασικών σταδίων. Η γνώση των σταδίων ανάπτυξης μιας καλλιέργειας είναι πολλή σημαντική, έτσι ώστε να μπορούν να παρθούν σωστά κρίσιμες αποφάσεις για τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Για παράδειγμα, σε ορισμένες χώρες, οι απαιτήσεις σε

άζωτο και ζιζανιοκτόνα πρέπει να ολοκληρώνονται κατά τη διάρκεια του αδελφώματος .

Η εμφάνιση ασθενειών θεωρείται πιθανή κατά τα στάδια της επιμήκυνσης στελέχους (καλαμώματος) και ξεσταχιάσματος (Z 31, Z 32, Z 35), ιδίως μόλις το φύλλο σημαία προβάλλει προς τα έξω (Z 37), οπότε και ο έλεγχος για την ύπαρξη κάποιας ασθένειας στα παραπάνω στάδια θεωρείται απαραίτητος. Η καλλιέργεια είναι αρκετά πιο ευαίσθητη στη θερμότητα και τον παγετό σε κάποιες φάσεις ανάπτυξης του φυτού από τι σε κάποιες άλλες. Συνεπώς, γνωρίζοντας το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, κατά τον έλεγχο και την αντιμετώπιση των διαφόρων προβλημάτων, η κλίμακα κατά Zadoks είναι απαραίτητη για να αποφασίσει ο καλλιεργητής τα μέτρα ελέγχου και αντιμετώπισης που πρέπει να εφαρμόσει. Παρακάτω παρατίθεται η κλίμακα κατά Zadoks και η σύγκριση της με άλλες κλίμακες των σταδίων ανάπτυξης του σιταριού.

**Πίνακας 2.3.1b** Κυριότερα στάδια των κλιμάκων Zadoks

| <b>Κλίμακα Zadoks</b> | <b>Περιγραφή</b>    |
|-----------------------|---------------------|
| 0-9                   | Βλάστηση του σπόρου |
| 10-19                 | Αύξηση φυταριών     |
| 20-29                 | Αδέλφωμα            |
| 30-39                 | Καλάμωμα            |
| 40-49                 | Διόγκωση κολεού     |
| 50-59                 | Ξεστάχιασμα         |
| 60-69                 | Άνθηση              |
| 70-79                 | Γαλακτώδης καρπός   |
| 80-89                 | Στάδιο ζύμης        |
| 90-99                 | Ωρίμανση            |

## **2.3.2 Φυσιολογικές παράμετροι**

### **2.3.2.1 Ύψος φυτών**

Στο στάδιο της έναρξης της άνθησης και στο στάδιο της ωρίμανσης μετρήθηκε το ύψος πέντε τυχαίων φυτών ανά τεμάχιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους.



### 2.3.2.2 Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε άζωτο

Κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις της περιεκτικότητας αζώτου. Η πρώτη αφορούσε το υπέργειο μέρος των φυτών κατά την άνθηση, η δεύτερη τα στελέχη και τα φύλλα κατά την συγκομιδή, ενώ η τρίτη τους σπόρους κατά την συγκομιδή. Από την περιεκτικότητα των σπόρων σε άζωτο, υπολογίστηκε το ποσοστό πρωτεΐνης που περιέχεται σε αυτούς και το οποίο καθορίζει ως ένα βαθμό την καταλληλότητα των σπόρων για βυνοποίηση.

Επίσης υπολογίστηκε η ανακατανομή του αζώτου από το στάδιο της άνθησης στο στάδιο της ωρίμανσης (Parakosta και Gagianas, 1991) και η αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (Moll *et al.* 1982). με τον εξής τρόπο:

- **Μετακίνηση αζώτου (kg/στρ)** = ολικό άζωτο υπέργειων τμημάτων (φύλλων, βλαστών, ταξιανθιών) στο στάδιο της άνθησης (kg/στρ) – ολικό άζωτο βλαστικών τμημάτων (φύλλων, βλαστών, αγάνων) στο στάδιο της ωρίμανσης (kg/στρ).
- **Ικανότητα μετακίνησης αζώτου (%)** = [μετακίνηση αζώτου (kg/στρ) / ολικό άζωτο υπέργειων τμημάτων (φύλλων, βλαστών, ταξιανθιών) στο στάδιο της άνθησης (kg/στρ)] x 100.
- **Δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI)** = άζωτο κόκκων (kg/στρ) / ολικό άζωτο της υπέργειας βιομάζας στο στάδιο της ωρίμανσης (kg/στρ).
- **Αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (NUE)** = απόδοση καρπού(kg/στρ)/ άζωτο λίπανσης (kg/στρ) .

Η αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου Nitrogen (NUE) ορίζεται ως η απόδοση σε καρπό ανά μονάδα αζώτου που εφαρμόστηκε (Moll *et al.* 1982). .

Ο υπολογισμός του αζώτου έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl (Horneck and Miller, 1998). Η μέθοδος αποτελείται ουσιαστικά από τρία στάδια ή φάσεις. Ο σκοπός της πρώτης φάσης είναι η αποσύνθεση του δείγματος ώστε να απελευθερωθεί το άζωτο. Για το λόγο αυτό το δείγμα θερμαίνεται μαζί με πυκνό θειικό οξύ, το οποίο προκαλεί την αποσύνθεσή του, έτσι ώστε να απελευθερωθεί το άζωτο ως θειικό αμμώνιο ((NH<sub>4</sub>)SO<sub>4</sub>). Κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου βήματος γίνεται και προσθήκη θειοθειικού νατρίου (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) που έχει ως σκοπό να ανεβάσει το σημείο βρασμού του μέσου (από τους 337 °C στους 373 °C). Η χημική αποσύνθεση του δείγματος ολοκληρώνεται όταν το χρώμα του μέσα στη φιάλη Kjeldahl από σκούρο

καφέ γίνεται διαυγές πράσινο. Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει την απόσταξη του δείγματος με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), το οποίο μετατρέπει το θειικό αμμώνιο σε αμμωνία (NH<sub>3</sub>). Η όλη μέθοδος ολοκληρώνεται με την τιτλοδότηση του διαλύματος που προέκυψε από την απόσταξη (χρησιμοποιείται υδροχλωρικό οξύ για την τιτλοδότηση).

Για τον υπολογισμό του % αζώτου που υπάρχει στο δείγμα εφαρμόστηκε ο παρακάτω τύπος:

$$(N\%) = \frac{(a - \beta) \cdot 0,05 \cdot 14 \cdot 100}{B \cdot 1000}$$

Όπου:

a: τα ml του υδροχλωρικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

β: τα ml του υδροχλωρικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του μάρτυρα (λευκός προσδιορισμός)

B: το βάρος του αρχικού δείγματος (γρ)

### 2.3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

#### 2.3.3.1 Προσδιορισμός της πρωτεΐνης των καρπών

Ο προσδιορισμός του ποσοστού πρωτεΐνης που περιέχεται στους σπόρους έγινε μέσω του ποσοστού του N που βρέθηκε σε αυτούς με την μέθοδο Kjeldahl. Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των σπόρων δίνεται ως ακατέργαστη πρωτεΐνη που προκύπτει ως:

$$\% \text{ πρωτεΐνη} = N \cdot 6,25$$

#### 2.3.3.2 Μέγεθος καρπών

Η κατάταξη του μεγέθους των καρπών σε κλάσεις πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο EBC 3.11.1 “Sieving Test for Barley”.

### 2.3.4 Συστατικά απόδοσης

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στο στάδιο της οικονομική ωρίμανσης. Μετά την συγκομιδή, λήφθηκε ένα τετραγωνικό μέτρο από κάθε τεμάχιο και κάθε επανάληψη. Αυτά τα φυτά χρησιμοποιήθηκαν για τις επόμενες μετρήσεις.

#### 2.3.4.1 Ξηρό βάρος φυτών

Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις του συνολικού βάρους των φυτών. Η πρώτη έγινε κατά την άνθηση και η δεύτερη κατά την συγκομιδή.

#### 2.3.4.2 Καρποί ανά στάχυ

Υπολογίστηκε από 10 τυχαίους στάχους ανά επίπεδο λίπανσης.

#### 2.3.4.3 Αριθμός στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο

Η μέτρηση της πυκνότητας ανά τετραγωνικό μέτρο έγινε στο στάδιο της συγκομιδής. Η δειγματοληψία έγινε με χρήση πλαισίου 1 x 1m όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3.4.3.



**Εικόνα 2.3.4.3.** Συγκομιδή φυτών κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης με τη χρήση δειγματοληπτικού πλαισίου επιφάνειας 1 m<sup>2</sup>.

#### 2.3.4.4 Προσδιορισμός του βάρους χιλίων κόκκων

Η μέτρηση του βάρους των σπόρων, που είχαν συλλεχθεί έγινε με ζυγό ακριβείας. Μετρήθηκε το βάρος 100 σπόρων και από αυτό υπολογίστηκε το βάρος των 1000 σπόρων.

### 2.3.4.5 Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index)

Ο δείκτης συγκομιδής (HI) υπολογίστηκε ως ο λόγος της απόδοσης σε καρπό προς στη συνολική υπέργεια βιομάζα (βάρος καρπών / βάρος υπέργεια βιομάζας + βάρος καρπών)

### 2.4 Στατιστική Ανάλυση

Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα Microsoft Excel και StatGraphics. Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο του F, ενώ οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD).

### 2.5 Άποψη του πειραματικού αγρού στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της φυτείας



**Εικόνα 2.5.a** 16/02/2015 Στάδιο αδελφώματος.



**Εικόνα 2.5.b** 3/4/2015 Στάδιο καλαμώματος



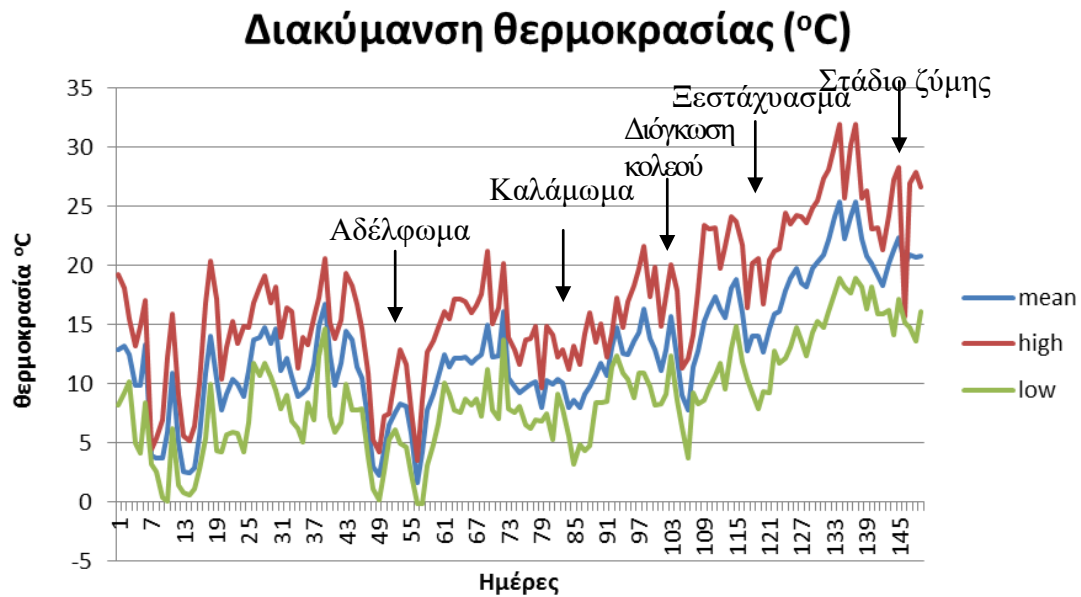
**Εικόνα 2.5.c** 24/4/2015 Στάδιο ξεσταχιάσματος



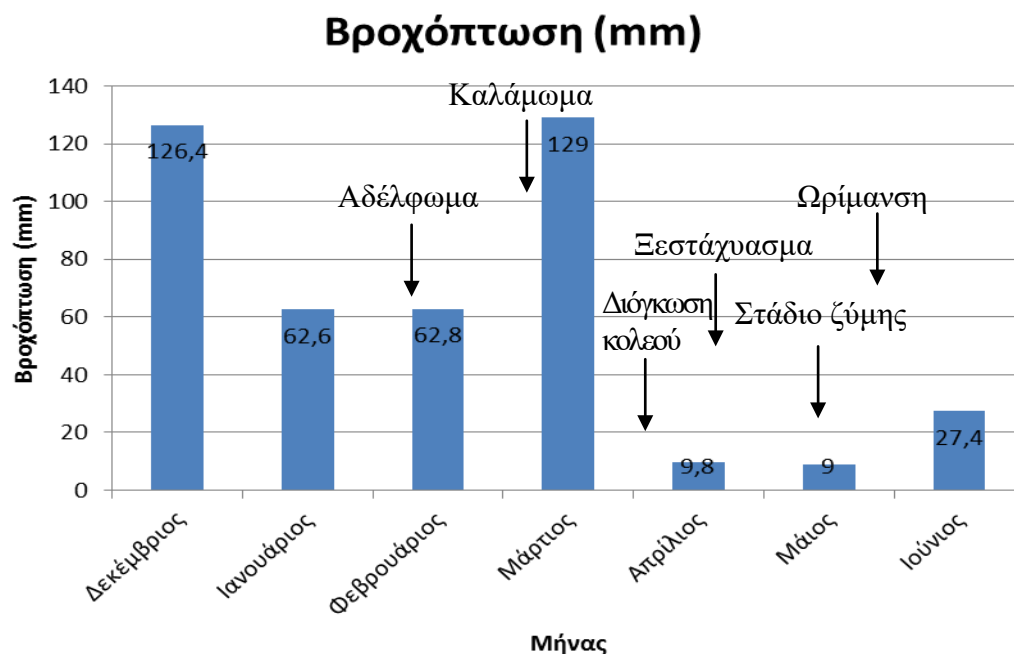
**Εικόνα 2.5.d** 15/5/2015 Στάδιο ζύμης

### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα



**Διάγραμμα 3.1a** Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της εξέλιξης του βιολογικού κύκλου των φυτών. Με κόκκινο χρώμα είναι η υψηλότερη ημερήσια θερμοκρασία, με μπλε η χαμηλότερη ενώ με πράσινο είναι η μέση (ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ - ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, meteo.gr).



**Διάγραμμα 3.1b** Η μηνιαία βροχόπτωση (mm) κατά την διάρκεια της εξέλιξης του βιολογικού κύκλου των φυτών (ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ - ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, meteo.gr).

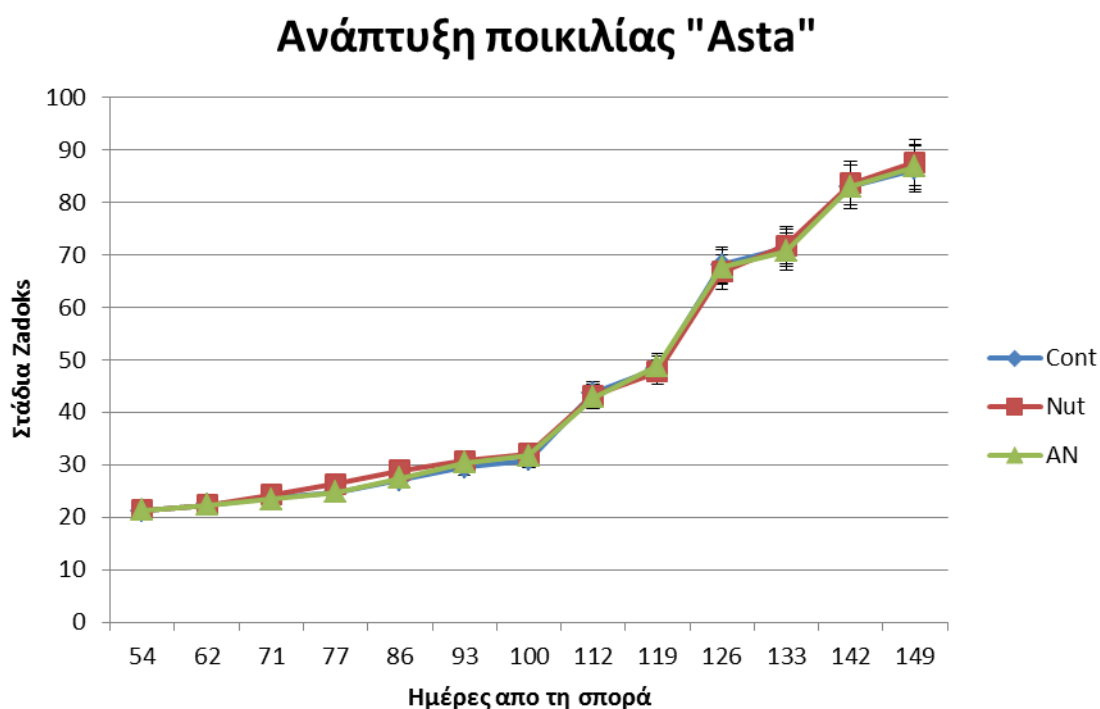
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.1a η ανώτερη θερμοκρασία καταγράφηκε την 134<sup>η</sup> και 137<sup>η</sup> (31,9 °C) ημέρα του βιολογικού κύκλου των φυτών στο στάδιο της ζύμης κατά την κλίμακα Zadoks. Η χαμηλότερη θερμοκρασία μετρήθηκε την 56<sup>η</sup> και 57<sup>η</sup> (-0,2 °C) στο στάδιο του αδελφώματος κατά τη κλίμακα Zadoks.

Από τον πίνακα 3.1b παρατηρήθηκε ότι οι μήνες με την υψηλότερη βροχόπτωση ήταν ο Δεκέμβριος και ο Μάρτιος (126,4mm και 129mm) κατά τη σπορά και στο στάδιο του αδελφώματος αντίστοιχα. Επίσης οι μήνες με τη χαμηλότερη βροχόπτωση ήταν ο Απρίλιος και ο Μάιος (9,8mm και 9mm) δηλαδή από το στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης.

## 3.2. Φαινολογία

### 3.2.1. Εκτίμηση του βιολογικού κύκλου με την κλίμακα Zadoks

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σε σχέση με την πάροδο του χρόνου είναι τα εξής:

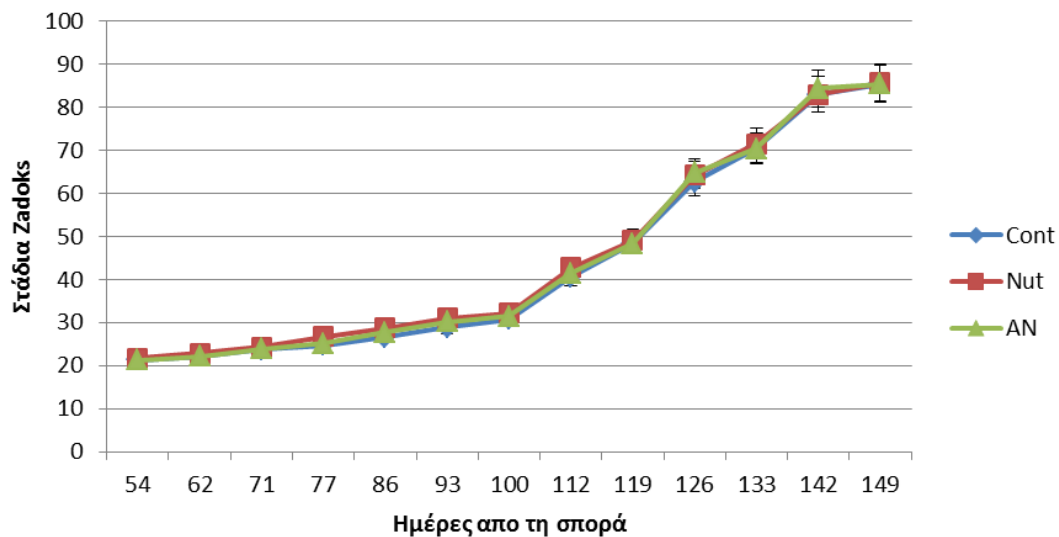


**Διάγραμμα 3.2.1.a** Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας "Asta" με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων



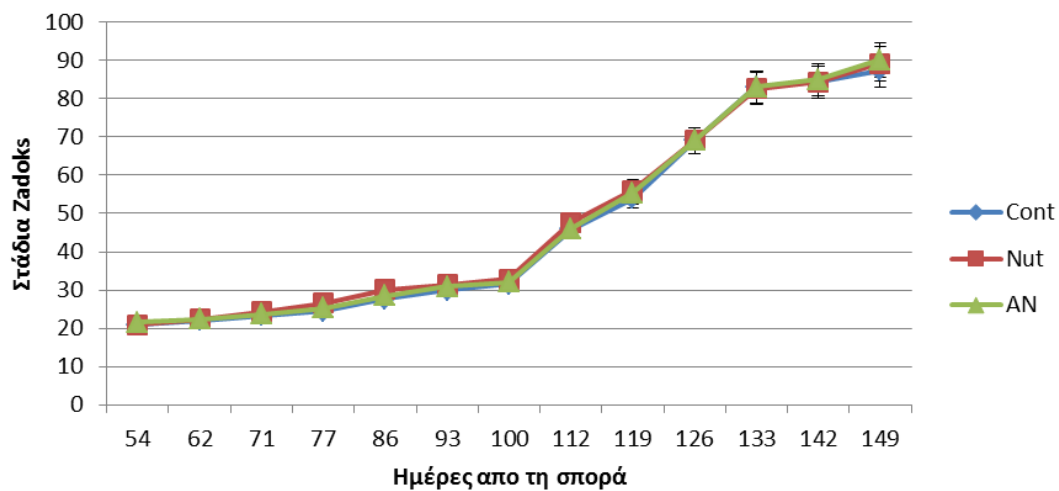
απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

### Ανάπτυξη ποικιλίας "Charles"



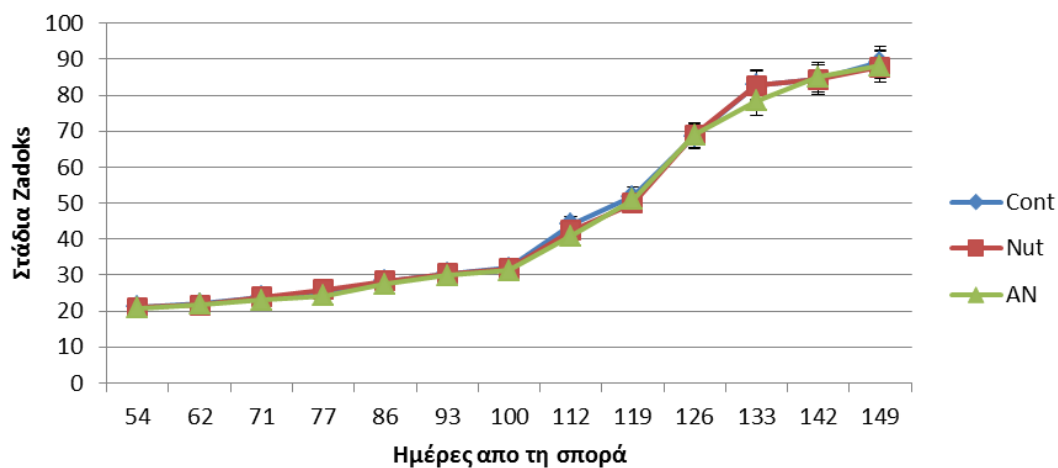
**Διάγραμμα 3.2.1.b** Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας "Charles" με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

### Ανάπτυξη ποικιλίας "Fortuna"



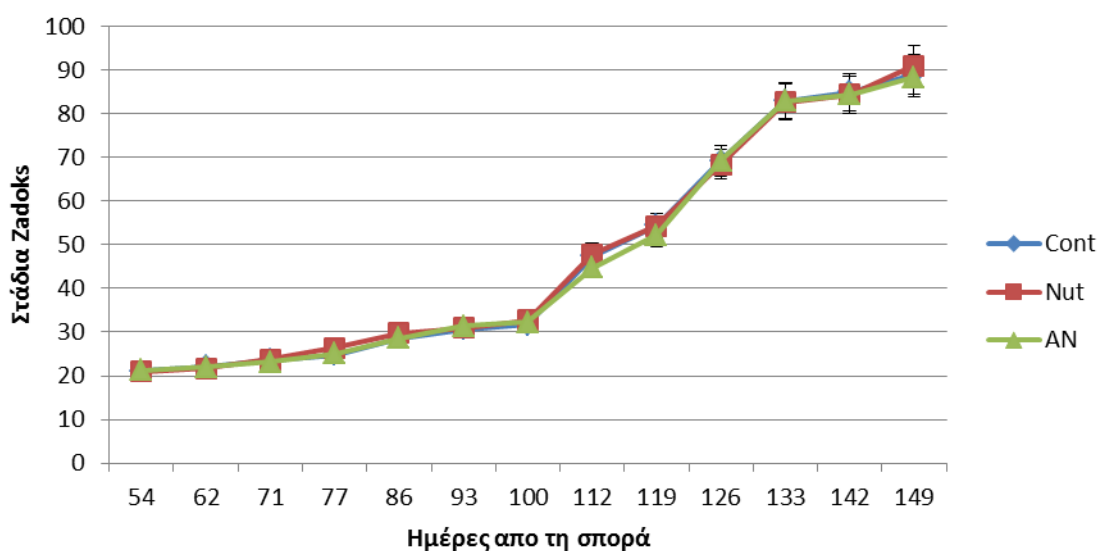
**Διάγραμμα 3.2.1.c** Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “Fortuna” με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

### Ανάπτυξη ποικιλίας "Grace"



**Διάγραμμα 3.2.1.d** Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “Grace” με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

### Ανάπτυξη ποικιλίας "Zhana"



**Διάγραμμα 3.2.1.e** Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “Zhana” με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων

απεικονίζουν το τυπικό σφάλμα. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Στην ποικιλία Asta, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.2.1a παρατηρήθηκε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Φαίνεται πως τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν σταθερή πορεία ανάπτυξης μέχρι τις 102 ημέρες από τη σπορά δηλαδή όταν είχε ολοκληρωθεί το στάδιο του αδελφώματος. Από τις 102 μέχρι τις 149 ημέρες από τη σπορά τα φυτά σε όλα τα είδη λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο δηλαδή από το στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης.

Στην ποικιλία Charles, (διάγραμμα 3.2.1b) παρατηρήθηκε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Φαίνεται πως τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν σταθερή πορεία ανάπτυξης μέχρι τις 102 ημέρες από τη σπορά δηλαδή όταν είχε ολοκληρωθεί το στάδιο του αδελφώματος. Από τις 102 μέχρι τις 142 ημέρες από τη σπορά τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο δηλαδή από το στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο της σκληρής ζύμης. Από τις 142 μέχρι τις 149 ημέρες από τη σπορά (το στάδιο της σκληρής ζύμης μέχρι την ωρίμανση.) τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν παρόμοια πορεία ανάπτυξης.

Στην ποικιλία Fortuna (διάγραμμα 3.2.1c) παρατηρήθηκε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Φαίνεται πως τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν σταθερή πορεία ανάπτυξης μέχρι τις 102 ημέρες από τη σπορά δηλαδή όταν είχε ολοκληρωθεί το στάδιο του αδελφώματος. Από τις 102 μέχρι τις 130 ημέρες από τη σπορά τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο δηλαδή από το στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο της μαλακής ζύμης. Από τις 130 μέχρι τις 149 ημέρες από τη σπορά (στάδιο της μαλακής ζύμης μέχρι την ωρίμανση.) τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν παρόμοια πορεία ανάπτυξης.

Στην ποικιλία Grace (διάγραμμα 3.2.1d) παρατηρήθηκε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Φαίνεται πως τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν παρόμοια πορεία ανάπτυξης μέχρι τις 102 ημέρες από τη σπορά δηλαδή όταν είχε ολοκληρωθεί το στάδιο του αδελφώματος. Από τις

102 μέχρι τις 127 ημέρες από τη σπορά τα φυτά σε όλα τα επίπεδα λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο δηλαδή από το στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο του υδατώδη καρπού. Από τις 127 μέχρι τις 142 ημέρες από τη σπορά τα φυτά των επιπέδων λίπανσης Cont και Nut είχαν την τάση να επιταχύνουν περισσότερο τον βιολογικό τους κύκλο από το επίπεδο λίπανσης AN, συγκεκριμένα από το στάδιο της μαλακής ζύμης μέχρι την σκληρή ζύμη. Από τις 142 μέχρι τις 149 ημέρες από τη σπορά (στάδιο της σκληρής ζύμης μέχρι την ωρίμανση) τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ως προς την πορεία της ανάπτυξης τους.

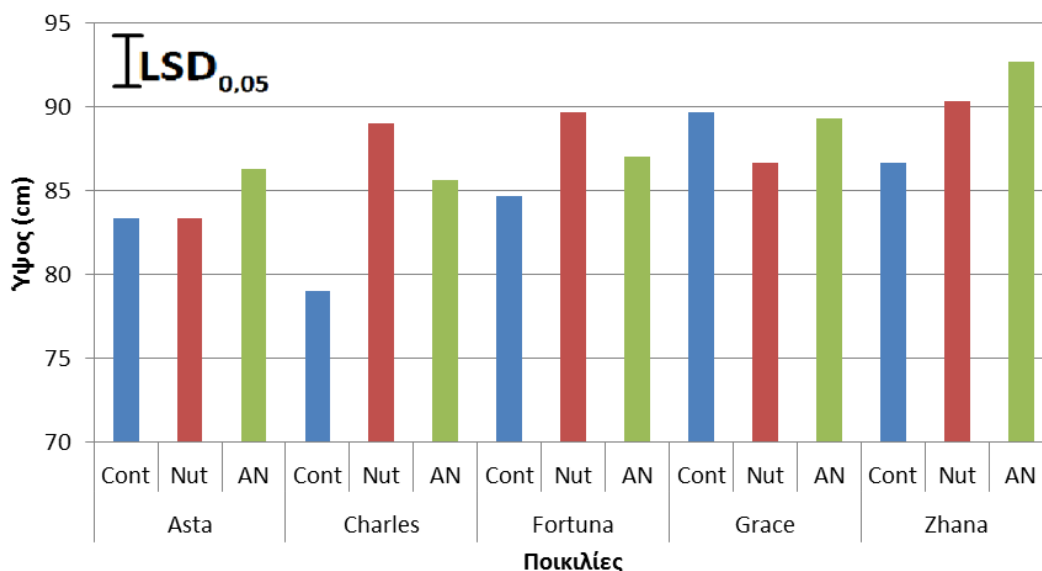
Στην ποικιλία Zhana (διάγραμμα 3.2.1e) παρατηρήθηκε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Φαίνεται πως τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν σταθερή πορεία ανάπτυξης μέχρι τις 102 ημέρες από τη σπορά δηλαδή όταν είχε ολοκληρωθεί το στάδιο του αδελφώματος. Από τις 102 μέχρι τις 132 ημέρες από τη σπορά τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο (στάδιο του καλαμώματος μέχρι το στάδιο της μαλακής ζύμης). Από τις 132 μέχρι τις 149 ημέρες από τη σπορά (στάδιο της μαλακής ζύμης μέχρι την ωρίμανση) τα φυτά όλων των επιπέδων λίπανσης είχαν ομοιόμορφη πορεία ανάπτυξης.

Φαίνεται πως σε όλες τις ποικιλίες που μελετήθηκαν, η ανάπτυξη ήταν σταθερή σε όλα τα επίπεδα λίπανσης μέχρι περίπου τις 102 ημέρες από την σπορά δηλαδή το στάδιο του αδελφώματος. Από τις 102 μέχρι 127-142 ημέρες η ανάπτυξη επιταχύνθηκε στις πέντε ποικιλίες σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Στην ποικιλία Asta η ανάπτυξη της επιταχύνθηκε μέχρι το τέλος του βιολογικού της κύκλου, ενώ στις υπόλοιπες ποικιλίες από τις 127-142 ημέρες από τη σπορά μέχρι το τέλος του βιολογικού τους κύκλου είχαμε σταθερή πορεία ανάπτυξης σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Όπως φάνηκε από τα παραπάνω οι επεμβάσεις λίπανσης δεν επηρέασαν σημαντικά το βιολογικό κύκλο των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

### 3.2.2 Ύψος φυτών

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 1, παράρτημα) παρατηρήθηκε πως οι ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν στατιστικά σημαντικά ως προς το ύψος των φυτών κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Το επίπεδο λίπανσης και η αλληλεπίδραση της λίπανσης και των ποικιλιών δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το ύψος των φυτών.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.2.2 το ύψος κατά τα στάδια της ωρίμανσης κατά αύξουσα σειρά ήταν Asta < Charles < Fortuna < Grace < Zhana. Σε όλες τις ποικιλίες στο στάδιο της ωρίμανσης το ύψος αυξήθηκε στα επίπεδα λίπανσης Nut και AN συγκριτικά με το επίπεδο Cont με εξαίρεση την ποικιλία Grace στην οποία ο μάρτυρας είχε το μεγαλύτερο ύψος και στα δύο στάδια. Ειδικότερα κατά το στάδιο της ωρίμανσης στις ποικιλίες Asta και Zhana παρατηρήθηκε ότι στο επίπεδο λίπανσης AN είχαν μεγαλύτερο ύψος από τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης ενώ στις ποικιλίες Charles και Fortuna στο επίπεδο λίπανσης Nut τα φυτά είχαν μεγαλύτερο ύψος από τα επίπεδα λίπανσης Cont και AN. Επιπροσθέτως στη ποικιλία Grace παρατήθηκε ότι το επίπεδο Cont έχει μεγαλύτερο μέσο όρο ύψους από τα άλλα δύο είδη λίπανσης, όπως στο στάδιο της άνθησης.

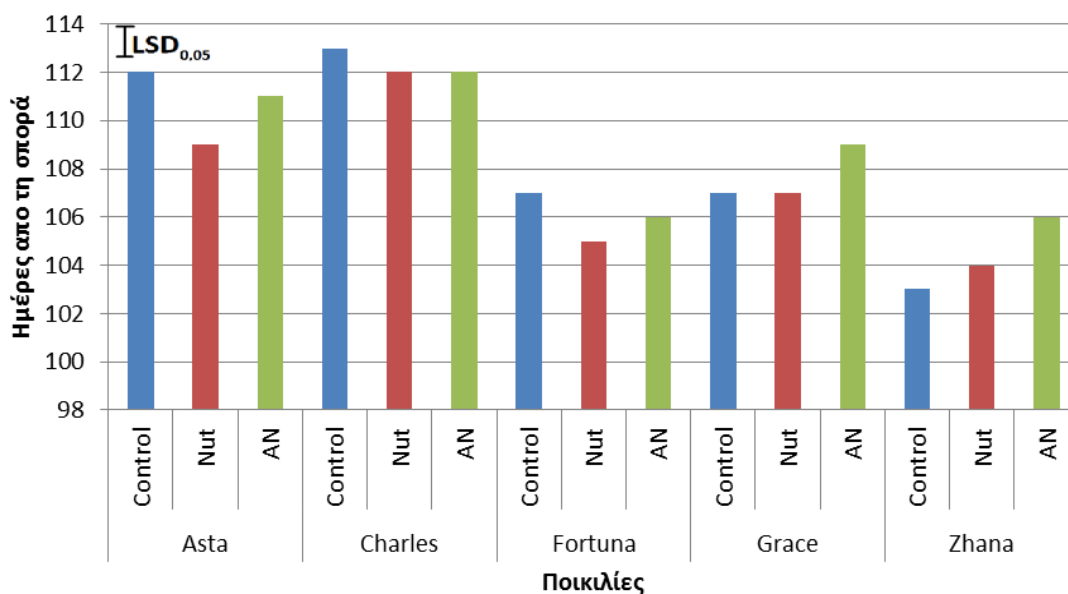


**Διάγραμμα 3.2.2 :** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στο ύψος των φυτών των πέντε ποικιλιών στο στάδιο της ωρίμανσης. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Η αύξηση του ύψους στο στάδιο της ωρίμανσης λόγω της αζωτούχου λίπανσης συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001), Wych κ.α. (1985) και Delogu κ.α. (1998), οι οποίοι βρήκαν θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο ύψος των φυτών.

### 3.2.3 Εκτίμηση της προωμότητας

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζονται οι ημέρες που χρειάστηκαν τα φυτά των πέντε ποικιλιών στα τρία επίπεδα λίπανσης, για να φτάσουν στο στάδιο του ξεσταχυάσματος:



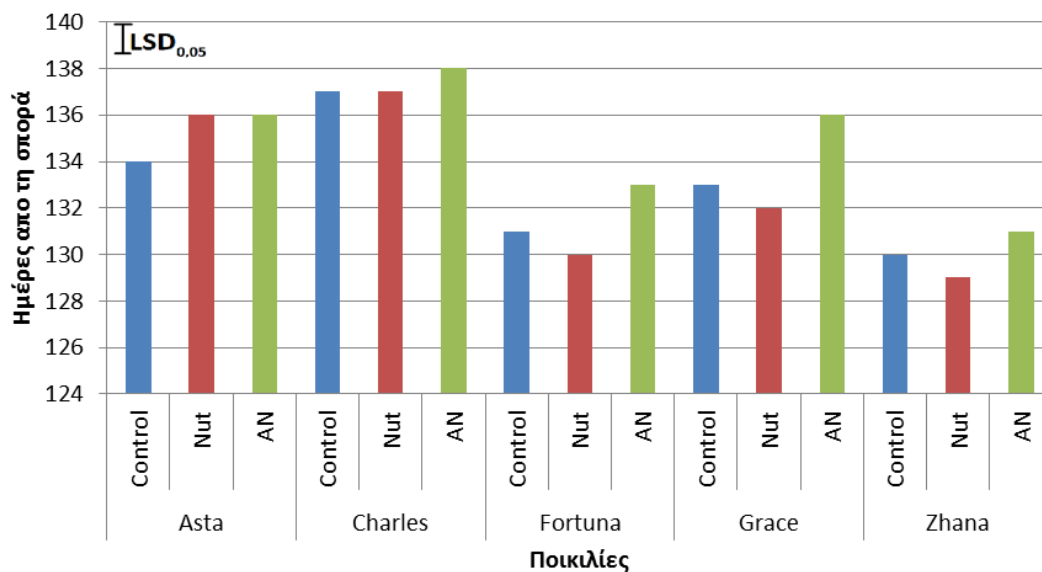
**Διάγραμμα 3.2.3a :** Ενδεικτικό διάγραμμα των ημερών από την σπορά που χρειάστηκαν τα φυτά των πέντε ποικιλιών για να φτάσουν στο στάδιο του ξεσταχυάσματος. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 2, παράρτημα) παρατηρήθηκε πως το είδος λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση της λίπανσης και των ποικιλιών επηρέασαν στατιστικά σημαντικά ως προς τις ημέρες που χρειάστηκαν τα φυτά μέχρι το στάδιο του ξεσταχυάσματος.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα **3.2.3a** τα φυτά της ποικιλίας Zhana έφτασαν ταχύτερα στο στάδιο ξεσταχυάσματος από τις υπόλοιπες ποικιλίες σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Τα φυτά της ποικιλίας Charles ήταν τα πιο αργά στην ανάπτυξη τους σε όλα τα είδη λίπανσης. Το επίπεδο λίπανσης Nut έχει ταχύτερη ανάπτυξη από τα επίπεδα λίπανσης Cont και AN με εξαίρεση τη ποικιλία Zhana στην οποία το επίπεδο λίπανσης Cont έχει ταχύτερη ανάπτυξη. Επιπλέον, στις ποικιλίες Asta, Charles και

Fortuna το επίπεδο λίπανσης AN είναι ταχύτερο από το επίπεδο λίπανσης Cont ενώ το αντίστροφο ισχύει για τις ποικιλίες Grace και Zhana.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ημερών που χρειάστηκαν τα φυτά των πέντε ποικιλιών στα τρία επίπεδα λίπανσης, για να φτάσουν στο στάδιο της πλήρης άνθησης:



**Διάγραμμα 3.2.3b :** Ενδεικτικό διάγραμμα των ημερών από την σπορά που χρειάστηκαν τα φυτά των πέντε ποικιλιών για να φτάσουν στο στάδιο της πλήρης άνθησης. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 3, παράρτημα), παρατηρήθηκε πως το είδος λίπανσης και οι ποικιλίες επηρέασαν στατιστικά σημαντικά τις ημέρες που χρειάστηκαν τα φυτά μέχρι την πλήρη άνθηση. Επίσης η αλληλεπίδραση της λίπανσης και των ποικιλιών δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά τις ημέρες των φυτών μέχρι την πλήρη άνθηση.

Τα φυτά της ποικιλίας Zhana σύμφωνα με το διάγραμμα **3.2.3b**, έφτασαν ταχύτερα στο στάδιο της πλήρης άνθησης από τις υπόλοιπες ποικιλίες σε όλα τα είδη λίπανσης ενώ τα φυτά της ποικιλίας Charles ήταν τα πιο αργά στην ανάπτυξη τους σε όλα τα είδη λίπανσης. Όσον αφορά τα είδη λίπανσης, το επίπεδο λίπανσης Nut έχει ταχύτερη ανάπτυξη από τα επίπεδα λίπανσης Cont και AN με εξαίρεση τη ποικιλία Asta στην οποία το επίπεδο λίπανσης Cont έχει ταχύτερη ανάπτυξη. Επιπροσθέτως σε

όλες τις ποικιλίες το επίπεδο λίπανσης Cont είναι ταχύτερο από το επίπεδο λίπανσης AN.

Γενικότερα, σε όλες τις ποικιλίες με εξαίρεση την ποικιλία Zhana στο στάδιο του ξεσταχυάσματος και την Asta στην πλήρη άνθηση, παρατηρήθηκε ταχύτερη ανάπτυξη στο επίπεδο λίπανσης Nut από τα υπόλοιπα είδη λίπανσης. Επιπλέον το επίπεδο λίπανσης AN ήταν ταχύτερο από το επίπεδο λίπανσης Cont στις ποικιλίες Asta, Charles και Fortuna στο στάδιο του ξεσταχυάσματος ενώ στις ποικιλίες Grace και Zhana στο στάδιο του ξεσταχυάσματος και όλες οι ποικιλίες στη πλήρη άνθηση το επίπεδο λίπανσης Cont είναι ταχύτερο από το επίπεδο λίπανσης AN.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στην Ισπανία σε φυτά κριθαριού την περίοδο 1999-2000 από τους Arisnabarreta και Miralles (2004,2006) βρέθηκε ότι τα φυτά με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης επιτάχυναν τον βιολογικό τους κύκλο στο στάδιο της άνθησης μέχρι και τη συγκομιδή έως και 15% . Η διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη λίπανσης, θα πρέπει να οφείλεται στην υψηλότερη διαθεσιμότητα αζώτου με το λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης οπότε τα φυτά του επιπέδου λίπανσης Nut ήταν πιο πρώιμα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζονται οι ημέρες που χρειάστηκαν τα φυτά για το γέμισμα του σπόρου:

**Πίνακας 3.2.3c** Ημέρες που χρειάστηκαν για το γέμισμα του σπόρου στα επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών.

| Ποικιλίες                 | Cont   | Nut  | AN   |
|---------------------------|--------|------|------|
| <b>Asta</b>               | 15     | 13   | 13   |
| <b>Charles</b>            | 12     | 12   | 11   |
| <b>Fortuna</b>            | 11     | 13   | 10   |
| <b>Grace</b>              | 14     | 15   | 14   |
| <b>Zhana</b>              | 17     | 18   | 18   |
| <b>Μέσος όρος</b>         | 13,8   | 14,2 | 13,2 |
| <b>LSD<sub>0,05</sub></b> | 1,6099 |      |      |

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 4, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος της λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση λίπανσης και ποικιλιών επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο τις ημέρες γεμίσματος.



### 3.3 Φυσιολογικές παράμετροι

#### 3.3.1 Περιεκτικότητα, μετακίνηση και αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των φυτών σε N κατά την άνθηση και κατά την συγκομιδή, η περιεκτικότητα των σπόρων σε N, η μετακίνηση του αζώτου (NT), η ικανότητα μετακίνησής του αζώτου (NTE), ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI) και η αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (NUE):

**Πίνακας 3.3.1.a** Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας των βλαστικών τμημάτων σε N κατά την άνθηση και την συγκομιδή, της περιεκτικότητας των σπόρων σε N, της μετακίνησης του N (NT), της ικανότητας μετακίνησης του N (NTE), του δείκτη συγκομιδής αζώτου (NHI) και της αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (NUE).

| Ποικιλίες         | Επίπεδα λίπανσης | N%        |                                    |           |             |         |      |       |
|-------------------|------------------|-----------|------------------------------------|-----------|-------------|---------|------|-------|
|                   |                  | N% άνθηση | στελεχών-φύλλων κατά την συγκομιδή | N% σπόρων | NT (kg/στρ) | NTE (%) | NHI  | NUE   |
| <b>Asta</b>       | Cont             | 1,46      | 0,71                               | 1,57      | 10,08       | 66,70   | 0,52 | -     |
|                   | Nut              | 1,94      | 0,43                               | 1,59      | 13,06       | 81,00   | 0,60 | 52,44 |
|                   | AN               | 1,79      | 0,74                               | 2,03      | 7,66        | 60,27   | 0,61 | 66,22 |
| <b>Charles</b>    | Cont             | 1,64      | 0,73                               | 1,69      | 12,72       | 69,16   | 0,54 | -     |
|                   | Nut              | 1,70      | 0,85                               | 2,05      | 9,39        | 59,73   | 0,55 | 64,17 |
|                   | AN               | 2,38      | 0,96                               | 2,23      | 9,45        | 63,17   | 0,59 | 59,67 |
| <b>Fortuna</b>    | Cont             | 1,46      | 1,05                               | 1,79      | 8,19        | 53,90   | 0,43 | -     |
|                   | Nut              | 1,78      | 1,07                               | 1,92      | 8,38        | 53,16   | 0,48 | 60,67 |
|                   | AN               | 1,92      | 0,95                               | 2,06      | 4,72        | 40,74   | 0,45 | 45,44 |
| <b>Grace</b>      | Cont             | 2,02      | 0,70                               | 1,86      | 6,27        | 42,55   | 0,40 | -     |
|                   | Nut              | 2,31      | 0,85                               | 2,00      | 14,43       | 69,84   | 0,54 | 63,67 |
|                   | AN               | 2,06      | 1,39                               | 1,93      | 12,91       | 72,83   | 0,62 | 69,33 |
| <b>Zhana</b>      | Cont             | 2,27      | 0,77                               | 1,83      | 14,95       | 68,26   | 0,49 | -     |
|                   | Nut              | 2,33      | 0,66                               | 1,73      | 17,59       | 78,98   | 0,61 | 70,44 |
|                   | AN               | 2,66      | 1,05                               | 1,75      | 16,30       | 72,32   | 0,56 | 75,67 |
| <i>LSD</i> (0,05) |                  | 0,054     | 0,12                               | 0,21      | 2,5         | 4,76    | 0,05 | 10,94 |

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακες 5 έως 11, παράρτημα) παρατηρήθηκε πως το είδος λίπανσης επηρέασε στατιστικά σημαντικά το ποσοστό αζώτου των στελεχών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, την μετακίνηση του αζώτου, την ικανότητα μετακίνησης αζώτου και τον δείκτη συγκομιδής του αζώτου. Οι ποικιλίες

διαφοροποιήθηκαν στατιστικά σημαντικά ως προς το ποσοστό αζώτου των στελεχών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, την μετακίνηση του αζώτου, την ικανότητα μετακίνησης αζώτου και τον δείκτη συγκομιδής του αζώτου. Επίσης η αλληλεπίδραση της λίπανσης και των ποικιλιών ήταν σημαντική μόνο ως προς το ποσοστό αζώτου των στελεχών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, την μετακίνηση του αζώτου και την ικανότητα μετακίνησης αζώτου. Όσον αφορά το ποσοστό αζώτου κατά το στάδιο της άνθησης, το ποσοστό αζώτου στο καρπό και την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από κανένα παράγοντα.

Όσον αφορά το ποσοστό αζώτου κατά την άνθηση, οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 1,46% και 2,66%, με την ποικιλία Zhana να δίνει τις υψηλότερες τιμές σε όλα τα επίπεδα λίπανσης και ακολουθεί η ποικιλία Grace, οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Επίσης τα επίπεδα λίπανσης AN και Nut είχαν την τάση να δίνουν υψηλότερα ποσοστά αζώτου από το επίπεδο λίπανσης Cont σε όλες τις ποικιλίες που εξετάστηκαν.

Στο ποσοστό αζώτου των στελεχών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, παρατηρήθηκε ότι στο επίπεδο λίπανσης AN η ποικιλία Grace είχε το υψηλότερο ποσοστό (1,39%) και η ποικιλία Asta στο επίπεδο λίπανσης Nut το χαμηλότερο ποσοστό (0,43%), οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Βρέθηκε πως το επίπεδο λίπανσης Nut σε όλες τις ποικιλίες εκτός από τις Grace και Charles υπήρξε στατιστική διαφορά μεταξύ τους με μεγαλύτερο ποσοστό την ποικιλία Zhana (0,66%) και μικρότερο ποσοστό τη ποικιλία Asta (0,43%). Επιπροσθέτως, στο επίπεδο λίπανσης Cont η ποικιλία Zhana είχε το υψηλότερο ποσοστό αζώτου (0,77%) ενώ οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Το ποσοστό αζώτου στο καρπό φαίνεται πως δεν επηρεάστηκε από το είδος λίπανσης και τις ποικιλίες. Σύμφωνα με τα από αποτελέσματα, το επίπεδο λίπανσης AN έχει την τάση να δίνει ίδιες τιμές με το επίπεδο λίπανσης Nut ή ελαφρώς υψηλότερες.

Στη μετακίνηση του αζώτου, παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Zhana είχε τις υψηλότερες τιμές σε όλα τα είδη λίπανσης. Ειδικότερα, στο επίπεδο λίπανσης Cont όλες οι ποικιλίες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους με την ποικιλία Zhana να έχει την υψηλότερη τιμή (14,95kg/στρ) και η ποικιλία Grace τη χαμηλότερη τιμή (6,27kg/στρ). Όσον αφορά το επίπεδο λίπανσης Nut, η ποικιλία Zhana είχε την

υψηλότερη τιμή (17,53 kg/στρ) και διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Τέλος, στο επίπεδο λίπανσης AN όλες οι ποικιλίες είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές τους, με υψηλότερη της ποικιλίας Zhana (16,3kg/στρ) και χαμηλότερη της ποικιλίας Fortuna (4,72kg/στρ).

Βρέθηκε πως η ικανότητα μετακίνησης αζώτου στη ποικιλία Zhana είχε συνολικά τις υψηλότερες τιμές στα τρία επίπεδα λίπανσης, αντίθετα η ποικιλία Fortuna τις χαμηλότερες τιμές. Στα είδη λίπανσης, το επίπεδο λίπανσης Nut είχε την τάση να παίρνει υψηλότερες τιμές από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ τα επίπεδα Cont και AN δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Ο δείκτης συγκομιδής του αζώτου, παρατηρήθηκε πως επηρεάστηκε από το είδος λίπανσης με τη επίπεδο λίπανσης Nut να έχει υψηλότερες τιμές στις ποικιλίες Fortuna και Zhana, ενώ στις υπόλοιπες ποικιλίες το επίπεδο λίπανσης AN έδωσε υψηλότερες τιμές. Επίσης υπήρξε διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών με την ποικιλία Asta να έχει τις υψηλότερες τιμές.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου βρέθηκε να έχει τάση για υψηλότερες τιμές στη ποικιλία Zhana Nut (70,44 kg σπόρου ανά μονάδα αζώτου στο επίπεδο λίπανσης Nut 75,67 kg σπόρου ανά μονάδα αζώτου στο επίπεδο λίπανσης AN) ενώ τη χαμηλότερη τιμή στο επίπεδο λίπανσης Nut την είχε η ποικιλία Asta (52,44 kg σπόρου ανά μονάδα αζώτου) και στο επίπεδο λίπανσης AN η ποικιλία Fortuna (45,44 kg σπόρου ανά μονάδα αζώτου). Στις ποικιλίες Fortuna και Charles το επίπεδο λίπανσης Nut είχε τη τάση να έχει υψηλότερες τιμές από το επίπεδο λίπανσης AN, ενώ το αντίστροφο συνέβη στις ποικιλίες Asta Grace και Zhana.

Η NTE που βρέθηκε από τους Przulj et al. (2003) σε φυτά κριθαριού που δεν εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανση ήταν 49%, ενώ σε φυτά που λιπάνθηκαν ήταν 57%. Σε πείραμα σε φυτά σιταριού βρέθηκαν τιμές NTE μεταξύ 64,9% και 69% που συμφωνούν εν μέρει με αυτές παρατηρήθηκαν στο παρόν πείραμα (Dordas, 2009). Επίσης, οι Przulj et al. (2003) βρήκαν NHI μεταξύ 0,65 και 0,66, ενώ ο Dordas (2009) 0,68-0,7 (σε φυτά σιταριού) που είναι υψηλότερες από τις μετρήσεις που καταγράφηκαν στο παρόν πείραμα. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλετε στις υψηλές θερμοκρασίες και την χαμηλή βροχόπτωση τους μήνες Απρίλιο και Μάιο όπου τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο του γεμίσματος που συνέβαλαν στην μη αξιοποίηση του αζώτου από την καλλιέργεια. Σε πείραμα των Przulj και Momcilovic (2001) παρατηρήθηκε ότι ο δείκτης συγκομιδής αζώτου με δύο επίπεδα λίπανσης σε καλές συνθήκες εδαφοκλιματικές συνθήκες ήταν από 0.71 έως 0.74 ενώ υπό μη ευνοϊκές

συνθήκες ήταν από 0.57 έως 0.63 που είναι εντός των ορίων του παρόντος πειράματος.

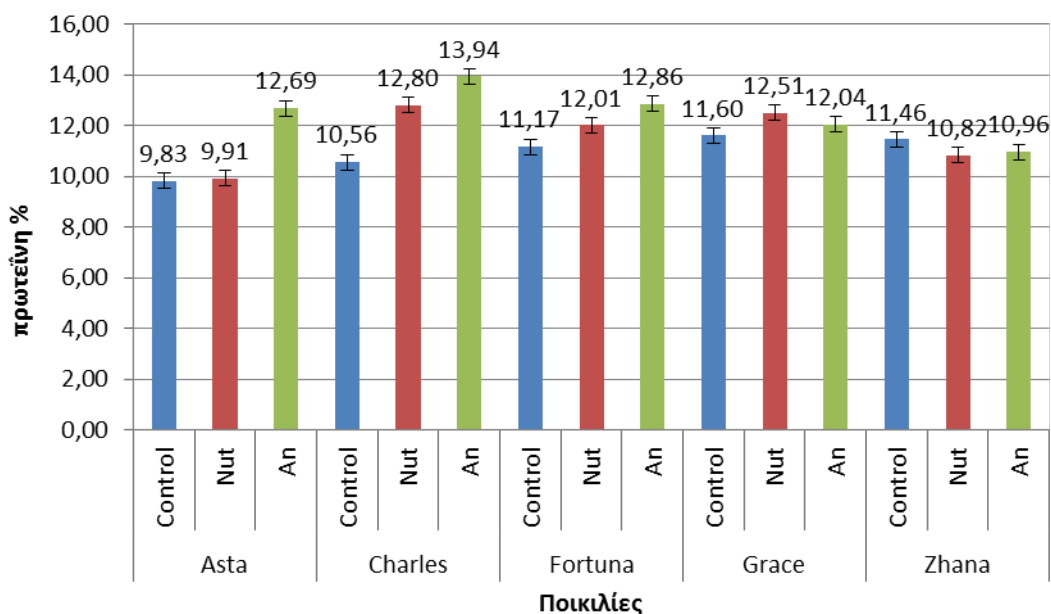
Σύμφωνα με έρευνα που έγινε στη Βόρεια Αμερική κατά την περίοδο 2004-2006 από τους C.A. Grant et al.(2011) σε φυτά κριθαριού οι τιμές αζώτου στο σπόρο με χρήση λιπάσματος άμεσης πρόσληψης N και λιπάσματος N βραδείας απελευθέρωσης είχαν παρόμοιες τιμές με τα φυτά με την λίπανση βραδείας απελευθέρωσης να έχουν τάση χαμηλότερων τιμών. Επίσης η μετακίνηση N στο φυτό κατά το έτος 2006 στο ίδιο πείραμα έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της λίπανσης με τη χρήση λιπάσματος βραδείας απελευθέρωσης να δίνει στις περισσότερες περιπτώσεις υψηλότερες τιμές μετακίνησης αζώτου από την άμεσης πρόσληψης γεγονός που είναι σύμφωνο με τη παρούσα έρευνα. Επιπροσθέτως σε παρόμοια έρευνα στο Καναδά το 2004-2007 από τους S.S.Malhi et al.(2011) βρέθηκε πως τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης διατήρησαν υψηλότερη ικανότητα μετακίνησης αζώτου από το στάδιο της άνθησης μέχρι τη συγκομιδή. Η διαφοροποίηση της περιεκτικότητας N του μάρτυρα με τα δύο επίπεδα λίπανσης συμφωνεί μερικώς με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Martin και Mikelsen, 1960, Baghot et al., 1968; Dubetz και Wells, 1968; Gately, 1968; Zubriski et al., 1970, Alessi και Power, 1973, Θεουλάκης et al., 1992), οι οποίοι αναφέρουν ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης αυξάνει την περιεκτικότητα αζώτου. Επίσης η διαφοροποίηση στη μετακίνηση αζώτου μεταξύ ποικιλιών και επιπέδων αζώτου συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Przulj και Momcilovic (2001). Επιπροσθέτως οι περισσότερες τιμές της μετακίνησης αζώτου και της ικανότητας μετακίνησης αζώτου στο παρόν πείραμα (4,72kg/στρ έως 17,59kg/στρ) και ικανότητας μετακίνησης αζώτου (40% έως 81%), βρίσκονται εντός των τιμών που αναφέρονται από του Przulj και Momcilovic (2001), οι οποίο βρήκαν την μετακίνηση του αζώτου να κυμαίνεται από 4 έως 9,3 kg/στρ και την ικανότητα μετακίνησης του αζώτου να κυμαίνεται από 27% έως 66%.

Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν σε πείραμα που έγινε στο Καναδά το 2006-2007 από τους S.S.Malhi et al. (2010) σε φυτά ανοιξιάτικου και χειμερινού κριθαριού, στα οποία οι τιμές ανάμεσα στη λίπανση άμεσης πρόσληψης και τη λίπανση βραδείας απελευθέρωσης ήταν παρόμοιες χωρίς σταθερή τάση κάποιας από τις δύο λιπάνσεις να είναι παραπάνω.

### 3.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

#### 3.4.1 Περιεκτικότητα καρπών σε πρωτεΐνη

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν:



**Διάγραμμα 3.4.1.a** Το ποσοστό πρωτεΐνης των σπόρων για τα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τις μετρήσεις συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. . Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 12, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος της λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο την περιεκτικότητα πρωτεΐνης στους σπόρους.

Γενικά, οι ποικιλίες δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, με την ποικιλία Charles να έχει την τάση να παίρνει ελαφρώς υψηλότερες τιμές. Επίσης το επίπεδο λίπανσης AN είχε υψηλότερες τιμές πρωτεΐνης από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης και ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά με το επίπεδο Cont.

Η σημασία της περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη στο κριθάρι είναι μεγάλη, καθώς οι σπόροι που προορίζονται για βυνοποίηση θα πρέπει να είναι εντός συγκεκριμένων ορίων. Τα όρια αυτά είναι 9-12% πρωτεΐνης.

Συγκεκριμένα, στην ποικιλία Asta τα επίπεδα Cont (9,83%) και Nut (9,91%) ήταν εντός των ορίων βυνοποίησης ενώ το επίπεδο λίπανσης AN ήταν εκτός ορίων (12,69%). Στην ποικιλία Charles μόνο το επίπεδο λίπανσης Cont ήταν εντός ορίων (10,56%), ενώ στη ποικιλία Fortuna τα επίπεδα λίπανσης Cont και Nut ήταν εντός ορίων (11,17% και 12,01% αντίστοιχα). Στη ποικιλία Grace το επίπεδο λίπανσης Nut ήταν εκτός ορίων (12,51%) ενώ στη ποικιλία Zhana όλα τα επίπεδα λίπανσης ήταν εντός ορίων.

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε στον Καναδά κατά την περίοδο 2005-2006 από τους C.A. Grant et al.(2011) σε φυτά κριθαριού οι τιμές πρωτεΐνης με χρήση κανονικού λιπάσματος N και λιπάσματος N βραδείας απελευθέρωσης είχαν παρόμοιες τιμές N στο καρπό άρα και πρωτεΐνης με τα φυτά με την λίπανση βραδείας απελευθέρωσης να έχουν τάση χαμηλότερων τιμών. Η διαφοροποίηση της περιεκτικότητα πρωτεΐνης του μάρτυρα με τα δύο επίπεδα λίπανσης συμφωνεί μερικώς με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Martin και Mikelsen, 1960, Baghot et al., 1968; Dubetz και Wells, 1968; Gately, 1968; Zubriski et al., 1970; Alessi και Power, 1973; Θεουλάκης et al., 1992), οι οποίοι αναφέρουν ότι η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης αυξάνει την περιεκτικότητα πρωτεΐνης.

### 3.4.2 Μέγεθος καρπών

Στο διάγραμμα 3.4.2, παρουσιάζεται το μέγεθος των σπόρων των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τρεις κλάσεις διαμέτρων (>2,8 mm, 2,5-2,8 mm, 2,2-2,5 mm) σπόρων, αλλά και το σύνολο του σπόρου που είναι κατάλληλο για βυνοποίηση από άποψη μεγέθους.

Από την ανάλυση διασποράς, το είδος λίπανσης επηρέασε στατιστικά σημαντική το τελικό μέγεθος των σπόρων και πιο συγκεκριμένα, στις κλάσεις 2,8mm και 2,5mm αλλά όχι στη κλάση 2.2mm (Πίνακες 13 έως 15, παράρτημα). Οι ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν στατιστικά σημαντικά σε όλες τις κλάσεις (Πίνακες 13 έως 16, παράρτημα). Επιπλέον η αλληλεπίδραση μεταξύ λίπανσης και ποικιλιών επηρέασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο όλες τις κλάσεις των σπόρων (Πίνακες 13 έως 16, παράρτημα).

Στην ποικιλία Asta το επίπεδο λίπανσης AN έδωσε τα υψηλότερα ποσοστά σε όλες τις κλάσεις (10,64% στα 2,8mm, 26,24% στα 2,5mm και 36,54% στα 2,2mm) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης. Συνεπώς το επίπεδο λίπανσης AN είχε και το

υψηλότερο ποσοστό βυνοποιήσιμων σπόρων από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης (73,42%).

Η ποικιλία Charles στο επίπεδο λίπανσης Cont έχει το υψηλότερο ποσοστό στις κλάσεις 2,8mm και 2,5mm (27,11% και 35,52% αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης ενώ στην κλάση 2,2mm το επίπεδο Nut έχει το υψηλότερο ποσοστό (32,38%). Στη κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων το επίπεδο λίπανσης Cont είχε το υψηλότερο ποσοστό (90,13%) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης.

**Πίνακας 3.4.2** Οι μετρήσεις του ποσοστού των σπόρων σε κάθε κλάση .

| Ποικιλίες           | Επίπεδα  |        |           |           | Βυνοποιήσιμο κλάσμα |
|---------------------|----------|--------|-----------|-----------|---------------------|
|                     | λίπανσης | >2,8mm | 2,5-2,8mm | 2,2-2,5mm |                     |
| <b>Asta</b>         | An       | 10,64  | 26,24     | 36,54     | 73,42               |
|                     | Control  | 3,98   | 18,91     | 33,16     | 56,05               |
|                     | Nut      | 1,57   | 5,13      | 28,82     | 35,52               |
| <b>Charles</b>      | An       | 13,97  | 20,71     | 30,23     | 64,91               |
|                     | Control  | 27,11  | 35,52     | 27,50     | 90,13               |
|                     | Nut      | 14,90  | 30,48     | 32,38     | 77,76               |
| <b>Fortuna</b>      | An       | 1,63   | 5,66      | 24,19     | 31,48               |
|                     | Control  | 26,57  | 35,77     | 24,96     | 87,3                |
|                     | Nut      | 9,94   | 23,83     | 34,17     | 67,94               |
| <b>Grace</b>        | An       | 3,73   | 14,68     | 31,87     | 50,28               |
|                     | Control  | 11,64  | 24,90     | 34,46     | 71                  |
|                     | Nut      | 18,61  | 26,67     | 26,23     | 71,51               |
| <b>Zhana</b>        | An       | 31,22  | 33,78     | 24,94     | 89,94               |
|                     | Control  | 26,14  | 36,23     | 27,86     | 90,23               |
|                     | Nut      | 29,19  | 38,45     | 25,32     | 92,96               |
| LSD <sub>0,05</sub> |          | 9,53   | 6,38      | 2,55      | 12,06               |
| <i>Επίπεδα</i>      |          |        |           |           |                     |
| <i>λίπανσης</i>     |          | *      | ***       | <i>ns</i> | ***                 |
| <i>Ποικιλίες</i>    |          | ***    | ***       | *         | ***                 |
| <i>Επίπεδο</i>      |          |        |           |           |                     |
| <i>λίπανσης X</i>   |          |        |           |           |                     |
| <i>Ποικιλία</i>     |          | ***    | ***       | **        | ***                 |

\*, \*\*, \*\*\*, σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01, 0.001 αντίστοιχα και ns: μη σημαντικό..

AN: νιτρική αμμωνία; NUT: Nutrimore; Cont: Control.

Η ποικιλία Fortuna στο επίπεδο λίπανσης Cont έχει το υψηλότερο ποσοστό στις κλάσεις 2,8mm και 2,5mm (26,57% και 35,77% αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης ενώ στην κλάση 2,2mm το επίπεδο Nut έχει το υψηλότερο ποσοστό (34,17%). Στη κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων το επίπεδο λίπανσης Cont είχε το υψηλότερο ποσοστό (87,3% )από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης.

Η ποικιλία Grace στο επίπεδο λίπανσης Nut έχει το υψηλότερο ποσοστό στις κλάσεις 2,8mm και 2,5mm (18,61% και 26,67% αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης ενώ στην κλάση 2,2mm το επίπεδο Cont έχει το υψηλότερο ποσοστό (34,46%). Στη κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων το επίπεδο λίπανσης Nut είχε το υψηλότερο ποσοστό (71,51% )από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης με ελάχιστη διαφορά από το επίπεδο λίπανσης Cont (71%).

Η ποικιλία Zhana στο επίπεδο λίπανσης AN έχει το υψηλότερο ποσοστό στην κλάση 2,8mm (31,22%), το επίπεδο λίπανσης Nut στην κλάση 2,5mm (38,45%) ενώ στην κλάση 2,2mm το επίπεδο Cont έχει το υψηλότερο ποσοστό (27,86%). Στη κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων το επίπεδο λίπανσης Nut είχε το υψηλότερο ποσοστό (92,96% )από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης.

Γενικότερα, μεταξύ των ποικιλιών η ποικιλία Zhana έδωσε στατιστικά υψηλότερα ποσοστά στην κλάση 2,8mm σε όλες σχεδόν τις επεμβάσεις λίπανσης συγκριτικά με τις υπόλοιπες ποικιλίες (Πίνακας 3.4.2). Στην κλάση 2,5mm η ποικιλία Zhana έδωσε στατιστικά υψηλότερα ποσοστά στα επίπεδα λίπανσης Nut και AN και η ποικιλία Asta τα στατιστικά χαμηλότερα στα επίπεδα λίπανσης Cont και Nut. Επίσης στην κλάση 2,2mm δεν είχαμε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλιών και είδους λίπανσης. Στη κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων η ποικιλία Zhana στα είδη λίπανσης Nut και AN έδωσε στατιστικά υψηλότερα ποσοστά από τις υπόλοιπες ποικιλίες ενώ η ποικιλία Asta έδωσε στατιστικά χαμηλότερες ποσοστά στα είδη λίπανσης Cont και Nut ενώ η ποικιλία Fortuna στο επίπεδο λίπανσης AN. Συνολικά παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Zhana έδωσε υψηλότερες τιμές στο βυνοποιήσιμο κλάσμα από τις υπόλοιπες ποικιλίες ενώ η ποικιλία Asta χαμηλότερες τιμές από τις υπόλοιπες ποικιλίες με στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στις ποικιλίες Charles και Fortuna ο μάρτυρας (χωρίς λίπανση N) παρουσίασε χαμηλότερο ποσοστό πολύ μικρών σπόρων (<2,2mm) και αυτό πιθανότατα πρέπει να οφείλεται στο μικρότερο ανταγωνισμό μεταξύ των καρπών για φωτοσυνθετικά προϊόντα, καθώς στα τεμάχια που δεν χορηγήθηκε καθόλου N λίπανση παράχθηκαν



σημαντικά λιγότεροι στάχεις/m<sup>2</sup> (Διάγραμμα 3.5.3) και επομένως σημαντικά λιγότεροι καρποί.

Για να διαπιστωθεί αν τελικά οι σπόροι που παρήχθησαν από τα φυτά, είναι κατάλληλοι για βυνοποίηση από κάθε άποψη, θα πρέπει να συνδυαστούν τα αποτελέσματα του μεγέθους των σπόρων, με αυτά της περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη. Φαίνεται λοιπόν πως η ποικιλία Zhana παρουσίασε την καλύτερη συμπεριφορά, καθώς κατέγραψε το μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων που μπορούν να οδηγηθούν για βυνοποίηση (μέγεθος σπόρων > 2,2mm), σε όλα τα επίπεδα λίπανσης. Επιπροσθέτως η ποικιλία Zhana ήταν η μοναδική ποικιλία που είχε ποσοστό πρωτεϊνών εντός των ορίων βυνοποίησης σε όλα τα επίπεδα λίπανσης και σε συνδυασμό με το μέγεθος σπόρων την κάνει την ιδανικότερη ποικιλία για βυνοποίηση.

### **3.4.3 Το μέγεθος και η πρωτεΐνη των καρπών και η σχέση τους με άλλες μεταβλητές**

Στον παρακάτω πίνακα (3.4.3) παρουσιάζονται οι συσχετίσεις του μεγέθους των καρπών και της περιεκτικότητας των καρπών σε πρωτεΐνη με τις υπόλοιπες μεταβλητές.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.3, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση του μεγέθους των καρπών με τη μετακίνηση του N, του NUE, του ξηρού βάρους κατά τη συγκομιδή, υψηλή συσχέτιση με το βάρος 1000 κόκκων και την απόδοση στη κλάση των 2,5mm, 2,8mm και το βυνοποιήσιμο κλάσμα. Επιπλέον, οι καρποί/στάχυ είχαν σημαντική συσχέτιση μόνο με τη κλάση 2,2mm ενώ ο δείκτης συγκομιδής είχε στατιστικά συσχέτιση μόνο με τη κλάση 2,5mm και το βυνοποιήσιμο κλάσμα. Τέλος, δεν βρέθηκε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση του μεγέθους των σπόρων με το ύψος φυτών, τις ημέρες από το σπορά μέχρι το ξεστάχυσμα, τις ημέρες από τη σπορά μέχρι τη πλήρη άνθηση, το N των φυτών στην άνθηση, το N των στελεχών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, την ικανότητα μετακίνησης του N, το δείκτη συγκομιδής αζώτου, το ξηρό βάρος στην άνθηση και τους στάχεις/m<sup>2</sup>.

Η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.3, είχε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με το ύψος φυτών, τον δείκτη συγκομιδής αζώτου. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με κανέναν από τους υπόλοιπους παράγοντες που μελετήθηκαν.

**Πίνακας 3.4.3** Ο πίνακας συσχετίσεων (κατά Pearson) των κλάσεων του μεγέθους των καρπών καθώς και της πρωτεΐνης των καρπών με άλλες μεταβλητές.

|                               | 2,2-2,5mm | 2,5-2,8mm | >2,8mm  | Βυνοποιήσιμο κλάσμα | Πρωτεΐνη |
|-------------------------------|-----------|-----------|---------|---------------------|----------|
| <b>Πρωτεΐνη</b>               | 0,09ns    | -0,21ns   | -0,16ns | -0,22ns             | -        |
| <b>Ύψος φυτών</b>             | -0,03ns   | 0,09ns    | 0,04ns  | 0,06ns              | 0,41*    |
| <b>Η.Σ.Ξ.</b>                 | -0,07ns   | 0,12ns    | -0,06ns | 0,21ns              | 0,11ns   |
| <b>Η.Σ.Π.Α</b>                | 0,04ns    | -0,08ns   | -0,25ns | 0,02ns              | 0,18ns   |
| <b>Η.Γ.Σ</b>                  | 0,01ns    | 0,29ns    | 0,25ns  | 0,32*               | -0,25ns  |
| <b>N άνθηση</b>               | -0,14ns   | 0,16ns    | 0,15ns  | 0,14ns              | 0,12ns   |
| <b>N Σ.Φ.Σ</b>                | 0,07ns    | 0,22ns    | 0,10ns  | 0,20ns              | 0,16ns   |
| <b>NT</b>                     | -0,30ns   | 0,39*     | 0,46*   | 0,39*               | -0,21ns  |
| <b>NTE</b>                    | -0,14ns   | 0,14ns    | 0,22ns  | 0,16ns              | -0,28ns  |
| <b>NHI</b>                    | 0,10ns    | -0,08ns   | -0,04ns | -0,04ns             | 0,35*    |
| <b>NUE</b>                    | 0,02      | 0,39*     | 0,34*   | 0,41*               | 0,08ns   |
| <b>Ξ.Β.Α.</b>                 | -0,06ns   | 0,18ns    | 0,12ns  | 0,15ns              | 0,13ns   |
| <b>Ξ.Β.Σ.</b>                 | -0,03ns   | 0,35*     | 0,32*   | 0,33*               | 0,15ns   |
| <b>Καρπού/στάχυ</b>           | 0,45*     | -0,25ns   | -0,43ns | -0,26ns             | 0,13ns   |
| <b>Στάχυεις/m<sup>2</sup></b> | -0,19ns   | -0,01ns   | 0,02ns  | -0,01ns             | 0,13ns   |
| <b>B.X.K</b>                  | -0,16ns   | 0,53***   | 0,50*** | 0,57***             | -0,19ns  |
| <b>Απόδοση</b>                | 0,07ns    | 0,36*     | 0,31*   | 0,41**              | 0,08ns   |
| <b>HI</b>                     | 0,12ns    | 0,32*     | 0,27ns  | 0,36*               | 0,03ns   |

Η.Σ.Ξ. : Ημέρες από τη σπορά μέχρι το ξεστάχυασμα

Η.Σ.Π.Α : Ημέρες από το σπορά μέχρι τη πλήρη άνθηση

Η.Γ.Σ : Ημέρες γεμίσματος σπόρου

N Σ.Φ.Σ : Άζωτο σε στελέχη και φύλλα κατά τη συγκομιδή

NT : Μετακίνηση του αζώτου

NTE: Ικανότητα μετακίνησης αζώτου

NHI : Δείκτης συγκομιδής αζώτου

NUE : Αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου

Ξ.Β.Α : Ξηρό βάρος φυτών στην άνθηση

Ξ.Β.Σ : Ξηρό βάρος στη συγκομιδή

B.X.K : Βάρος χιλίων κόκκων

HI : Δείκτης συγκομιδής

### 3.5 Συστατικά απόδοσης

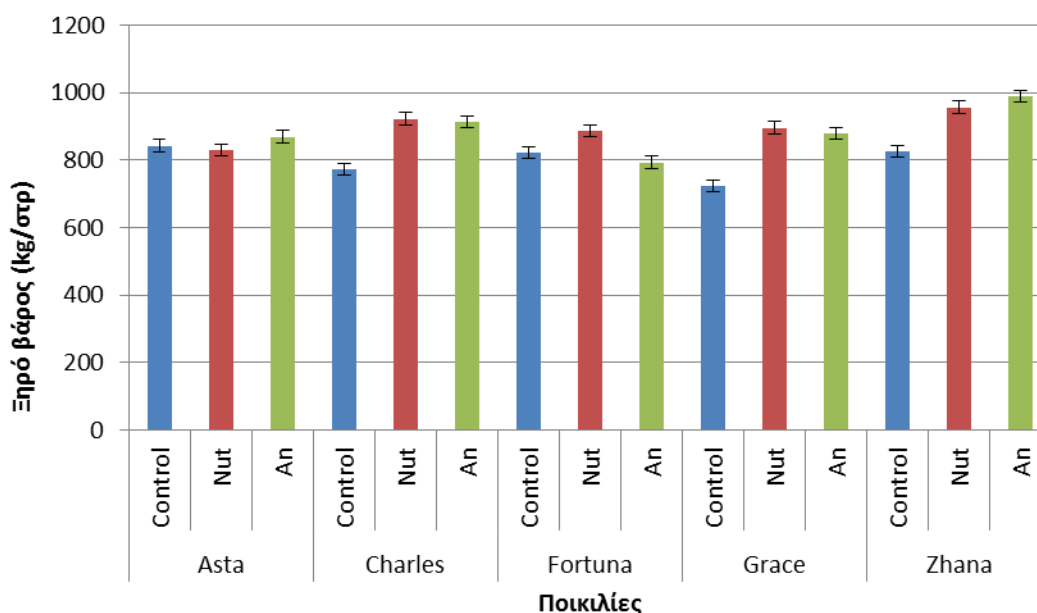
#### 3.5.1 Ξηρό βάρος φυτών

##### 3.5.1.1 Κατά την άνθηση

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται το ξηρό βάρος των φυτών κατά το στάδιο της άνθησης στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 17, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος της λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο το ξηρό βάρος κατά την άνθηση.

Μεταξύ των ποικιλιών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικά διαφορές, με την ποικιλία Zhana να έχει την τάση να δίνει υψηλότερες τιμές. Βρέθηκε πως τα επίπεδα λίπανσης AN και Nut είχαν υψηλότερες τιμές επίπεδο Cont. Συγκεκριμένα στις ποικιλίες Asta και Zhana το επίπεδο λίπανσης AN είχε υψηλότερες τιμές (870kg/στρ και 989,9kg/στρ αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης ενώ στις ποικιλίες Charles Fortuna και Grace το επίπεδο λίπανσης Nut είχε τις υψηλότερες τιμές (923,33kg/στρ 886,66 kg/στρ και 896,66kg/στρ αντίστοιχα) από τα είδη επίπεδα λίπανσης.



**Διάγραμμα 3.5.1.1** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στο ξηρό βάρος κατά το στάδιο της άνθησης των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα

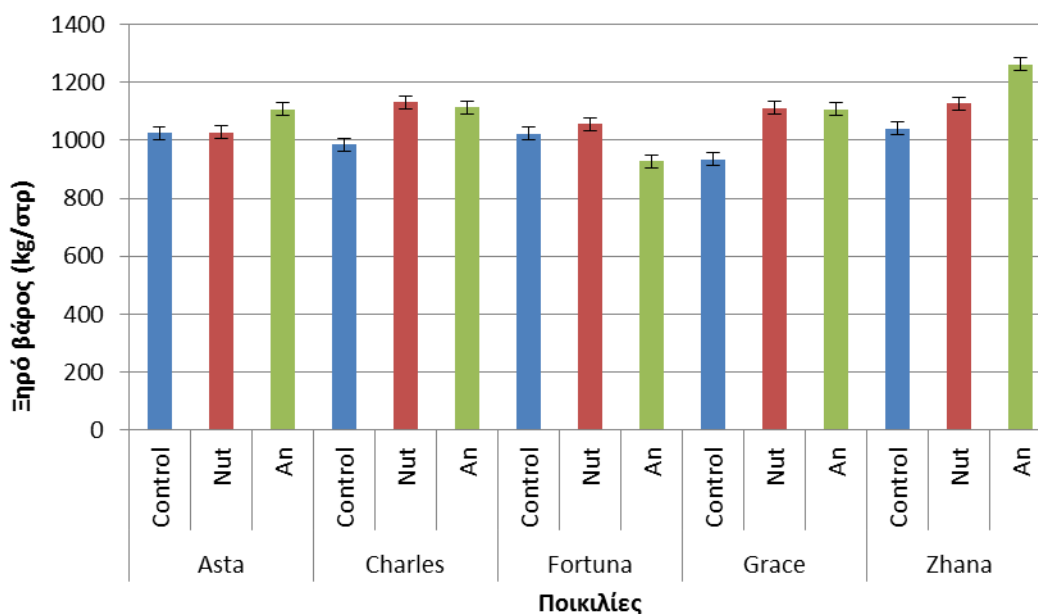
βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία). Οι γραμμές πάνω και κάτω από τις μετρήσεις συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

### 3.5.1.2 Κατά τη συγκομιδή

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται το ξηρό βάρος των φυτών κατά το στάδιο της συγκομιδής στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 18, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος της λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο το ξηρό βάρος κατά την συγκομιδή.

Παρατηρήθηκε ότι οι ποικιλίες μεταξύ τους δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ειδικότερα, η ποικιλία Zhana είχε την τάση να δίνει υψηλότερες τιμές και τα επίπεδα λίπανσης AN και Nut είχαν υψηλότερες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά από το επίπεδο Cont. Στις ποικιλίες Asta και Zhana το επίπεδο λίπανσης AN είχε υψηλότερες τιμές (1107,33kg/στρ και 1263,33kg/στρ αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης ενώ στις ποικιλίες Charles Fortuna και Grace το επίπεδο λίπανσης Nut είχε τις υψηλότερες τιμές (1132kg/στρ 1056 kg/στρ και 1112kg/στρ αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης.

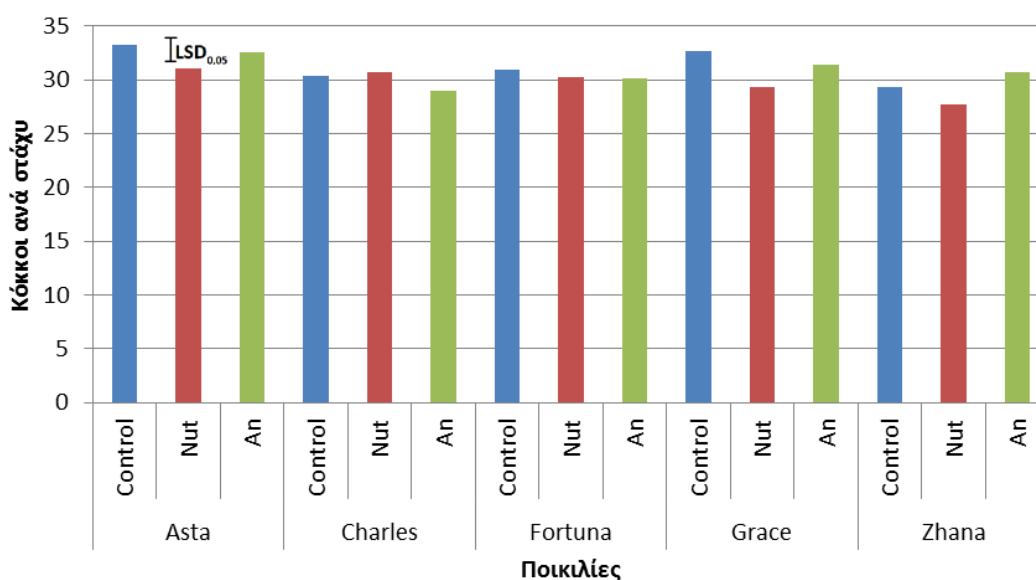


**Διάγραμμα 3.5.1.2** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στο ξηρό βάρος κατά το στάδιο της συγκομιδής των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία). Οι γραμμές πάνω και κάτω από τις μετρήσεις συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα.

Σε αντίστοιχο πείραμα που διεξήχθη στο Καναδά για δύο χρονιές οι Zhang et al. (2000) βρήκαν πως σε φυτά που είχαν λιπανθεί με άμεσης πρόσληψης λίπανση και σε φυτά που είχαν λιπανθεί με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στο ξηρό βάρος κατά τη άνθηση και τη συγκομιδή. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν και οι C.A. Grant et al. (2011) όπου οι δύο τύποι λίπανσης είχαν ίση σχεδόν επίδραση στο ξηρό βάρος των φυτών.

### 3.5.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται ο μέσος όρος των κόκκων ανά στάχυ στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν:



**Διάγραμμα 3.5.2** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

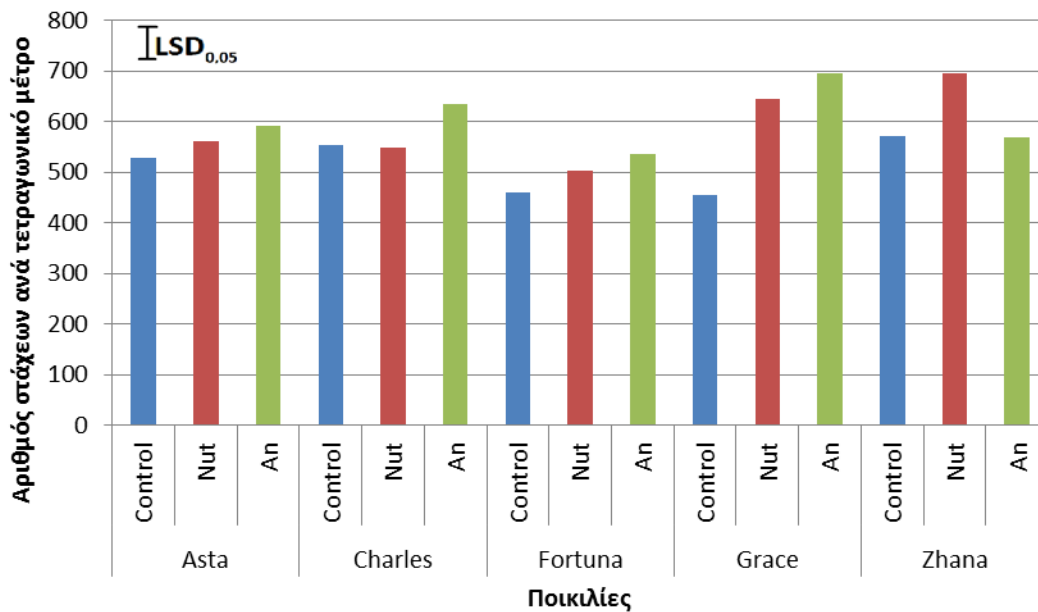
Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 19, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι οι ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν με στατιστικά σημαντικό ως προς τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ. Αντιθέτως, το είδος λίπανσης και η αλληλεπίδραση μεταξύ είδους λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του διαγράμματος **3.5.2**, τον μεγαλύτερο αριθμό κόκκων ανά στάχυ τον είχε η ποικιλία Asta με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ποικιλίες, οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, στις ποικιλίες Asta Fortuna και Grace το επίπεδο λίπανσης Cont έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό κόκκων ανά στάχυ (33,23 κόκκους/στάχυ 30,9 κόκκους/στάχυ και 32,7 κόκκους/στάχυ αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ στη ποικιλία Zhana μεγαλύτερο αριθμό κόκκων ανά στάχυ είχε το επίπεδο λίπανσης AN (30,73 κόκκους/στάχυ) και στη ποικιλία Charles το επίπεδο λίπανσης Nut (30,73 κόκκους/στάχυ).

Η λίπανση με άζωτο δεν επηρέασε τον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ που βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα του Μπλαδενόπουλου (1998) που βρήκε ότι το χαρακτηριστικό αυτό δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση.

### **3.5.3 Αριθμός στάξεων ανά τετραγωνικό μέτρο**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται ο μέσος όρος των στάξεων ανά τετραγωνικό μέτρο στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν:



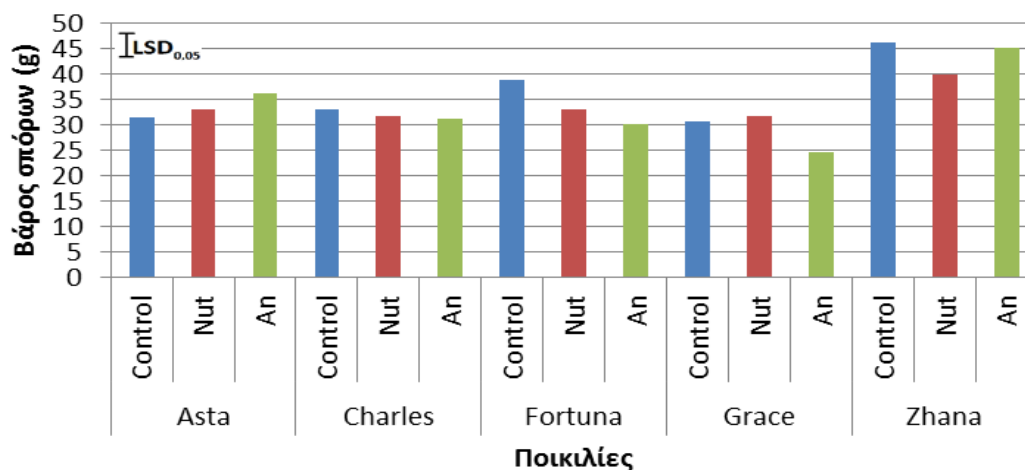
**Διάγραμμα 3.5.3** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στον αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 20, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος λίπανσης επηρέασε με στατιστικά σημαντικό την πυκνότητα στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο. Επιπροσθέτως οι ποικιλίες δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά όσο αφορά την πυκνότητα στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο. Η αλληλεπίδραση μεταξύ είδους λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασε στατιστικά την πυκνότητα στάχων.

Συνολικά, βρέθηκε ότι το μεγαλύτερο αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο τον είχε η ποικιλία Zhana με μη στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ποικιλίες, οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Επίσης παρατηρήθηκε ότι σε όλες τις ποικιλίες εκτός της Zhana το επίπεδο λίπανσης AN έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ στη ποικιλία Zhana μεγαλύτερο αριθμό έδωσε το επίπεδο λίπανσης Nut.

### 3.5.4 Βάρος 1000 κόκκων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται ο μέσος όρος του βάρους 1000 κόκκων στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν:



**Διάγραμμα 3.5.4** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στον βάρος 1000 των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 21, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι οι ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν με στατιστικά σημαντικό ως προς το βάρος 1000 κόκκων. Αντιθέτως, το είδος λίπανσης και η αλληλεπίδραση μεταξύ είδους λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό το χαρακτηριστικό αυτό.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.5.4, το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων τον είχε η ποικιλία Zhana με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ποικιλίες, ενώ οι υπόλοιπες ποικιλίες δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Βρέθηκε ότι το επίπεδο Cont είχε την τάση να παίρνει υψηλότερες τιμές από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Συγκεκριμένα στις ποικιλίες Charles Fortuna και Zhana το επίπεδο λίπανσης Cont έδωσε το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων (33,15g 38,7g και 46,3g αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ στη ποικιλία Asta μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων είχε το επίπεδο λίπανσης AN (36,33g) και στη ποικιλία Grace το επίπεδο λίπανσης Nut (31,7g).

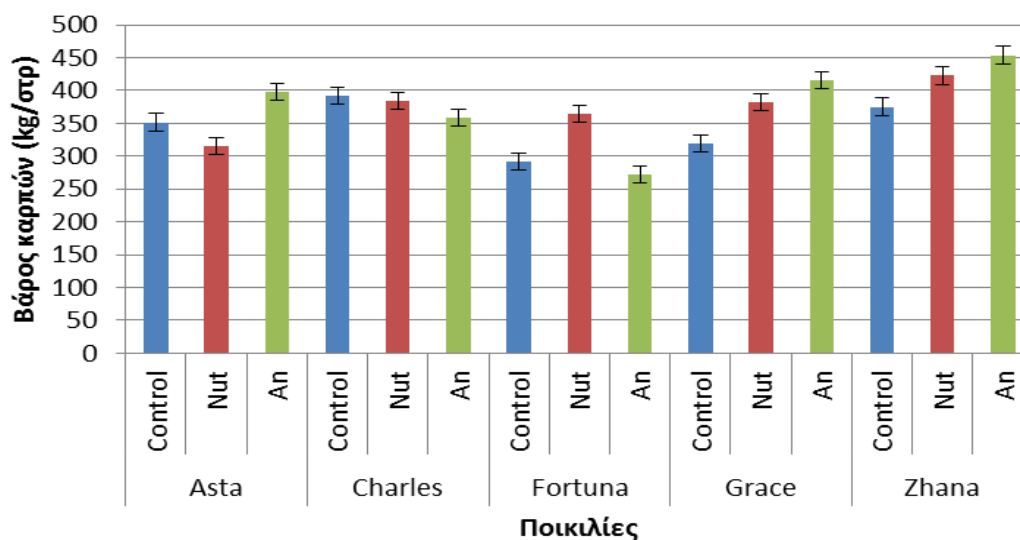
Η διαφοροποίηση του βάρους 1000 κόκκων μεταξύ των ποικιλιών συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Gallagher κ.α. (1975) και Hadjichristodoulou (1990a). Το βάρος 1000 κόκκων δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση που είναι σύμφωνο



με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Θεουλάκης et al., 1992, Grashaff και d' Antonio, 1997, Delogu et al., 1998, Le Gouis et al., 1999).

### 3.5.5 Απόδοση σε καρπό

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, παρουσιάζεται ο μέσος όρος της απόδοσης σε καρπό (kg/στρέμμα) στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν:



**Διάγραμμα 3.5.5** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στην απόδοση σε καρπό των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία).

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 22, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι οι ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν με στατιστικά σημαντικό ως προς τη απόδοση σε καρπό. Αντιθέτως, το είδος λίπανσης και η αλληλεπίδραση μεταξύ είδους λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό το χαρακτηριστικό αυτό.

Η μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό σύμφωνα με τον διάγραμμα 3.5.5, είχε η ποικιλία Zhana με μη στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Το επίπεδο AN είχε την τάση να παίρνει υψηλότερες τιμές από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Συγκεκριμένα στις ποικιλίες Asta Grace και Zhana το επίπεδο λίπανσης AN έδωσε τη μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό (397,33kg/στρ 416kg/στρ και 454kg/στρ αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ στη ποικιλία Charles την μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό είχε το

επίπεδο λίπανσης Cont (392 kg/στρ) και στη ποικιλία Fortuna το επίπεδο λίπανσης Nut (364kg/στρ).

Η αύξηση της απόδοσης σε καρπό με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης συμφωνεί εν μέρει με τα αποτελέσματα των Grashaff και d' Antonio (1997), Delogu κ.α. (1998), Le Gouis κ.α. (1999) και Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001) με εξαίρεση τη ποικιλία Charles η οποία έδωσε υψηλότερη απόδοση χωρίς λίπανση. Σε πείραμα που διεξήχθη στο Καναδά για δύο χρονιές οι Zhang et al. (2000) βρήκαν πως σε φυτά με άμεσης πρόσληψης λίπανση και σε φυτά που είχαν λιπανθεί με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στην απόδοση σε καρπό με τη κανονική λίπανση να έχει την τάση να δίνει μεγαλύτερες τιμές. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν και οι C.A. Grant et al. (2011) όπου οι δύο τύποι λίπανσης είχαν ίση σχεδόν επίδραση στην απόδοση σε καρπό.

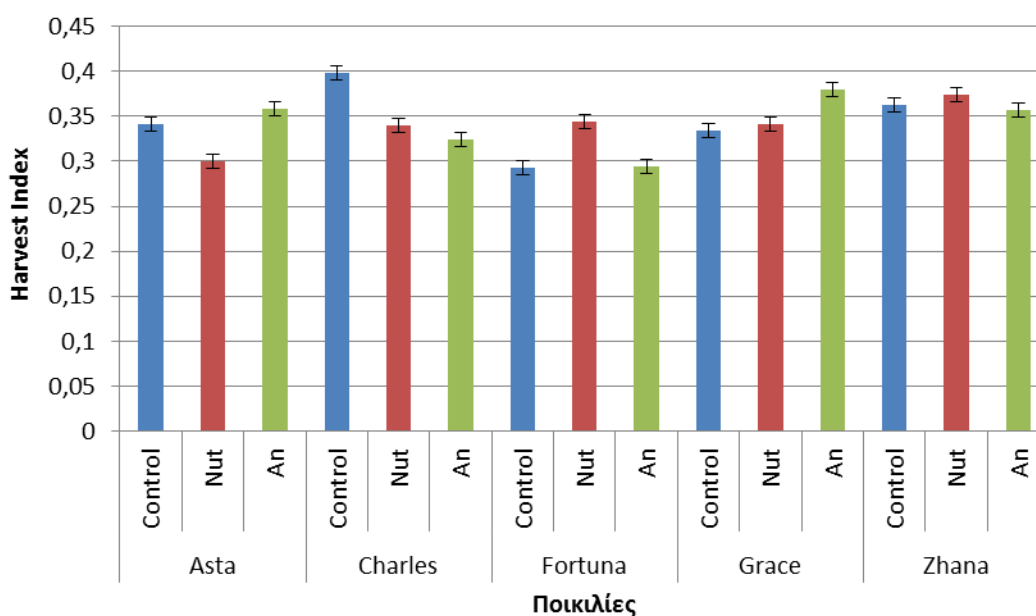
### 3.5.6 Συντελεστής συγκομιδής (Harvest Index)

Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 23, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το είδος της λίπανσης, οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση λίπανσης και ποικιλιών δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο τον δείκτη συγκομιδής.

Παρατηρήθηκε η ποικιλία Zhana είχε την τάση να δίνει μεγαλύτερες τιμές από τις υπόλοιπες ποικιλίες με μη στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Όσον αφορά το είδος λίπανσης, οι τιμές του συντελεστή συγκομιδής διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Στις ποικιλίες Asta και Grace το επίπεδο λίπανσης AN έδωσε τις μεγαλύτερες τιμές δείκτη συγκομιδή (0,36 και 0,38 αντίστοιχα) από τα υπόλοιπα επίπεδα λίπανσης, ενώ στις ποικιλία Zhana και Fortuna μεγαλύτερες δείκτη συγκομιδή είχε το επίπεδο λίπανσης Nut (0,374 και 0,343).

Οι υψηλές τιμές του δείκτη συγκομιδής στις σύγχρονες ποικιλίες κριθαριού είναι σύμφωνες με τις απόψεις των Donald (1979) και Hadjichristodoulou (1991α). Η μη σημαντική διαφοροποίηση του δείκτη συγκομιδής μεταξύ ποικιλιών και των επιπέδων λίπανσης είναι σε αντίθεση με την έρευνες του Μπλαδενόπουλος (1998) και Le Gouis et al. (1999) οι οποίοι αναφέρουν μείωση του δείκτη συγκομιδής με τη προσθήκη αζώτου. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλετε στις υψηλές θερμοκρασίες και την χαμηλή βροχόπτωση τους μήνες Απρίλιο και Μάιο όπου τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο του γεμίσματος. Ο συντελεστής συγκομιδής είναι ο λόγος του βάρους των σπόρων προς την βιομάζα. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως πιθανότατα η μείωση του οφείλεται στο γεγονός πως η καταπόνηση επηρέασε το βάρος των σπόρων. Τα

ελλείμματα νερού από την άνθηση έως και την ωρίμανση, ειδικά αν συνοδεύονται από υψηλές θερμοκρασίες, μειώνουν τον χρόνο και τον ρυθμό του γεμίσματος του σπόρου μειώνοντας έτσι τον χρόνο για την μετακίνηση των υδατανθράκων προς αυτόν (Oweis et al., 2000). Αποτέλεσμα είναι να μειώνεται τελικά το βάρος του σπόρου και συνεπώς οι συντελεστές που εξαρτώνται από αυτό (Acevedo et al., 2002).



**Διάγραμμα 3.5.6** Ενδεικτικό διάγραμμα της επίδρασης της λίπανσης στον δείκτη συγκομιδής των πέντε ποικιλιών. Cont: Μάρτυρας (χωρίς λίπανση) Nut: Λίπανση με λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης (nutrimore) AN: Λίπανση με λίπασμα άμεσης πρόσληψης (νιτρική αμμωνία). Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των τιμών.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο βιολογικός κύκλος των φυτών επηρεάστηκε από την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης αλλά και από τον τύπο του λιπάσματος που εφαρμόστηκε. Με εξαίρεση την ποικιλία Asta, η χρήση του αζωτούχου λιπάσματος βραδείας απελευθέρωσης (Nutrimore) οδήγησε σε αύξηση της πρωιμότητας σε σχέση με το λίπασμα άμεσης απελευθέρωσης αζώτου (νιτρική αμμωνία), καθώς και με το μάρτυρα (χωρίς καθόλου αζωτούχο λίπανση). Οι ποικιλίες μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την πρωιμότητά τους, με την ποικιλία Zhana να είναι η πιο πρόωμη και την ποικιλία Asta να είναι η πιο όψιμη.

Οι επεμβάσεις λίπανσης επηρέασαν στατιστικά σημαντικά, τον αριθμό των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, την περιεκτικότητα σε N των βλαστικών μερών κατά την συγκομιδή, την μετακίνηση και ικανότητα μετακίνησης του N, τον δείκτη συγκομιδής αζώτου και το μέγεθος σπόρου. Επίσης, μεταξύ των ποικιλιών υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε N των βλαστικών μερών κατά την συγκομιδή, στην μετακίνηση και ικανότητα μετακίνησης του N, τον δείκτη συγκομιδής αζώτου, το μέγεθος του σπόρου, στον αριθμό κόκκων ανά στάχυ, στο βάρος 1000 κόκκων και στην απόδοση σε καρπό.

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, το μέγεθος σπόρου επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τη λίπανση και την ποικιλία. Αντίθετα η πρωτεΐνη των καρπών δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τους παραπάνω παράγοντες. Όλες οι ποικιλίες, με εξαίρεση την ποικιλία Asta, έδωσαν υψηλότερο ποσοστό σπόρων κατάλληλων για βυνοποίηση (>2,2mm) με το λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης σε σύγκριση με τη νιτρική αμμωνία.

Η λίπανση με νιτρική αμμωνία είχε την τάση να δίνει τιμές πρωτεΐνης εκτός ορίων βυνοποίησης (9-12%) στις περισσότερες ποικιλίες. Οι υψηλές τιμές πρωτεΐνης που καταγράφηκαν σχεδόν από όλες τις ποικιλίες που δέχτηκαν αζωτούχο λίπανση (όχι όμως και από τον μάρτυρα) μπορεί να οφείλονται στις ιδιαίτερα ξηροθερμικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των καρπών (Διαγράμματα 3.1a & 3.1b) και οι οποίες επηρέασαν την αναλογία υδατανθράκων και αζώτου, με αποτέλεσμα να καταγραφούν υψηλότερες τιμές αζώτου άρα και πρωτεΐνης. Επιπλέον, έχει επιβεβαιωθεί κατά το παρελθόν ότι η κινητοποίηση του αζώτου που αφομοιώνεται πριν την άνθηση είναι υψηλή και φτάνει το 90-100% του συνολικού αζώτου κατά την ωρίμανση (Heitholt *et al.*, 1990). Από εκεί και πέρα η παρούσα μελέτη έδειξε ότι το 53-81% της συνολικής ποσότητας του αζώτου που

αποθηκεύτηκε στα βλαστικά τμήματα του φυτού (φύλλα + στελέχη) μέχρι και την άνθηση, επανακινητοποιήθηκε τελικά προς τους καρπούς.

Σε γενικές γραμμές φάνηκε ότι ο τύπος του αζωτούχου λιπάσματος που εφαρμόστηκε άσκησε διαφορετική επίδραση ανάλογα με την ποικιλία, και αυτό από την πλευρά του ανέδειξε τη σημασία που παρουσιάζει ο γονότυπος όσον αφορά τη διαφορετική στρατηγική που μπορεί να ακολουθήσει κάθε φυτό σε σχέση με το άζωτο.

Τα φυτά της ποικιλίας Zhana παρουσίασαν καλύτερη συμπεριφορά σχεδόν σε όλα τα χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ποικιλίες και ειδικότερα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η συγκεκριμένη ποικιλία εμφάνισε το υψηλότερο ποσοστό σπόρων κατάλληλων για βυνοποίηση σε όλα τα επίπεδα λίπανσης (>89,94%), και συγχρόνως ήταν η μοναδική ποικιλία που η περιεκτικότητα των καρπών της σε πρωτεΐνη κατάφερε να παραμείνει εντός των ορίων που έχει θέσει η βιομηχανία, σε όλες της επεμβάσεις λίπανσης και ανεξάρτητα από τις πολύ άσχημες καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την περίοδο του γεμίσματος.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 5.1 Ελληνική

- Αλμαλιώτης, Δ.; Παροῦσης Η. (1995): Απώλειες αζώτου υπό μορφή αμμωνίας κατά την εφαρμογή στο έδαφος αμμωνιακών λιπασμάτων και ουρίας. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, τόμος 6, τεύχος 4: 18-26.
- Κουκουλάκης, Π. Χ.; Μπλαδενοπούλου Σ.; Σιμώνης, Α. Δ.; Γκαντίδης Ν. (1990): Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά. Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Έρευνας, Θεσσαλονίκη: 55.
- Θεουλάκης, Ν., Ε. Οικονόμου, και Κ. Μπλαδενόπουλος. 1992. Δείκτης συγκομιδής και απόδοση στο κριθάρι (*H. vulgare*). 4ο Συνέδριο Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής και Βελτίωσης των Φυτών, Θεσσαλονίκη. Πρακτικά σελ: 52.
- Καραμάνος, Α,Ι, 1987. Τα σιτηρά εύκρατων κλιμάτων. Αθήνα 1987.
- Μπαξεβάνου Τ. (1998): Επίδραση του pH, της υγρασίας και του μεγέθους των κόκκων στην παροχή αζώτου από ουρία επικαλυμμένη με θείο. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Αγρίνιο: 250-259.
- Μπλαδενόπουλος, Κ. 2002. Το ύψος του φυτού και η σχέση του με άλλα γνωρίσματα στο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.). Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά Ι, Τόμος 13, 4: 39-46.
- Μπλαδενόπουλος, Κ., Ματσούκας, Ν. 2000. Κριθάρι. Μια παλιά καλλιέργεια με ευοίωνες προοπτικές. Αγροτική Έρευνα Τεχνολογία. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.
- Μπλαδενόπουλος, Κ. και Α. Γκατζιάνας. 2001. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε αγρονομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.). Αγροτική έρευνα. 24 (2): 21-28.
- Μπλαδενόπουλος, Κ. 2002. Το ύψος του φυτού και η σχέση του με άλλα γνωρίσματα στο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.). Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά Ι, Τόμος 13, 4: 39-46.
- Μπλαδενοπούλου Σ.Β., Α.Δ. Σιμώνης και Τ.Α. Τσιπρόπουλος. 1990. Αζωτούχος λίπανση και ποιότητα κριθαριού. 3ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. Αθήνα. Πρακτικά σελ: 333-344.
- Παπακώστα - Τασοπούλου, Δ., 2008 Ειδική Γεωργία Ι τεύχος Α Σιτηρά (χειμερινά εαρινά) Σύγχρονη παιδεία Θεσσαλονίκη.

- Σταυρουλάκη Β. 2015. Αλληλεπιδράσεις της έλλειψης αζώτου και της υδατικής καταπόνησης σε διαφορετικούς γονοτύπους κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.). Αθήνα 2015.
- Σετάτου, Ε. Β.; Σιμώνης, Α. Δ. (1994): Απώλειες αμμωνίας από αζωτούχα λιπάσματα στο έδαφος. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Ξάνθη: 360-368, Ινστιτούτο Εδαφολογίας, Θεσσαλονίκη 54110.
- Σφήκας, Α.Γ., 1995. Ειδική γεωργία. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά. Θεσσαλονίκη.

## 5.2 Ξένη

- Acevedo, E., E., Fereres, T.C., Hsiao and D.W. Henderson 1979. Diurnal growth trends, water potential and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. *Plant Physiol.* 64: 476-80.
- Agostini, F., F. Tei. M. Silgram, M. Farneselli, P. Benincasa, and M.F. Aller. 2010. Decreasing N leaching in vegetable crops through improvements in N fertilizer management, p. 147–200. In: E. Lichtfouse (ed.). *Genetic engineering, biofertilisation, soil quality and organic farming. Sustainable Agr. Rev.* Vol. 4. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Albrizio R., M. Todorovic, T. Matic, A.M. Stellaci (2010). Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 115: 179-190.
- Alessi, J. and J.F. Power. 1973. Effect of source and rate of nitrogen on N-uptake and fertilizer efficiency by spring wheat and barley. *Agron. J.* 65: 53-55.
- Arisnabarreta, S., Miralles, D.J., 2004. The influence of fertiliser nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field-grown two- and six-rowed barleys. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 357–366.
- Arisnabarreta, S., Miralles, D.J., 2006. Yield responsiveness in two- and six-rowed barley grown in contrasting nitrogen environments. *Journal of Agronomy & Crop Science* 192, 178–185.
- Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO) (1995): Official publication No. 48.

- Austin, R.B., J.Bingham, R.D. Blackwell, J.T. Evans, M.A. Ford, C.L. Morgan, and M. Taylor. 1980. Genetic improvements in winter wheat since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric Sci.* 94: 675-690.
- Austin, R.B., C.L. Morgan, M.A. Ford and R.D. Blackwell. 1980. Contribution to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Ann Bot.* 1980. 45: 309-319.
- Austin R.B., Ford M.A., Edrich J.A., Blackwell R.D., 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agri. Sci. (Cambridge)* 88, 159-167.
- Baghot, K.G., C.W. Schaller and M.D. Miller. 1968. Response of six barley varieties to elected cultural practices. *Calif. Agric.* 22: 10-12.
- Balasubramanian, G.; Jayaraj, S.; Balasubramanian, (1987): M. Effect of slow release fertilizer nitrogen and neem products in the control of stemborer of rice. *Indian Journal of Plant Protection* 15 (2): 132-135.
- Battilani, A., P. Bussieres, and Y. Dumas. 2003. FERTIRRIGERE: A simple toolmodel for managing water and nutrient supply in drip-irrigated processing tomatoes. *Acta Hort.* 613:155–158.
- Bertholdsson N.O., 1999. Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions. *European Journal of Agronomy* 10:1-8.
- Barker, A.V., Bryson, G.M. 2012. Nitrogen, In: *Books in Soils, Plants, and the Environment*, Vol. 117 - *Handbook of Plant Nutrition* (Baker, A.V., Pilbeam, D.J. eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 21-50.
- Bloom, A.J., Sukrapanna, S.S., Warner, R.L. 1992. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. *Plant Physiology*, 99: 1294-1301.
- Boatwright, G.O. and H.J. Haas. 1961. Development and composition of spring wheat as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization. *Argon. J.* 53:33-36.
- Britto, D.T., Siddiqi, M.Y., Glass, A.D.M., Kronzucker, H.J. 2001. Futile transmembrane NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cycling: A cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98: 4255-4258.
- Burger, W.C., and D.E. Lambrge. 1985. Malting and brewing quality in barley (Ed. D.C. Rasmusson) p367-401. *Agron. Monograph* 26. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI 53711-USA.



- Campbell C.A., Zentner R.P., Selles F., McConkey B.G., Dyck F.B., 1993. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: Yield and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 85:107-114.
- Cannell, R.Q. 1969. The Tillering pattern of barley varieties. Production, survival and contribution to yield by component tillers. *J. Agric Sci. Cambridge* 1969. 72: 405-422.
- Chase. A. R. (1988): Effect of fertilizer rate on growth of *Ficus lyrata* and susceptibility to *Pseudomonas cichorii* *HortScience* 23 (1): 151-152.
- Conover, C. A.; Poole, R. T. (1988): Effect of potting medium temperatures on release curves of slow-release fertilizers in the presence of *Ficus benjamina*. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 100: 357-360.
- Cox M.C., Qualset C.O., Rains D.W., 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. *Crop Sci.* 25:430-435.
- Cox, M.C., C.O. Qualset and D.W. Rains. 1986. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 25: 435-440.
- Cook, A.H., (ed). 1962. *Barley and Malt biology, biochemistry and technology.* Academic Press, New York.
- Craswell, E.T. and D.C. Gogwin. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. *Adv. Plant Nut.* 1: 1-55.
- Diez, J. A.; Caballero, R.; Roman, R.; Tarquis, A.; Cartagena, M. C.; Vallejo, A. (2000): Integrated fertilizer and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain. *Journal of Environmental Quality*, 2000. Vol.29, No.5:1539-1547.
- Dimmock, J. and M/J/ Gooding. 2002. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 138: 349-366.
- Dordas, C. 2012. Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar, and source-sink relations. *European Journal of Agronomy*, 37: 31-42.
- Dubetz. S., and S.A. Wells. 1968. Reaction of barley varieties to nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci., Camb.* 70: 253-256.

- Eilrich G.L., Hageman R.H., 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat. *Crop Sci.* 13: 257-261.
- El-Negoumy A.M., Newman C.W., Hockett E.A., 1982. Effect of level of nitrogen fertilizer on protein composition of some barley cultivars. *Nutr. Rep. Int.* 25:89-96.
- Fageria, N.K. and A.S. Prabhu. 2003. Response of lowland rice to nitrogen application and seed treatment with fungicide doses to blast control. *Pesq. Agropec. Brasileira* 39: 123-129.
- Fathi, G., G.K. McDonald and R.C.M. Lance, R. (1997) Effect of post-anthesis water stress on the yield and grain protein concentration of barley grown at two levels of nitrogen, *Aust. J. Agric. Res.* 48: 67–80.
- Foster, E., and N. Prentice. 1987. Barley in nutritional quality of cereal grains. ASACSSA- SSSA. Pp. 338-285. Edited by R.A. Olson and K.J. Frey. Madison Wisc. USA.
- Gadenza, A. T.; Shoji, S.; Yamada, I. (1991): Simulation of crop response to polyolefin-coated urea. Field dissolution. *Soil Science Society of America Journal* 55: 1462-1467.
- Gambash, S.; Kochba, (1990): Studies on slow release fertilizers: II. A method for evaluation of nutrient release rate from slow releasing fertilizers. Y. Avnimelech, Faculty of Agric. Engineering, Technion-Israel Inst. Technology', Haifa Israel. *Soil Science*, Vol. 150, No. 1: 446-450.
- Gately, T.F. 1968. The effects of different levels of N, P, and K on yields, nitrogen content and kernel weights of malting barley. *J. Agric. Sci., Camb.* 70: 361-367.
- Gonzalez-Dugo, V., Durand, J.-L., Gastal, F. 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 529-544.
- Grant, R. Wub, F. Selles, K.N. Harker, G.W. Claytond, S. Bittmane, B.J. Zebarth, N.Z. Lupwayi 2011. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split. *Field Crops Research*: 170-180.
- applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding
- Greenwood, D.J., K. Kubo, I.G. Burns and A. Draycott. 1989. Apparent recovery of fertilizer N by vegetable crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35:367–381. Burns, I.G.

2006. Assessing N fertilizer requirements and the reliability of different recommendation systems. *Acta Hort.* 700:35–48.
- Hall, W. L. (1995): Vigoro Industries: The Future of Controlled Release Fertilizers in Agriculture. Presentation at the 45th 'The fertilizer industry round table', Oct. 1995. Raleigh, NC, USA.
- Halloran, G.M. 1981. Cultivar differences in nitrogen translocation in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 32: 535-544.
- Hanyu, T.; Kobayashi, A.; Fujisawa, E. (1999): Mechanism of nutrient release from resin-coated fertilizers and its estimation by kinetic methods: 6. Release of constituent compounds from resin-coated compound fertilizers. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Voi.70, No.2: 117-122
- Hassan, Z. A.; Young, S. D.; Hepburn, C.; Arizal, R. (1992): Urea-rubber matrices as slow-release fertilizers. Efficacy under flooded rice conditions. *Fertilizer research* 32 (1): 83-90.
- Hassan, Z. A.; Young, S. D.; Hepburn, C.; Arizal, R. (1992): Urea-rubber matrices as slow-release fertilizers. Modeling of urea release from a urea-rubber matrix. *Fertilizer research* 31 (2): 185-192.
- Haun, J R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agron. J.* 65: 116-119.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrummsager Møller, I., White, P. 2012. Functions of macronutrients, In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Marschner, P. ed.). Academic Press, London, pp. 135-189.
- Heitholt J.J., Croy L.I., Maness N.O., Nguyen H.T., 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in kernel N concentration. *Field Crops Res.* 23: 133-144.
- Herdel, K., Schmidt, P., Feil, R., Mohr, A., Schurr, U. 2001. Dynamics of concentrations and nutrient fluxes in the xylem of *Ricinus communis* - Diurnal course, impact of nutrient availability and nutrient uptake. *Plant, Cell and Environment*, 24: 41-52.
- Huett, D. O.; Gogel, B. J. (2000): Longevities and nitrogen, phosphorus, and potassium release patterns of polymer- coated controlled-release fertilizers at 30 deg C and 40 deg C. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol.31,No.7/8: 959-973

- Inoue, H ; Ito, T.; Saigusa, M (2000): Weed growth and nutrient uptake in dent corn cultivation with single basal cositus fertilization. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Voi.71, No.3: 345-349.
- Janssen, B.H. 1998. Efficient use of nutrients: An art of balancing. *Field Crops Res.* 56:197–201.
- Jensen J., Nielsen G., 1982. Linkage relationships of high lysine and storage protein genes in barley. In IAEA (ed), *The use of nuclear technique for cereal grain improvement*, FAO/ IAEA/GSF/SIDA, Vienna (in press).
- Jenner, C.F., T.D. Ugalde and D. Aspinall. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 18: 211-226.
- Jimenez Gomez, S.; Cartagena, M. C.; Vallejo Garcia, A.; Ramos Caicedo, G. (1989): Coated urea with rosin and tricalcic phosphate. Behavior in soil columns. *Agrochimica* 33 (4-5): 275-282.
- Johanson E., Prieto-Linde M.L., Jonsson, J.O., 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry* 78: 19-25.
- Joyce, D C.; Bell, L. C.; Edwards, D. G.; Asher, C. J. (1988): Thermoplastic matrix controlled-release zinc fertilizers. Zinc nutrition of linseed on a sand and a clay. *Fertilizer research* 17 (3): 267-283.
- Kaneta, Y. (1995): Single application of controlled availability fertilizer to nursery boxes in non-tillage rice culture. *JARQ, Japan Agricultural Research Quarterly* 29 (2): 111-116.
- Kaneki, R.; Kyuma, K.; Shiraiwa, T.; Izumi, Y. (2000): Effect of a single application of coated fertilizer to a nursery box in combination with no-puddling cultivation on the growth, yield and palatability of rice, and mass balance. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Vol.71, No.5:689-694.
- Killen G.J., Newman C.W., Eslick R.F., El-Negoumy A.M., 1978. The effect of nitrogen fertilizer on the nutritional quality of barley. *Proc. West. Sec. Am. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 29:169-172.
- King, K. W.; Balogh, J. C. (2000): Development of a nitrogen-release algorithm for slow-release fertilizers. *Transactions of the ASAE*, Voi.43, No.3:661-664.
- Kloth, B. (1989): Evaluation of analytical procedures for the characterization of the biological efficiency of slow release fertilizers. *VDLUFA Schriftner* 30: 355-361.

- Knoblauch, F. The fertilizer account in the balance. *Gartner Tidende* (1990) 106 (17): 466-467.
- Li, Z. 2003. Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. *Microporous Mesoporous Mater.* 61:181–188.
- Linaje, A., L. Munoz-Guerra, and I. Carrasco. 2005. Evaluation of the use of nitrification inhibitor DMPP on the risk of nitrate leaching in different crop system in Spain. *Proc. XIV N Wkshp.*, Maastricht, The Netherlands, 24–26 Oct. 2005, p. 149–152.
- Loffler, C.M., T.I. Rauch and R.H. Busch. 1985. Kernel and plants protein relationships on hard red spring wheat. *Crop. Sci.* 25: 521-524.
- Lupton, F.G.H. and M.J. Pinthus. 1969. Carbohydrate translocation from small tillers to spike producing shoots in wheat. *Nature (London)* 221: 483-484.
- Lyaskovskii, M. I.; Pidolplichko, V. N. (1990): Formation of the root system of wheat and barley and increase in resistance to root rots when compound slow-acting fertilizer is used. *Agrokhimiya* No 3: 31-37.
- Ma, C.H. and T. Kalb. 2006. Development of starter solution technology as a balanced fertilization practice in vegetable production. *Acta Hort.* 700:173–185.
- Malhi, Y. K. Soon, C. A. Grant, R. Lemke, and N. Lupwayi (2010): Influence of controlled-release urea on seed yield and N concentration, and N use efficiency of small grain crops grown on Dark Gray Luvisols.
- Manjappa, K.; Chandranath, H.T.; Guggari, A.K.; Desai, B. K. (1994): Ways and means of increasing nitrogen use efficiency in rice fields. *Agricultural Reviews (Karnal)*, Voi. 15, No. 3.
- Mariano Cossani, Gustavo A. Slafer, Roxana Savin (2009): Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Research* 112 205–213
- Marschner, H., Kirkby, E., Cakmak, I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1255-1263.
- Martin, W.E., and D.S. Mikelsen. 1960. Grain fertilization in California. *Cal. Agric. Exp. Sta. Bul.* 775.
- Mikkelsen, R. L.; Williams, H. M.; Behel, A. D. (1994): Nitrogen leaching and plant uptake from controlled-release fertilizers. *Fertilizer research* 37 (1): 43-50.

- Näsholm, T., Kielland, K., Ganeteg, U. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytologist*, 182: 31-48.
- Neeteson, J.J. and O.T. Carton. 2001. The environmental impact of nitrogen in field vegetable production. *Acta Hort.* 563:21–28.
- Neeteson, J.J., R. Booij, and A.P. Whitmore. 1999. A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems. *Acta Hort.* 506:17–26.
- Nielsen, D.C., Halvorson, A.D. 1991. Nitrogen fertility influence on water stress and yield of winter wheat. *Agronomy Journal*, 83: 1065-1070.
- Okumura, M; Miki, N.; Hasegawa, S.; Mino, K. I.; Tanaka, M. (1999): Effects of nitrogen in coated fertilizers on field vegetables. *Bulletin of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations*, No.76:17-26.
- Osborne, S.L. 2006. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern Great Plains. *Agron. J.* 98:1569–1574.
- Oweis T., H. Zhang and M. Pala (2000). Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. *Agron. J.* 92: 231–238.
- Palta J.A., T. Kobata, N.C. Turner and R. Fillery. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influence by postanthesis water deficits. *Crop Sci.* 34: 118-124.
- Perez, P., R. Martinez Carrasco, L. Sanchez de la Puente. 1983. Uptake and distribution of nitrogen in wheat plants supplied with different amounts of nitrogen after stem elongation. *Ann. Appl. Biol.* 102: 399-406.
- Przuli, N. and V. Momcilovic. 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley I. Dry matter translocation. *European Journal of Agronomy.* 15:241.
- Przuli, N. and V. Momcilovic. 2003. Dry matter and nitrogen accumulation and use in spring barley. *Plant Soil Environ.*, 49: 36-47
- Raban. S.( 1995): *Registration of Controlled/Slow Release Fertilizers*. Agronomic Department, Haifa Chemicals, Haifa Israel.
- Rahn, C. 2002. Management strategies to reduce nutrient losses from vegetables crops. *Acta Hort.* 571:19–25.
- Rasmusson, D.C. 1985. *Barley*. Agron. Monograph 26. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI 53711-USA.

- Rawson, H.M. and C.M. Donald. 1969. The absorption and distribution of nitrogen, after floret initiation in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 20: 799-808.
- Raun, W. R., and Johnson, V. G. 1999. Improving nitro-gen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 1:357–363
- Remie, B., K. Groenwold, J. Rovres, O. Clevering, H. Pijnenburg, M. Hekkert, and H. Lagenveld. 2003. Nutrient management on vegetables farms: What will be the future? *Acta Hort.* 627:275–282.
- Saigusa, M.; Kodama H.; Abe T. (1993): Single basal application of nitrogen fertilizer on dent com cultivation using controlled release urea. Japanese. *Nippon Sochi Gakaishi*, 39(1) : 44-50.
- Savin, R., P.J. Stone, M.E. Nicolas and I.F. Wardlaw, (1997). Grain growth and malting quality of barley. 1. Effects of heat stress and moderately high temperature, *Aust. J. Agric. Res.* 48: 615–624.
- Scharf, P.C. and M.M. Alley. 1988. Nitrogen loss pathways requirements for irrigated malting barley. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18: 459-463.
- Schenk, M.K. 2006. Nutrient efficiency of vegetable crops. *Acta Hort.* 700:25–38.
- Scheurwater, I., Koren, M., Lambers, H., Atkin, O.K. 2002. The contribution of roots and shoots to whole plant nitrate reduction in fast- and slow-growing grass species. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1635-1642.
- Shapiro, C.A. and C.S. Wortmann. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. *Agron. J.* 98:529–535.
- Shoji S.; Ranno H. (1994): Use of polyolefin coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. *Review. Fertilizer Research*, 39: 147-152.
- Siddiqi, M.Y., Glass, A.D.M., Ruth, T.J., Rufty Jr., T.W. 1990. Studies of the uptake of nitrate in barley: I. Kinetics of  $^{13}\text{NO}_3^-$  influx. *Plant Physiology*, 93: 1426-1432.
- Simpson, R.J., H.Lambers and M.J. Dalling. 1983. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 71: 7-14.
- Singandhupe, R.B., G.G.S.N. Rao, N.G. Patil, and P.S. Brahmanand. 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). *Eur. J. Agron.* 19:327–340.

- Singh, M. K.; Verma, U. N.; Pal, S. K.; Thakur, R. (1999) : Efficacy of slow release N-fertilizers for rice and their residual effect on wheat. *Indian Journal of Agronomy*, Vol.44, No.2: 216-218.
- Spiertz, J.H.J. and N.M. de Vos. 1983. Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. *Plant soil*. 75: 379-391.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2012. *Φυσιολογία Φυτών* (Taiz, L., Zeiger, E. (πρωτότυπο), Θάνοος, Κ. (Ελληνική Μετάφραση) eds.). Utopia Publishing.
- Thorup-Kristensen, K.J. Magid, and S.L. Jensen. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.* 79:227–302.
- Thorup-Kristensen, K. and J.N. Sørensen. 1999. Soil nitrogen depletion by vegetable crops with variable root growth. *Acta Agriculturae Scandinavica, sect.B–SoilPlant Sci.* 49:92–97.
- Tlustos, P.; Blackmer, A. M. (1992): Release of nitrogen from ureaform fractions as influenced by soil pH. *Soil Science Society of America Journal* 56 (6): 1807-1810.
- Van Alphen B.J., Stoorvogel J.J., 2000. A methodology for precision nitrogen fertilization in high-input farming systems. *Precision Agriculture* 2:319-332.
- Vos, J. 1981. Effects of temperature and nitrogen supply on post-floral growth of wheat, measurements and simulations. *Agric. Recs. Reports* 911 Pudoc, Wageningen.
- Vouillot, M.O. and F. Devienne-Barrett. 1999. Accumulation and remobilization of nitrogen in a vegetative winter wheat crop during or following nitrogen deficiency. *Ann. Bot. (Lond.)* 83:569–575.
- Watson, D.J., G.N. Thorne and S.A.W. French. 1958. Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Ann. Bot.* 22: 321-352.
- Xia, P. Z.; Wang, S. R.; Xu, X. C.; Zhang, B. L. (1989): Capsulated compound fertilizers and their efficiency. *Journal of soil science, China* 20 (2): 74-76.
- Yong-Zhan Ma, MacKown C.T., Van Stanford D.A., 1996. Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. *Field Crops Research* 47:201-209.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.



- Zubriski, J.C., E.H. Vasey and E.B. Norum. 1970. Influence of nitrogen and potassium fertilizers and dates of seeding on yield and quality of malting barley. *Agron. J.* 62:216-219.
- Zhang MingChu; Nyborg, M.; Malhi, S. S.; Solberg, E. D. (2000): Yield and protein content of barley as affected by release rate of coated urea and rate of nitrogen application. *Journal of Plant Nutrition*, Voi.23, No.3: 401-412.
- Zvomuya, F. and C.J. Rosen. 2002. Biomass partitioning and nitrogen use efficiency of 'Superior' potato following genetic transformation for resistance to colorado potato beetle. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:703–709.

## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ύψος φυτών κατά στο στάδιο της ωρίμανσης.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 352,933             | 2                 | 176,467        | 6,35    | 0,1982  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 109,733             | 2                 | 54,8667        | 1,98    | 0,1576  |
| Ποικιλίες                   | 179,422             | 4                 | 44,8556        | 1,61    | 0,0053  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 299,378             | 8                 | 37,4222        | 1,35    | 0,2621  |
| Υπόλοιπο                    | 777,733             | 28                | 27,7762        |         |         |
| Σύνολο                      | 1719,2              | 44                |                |         |         |

Πίνακας 2 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) των ημερών από τη σπορά μέχρι το στάδιο του ξεσταχυάσματος.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 2,39914             | 2                 | 1,19957        | 0,56    | 0,5777  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 75,5191             | 2                 | 37,7596        | 17,62   | 0       |
| Ποικιλίες                   | 297,48              | 4                 | 74,37          | 34,7    | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 59,5313             | 8                 | 7,44141        | 3,47    | 0,0067  |
| Υπόλοιπο                    | 60,0175             | 28                | 2,14348        |         |         |
| Σύνολο                      | 491,778             | 44                |                |         |         |

Πίνακας 3 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) των ημερών από τη σπορά μέχρι το στάδιο του πλήρης άνθησης.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 7,19943             | 2                 | 3,59971        | 0,93    | 0,4048  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 86,4628             | 2                 | 43,2314        | 11,22   | 0,0003  |
| Ποικιλίες                   | 223,839             | 4                 | 55,9597        | 14,52   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 29,2821             | 8                 | 3,66027        | 0,95    | 0,4931  |
| Υπόλοιπο                    | 107,884             | 28                | 3,853          |         |         |
| Σύνολο                      | 454,411             | 44                |                |         |         |

Πίνακας 4 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) των ημερών γεμίσματος των σπόρων.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,0444444           | 2                 | 0,0222222      | 0,02    | 0,9763  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 7,77778             | 2                 | 3,88889        | 4,2     | 0,0255  |
| Ποικιλίες                   | 223,556             | 4                 | 55,8889        | 60,29   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης x Ποικιλία | 26,4444             | 8                 | 3,30556        | 3,57    | 0,0057  |
| Υπόλοιπο                    | 25,9556             | 28                | 0,926984       |         |         |
| Σύνολο                      | 283,778             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 5** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό N στα βλαστικά τμήματα κατά την άνθηση.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 1769,26             | 2                 | 884,632        | 1       | 0,3789  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 1834,37             | 2                 | 917,187        | 1,04    | 0,3661  |
| Ποικιλίες                   | 3421,99             | 4                 | 855,498        | 0,97    | 0,4386  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 7055,72             | 8                 | 881,966        | 1       | 0,4566  |
| Υπόλοιπο                    | 24651,6             | 28                | 880,415        |         |         |
| Σύνολο                      | 38733               | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 6** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό N στα βλαστικά τμήματα κατά την συγκομιδή.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,0135894           | 2                 | 0,00679469     | 1,32    | 0,2831  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 0,564303            | 2                 | 0,282151       | 54,84   | 0       |
| Ποικιλίες                   | 0,871142            | 4                 | 0,217785       | 42,33   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 0,742923            | 8                 | 0,0928653      | 18,05   | 0       |
| Υπόλοιπο                    | 0,144073            | 28                | 0,00514545     |         |         |
| Σύνολο                      | 2,33603             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 7** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό N στους σπόρους.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,261433            | 2                 | 0,130716       | 1,46    | 0,2504  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 0,479445            | 2                 | 0,239722       | 2,67    | 0,0869  |
| Ποικιλίες                   | 0,445165            | 4                 | 0,111291       | 1,24    | 0,3171  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 0,540965            | 8                 | 0,0676206      | 0,75    | 0,6456  |
| Υπόλοιπο                    | 2,51497             | 28                | 0,0898202      |         |         |
| Σύνολο                      | 4,24197             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 8** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την μετακίνηση (NT) του N.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,840726            | 2                 | 0,420363       | 0,23    | 0,7968  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 50,7611             | 2                 | 25,3806        | 13,83   | 0,0001  |
| Ποικιλίες                   | 394,552             | 4                 | 98,6381        | 53,73   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 163,825             | 8                 | 20,4781        | 11,16   | 0       |
| Υπόλοιπο                    | 163,825             | 28                | 1,83573        |         |         |
| Σύνολο                      | 163,825             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 9** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την ικανότητα μετακίνησης αζώτου % (NTE).

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 42,692              | 2                 | 21,346         | 2,7     | 0,0845  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 593,18              | 2                 | 296,59         | 37,55   | 0       |
| Ποικιλίες                   | 3003                | 4                 | 750,751        | 95,04   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 2393,3              | 8                 | 299,162        | 37,87   | 0       |
| Υπόλοιπο                    | 221,185             | 28                | 7,89946        |         |         |
| Σύνολο                      | 6253,36             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 10** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον δείκτη συγκομιδής αζώτου (NHI).

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,00424493          | 2                 | 0,00212247     | 0,51    | 0,6045  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 0,0764869           | 2                 | 0,0382435      | 9,23    | 0,0008  |
| Ποικιλίες                   | 0,0841268           | 4                 | 0,0210317      | 5,08    | 0,0033  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 0,0468597           | 8                 | 0,00585747     | 1,41    | 0,2339  |
| Υπόλοιπο                    | 0,115966            | 28                | 0,00414166     |         |         |
| Σύνολο                      | 0,327685            | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 11** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (NUE).

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 30,513              | 2                 | 15,2565        | 0,12    | 0,8918  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 7,33426             | 1                 | 7,33426        | 0,06    | 0,8166  |
| Ποικιλίες                   | 1359,69             | 4                 | 339,922        | 2,57    | 0,0735  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 744,43              | 4                 | 186,107        | 1,41    | 0,2723  |
| Υπόλοιπο                    | 2384,06             | 18                | 132,448        |         |         |
| Σύνολο                      | 4526,03             | 29                |                |         |         |

**Πίνακας 12** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό πρωτεΐνης στους σπόρους.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 10,2122             | 2                 | 5,10611        | 1,46    | 0,2504  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 18,7283             | 2                 | 9,36416        | 2,67    | 0,0869  |
| Ποικιλίες                   | 17,3893             | 4                 | 4,34731        | 1,24    | 0,3171  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 21,1314             | 8                 | 2,64143        | 0,75    | 0,6456  |
| Υπόλοιπο                    | 98,2409             | 28                | 3,5086         |         |         |
| Σύνολο                      | 165,702             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 13** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την κλάση 2,8mm στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 361,366             | 2                 | 180,683        | 5,45    | 0,01    |
| Επίπεδα λίπανσης            | 358,659             | 2                 | 179,33         | 5,41    | 0,0103  |
| Ποικιλίες                   | 2838,66             | 4                 | 709,664        | 21,4    | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 1435,79             | 8                 | 179,473        | 5,41    | 0,0004  |
| Υπόλοιπο                    | 928,412             | 28                | 33,1576        |         |         |
| Σύνολο                      | 5922,88             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 14** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την κλάση 2,5mm στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 2,15472             | 2                 | 1,07736        | 0,07    | 0,9284  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 758,896             | 2                 | 379,448        | 26,23   | 0       |
| Ποικιλίες                   | 2038,44             | 4                 | 509,609        | 35,23   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 1933,95             | 8                 | 241,744        | 16,71   | 0       |
| Υπόλοιπο                    | 405,01              | 28                | 14,4646        |         |         |
| Σύνολο                      | 5138,45             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 15** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την κλάση 2,2mm στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 45,7815             | 2                 | 22,8907        | 1,37    | 0,271   |
| Επίπεδα λίπανσης            | 0,35836             | 2                 | 0,17918        | 0,01    | 0,9893  |
| Ποικιλίες                   | 254,05              | 4                 | 63,5124        | 3,8     | 0,0137  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 431,78              | 8                 | 53,9725        | 3,23    | 0,01    |
| Υπόλοιπο                    | 468,332             | 28                | 16,7261        |         |         |
| Σύνολο                      | 1200,3              | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 16** Ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την κλάση βυνοποιήσιμων σπόρων στα τρία επίπεδα λίπανσης των πέντε ποικιλιών που μελετήθηκαν.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 188                 | 2                 | 94,0002        | 1,82    | 0,1801  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 2169,06             | 2                 | 1084,53        | 21,04   | 0       |
| Ποικιλίες                   | 7369,24             | 4                 | 1842,31        | 35,74   | 0       |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 6661,7              | 8                 | 832,712        | 16,15   | 0       |
| Υπόλοιπο                    | 1443,49             | 28                | 51,5532        |         |         |
| Σύνολο                      | 17831,5             | 44                |                |         |         |

Πίνακας 17 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ξηρό βάρος των φυτών κατά την άνθηση.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 92795,3             | 2                 | 46397,6        | 0,03    | 0,0351  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 649,818             | 2                 | 324,909        | 3,78    | 0,9739  |
| Ποικιλίες                   | 51678,8             | 4                 | 12919,7        | 1,05    | 0,3977  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 65028,1             | 8                 | 8128,52        | 0,66    | 0,719   |
| Υπόλοιπο                    | 343356              | 28                | 12262,7        |         |         |
| Σύνολο                      | 553508              | 44                |                |         |         |

Πίνακας 18 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ξηρό βάρος των φυτών κατά την συγκομιδή.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,765671            | 2                 | 0,382836       | 0,22    | 0,8045  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 9,24695             | 2                 | 4,62348        | 2,65    | 0,0885  |
| Ποικιλίες                   | 9,62773             | 4                 | 2,40693        | 1,38    | 0,2669  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 12,2306             | 8                 | 1,52882        | 0,88    | 0,5487  |
| Υπόλοιπο                    | 48,9082             | 28                | 1,74672        |         |         |
| Σύνολο                      | 80,7791             | 44                |                |         |         |

Πίνακας 19 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 2,66133             | 2                 | 1,33067        | 0,37    | 0,6933  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 18,1173             | 2                 | 9,05867        | 2,53    | 0,098   |
| Ποικιλίες                   | 46,8987             | 4                 | 11,7247        | 3,27    | 0,0255  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 27,9493             | 8                 | 3,49367        | 0,97    | 0,4756  |
| Υπόλοιπο                    | 100,385             | 28                | 3,58519        |         |         |
| Σύνολο                      | 196,012             | 44                |                |         |         |

Πίνακας 20 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για του αριθμού στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 5138,08             | 2                 | 2569,04        | 0,28    | 0,7592  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 72820,1             | 2                 | 36410,1        | 3,94    | 0,031   |
| Ποικιλίες                   | 69891,5             | 4                 | 17472,9        | 1,89    | 0,1397  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 82477,8             | 8                 | 10309,7        | 1,12    | 0,3826  |
| Υπόλοιπο                    | 258604              | 28                | 9235,85        |         |         |
| Σύνολο                      | 488931              | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 21** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον βάρος 1000 κόκκων.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 56,6271             | 2                 | 28,3136        | 0,47    | 0,6276  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 59,2858             | 2                 | 29,6429        | 0,5     | 0,6143  |
| Ποικιλίες                   | 1129,24             | 4                 | 282,31         | 4,72    | 0,0049  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 260,843             | 8                 | 32,6054        | 0,55    | 0,8122  |
| Υπόλοιπο                    | 1673,8              | 28                | 59,7786        |         |         |
| Σύνολο                      | 3179,8              | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 22** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) της απόδοσης σε καρπό.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,0376044           | 2                 | 0,0188022      | 0,04    | 0,9604  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 0,972991            | 2                 | 0,486496       | 1,05    | 0,3641  |
| Ποικιλίες                   | 5,56446             | 4                 | 1,39111        | 3       | 0,0354  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 4,03374             | 8                 | 0,504218       | 1,09    | 0,4013  |
| Υπόλοιπο                    | 13,0009             | 28                | 0,464317       |         |         |
| Σύνολο                      | 23,6097             | 44                |                |         |         |

**Πίνακας 23** Ανάλυση διασποράς (ANOVA) του δείκτη συγκομιδή.

| Πηγή παραλλακτικότητας      | Άθροισμα τετραγώνων | Βαθμοί ελευθερίας | Μέσα τετράγωνα | F-Ratio | P-Value |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Επαναλήψεις                 | 0,00108444          | 2                 | 0,000542222    | 0,24    | 0,7898  |
| Επίπεδα λίπανσης            | 8,44444             | 2                 | 4,22222        | 0,02    | 0,9816  |
| Ποικιλίες                   | 0,01632             | 4                 | 0,00408        | 1,79    | 0,1587  |
| Επίπεδο λίπανσης X Ποικιλία | 0,02496             | 8                 | 0,00312        | 1,37    | 0,2523  |
| Υπόλοιπο                    | 0,0637822           | 28                | 0,00227794     |         |         |
| Σύνολο                      | 0,106231            | 44                |                |         |         |