

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ
ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Επίδραση της συμπληρωματικής άρδευσης σε δύο
στάδια ανάπτυξης του βυνοποιήσιμου κριθαριού, στα
ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά**

Αντωνία Π. Ευθυμίου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Γαρυφαλιά Οικονόμου - Αντώννακα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Αθήνα
2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της συμπληρωματικής άρδευσης σε δύο
στάδια ανάπτυξης του βυνοποιήσιμου κριθαριού, στα
ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Effect of supplementary irrigation in two stages of
development of maltable barley, on quantitative and
qualitative characteristics

Αντωνία Π. Ευθυμίου

Εξεταστική επιτροπή :

Γαρυφαλιά Οικονόμου - Αντώνικα, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Νικόλαος Δέρκας, Καθηγητής ΓΠΑ

Επίδραση της συμπληρωματικής άρδευσης σε δύο στάδια ανάπτυξης του βυνοποιήσιμου κριθαριού, στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020 εντός του στεγάστρου που είναι εγκατεστημένο στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, μελετήθηκε ο καταλληλότερος χρόνος επέμβασης σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης βυνοποιήσιμου κριθαριού (*Hordeum vulgare spp. distichum*), ως φυτικά υλικά χρησιμοποιήθηκε η εμπορική ποικιλία Zhana και η υπό δοκιμή σειρά 83, με σκοπό την αποδοτικότερη άρδευση κάτω από συνθήκες ελεγχόμενης υδατικής καταπόνησης. Το βιολογικό στάδιο ανάπτυξης που επιλέχθηκε ήταν η εμφάνιση γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39).

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με κύριο παράγοντα τον χρόνο εφαρμογής της άρδευσης, με βάση το βιολογικό στάδιο ανάπτυξης του κριθαριού και με τρεις επαναλήψεις. Για την εκτίμηση του βιολογικού σταδίου ανάπτυξης, βάση το οποίου έγινε ο προγραμματισμός των αρδεύσεων, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Zadoks.

Επιλέχθηκε η επέμβαση των αρδεύσεων να γίνει μέχρι το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου, στάδιο 39 της κλίμακας Zadoks και η δεύτερη επέμβαση αρδεύσεων ξεκίνησε μετά το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου, στάδιο 39 της κλίμακας Zadoks. Επιπλέον, υπήρχαν φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά και αποτελούσαν τον μάρτυρα του πειράματος. Οι παραπάνω επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν και στα δυο φυτικά δείγματα, τη Zhana και τη σειρά 83. Από την σπορά μέχρι και την έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης, χρησιμοποιήθηκαν εκτοξευτήρες νερού.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μετά το τέλος αυτής, μελετήθηκε η επίδραση των διαφορετικών χρονικών μεταχειρίσεων άρδευσης ως προς τον βιολογικό κύκλο των φυτών, το υδατικό δυναμικό των φύλλων, την απόδοση σε καρπό και βιομάζα, τον αριθμό σταχυιδίων ανά στάχυ, τον αριθμό των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, το

μήκος στάχων, το ύψος φυτών, το βάρος χιλίων κόκκων και τον συντελεστή συγκομιδής. Τέλος, μετρήθηκε η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η αποδοτικότερη άρδευση είναι όταν πραγματοποιείται μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου, στάδιο 39 της κλίμακας Zadoks. Για την ποικιλία Zhana που αρδεύτηκε μέχρι και το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39) είχε την μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό και ακολούθησε η Zhana που αρδεύτηκε κανονικά, η Zhana που αρδεύτηκε μετά το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39) έδωσε την μικρότερη απόδοση σε καρπό. Όσον αφορά, την σειρά 83 μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό έδωσαν τα φυτά που αρδεύτηκαν μετά το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39). Ο μάρτυρας 83, πλήρως αρδευόμενα φυτά ακολούθησαν και χαμηλότερη απόδοση σε καρπό έδωσαν τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39). Η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης αλλά και ούτε μεταξύ των δύο ποικιλιών. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσιάστηκε και στις δύο ποικιλίες, όπου η άρδευση ξεκίνησε μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B). Η απόδοση σε βιομάζα, ο δείκτης συγκομιδής (HI), ο αριθμός των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, το βάρος των χιλίων κόκκων, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ, το μήκος στάχων και το ύψος φυτών δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από τις διαφορετικές επεμβάσεις άρδευσης. Όσον αφορά το βιολογικό στάδιο των φυτών παρουσίασε παρόμοια σχεδόν πορεία σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης και των 2 ποικιλιών. Τα πλήρως αρδευόμενα φυτά και τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου ολοκλήρωσαν γρηγορότερα τον βιολογικό κύκλο.

Επιστημονική περιοχή : βυνοποιήσιμο κριθάρι

Λέξεις κλειδιά: φύλλο σημαίας, γλωσσίδα, κλίμακα Zadoks, υδατικό δυναμικό, βυνοποιήσιμο κριθάρι, αποδοτικότητα νερού, απόδοση καρπού, πρωτεΐνη

Effect of supplementary irrigation in two stages of development of maltable barley, on quantitative and qualitative characteristics

Faculty of Crop Science
Laboratory of Agronomy

Abstract

During the 2019-2020 growing season within the experimental field of Agricultural University of Athens, a research was conducted for estimating the most appropriate time at a specific biological stage of malting barley (*Hordeum vulgare* spp. *distichum*), the plant materials which were used are the commercial variety Zhana and the breeding line 83. The research was conducted for evaluating the most efficient irrigation under controlled water stress conditions at a specific time. The biological stage which was chosen was the flag leaf ligule just visible (ZGS: 39).

The selected experimental design was that of randomized complete groups design with a main factor being the time of irrigation based on the biological stage of barley growth and with three replications. The Zadoks scale was used to estimate the phenological stages under which controlled irrigation was programmed.

The irrigation was applied up to the stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of Zadoks scale, and the second irrigation began after the stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of Zadoks scale. In addition, there were plants that were regularly irrigated. From the sowing date until the beginning of the controlled irrigation treatments, a water jet was used.

During the cultivation time and after the harvest, the effect of different irrigation levels of treatment was studied for the biological stages of plants, for the water potential of the leaves, for the photosynthetic rate, for the grain yield and biomass production, for the number of spikelets per spike, but also counting the number of spikes per square meter, the length of the spike, the height of the plants, the weight of one thousand kernel weight and the harvest index. Furthermore, the protein content of the seeds was examined.

The results have shown that the most efficient irrigation is when was applied up to the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale. Zhana which was irrigated up to the stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale tended to show a higher grain yield. Following Zhana which were irrigated regularly irrigated, than it was Zhana which was irrigated after the biological stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale. Furthermore, 83 which was irrigated after the biological stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale tended to show higher grain yield. Following by 83 which was irrigated regularly and last was 83 which was irrigated up to the stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale. Regarding the protein content, although

it did not show statistically significant differences, a trend with a higher concentration was noticed when irrigation applied up to the biological stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale compared to the other stages. The water potential of the leaves, the biomass production, for the number of spikelets per spike, but also counting the number of spikes per square meter, the length of the spike, the height of the plants, the weight of one thousand kernel weight and the harvest index did not show statistically significant differences. The plants which were irrigated regularly and up to the biological stage of the stage of the flag leaf ligule just visible, stage 39 of the Zadoks scale, their biological cycle was accelerated.

Scientific area: maltable barley

Keywords: flag leaf, ligule, Zadoks scale, water potential, maltable barley, water use efficiency, grain yield, protein

Στον Επαμεινώνδα Οικονόμου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στην καθηγήτρια του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κα. Γαρυφαλλιά Οικονόμου για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση του παρόντος θέματος, όπως επίσης και για το προσωπικό της ενδιαφέρον, την συνεχή καθοδήγηση και τις καίριες υποδείξεις της σε όλα τα στάδια πραγματοποίησης της μεταπτυχιακής μελέτης.

Επίσης, ευχαριστώ τον καθηγητή και διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας κ. Δημήτρη Μπιλάλη και τον καθηγητή του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής κ. Νικόλαο Δέρκα για την συμμετοχή τους στην εξέταση και στην βαθμολόγηση της εν λόγω εργασίας.

Επιπροσθέτως, επιθυμώ να ευχαριστήσω τους συναδέλφους Ραουζαίο Κωνσταντίνο και Δουλφή Δήμητρα για την βοήθεια τους καθ' όλη την διάρκεια αυτής της μελέτης όπως και το προσωπικό του Εργαστηρίου Γεωργίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου, Πέτρο Ευθυμίου για την αμέριστη συμπαράστασή του, την υλική αλλά κυρίως την ηθική, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση και επιτυχής ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1 ΚΡΙΘΑΡΙ	1
1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	2
1.3 ΒΥΝΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΚΡΙΘΑΡΙ	2
1.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ	3
1.5 ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΦΥΤΕΙΑ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ	3
1.6 ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	5
1.7 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	7
1.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΕΙΑΣ	9
1.9 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	10
2. Υλικά & Μέθοδοι	12
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	12
2.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	12
2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	12
2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	14
2.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	14
2.2.2 ΣΠΟΡΑ	15
2.2.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΧΘΡΩΝ	15
2.2.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ	16
2.2.5 ΛΙΠΑΝΣΗ	16
2.2.6 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	16
2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	17
2.3.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ	17
2.3.2 ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ –ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (ΨL)	19
2.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	20
2.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	20
2.5.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ	20
2.5.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ (HI)	21
2.5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	22
3.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ- ΚΛΙΜΑΚΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΖΑΔΟΚΣ	22
3.2 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	23
3.2.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	23

3.2.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ (WATER RETENTIAL INDEX)	25
3.3.ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	26
3.3.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ	26
3.3.2 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ.....	28
3.3.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ	29
3.3.4 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	30
3.3.5 ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΚΟΚΚΩΝ.....	31
3.3.6 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΚΟΚΚΩΝ	32
3.3.7 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ ΑΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ.....	33
3.3.8.Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟΥΣ ΣΤΑΧΕΙΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ	35
3.3.9 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΚΟΜΙΔΗΣ (HARVEST INDEX).....	35
3.3.10 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΚΟΜΙΔΗΣ.....	37
3.3.11 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΙΔΙΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ	37
3.3.12 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΣΤΑΧΥΔΙΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ.....	39
3.3.13 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ.....	39
3.3.14 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	41
3.3.15 ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ	41
3.3.16 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΣΤΑΧΕΩΝ	43
3.4 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	43
3.4.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ	43
3.4.2 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPRI ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ.....	45
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	46
4.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	46
4.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	47
4.3.ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ	52
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
6.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
6.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

1.1 ΚΡΙΘΑΡΙ

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare L.*) αποτελεί φυτικό είδος του γένους *Hordeum* και ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Το καλλιεργούμενο κριθάρι θεωρείται ότι προήλθε από το άγριο είδος *Hordeum vulgare L. Subsp. Spontaneum (K. Koch) Thell.*, το οποίο φύτεται ακόμα ως άγριο στη Μέση Ανατολή.

Το κριθάρι αποτελεί το δεύτερο σε σπουδαιότητα χειμερινό σιτηρό μετά το σιτάρι. Αξίζει να γίνει αναφορά, ότι είναι ένα από τα πρώτα φυτά που καλλιεργήθηκαν από τον άνθρωπο. Σύμφωνα με αρχαιολογικά ευρήματα, η καλλιέργεια του ξεκίνησε την περίοδο 5.000-7.000 π.Χ. (Harlan, 1979) ή όπως υποστηρίζεται από τους Wendorf et al. (1979) 10.000 χρόνια νωρίτερα. Κατά Vanilov, τα καλλιεργούμενα είδη κριθαριού κατάγονται από δύο κύρια κέντρα, με το πρώτο να είναι στην ΒΑ Αφρική και τις ορεινές περιοχές της Αβησσυνίας και το δεύτερο στη ΝΑ Ασία (Κίνα, Ιαπωνία και περιοχές γύρω από το Θηβέτ).

Επιπλέον, το κριθάρι καλλιεργείται σε περιοχές με ευρείς κλιματολογικές συνθήκες και αρκετές φορές επιλέγεται να καλλιεργηθεί σε περιοχές, όπου το κλίμα δεν χαρακτηρίζεται ευνοϊκό για την καλλιέργεια άλλων σιτηρών. Στην Ελλάδα, το κριθάρι αποτελεί το δεύτερο σε σπουδαιότητα χειμερινό σιτηρό μετά το σιτάρι.

Ειδικότερα, η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση με κριθάρι ανήλθε το 2014 στα 490 εκ. στρέμματα με συνολική απόδοση 144 εκ.τόνους (FAOSTAT 2014). Όσον αφορά την Ελλάδα, η καλλιεργούμενη έκταση για το 2017 ανήλθε στα 1.293,2 χιλ. στρέμματα, σε αντίθεση με το 2016, που έφτασε τα 1.325,4 χιλ. στρέμματα. Για την παραγόμενη ποσότητα το 2017 παρήχθησαν 376.5 χιλιάδες τόνοι, ενώ το 2016 η παραγωγή ανήλθε στους 381.7 χιλιάδες τόνους (ΕΛΣΤΑΤ 2017).

Έρευνες δείχνουν, ότι τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο, η παραγωγή του κριθαριού προβλέπεται να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα στο μέλλον, λόγω των πολλαπλών χρήσεων του αλλά και λόγω της προσαρμοστικότητας που χαρακτηρίζει τη καλλιέργεια αυτή, δίνοντας έμφαση και στην τάση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στον επιστημονικό κλάδο, για την δημιουργία πιο παραγωγικών ποικιλιών με καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το κριθάρι δεν παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά, σε αντίθεση με το σιτάρι, δηλαδή ακολουθεί την τυπική αύξηση και ανάπτυξη των χειμερινών σιτηρών. Τα μεγάλα ωτία αποτελούν χαρακτηριστικό μορφολογικό γνώρισμα του κριθαριού, τα οποία βρίσκονται στο σημείο που συνδέεται το έλασμα με τον κολεό και τα οποία το διαφοροποιούν με τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρά. Η ταξιανθία είναι στάχης με τρία σταχύδια σε κάθε άρθρωση της ράχης του. Το κάθε σταχύδιο έχει δύο τριχοειδή εξωτερικά λέπυρα και δύο εσωτερικά λέπυρα, τον χιτώνα και τη λεπίδα, τα οποία κατά την ωρίμανση είτε παραμένουν κολλημένα στον σπόρο, είτε αποχωρίζονται από αυτόν. Στην πρώτη περίπτωση ο σπόρος χαρακτηρίζεται ντυμένος και στην δεύτερη γυμνός. Το άκρο του χιτώνα στις περισσότερες ποικιλίες καταλήγει σε άγανο, ωστόσο σε κάποιες ποικιλίες το άγανο έχει αντικατασταθεί από δισχιδές λοφίο. Όσον αφορά τη διαφοροποίηση μεταξύ δίστοιχου και εξάστοιχου, όταν μόνο το μεσσαίο σταχύδιο κάθε θέσης είναι γόνιμο ονομάζεται δίστοιχο και αντίστοιχα στο εξάστοιχο και τα τρία σταχύδια είναι γόνιμα. Σχετικά με την γονιμοποίηση του κριθαριού, αξίζει να σημειωθεί ότι πρόκειται για ένα αυστηρά αυτογονιμοποιούμενο φυτό και η επικονίαση πραγματοποιείται όταν ο στάχης δεν έχει εκπτυθεί πλήρως από τον κολεό του τελευταίου φύλλου. Ο καρπός που παράγεται ονομάζεται καρύωση και οι καρποί του δίστοιχου κριθαριού χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ομοιομορφία στο μέγεθος, από εκείνους των εξάστοιχων κριθαριών. Ο σπόρος έχει ατρακτοειδές σχήμα και το έμβρυο είναι τοποθετημένο προς την κοιλιακή πλευρά.

1.3 ΒΥΝΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΚΡΙΘΑΡΙ

Το κριθάρι είναι από τους κύριους πρωταγωνιστές στην παραγωγή ζύθου. Γεγονός που αιτιολογείται από την μεγάλη συγκέντρωση υδρολυτικών ενζύμων που παράγονται κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης. Λόγω της μακροχρόνιας χρήσης του κριθαριού στην παραγωγή ζύθου, παρατηρείται μεγάλη πρόοδος στην βελτίωση των βυνοποιήσιμων χαρακτηριστικών του, που αφορούν την αμυλούχο σύσταση, το ενζυμικό δυναμικό των καρπών καθώς και της τεχνολογικές ιδιότητες του, που το καθιστούν κατάλληλο για ζυθοποίηση.

Τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά για την βυνοποίηση του κριθαριού σχετίζονται κυρίως με τη βλαστική ικανότητα του σπόρου, καθώς και την περιεκτικότητα του ενδοσπερμίου σε άμυλο και αζωτούχες ενώσεις (Καραμάνος

2008,Esslinger2006). Παρακάτω αναφέρονται λεπτομερειακά τα επιθυμητά χαρακτηριστικά:

- Βλαστική ικανότητα: Οι σπόροι πρέπει να έχουν υψηλή βλαστική ικανότητα, 96%, ταχύτητα και ομοιομορφία φυτρώματος.
- Αλευρώδες ενδοσπέρμιο: Πρέπει να είναι αλευρώδες και όχι υαλώδες, καθώς το αλευρώδες ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται από ευκολότερη διάσπαση και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμυλο.
- Περιεκτικότητα σε άζωτο: Δεν είναι επιθυμητή η υψηλή περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο, γιατί συνεπάγεται τη μείωση του ολικού ποσού των υδατανθράκων, ενώ παράλληλα αυξάνει την περιεκτικότητα του τελικού εκχυλίσματος με ανεπιθύμητες αζωτούχες ουσίες.
- Μέγεθος καρπών: το βάρος χιλίων κόκκων είναι σημαντικό κριτήριο, καθώς αποτελεί ένδειξη της αποδοτικότητας σε βύνη.
- Γέμισμα καρπών: Βαθμιαίο και παρατεταμένο γέμισμα σημαίνει υψηλή ποιότητα καρπών λόγω περισσότερης ποσότητας αμύλου.

Το κριθάρι αποτελεί τη σημαντικότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή μύρας. Στην Ευρώπη, έχουν καταγραφεί περίπου 300 ποικιλίες ανοιξιάτικου κριθαριού και 100 ποικιλίες δίστοιχου χειμερινού κριθαριού.

1.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος στο κριθάρι είναι 3-4 °C και η άριστη θερμοκρασία είναι 20 °C. Παρατεταμένη θερμοκρασία στους -8 °C, προκαλούν πάγωμα των φύλλων, ενώ σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή μπορεί να καταστραφεί ολόκληρη η φυτεία. Πρόκειται για ένα φυτό που είναι κατάλληλο για ξηροθερμικές περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί, ότι έλλειψη νερού κατά την περίοδο του αδελφώματος και του ξεσταχυάσματος μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αριθμού των σπόρων, ενώ αν παρουσιαστεί υδατικό έλλειμμα μετά το στάδιο του ξεσταχυάσματος μπορεί να δώσει μειωμένο βάρος κόκκων. Σε περιοχές με μειωμένες βροχοπτώσεις, το κριθάρι ανταποκρίνεται θετικά σε συμπληρωματική άρδευση.

1.5 ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΦΥΤΕΙΑ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

Παρόλο που το νερό είναι το πιο άφθονο μόριο στην επιφάνεια της γης η διαθεσιμότητά του αποτελεί τον πιο βασικό παράγοντα περιορισμού της φυτικής

παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα (Lambers et al., 1998). Δηλαδή, η έλλειψη του νερού είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας για την μείωση των αποδόσεων. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι η παρουσία του νερού στους φυτικούς οργανισμούς είναι καθοριστικής σημασίας (Begg and Turner, 1976)

Σύμφωνα με τους Lambers et al. (1998), ο ρόλος του νερού για τους φυτικούς οργανισμούς συνίσταται στα εξής:

- Αποτελεί στοιχείο των κυττάρων (85-95% του νεπού βάρους των ιστών είναι νερό).
- Ενυδατώνει τα ένζυμα και επιδρά στον μεταβολισμό.
- Αποτελεί διαλύτη πολλών ουσιών, μεταξύ των οποίων τα απαραίτητα για κάθε φυτό θρεπτικά στοιχεία. Λόγω της μεγάλης του πολικότητας μπορεί και διαλύει μεγάλες ποσότητες ιόντων και πολικών οργανικών μεταβολιτών (σάκχαρα, αμινοξέα και πρωτεΐνες), τα οποία είναι βασικά για το μεταβολισμό και για τη διατήρηση της ζωής.
- Σε κυτταρικό επίπεδο είναι το βασικό μέσο διακίνησης των μεταβολιτών.
- Σε επίπεδο ολόκληρου φυτού αποτελεί το μέσο διακίνησης των υδατανθράκων, των θρεπτικών στοιχείων καθώς και των φυτορρυθμιστικών ουσιών μεταξύ των διαφορετικών οργάνων του φυτού.
- Σε υψηλές τιμές ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, λειτουργεί ως ρυθμιστικό διάλυμα διατηρώντας τη θερμοκρασία του φυτού σε χαμηλά επίπεδα (Hagan et al., 1967). Μέσω της εξάτμισής του από τα κύτταρα του μεσόφυλλου παρέχεται η δυνατότητα στα φυτά να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία τους και έτσι να αποφεύγεται η ανάπτυξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών κατά τις πολύ ζεστές ημέρες

Η σπουδαιότητα του νερού για όλους τους έμβιους οργανισμούς ξεκινά από τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες (Bernal, 1965), οι οποίες καθορίζουν και τις λειτουργίες του στη φυσιολογία του φυτού. Το νερό είναι το κύριο συστατικό του πρωτοπλάσματος και επηρεάζει όλες τις φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες. Στους φυτικούς ιστούς όμως, το νερό σπάνια συναντάται σε καθαρή μορφή και αυτό διότι το νερό στα φυτά και το περιβάλλον των ριζών περιέχει ένα ευρύ φάσμα διαλυτών ουσιών.

Το νερό είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τις σημαντικότερες λειτουργίες του φυτού όπως η κυτταρική λειτουργία και η φωτοσύνθεση. Οι αντιδράσεις του κυττάρου στις υδατικές καταπονήσεις που υφίσταται το φυτό, ποικίλουν ανάλογα με την ένταση της καταπόνησης, το χρονικό διάστημα που διαρκεί και το είδος του φυτού που υπόκεινται στην καταπόνηση. Σύμφωνα με τον Weatherley (1965), το φυτικό κύτταρο χάνοντας νερό χάνει και κάποιες από τις δυνατότητες προσαρμογής του. Συγκεκριμένα, συσσωρεύονται οσμωτικά ενεργές ουσίες στα αφυδατωμένα κύτταρα με αποτέλεσμα το οσμωτικό δυναμικό από ευθύγραμμο να γίνει καμπυλόγραμμο. Οδηγούμαστε σε μια πτώση του οσμωτικού δυναμικού σε πιο αρνητικές τιμές από αυτές που θα περίμενε κανείς από μια απλή ελάττωση όγκου, οφειλόμενη σε κυτταρική αφυδάτωση. Επίσης, οι περαιτέρω αντιδράσεις του κυττάρου εξαρτώνται από το όργανο στο οποίο ανήκει το είδος του κυττάρου και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού ή του κυττάρου.

Σύμφωνα με τους Mullet and Whitsitt (1996), οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να διαχωριστούν:

- Σε εκείνες που επιτρέπουν στα κύτταρα να αναπτύσσονται.
- Σε εκείνες που επιτρέπουν την επιβίωση του φυτού.
- Σε εκείνες που οδηγούν στο θάνατο του φυτού εξαιτίας της καταπόνησης

1.6 ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Κατά τους Slatyer and Taylor (1960), σε ένα οποιοδήποτε σύστημα που περιέχει νερό, το ενεργειακό περιεχόμενο του νερού εκφράζεται θερμοδυναμικά με μία έκφραση που περιλαμβάνει την έννοια του χημικού δυναμικού (μ_w). Έτσι ως υδατικό δυναμικό (Ψ) ορίζεται:

$$\Psi = \mu_w - \mu_w^0 / V_w$$

Όπου ο αριθμητής αντιστοιχεί στη διαφορά των χημικών δυναμικών του νερού στο κύτταρο (σε δεδομένο διάλυμα) και στο καθαρό νερό αντίστοιχα, V_w είναι ο μερικός γραμμομοριακός όγκος του νερού και έχει τιμή $18 \text{ cm}^3 / \text{g}$. Το υδατικό δυναμικό έχει μονάδες πίεσης MPa, Bar.

Αυτή η θερμοδυναμική προσέγγιση υιοθετήθηκε επίσης για να εκφραστεί το υδατικό δυναμικό των φυτικών ιστών. Το υδατικό δυναμικό των φυτικών κυττάρων

και ιστών χρησιμοποιήθηκε για να εκφράσει την ενεργειακή κατάσταση του νερού σε αυτά. Το Ψ αποτελείται από τρία επιμέρους δυναμικά σύμφωνα με τη σχέση:

$$\Psi = i(\Psi_p, \Psi_s, \Psi_m)$$

Όπου: Ψ_s είναι το οσμωτικό δυναμικό, Ψ_p είναι το δυναμικό πίεσης ή υδροστατικό δυναμικό και Ψ_m είναι το δυναμικό της θεμελιώδους μάζας.

Το υδατικό δυναμικό των φυτικών κυττάρων και κατ' επέκταση των φυτικών ιστών λαμβάνει αρνητικές τιμές, ενώ η μέγιστη τιμή είναι το μηδέν, η οποία παρατηρείται σε κύτταρα σε πλήρη σπαργή.

Το οσμωτικό δυναμικό (Ψ_s) καθορίζεται από την συγκέντρωση των οσμωτικά ενεργών μέσα στο χυμοτόπιο και παίρνει τιμή ίση με την οσμωτική πίεση (Π) αλλά με αντίθετο πρόσημο.

$$\text{Έτσι: } \Pi = K * T * C_s$$

Όπου T: θερμοκρασία, R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων και

$$C_s = \eta_s / v$$

Σε ένα φυτικό κύτταρο το Ψ_s έχει πάντα αρνητικές τιμές με μέγιστη τιμή το μηδέν, διότι οι διαλυτές ουσίες τείνουν να μειώσουν το ενεργειακό περιεχόμενο σε σχέση με το καθαρό νερό. Όσον αφορά το υδροστατικό δυναμικό, οι αλλαγές στον κυτταρικό όγκο είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη του δυναμικού πίεσης. Όταν το νερό εισέρχεται στο κύτταρο ο όγκος του χυμοτοπίου είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη δυναμικού πίεσης. Όταν το νερό εισέρχεται στο κύτταρο ο όγκος του νερού χυμοτοπίου αυξάνει και μια πίεση, που καλείται πίεση σπαργής, ασκείται στα τοιχώματα του κυττάρου. Την ίδια στιγμή μια πίεση ίση και αντίθετη με την πίεση σπαργής αναπτύσσεται με την αντίθετη φορά από τα τοιχώματα προς το εσωτερικό των κυττάρων. Αυτή η πίεση που καλείται πίεση τοιχωμάτων, δρα σαν υδροστατική πίεση, με αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργειακής κατάστασης του νερού στο κύτταρο που αντιπροσωπεύει το δυναμικό πίεσης Ψ_p . το Ψ_p λαμβάνει θετικές τιμές για όσο διάστημα το χυμοτόπιο ασκεί μια πίεση στα περιβάλλοντα τοιχώματα. Το Ψ_p λαμβάνει την τιμή μηδέν στο σημείο της αρχόμενης πλασμόλυσης κατά το οποίο το χυμοτόπιο σταματά να πιέζει τα τοιχώματα.

Το δυναμικό θεμελιώδους μάζας (Ψ_m) προκύπτει από την παρουσία θεμελιώδους μάζας και περιλαμβάνει δυνάμεις που συγκρατούν τα μόρια του νερού μέσω τριχοειδών φαινομένων, πρόσφυσης και ενυδάτωσης (Dainty, 1963). Στα φυτικά κύτταρα το Ψ_m εντοπίζεται στα κυτταρικά τοιχώματα και στο κυττόπλασμα. Σε ιστούς όπου η θεμελιώδης μάζα είναι σε χαμηλή αναλογία το Ψ_m δεν παίζει

σημαντικό ρόλο (Wiebe, 1960; Boyer, 1967, 1968, 1970, 1971). Έτσι προκύπτει η σχέση:

$$\Psi = f(\Psi_p - \Psi_s)$$

Σε ιστούς όμως όπου η αναλογία της θεμελιώδους μάζας είναι υψηλή, όπως συμβαίνει στα ξηρόφυτα, το Ψ_m είναι σημαντικό και δεν μπορεί να αγνοηθεί (Warren Wilson, 1967).

1.7 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το νερό, όπως έχει προαναφερθεί, έχει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Το έδαφος, από το οποίο τα φυτά προμηθεύονται το νερό, με την γεωργική του έννοια μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα πολύπλοκο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερέωσης των φυτών, ένα μέσο διακίνησης του νερού και μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά με τις ρίζες τους παίρνουν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία.

Βασικά χαρακτηριστικά ενός εδάφους είναι η υφή και η δομή. Εδαφική υφή είναι η ποσοστιαία αναλογία του διαφόρου μεγέθους ορυκτών σωματιδίων που απαρτίζουν το έδαφος. Εδαφική δομή είναι ο τρόπος διάταξης των σωματιδίων αυτών για τον σχηματισμό ομάδων ή συσσωματωμάτων. Εδαφική υφή και δομή, σε συνδυασμό, προσδιορίζουν τον τρόπο εφοδιασμού και διακίνησης του νερού σε ένα έδαφος (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997). Το έδαφος είναι ένα ετερογενές σύστημα που αποτελείται από τη στερεά φάση (εδαφικά σωματίδια), την υγρή φάση (εδαφικό διάλυμα) και την αέρια φάση. Οι δυνάμεις που συγκρατούν το νερό στο έδαφος είναι:

- Αυτές που αναπτύσσονται μεταξύ υγρών και αέριων επιφανειών με το νερό να συγκρατείται με τριχοειδείς δυνάμεις επιφανειακής τάσης.
- Αυτές που αναπτύσσονται μεταξύ στερεών και υγρών επιφανειών. Το νερό εδώ συγκρατείται με δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης.
- Αυτές που σχετίζονται με την παρουσία διαλυτών ουσιών στο εδαφικό διάλυμα (Karamanos, 1981). Στην κατηγορία αυτή το νερό συγκρατείται με δυνάμεις οσμωτικής φύσης.

Όπως συμβαίνει και με τους φυτικούς ιστούς, η υδατική κατάσταση του εδάφους περιγράφεται μέσω του υδατικού δυναμικού. Το ολικό υδατικό δυναμικό του εδάφους $\Psi_{\text{εδαφους}}$ συνίσταται από τα επιμέρους δυναμικά:

$$\Psi_{\text{εδάφους}} = f(\Psi_g, \Psi_p, \Psi_s, \Psi_m)$$

Όπου: Ψ_g είναι το δυναμικό της βαρύτητας, Ψ_p είναι το δυναμικό πίεσης, Ψ_s είναι το οσμωτικό δυναμικό και Ψ_m είναι το δυναμικό της θεμελιώδους μάζας.

Το δυναμικό της βαρύτητας (Ψ_g) θεωρείται αμελητέο στην οριζόντια κίνηση του νερού, όπως είναι η κίνηση του νερού γύρω από τις ρίζες των φυτών. Ωστόσο, θεωρείται σημαντικό στην κάθετη κίνηση του νερού μέσα στο εδαφικό προφίλ. Σε εδάφη κορεσμένα με νερό, το δυναμικό της βαρύτητας έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί το υδατικό δυναμικό του εδάφους είναι κυρίως συνάρτησης, αυτού, ενώ τα άλλα επί μέρους δυναμικά είναι σχεδόν μηδέν. Όμως, όσο το έδαφος γίνεται ακόρεστο η σημασία του δυναμικού της βαρύτητας μειώνεται και ιδιαίτερη σημασία αποκτά το δυναμικό της θεμελιώδους μάζας. Όσον αφορά το δυναμικό πίεσης (Ψ_p), αναπτύσσεται στην περίπτωση κορεσμένων εδαφών στα σημεία του εδάφους που βρίσκονται σε πίεση μεγαλύτερης της ατμοσφαιρικής και λαμβάνει θετικές τιμές. Στην περίπτωση των ακόρεστων εδαφών λαμβάνει την τιμή μηδέν. Το οσμωτικό δυναμικό Ψ_s αναφέρεται στις δυνάμεις που σχετίζονται με την παρουσία οσμωτικά ενεργών ουσιών στο έδαφος. Οι ουσίες αυτές ελαττώνουν την τάση ατμών και το ενεργειακό δυναμικό του εδαφικού νερού και επομένως παίρνει αρνητικές τιμές. Το οσμωτικό δυναμικό μπορεί να γίνει πολύ σημαντικό σε αλατούχα εδάφη ή σε εδάφη που έχουν δεχτεί μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων (Newman, 1966). Το δυναμικό της θεμελιώδους μάζας αναφέρεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ υγρών και αερίων και στερεών και υγρών επιφανειών και παίρνει αρνητικές τιμές (Karamanos, 1981). Το Ψ_m είναι το συστατικό του υδατικού δυναμικού του εδάφους που έχει τη μεγαλύτερη σημασία στις περιπτώσεις των ακόρεστων εδαφών.

Το νερό που είναι διαθέσιμο για τα φυτά, συγκρατείται στο έδαφος με τέτοιες δυνάμεις, ώστε τα δυναμικά που αναπτύσσονται να λαμβάνουν τιμές από -0,3 Bar έως -20 Bar. Η υδατοϊκανότητα αντιπροσωπεύει την περιεκτικότητα σε νερό που έχει μείνει από ένα πλήρως υγραμένο έδαφος, αφού ο ρυθμός στράγγισης έχει γίνει πολύ μικρός (Slatyer, 1967) και είναι αυτό που αντιστοιχεί σε υδατικό δυναμικό περίπου -0,3 Bar. Αυτό συμβαίνει συνήθως μία έως τρεις ημέρες αφού το έδαφος έχει πλήρως κορεστεί από άρδευση. Τα -10 έως -20 Bar αντιστοιχούν στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Ο συντελεστής μόνιμης μάρανσης χρησιμοποιείται σαν το πιο χαμηλό όριο στο οποίο το νερό είναι διαθέσιμο στα φυτά. Είναι δηλαδή η περιεκτικότητα του νερού στο έδαφος κατά την οποία τα φυτά παραμένουν μαρασμένα. Γίνεται αντιληπτό ότι το νερό που είναι εύκολα διαθέσιμο για όλα τα φυτά βρίσκεται μεταξύ

της υδατοϊκανότητας και του συντελεστή μόνιμης μάρανσης. Επομένως, το νερό που είναι εύκολα διαθέσιμο για την καλλιέργεια, βρίσκεται μεταξύ της υδατοϊκανότητας και του συντελεστή μάρανσης. Όσον αφορά το νερό που αποθηκεύεται στο έδαφος, καθοριστικός παράγοντας είναι η ύπαρξη βροχοπτώσεων. Με την βελτίωση της διηθητικότητας του εδάφους και με μείωση των απωλειών λόγω εξάτμισης, αυξάνεται το ποσό του νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος (Karamanos, 1991).

1.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΕΙΑΣ

Η υδατική καταπόνηση αποτελεί το σπουδαιότερο περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης και της απόδοσης των σιτηρών. Ειδικότερα, ο καρπός θα πρέπει να αποκτήσει οριακό επίπεδο υγρασίας για να μπορεί να βλαστήσει και να φυτρώσει. Η μέτρια έλλειψη νερού με βάση μελέτη των Angus et al., (1977) έδειξε ότι μπορεί να μειωθεί το χρονικό διάστημα μεταξύ της διαφοροποίησης των ανθέων και της άνθησης, ενώ η σοβαρή έλλειψη νερού προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση. Η έλλειψη νερού κατά το αδελφωμα μειώνει σημαντικά τον αριθμό των παραγόμενων αδελφιών, συμβάλλει στην κακή εγκατάσταση του ριζικού συστήματος και έχει τελικώς αρνητικές συνέπειες στην απόδοση. Ο ρυθμός μείωσης των παραγωγικών αδελφιών αυξάνει με την έλλειψη νερού, με αποτέλεσμα τη μείωση της βιομάζας των φυτών (Begg and Turner, 1976). Η επίδραση της έλλειψης νερού στη φυτεία μπορεί να είναι ισχυρότερη μετά την περίοδο της άνθησης (Blum et al., 2005). Ειδικότερα, η ξηρασία κατά την περίοδο διαφοροποίησης του στάχους (περίοδος μεταξύ του καλαμώματος και της έναρξης της διόγκωσης του κολεού του τελευταίου φύλλου) έχει ως συνέπεια το σχηματισμό στάχων μικρότερου μήκους, τη μείωση του αριθμού των παραγόμενων σταχυδίων και τη μείωση του αριθμού κόκκων ανά στάχυ (Begg and Turner, 1976). Επιπρόσθετα, η έλλειψη νερού πριν από την άνθηση μειώνει την παραγωγή ζωτικής γύρης, ενώ η μειωμένη υγρασία κατά την άνθηση επιδρά αρνητικά στην επικονίαση και κατά συνέπεια στο σχηματισμό των σταχυδίων. Όσον αφορά το γέμισμα των σπόρων, υψηλές θερμοκρασίες και απουσία νερού μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες απώλειες στις αποδόσεις, κυρίως λόγω του περιορισμού στη συσσώρευση αμύλου (γενικά, περισσότερο από το 65% του ξηρού βάρους του σπόρου αποτελείται από άμυλο). Οι ποσότητες αμύλου και πρωτεΐνης που συσσωρεύονται στον κάθε κόκκο εξαρτώνται από τον αριθμό των κυττάρων του

ενδοσπερμίου και από το τελικό μέγεθος των κυττάρων που επηρεάζεται από τον ρυθμό και τη διάρκεια γεμίσματος των σπόρων (Egli et al., 1998). Αξίζει να σημειωθεί, ότι απουσία νερού κατά το στάδιο του γεμίσματος των σπόρων, περιορίζει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, επιταχύνει τον πρώιμο γηρασμό και τη μείωση της διάρκειας γεμίσματος των κόκκων, αλλά αυξάνει τη μετακίνηση των συσσωρευμένων ουσιών από τα βλαστικά μέρη στους σπόρους (Plaut et al., 2004).

1.9 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στον καρπό συνήθως είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό της ποιότητας του κριθαριού (Newmanetal., 1981; Jenneretal., 1991; Johansonetal., 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%. Για την Ευρώπη όπου βυνοποιείται κυρίως δίστιχο κριθάρι είναι αποδεκτά τα όρια 7-11%, ενώ για την Αμερική μέχρι 12,5% επειδή βυνοποιούνται και εξάστιχες ποικιλίες (Παπαστεφάνου, 1979). Η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στον καρπό καθορίζεται από τον γενότυπο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το άζωτο, την εδαφική υγρασία και την θερμοκρασία (Johanssonetal., 2001). Από βιομηχανική προοπτική, το στρες της ξηρασίας μπορεί να επηρεάσει ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των σιτηρών (Bertholdsson, 1999) και το μέγεθος των κόκκων. Η έλλειψη νερού είναι γνωστό ότι συσχετίζεται με αύξηση της περιεκτικότητας των κόκκων σε πρωτεΐνη (Entz and Fowler., 1989). Ο Wang (2004) βρήκε ότι η αύξηση της συχνότητας άρδευσης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας των κόκκων σε άμυλο και τη μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Γενικώς, οι ξηρές συνθήκες κατά την περίοδο ανάπτυξης αυξάνουν τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης στους κόκκους (Vos et al., 1981), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχει αναφερθεί ότι η άρδευση αύξησε τη περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη λόγω διαλυτοποίησης και κινητοποίησης του επιφανειακού αζώτου (Yamada et al., 1972; Puri et al 1989). Ο Terman (1969) αναφέρει ότι η μεγαλύτερη αύξηση σε πρωτεΐνη μετά από εφαρμογή αζώτου παρατηρήθηκε σε εδάφη όπου δεν είχε γίνει άρδευση. Ο Bole and Dubetz (1986) διαπίστωσε ότι η έλλειψη αζώτου σε συνδυασμό με άρδευση είχε ως

αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας των κόκκων σε πρωτεΐνη, όχι όμως και όταν δεν υπήρχε άρδευση.

2. Υλικά & Μέθοδοι

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πείραμα διεξήχθη την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020 εντός του στεγαστρου που είναι εγκατεστημένο στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. (γεωγραφικό πλάτος: 37ο 59' Δ, γεωγραφικό μήκος: 23ο 32' Β, υψόμετρο 30 m πάνω απ' το επίπεδο της θάλασσας) και σε έκταση 240m² με σκοπό τον πλήρη έλεγχο της άρδευσης. Μελετήθηκε ο καταλληλότερος χρόνος επέμβασης σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης βυνοποιήσιμου κριθαριού (*Hordeum vulgare spp. distichum*) με σκοπό την αποδοτικότερη άρδευση κάτω από συνθήκες ελεγχόμενης υδατικής καταπόνησης. Το βιολογικό στάδιο ανάπτυξης που επιλέχθηκε ήταν η εμφάνιση γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (ZGS: 39).

2.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το φυτικό υλικό, το οποίο επιλέχθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος ήταν η ευρέως καλλιεργούμενη εμπορική ποικιλία βυνοποιήσιμου κριθαριού, Zhana, καθώς και υπό μελέτη γενότυπο με τον κωδικό 83. Η επιλογή αυτών των δύο φυτικών υλικών έγινε αρχικά για την ποικιλία Zhana με κριτήριο τα σταθερά ποσοτικά, ποιοτικά και βυνοποιήσιμα χαρακτηριστικά και τα υποσχόμενα καλά χαρακτηριστικά του κωδικού 83. Παρακάτω αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας Zhana.

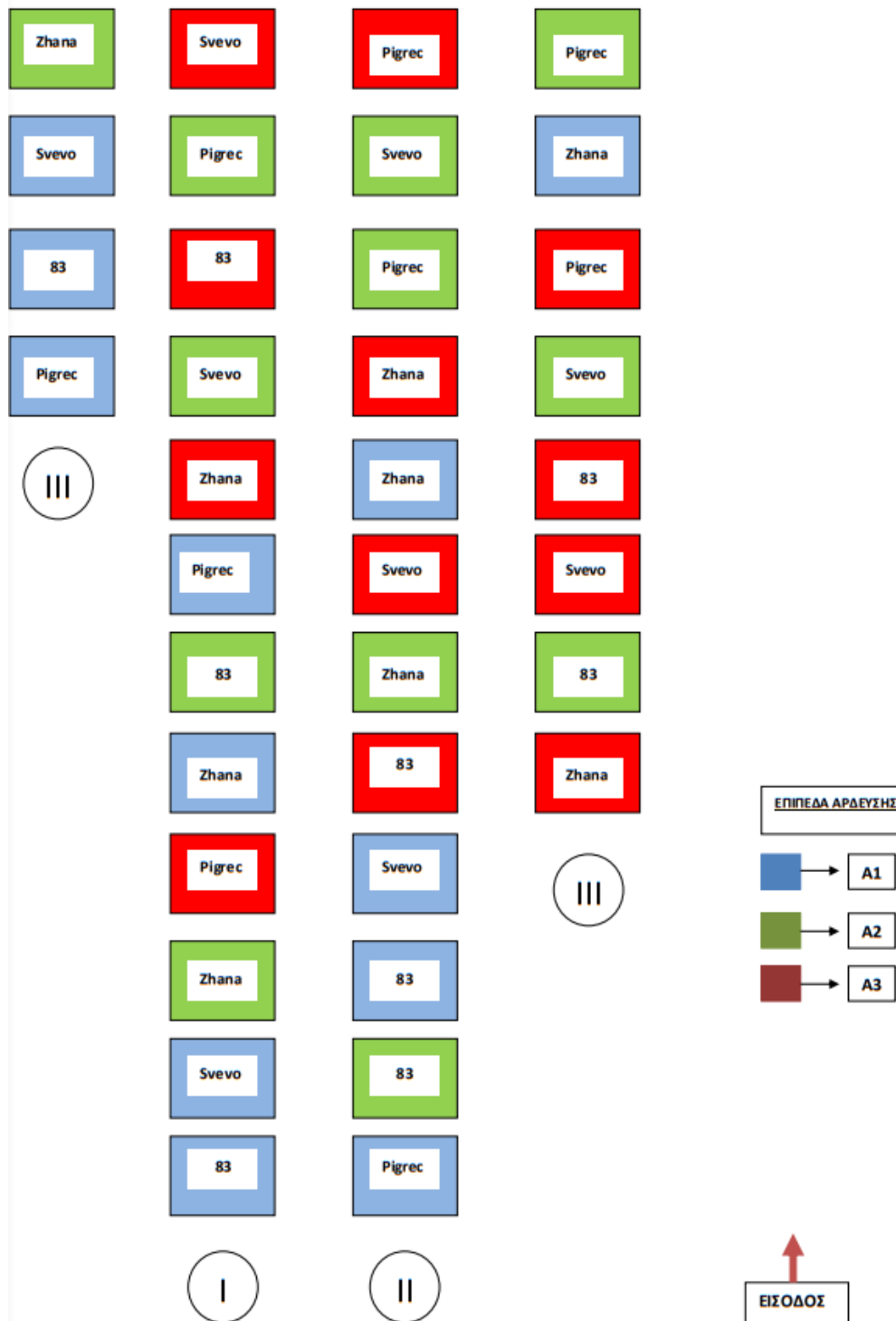
Η περιγραφή των χαρακτηριστικών είναι από την ΓΑΙΑseedsSA

Μορφολογικά- Ποιοτικά Χαρακτηριστικά:	Αντοχή:
Ύψος: Μεσαίο	Πλάγιασμα: Ανθεκτικό
Πρωιμότητα: Πρώιμο	Κρύο: Ανθεκτικό
Αδέλφωμα: Πολύ καλό	Ωίδιο: Πολύ καλή
Βάρος χιλίων κόκκων: 45-52 gr	Ελμινθοσπωρίαση: Μέτρια ανθεκτικό
Βάρος εκατόλιτρου: 65-69 gr	Καλλιέργεια: Προσαρμοσμένο σε φτωχό έδαφος και θερμά κλίματα
Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη: Μεσαία	

2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

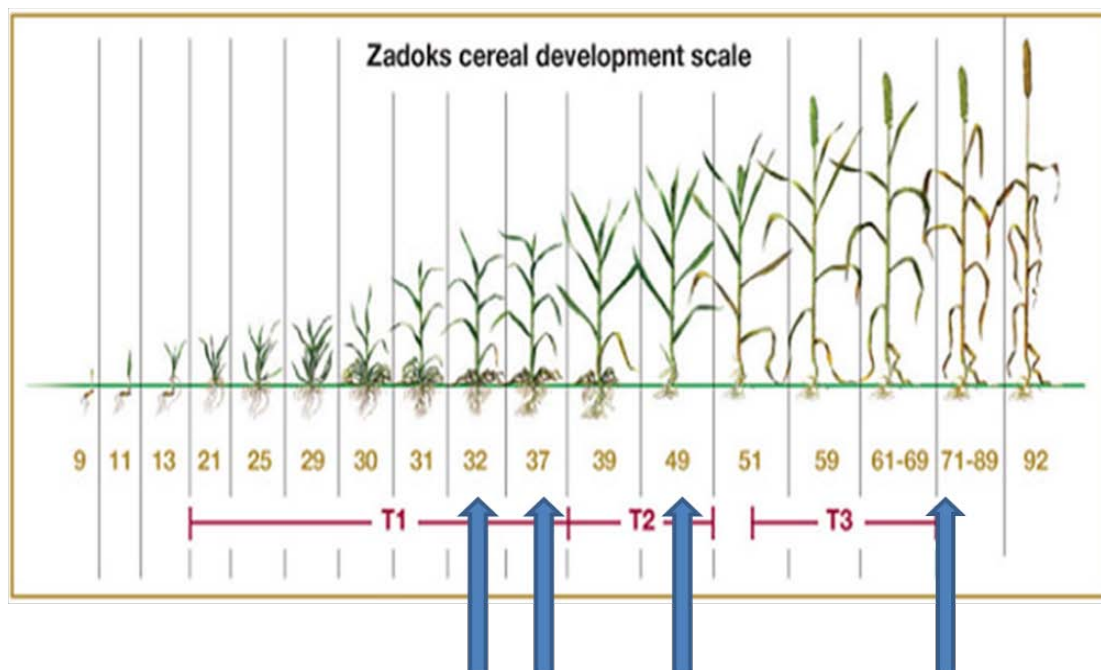
Όσον αφορά, το πειραματικό σχέδιο που επιλέχθηκε, ήταν των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων, με κύριο παράγοντας μελέτης τον χρόνο εφαρμογής της άρδευσης (πριν τη έναρξη του βιολογικού σταδίου εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου ή μετά την έναρξη αυτού). Υπήρχαν τρεις επαναλήψεις και 3 χρόνου άρδευσης (πλήρως αρδευόμενο, αρδευόμενο μέχρι και πριν το βιολογικό στάδιο 39 της κλίμακας Zadoks και αρδευόμενο από το ίδιο στάδιο

ανάπτυξης και μετά). Η κάθε επανάληψη είχε 6 πειραματικά τεμάχια και το κάθε ένα από αυτά είχε μέγεθος 3,240 m² και ανάμεσα από εκείνα, δημιουργήθηκε διάδρομος πλάτους 0.7 m, ώστε να γίνονται ευκολότερα οι επεμβάσεις και οι παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Σχήμα 1 : Κάτοψη πειραματικών τεμαχίων

Όσον αφορά την εκτίμηση της φαινολογίας του φυτικού υλικού, βασίστηκε στην κλίμακα Zadoks. Η ελεγχόμενη άρδευση πραγματοποιήθηκε σε δύο βασικούς χρόνους βιολογικής ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, η άρδευση πραγματοποιήθηκε είτε μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (Z39), είτε από την έναρξη του σταδίου αυτού (Z39) και ως μάρτυρας θεωρήθηκε η επέμβαση της πλήρους άρδευσης ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών.



Εικόνα 2.1.2:Στάδια κλίμακας Zadoks στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μεταχειρίσεις της άρδευσης

2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Αρχικά το έδαφος τέθηκε σε αγρανάπαυση ένα χρόνο και εν συνεχεία την άνοιξη του 2019 έγινε σπορά βίκου με στόχο την βελτίωση της εδαφικής τράπεζας. Πριν τη χειμερινή σπορά, έγινε ενσωμάτωση του βίκου και καθαρισμός από τυχόν υπολείμματα με την χρήση καταστροφέα. Ακολούθησε η χρήση της φρέζας, για τον θρυμματισμό τυχόν επιφανειακών συσσωματωμάτων για την επίτευξη μεγαλύτερου ποσοστού φυτρώματος των σπόρων. (Εικόνα 2.2.1)



Εικόνα 2.2.1: Εικόνα αγρού μετά τη χρήση της φρέζας.

2.2.2 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 19 Δεκεμβρίου 2019 και έγινε χειρονακτικώς, ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία στην πυκνότητα της φυτείας. Οι γραμμές σποράς χαρακτήθηκαν με τη χρήση γραμμοχάρακτη και ήταν Χ για κάθε τεμάχιο. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 14 cm και οι αποστάσεις επί της γραμμής 2-3 cm.

2.2.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΧΘΡΩΝ

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής χρονιάς και ειδικότερα μετά το βιολογικό στάδιο ανάπτυξης της εμφάνισης των κόμβων (Z31-Z36), παρουσιάστηκε σημαντική προσβολή Ωιδίου και Ρυγχοσπορίωσης στα τεμάχια κριθαριού με τον κωδικό 83 και ελάχιστη προσβολή στην εμπορική ποικιλία Zhana. Για την καταπολέμηση πραγματοποιήθηκε ψεκασμός, χρησιμοποιώντας το εμπορικό σκεύασμα Comet, το οποίο περιέχει τη δραστική ουσία *pyraclostrobin* (πυρακλόστρομπιν). Ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 1 Μαρτίου 2020.



Εικόνα 2.2.3 : Ψεκάσμος με το σκεύασμα Comet για την καταπολέμηση του Ωιδίου και της Ρυγχοσπορίωσης

2.2.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Πριν την έναρξη της σποράς, πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικώς απομάκρυνση διαφόρων ζιζανίων, εντός όλου του στεγάστρου και περιμετρικά εξωτερικά αυτού. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρουσιάστηκε έντονη εμφάνιση ζιζανίων και για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκαν εμπορικά σκευάσματα ζιζανιοκτονίας.

2.2.5 ΛΙΠΑΝΣΗ

Την άνοιξη του 2019, πραγματοποιήθηκε σπορά βίκου εντός του στεγάστρου, με στόχο την χλωρή λίπανση και την βελτίωση του εδάφους, καθότι ο χώρος καλλιεργούταν για 4 συνεχόμενα χρόνια. Λόγω αυτής της ενέργειας δεν παρουσιάστηκε ανάγκη για εφαρμογή επιφανειακής λίπανσης.

2.2.6 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Πριν την έναρξη διαφοροποίησης του χρόνου εφαρμογής της άρδευσης, δηλαδή από τη σπορά και μέχρι την έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης, χορηγήθηκαν 80mm νερού με στάγδην άρδευση. Ειδικότερα, εγκαταστάθηκε ένα σύστημα, το οποίο αποτελούνταν από σωλήνες αρδύσεως που έφεραν μικροεκτοξευτήρες. (Εικόνα 2.2.6)

Τα τεμάχια που αρδεύτηκαν μέχρι και την έναρξη του βιολογικού σταδίου της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(C) δέχτηκαν 100mm νερού το καθένα. Επίσης, τα τεμάχια που αρδεύτηκαν μετά την έναρξη του βιολογικού σταδίου της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(B), δέχτηκαν 100 mm νερού. Ενώ τα αρδευόμενα τεμάχια (A), που αποτελούσαν και τον μάρτυρα δέχτηκαν 120 mm νερού.



Εικόνα 2.2.6: Εικόνα αρδευτικού συστήματος, το οποίο αποτελούνταν από σωλήνες αρδεύσεως που έφεραν μικροεκτοξευτήρες.

2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

2.3.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ

Για την ανάπτυξη των φυτών και των δύο ποικιλιών, Zhana και την υπό δοκιμή φυτική σειρά 83, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα βιολογικού σταδίου ανάπτυξης Zadoks. Πραγματοποιήθηκαν 22 μετρήσεις, ξεκινώντας 60 μέρες μετά τη σπορά μέχρι και την 169^η μέρα μετά τη σπορά.

Η κλίμακα Zadoks είναι ένα σύστημα κωδικοποίησης για την ανάπτυξη των σιτηρών, βάση της οποίας μπορεί να προσδιοριστεί το βλαστικό στάδιο, στο οποίο βρίσκεται το φυτό. Ο βιολογικός κύκλος των σιτηρών διακρίνεται σε δέκα κύρια στάδια ανάπτυξης, κάθε στάδιο ανάπτυξης περιλαμβάνει δέκα επιμέρους στάδια. Κάθε στάδιο ανάπτυξης, λαμβάνει και μία διαφορετική αριθμητική τιμή, αρχίζοντας από την βλάστηση και τελειώνοντας στην ωρίμανση του σπόρου. Ειδικότερα, πρόκειται για διψήφιους κωδικούς, όπου το πρώτο ψηφίο αναφέρεται στην κύρια φάση ανάπτυξης και το δεύτερο αναφέρεται στις υποκατηγορίες της κύριας βιολογικής ανάπτυξης του φυτού.

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

ΠίνακαςΧ: Τα 10 κύρια βιολογικά στάδια ανάπτυξης της κλίμακας Zadoks



Εικόνα 2.3.1: Στάδια ανάπτυξης φυτείας

2.3.2 ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ –ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (Ψ_L)

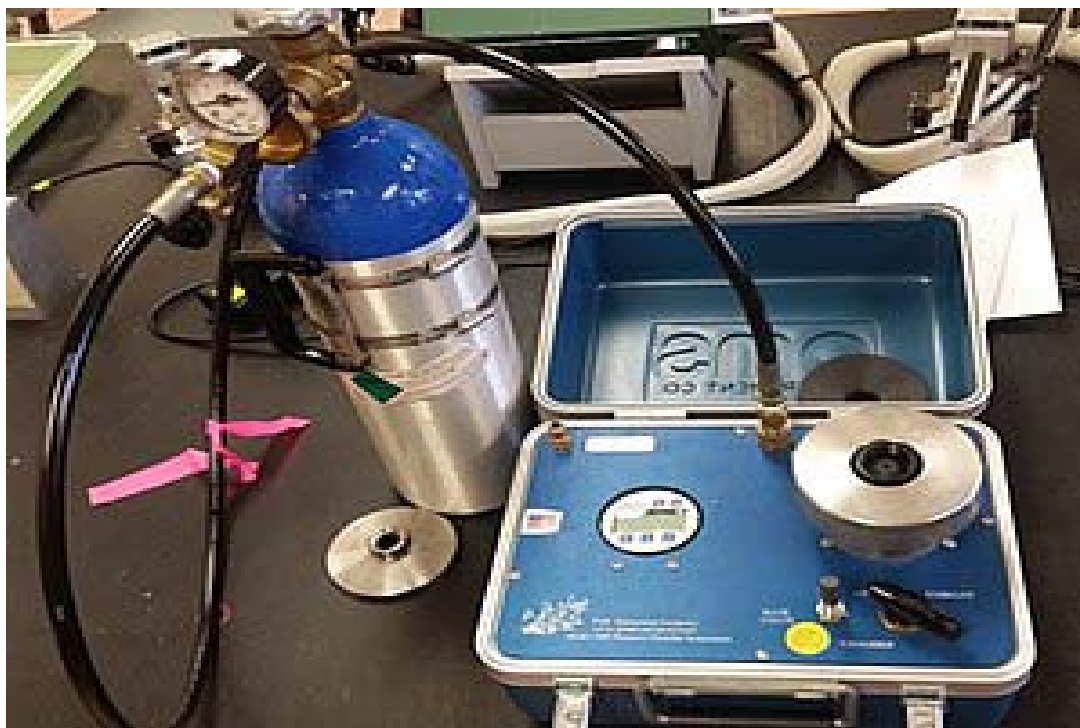
Το υδατικό δυναμικό μετρήθηκε με τη μέθοδο του θαλάμου πίεσης και πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις, ύστερα από κάθε επέμβαση. Ο θάλαμος κατασκευάστηκε με τις προδιαγραφές των Waring και Cleary (1976). Σε κάθε μέτρηση, κοβόταν το 5^ο πλήρως ανεπτυγμένο φύλλο από ένα φυτό, από το κέντρο του πειραματικού τεμαχίου, κάθε επέμβασης και από τις 3 επαναλήψεις. Εν συνεχεία, τοποθετούνταν σε ειδικό σακουλάκι, το οποίο κλεινόταν αεροστεγώς και τοποθετούνταν μέσα σε ψυγείο για την προστασία του φυτικού υλικού, μέχρι την έναρξη των μετρήσεων.

Το φύλλο που έχει συλλεχθεί, εισέρχεται στον κύλινδρο και ο μίσχος του προεξέχει από το στόμιο του θαλάμου. Ο θάλαμος σφραγίζεται και σταδιακά αυξάνεται η εσωτερική πίεση, με τη χρήση βιομηχανικού αζώτου. Η πίεση διακόπτεται όταν εμφανιστεί σταγόνα φυτικού χυμού στην τομή του μίσχου, η οποία είναι εμφανής με τη χρήση στερεοσκοπίου. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, μπορεί να προσδιοριστεί η αρνητική πίεση απορρόφησης του ανιόντος χυμού στα αγγεία του ξύλου (Tyree and Hammel, 1972) και έχει αποδειχθεί ότι είναι ίση, κατά προσέγγιση, με το υδατικό δυναμικό του φύλλου, όταν χρησιμοποιούνται μεμονωμένα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η μέθοδος αυτή αποτελεί τον βασικότερο τρόπο μέτρησης του υδατικού δυναμικού των φυτών, γιατί είναι αξιόπιστη και δεν παρουσιάζει ευαισθησία από τις αλλαγές της θερμοκρασίας (Scholander et al., 1964).



Εικόνα 2.3.2α: Πλάγισμα του γενοτύπου 83, στο στάδιο του καλαμώματος.



Εικόνα 2.3.2β: Θάλαμος πίεσης Scholander

2.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 3 Ιουνίου 2020, όπου το στάδιο ανάπτυξης των φυτών ήταν στην οικονομική ωρίμαση του σπόρου. Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, η οποία διήρκησε 1 μέρα, συγκομίσθηκε 1τμ από κάθε πειραματικό τεμάχιο και τα φυτικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, οι οποίες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργίας, ώστε να γίνουν επιπλέον μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις:

- Απόδοση σε βιομάζα
- Απόδοση σε καρπό
- Συντελεστής Συγκομιδής (Harvest Index)
- Αριθμός στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2)
- Μήκος στάχων
- Αριθμός σταχιδίων ανά στάχυ

2.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.5.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας πρωτεΐνης των σπόρων, έγινε μέσω του ποσοστού του αζώτου (N) που βρέθηκε, με βάση τη μέθοδο Kjeldahl. Η περιεκτικότητα

εκφράστηκε σε ποσοστό πρωτεΐνης και το πρωτεϊνικό περιεχόμενο δίνεται ως ακατέργαστη πρωτεΐνη που προκύπτει ως: % πρωτεΐνη= N *6,25.

2.5.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ (HI)

Για τον συντελεστή συγκομιδής, υπολογίσθηκε ως ο λόγος της απόδοσης σε καρπό προς τη συνολική υπέργεια βιομάζα.

2.5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των στατιστικών προγραμμάτων Stat Graphics και Microsoft Excel. Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν με το κριτήριο του F και οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της ελάχιστα σημαντικής διαφοράς (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



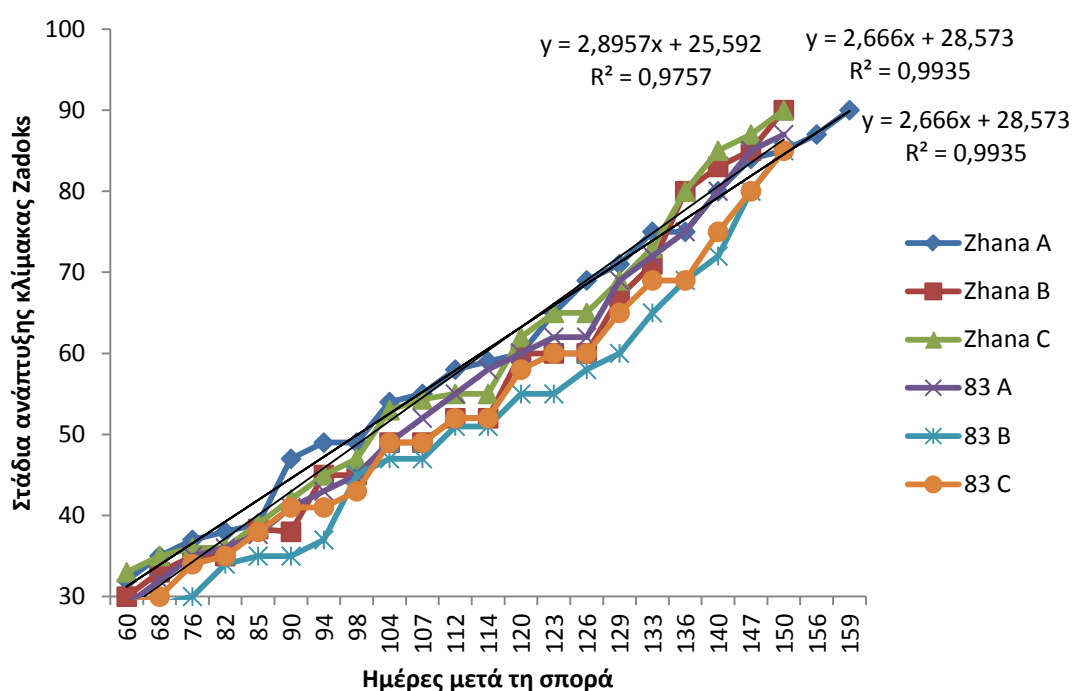
Εικόνα 2.4: Εικόνα του στάχυ της εμπορικής ποικιλίας Zhana.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ- ΚΛΙΜΑΚΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ZADOKS

Η ανάπτυξη των φυτών με βάση την κλίμακα ανάπτυξης Zadoks σε σχέση με τις μέρες από τη σπορά παρουσιάζονται στο διάγραμμα Χ. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, υπήρχε μία σχετικά ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών και στη Zhana και στην 83, σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Ειδικότερα, τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων άρδευσης παρουσίασαν σχεδόν ίδια πορεία του βιολογικού κύκλου μέχρι και την 68^η μέρα μετά τη σπορά και βρίσκονταν στο στάδιο του καλαμώματος. Στις 85 μέρες μετά τη σπορά τα φυτά της ποικιλίας Zhana, στα οποία υπήρχε επάρκεια ύδατος (Α) είχαν εισέλθει στο στάδιο της διόγκωσης κολεού. Στις ίδιες μέρες τα φυτά και των 2 ποικιλιών όπου η άρδευση πραγματοποιήθηκε μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και τα φυτά που αρδεύτηκαν για πρώτη φορά μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), βρίσκονταν στο στάδιο 38, δηλαδή στο στάδιο της πρώτης εμφάνισης του τελευταίου φύλλου. Τα φυτά της σειράς 83 που υπήρχε επάρκεια ύδατος, βρίσκονταν στο στάδιο 38, στο στάδιο της πρώτης εμφάνισης του τελευταίου φύλλου. Στις 98 μέρες μετά τη σπορά, τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων άρδευσης είχαν εισέλθει στο στάδιο διόγκωσης κολεού. 107 μέρες μετά τη σπορά, τα φυτά και των 2 ποικιλιών που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και τα φυτά που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), βρίσκονταν στο στάδιο 49 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στο στάδιο εμφάνισης των αγάνων. Στις ίδιες μέρες, οι μάρτυρες, τα φυτά που δέχτηκαν επαρκώς άρδευση, είχαν εισέλθει στο στάδιο του ξεσταχυάσματος. Ο μάρτυρας Zhana βρισκόταν στο στάδιο 55 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στο στάδιο εμφάνισης του ½ του στάχυ και ο μάρτυρας 83, ήταν στο στάδιο εμφάνισης του ¼ του στάχυ, δηλαδή στο στάδιο 52 της κλίμακας Zadoks. Στις 114 μέρες μετά τη σπορά, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά και των 2 ποικιλιών είχαν εισέλθει στο στάδιο 60 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στο στάδιο αρχής της άνθησης και στις 120 μέρες μετά τη σπορά, τα φυτά που είχαν αρδευτεί μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και τα φυτά που αρδεύτηκαν για πρώτη φορά μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B) βρίσκονταν στην έναρξη της άνθησης, δηλαδή στο στάδιο 60 της κλίμακας Zadoks. 129 μέρες μετά τη σπορά, τα φυτά της σειράς 83, που εφαρμόστηκε άρδευση μετά το στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B) βρίσκονταν στο στάδιο άνθησης και 140 μέρες μετά εισήλθε στο στάδιο του γαλακτώδη καρπού, δηλαδή στο στάδιο 70 της κλίμακας Zadoks. Στις ίδιες μερές μετά τη σπορά, τα φυτά, όπου υπήρχε επάρκεια ύδατος

και τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C), είχαν εισέλθει στο στάδιο ζύμης, δηλαδή στο στάδιο 80 της κλίμακας Zadoks. Στις 150 μέρες μετά τη σπορά, τα φυτά της ποικιλίας Zhana που ήταν πλήρως αρδευόμενα και εκείνα που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(C), είχαν εισέλθει στο στάδιο ωρίμανσης, στο στάδιο 90 της κλίμακας Zadoks. Τα φυτά της ποικιλίας Zhana που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), και τα φυτά της σειράς 83 όλων των μεταχειρίσεων άρδευσης εισήλθαν στο στάδιο ωρίμανσης, 169 μέρες μετά τη σπορά.



Διάγραμμα 3.1: Πορεία της ανάπτυξης των φυτών. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.2 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

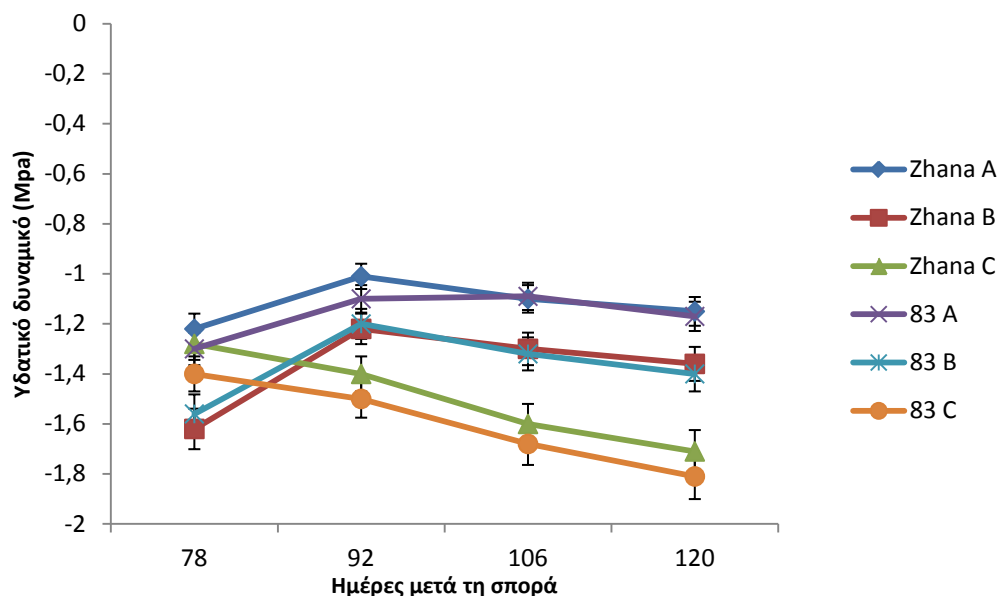
3.2.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις υδατικού δυναμικού κατά την 78^η, 92^η, 106^η, 120^η μέρα μετά τη σπορά. Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, το υδατικό δυναμικό ακολούθησε μία πτωτική πορεία για όλες τις μεταχειρίσεις, εκτός από τα φυτά και των 2

ποικιλιων που αρδεύτηκαν επαρκώς, τα οποία παρουσιάζουν μια αυξητική πορεία κατά τις 92^η και 106^η μέρες σποράς.

Ειδικότερα, για τα φυτά της ποικιλίας Zhana που αρδεύτηκαν κανονικά (A), κατά την 78^η μέρα, ήταν -1.22 Mpa. Κατά την 92^η μέρα μετά τη σπορά, το υδατικό δυναμικό ήταν -1.01 Mpa και 106 μέρες μετά τη σπορά η τιμή του υδατικού δυναμικού είναι -1.1 Mpa. 120 μέρες μετά τη σπορά το υδατικό δυναμικό παρουσιάζει μια πτώση και η τιμή του είναι -1.15 Mpa. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(C) , η τιμή του υδατικού δυναμικού ήταν -1.28 Mpa, 78 μέρες μετά τη σπορά. Η δεύτερη τιμή παρουσίασε μια πτωτική πορεία, και ήταν -1.40 Mpa. 106 μέρες μετά, το υδατικό δυναμικό συνεχίζει να μειώνεται και είναι -1.60 Mpa και κατά την 120^η μέρα είναι -1.71 Mpa. Τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), στην πρώτη μέτρηση το υδατικό δυναμικό ήταν -1.62 Mpa. Έπειτα η δεύτερη μέτρηση, κατά την 92^η μέρα μετά τη σπορά ήταν -1.22 Mpa. Κατά την τρίτη και τέταρτη μέτρηση παρουσιάστηκε μικρή πτώση στην τιμή του υδατικού δυναμικού, έχοντας -1.3 Mpa και -1.36 Mpa αντίστοιχα.

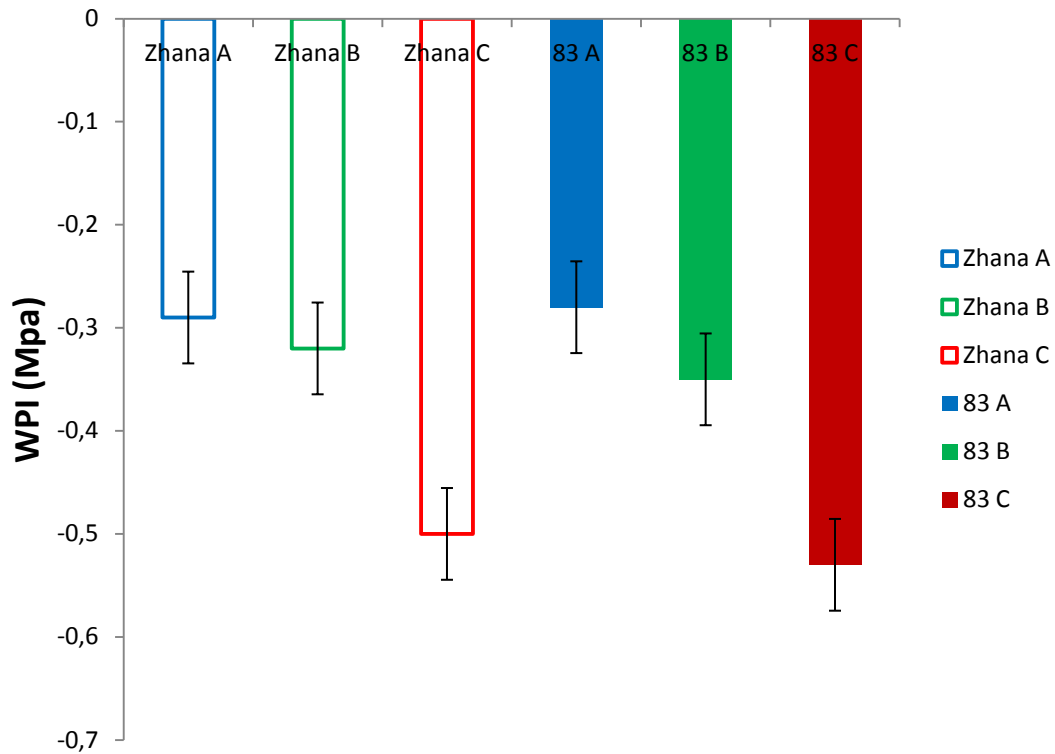
Όσον αφορά τη σειρά 83, η πορεία του υδατικού δυναμικού σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης είχαν ίδια σχεδόν πορεία με τη Zhana. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά, στην πρώτη μέτρηση το υδατικό δυναμικό είχε -1.3 Mpa, στην δεύτερη και Τρίτη μέτρηση παρουσιάστηκε αυξητική πορεία και ήταν -1.1 Mpa και -1.09 Mpa αντίστοιχα. Κατά την 120^η μέρα, το υδατικό δυναμικό ήταν -1.17 Mpa. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) κατά την 78^η μέρα μετά τη σπορά το υδατικό δυναμικό ήταν -1.4 Mpa, η δεύτερη μέτρηση ήταν -1.5 Mpa. στην 106^η μέρα μετά τη σπορά το υδατικό δυναμικό ήταν -1.68 Mpa και κατά την 120^η μέρα μετά τη σπορά η τιμή του υδατικού δυναμικού ήταν -1.81 Mpa. Όσον αφορά τα φυτά που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου το υδατικό δυναμικό στην πρώτη μέτρηση ήταν -1.56 Mpa, και στη δεύτερη, μετά από 92 μέρες σποράς, ήταν -1.2 Mpa. 106 μέρες μετά τη σπορά, η τιμή του ήταν -1.32 Mpa και στην τελευταία μέτρηση του υδατικού δυναμικού, ήταν -1.4 Mpa.



Διάγραμμα 3.2.1: Η διακύμανση του υδατικού δυναμικού (MPa) στις δύο ποικιλίες Zhana και 83, σε σχέση με τις ημέρες σποράς. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου .

3.2.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ (WATER POTENTIAL INDEX)

Από το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο δείκτης του υδατικού δυναμικού (WPI). Στα φυτά που αρδεύτηκαν επαρκώς (A) και για τις δύο ποικιλίες, η τιμή του WPI ήταν για τη Zhana A -0,29 και για την 83 ήταν -0,28. Όσον αφορά τα φυτά που αρδεύτηκαν έως και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου για τη Zhana και την 83, η τιμή του WPI ήταν αντίστοιχα -0,50 και -0,53. Τέλος για τα φυτά που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας από το τελευταίο φύλλο για τη Zhana η τιμή του WPI ήταν -0,32 και για την 83 ήταν -0,35. Τα φυτά που υπέστησαν τη μεγαλύτερη υδατική καταπόνηση ήταν τα φυτά που η άρδευση σταμάτησε στο στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας και για τις δύο ποικιλίες, ενώ τα πλήρως αρδευόμενα φυτά και για τη Zhana και για την 83 δέχτηκαν τη μικρότερη υδατική καταπόνηση.



Διάγραμμα 3.2.2: Απεικόνιση των τιμών του WPI στις διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

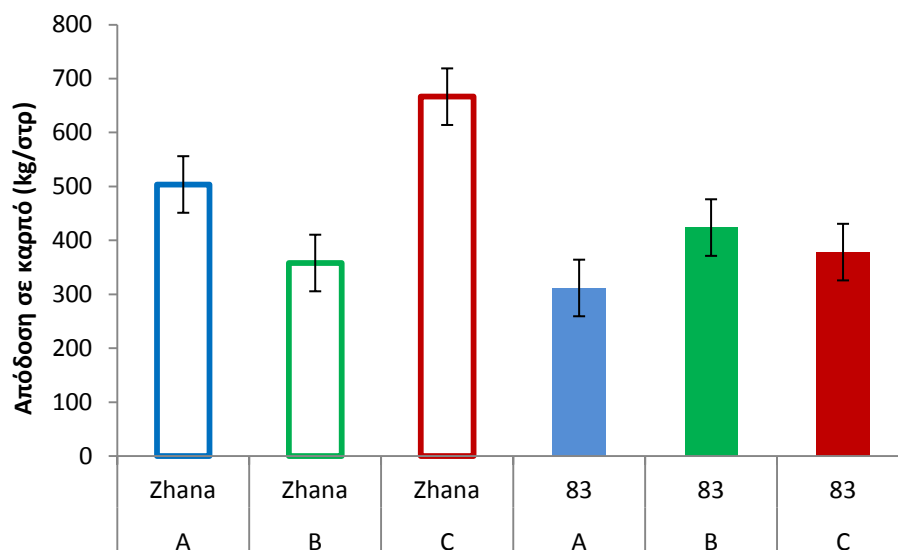
3.3.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.1 οι μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν διέφεραν στατιστικά σημαντικά, όσον αφορά την απόδοση καρπού. Οι ποικιλίες διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς την απόδοση.

Πίνακας 3.3.1. Ανάλυση της διασποράς για την απόδοση σε καρπό.

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:replication	7101,57	2	3550,79	0,23	0,8036
B:water regime	39438,1	2	19719	1,28	0,0371
C:variety	157061	1	157061	10,22	0,033
INTERACTION					
AB	178340	4	44584,9	2,9	0,1635
AC	36191,8	2	18095,9	1,18	0,3962
BC	32454	2	16227	1,06	0,4284
RESIDUAL	61484,8	4	15371,2		
TOTAL	512071	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια παρουσίασαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό της απόδοσης σε καρπό ανά στρέμμα και ποικιλίες άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό της απόδοσης σε καρπό ανά στρέμμα. Πιο συγκεκριμένα, η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε απόδοση 503 kg/στρ, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 666 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 378 kg/στρ. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν απόδοση 311 kg/στρ. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 378 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 423 kg/στρ.



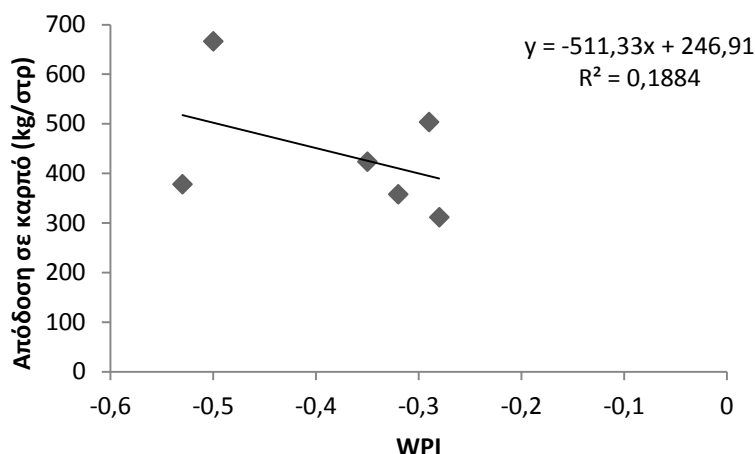
Διάγραμμα 3.3.1: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης στην απόδοση σε καρπό ανά στρέμμα. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.2 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και της απόδοσης σε καρπό δεν ήταν στατιστικά σημαντική και είχε γραμμική μορφή. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 18,84%.

Πίνακας 3.3.2: Ανάλυση διασποράς για τη σχέση του WPI με την απόδοση σε καρπό

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-Ratio	P-Value
Model	15552,5	1	15552,5	0,93	0,3899
Residual	67018,8	4	16754,7		
Total (cor.)	82571,3	5			



Διάγραμμα 3.3.2: Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε καρπό με τον δείκτη WPI.

3.3.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

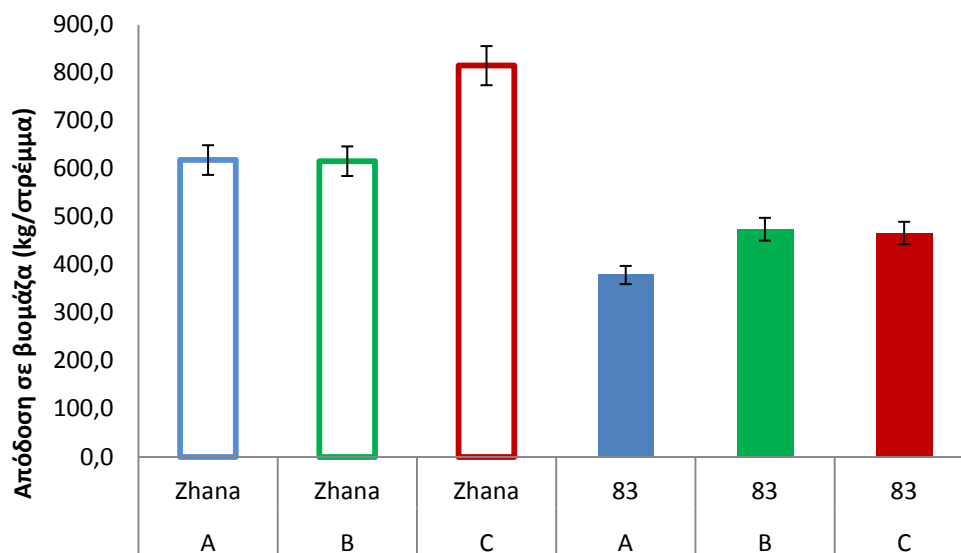
Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.3 οι μεταχειρίσεις άρδευσης και οι ποικιλία δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά την απόδοση σε βιομάζα.

Πίνακας 3.3.3: Ανάλυση διασποράς για την απόδοση σε βιομάζα.

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:replication	13206,8	2	6603,41	0,32	0,7446
B:water regime	62921,4	2	31460,7	1,51	0,324
C:variety	266036	1	266036	12,8	0,0232
INTERACTIONS					
AB	161601	4	40400,3	1,94	0,2678
AC	5310,02	2	2655,01	0,13	0,8835
BC	32095,9	2	16047,9	0,77	0,5205
RESIDUAL	83129,9	4	20782,5		
TOTAL (CORRECTED)	624302	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό της απόδοσης σε βιομάζα ανά στρέμμα. Η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε απόδοση σε βιομάζα 618 kg/στρ, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 814 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 615 kg/στρ. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν απόδοση 378 kg/στρ. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 466 kg/στρ και τα

φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 474 kg/στρ.



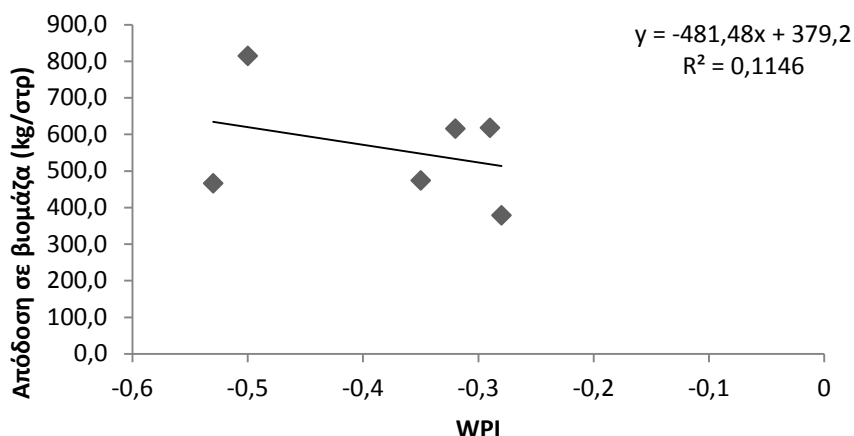
Διάγραμμα 3.3.3: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με την απόδοση σε βιομάζα ανά στρέμμα. . A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.4 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και της απόδοσης σε βιομάζα ήταν στατιστικά σημαντική και γραμμικής μορφής. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 11,46%.

Πίνακας 3.3.4: Ανάλυση της διασποράς για την σχέση του WPI με την απόδοση σε βιομάζα.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	13789,2	1	13789,2	0,52	0,5116
Residual	106540,	4	26634,9		
Total (Corr.)	120329,	5			



Διάγραμμα 3.3.4: Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε βιομάζα με τον δείκτη WPI.

3.3.5 ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

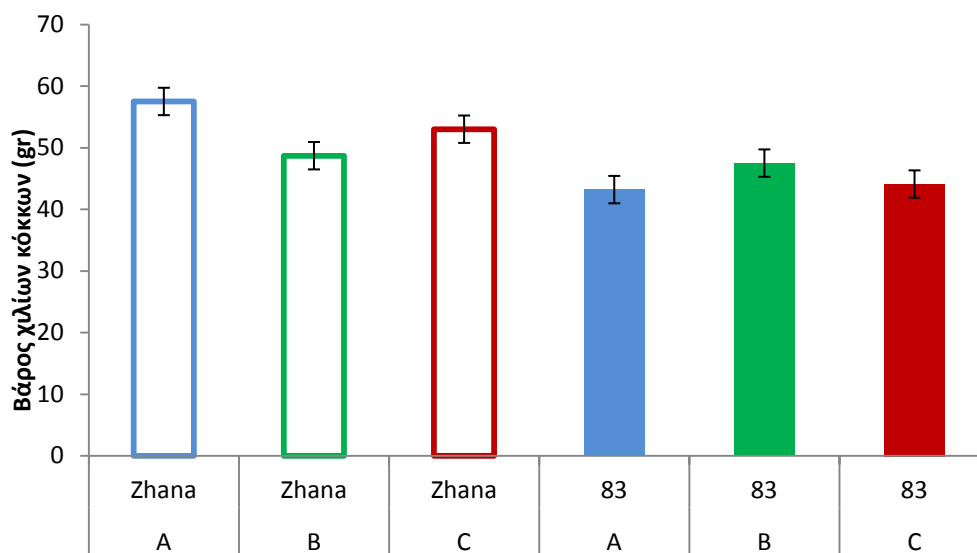
Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.5 οι μεταχειρίσεις άρδευσης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά το βάρος χιλίων κόκκων. Η ποικιλία διέφερε στατιστικά σημαντικά ως προς το βάρος χιλίων κόκκων.

Πίνακας 3.3.5: Ανάλυση διασποράς για το βάρος χιλίων κόκκων.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Replication	137,654	2	688,272	6,58	0,0544
B:Water regime	162,211	2	811,056	0,77	0,5195
C:variety	296,867	1	296,867	28,36	0,006
INTERACTIONS					
AB	166,909	4	417,272	3,99	0,1045
AC	733,344	2	366,672	3,5	0,1321
BC	129,954	2	649,772	6,21	0,0594
RESIDUAL	418,689	4	104,672		
TOTAL (CORRECTED)	862,809	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του βάρους χιλίων κόκκων. Η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε 57,5g βάρος χιλίων κόκκων, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 53 g και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 48,7 g. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν 43.2 g. Τα φυτά που

αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 44.1 g και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 47.5 g.



Διάγραμμα 3.3.5: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με το βάρος χιλιών κόκκων. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

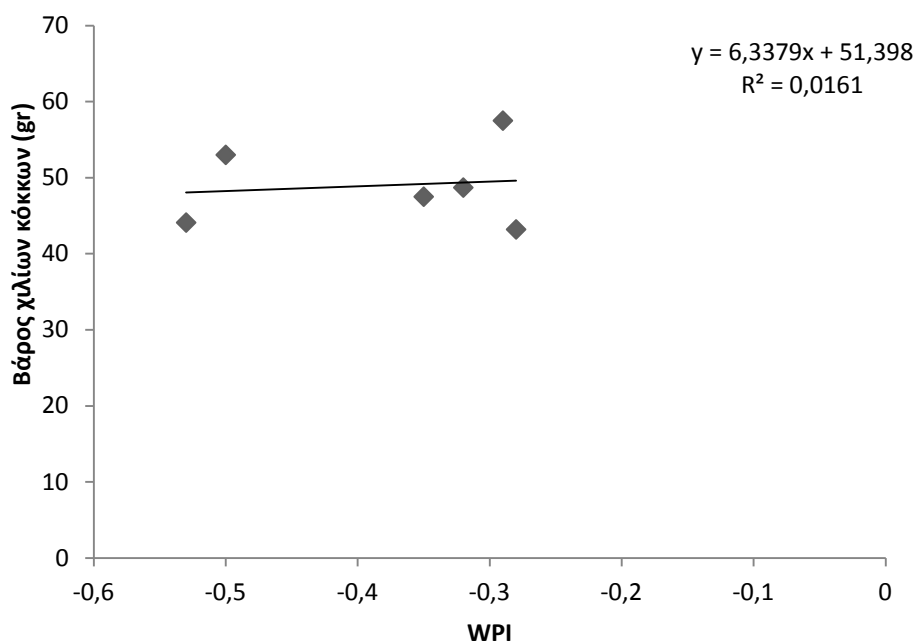
3.3.6 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και το βάρος χιλιών κόκκων δεν ήταν στατιστικά σημαντική και ήταν γραμμικής μορφής. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 1.61%.

Πίνακας 3.3.6: Ανάλυση της διασποράς για τη σχέση του WPI με το βάρος χιλιών κόκκων.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2,38939	1	2,38939	0,07	0,8106
Residual	145,851	4	36,4627		
Total (Corr.)	148,24	5			



Διάγραμμα 3.3.6: Η γραμμική παλινδρόμηση του βάρους χιλίων κόκκων ε τον δείκτη WPI.

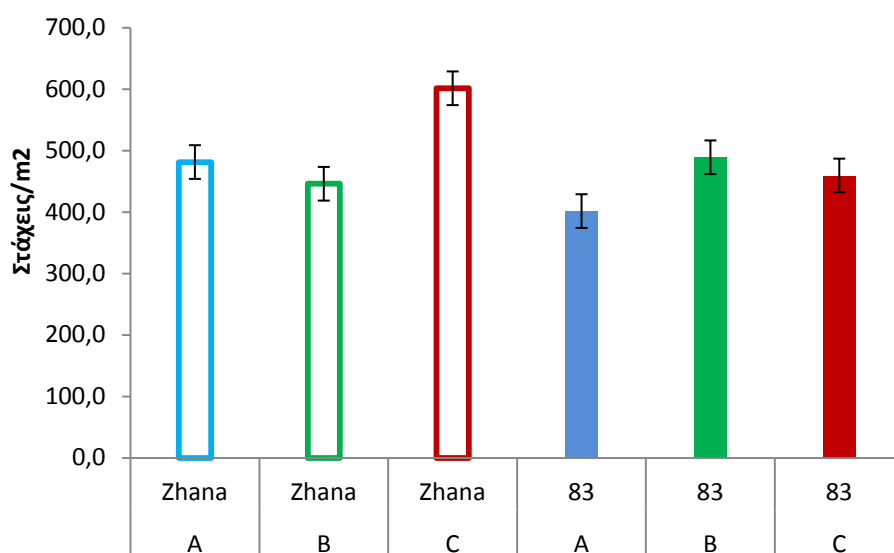
3.3.7 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ ΑΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.7 οι μεταχειρίσεις άρδευση και η ποικιλία δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά τον αριθμό των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο.

Πίνακας 3.3.7: Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό των στάχων / m²

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:replication	12092,8	2	6046,39	0,2	0,8264
B:water regime	25091,9	2	12545,9	0,42	0,6857
C:variety	15932,8	1	15932,8	0,53	0,5079
INTERACTIONS					
AB	82330,2	4	20582,6	0,68	0,6405
AC	1643,81	2	821,904	0,03	0,9733
BC	26582,3	2	13291,1	0,44	0,6719
RESIDUAL	120854	4	30213,6		
TOTAL (CORRECTED)	284528	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του αριθμού των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο. Πιο συγκεκριμένα, η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε 481 στάχεις/m², τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 601 στάχεις/m² και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 445 στάχεις/m². Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν 401 στάχεις/m². Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 459 στάχεις/m² και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 489 στάχεις/m².



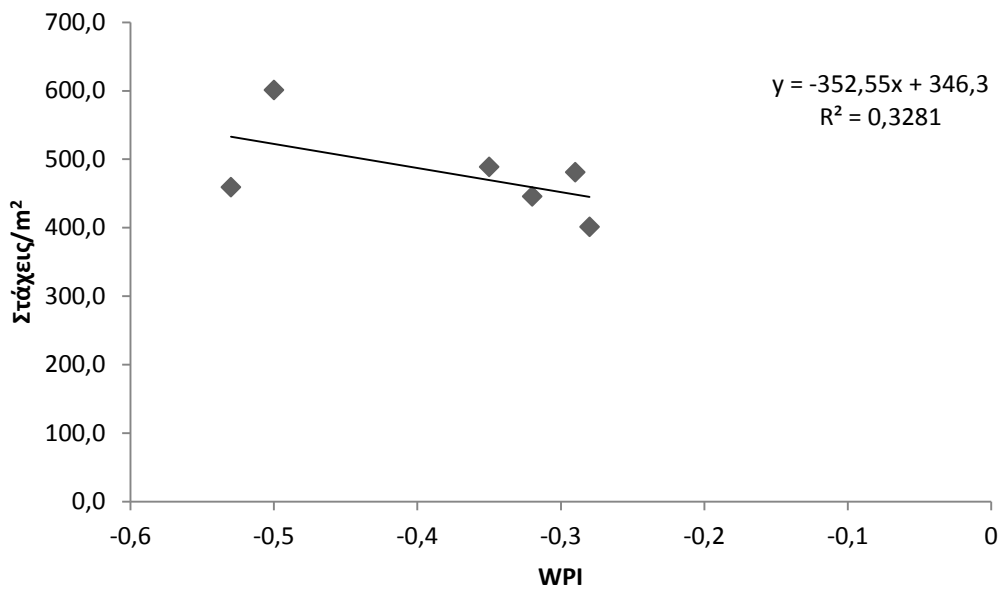
Διάγραμμα 3.3.7: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με το βάρος χιλίων κόκκων. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.8. Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟΥΣ ΣΤΑΧΕΙΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και τους στάχεις ανά τετραγωνικό μέτρο δεν ήταν στατιστικά σημαντική και ήταν γραμμικής μορφής. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 32.81%.

Πίνακας 3.3.8: Ανάλυση της διασποράς για τη σχέση του WPI με το βάρος χιλίων κόκκων.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	13789,2	1	13789,2	0,52	0,5116
Residual	106540,	4	26634,9		
Total (Corr.)	120329,	5			



Διάγραμμα 3.3.8: Η γραμμική παλινδρόμηση των στάξεων/μ² με τον δείκτη WPI.

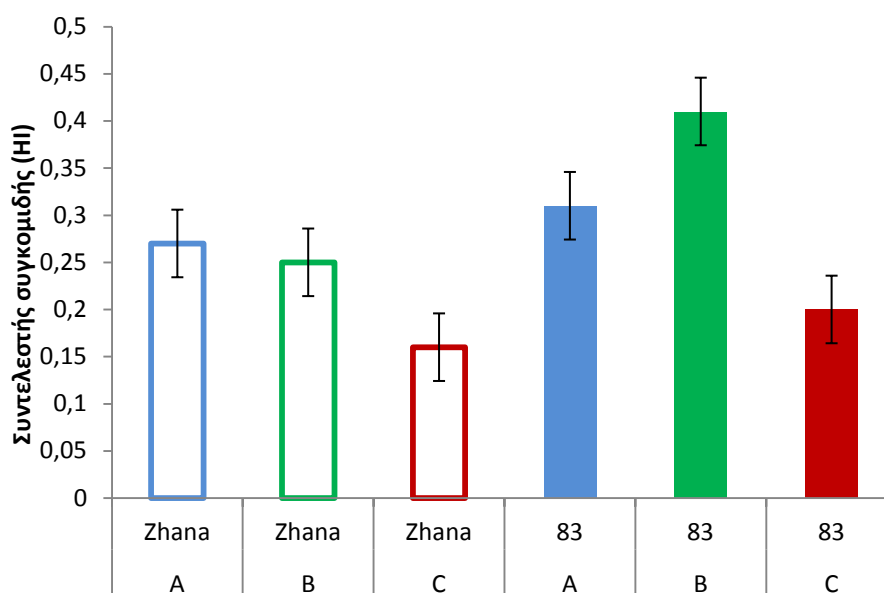
3.3.9 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΚΟΜΙΔΗΣ (HARVEST INDEX)

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.9 οι μεταχειρίσεις άρδευσης και οι ποικιλία δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά το συντελεστή συγκομιδής (Harvest Index).

Πίνακας 3.3.9: Ανάλυση διασποράς για το συντελεστή συγκομιδής.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Replication	0,1029	2	0,05145	1,1	0,4156
B:Water regime	0,0694333	2	0,034717	0,74	0,5314
C:variety	0,0280056	1	0,028006	0,6	0,4818
INTERACTIONS					
AB	0,113367	4	0,028342	0,61	0,6797
AC	0,0178111	2	0,008906	0,19	0,8334
BC	0,0148111	2	0,007406	0,16	0,8584
RESIDUAL	0,186722	4	0,046681		
TOTAL (CORRECTED)	0,53305	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του συντελεστή συγκομιδής. Η χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε στα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(C), με τιμή 0,16.



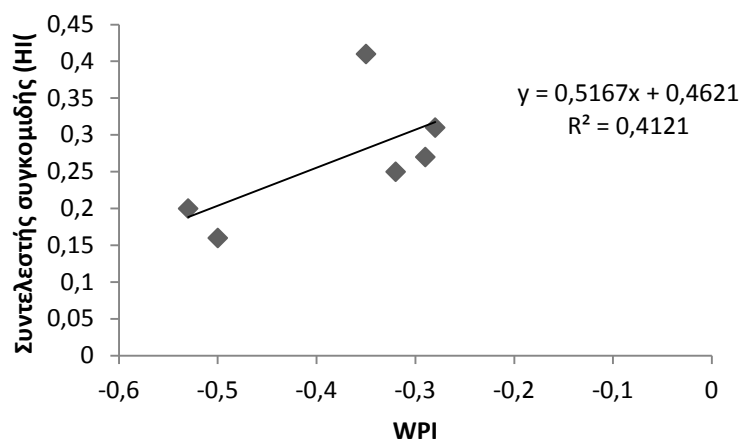
Διάγραμμα 3.3.9: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με το συντελεστή συγκομιδής. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.10 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και του συντελεστή συγκομιδής δεν ήταν στατιστικά σημαντική και είχε γραμμική μορφή. Ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 41,21%.

Πίνακας 3.3.10: Ανάλυση διασποράς για τη σχέση του WPI με το συντελεστή συγκομιδής.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0,015879	1	0,015879	2,80	0,1694
Residual	0,0226543	4	0,00566358		
Total (Corr.)	0,0385333	5			



Διάγραμμα 3.310: Η γραμμική παλινδρόμηση του συντελεστή συγκομιδής με τον δείκτη WPI.

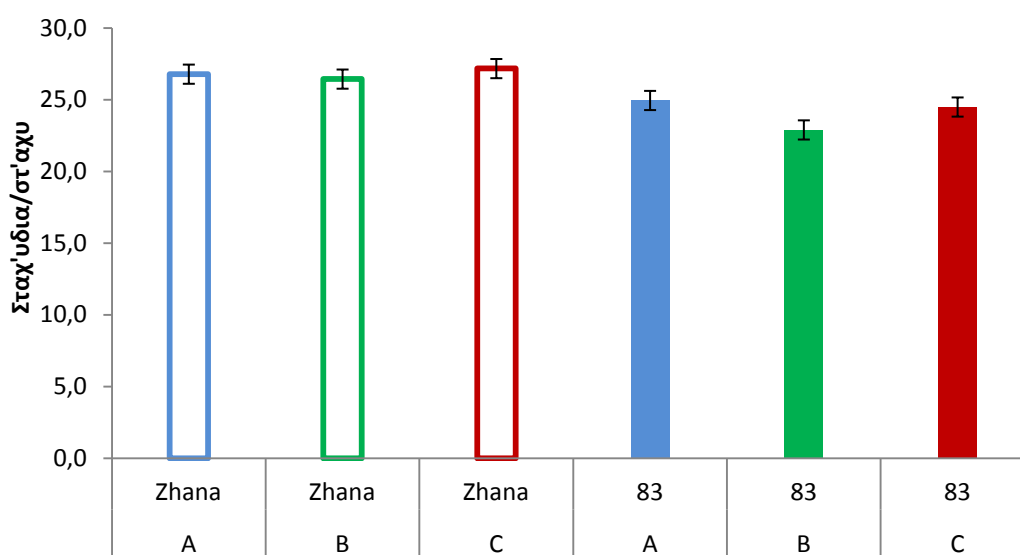
3.3.11 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΥΔΙΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.11 οι μεταχειρίσεις άρδευσης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ. Η ποικιλία διέφερε στατιστικά σημαντικά ως προς τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ.

Πίνακας 3.3.11: Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ.

Source	Sum of Squares		Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS						
A:replication	510,848		2	255,424	0,71	0,5451
B:water regime	532,981		2	266,491	0,74	0,5329
C:variety	315,748		1	315,748	8,76	0,0415
INTERACTIONS						
AB	945,299		4	236,325	0,66	0,6536
AC	582,314		2	291,157	0,81	0,5073
BC	248,648		2	124,324	0,35	0,7274
RESIDUAL	144,123		4	360,308		
TOTAL (CORRECTED)	74,188		17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ. Ο υψηλότερος αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ στα φυτά της Zhana που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και ήταν 27. Ο χαμηλότερος αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ ήταν στα φυτά της σειράς 83, που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B) και ήταν 22.



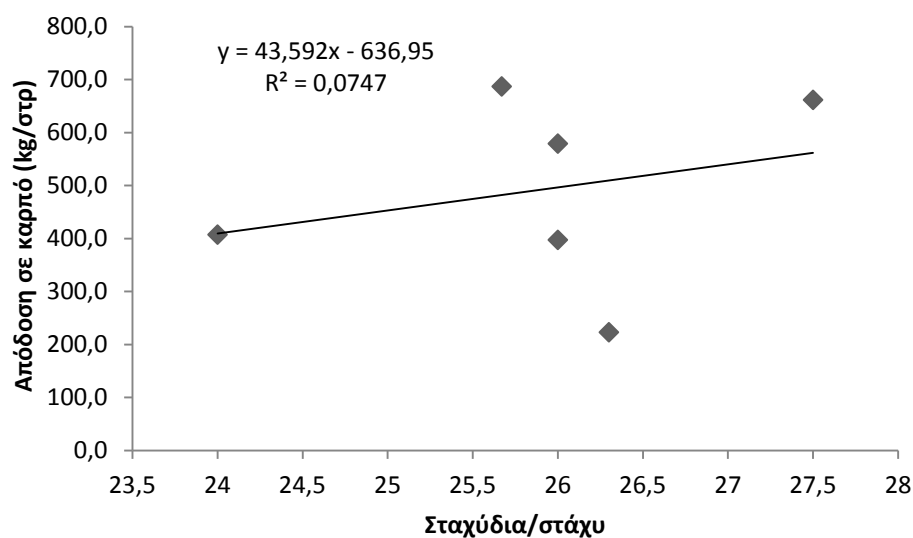
Διάγραμμα 3.3.11: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.12 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΣΤΑΧΥΔΙΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και του αριθμού των σταχυδίων/στάχυ δεν ήταν στατιστικά σημαντική και είχε γραμμική μορφή. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 7, 47%.

Πίνακας 3.3.12: Ανάλυση διασποράς για τη σχέση του WPI με τον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0,007065	1	0,007065	0,00	0,9657
Residual	13,4879	4	3,37198		
Total (Corr.)	13,495	5			



Διάγραμμα 3.3.12: Η γραμμική παλινδρόμηση του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ με τον δείκτη WPI.

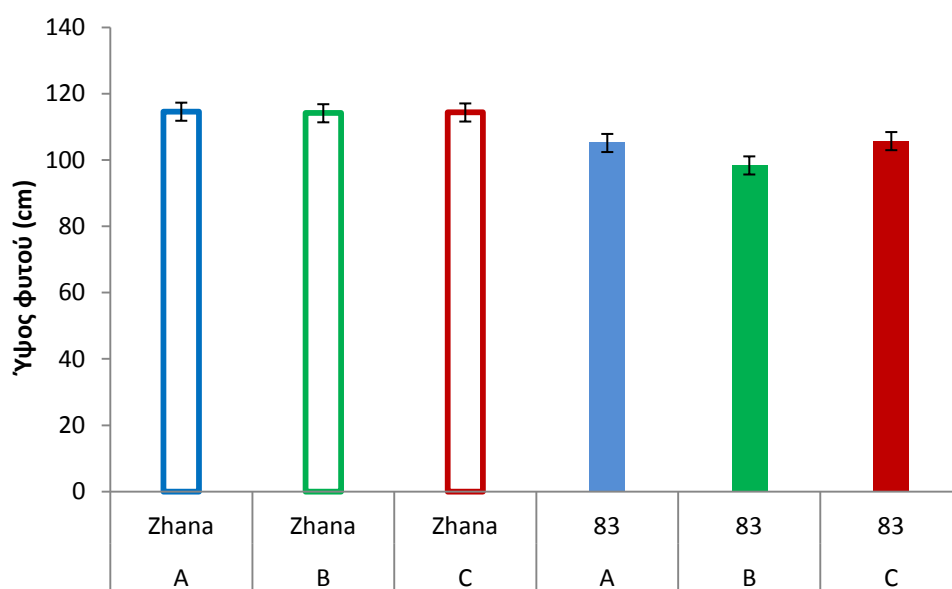
3.3.13 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.12, οι μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία διέφερε στατιστικά σημαντικά ως προς το ύψος των φυτών.

Πίνακας 3.3.12: Ανάλυση διασποράς για το ύψος των φυτών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:replication	500,133	2	250,067	2,21	0,2258
B:water regime	548,433	2	274,217	2,42	0,2045
C:variety	571,22	1	571,22	50,46	0,0021
INTERACTIONS					
AB	917,933	4	229,483	2,03	0,2553
AC	55,96	2	27,98	2,47	0,2
BC	45,37	2	22,685	2	0,2495
RESIDUAL	45,28	4	11,32		
TOTAL (CORRECTED)	914,48	17			

Από την ανάλυση της διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών κατά τη συγκομιδή. Το χαμηλότερο ύψος παρατηρήθηκε στα φυτά της σειράς 83, που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), με ύψος 98,4 cm.



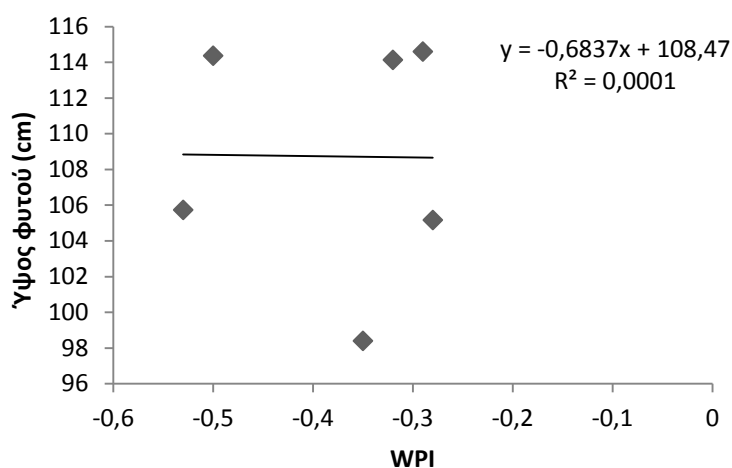
Διάγραμμα 3.3.13: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με το ύψος των φυτών. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.14 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και του ύψους των φυτών δεν ήταν στατιστικά σημαντική και είχε γραμμική μορφή. Συγκεκριμένα ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 0,01%.

Πίνακας 3.3.14: Ανάλυση διασποράς για τη σχέση του WPI με το ύψος των φυτών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0,0247035	1	0,0247035	0,00	0,9842
Residual	223,769	4	55,9422		
Total (Corr.)	223,793	5			



Διάγραμμα 3.3.14: Η γραμμική παλινδρόμηση του ύψους των φυτών με τον δείκτη WPI.

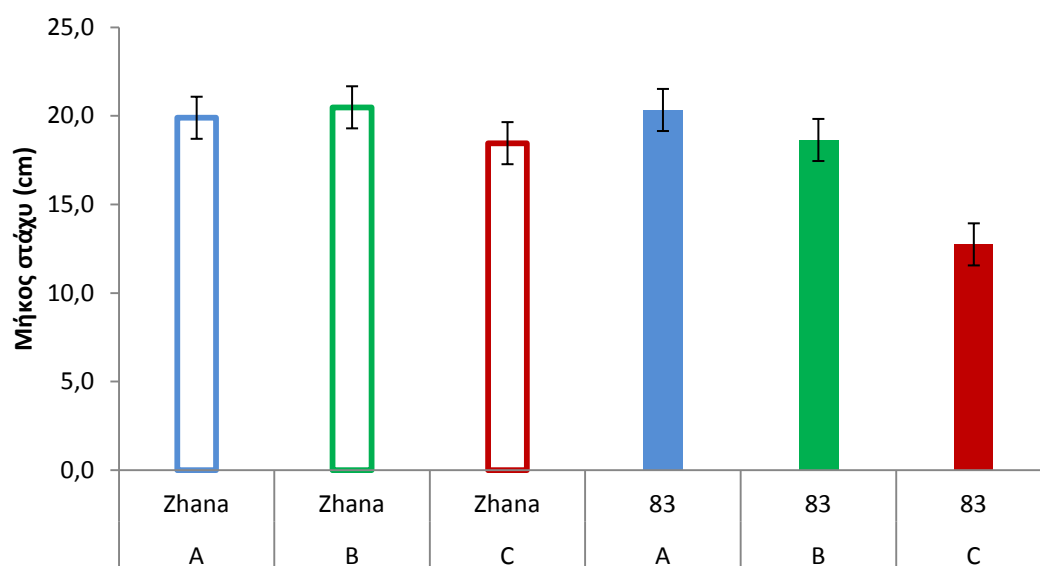
3.3.15 ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.15, οι μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά, όσον αφορά το μήκος των στάχων.

Πίνακας 3.3.15: Ανάλυση της διασποράς για το μήκος των στάχων.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:replication	295,314	2	147,657	0,43	0,6771
B:water regime	656,948	2	328,474	0,96	0,4573
C:variety	0,527022	1	0,527022	0,15	0,7151
INTERACTIONS					
AB	666,389	4	166,597	0,49	0,7493
AC	560,208	2	280,104	0,82	0,5042
BC	507,301	2	253,651	0,74	0,533
RESIDUAL	137,205	4	343,012		
TOTAL (CORRECTED)	411,091	17			

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στο μήκος των στάχων. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν το μικρότερο μήκος στάχων και για τη Zhana και για τη σειρά 83, με τιμές 17,64 cm και 12,70 cm αντίστοιχα.



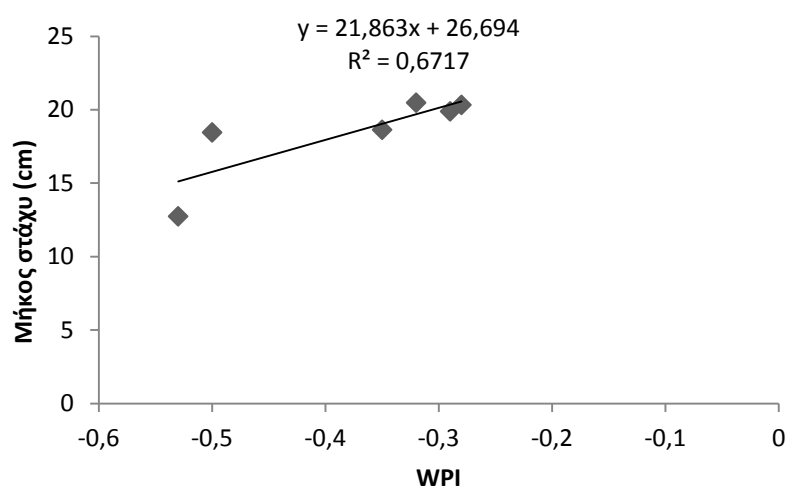
Διάγραμμα 3.3.15: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με το μήκος των στάχων. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.3.16 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΣΤΑΧΕΩΝ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI με το μήκος των στάχων ήταν στατιστικά σημαντική και γραμμικής μορφής. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 67,17%.

Πίνακας 3.3.16: Ανάλυση της διασποράς για τη σχέση του WPI με το μήκος των στάχων.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	28,404	1	28,404	7,89	0,0484
Residual	14,4043	4	3,60107		
Total (Corr.)	42,8083	5			



Διάγραμμα 3.3.16: Η γραμμική παλινδρόμηση του μήκους των στάχων με τον δείκτη WPI.

3.4 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

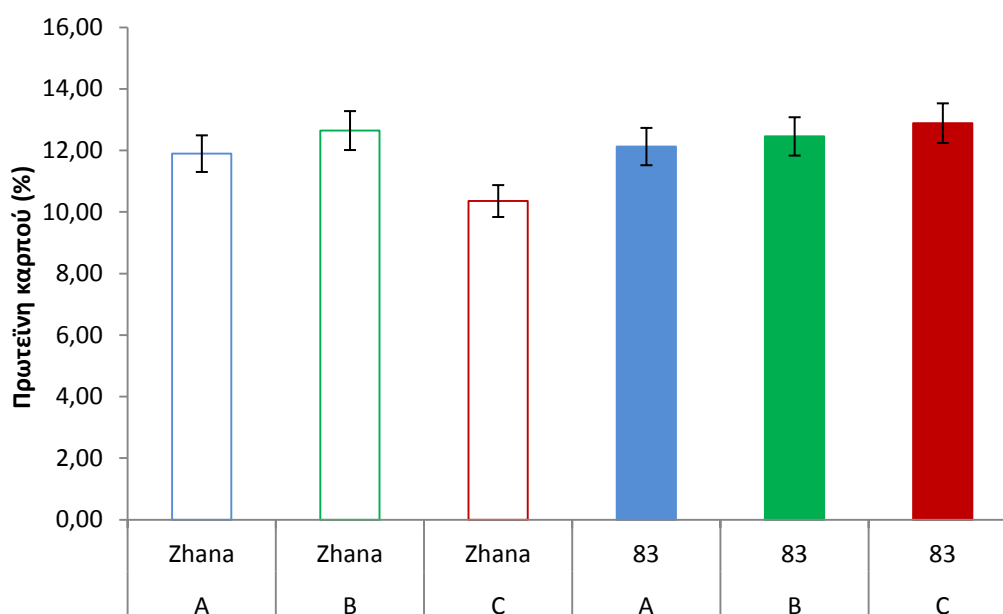
3.4.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.1, οι μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη. Ενώ η ποικιλία διέφερε στατιστικά σημαντικά ως προς την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη.

Πίνακας 3.4.1: Ανάλυση διασποράς για την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Replication	10,0917	2	5,04587	15,83	0,0126
B:Water regime	1,10348	2	0,551739	1,73	0,2873
C:Variety	1,83042	1	1,83042	5,74	0,0446
INTERACTIONS					
AB	2,01109	4	0,502772	1,58	0,3347
AC	0,782411	2	0,391206	1,23	0,3840
BC	8,93528	2	4,46764	14,02	0,0156
RESIDUAL	1,27469	4	0,318672		
TOTAL (CORRECTED)	26,0291	17			

Από την ανάλυση της διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσιάστηκε για την ποικιλία Zhana εκεί που η άρδευση ξεκίνησε μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), έχοντας 11.81% πρωτεΐνη και για την 83 μεγαλύτερη πρωτεΐνη βρέθηκε στα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C), με 12.29% πρωτεΐνη.



Διάγραμμα 3.4.1: Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης σε σχέση με την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη. A: πλήρης άρδευση B: άρδευση από το στάδιο της εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z) C: άρδευση μέχρι και το στάδιο της

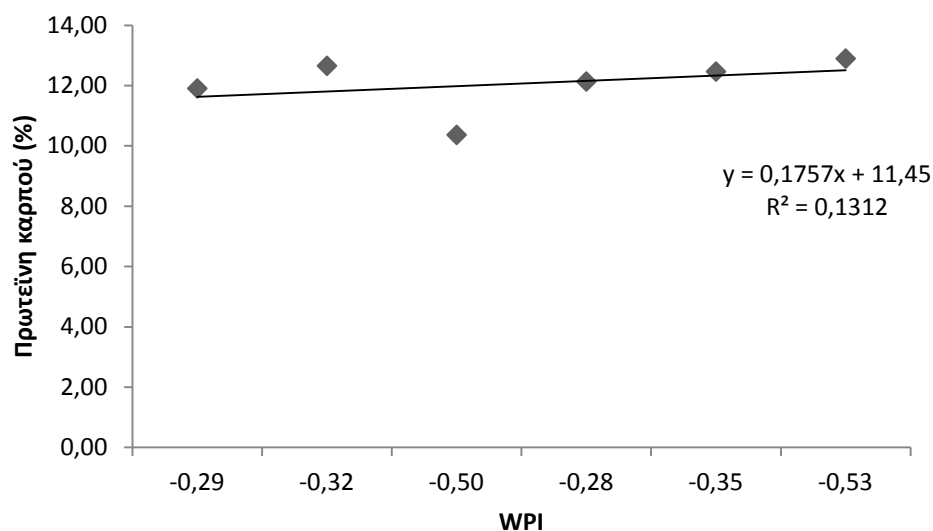
εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39Z), Zhana: εμπορική ποικιλία και 83: υπό δοκιμή σειράς.

3.4.2 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ WPI ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

Για τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν βρέθηκε ότι η σχέση του WPI και της περιεκτικότητας των καρπών σε πρωτεΐνη δεν ήταν στατιστικά σημαντική και ήταν γραμμικής μορφής. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής προσδιορισμού ήταν 13.12%.

Πίνακας 3.4.2: Ανάλυση της διασποράς για τη σχέση του WPI με την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0,00346541	1	0,00346541	0,25	0,6450
Residual	0,0560179	4	0,0140045		
Total (Corr.)	0,0594833	5			



Διάγραμμα 3.4.2: Η γραμμική παλινδρόμηση της περιεκτικότητας των καρπών σε πρωτεΐνη με τον δείκτη WPI.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο βιολογικός κύκλος παρουσίασε παρόμοια σχεδόν πορεία σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης και των 2 ποικιλιών. Τα πλήρως αρδευόμενα φυτά και τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν θετική επίδραση στις τελικές αποδόσεις. Τα φυτά της ποικιλίας Zhana για όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης παρουσίασαν επιτάχυνση στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου κατά περίπου 10 μέρες σε σχέση με την σειρά 83. Τα φυτά που αρδεύτηκαν πλήρως και εκείνα που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου εισήλθαν στο στάδιο της άνθησης γρηγορότερα από τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου. Από το στάδιο του ξεσταχυάσματος μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης των καρπών η πορεία βιολογικής ανάπτυξης των φυτών όλων των μεταχειρίσεων άρδευσης παρουσίασε σχεδόν ίδιο ρυθμό ανάπτυξης.

Σε πειράματα των Saini (1997) και των Salter and Goode (1967) αναφέρεται ότι η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών σίτου μπορεί να επηρεαστεί από την ελλειμματική άρδευση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών. Σημειώνεται πως στην μελέτη των Slafer and Whitechurch (2001) διαπιστώθηκε ότι οι επιπτώσεις στην απόδοση εξαρτώνται από το βιολογικό στάδιο ανάπτυξης στο οποίο το φυτό καταπονείται υδατικά. Σύμφωνα με τους Li et al., (2018) η πρώτη συμπληρωματική άρδευση στο τέλος του αδελφώματος επιμηκύνει τον βιολογικό κύκλο των φυτών, γιατί αυξάνεται η διάρκεια του σταδίου άνθησης. Επίσης οι Xi et al., (2018) διαπίστωσαν ότι όταν η συμπληρωματική άρδευση πραγματοποιηθεί στο τέλος του καλαμώματος επιμηκύνει τον βιολογικό κύκλο των φυτών λόγω της επιμήκυνσης της διάρκειας του σταδίου γεμίσματος του σπόρου. Επίπλέον, παρατηρείται επιτάχυνση του βιολογικού κύκλου των φυτών λόγω της αύξησης των υδατικών ελλειμμάτων, καθώς η έλλειψη νερού κατά την περίοδο από την άνθηση έως την ωρίμανση μειώνει τον χρόνο και τον ρυθμό γεμίσματος του σπόρου, με αποτέλεσμα την μείωση και του χρόνου για την μετακίνηση των υδατανθράκων προς το σπόρο (Oweis et al., 2000). Σύμφωνα με πειράματα που διεξήχθησαν από τους Angus and Moncur (1977), Craufurd et al. (1993), Derouw and Winkel (1998), Winkel et al. (1997), Wopereis et al (1996), παρατηρήθηκε ότι η υδατική καταπόνηση κατά την διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης ή κατά την διάρκεια επαγωγής

άνθων ή ταξιανθιών, οδηγεί σε καθυστέρηση ή και πλήρη αναστολή της άνθησης. Με αποτέλεσμα, να περιορίζεται η διαθεσιμότητα του νερού κατά την άνθηση ή την καρπόδεση και μετέπειτα κατά το γέμισμα των καρπών και να επηρεάζεται το βάρος των κόκκων, αφού αναστέλλεται η μεταφορά φωτοσυνθετικών προϊόντων από του βλαστούς προς τους στάχεις (Wang et al.,2005).Σύμφωνα με τους Zinselmeier et al. (1995), σε καλλιέργειες ρυζιού και σίτου ο αριθμός των σπόρων μπορεί να επηρεαστεί όταν η αβιοτική καταπόνηση συμπίπτει με την διάνοιξη των ανθών. Η στειρότητα που μπορεί να παρουσιαστεί, μπορεί να οφείλεται στην καταπόνηση κατά την άνθηση και τον σχηματισμό νεαρών μικροσπορίων γύρης. Η βιωσιμότητα της γύρης στα αυτογονιμοποιούμενα σιτηρά είναι μικρή, εμποδίζοντας τη διασταυρούμενη γονιμοποίηση. Σύμφωνα με τον Dolferus (2011), ο αριθμός των σπόρων επηρεάζεται σε φυτά που καταπονήθηκαν υδατικά, στο στάδιο της μείωσης των γυρεοκόκκων.

Σύμφωνα με τους Gonzalez et al.(1998) τα φυτά κριθαριού που υπέστησαν υδατική καταπόνηση, είχαν την τάση να επιταχύνουν το βιολογικό τους κύκλο για λίγες μέρες, δηλαδή τα φυτά που αρδεύτηκαν επαρκώς και αποτελούσαν τον μάρτυρα έφτασαν στην ωρίμανση 188 μέρες μετά τη σπορά, ενώ τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση έφτασαν σε ωρίμανση 181 μέρες μετά τη σπορά. Τέλος, σε πείραμα που διεξήχθη στην περιοχή της Βόρεια Κίνας, και πραγματοποιήθηκε από τους Xu et al.(2018) διαπιστώθηκε ότι μεταξύ δύο επεμβάσεων άρδευσης για φυτά σίτου, τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν 2 συμπληρωματικές αρδεύσεις έφτασαν στην ωρίμανση εντός 239-243 ημερών. Αντίθετα, τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση εισήλθαν στο στάδιο της ωρίμανσης 235-239 μέρες μετά τη σπορά.

4.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος η απόδοση σε καρπό διέφερε στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης και μεταξύ των δύο ποικιλιών. Πιο συγκεκριμένα, η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε απόδοση 503 kg/στρ, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 666 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 378 kg/στρ. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν απόδοση 311 kg/στρ. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 378 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 423 kg/στρ. Οι μεταχειρίσεις άρδευσης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό **της απόδοσης σε βιομάζα**

ανά στρέμμα . Η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε απόδοση σε βιομάζα 618 kg/στρ, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 814 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 615 kg/στρ. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν απόδοση 378 kg/στρ. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν απόδοση 466 kg/στρ και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν απόδοση 474 kg/στρ. Οι μεταχειρίσεις άρδευσης στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του **συντελεστή συγκομιδής**. Η χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε στα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου(C) (πίνακας 3.3.9).

Είναι γνωστό πως αγρονομικά, η καταπόνηση της ξηρασίας κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των σιτηρών μπορεί να μειώσει την απόδοση, καθώς επηρεάζονται σημαντικές επιδράσεις στα συστατικά της απόδοσης (Saini and Westgate, 2000). Σύμφωνα με τους Elhani et al. (2007), διαπιστώθηκε πως σε καλλιέργεια κριθαριού οι αποδόσεις και τα συστατικά αυτής είναι σημαντικά υψηλότερα σε αρδευόμενες συνθήκες. Επίσης σε πείραμα των Singh and Kumar (1979), διαπιστώθηκε ότι το υδατικό δυναμικό των φύλλων στο κριθάρι ήταν μεγαλύτερο από το σιτάρι και το σιτάρι που αρδευόταν επαρκώς είχε μεγαλύτερη απόδοση ενώ σε συνθήκη υδατικής καταπόνησης το κριθάρι σημειώνει μεγαλύτερη απόδοση συγκριτικά με το κριθάρι. Περίοδοι ξηρασίας κατά την διάρκεια του βλαστικού και αναπαραγωγικού σταδίου αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο τα τελευταία χρόνια λόγω της κλιματικής αλλαγής. Γονότυποι με υψηλή ικανότητα αδελφώματος συνήθως παράγουν αδέρφια που δεν είναι ανθεκτικά να επιβιώσουν κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Duggan et al., 2000). Η επιβίωση και η παραγωγικότητα των αδελφιών επηρεάζεται από τον περιορισμό των υδατινών πόρων καθώς και τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης. Επιπλέον, ο περιορισμός των υδατικής διαθεσιμότητας κατά την περίοδο της άνθησης μέχρι και το στάδιο γεμίσματος των σπόρων, μπορεί να επηρεάσει το βάρος χιλίων κόκκων, λόγω της αναστολής της μεταφοράς φωτοσυνθετικών προϊόντων από τον βλαστό προς το στάχυ (Wang et al.,2005). Για τα σιτηρά οι κρίσιμες περίοδοι είναι το στάδιο του καλαμώματος και της άνθησης (Cai et al.,2014). Οι Begg and Turner (1976) και οι Gharmania and Gowing (2005) αναφέρουν ότι σε πείραμα με σιτάρι, τα αδέρφια μειώθηκαν με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης. Σύμφωνα με τον Ha (2013) η συμπληρωματική άρδευση στο στάδιο του καλαμώματος, επιδρά θετικά στον αριθμό των αδελφιών, δηλαδή

επιβιώνει μεγαλύτερος αριθμός αδελφιών. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Boyer and Westgate (2004), Sreenivasulu et al. (2007) η υδατική καταπόνηση όταν συμπίπτει με το στάδιο της άνθησης, μειώνει την απόδοση των σιτηρών.

Στο στάδιο εμφάνισης του τελευταίου φύλλου, μια συμπληρωματική άρδευση φαίνεται πως δεν επιδρά αρνητικά στην απόδοση σε καρπό, καθώς ενεργοποιούνται γονίδια και πρωτεΐνες που εμπλέκονται στις μεταβολικές όσους που ανταποκρίνονται στην ξηρασία και μπορεί να βοηθάει στην ανταπόκριση κάτω από συνθήκες καταπόνησης (Stallmann et al., 2020). Σύμφωνα με τους Sadras and Agnus (2006), στα μη αρδευόμενα συστήματα καλλιέργειας η καλύτερη συγκομιδή μέσω της επιδέξιας χρήσης της διαθέσιμης τεχνολογίας και απόδοσης, αλλάζει με τις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας του νερού μεταξύ των τόπων και των εποχών. Σύμφωνα με τους Zhang et al.(2018)η εφαρμογή δύο αρδεύσεων, η μία στο στάδιο του καλαμώματος και η δεύτερη στο στάδιο του ξεσταχυάσματος δίνουν μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό , μεγαλύτερο βάρος χιλίων κόκκων και μεγαλύτερο αριθμό στάχων. Αντιθέτως, μία μόνο άρδευση στο στάδιο καλαμώματος δίνει χαμηλότερες τιμές ως προς την απόδοση σε καρπό, βάρος χιλίων κόκκων και μεγαλύτερο αριθμό στάχων (Zhang et al., 2018, Dong et al., 2011). Σύμφωνα με τους Chu et al.(2009), η εφαρμογή δύο αρδεύσεων , η μία κατά το στάδιο του καλαμώματος και η δεύτερη στο στάδιο άνθησης, με 60 mm νερού, όσον αφορά τις αποδόσεις σε καρπό δεν διέφεραν σε σχέση με την εφαρμογή τριών επεμβάσεων άρδευσης, που εφαρμόστηκαν σε αντίστοιχο πείραμα. Πειράματα έχουν δείξει ότι η χρήση νερού στην καλλιέργεια του κριθαριού μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε καρπό από 1,2kg έως 23 kg καρπού σε ημιαρδευόμενες περιοχές στις Μεσογείου (Cantero-Martinez et al., 2003; Albrizio et al., 2010) και από 1,5 έως 22 kg καρπού σε ημιαρδευόμενες περιοχές της Βόρειας Ντακότα (Jabro et al., 2012) και τα ίδια αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε ημιαρδευόμενες περιοχές στις Αιθιοπίας (Araya and Stroosnijder, 2010). Οι επιδράσεις της ξηρασίας στην απόδοση σε καρπό των σιτηρών που καλλιεργείται σε μεσογειακά περιβάλλοντα είναι αρκετά καλά τεκμηριωμένες. Ωστόσο, παρουσιάστηκαν και επιπτώσεις λόγω της ξηρασίας στα φυτά του κριθαριού, τα οποία παρουσιάζουν ανεπαρκείς μηχανισμούς άμυνας λόγω της αναστολής της δραστηριότητας του LOX. Οι Vahamidis et al. (2017) συμπέραναν πως τα φυτά αυτά μπορούν να καλλιεργηθούν σε Μεσογειακές περιοχές χωρίς καταστροφικές επιδράσεις λόγω υδατικής καταπόνησης. Η έλλειψη νερού προκαλεί μείωση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας και έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των φωτοσυνθετικών προϊόντων, κυρίως στο ανώτερο φύλλο και στον στάχυ, τα οποία συμβάλλουν στο 50-75% στο τελικό βάρος των καρπών (Καραμάνος, 2008).

Όσον αφορά την **απόδοση σε βιομάζα** και τον **δείκτη συγκομιδής (HI)**, αποτελούν δύο κύριους παράγοντες για τον καθορισμό της απόδοσης σε καρπό των σιτηρών (Sayre et al., 1997; shearman et al., 2005; White and Wilson, 2006). Σύμφωνα με τον Ruiter (1999), τα φυτά κριθαριού που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν μεγαλύτερη βιομάζα από τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα των Gonzalez et al. (1998) και των Dong et al. (2011), διαπιστώνοντας ότι οι μεταχειρίσεις άρδευσης επιδρούν στατιστικά σημαντικά την παραγόμενη απόδοση σε βιομάζα. Η βελτίωση της απόδοσης σε βιομάζα και ο υψηλότερος συντελεστής συγκομιδής (HI) αποτελεί ελπιδοφόρα προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης στα σιτηρά (Xue et al., 2006, Reynolds et al., 2012).

Σύμφωνα με αποτελέσματα του πειράματος (πίνακας 3.3.7), οι μεταχειρίσεις άρδευσης στα διαφορετικά στάδια δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του **αριθμού των στάχων** ανά τετραγωνικό μέτρο. Πιο συγκεκριμένα, η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε 481 στάχες/m², τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 601 στάχες/m² και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 445 στάχες/m². Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδεύόμενα φυτά είχαν 401 στάχες/m². Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 459 στάχες/m² και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 489 στάχες/m². Σύμφωνα με το πείραμα (πίνακας 3.3.12) οι μεταχειρίσεις άρδευσης στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στο **ύψος των φυτών** κατά τη συγκομιδή, ενώ η ποικιλία επίδρασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο. Το χαμηλότερο ύψος παρατηρήθηκε στα φυτά της σειράς 83, που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B), με ύψος 98,4 cm. Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στο **μήκος των στάχων**. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν το μικρότερο μήκος στάχων και για τη Zhana και για τη σειρά 83, με τιμές 17,64 cm και 12,70 cm αντίστοιχα.

Οι Singh et al. (1973) αναφέρουν μείωση του αριθμού των στάχων όταν τα φυτά υπέστησαν καταπόνηση και παρατηρήθηκε μείωση της εδαφικής υγρασίας. Σύμφωνα με τους Mamnouie et al. (2006) η μείωση της εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των στάχων έξι ποικιλιών. Όταν η υδατική καταπόνηση συμπίπτει με

το βιολογικό στάδιο του καλαμώματος, ο αριθμός των στάξεων ανά τετραγωνικό μέτρο είναι μικρότερος (Ruiter, 1999).

Σύμφωνα με το πείραμα παρατηρήθηκε ότι οι μεταχειρίσεις άρδευσης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό του **βάρους χιλίων κόκκων**, ενώ η ποικιλία επέδρασε στατιστικά σημαντικά στο βάρος χιλίων κόκκων. Η Zhana που αρδεύτηκε επαρκώς είχε 57,5g βάρος χιλίων κόκκων, τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 53 g και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 48,7 g. Όσον αφορά, την σειρά 83, τα πλήρως αρδευόμενα φυτά είχαν 43.2 g. Τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχαν 44.1 g και τα φυτά που αρδεύτηκαν από το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου είχαν 47.5 g. Σύμφωνα με τον Ruiter (1999), τα φυτά κριθαριού που δέχτηκαν υδατική καταπόνηση σε όλο το βιολογικό κύκλο αλλά και φυτό που καταπονήθηκαν από το στάδιο επιμήκυνσης του στελέχους και μετά, έδωσαν μικρότερο βάρος χιλίων κόκκων συγκριτικά με τα φυτά που αρδεύτηκαν επαρκώς. Η υδατική καταπόνηση των σιτηρών, κατά τη διάρκεια όλου του βιολογικού κύκλου και κυρίως προς τα τελευταία στάδια του, επιδρά με παρόμοιο τρόπο στο βάρος των χιλίων κόκκων (Ruiter, 1999).

Από την ανάλυση διασποράς παρατηρήθηκε ότι οι αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης δεν άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον **αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ**. Ο υψηλότερος αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ στα φυτά της Zhana που αρδεύτηκαν μέχρι και το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και ήταν 27. Ο χαμηλότερος αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ ήταν στα φυτά της σειράς 83, που αρδεύτηκαν μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B) και ήταν 22. Σύμφωνα με τους Zare et al. (2011), ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις άρδευσης και την ποικιλία. Ωστόσο, από τη μελέτη των Naghahi and Asgharipour (2011), η επίδραση της υδατικής καταπόνησης ήταν στατιστικά σημαντικά για τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ. Σύμφωνα με τους Gonzalez et al. (1998), τα φυτά κριθαριού που υπέστησαν υδατική καταπόνηση έδωσαν 23 σταχίδια ανά στάχυ, ενώ τα φυτά που αρδεύτηκαν επαρκώς έδωσαν 26,5 σταχίδια/στάχυ. Ο γενότυπος αλλά και οι μεταχειρίσεις άρδευσης επηρέασαν στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων (Gonzalez et al., 1998). Η υδατική καταπόνηση κατά τα στάδια σχηματισμού του στάχυ, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ, γεγονός που δικαιολογείται και από το πείραμα του Ruiter (1999)

που διαπίστωσε, ότι ο αριθμός των σταχυιδίων ανά στάχυ επηρεάζεται αρνητικά κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, σε οποιοδήποτε στάδιο του βιολογικού κύκλου συμβεί.

Η έλλειψη νερού επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού, τον σχηματισμό των αδελφιών, τον αριθμό και το μέγεθος των σπόρων (Fredrik J.R and J.J. Camberto, 1995). Οι Zhang and Oweis (1999), αναφέρουν ότι τα ευαίσθητα στάδια ανάπτυξης στα σιτηρά ως προς την υδατική καταπόνηση είναι το καλάμωμα έως τη διόγκωση κολεού και το στάδιο άνθησης και το στάδιο του γαλακτώδη καρπού.

4.3.ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

Στο παρόν πείραμα, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης και των 2 ποικιλιών ως προς την περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη (Πίνακας 3.4.1).

Η υδατική καταπόνηση μπορεί να επηρεάσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η περιεκτικότητα των σιτηρών σε πρωτεΐνη (Bertholdsson,1999), όπως επίσης και το μέγεθος των σπόρων. Όσον αφορά το μέγεθος των κόκκων και η συγκέντρωση της πρωτεΐνης του καρπού αποτελούν κάποιους από τους κύριους παράγοντες των ποιοτικών χαρακτηριστικών του βυνοποιήσιμου κριθαριού (Grashoff and D'Antuono, 1997). Σύμφωνα με τους Ozturk and Aydin (2004); Saint Pierre et al. (2008), αναφέρεται πως σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, υπάρχει αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Η αύξηση αυτή παρατηρείται, λόγω της μείωσης της σύνθεσης και αποθήκευσης των υδατανθράκων. Η αύξηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγαλύτερης συγκέντρωσης αζώτου ανά μονάδα αμύλου στους κόκκους (Saint Pierre et al., 2008). Υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, συσχετίζεται με τις χαμηλότερες αποδόσεις (Ozturk and Aydin, 2004). Οι Gooding et al. ανέφεραν ότι υψηλές τιμές θερμοκρασίας και η υδατική καταπόνηση μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στον καρπό.

Η περιεκτικότητα πρωτεΐνης πάνω από 12-13% μειώνει την απόδοση σε εκχύλισμα βύνης, με αποτέλεσμα το προϊόν της ζυθοποίησης δεν είναι διαυγές. Επίσης, η μειωμένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στους καρπούς, μπορεί να σχετίζεται με τη χαμηλή δραστικότητα ενζύμων αποικοδόμησης αμύλου, και η θρεπτική αξία της μύρας είναι χαμηλή (Wu et al., 2015).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός του παρόντος πειράματος ήταν να βρεθεί ο καταλληλότερος χρόνος επέμβασης σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης βυνοποιήσιμου κριθαριού (*Hordeum vulgare* spp. *distichum*) με σκοπό την αποδοτικότερη άρδευση κάτω από συνθήκες ελεγχόμενης υδατικής καταπόνησης. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν αρδεύσεις σε συγκεκριμένο στάδιο του βιολογικού κύκλου και η διαφοροποίηση των επεμβάσεων ήταν χρονική. Δηλαδή, η επέμβαση άρδευσης έγινε μέχρι το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) και η δεύτερη επέμβαση πραγματοποιήθηκε μετά το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B).

Για την ποικιλία Zhana που αρδεύτηκε μέχρι και το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C) είχε την μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό και ακολούθησε η Zhana που αρδεύτηκε κανονικά, η Zhana που αρδεύτηκε μετά το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B) έδωσε την μικρότερη απόδοση σε καρπό. Όσον αφορά, την σειρά 83 μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό έδωσαν τα φυτά που αρδεύτηκαν μετά το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B). Ο μάρτυρας 83, πλήρως αρδευόμενα φυτά ακολούθησαν και χαμηλότερη απόδοση σε καρπό έδωσαν τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι και το βιολογικό στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (C). Η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης αλλά και ούτε μεταξύ των δύο ποικιλιών. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσιάστηκε και στις δύο ποικιλίες, όπου η άρδευση ξεκίνησε μετά το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (B). Η απόδοση σε βιομάζα, ο δείκτης συγκομιδής (HI), ο αριθμός των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, το βάρος των χιλίων κόκκων, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ, το μήκος στάχων και το ύψος φυτών δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από τις διαφορετικές επεμβάσεις άρδευσης.

Όσον αφορά το βιολογικό στάδιο των φυτών παρουσίασε παρόμοια σχεδόν πορεία σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης και των 2 ποικιλιών. Τα πλήρως αρδευόμενα φυτά και τα φυτά που αρδεύτηκαν μέχρι το στάδιο εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου ολοκλήρωσαν γρηγορότερα τον βιολογικό κύκλο.

Το βιολογικό στάδιο από την εμφάνιση του τελευταίου φύλλου και σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, παρουσιάζει τη μέγιστη απόκριση στην εφαρμογή άρδευσης στο σκληρό σιτάρι και το βυνοποιήσιμο κριθάρι. Η αποδοτικότερη άρδευση ως προς την

χρονική επιλογή που θα πραγματοποιηθεί μέσα σε αυτό το στάδιο, φαίνεται πως είναι μέχρι το στάδιο της εμφάνισης γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου.

6.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T., Stellacci, A.M., 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 115, 179–190
- Altenbach, S.B., F. DuPont, K. Kothari, R. Chan, E. Johnson, and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in spring wheat. *Journal of Cereal Science* 37:9–20.
- Angus, J. F., and Moncur. M. W. (1977). Water stress and phenology of wheat. *Aus. J. Agric. Res.* 28, 171-181
- Angus, J.F. and M.W. Mongur. 1997. Water stress and phenology in wheat. *Australian Journal Agricultural Research* 28:177-181
- Araya, A., Stroosnijder, L., 2010. Effects of tied ridges and mulch on barley (*Hordeum vulgare*) rain water use efficiency and production in Northern Ethiopia. *Agric. Water Manage.* 97, 841-847.
- Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M., Zhang, Z., 2011 Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes *Agricultural Water Management*, 99, pp. 103-110
- Begg, J.E. and N.C. Turner 1976. Crop Water deficits. *Adv. Agron.* 28: 161-217.
- Bernal, J.D. 1965. The structure of water and its biological implications, in the state and movement of water in living organisms. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 19: 17-32
- Bertholdsson N.O., 1999. Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions. *Eur. J. Agron.* 10, 1-8
- Blum, A. 2005. Mitigation of drought stress by crop management. Available at: www.PlantStress.com
- Bole, J.B., and S. Dubetz. 1986. Effect of irrigation and N fertilizer on the yield and protein content of soft white spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 66:281–289.
- Boyer J.S. 1968. Relationship of Water Potential to Growth of Leaves. *Pl. Physiol.* 43: 1056-1062.

- Boyer JS. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46:233-235.
- Boyer, J.S. 1967. Leaf water potentials measurements with a pressure chamber. *Pl. Physiol.* 42, 133-137.
- Boyer, J.S. 1971. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. *Pl. Physiol.* 47, 816-820
- Boyer, J.S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agron.* 56: 188-218
- Cai T, Xu H, Peng D, Yin Y, Yang W, Ni Y, 2014. Exogenous hormonal application improves grain yield of wheat by optimizing tiller productivity. *Field Crops Res.* 2014; 155:172–183.
- Cantero-Martinez, C., Angas P., Lampurlanes, J., 2003. Growth, yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain. *Field Crops Res.* 84, 341-357.
- Dainty, J. 1963. Water relations of plant cells. *Adv. Bot. Res.* 1, 279-326
- Derouw, A., and Winkel, T. (1998). Drought avoidance by asynchronous flowering in pearl millet stands cultivated on-farm and on-station in Niger. *Exp. Agric.* 34: 19-39
- Dolferus R., Xuemei J.I., Richards R.A. 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals *Plant Science* 181 331-341.
- Duggan, B.L., Domitruk, D.R., Fowler, D.B., 2000. Yield component variation in winter wheat grown under drought stress. *Can. J. Plant Sci.* 80: 739–745
- White, M., Wilson, A., 2006. Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45, pp. 85-101
- Egli, D. 1998. *Seed Biology and the Yield of Grain Crops.* CAB International, New York
- Entz, M.H., and D.B. Fowler. 1989. Response of winter wheat to N and water: Growth, water use, yield and grain protein. *Canadian Journal Plant Science* 69:1135–1147.
- Fischer, R. A., D. Rees, K. D. Sayre, Z. M. Lu, A. G. Condon and A. L. Saavedra (1998) Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate and cooler canopies. *Crop Sci.* **38**, 1467–1475

- Gharmania, H. and J.W. Gowing. 2005. Effect of water stress on three wheat cultivars. ICID 21st European Regional Conference 2005 - 15-19 May 2005 – Frankfurt
- González, A., Ayerbe, L., 2010. Effect of terminal water stress on leaf epicuticular wax load, residual transpiration and grain yield in barley. *Euphytica* 172,341–349.
- González, A., I. Martin and L. Ayerbe (1999) Barley yield in water-stress condition. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Res.* **62**, 23–34.
- Gonzalez, A., I. Martin and L. Ayerbe 1998. Barley yield in water-stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Res.* 62, 23-34
- González, A., Martín, I., Ayerbe, L., 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: phenology, growth, and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 58, 29–37.
- Grashoff, C., D' antuono, L.F., 1977. Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley (*Hordeum vulgare* L.) *Eur.J.Agron.* 6, 275-293.
- Hagan, R.M. and H.R. Edminster, T.W. 1967. Irrigation of agricultural plants. *Am. Soc. of Agron.* 307-41.
- Han HF, Zhao DD, Shen JY, Lang K, Liu QR, Li QQ. Effect of irrigation amount and stage on yield and quality of winter wheat under wide-precision planting pattern. *Tran. CSAE* 2013; 29(14): 109–114
- Jabro, J.D., Iversen, W.M., Evans, R.G., Stevens, W.B., 2012. Water use and water productivity of sugarbeet, malt barley and potato as affected by irrigation frequency. *Argon. J.* 104, 1510-1516.
- Karamanos, A.J. & Gimenez, C. (1991). Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. *Options Méditerranéennes* 10, 79-90.
- Karamanos, A.J. 1981. The development of water deficits in plants. In *Water Stress on Plants* (ed. G.M. Simpson) pp. 34-88. PRAEGER, New York.
- Karamanos, A.J. 1984. Ways of detecting adaptive responses of cultivated plants to drought. An agronomic approach. In: *Being Alive on Land. Task for vegetation*

- science (ed. N.S. Margaris, M. Arianoustaki-Fargitaki and W.C. Oechel): 91-101
- Lambers, H., F.S. Chapin and T.L. Pons 1998. *Plant Physiological Ecology*. SpringerVerlag, New York, p.540.
- Li, X. P., A.M. Gilmore, S. Caffarri, R. Bassi, T. Golan, D. Kramer and K.K. Niyogi. 2004. Regulation of photosynthetic light harvesting involves intrathylakoid lumen pH sensing by the PsbS protein. *Journal of Biological Chemistry* 279: 22866-22874
- Reynolds, M.J. Foulkes, R. Furbank, S. Griffiths, J. King, E. Murchie, G. Slafer Achieving yield gains in wheat *Plant Soil Environ.*, 35 (2012), pp. 1799-1823
- Mamnouie, E., R. F. Ghazvini, M. Esfahany and B. Nakhoda. (2006). The Effects of Water Deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Journal of Agriculture. Science and Technology* 8: 211-219
- Mullet, J.E. and M.S. Whitsitt 1996. Plant cellular responses to water deficit. *Plant Growth Regul.* 20: 119-124
- Naghaii, V., Asgharipour, M.R., 2011. Difference in drought stress responses of 20 barley genotypes with contrasting drought tolerance during grain filling. *Advances in Environmental Biology* 5(9): 3042-3049.
- Newman, E.I. 1966. Relationship between root growth of flax and soil water potential. *New Phytol.*, 273-83
- 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
- Ozturk, A. & Aydin, F., 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *J. Agron.Crop Sci.* 190, 93-99.
- Plaut Z., B.J. Butow, C.S. Blumenthal and C.W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research* 86: 185–198.
- Puri, Y.P., M.F. Miller, R.N. Sah, K.G. Baghott, E. Fereres-Castel, and R.D. Meyer. 1989. Response surface analysis of the effects of seeding rates, N-rates and irrigation on durum wheat. II. Protein yield and grain quality. *Phyton (Buenos Aires)* 49:41–59.

- Xue, Q.W., Zhu, Z., Musick, J.T., Stewart, B., Dusek, D., 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation J. Plant Physiol., 163 ,pp. 154-164
- Ruiter J.M. (1999). Yield and quality of malting barley (*Hordeum vulgare* L. “Valetta”) in response to irrigation and nitrogen fertilization. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol. 27: 307-317
- Singh, S., Gupta, A.K., Kaur, N., 2012. Differential responses of antioxidative defence system to long-term field drought in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes differing in drought tolerance J. Agron. Crop Sci., 198, pp. 185-195
- Sadras, V.O., Angus, J.F., 2006. Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. Aust. J. Agric. Res. 57, 847–856.
- Saini, H. S. (1997). Effects of water stress on male gametophyte development in plants. Sex. Plant Reprod. 10: 67-73
- Saini, H., Westgate, M.E., 2000. Reproductive development in grain crops during drought. Adv. Agron. 68, 59–96.
- Saint Pierre, C., Peterson, J., Ross, A.S., Verhoeven, M.C., Larson, M. & Hoferwhite, R., 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. Agron. J. 100, 414-420
- Salter, P. J., and Goode, J. E. (1967). “Crop Responses to Water at Different Stages of Growth,” Res Rev. No. 2. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England
- Sayre, K.D., Rajaram S., Fischer A. R., 1997. Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico Crop Science, 37, pp. 36-42
- Scholander, P.F., H.T. Hammel, E.A. Hemmingen and E.D. Bradstreet 1964. Hydrostatic Pressure and Osmotic Potential in leaves of Mangroves and some other plants. Proc. Nat. Acad. Sci., U.S.A. 52: 119-125.
- Seiler, C., Harshavardhan, V.T., Reddy, P.S., Hensel, G., Kumlehn, J., EschenLippold, L., Rajesh, K., Korzun, V., Wobus, U., Lee, J., Selvaraj, G., Sreenivasulu, N., 2014. Abscisic acid flux alterations result in differential abscisic acid signaling responses and impact assimilation efficiency in barley under terminal drought stress. Plant Physiol. 164, 1677–1696.
- Shao. L W Shao, X Y Zhang, H Y Sun, S Y Chen, Y M Wang. 2011. Yield and water use response of winter wheat to winter irrigation in the North China Plain Journal of Soil and Water Conservation, 66 (2011), pp. 104-113

- Singh, T., L. Paleg and D. Aspinall. 1973. Stress metabolism variations in response to water deficit in the barley plants. *Cab. Abstract*. p: 1972-1975.
- Slafer, G.A., Whitechurch, E.M., 2001. Manipulating wheat development to improve adaptation and to search for alternative opportunities to increase yield potential. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A.(Eds.), *Application of Physiology on Plant Breeding*. CYMMIT, Mexico,DF, pp. 160–170
- Slatyer R.O. and S.A. Taylor, 1960. Terminology in Plant-and Soil- Water Relations. *Nature*, 187: 922-924
- Slatyer, R.O. 1967. *Plant-Water Relationships*. Academic Press, London, New York
- Terman, G.L., R.E. Ramig, A.F. Dreier, and R.A. Olson. 1969. Yield– protein relationships in wheat grain, as affected by N and water. *Agronomy Journal* 61:755–759
- Turner, R.E., 1997. Testing hypotheses about causes for coastal land loss in the Northern Gulf of Mexico. *Estuaries* 20: (in press).
- Tyree, M.T., J. Dainty and D.M. Hunter 1974. The water relations of hemlock (*Tsuga Canadensis*) IV. The dependence of the balance pressure on the temperature as measured by the pressure-bomb technic. *Can. J. Bot.* 5: 973-978.
- Shearman,V.J., Sylvester-Bradley,R., Scott R.K., Foulkes, M.J., 2005. Physiological progress associated with wheat yield progress in the UK *Crop Science*, 45 , pp. 175-185
- Vahamidis, P., Stefopoulou, A., Kotoulas, V., Lyra, D., Dercas, N., Economou, G., 2017. Yield, grain size, protein content and water use efficiency of null-LOX malt barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Field Crops Research* 206: 115-127.
- Vos, N.M. and J. Sinke. 1981. De vooruitgang in opbrengst bij wintertarwe in de periode 1940-1980. *Bedrijfsontwikkeling* 12: 615-618.
- Wang XY, He MR, Li F, Liu YH, Zhang HH, Liu CG (2008c) Coupling effects of irrigation and nitrogen fertilization on grain protein and starch quality of strong-gluten winter wheat. *Front Agric China* 2:274-280
- Wang XY, Yu ZW (2009) Effects of irrigation on nitrogen metabolism and grain quality in winter wheat. *Acta Bot Boreal–Occident Sin* 29:1415-1420.
- Wang, Q., J. Chen and Y. Li. 2004. Nondestructive and rapid estimation of leaf chlorophyll and nitrogen status of peace lily using a chlorophyll meter. *Journal of Plant Nutrition* 27: 557-569

- Wang, Z., Li, S., Vera, C.L., Malhi, S.S., 2005. Effects of water deficit and supplemental irrigation on winter wheat growth, grain yield and quality, nutrient uptake, and residual mineral nitrogen in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 1405–1419
- Waring, R.H. and B.D. Cleary 1976. Plant moisture stress: evaluation by pressure bomb. *Science* 155: 1248-1254
- Warren Wilson, J. 1967. The components of leaf water potential. I. Osmotic and matric potentials. *Aust. J. Biol. Sci.* 20, 329-347
- Weatherley, R.E. 1965. Water in the leaf. In *The State and movement of water in living organisms*. Symp. Soc. Exp. Biol. 19: 157-84. London, Cambridge University Press.
- Westgate, M.E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. *Crop Science* 34: 76–83.
- Wiebe, H.H. 1960. Matric potentials of several plant tissues and biocolloids. *Plant Physiol.* 41: 1439-1442
- Winkel, T., Renno, J. F., and Payne, W. A. (1997). Effect of timing of water deficit on growth, phenology and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L) r br) grown in sahelian conditions. *J Exp Bot.* 48: 1001 – 1009
- Wopereis, M. C. S., Kropff, M. J., Maligaya, A. R., and Tuong, T. P. (1996). Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. *Field Crops Res.* 46: 21-39.
- Wu, F.Z., W.K. Bao, F.L. Li and N. Wu. 2008. Effects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of *Sophora davidii* seedlings. *Photosynthetica* 46: 40-48.
- Xu C, Tao H, Tian B, Gao Y, Ren J, Wang P., 2018. Limited-irrigation improves water use efficiency and soil reservoir capacity through regulating root and canopy growth of winter wheat. *Field Crops Research.* 2016;196:268–275.
- Yamada, H., J. St.Andre and R.M.Hoover. 1972. Effects of irrigation and fertilizer on INIA 66 wheat. *California Agriculture* 26:9–10
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.
- Zare, M., Azizi, M.H., Bazrafshan, F., 2011. Effect of drought stress on some agronomic traits in ten barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Technical of Engineering and Applied Sciences*, 13: 57-62.

Zhang X, Wang Y, Sun H, Chen S, Shao L. Optimizing the yield of winter wheat by regulating water consumption during vegetative and reproductive stages under limited water supply. *Irrigation Science*. 2012;31(5):1103–1112.

Zinselmeier C., M.J. Lauer, J.S. Boyer 1995 Reversing drought-induced losses in grain yield: sucrose maintains embryo growth in maize, *Crop Sci*. 35: 1390–1400

6.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ετήσια γεωργική στατιστική έρευνα για το έτος 2016, ΕΛΣΤΑΤ, www.statistics.gr

Καραμάνος Α.Ι., 2008. Τα Σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 342 σελ.

Παπαστεφάνου, Σ., 1979. Χημικοτεχνική έρευνα κριθής. Εισηγήσεις σε θέματα σιτηρών. Φεβρουάριος 1979. Δελτίο Ινστ. Σιτηρών.

Τερζίδης ,Γ.Α.και Ζ.Γ.Παπαζαφειριου 1997. Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.