

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ 2015-2016
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑ, ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε φυσιολογικά, αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά βυνοποιήσιμων ποικιλιών κριθαριού»



Χρήστος Κ. Βλάχος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Γαρυφαλλιά Οικονόμου – Αντώνικα

ΑΘΗΝΑ 2018

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ 2015-2016
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑ, ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε φυσιολογικά, αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά βυνοποιήσιμων ποικιλιών κριθαριού»

Χρήστος Κ. Βλάχος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Γαρυφαλλιά Οικονόμου – Αντώνακα

ΑΘΗΝΑ 2018

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ 2015-2016
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑ, ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε φυσιολογικά, αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά βυνοποιήσιμων ποικιλιών κριθαριού»

Χρήστος Κ. Βλάχος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Επιβλέπουσα: Οικονόμου – Αντώνικα Γαρυφαλλιά, Καθηγήτρια

Μέλος: Καραμπουρνιώτης Γεώργιος, Καθηγητής

Μέλος: Δέρκας Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την καλλιεργητική περίοδο 2015-2016 σε στέγαστρο εντός του πειραματικού αγρού του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, μελετήθηκε η επίδραση της έλλειψης νερού στα φυσιολογικά, αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των βυνοποιήσιμων ποικιλιών κριθαριού “RGT Planet”, “Grace” και “Zhana”. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot design) με τέσσερις επαναλήψεις. Ως κύρια τεμάχια χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις γονότυποι του κριθαριού (RGT Planet, Grace και Zhana) και ως υποτεμάχια επιλέχθηκαν οι τρεις μεταχειρίσεις του νερού (επίπεδα εδαφικής υγρασίας).

Τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας, διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με την απόστασή τους από την πηγή του νερού (σταλακτηφόρος αγωγός 16mm). Επαρκώς αρδευόμενη θεωρήθηκε η ζώνη του τεμαχίου που γειτνιάζε με τον σταλακτηφόρο αγωγό (υποτεμάχιο Α), ενώ ελάχιστα αρδευόμενη θεωρήθηκε η ζώνη που βρισκόταν στη μεγαλύτερη απόσταση από αυτόν (υποτεμάχιο C). Το ενδιάμεσο επίπεδο άρδευσης (υποτεμάχιο Β) βρισκόταν μεταξύ των δύο ακραίων ζωνών του τεμαχίου.

Στο παρόν πείραμα κατά την διάρκεια της καλλιέργειας και μετά το τέλος αυτής μελετήθηκε η επίδραση της υδατικής καταπόνησης, στον βιολογικό κύκλο των φυτών, στο υδατικό δυναμικό των φύλλων, στην απόδοση σε καρπό και βιομάζα, στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ, αλλά και στον αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, στο βάρος χιλίων κόκκων και στον συντελεστή συγκομιδής. Επίσης, εξετάστηκε πως τα διαφορετικά επίπεδα εδαφικής υγρασίας επηρέασαν την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη καθώς και το μέγεθος των κόκκων. Συγκεκριμένα, ως προς το μέγεθος των σπόρων μελετήθηκε ο ρυθμός και η διάρκεια γεμίματος του σπόρου, η κατάταξη των σπόρων σε κλάσεις μεγέθους για την καταλληλότητά τους ή όχι για βυνοποίηση, ενώ τέλος μετρήθηκε το βάρος των καρπών ανά θέση στην ράχη του στάχου.

Οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού και στις τρεις ποικιλίες ήταν οι αναμενόμενες, καθώς το υδατικό δυναμικό μειωνόταν όσο μεγαλύτερη ήταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης. Η ποικιλία Grace παρουσίασε τις πιο υψηλές τιμές ενώ αντίθετα τις πιο αρνητικές τιμές υδατικού δυναμικού κατέγραψε η ποικιλία RGT Planet. Επιπροσθέτως, διαπιστώθηκε επιτάχυνση του βιολογικού κύκλου και των τριών ποικιλιών κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, με ταχύτερη είσοδο στο στάδιο της άνθησης, ωστόσο τα φυτά όλων των υποτεμαχίων έφτασαν σχεδόν μαζί στην πλήρη άνθηση.

Τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση (επίπεδα Β & C), είχαν σημαντικά μικρότερη απόδοση σε καρπό, σε βιομάζα και σε αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο από αυτά που αρδευόνταν. Στα επαρκώς αρδευόμενα υποτεμάχια η RGT Planet ήταν πιο αποδοτική, ενώ σε συνθήκες μέγιστης υδατικής καταπόνησης η Zhana έδωσε υψηλότερες αποδόσεις. Επίσης, η ποικιλία Zhana παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερο συντελεστή συγκομιδής από την ποικιλία Grace.

Στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν, η υδατική καταπόνηση δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη.

Όσον αφορά το μέγεθος των σπόρων, ο ρυθμός γεμίσματος ήταν σημαντικά αυξημένος στα μη καταπονημένα φυτά (επίπεδο Α) σε σχέση με τα εντόνως καταπονημένα (επίπεδα C). Το ποσοστό των μη επιθυμητών για βυνοποίηση σπόρων (<2,2mm) ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στην ποικιλία Grace από την Zhana.

Τέλος, όπως αναμενόταν, το βάρος των καρπών στο μέσον της ράχης του στάχου ήταν μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στη βάση και στην κορυφή των στάχων. Η ποικιλία Zhana εμφάνισε σταθερά το μεγαλύτερο βάρος καρπών ανά θέση με τις RGT Planet και Grace να έπονται.

Λέξεις κλειδιά: Βυνοποιήσιμο κριθάρι, υδατική καταπόνηση, ποικιλίες, βιολογικός κύκλος, υδατικό δυναμικό, απόδοση, πρωτεΐνη, ρυθμός γεμίσματος, μέγεθος σπόρου

ABSTRACT

The influence of drought stress on the agronomic and quality characteristics of the malting barley varieties "RGT Planet", "Grace" and "Zhana" was studied during the 2015-2016 growing season in the experimental field of the Agricultural University of Athens. The selected experimental design was that of split-plot design with four repetitions. Three genotypes of barley (RGT Planet, Grace and Zhana) were used as the main blocks, and three water treatments (level of soil water content) were assigned as subsections.

The levels of soil water content varied according to their distance from the water source (16 mm drip irrigation line). The subsection A which was adjacent to the drip irrigation line, was considered sufficiently irrigated, while the most distant subsection (subsection C) was considered to be less irrigated. The subsection B which was located between the subsections A and C and considered intermediate irrigated.

This experiment studied the effect of drought stress during the biological cycle of plants, the leaf water potential, the grain yield and biomass, the number of seeds per barley ear, the number of spikes per square meter, as well as the weight of one thousand grains and the harvest index. The way that different levels of soil water content affected the protein content of the seeds and the size of the grains was also examined. Specifically, the grain size was measured through the grain filling duration, the grading of the seeds in side classes according to their suitability for malting and the grain weight per each position on the spine.

The water potential measurements for all three varieties were as expected given that the water potential decreased more and more, while the drought stress level was increased. The highest and lowest water potential values were observed for the plants of the Grace and RGT Planet varieties respectively. In addition, all three varieties were found to reach the beginning of the flowering stage quite fast

Water-treated plants (subsections B & C) had significantly less grain and biomass yield as well as spikes per square meter of irrigation. Also, the Zhana variety showed a significantly higher harvest index than the Grace variety.

For all three varieties examined, was found that there was no statistically significant correlation between the drought stress and the protein content of the seeds.

As far as the seed size is concerned, the filling rate was significantly increased for non-stressed plants (subsections A) compared to the highly stressed (subsections C). The percentage of inappropriate seeds for malting (<2.2mm) was significantly higher in the Grace variety than Zhana.

Finally, the average weight for the seeds in the middle of the spike was measured higher than the average seed weights of both the base and peak of the spike. It was also noted that variety Zhana's seeds were the heaviest among all other varieties, for each part of the spike.

Keywords: Malting barley, drought stress, varieties, biological cycle, water potential, grain yield, protein, filling rate, seed size

Όλα εκείνα ἦσαν ἰδικά μου. Οἱ λόγγοι, αἱ φάραγγες, αἱ κοιλάδες, ὅλος ὁ αἰγιαλός, καί τὰ βουνά. Τό χωράφι ἦτον τοῦ γεωργοῦ μόνον εἰς τὰς ἡμέρας πού ἤρχετο νά ὀργώσῃ ἢ νά σπείρῃ, κ' ἔκαμνε τρίς τό σημεῖον τοῦ Σταυροῦ, κ' ἔλεγεν: «Εἰς τό ὄνομα τοῦ Πατρός καί τοῦ Υἱοῦ καί τοῦ Ἁγίου Πνεύματος, σπέρνω αὐτό τό χωράφι, γιά νά φᾶνε ὅλ' οἱ ξένοι κ' οἱ διαβάτες, καί τὰ πετεινά τ' οὐρανοῦ, καί νά πάρω κ' ἐγώ τόν κόπο μου!».

Αλέξανδρου Παπαδιαμάντη Όνειρο στο κύμα



Εικόνα εξωφύλλου: «ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΚΑΙ ΘΕΡΙΣΜΟΣ» ἔργο της ζωγράφου Σοφίας Βλάχου ζωγραφισμένο πάνω σε ξύλο (2012)

Εικόνα 7^{ης} σελίδας: «Ἡ θεά της Γεωργίας Δήμητρα» ἔργο του ζωγράφου Θεόφилου Κεφαλά – Χατζημιχαήλ (1933)

Στους γονείς μου
Κωνσταντίνο και Παναγούλα
και στην αδελφή μου Αγγελική

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στην Καθηγήτρια του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κυρία 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 του Εργαστηρίου Φυσιολογίας & Μορφολογίας Φυτών κ. Γεώργιο Καραμπουρνιώτη και τον Αν. Καθηγητή του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής κ. Νικόλαο Δέρκα για την συμμετοχή τους τόσο στην εξέταση και βαθμολόγηση της εν λόγω εργασίας όσο και στην συμμετοχή τους σε διάφορα στάδια του πειράματος. Ακόμη, πολύτιμη ήταν η συνεισφορά του Καθηγητή Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας κ. Ιωάννη Τσίρου, του Εργαστηρίου Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας όπως και του Αστεροσκοπείου Αθηνών στην συλλογή απαραίτητων για την επιτυχή διεξαγωγή του πειράματος στοιχείων.

Ιδιαίτερος θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Δρ. Πέτρο Βαχαμίδα για την αδιάκοπη συνδρομή του, την συμπαράσταση, την βοήθεια αλλά και το έντονο προσωπικό ενδιαφέρον που έδειξε από την αρχή έως την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής καθοδηγώντας με προσεκτικά και ανοίγοντάς μου νέους δρόμους στην επιστημονική έρευνα.

Επιπροσθέτως, επιθυμώ να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου Ιωάννη Θωμόπουλο, Ελευθέριο Στύλια, Ελισσαίο Μανιάτη και Αγησίλαο Θεοδωρόπουλο που στάθηκαν άξιοι συνοδοιπόροι καθ' όλη την διάρκεια αυτού του ταξιδιού όπως και τους υπόλοιπους συμφοιτητές και προσωπικό του Εργαστηρίου Γεωργίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδελφή μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους, την υλική αλλά κυρίως την ηθική, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση και επιτυχής ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	6
Ευχαριστίες.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 ΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ.....	13
1.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	13
1.2.1 ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	15
1.2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ.....	16
1.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	18
1.2.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ	19
1.2.5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΒΙΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ.....	21
1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ.....	22
1.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ.....	24
1.4.1 Η ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΣΤΟΝ ΚΑΡΠΟ.....	24
1.4.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ (ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ).....	26
1.5 ΒΥΝΟΖΥΘΟΠΟΪΑ.....	28
1.5.1 ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΥΝΟΖΥΘΟΠΟΪΑ.....	28
1.5.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	29
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	29
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	30
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	30
2.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	30
2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ.....	30
2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	33
2.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	33
2.2.2 ΣΠΟΡΑ.....	33
2.2.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	33
2.2.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ.....	33
2.2.5 ΛΙΠΑΝΣΗ.....	33
2.2.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	34
2.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	35
2.3.1 ΣΤΕΓΑΣΤΡΟ.....	35
2.3.2 ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	35

2.3.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	35
2.3.4 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	36
2.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	37
2.4.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ	37
2.4.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΦΥΛΛΩΝ	38
2.5 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	38
2.6 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	39
2.6.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ	39
2.6.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ.....	39
2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	40
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	44
3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	44
3.2. ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ.....	45
3.2.1 ΕΔΑΦΙΚΟ ΝΕΡΟ	45
3.2.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΦΥΛΛΩΝ	47
3.3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ	50
3.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ	53
3.4.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ.....	53
3.4.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	55
3.4.3 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΠΟΡΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ	57
3.4.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ.....	59
3.4.5 ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	61
3.4.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ (HARVEST INDEX).....	63
3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	64
3.5.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ.....	64
3.5.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ.....	66
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	83
4.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ	83
4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	84
4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ	93
4.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ	94
4.4.1 ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ.....	94
4.4.2 ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ.....	95
4.4.3 ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΑΝΑ ΘΕΣΗ.....	98
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100

6.1 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
6.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109
6.3 ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	110

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) ανήκει στην φυλή *Hordeae* και το γένος *Hordeum* στο τμήμα *Cerealia*, στην οικογένεια των αγρωστωδών (*Poaceae*) και είναι διπλοειδές ($2n=14$). Παλαιότερα οι διάφορες μορφές του καλλιεργούμενου κριθαριού θεωρούνταν διαφορετικά είδη. Έτσι, τα εξάστοιχα κριθάρια ονομάζονταν *Hordeum hexastichum* L., τα τετράστοιχα *Hordeum vulgare* L. και τα δίστοιχα *Hordeum distichum* L. Πιο συνηθισμένη ήταν η διάκριση σε δύο είδη, τα *Hordeum polystichum* L. (εξάστοιχα και τετράστοιχα) και *Hordeum distichum* L. (δίστοιχα). Το γεγονός ότι οι διάφοροι τύποι καλλιεργούμενων κριθαριών μπορούν να αλληλοδιασταυρώνονται εύκολα και να δίνουν γόνιμους απογόνους, όπως επίσης ότι οι παρατηρούμενες μορφολογικές διαφορές οφείλονται συνήθως σε διαφορές 1-2 γόνων, συνηγορούν για την ένταξη όλων των τύπων σε ενιαίο είδος, το *Hordeum vulgare* (L.) emend. ή *Hordeum sativum* Jess. Οι επί μέρους τύποι θεωρούνται ως υποείδη του ενιαίου είδους. Για παράδειγμα, τα εξάστοιχα κριθάρια ανήκουν στο *Hordeum vulgare* ssp. *hexastichon*, τα δίστοιχα στο *Hordeum vulgare* ssp. *distichon*, κλπ. (Briggs, 1978).

Οι ποικιλίες βάσει των φυσιολογικών τους διαφορών χαρακτηρίζονται χειμερινές ή εαρινές. Επίσης, με βάση την χρήση τους διακρίνονται σε κτηνοτροφικές, ζυθοποιίας και διπλής χρήσης (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2008). Ακόμη, διαφέρουν ως προς την πρωιμότητα, την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, την περίοδο του ληθάργου του σπόρου, την αντοχή τους στο ψύχος, την ξηρασία, την αλατότητα, τους εχθρούς και τις ασθένειες. Έχει βρεθεί ότι κοντόσωμες ποικιλίες παρουσιάζουν οψίμιση αλλά και ευαισθησία σε ασθένειες (Stoskopf, 1985). Επιπροσθέτως, έχει διαπιστωθεί ότι ποικιλίες με μέση σταθερότητα στο ύψος έδειξαν να έχουν υψηλές αποδόσεις και σε ευνοϊκές αλλά και σε δυσμενείς συνθήκες (Μπλαδενόπουλος, 2002).

Το κριθάρι αποτελεί το δεύτερο σε σπουδαιότητα χειμερινό σιτηρό μετά το σιτάρι και κατατάσσεται τέταρτο από άποψη ύψους παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα μετά το σιτάρι, το ρύζι και το καλαμπόκι (Μπλαδενόπουλος και Ματσούκας, 2000). Η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση με κριθάρι το 2014 ανήλθε στα 490 εκατομμύρια στρέμματα με συνολική απόδοση 144 εκ. τόνους. Με την μέση παγκόσμια απόδοση να φτάνει περίπου τα 290 kg/στρ. Στην Ευρώπη το 2014 καλλιεργήθηκε το 64,8% της παγκόσμιας παραγωγής κριθαριού με την Ρωσία να παράγει 20 εκ. τόνους. Ακολούθησαν κατά φθίνουσα σειρά η Γαλλία, η Γερμανία, η Αυστραλία, η Ουκρανία, ο Καναδάς, ενώ μικρότερες αλλά σημαντικές ποσότητες παρήχθησαν στην Τουρκία και στις ΗΠΑ. Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί τα τελευταία χρόνια μικρή αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Συγκεκριμένα, από τα 1.120.000 στρ. το 2010, η καλλιεργούμενη έκταση αυξήθηκε σε 1.830.00 στρ. το 2014 με την μέση απόδοση να φτάνει τα 260 kg/στρ (FAOSTAT 2014).

1.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

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 νωπού 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.

1.2.1 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 στ κυτόπλασμα. 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).

1.2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΛΑΦΟΣ

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Τα φυτά παίρνουν το νερό από το έδαφος. Το έδαφος, 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 $\Psi_{\text{εδάφους}}$ 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 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. Βέβαια η ποσότητα του νερού που υπάρχει στο έδαφος εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τη δομή του και τη σύστασή του. Για παράδειγμα, τα αργιλώδη εδάφη συγκρατούν περισσότερο νερό, αλλά τα μέσης σύστασης είναι αυτά που περιέχουν περισσότερο νερό διαθέσιμο στα φυτά (Σιδηράς, 1994). Όσον αφορά το νερό που αποθηκεύεται στο έδαφος,

καθοριστική είναι η σημασία των 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).

1.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

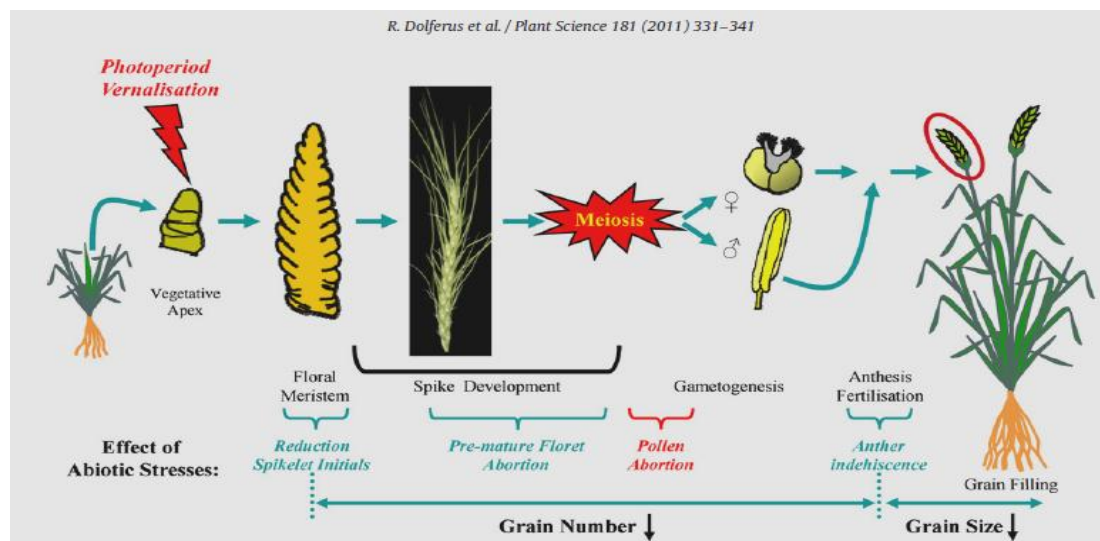
Τα κύτταρα και οι ιστοί θεωρούνται ελλειμματικοί ως προς το νερό όταν δεν είναι σε πλήρη σπαργή (Crafts, 1968; Kramer, 1969). Ο Kramer (1969) θεωρεί ταυτόσημους τους όρους υδατική καταπόνηση και υδατικό έλλειμμα. Η ανάπτυξη του φυτού ελέγχεται άμεσα από τα υδατικά ελλείμματα του φυτού και έμμεσα από τα υδατικά ελλείμματα της ατμόσφαιρας και του εδάφους.

Σε αρκετές περιπτώσεις κατά την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου τα φυτά εκτίθενται σε αντίξοες συνθήκες, οι οποίες επηρεάζουν δυσμενώς τόσο την ανάπτυξη όσο και την ίδια τους την επιβίωση. Ο όρος καταπόνηση αναφέρεται στην επίδραση δυσμενών παραγόντων του περιβάλλοντος, οι οποίοι τείνουν να παρεμποδίσουν την εύρυθμη λειτουργία φυσιολογικών μηχανισμών. Επομένως, η εμφάνιση δυσλειτουργιών σε ένα φυτικό οργανισμό, που εκφράζονται ως αποκλίσεις από τα κανονικά επίπεδα λειτουργίας, αποτελεί ένδειξη ύπαρξης παραγόντων καταπόνησης στο περιβάλλον του. Στις περισσότερες περιπτώσεις η καταπόνηση εκτιμάται μέσω του παραγόμενου γεωργικού προϊόντος, της επιβίωσης του φυτού, της συσσώρευσης βιομάζας και του ρυθμού αφομοίωσης. Κάθε φυτικός οργανισμός έχει προσαρμοστεί μέσω της εξέλιξης και αναπτύσσεται χωρίς προβλήματα μέσα σε άριστες συνθήκες. Σε περίπτωση που παραβιαστούν τα βέλτιστα αυτά όρια, ο φυτικός οργανισμός θα επιβαρυνθεί και θα εμφανίσει τα πρώτα συμπτώματα καταπόνησης. Συνήθως ένας παράγοντας καταπόνησης επηρεάζει περισσότερο άνω της μιας φυσιολογικής λειτουργίας. Από την άλλη μεριά η αλληλεπίδραση περισσότερων του ενός παραγόντων καταπόνησης δημιουργεί εξαιρετικά πολύπλοκες φυσιολογικές αντιδράσεις στα φυτά. Οι καταπονήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο σε επίπεδο γεωργικής παραγωγής, αφού έχει υπολογιστεί ότι σε συνθήκες αγρού οι αποκλίσεις από τις ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης έχουν ως αποτέλεσμα το καθαρό προϊόν να αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό, περίπου 20-30% αυτού που μπορεί εν δυνάμει να παραχθεί, λαμβάνοντας υπόψη τη γενετικά καθοριζόμενη μέγιστη απόδοση κάθε καλλιεργούμενου φυτού (Buchanan *et al.*, 2000).

Στην περίπτωση όπου επικρατούν συνθήκες ξηρασίας τα φυτά θέτουν σε λειτουργία μηχανισμούς για να αντιμετωπίσουν την αφυδάτωση αφού διαταράσσεται ο ρυθμός πρόσληψης νερού και συνεπώς δεν εναρμονίζεται με τον ρυθμό διαπνευστικών απωλειών. Η υδατική καταπόνηση προκαλείται σε συνθήκες έντονης ξηρασίας και έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση βασικών φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών μέσω της αφυδάτωσης των κυττάρων (Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012).

Το νερό αναγνωρίζεται ως ένας από τους μεγαλύτερους περιοριστικούς παράγοντες στην περιοχή της Μεσογείου. Στις περιοχές αυτές, οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς, κατανέμονται άνισα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μεταβάλλονται από έτος σε έτος. Αρκετές αλλαγές συμβαίνουν στα δημητριακά ως

απόκριση στην υδατική καταπόνηση. Αυτές οι μεταβολές περιλαμβάνουν αύξηση της σύνθεσης ABA, η οποία είναι μεγαλύτερη, το κλείσιμο των στομάτων και την αναστολή ανάπτυξης των φύλλων (Chaves *et al.*, 2003; Seiler *et al.*, 2014). Ο επιφανειακός κηρός των φύλλων αυξάνεται, έχουμε υδραυλικές και στοματικές ανατομικές μεταβολές, η οσμωτική ρύθμιση οδηγεί σε μείωση του δυναμικού νερού και έχουμε και μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Chaves *et al.*, 2009; González and Ayerbe, 2010; Bresta *et al.*, 2011; Schmid *et al.*, 2015).



Εικόνα 1.2.3. Σχηματική απεικόνιση του αναπαραγωγικού κύκλου των σιτηρών και επίδραση της καταπόνησης στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (Dolferus *et al.*, 2011).

1.2.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ

Οι μηχανισμοί αντιμετώπισης της ξηρασίας από τα φυτά ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες. Την αποφυγή της ξηρασίας, την αντοχή στην ξηρασία με διατήρηση χαμηλού δυναμικού και την αντοχή στην υδατοκαταπόνηση με υψηλό υδατικό δυναμικό (Simpson, 1981; Boyer, 1996).

Στην πρώτη αυτή περίπτωση (αποφυγή της ξηρασίας) τα φυτά συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο πριν παρουσιαστούν σοβαρές ελλείψεις νερού στο έδαφος ή στο φυτό. Οι ποικιλίες που αποφεύγουν την ξηρασία είναι συνήθως πρώιμες. Φυτά γρήγορης και μη καθορισμένης ανάπτυξης προσαρμόζονται καλύτερα στην αποφυγή της ξηρασίας (Hale and Orcutt, 1987). Επίσης τα φυτά παρουσιάζουν πλαστικότητα στην ανάπτυξη (Nielsen and Orcutt, 1996). Αναφέρονται οι περιπτώσεις των φυτών των μεσογειακών κλιμάτων, τα οποία παρουσιάζουν την ικανότητα ανάπτυξης σε χαμηλή θερμοκρασία όταν το νερό δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, καθώς επίσης των εφήμερων φυτών της ερήμου που μεγαλώνουν και αναπαράγονται σε περιόδους με αρκετή βροχόπτωση και παράγουν σπόρους που παραμένουν σε λήθαργο κατά την διάρκεια της ξηρασίας.

Όσον αφορά την αντοχή στην ξηρασία με διατήρηση χαμηλού δυναμικού, εδώ διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση τα φυτά διατηρούν την πίεση σπαργής και στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα φυτά που παρουσιάζουν αντοχή στην αποξήρανση. Τα φυτά με αυτούς τους τύπους αντοχής συνεχίζουν τις μεταβολικές τους δραστηριότητες σε χαμηλό υδατικό δυναμικό. Η διατήρηση της

σπαργής μπορεί να γίνει με οσμωρύθμιση και με την αυξημένη ελαστικότητα των ιστών (Karamanos, 1981). Διακρίνουμε τρεις τύπους οσμωρύθμισης. Στον πρώτο τύπο η οσμωρύθμιση επιτυγχάνεται με αύξησης των διαλυτών ουσιών (σάκχαρα, προλίνη, αλκαλοειδή) στο χυμοτόπιο. Στο δεύτερο τύπο επιτυγχάνεται με αλλαγή της σχέσης αποπλαστικού και συμπλαστικού νερού και συγκεκριμένα με την μείωση του συμπλαστικού νερού, ενώ ο τρίτος τύπος είναι συνδυασμός των άλλων δύο. Με αυτούς τους τρόπους επιτυγχάνεται μείωση του οσμωτικού δυναμικού των κυττάρων. Με την οσμωρύθμιση διατηρείται η σπαργή ακόμη και στην περίπτωση της υδατοκαταπόνησης και τα στομάτια συνεχίζουν να μένουν ανοιχτά (Simpson, 1981; Taylor *et al.*, 1983; Hale and Orcutt, 1987; Nielsen and Orcutt, 1996; Turner, 1997). Επίσης, όσο μεγαλύτερη είναι η ελαστικότητα κυτταρικών τοιχωμάτων, τόσο πιο ομαλή είναι η μείωση του υδροστατικού δυναμικού κατά την αφυδάτωση, που σημαίνει μεγαλύτερη αντοχή στην αφυδάτωση (Karamanos, 1984).

Η τρίτη κύρια κατηγορία, όπως ειπώθηκε παραπάνω, είναι η αντοχή των φυτών στην υδατοκαταπόνηση με υψηλό υδατικό δυναμικό. Η αντοχή στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται με την μείωση των απωλειών του νερού και την αύξηση της απορρόφησης του (Nielsen and Orcutt, 1996). Παράλληλα αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με αποθήκευση νερού σε φυτικούς ιστούς όπως συμβαίνει στα κακτοειδή (Simpson, 1981; Malinowski and Belesky, 2000).

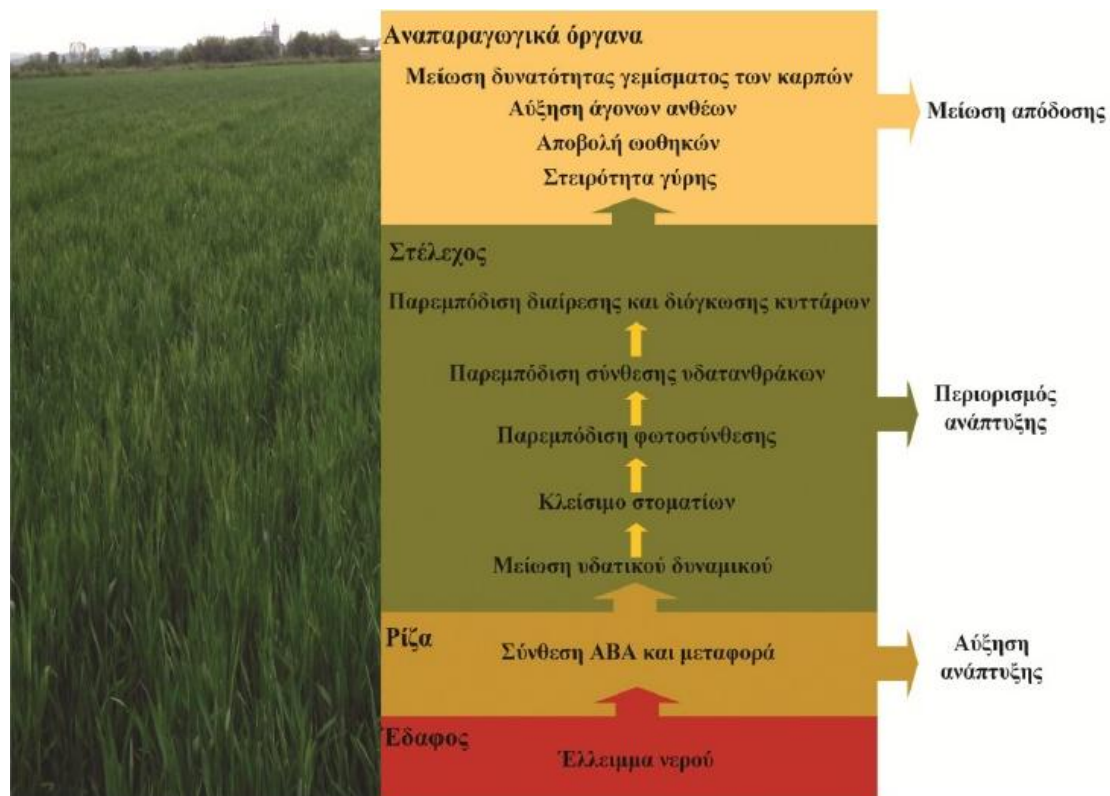
Η διατήρηση υψηλού υδατικού δυναμικού μπορεί να επιτευχθεί και με την αύξηση της ικανότητας απορρόφησης και μεταφοράς νερού στα στελέχη. Φυτά με βαθύ ριζικό σύστημα έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν νερό μέχρι η ξηρασία να γίνει πολύ έντονη και να φτάσει μέχρι τα βαθιά εδαφικά στρώματα. Ταυτόχρονα, ο ρυθμός αύξησης του ριζικού συστήματος επηρεάζει την αντοχή στην ξηρασία. Μειωμένη αντίσταση στην κίνηση του νερού διαμέσου των ριζών και του αγωγού συστήματος των βλαστών με αύξηση των αγγείων ή της διαμέτρου των αγγείων, οδηγεί σε διατήρηση της απορρόφησης νερού σε περίπτωση ξηρασίας (Hale and Orcutt, 1987). Εξαίρεση στον κανόνα, ότι το βαθύ ριζικό σύστημα βοηθά τα φυτά να αντέχουν στην ξηρασία, αποτελούν οι κάκτοι. Το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται επιφανειακά έτσι ώστε σε περίπτωση βροχής να απορροφούν γρήγορα νερό και να το αποθηκεύσουν (Nielsen and Orcutt, 1996). Εάν το φυτό πετύχει να μειώσει τις συνολικές απώλειες νερού τότε εξοικονομεί νερό. Τα φυτά χάνουν νερό μέσω της διαπνοής ή μέσω της εφυμενίδας. Επομένως, η μείωση της φυλλικής επιφάνειας με την πτώση ή με το τύλιγμα των φύλλων προκαλεί μείωση των απωλειών του νερού (Karamanos, 1984). Επίσης, η δημιουργία μικρών φύλλων ή η δημιουργία αγκαθιών αντί φύλλων έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένες απώλειες σε νερό (Simpson, 1981).

Γενικά, τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αντοχή στην ξηρασία είναι στην περίπτωση της μέτριας καταπόνησης η προσαρμογή των φαινολογικών χαρακτηριστικών, η οσμωτική προσαρμογή, η αύξηση του βάθους και της πυκνότητας του ριζικού συστήματος, η πλαστικότητα του βιολογικού κύκλου (δεν ισχύει στα καθορισμένης ανάπτυξης φυτά), η γρήγορη και εύρωστη πρώτη ανάπτυξη, η διατήρηση της φυλλικής επιφάνειας, η αύξηση της αντανάκλαστικότητας των φύλλων (σχετίζεται με την μείωση της θερμοκρασίας) και η μείωση του κρίσιμου σημείου του υδατικού δυναμικού και της σχετικής υδατοπεριεκτικότητας. Στην

περίπτωση μεγάλης καταπόνησης η ανθεκτικότητα σχετίζεται με την προσαρμογή των φαινολογικών χαρακτηριστικών, με την οσμωτική προσαρμογή, το αυξημένο ριζικό σύστημα, την γρήγορη και εύρωστη πρώτη ανάπτυξη την αύξηση της αντανεκλαστικότητας των φύλλων και με την συσσώρευση ξηράς ουσίας πριν την άνθηση (Ludlow and Mushow, 1990).

1.2.5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΙΑΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΒΙΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

Μέσω της ενεργοποίησης αισθητήρων πραγματοποιείται η αντίληψη της ανεπαρκούς τροφοδοσίας των κυττάρων με νερό. Οι αισθητήρες αυτοί ενεργοποιούνται εξαιτίας δυσλειτουργιών, εκ των οποίων χαρακτηριστικές είναι η μεταβολή του οσμωτικού δυναμικού του εδάφους, η αφυδάτωση των κυττάρων της ρίζας όπως και η απώλει σπαργής των κυττάρων. Προκαλείται με αυτόν τον τρόπο η παραγωγή σημάτων, όπως η ορμόνη αμπσιικό οξύ (ABA) που παίζει σημαντικό ρόλο στον συντονισμό των αντιδράσεων των φυτών στην υδατική καταπόνηση ή η αλλαγή επιπέδων του κυτταροπλασματικού ασβεστίου. Οι αλλαγές αυτές προκαλούν την ενεργοποίηση μιας ακολουθίας βημάτων στα οποία εμπλέκονται σηματοδοτικά μόρια με κατάληξη την αλλαγή του προτύπου έκφρασης των γονιδίων τα οποία σχετίζονται με την καταπόνηση. Τέσσερα σηματοδοτικά μονοπάτια έχουν περιγραφεί στην υδατική καταπόνηση. Τα δύο εξαρτώνται από το ABA ενώ τα άλλα δύο είναι ανεξάρτητα. Ένα μεγάλο ποσοστό γονιδίων των οποίων η έκφραση ρυθμίζεται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης αφορά σε χαρακτηριστικές αντιδράσεις εγκλιματισμού, όπως στην παραγωγή οσμωτικά ενεργών ουσιών, την αλλαγή του μορφογενετικού προτύπου ανάπτυξης, την λειτουργία των στομάτων, των υδατοπορινών και της φωτοσύνθεσης. Τα γονίδια αυτά είναι υπεύθυνα για τη βιοσύνθεση κυρίως πρωτεϊνών με προστατευτικό ρόλο. Πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί με διαγεννητικά φυτά (*Hordeum vulgare* L.) στα οποία παρεμποδίζονται ουσίες που καταβολίζουν το ABA και εξασφαλίζοντας συνεχή ροή της φυτορυθμιστικής ουσίας καθ' όλη τη διάρκεια της καταπόνησης πετυχαίνουν καλύτερη ανάπτυξη (Seiler *et al.*, 2014).



Εικόνα 1.2.5. Η επίδραση της έλλειψης νερού στα σιτηρά (Barnabás *et al.*, 2008), τροποποιημένο από (Βαχαμίδης κ.ά. 2012).

1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

Είναι γενικά παραδεκτό ότι παρατηρείται ελάττωση των μεταφερόμενων προϊόντων της τρέχουσας φωτοσύνθεσης στον αναπτυσσόμενο καρπό υπό συνθήκες έλλειψης νερού. Η διαφορετική επίδραση των υδατικών ελλειμμάτων στην αύξηση των ιστών, στην φωτοσύνθεση, στον εφοδιασμό των αγγείων με φωτοσυνθετικά προϊόντα και στον χρόνο και την σοβαρότητα της υδατικής καταπόνησης, το στάδιο ανάπτυξης και την προϊστορία του φυτού. Όλες οι παραπάνω επιδράσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση της ξηράς ουσίας και της παραγωγής καρπού. Αν και η επίδραση των υδατικών ελλειμμάτων στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας είναι σημαντική, κυρίαρχος παράγοντας είναι η μειωμένη φυλλική επιφάνεια. Επιπλέον, η παραγωγή σπόρου μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στο στρες σε κρίσιμες περιόδους ανάπτυξης, όπως η μικροσπορογένεση (Salter and Goode, 1967). Η ξηρασία προκαλώντας αρχικά μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές στο φυτό επιφέρει ως τελικό αποτέλεσμα την μείωση των αποδόσεων. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, λόγω της μείωσης της φωτοσυνθετικής επιφάνειας της αυξημένης πτώσης των φύλλων, του γρηγορότερου ρυθμού γήρανσης λόγω αποδόμησης της χλωροφύλλης (Taylor *et al.*, 1983, Huang *et al.*, 1998).

Από την αγρονομική προοπτική, η καταπόνηση της ξηρασίας ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια της παραγωγικής φάσης μπορεί να μειώσει την απόδοση λόγω των σημαντικών επιδράσεων που παρατηρούνται στα συστατικά της απόδοσης (Saini and Westgate, 2000). Στην έρευνα των Tollenar and Wu (1999) καθώς και των Tollenar and Lee (2002), αναφέρουν ότι η σύγκριση μεταξύ παλαιών και πρόσφατων

υβριδίων αραβοσίτου συνδέεται στενά με την επιλογή για αντοχή στην υδατική καταπόνηση καθώς και την εδαφική υγρασία. Το υδατικό δυναμικό αποτελεί κύριο παράγοντα κέρδους στον αραβόσιτο. Επιπλέον, μελέτη που εκπονήθηκε με καλλιεργούμενο φυτό σόγιας έδειξε ότι σύγχρονες ποικιλίες χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση υπό αρδευόμενες συνθήκες, συγκριτικά με ξηρικές ποικιλίες, παρά την ικανότητα των δεύτερων να συγκρατούν περισσότερο νερό. Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν το υδατικό δυναμικό και την αγωγιμότητα των στοματίων (Frederick *et al.*, 1990, 1991).

Η απόδοση του κριθαριού, καθώς και όλων των μικρών σιτηρών, βασίζεται σε δύο βασικά συστατικά, τον αριθμό κόκκων ανά m^2 (GN) και το μέσο βάρος (GW) (Ugarte *et al.*, 2007; Cossani *et al.*, 2009). Κάθε συστατικό μπορεί να επηρεαστεί από προσωρινά ελλείμματα νερού, αλλά η έκταση αυτών των επιδράσεων εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού στο οποίο εμφανίζονται αυτές οι καταστάσεις (González *et al.*, 2007). Οι Arisnabarreta and Miralles (2008a) έδειξαν ότι η κρίσιμη περίοδος για τον προσδιορισμό του αριθμού κόκκων τείνει να είναι ελαφρώς νωρίτερα στις δίστοιχες ποικιλίες (μεταξύ περίπου 40 και 10 ημερών πριν από το ξεστάχασμα) σε σχέση με τις εξάστοιχες ποικιλίες (περίπου 30 ημέρες πριν από το ξεστάχασμα). Είναι επίσης γνωστό ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου προ της ανθήσεως προσδιορίζεται ο αριθμός των κόκκων ανά στάχυ και το μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο (García del Moral and García del Moral, 1995; Arisnabarreta and Miralles, 2008b).

Σύμφωνα με τους Sadras and Angus (2006), στα μη αρδευόμενα συστήματα καλλιέργειας, το χάσμα μεταξύ συγκομίσιμων σπόρων (δηλαδή η καλύτερη συγκομιδή που επιτυγχάνεται μέσω της επιδέξιας χρήσης της διαθέσιμης τεχνολογίας) και πραγματικής απόδοσης αλλάζει με τις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας νερού μεταξύ τόπων και εποχών. Συνεπώς, οι συγκρίσεις που βασίζονται στη χρήση ύδατος θα μπορούσαν να παράσχουν μια υγιή βάση για τη συγκριτική αξιολόγηση των αποδόσεων. Προηγούμενες επιστημονικές προσπάθειες έχουν δείξει ότι η χρήση νερού του κριθαριού μπορεί να κυμαίνεται από $1,2-23 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ σε ημιαρδευόμενες περιοχές της Μεσογείου (Cantero-Martínez *et al.*, 2003; Albrizio *et al.*, 2010; Cossani *et al.*, 2011; Barati *et al.*, 2015) και από $1,5-22,0 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ σε ημιαρδευόμενες περιοχές της Βόρειας Ντακότα (Jabro *et al.*, 2012) και Αιθιοπίας (Araya and Stroosnijder, 2010). Η περιοχή κυμαίνεται από $3,37-11,53 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ στη Σαουδική Αραβία (Hussain and Al-Jaloud, 1998), $5,7-20,2 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ στη νότια Αυστραλία (López-Castaneda and Richards, 1994), $2,8-86,0 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ στο Λίβανο (Yau *et al.*, 2011) και $5,7-7,7 \text{ kg}_{\text{grain}} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ σε μια υπο-υγρή ζώνη της ανατολικής Ινδίας (Sarkar and Singh, 2007).

Οι επιδράσεις της ξηρασίας στην απόδοση των σιτηρών και τα συστατικά της σε κριθάρι που καλλιεργείται σε μεσογειακά περιβάλλοντα είναι αρκετά καλά τεκμηριωμένες. Ωστόσο, λίγα είναι γνωστά για τις επιπτώσεις της ξηρασίας στα φυτά κριθαριού που παρουσιάζουν δυνητικά ανεπαρκείς μηχανισμούς άμυνας λόγω της αναστολής της δραστηριότητας του LOX. Οι Vahamidis *et al.* (2017) κατέληξαν πως και τα εν λόγω φυτά κριθαριού μπορούν να καλλιεργηθούν σε Μεσογειακές περιοχές χωρίς καταστροφικές επιδράσεις λόγω υδατικής καταπόνησης.

1.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

1.4.1 Η ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΣΤΟΝ ΚΑΡΠΟ

Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στον καρπό σύμφωνα με πολλούς ερευνητές είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό της ποιότητας του κριθαριού (Newman *et al.*, 1981; Jenner *et al.*, 1991; Johanson *et al.*, 2001) ειδικά για τις ποικιλίες που προορίζονται για βυνοποίηση και ζωοτροφή (Bertholdsson, 1999). Στις ποικιλίες κριθαριού που προορίζονται για βυνοποίηση η συγκέντρωση πρωτεΐνης πρέπει να είναι μεταξύ 9% και 11% (Bertholdsson, 1999), ενώ στις ποικιλίες που προορίζονται για ζωοτροφή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 11%. 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). Υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο, καθώς και υψηλό ποσοστό βασικών αμινοξέων ανώτερης βιολογικής αξίας, όπως η λυσίνη και η μεθειονίνη, είναι τα βασικά στοιχεία καθορισμού της θρεπτικής αξίας του κριθαριού που προορίζεται για ζωοτροφή (Rasmusson, 1985; Foster and Prentice, 1987). Από την άλλη πλευρά, η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κάνει αδύνατη την παραγωγή υψηλού ποσοστού εκχυλίσματος, που είναι το ζητούμενο και καθιστά την ποικιλία ακατάλληλη για την ζυθοποιία (Cook, 1962) και συντελεί μαζί με άλλους παράγοντες στο μη επιθυμητό θόλωμα της μύρας (Cook, 1962; Burger and Lamburge, 1985) που οφείλεται στην καταβύθιση διαλυτών πρωτεϊνών.

Το μέγεθος κόκκων, η κατανομή του μεγέθους και η συγκέντρωση πρωτεΐνης κόκκων είναι μεταξύ των σημαντικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών για το κριθάρι βυνοζυθοποιίας (Grashoff and D'Antuono, 1997). Οι βυνοποιίες και οι ζυθοποιίες έχουν καιρό αναγνωρίσει θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους / βάρους του καρπού και της απόδοσης σε εκχύλισμα βύνης (Schwarz and Li, 2010). Αυτό είναι κρίσιμο επειδή η ποσότητα του εκχυλίσματος καθορίζει την ποσότητα μύρας που μπορεί να παραχθεί (Li *et al.*, 2008). Επιπλέον, πρωτεΐνη κόκκων πάνω από 12-13% μειώνει την απόδοση σε εκχύλισμα, με αποτέλεσμα μύρα που δεν είναι διαυγής και μπορεί να επιβραδύνει την έναρξη της βλάστησης των σπόρων. Από την άλλη πλευρά, η ανεπαρκής περιεκτικότητα πρωτεΐνης σε κόκκους μπορεί να σχετίζεται με χαμηλή δραστηριότητα ενζύμων αποικοδόμησης αμύλου, με μειωμένο σχηματισμό αφρού και υποδεέστερη γεύση και θρεπτική αξία της μύρας, υποδηλώνοντας διπλή επίδραση πρωτεϊνικού περιεχομένου στην ποιότητα της βύνης (Wu *et al.*, 2015).

Η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στον καρπό καθορίζεται από τον γενότυπο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το άζωτο, την εδαφική υγρασία και την θερμοκρασία (Johansson *et al.*, 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. Σε έρευνα βρέθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αζωτούχος λίπανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποθηκευτικών πρωτεϊνών, άρα και των συνολικών (Killen *et al.*, 1978). Όμως δεν ανταποκρίνονται όλες οι ποικιλίες κριθαριού με τον ίδιο τρόπο στη λίπανση με άζωτο (El-Negoumy *et al.*, 1982). Γενικά το πρωτεϊνικό περιεχόμενο

αυξάνεται με την αζωτούχο λίπανση (Θεουλάκης κ.ά., 1992; Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας, 2001), ωστόσο η προσθήκη φωσφόρου και καλίου δεν το επηρεάζουν. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες κριθαριού με υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης και γίνονται προσπάθειες για να ενσωματωθούν τα αντίστοιχα γονίδια σε ποικιλίες με υψηλές αποδόσεις (Jensen and Nielsen, 1982). Ο συντελεστής κληρονομικής ικανότητας για την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη βρέθηκε σε 14 εργασίες, ότι είχε τιμή κατά μέσο όρο 0,53 (Hockett and Nilan, 1985) με πολύ μεγάλη διακύμανση όμως των τιμών (5-98). Όμως, αναφέρεται από πολλούς ερευνητές ότι η κληρονόμηση της πρωτεΐνης ήταν η χαμηλότερη από άλλα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν (Wegrzym *et al.*, 1982).

Το άζωτο είναι το βασικό δομικό συστατικό των πρωτεϊνών και έχει αποδειχθεί ότι τα επίπεδα του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου έχουν μεγάλη επίδραση στη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους του κριθαριού (Eilrich *et al.*, 1973). Το άζωτο είναι βασικό θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη και απόδοση του κριθαριού και τον σχηματισμό της πρωτεΐνης (Παπαστεφγάνου, 1979). Την θετική επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους κόκκους κριθαριού διαπίστωσαν και οι Μπλαδενόπουλος και Γκατζιάνας (2001). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η αζωτούχος λίπανση συμβάλει στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό αλλά και της συγκέντρωσης πρωτεΐνης στους σπόρους. Αντίθετα, παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης στους σπόρους και της απόδοσης σε καρπό. Η μελέτη της συσχέτισης της πρωτεΐνης του καρπού με την απόδοση σε καρπό αναφέρεται συνήθως ως αρνητική στο κριθάρι, σιτάρι, βρώμη, καλαμπόκι και σόργο από τον Frey (1979). Όμως και αντίθετες περιπτώσεις θετικής συσχέτισης αναφέρονται στη βιβλιογραφία με την εφαρμογή όμως άφθονης αζωτούχου λίπανσης και την προϋπόθεση ευνοϊκών συνθηκών για τη μεταφορά θρεπτικών στοιχείων στον κόκκο (Mifflin, 1978a). Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο, κατά τους Sairam and Singh (1989), αν και δεν σχετίζεται με την απόδοση, είναι θετικά συσχετισμένο με την αποτελεσματικότητα του αζώτου. Αυξανόμενη της αζωτούχου λίπανσης, αυξάνεται και το ποσοστό της πρωτεΐνης στον καρπό. Η φωσφορούχος και καλιούχος λίπανση δεν επηρεάζουν την συγκέντρωση πρωτεΐνης. Επίσης, μεταξύ πρωτεΐνης και βάρους 1000 κόκκων βρέθηκε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση και ισχυρή αρνητική μεταξύ πρωτεΐνης και ποσοστού κόκκων με μέγεθος μεγαλύτερο από 2,5mm (Θεουλάκης κ.ά., 1992).

Συνεπώς, πρέπει να δοθεί έμφαση στη διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης ώστε να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ της απόδοσης σε καρπό και του επιπέδου της ποιότητας. Οι Bole και Pittman (1980), βρήκαν ότι η υγρασία, το άζωτο του εδάφους, καθώς και η αλληλεπίδραση αυτών, καθορίζουν την συγκέντρωση πρωτεΐνης στον κόκκο κριθαριού. Κατά μέσο όρο, το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του κριθαριού αυξάνεται με αύξηση των δόσεων αζώτου στη λίπανση (Θεουλάκης κ.ά., 1992). Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στον καρπό εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της μεταφοράς υδατανθράκων και αζώτου στον καρπό (Jenner, 1991). Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα του αζώτου στους σπόρους αλλά και από το επίπεδο υδατανθράκων του φυτού, π.χ. από

την σχέση μεταξύ C και N κατά το γέμισμα του κόκκου (Cox *et al.*, 1986). Ο βαρύς κόκκος θα έχει υψηλό ποσοστό αμύλου και επομένως μικρό πρωτεΐνης.

Οι απαιτήσεις σε άζωτο για τη σύνθεση πρωτεΐνης στους αναπτυσσόμενους σπόρους ικανοποιούνται από την κινητοποίηση αζώτου που βρίσκεται στους βλαστικούς ιστούς και είχε αφομοιωθεί πριν την άνθηση και από την απευθείας πρόσληψη και αφομοίωση αζώτου κατά την διάρκεια γεμίσματος των σπόρων. Η κινητοποίηση αζώτου που είχε αφομοιωθεί πριν την άνθηση έχει προταθεί ως κύρια πηγή αζώτου για τους σπόρους (Austin *et al.*, 1977). Σε κάποιες περιπτώσεις, το συνολικό περιεχόμενο του αζώτου στα φυτά κατά την άνθηση φτάνει το 90-100% του συνολικού αζώτου κατά την ωρίμανση (Heitholt *et al.*, 1990).

1.4.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ (ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ)

Το πάχος του κόκκου, είναι ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερα επιθυμητό στο κριθάρι ζυθοποιίας γιατί οι χονδροί κόκκοι είναι ένα κριτήριο υψηλής ζυθοποιητικής ικανότητας (Παπαστεφάνου, 1979) και δίνουν μεγαλύτερο ποσοστό βύνης. Η συσχέτιση του πάχους με άλλους ζυθοποιητικούς χαρακτήρες, μελετήθηκε από τους Peterson and Foster (1973). Το πάχος του κόκκου υπολογίζεται με το ποσοστό % των κόκκων με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5mm. Σε ποσοστό άνω του 80% η απόδοση σε βύνη είναι καλή και συμφέρουσα, ενώ σε μικρότερο ποσοστό οι απώλειες σε σχετικό βάρος είναι μεγαλύτερες (Παπαστεφάνου, 1979). Ο συντελεστής κληρονομικότητας υπό την ευρεία έννοια, βρέθηκε υψηλός, 0,62 κατά μέσο όρο σε 5 πειραματικές εργασίες με εύρος διακύμανσης 34-90% και με την στενή έννοια 0,43, σύμφωνα με αποτελέσματα των Hockett and Nillan (1985). Η δράση των γονιδίων για το πάχος του κόκκου στο κριθάρι είναι προσθετική και επιστατική στην F2 σύμφωνα με τον Briggs (1974), ενώ οι Nasr *et al.* (1972) βρήκαν μόνον αθροιστική δράση γονιδίων. Οι Rasmusson and Glass (1965) βρήκαν μαρτυρία για κυρίαρχη, ή και επιστατική γονιδιακή δράση.

Σύμφωνα με τους Grashoff and D'Antuono (1997) το μέγεθος κόκκων, η κατανομή του μεγέθους και η συγκέντρωση πρωτεΐνης κόκκων είναι μεταξύ των σημαντικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών για το κριθάρι βυνοζυθοποιίας. 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. Οι βυνοποιίες και οι ζυθοποιίες έχουν καιρό αναγνωρίσει θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους / βάρους του καρπού και της απόδοσης σε εκχύλισμα βύνης (Schwarz and Li, 2010). Προηγούμενες επιστημονικές προσπάθειες κατέδειξαν ότι το στρες του νερού κατά την περίοδο πλήρωσης των κόκκων προκαλεί αρνητική επίδραση στο βάρος και το μέγεθος του σπόρου κριθαριού, (Savin and Nicolas, 1999; Sánchez-Díaz *et al.*, 2002; González *et al.*, 2007; Samarah *et al.*, 2009), και πιθανόν επίσης λόγω της μείωσης του ποσοστού πλήρωσης των καρπών. Αυτό είναι κρίσιμο επειδή η ποσότητα του εκχυλίσματος καθορίζει την ποσότητα μύρας που μπορεί να παραχθεί (Li *et al.*, 2008).

Κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου, ο δροσερός καιρός βοηθάει τον κόκκο να ωριμάσει φυσιολογικά και να πάρει ικανοποιητικό πάχος (Δαλιάνης, 1976). Η ισχυρή αζωτούχος λίπανση, όπως και η έλλειψη φωσφόρου βρέθηκε ότι μειώνουν

το ποσοστό των κόκκων με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5mm (Θεουλάκης κ.ά. 1992; Μπλαδανοπούλου κ.ά. 1990). Η επίδραση της καλιούχου λίπανσης στο πάχος του κόκκου, βρέθηκε σημαντική σε 6 από τις 12 περιοχές πειραματισμού σύμφωνα με τους Zubriski *et al.* (1970). Πολλοί ερευνητές και βελτιωτές σιτηρών πρότειναν, ότι για να μεγιστοποιηθούν οι αποδόσεις σε καρπό πρέπει να εξακριβωθεί η άριστη διάρκεια της βλαστικής και της περιόδου γεμίσματος κατά την ανάπτυξη των φυτών. Οι Evans και Wardlow (1976) επισημαίνουν ότι υπάρχει παραλλακτικότητα στα σιτηρά στη διάρκεια της βλαστικής και της περιόδου γεμίσματος του κόκκου.

Οι Hanway and Russel (1969) καθώς και οι Daynard and Kannenberg (1976), βρήκαν θετική συσχέτιση μεταξύ μήκος της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και απόδοσης σε καρπό στο καλαμπόκι (*Zea mays* L.). Οι ερευνητές Gebeyehou *et al.* (1982), σε μελέτη στο σκληρό σιτάρι (*Triticum turgittum* L.) αναφέρουν θετική συσχέτιση μεταξύ διάρκειας της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και απόδοσης σε καρπό. Απέδωσαν τη συσχέτιση, στη θετική επίδραση της περιόδου γεμίσματος του κόκκου, στο βάρος του κόκκου και στον αριθμό κόκκων ανά στάχυ. Από την άλλη πλευρά οι Nass and Reiser (1975) και οι Wych and Rasmusson (1983) δεν βρήκαν συσχέτιση μεταξύ διάρκειας της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και της απόδοσης σε ανοιξιάτικο σιτάρι (*Triticum aestivum* L.) και βρώμης (*Avena sativa* L.) αντίστοιχα. Επίσης, οι Jones *et al.* (1979), βρήκαν μη σημαντική συσχέτιση μεταξύ περιόδου γεμίσματος του κόκκου και των συντελεστών της απόδοσης στο ρύζι (*Oryza sativa* L.).

Είναι σχετικά μικρός ο αριθμός των πληροφοριών που αφορά τη σχέση μεταξύ διάρκειας της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και της απόδοσης στο κριθάρι. Οι Aksel and Johnson (1961) βρήκαν ότι ποικιλίες κριθαριού με μεγάλη βλαστική περίοδο, συντελούν στην παραγωγή περισσότερων κόκκων ανά στάχυ και σε υψηλότερη απόδοση σε σχέση με εκείνες με μεγάλη περίοδο γεμίσματος κόκκου. Οι Rasmusson *et al.* (1979) βρήκαν μεγάλες διαφορές στη διάρκεια της περιόδου γεμίσματος κόκκου στο κριθάρι και υπέδειξαν εκτιμήσεις του τρόπου κληρονομίησης του γνωρίσματος αυτού. Άλλοι ερευνητές (Metzger *et al.*, 1984), δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση που να συσχετίζονται με τις διαφορές στη διάρκεια της περιόδου γεμίσματος του κόκκου. Ως αιτία αναφέρουν ότι η όποια υπεροχή στην απόδοση οφείλεται στην άριστη σχέση της βλαστικής περιόδου προς την περίοδο γεμίσματος του κόκκου.

Οι Rasmusson *et al.* (1979) προτείνουν την απόκτηση περισσότερων πληροφοριών με τη μελέτη της συσχέτισης της επίδρασης της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και της διάρκειας της περιόδου ανάπτυξης του φυτού στο κριθάρι, πριν από μια σοβαρή βελτιωτική εργασία. Οι Samarra *et al.* (1987) σε μελέτη της βλαστικής περιόδου και περιόδου γεμίσματος του κόκκου στο κριθάρι, που έγινε στη δυτική Σαουδική Αραβία, αναφέρουν έναν δείκτη γεμίσματος του κόκκου (Grain filling index), ο οποίος είναι το πηλίκο της περιόδου γεμίσματος του κόκκου προς τον αριθμό ημερών σποράς-ωρίμανσης. Η βλαστική περίοδος βρέθηκε συσχετισμένη με την περίοδο γεμίσματος του κόκκου αρνητικά ($r = -0,621$, $p < 0,01$), με τον δείκτη γεμίσματος του κόκκου αρνητικά ($r = -0,871$, $p < 0,01$), με την συνολική περίοδο ανάπτυξης θετικά ($r = +0,701$, $p < 0,01$), με το ύψος του φυτού αρνητικά ($r = -0,417$,

$p < 0,05$) και με τον δείκτη συγκομιδής αρνητικά ($r = -0,370$, $p < 0,05$). Η περίοδος γεμίσματος του κόκκου βρέθηκε υψηλά θετικά συσχετισμένη μόνον με τον δείκτη γεμίσματος του κόκκου ($r = 0,879$, $p < 0,01$). Ο δείκτης δεν έδειξε συσχέτιση με την απόδοση και τον δείκτη συγκομιδής. Τέλος, η συνολική περίοδος ανάπτυξης μέχρι την ωρίμανση, έδειξε αρνητική συσχέτιση με το ύψος φυτού ($r = -0,435$, $p < 0,01$), τον δείκτη συγκομιδής ($r = -0,389$, $p < 0,05$) και την απόδοση ($r = -0,409$, $p < 0,05$). Ο Singh (1989) σε πειράματα με γυμνόσπερμα κριθάρια στην Ινδία, βρήκε την βλαστική περίοδο υψηλά θετικά συσχετισμένη με την συνολική περίοδο ανάπτυξης του φυτού ($r = +0,814$, $p < 0,01$), αλλά τις δύο περιόδους αρνητικά συσχετισμένες με το βάρος των κόκκων ($r = -0,247$, $r = -0,278$, $p < 0,01$) αντίστοιχα.

Γενικά, η βλαστική περίοδος και η περίοδος γεμίσματος του σπόρου δείχνουν να έχουν ιδιαίτερη σημασία στην ικανότητα μιας ποικιλίας να ξεχωρίζει, είτε με σταθερά μεγάλες αποδόσεις, είτε με σταθερά ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά, έχει γίνει γενικά αποδεκτό ότι το βάρος και το μέγεθος των κόκκων του σπόρου προσδιορίζονται κατά κύριο λόγο κατά την περίοδο μετά την άνθηση (Paynter and Young, 2004; Bingham *et al.*, 2007; Ugarte *et al.*, 2007).

1.5 ΒΥΝΟΖΥΘΟΠΟΪΑ

1.5.1 ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΥΝΟΖΥΘΟΠΟΪΑ

Τα επιθυμητά για την βυνοζυθοποιία ποιοτικά χαρακτηριστικά του κριθαριού σχετίζονται κυρίως με την βλαστική του ικανότητα και την περιεκτικότητα του ενδοσπερμίου σε άμυλο και αζωτούχες ουσίες. Ειδικότερα είναι τα εξής:

1. Οι σπόροι πρέπει να έχουν υψηλή βλαστική ικανότητα, αλλά παράλληλα ευνοεί και την ανάπτυξη μυκητιάσεων. Σπόροι με λήθαργο είναι ανεπιθύμητοι γιατί καθυστερούν να βλαστήσουν και προκαλούν ανομοιόμορφη βλάστηση.
2. Το ενδοσπέρμιο πρέπει να είναι αλευρώδες και όχι υαλώδες. Αλευρώδες ενδοσπέρμιο σχετίζεται με ευκολότερη διάσπαση και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμυλο. Αντίθετα, υαλώδες ενδοσπέρμιο αυξάνει την διάρκεια βλάστησης και την σχέση αζωτούχων ουσιών προς άμυλο.
3. Υψηλή περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο δεν επιδιώκεται γιατί συνεπάγεται μείωση του ολικού ποσού των υδατανθράκων ενώ παράλληλα αυξάνει την περιεκτικότητα του τελικού εκχυλίσματος σε ανεπιθύμητες αζωτούχες ουσίες. Η περιεκτικότητα σε άζωτο είναι ένα σημαντικό κριτήριο της βυνοποιητικής αξίας του κριθαριού (1,3% για ικανοποιητικά και επάνω από 2% για κακής ποιότητας δείγματα).
4. Το μέγεθος των καρπών (βάρος 1000 καρπών) είναι ενδεικτικό της αποδοτικότητας σε βύνη. Μικρότεροι καρποί έχουν μεγαλύτερη αναλογία λευριδίων/ενδοσπερμίου, σχετίζονται με χειρότερο γέμισμα και επομένως, έχουν και μικρότερη περιεκτικότητα σε άμυλο (Καραμάνος, 2008).

1.5.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ο καλλιεργούμενος γονότυπος. Για την βυνοποίηση χρησιμοποιούνται κυρίως δίστιχα κριθάρια και μόνο σε εξαιρέσεις εξάσχοιχα, ιδίως στην Β. Αμερική. Επίσης, υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση και μεταξύ των ποικιλιών. Είναι απαραίτητο να παραδίδονται για βυνοποίηση παρτίδες από μια και μόνο ποικιλία και όχι από μίγματα ποικιλιών, επειδή τα τελευταία υπάρχουν μεγάλες πιθανότητες για ανομοιομορφη βλάστηση (π.χ. λόγω του διαφορετικού βαθμού ληθάργου).
2. Η πορεία του γεμίσματος των καρπών. Βαθμιαίο και παρατεταμένο γέμισμα συνεπάγεται υψηλή ποιότητα καρπών λόγω μεγαλύτερης ποσότητας αμύλου. Καλά ωριμασμένοι καρποί διακρίνονται από το πάχος, το καθαρό ανοιχτό χρώμα και την ελαφρή ρυτίδωση των λευριδίων τους.
3. Περιβαλλοντικοί και καλλιεργητικοί παράγοντες. Για παράδειγμα, παράγοντες που προκαλούν πρόωρη διακοπή του γεμίσματος (υψηλές θερμοκρασίες, ξηρασία, λίβας, όψιμη σπορά) υποβαθμίζουν την ποιότητα μειώνοντας την ποσότητα συσσωρευμένων υδατανθράκων. Επίσης, υπερβολική ή όψιμη αζωτούχος λίπανση έχει το ίδιο αποτέλεσμα μειώνοντας την σχέση υδατανθράκων/αζωτούχες ουσίες (Καραμάνος, 2008).

1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι φυσιολογικές παράμετροι, τα συστατικά απόδοσης και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των βυνοποιήσιμων ποικιλιών κριθαριού RGT Planet, Grace και Zhana επηρεάζονται σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Με γνώμονα την επίτευξη του παραπάνω αντικειμενικού σκοπού, εξετάστηκαν και μελετήθηκαν καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου αλλά και μετά το τέλος της συγκομιδής τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η εξέλιξη του βιολογικού κύκλου των φυτών και η εξέλιξη του υδατικού δυναμικού.
- Η απόδοση σε καρπό και βιομάζα, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ, ο αριθμός στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο, το βάρος χιλίων κόκκων και ο συντελεστής συγκομιδής.
- Η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη, ο ρυθμός και η διάρκεια γεμίσματος των σπόρων αλλά και το μέγεθός τους, με σκοπό τον καθορισμό της καταλληλότητας της παραγωγής για βυνοποίηση. Επίσης, το βάρος των καρπών ανά θέση στην ράχη του στάχου.
- Η ανάλυση των συσχετίσεων των παραπάνω χαρακτηριστικών.

Η γνώση για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκαν τα χαρακτηριστικά αυτά από την αυξανόμενη υδατική καταπόνηση είναι ικανή να διαφωτίσει για το πώς αντιδρούν σύγχρονες βυνοποιήσιμες ποικιλίες κριθαριού υπό αυτές τις συνθήκες με κύριο σκοπό την βέλτιστη αξιοποίησή τους στην Ελλάδα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πείραμα διεξήχθη την καλλιεργητική περίοδο 2015-2016 εντός μόνιμου στεγάστρου που ήταν εγκατεστημένο στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και σε έκταση 300m². Μελετήθηκαν η επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε τρεις (3) ποικιλίες βυνοποιήσιμου κριθαριού στο υδατικό δυναμικό των φύλλων, στον βιολογικό κύκλο των φυτών, στα αποδοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, στο ποσοστό της πρωτεΐνης του σπόρου, στο μέγεθος των σπόρων, στην διάρκεια και τον ρυθμό γεμίσματος του σπόρου και τέλος το βάρος καρπών ανά θέση σε τρία διαφορετικά επίπεδα εδαφικής υγρασίας με διαβάθμιση αποστάσεων από την πηγή άρδευσης.

Ορισμένες από τις ιδιότητες του εδάφους που πραγματοποιήθηκε το πείραμα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1. η ανάλυση του σύνθετου εδαφικού δείγματος, το οποίο είχε προέλθει από 10 δειγματοληπτικές θέσεις (βάθους 0.-20cm), πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας του Γ.Π.Α.

Πίνακας 2.1. Ανάλυση του εδάφους (βάθους 0-20cm) του πειραματικού αγρού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2015-2016.

Ιδιότητες	Τιμή
Φυσικές	
Χαρακτηρισμός εδάφους	Ιλυοαργιλοπηλώδες
Χημικές	
pH (1:1 H ₂ O)	7,63
CaCO ₃ (%)	28,63%
Οργανική ουσία (%)	2,88
Ολικό N (%)	0,133
P (κατά Olsen) (ppm)	21,11
K (ppm)	736

2.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

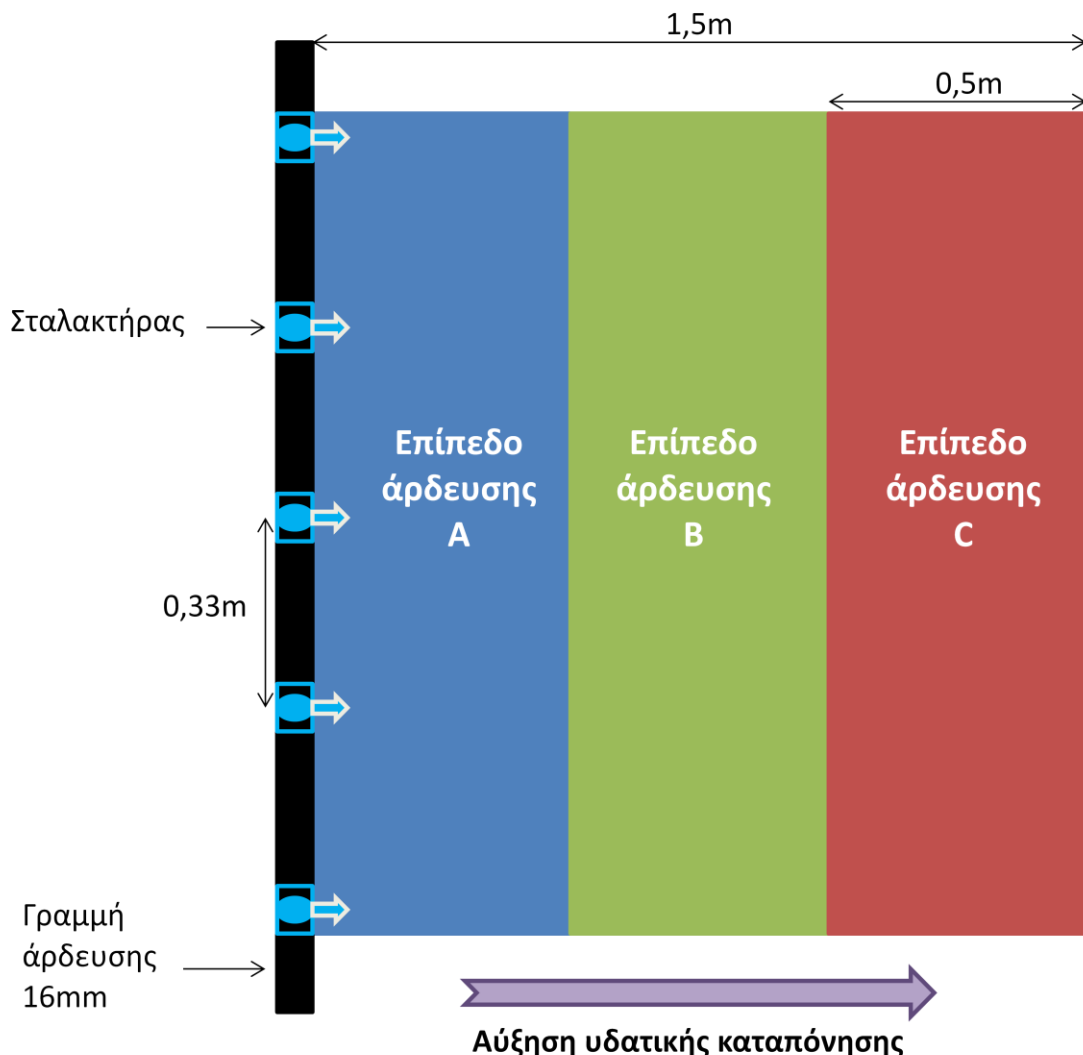
Αξιολογήθηκαν συνολικά 3 δίστοιχες βυνοποιήσιμες ποικιλίες κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) οι “RGT Planet”, “Grace” και “Zhana”. Και οι τρεις ποικιλίες είναι εγγεγραμμένες στον κοινοτικό κατάλογο ποικιλιών, είναι χαμηλόσωμες, γενετικά ανοιξιάτικες, αρκετά πρώιμες, με αποδεδειγμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά για βυνοποίηση και ιδιαίτερα παραγωγικές όταν καλλιεργούνται σε γόνιμα εδάφη.

2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

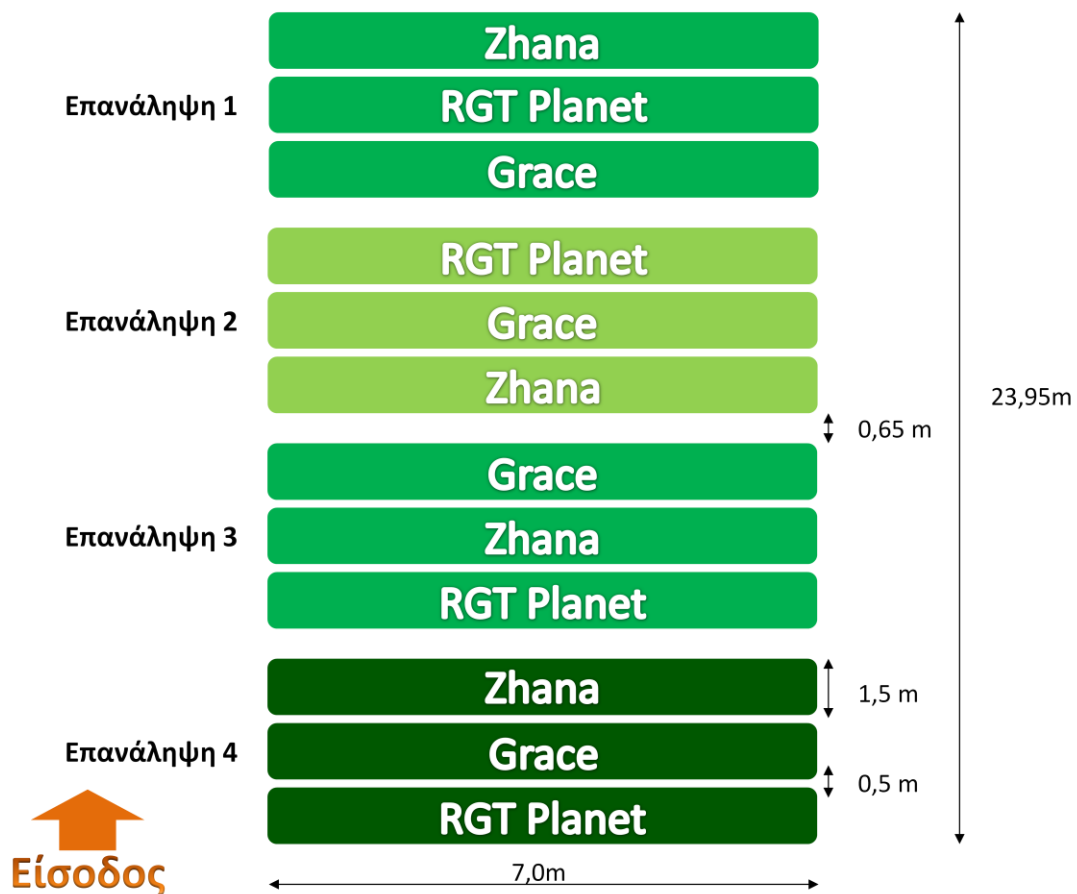
Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot design) (Gomez and Gomez, 1984) με τέσσερις επαναλήψεις. Ως κύρια τεμάχια χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις γονότυποι του κριθαριού (RGT Planet, Grace και Zhana) και ως υποτεμάχια επιλέχθηκαν οι τρεις μεταχειρίσεις του νερού (επίπεδα εδαφικής υγρασίας). Κάθε τεμάχιο είχε έκταση 10,5m² (7m x 1,5m), ενώ

ανάμεσά τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 0,5m για την διευκόλυνση των επεμβάσεων και των μετρήσεων κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επίσης, ανάμεσα στις επαναλήψεις το πλάτος του διαδρόμου ήταν 0,65m. Η επιφάνεια τέλος, κάθε υποτεμαχίου ήταν $3,5\text{m}^2$ ($7\text{m} \times 0,5\text{m}$).

Τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας, διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με την απόστασή τους από την πηγή του νερού (σταλακτηφόρος αγωγός 16mm). Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη αποτελεί μια τροποποιημένη μορφή της τεχνικής που προτάθηκε από τους Hanks *et al.* (1976). Επαρκώς αρδευόμενη θεωρήθηκε η ζώνη του τεμαχίου που γειτνιάζε με τον σταλακτηφόρο αγωγό (υποτεμάχιο A), ενώ ελάχιστα αρδευόμενη θεωρήθηκε η ζώνη που βρισκόταν στη μεγαλύτερη απόσταση από αυτόν (υποτεμάχιο C). Το ενδιάμεσο επίπεδο άρδευσης (υποτεμάχιο B) βρισκόταν μεταξύ των δύο ακραίων ζωνών του τεμαχίου (διάγραμμα 2.1.2.a). Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στον αγρό παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2.1.2.b.



Διάγραμμα 2.1.2.a. Η κάτοψη ενός κύριου πειραματικού τεμαχίου όπου διακρίνονται οι τρεις μεταχειρίσεις του νερού. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.



Διάγραμμα 2.1.2.β. Η διάταξη των κύριων τεμαχίων στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργία Γ.Π.Α.



Εικόνα 2.1.2. Εργασίες χάραξης - οριοθέτησης των πειραματικών τεμαχίων.

2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Για την κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε πρώτα καθαρισμός από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, έπειτα άροση η οποία πραγματοποιήθηκε 21 Δεκεμβρίου 2015.

Στις 22 Δεκεμβρίου η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε σπάζοντας τα επιφανειακά συσσωματώματα με στόχο την επίτευξη μεγαλύτερου ποσοστού φυτρώματος των σπόρων.

2.2.2 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά και εντοπισμένα, για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας της πυκνότητας της φυτείας. Οι γραμμές φύτευσης χαραχτήκαν επίσης χειρωνακτικά. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 20cm και η πυκνότητα σποράς 330 σπόροι/m². Η σπορά έλαβε χώρα στις 23 Δεκεμβρίου 2015.



Εικόνα 2.2.2. Σπορά του πειραματικού αγρού.

2.2.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Πριν τη σπορά αλλά και σε όλη τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκε χειρωνακτική καταπολέμηση ζιζανίων εντός των πειραματικών τεμαχίων, στους διαδρόμους καθώς και σε όλο τον χώρο του στεγάστρου.

2.2.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ

Κατά την διάρκεια του πειράματος δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα προσβολής της καλλιέργειας από κάποιον εχθρό ή ασθένεια.

2.2.5 ΛΙΠΑΝΣΗ

Κατά την σπορά εφαρμόστηκε βασική λίπανση με μονάδες NPK 12-12-17. Κάθε τεμάχιο δέχθηκε 4 μονάδες N, 4 P και 5,66 K. Επιπροσθέτως, στις 12/2/2017

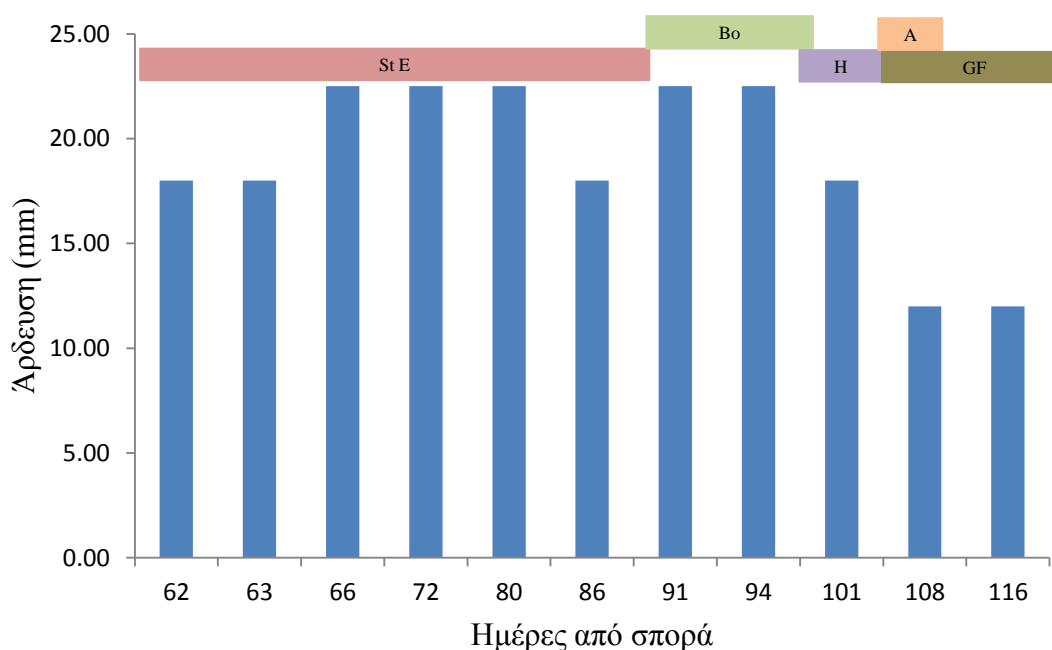
(στάδιο καλλιέργειας: τέλος αδελφώματος με αρχές καλαμώματος) πραγματοποιήθηκε εφαρμογή επιφανειακής λίπανσης ανά πειραματικό τεμάχιο με 6 μονάδες N σε μορφή νιτρικής αμμωνίας (46-0-0).



Εικόνα 2.2.5. Εφαρμογή επιφανειακής λίπανσης 51 ημέρες από την σπορά.

2.2.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Από την σπορά και μέχρι την έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης χορηγήθηκαν σε όλη την έκταση του πειραματικού αγρού 38,86mm νερού. Στο διάγραμμα 2.2.6 παρουσιάζεται συνολικά η διαχείριση του νερού με την χρονική κατανομή των πειραματικών αρδεύσεων καθώς και η χορηγούμενη κάθε φορά δόση άρδευσης.



Διάγραμμα 2.2.6. Η διαχείριση του νερού σε σχέση με τις ημέρες από σπορά και με το εύρος διασποράς βασικών αναπτυξιακών σταδίων. “StE”: Καλάμωμα, “Bo”: Διόγκωση κολεού, “H”: Ξεστάχιασμα, “A”: Άνθηση, “GF”: Γέμισμα καρπού.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η ποσότητα του νερού που χορηγήθηκε στις πειραματικές αρδεύσεις από την 62^η ημέρα από την σπορά, υπολογίστηκε με βάση τη μεταχείριση του επιπέδου άρδευσης A. Διαπιστώνεται λοιπόν, σύμφωνα με το

διάγραμμα 2.2.6 ότι χορηγήθηκαν 208,5mm νερού στο επίπεδο A κατά την περίοδο των πειραματικών αρδεύσεων, τα οποία μετακινήθηκαν μέσω του εδάφους προς τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις (B και C). Η άρδευση είχε ως στόχο την κάλυψη στο μέτρο του δυνατού, των αναγκών του πειραματικού υλικού στο υποτεμάχιο A και κυρίως στα πιο κρίσιμα στάδια του βιολογικού κύκλου του κριθαριού. Βασικός περιορισμός όσον αφορά τη χορηγούμενη κάθε φορά δόση ήταν ότι μετά από μια ορισμένη διάρκεια άρδευσης, μετά την μία ώρα και δεκαπέντε λεπτά, υπήρχε η τάση το νερό να μην μπορεί πλέον να διηθηθεί με αποτέλεσμα την έναρξη της απορροής του κατά μήκος του πειραματικού τεμαχίου. Επίσης, σημαντικό ήταν το πρόβλημα που διαπιστωνόταν με το πλάγιασμα των φυτών. Για τους λόγους αυτούς, γινόταν προσεκτικός σχεδιασμός των αρδεύσεων και συνεχής έλεγχος όσο αυτές διαρκούσαν.

2.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.3.1 ΣΤΕΓΑΣΤΡΟ

Η σπορά πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό που ήταν καλυμμένος με διαφανές πλαστικό θερμοκηπίου πάνω σε μεταλλικό σκελετό. Στόχος ήταν η απομόνωση της καλλιέργειας από τυχόν βροχές, για τη δημιουργία πλήρως ελεγχόμενων συνθηκών όσον αφορά την άρδευση.

2.3.2 ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στις 61 ημέρες από την σπορά πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος. Αυτό αποτελούνταν από σωλήνες αρδεύσεως οι οποίοι έφεραν σταλακτήρες. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αρδευτικών σωλήνων ήταν:

- Διάμετρος σωλήνων: 32mm (κεντρικός αγωγός) και 16mm (γραμμή άρδευσης)
- Αποστάσεις σταλακτάρων επί της γραμμής: 33cm
- Ονομαστική παροχή σταλακτήρα: 3L/hr (μετά από επιτόπιο έλεγχο κατά τη διάρκεια λειτουργίας του δικτύου)
- Πλήθος σταλακτάρων ανά γραμμή άρδευσης: 21



Εικόνες 2.3.2 a & b. Εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος.

2.3.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στις 47 ημέρες από την σπορά πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση των αισθητήρων υγρασίας του εδάφους, προκειμένου να παρακολουθεί την ογκομετρική περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους με ακρίβεια. Επιλέχθηκαν τρία τεμάχια και στο

καθένα από αυτά τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας για κάθε επίπεδο άρδευσης. Για να έχουμε μια καλύτερη και πιο ακριβή αντίληψη της υγρασίας του εδάφους γύρω από το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος του κριθαριού, τοποθετήθηκαν συνολικά εννέα EC-5 αισθητήρες εδαφικής υγρασίας, ένας στο μέσον του κάθε υποτεμαχίου και σε βάθος 25cm. Όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Fan J. *et al.*, 2016), 67-76% του ριζικού συστήματος του κριθαριού αναπτύσσεται στο εδαφικό στρώμα από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος των 30cm. Το χώμα γύρω από τους αισθητήρες κατά την εγκατάστασή τους, τοποθετήθηκε ψιλοκοσκινισμένο και έπειτα πιέστηκε για βέλτιστη επαφή και ακριβέστερες ενδείξεις. Ο αισθητήρας EC-5 έχει διαστάσεις 8,9 x 1,8 x 0,7 cm και όγκο επιρροής 0,18lt.



Εικόνες 2.3.3. a & b. Εγκατάσταση και έλεγχος των αισθητήρων υγρασίας εδάφους.

2.3.4 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα μετεωρολογικά δεδομένα αφορούν στις μέσες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής ατμοσφαιρικής υγρασίας. Για την συλλογή των μετεωρολογικών παραμέτρων εντός του στεγάστρου εγκαταστάθηκε ένας φορητός μετεωρολογικός σταθμός σε συνεργασία με το Εργαστήριο Γενικής & Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γ.Π.Α. Οι συνεχείς μετρήσεις τόσο της θερμοκρασίας του αέρα όσο και της σχετικής υγρασίας πραγματοποιήθηκαν με αισθητήρες τύπου “Hobo Pro”, συνδυασμένους αισθητήρες θερμοκρασίας αέρα / σχετικής υγρασίας και καταγραφείς δεδομένων. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν κατάλληλα σε αυτοσχέδιες mini μετεωρολογικές επιφάνειες πολλαπλών πιάτων που κατασκευάστηκαν ειδικά για τους σκοπούς αυτής της μελέτης. Οι οθόνες αποτελούνται από έξι προστατευτικές ασπίδες (πλάκες) που αντανακλούν την ακτινοβολία, με διάμετρο 165mm, οι οποίες έχουν ενσωματωθεί μέσω κοχλιωτών μεταλλικών ράβδων. Για να επιτραπεί επαρκής φυσικός αερισμός, χρησιμοποιήθηκαν πλαστικοί σωλήνες μικρής διαμέτρου ως διαχωριστικά για να διατηρηθεί ένα κενό περίπου 25mm ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ασπίδες. Όπως στην περίπτωση της τυποποιημένης μετεωρολογικής οθόνης (οθόνη Stevenson), οι εξωτερικές επιφάνειες των ασπίδων ήταν βαμμένες με γυαλιστερό λευκό χρώμα, ενώ το μαύρο στις εσωτερικές επιφάνειες ήταν βαμμένο με μαύρο ματ χρώμα. Σε όλες τις περιπτώσεις, αυτές οι mini μετεωρολογικές επιφάνειες τοποθετήθηκαν σε ύψος 1,7m πάνω από το έδαφος ή το δάπεδο, ύψος που αντιστοιχεί περίπου στο μέσο ύψος των ανθρώπων που εξετάζουν και επίσης για πρακτικούς λόγους εντός των χώρων. Η ακρίβεια των αισθητήρων “Hobo Pro”, σε περιβάλλον

όπου δεν υπάρχουν σφάλματα που προκαλούνται από ηλιακή ή θερμική ακτινοβολία, είναι $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ σε 25°C και $\pm 3\%$ σχετική υγρασία πάνω από 0 έως 50°C . Λαμβάνοντας υπόψη την συνολική ακρίβεια των μετρήσεων, όλοι οι αισθητήρες βαθμονομήθηκαν στο εύρος της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος και της σχετικής υγρασίας, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα λόγω πιθανής ανόμοιας έκθεσης στο ηλιακό φως. (Tsiros and Hoffman, 2013). Από την άλλη, η συλλογή των μετεωρολογικών στοιχείων εκτός του στεγάστρου πραγματοποιήθηκε με την παροχή δεδομένων από τον γειτονικό μετεωρολογικό σταθμό «Αθηνών – Περιοχή Γκάζι» υψομέτρου 50m ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Lagouvardos *et al.*, 2017).

2.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

2.4.1 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ

Στο παρόν πείραμα η ανάπτυξη των φυτών των τριών ποικιλιών υπολογίστηκε με βάση την κλίμακα Zadoks. Πραγματοποιήθηκαν 21 μετρήσεις από την 23η ημέρα από την σπορά μέχρι την 125η ημέρα από την σπορά.

Κατά την διάρκεια των ετών έχουν αναπτυχθεί διάφορες κλίμακες μέτρησης της ανάπτυξης των σιτηρών. Σε όλες τις περιπτώσεις στόχος ήταν η απόδοση μίας αριθμητικής τιμής σε κάθε στάδιο του βιολογικού κύκλου των φυτών. Οι κλίμακες που επικράτησαν λόγω του ότι συνδύαζαν την εύκολη χρήση και την μεγαλύτερη ακρίβεια είναι η Feekes, Zadoks και Haun.

Η κλίμακα Zadoks αποτελεί ένα πλήρες σύστημα κωδικοποίησης της ανάπτυξης των φυτών και με την χρήση του μπορούμε να προσδιορίσουμε το βλαστικό στάδιο στο οποίο βρίσκεται το φυτό. Συγκεκριμένα, η κλίμακα Zadoks είναι ένας διψήφιος κωδικός όπου το πρώτο ψηφίο αφορά την κύρια φάση της ανάπτυξης αρχίζοντας από την βλάστηση και τελειώνοντας στην ωρίμανση του σπόρου. Το δεύτερο ψηφίο αφορά τις υποκατηγορίες της ανάπτυξης στις οποίες χωρίζονται οι κύριες φάσεις. Ο βιολογικός κύκλος του φυτού χωρίζεται σε δέκα στάδια, κάθε ένα από τα οποία χωρίζεται σε δέκα υποδιαιρέσεις. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του φυτού, η κλίμακα Zadoks καταγράφει τα πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα του κύριου στελέχους (Zadoks *et al.*, 1974).

Πίνακας 2.4.1. Κυριότερα στάδια της κλίμακας Zadoks

Περιγραφή	Κλίμακα Zadoks
Βλάστηση του σπόρου	0-9
Αύξηση φυταρίων	10-19
Αδέλφωμα	20-29
Καλάμωμα	30-39
Διόγκωση κολεού	40-49
Ξεστάχνασμα	50-59
Ανθηση	60-69
Γαλακτώδης καρπός	70-79
Στάδιο ζύμης	80-89
Ωρίμανση	90-99

2.4.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΦΥΛΛΩΝ

Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν μια ή δυο φορές την εβδομάδα από την 85η έως την 113η ημέρα από την σπορά. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν πέντε δειγματοληψίες και μετρήσεις του υδατικού δυναμικού των φυτών.

Η συλλογή του δείγματος, δηλαδή του φύλλου του φυτού, γινόταν στις 12:00μ.μ. που είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία το υδατικό δυναμικό λαμβάνει την κατώτερη ημερήσια τιμή του. Η διαδικασία ξεκινούσε με την κοπή του νεότερου πλήρως ανεπτυγμένου φύλλου (τρίτο φύλλο από την κορυφή) από δύο αντιπροσωπευτικά φυτά κάθε υποτεμαχίου. Στη συνέχεια, το δείγμα τοποθετούνταν σε αριθμημένη πλαστική σακούλα που έκλεινε αεροστεγώς, περιορίζοντας έτσι τις απώλειες υγρασίας. Η αρίθμηση της σακούλας αντιστοιχούσε στην επανάληψη, στο τεμάχιο και στο επίπεδο άρδευσης από το οποίο ελήφθη το δείγμα. Η σακούλα μεταφερόταν σε ψυγείο κατά το χρονικό διάστημα από την λήψη του δείγματος, έως και την μέτρηση του υδατικού δυναμικού για την αποτροπή της αλλοίωσης των αποτελεσμάτων της μέτρησης.

Από κάθε υποτεμάχιο (επίπεδο άρδευσης) λαμβάνονταν δύο δείγματα και συνεπώς έξι δείγματα ανά πειραματικό τεμάχιο. Ανά δειγματοληψία, το σύνολο των φύλλων που λαμβάνονταν ήταν 72.

Το υδατικό δυναμικό των φύλλων μετρήθηκε με την μέθοδο του θαλάμου πίεσης. Ο θάλαμος πίεσης κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Waring και Cleary (1967) και χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα για πρώτη φορά από τους Scholander *et al.*, (1964). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το φύλλο του κριθαριού εισέρχεται σε κύλινδρο ενώ παράλληλα ο μίσχος του προεξέχει από το καπάκι. Ο κύλινδρος σφραγίζεται ερμητικά και η εσωτερική πίεση αυξάνεται σταδιακά με την εφαρμογή αζώτου, μέχρι να εμφανιστεί σταγόνα φυτικού χυμού στο μίσχο. Με την τεχνική αυτή ουσιαστικά προσδιορίζεται η αρνητική πίεση απορρόφησης του ανιόντος χυμού στα αγγεία του ξύλου (Tyree and Hammel, 1972), η οποία έχει αποδειχθεί ότι είναι ίση κατά προσέγγιση με το υδατικό δυναμικό του φύλλου, όταν χρησιμοποιούνται μεμονωμένα φύλλα.

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ο κύριος τρόπος μέτρησης του υδατικού δυναμικού των φύλλων σε συνθήκες αγρού, διότι είναι γρήγορη, αξιόπιστη και δεν παρουσιάζει ευαισθησία στην θερμοκρασία. Οι Tyree *et al.*, (1974), απέδειξαν ότι το υδατικό δυναμικό μεταβάλλεται λιγότερο από 0,02 MPa μέσα σε ένα εύρος θερμοκρασιών από 0 έως 36°C.

2.5 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης, στις 22 Μαΐου 2016 (151 ημέρες από την σπορά), με θερισμό όλων των φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Από τις μετρήσεις που ακολούθησαν υπολογίστηκαν:

- Η απόδοση σε καρπό (kg/στρέμμα).
- Η απόδοση σε βιομάζα (kg/στρέμμα).
- Ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ (επιλέχθηκαν 20 στάχεις ανά επίπεδο άρδευσης).

- Ο αριθμός στάξεων ανά τετραγωνικό μέτρο.
- Το βάρος χιλίων κόκκων.

Επίσης, εξετάστηκε και ο συντελεστής συγκομιδής (Harvest Index) που προέκυψε από τον λόγο της απόδοσης σε καρπό ανά στρέμμα προς την απόδοση της βιομάζας ανά στρέμμα, στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης.

2.6 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.6.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ

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

$$\% \text{ πρωτεΐνη} = N * 6,25$$

2.6.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ

Όσον αφορά το μέγεθος του σπόρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με στόχο τον προσδιορισμό του ρυθμού και της διάρκειας γεμίσματος του σπόρου. Επιπλέον καταγράφηκε το βάρος σταχυδίων ανά θέση και τέλος πραγματοποιήθηκε κατάταξη των σπόρων με βάση το μέγεθός τους σε τέσσερις κλάσεις.

2.6.2.1 ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ

Οι αναδύομενοι στάχεις επισημάνθηκαν όλοι την ίδια ημέρα. Δεκαπέντε στάχεις από κάθε υποτεμάχιο υποβλήθηκαν σε δειγματοληψία σε διάστημα 16 ημερών από την άνθηση έως την ωρίμανση. Ο ρυθμός γεμίσματος των κόκκων εκτιμήθηκε από την συσσώρευση ξηρού βάρους. Σε κάθε δειγματοληψία, οι κόκκοι διαχωρίστηκαν από τα λέπυρα και στη συνέχεια ξηράθηκαν στους 105 °C για δέκα λεπτά και στους 70 °C μέχρι να φτάσουν σε ένα σταθερό βάρος. Ο συνολικός αριθμός των σπόρων προσδιορίστηκε και καταγράφηκε το ξηρό τους βάρος (Guo *et al.*, 2014).



Εικόνες 2.6.2.1. a, b & c. Διαδικασία μέτρησης ρυθμού γεμίσματος

2.6.2.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Το μέγεθος του κόκκου προσδιορίστηκε με κλασματοποίηση μεγέθους χρησιμοποιώντας μια μηχανή διαλογής με τρία διαστρωμένα κόσκινα διαφορετικού πλάτους (2,8, 2,5 και 2,2 mm), σύμφωνα με την μέθοδο 3.11.1. Analytica EBC “Sieving Test for Barley” (Analytica EBC, 1998). Ένα δείγμα σπόρων βάρους 100g τοποθετήθηκε στο κορυφαίο κόσκινο (2,8mm) και ανακινήθηκε για 5 λεπτά. Κάθε δείγμα σπόρων διαχωρίστηκε σε τέσσερα κλάσματα μεγέθους κόκκων: >2,8mm (κλάσμα 1), 2,8-2,5mm (κλάσμα 2), 2,5-2,2mm (κλάσμα 3) και <2,2mm (κλάσμα 4), χρησιμοποιώντας την συσκευή Sortimat (Pfeuffer GmbH, Kitzingen, Germany).

2.6.2.3 ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΑΝΑ ΘΕΣΗ

Από κάθε υποτεμάχιο επιλέχθηκαν πέντε στάχεις. Σε κάθε θέση της ράχης προστέθηκε το βάρος των δύο καρπών που την αποτελούσαν.

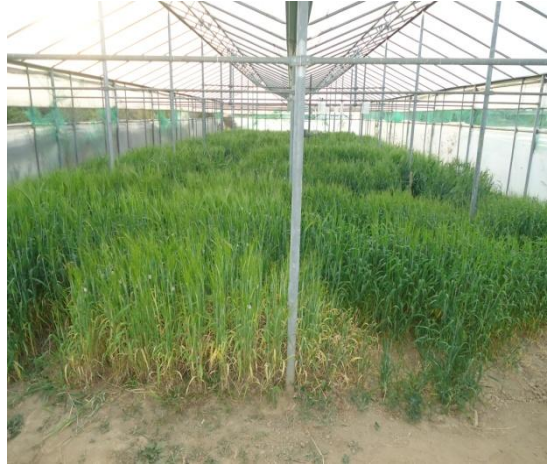


Εικόνα 2.6.2.3. Επιλεγμένοι αντιπροσωπευτικοί στάχεις για την μέτρηση του βάρους καρπών ανά θέση.

2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα Microsoft Excel και Stat Graphics. Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο του F, ενώ οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο της ελάχιστα σημαντικής διαφοράς (LSD). Έγινε έλεγχος συσχετίσεων των υπό μελέτη χαρακτηριστικών. Πιο συγκεκριμένα έγινε έλεγχος ύπαρξης γραμμικής συσχέτισης των χαρακτηριστικών ανά δύο, κάνοντας χρήση του συντελεστή συσχέτισης r του Pearson.





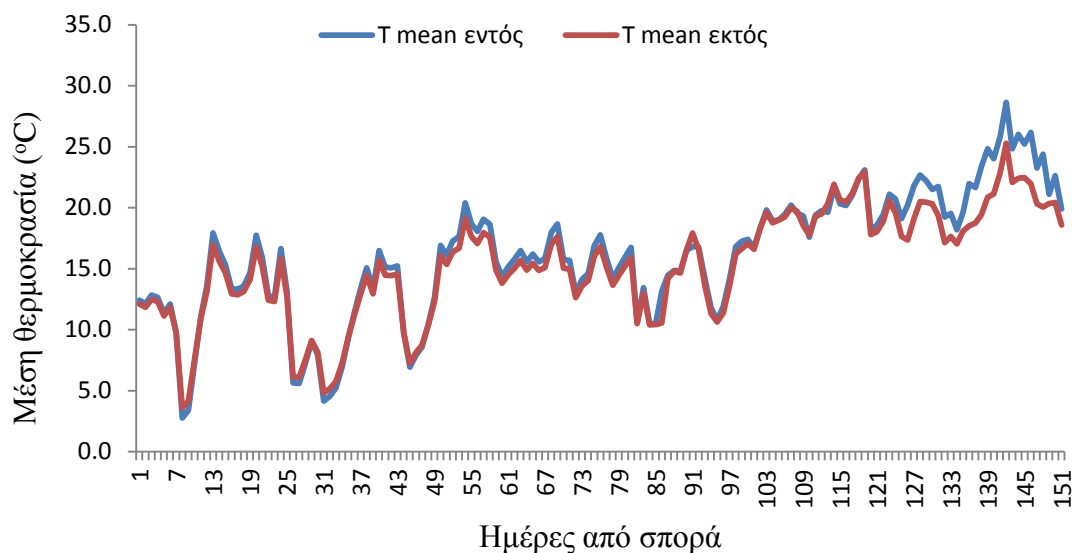


Εικόνες 2.7. a-j. Αποψη του πειραματικού αγρού από την βλάστηση των σπόρων έως την οικονομική ωρίμανση και την συγκομιδή.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

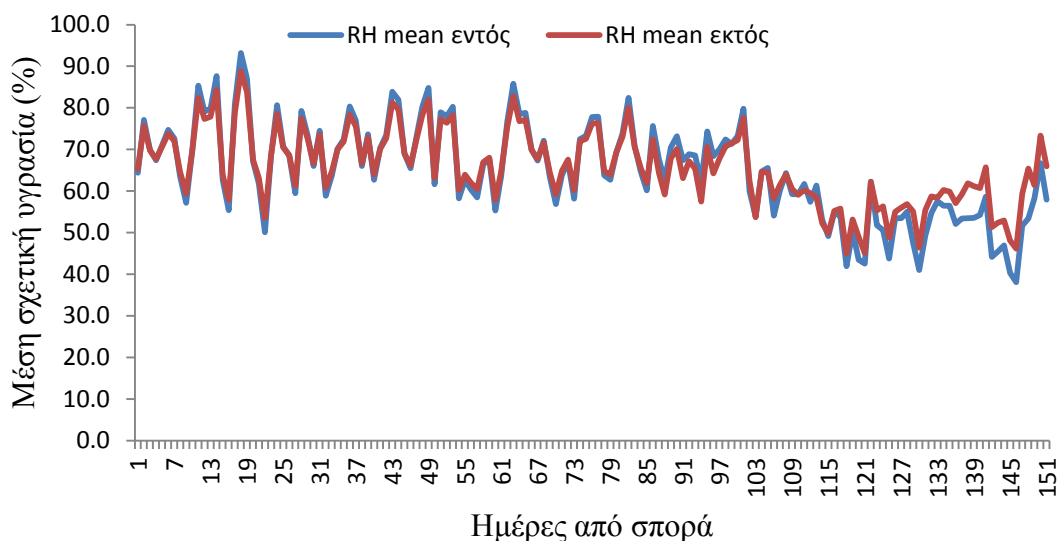
Στο διάγραμμα 3.1.a παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα που επικρατούσαν εντός και εκτός του θερμοκηπίου σε ημερήσια βάση κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.



Διάγραμμα 3.1.a. Η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας εντός (κυανό χρώμα) και εκτός (ερυθρό χρώμα) του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της εξέλιξης του βιολογικού κύκλου των φυτών.

Η μέση θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου φαίνεται να ακολουθεί παρόμοια πορεία με αυτήν που επικρατούσε εξωτερικά για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Μόνον μετά την 125^η ημέρα από την σπορά παρατηρείται μια διαφοροποίηση της τάξης των 2-3,5 °C, καθώς οι τιμές εντός του θερμοκηπίου ήταν πιο υψηλές. Η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία καταγράφηκε εντός του θερμοκηπίου την 8^η ημέρα από την σπορά, δηλαδή πριν το φύτευμα και ήταν 2,8 °C. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία που μετρήθηκε εντός του θερμοκηπίου ήταν 28,6 °C την 142^η ημέρα του βιολογικού κύκλου των φυτών, κατά το στάδιο της ωρίμανσης και λίγες ημέρες πριν την συγκομιδή.

Στο διάγραμμα 3.1.b παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας του αέρα που επικρατούσαν εντός και εκτός του θερμοκηπίου σε ημερήσια βάση, κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.



Διάγραμμα 3.1.b. Η διακύμανση της μέσης σχετικής υγρασίας εντός (κυανό χρώμα) και εκτός (ερυθρό χρώμα) του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της εξέλιξης του βιολογικού κύκλου των φυτών.

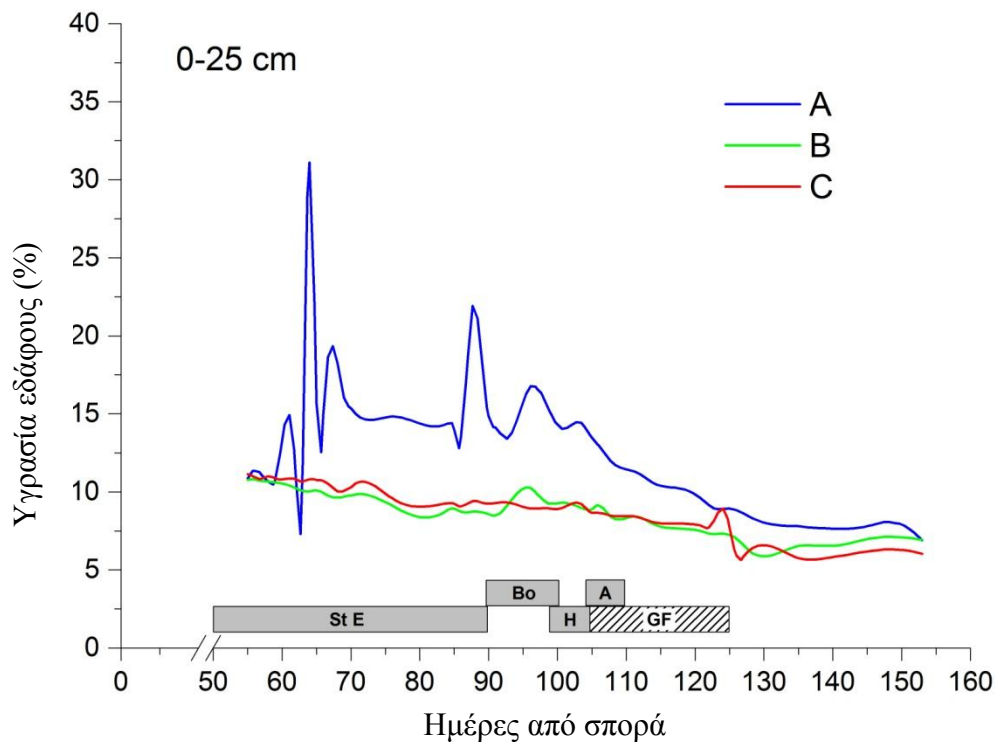
Η μέση σχετική υγρασία παρουσίασε παρόμοια πορεία μέσα και έξω από το θερμοκήπιο μέχρι την 125^η ημέρα. Από εκεί και πέρα οι τιμές εντός του θερμοκηπίου ήταν μικρότερες από τις αντίστοιχες εκτός. Εντός του θερμοκηπίου η μέγιστη τιμή καταγράφηκε την 18^η ημέρα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών και ήταν 93,2%, ενώ η χαμηλότερη τιμή ήταν 38,1% για την 146^η ημέρα από την σπορά στο στάδιο της ωρίμανσης.

Συμπερασματικά, όπως προκύπτει από τα δύο παραπάνω διαγράμματα (διαγράμματα 3.1.a και 3.1.b) δεν υπήρξαν ιδιαίτερες διαφορές στις τιμές μέσης θερμοκρασίας και μέσης σχετικής υγρασίας σε ημερήσια βάση εντός και εκτός θερμοκηπίου μέχρι την 125^η ημέρα από την σπορά. Αυτό οφείλεται στην προσπάθεια να εξομοιωθούν οι συνθήκες εντός του θερμοκηπίου με το εξωτερικό περιβάλλον, με ενέργειες όπως το άνοιγμα της οροφής του στεγάστρου μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των καιρικών φαινομένων προς αποφυγήν βροχοπτώσεων. Πράγματι, ο στόχος επετεύχθη μέχρι την 125^η ημέρα καθώς εκείνη την ημέρα η οροφή έκλεισε μέχρι την συγκομιδή για την προστασία της καλλιέργειας από τις επιδρομές των πτηνών.

3.2. ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

3.2.1 ΕΛΔΦΙΚΟ ΝΕΡΟ

Στο διάγραμμα 3.2.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η εξέλιξη της υγρασίας του εδάφους σε βάθος έως 25cm κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα τρία διαφορετικά επίπεδα άρδευσης.



Διάγραμμα 3.2.1. Το ποσοστό της εδαφικής υγρασίας για τα τρία επίπεδα άρδευσης σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση. Στάδια ανάπτυξης: “StE”: Καλάμωμα, “Bo”: Διόγκωση κολεού, “H”: Ξεσταχάσμα, “A”: Άνθηση, “GF”: Γέμισμα καρπού.

Όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.2.1, από την 62^η ημέρα από την σπορά που σηματοδοτεί την αρχή της εφαρμογής υδατικής καταπόνησης στο παρόν πείραμα, παρατηρείται μια μεγάλη διαφοροποίηση στο ποσοστό της υγρασίας του εδάφους σε βάθος έως 25cm ανάμεσα στα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά και στα δύο άλλα επίπεδα που καταπονήθηκαν.

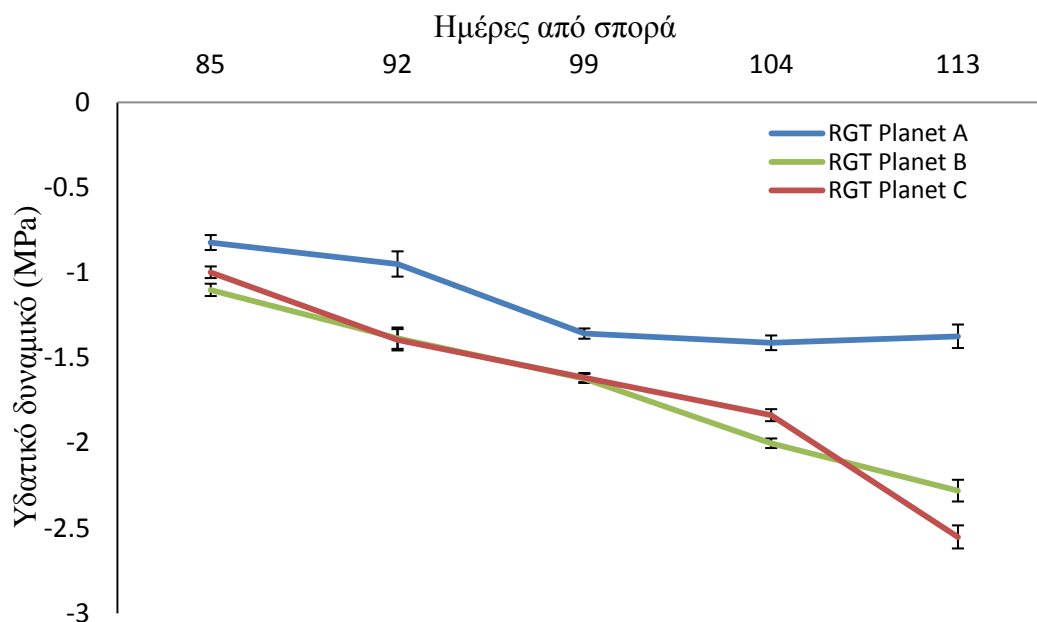
Πιο συγκεκριμένα, όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο του καλάμωματος στο επίπεδο άρδευσης A, εμφανίστηκαν τα υψηλότερα ποσοστά εδαφικής υγρασίας. Παρ’ όλες τις διακυμάνσεις, ήταν σταθερά μεγαλύτερη από την υγρασία που διατηρούσαν τα επίπεδα B και C. Προς το τέλος του ξεσταχιάσματος και ενώ είχε ξεκινήσει ήδη η άνθηση, παρατηρείται σταδιακή πτώση της εδαφικής υγρασίας στο επίπεδο A. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τελευταία άρδευση πραγματοποιήθηκε την 116^η ημέρα του βιολογικού κύκλου, όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο της ζύμης (80-89 κατά Zadoks). Ωστόσο μέχρι την συγκομιδή, στο αρδευόμενο επίπεδο η υγρασία διατηρήθηκε υψηλότερη των άλλων δύο επιπέδων, με μοναδική εξαίρεση προς το τέλος του γεμίσματος του καρπού, όπου ισοβάθμησε με το επίπεδο C.

Όσον αφορά τα φυτά που υπέστησαν μεσαία και υψηλή υδατική καταπόνηση στα επίπεδα B και C αντίστοιχα, δεν παρουσίασαν μεταξύ τους ιδιαίτερες διαφορές στο ποσοστό της εδαφικής υγρασίας. Από την στιγμή που διαχωρίστηκε η μεταχείριση του νερού και στα δύο αυτά επίπεδα η πορεία της εδαφικής υγρασίας ήταν πτωτική μέχρι και την 134^η ημέρα για το επίπεδο B, ενώ για το επίπεδο C συνεχίστηκε μέχρι την συγκομιδή (151^η ημέρα). Αρχικά, μέχρι τη στιγμή που τα φυτά βρίσκονταν στο πρώτο μισό του σταδίου διόγκωσης του κολεού (40-49 στην κλίμακα

Zadoks), το ποσοστό υγρασίας εδάφους στα υποτεμάχια που καταπονήθηκαν περισσότερο, ήταν σταθερά μεγαλύτερο από αυτό του επιπέδου Β. Από την στιγμή αυτή και μετά επέρχεται μια σχετική ισορροπία στις τιμές μεταξύ τους, μέχρι την 134^η ημέρα από την σπορά. Από εκείνη την ημέρα και μέχρι την συγκομιδή η εδαφική υγρασία στο επίπεδο Β ξεκινάει μια ανοδική πορεία και παραμένει σταθερά πάνω από το επίπεδο C.

3.2.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΦΥΛΛΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε (5) μετρήσεις υδατικού δυναμικού κατά την 85^η, 92^η, 99^η, 104^η και 113^η ημέρα από την σπορά. Οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού των φύλλων των ποικιλιών RGT Planet, Grace και Zhana δίνονται από τα διαγράμματα 3.2.2.a, 3.2.2.b και 3.2.2.c αντίστοιχα.



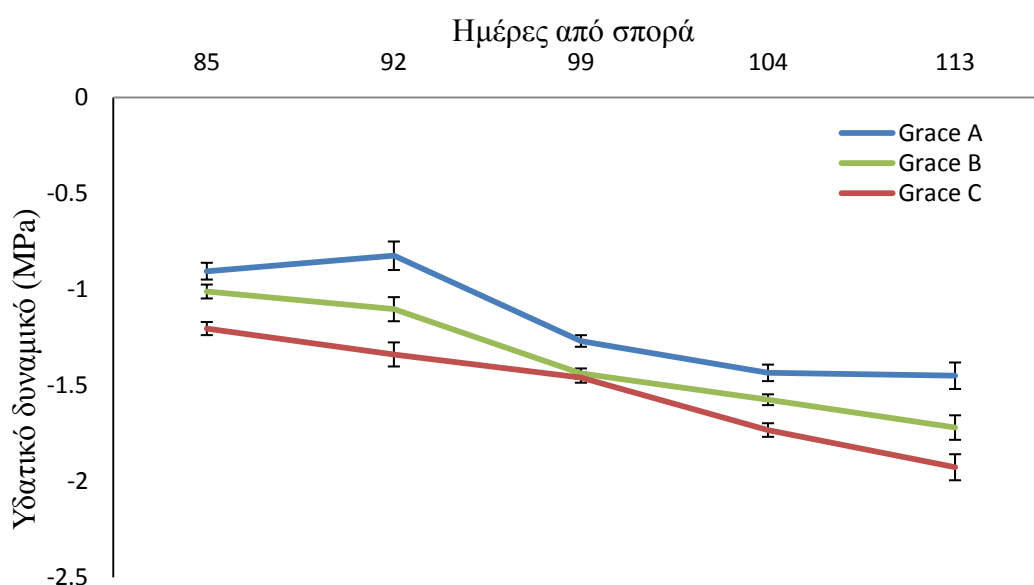
Διάγραμμα 3.2.2.a. Η διακόμανση του υδατικού δυναμικού (MPa) στην ποικιλία RGT Planet σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση B: Μεσαία υδατική καταπόνηση C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.2.2.a, το υδατικό δυναμικό ακολουθεί μια ομαλή πτωτική πορεία στα επίπεδα υδατικής καταπόνησης A, B και C. Στο επίπεδο A (κανονική άρδευση) παρουσιάζονται σταθερά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα επίπεδα B (μεσαία υδατική καταπόνηση) και C (υψηλή υδατική καταπόνηση) τα οποία ακολουθούν παρόμοια πορεία μεταξύ τους.

Πιο συγκεκριμένα, το υδατικό δυναμικό στο επίπεδο A, όπου τα φυτά αρδεύονταν κανονικά, κατά την 85^η ημέρα ήταν -0,82 MPa, ενώ ακολούθησε πτώση αρχικά στα -0,95 MPa κατόπιν στα -1,36 MPa την 99^η ημέρα φτάνοντας στην

χαμηλότερη τιμή $-1,41$ MPa την 104^η ημέρα από την σπορά. Στην τελευταία μέτρηση την 113^η ημέρα καταγράφεται μια μικρή άνοδος στα $-1,37$ MPa.

Τα φυτά του επιπέδου υδατικής καταπόνησης B, είχαν μικρότερο υδατικό δυναμικό από αυτά του επιπέδου C κατά την πρώτη μέτρηση, ακολούθησε προσέγγιση στις δύο επόμενες μετρήσεις, ενώ στην τέταρτη μέτρηση ξανά η τιμή του επιπέδου B ήταν μικρότερη. Ωστόσο, στην τελευταία μέτρηση το επίπεδο υδατικής καταπόνησης C παρουσίασε την χαμηλότερη τιμή υδατικού δυναμικού. Συγκεκριμένα, τα φυτά του επιπέδου B είχαν $-1,10$ MPa την 85^η ημέρα, $-1,62$ MPa την 99^η ημέρα και $-2,28$ MPa την 113^η. Αντίστοιχα, οι τιμές για το επίπεδο C ήταν $-0,99$ MPa στην πρώτη μέτρηση, $-1,62$ MPa την 99^η ημέρα και $-2,55$ MPa στην τελευταία μέτρηση.



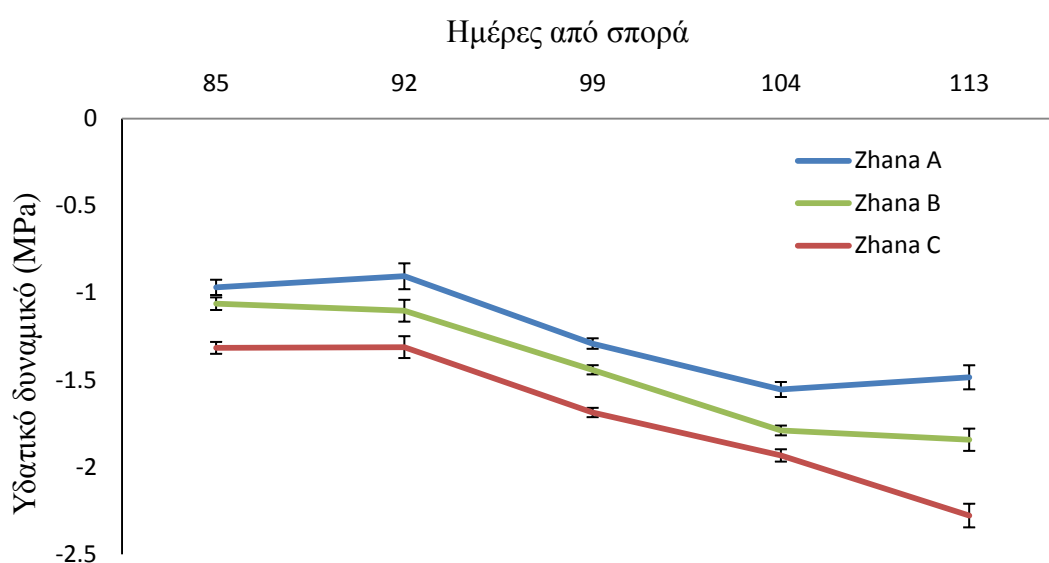
Διάγραμμα 3.2.2.b. Η διακύμανση του υδατικού δυναμικού (MPa) στην ποικιλία Grace σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία Grace επίσης, παρατηρείται σταθερή μείωση του υδατικού δυναμικού και στα τρία επίπεδα άρδευσης με την πάροδο των ημερών. Η πτώση στις τιμές είναι κλιμακωτή με το επίπεδο A (κανονική άρδευση) να έχει τις υψηλότερες τιμές, το επίπεδο B (μεσαία υδατική καταπόνηση) να ακολουθεί και τέλος το επίπεδο C (υψηλή υδατική καταπόνηση) να παρουσιάζει τις χαμηλότερες, κάτι που δείχνει την επίδραση της υδατικής καταπόνησης.

Πιο αναλυτικά, το υδατικό δυναμικό των φυτών του επιπέδου A, την 85^η ημέρα από την σπορά ήταν $-0,91$ MPa, ενώ στην αμέσως επόμενη μέτρηση την 92^η ημέρα παρουσιάζει μικρή άνοδο στα $-0,83$ MPa. Από εκεί και πέρα ακολουθεί σταθερά πτωτική πορεία φτάνοντας στην χαμηλότερη τιμή του $-1,45$ MPa κατά την τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 113^η ημέρα από την σπορά.

Στα φυτά του επιπέδου άρδευσης B, το υδατικό δυναμικό των φύλλων ακολούθησε σε όλη την πορεία των μετρήσεων του πτωτική πορεία, σημειώνοντας κατά την πρώτη μέτρηση, την 85^η ημέρα από την σπορά, τιμή -1,01 MPa, ενώ την 113^η ημέρα καταγράφεται η πιο αρνητική μέτρηση στα -1,72 MPa. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές του επιπέδου B ήταν πάντα πιο αρνητικές από τις αντίστοιχες του επιπέδου A και σταθερά λιγότερο αρνητικές από αυτές του επιπέδου C.

Επίσης, το υδατικό δυναμικό στο επίπεδο υψηλής υδατικής καταπόνησης C ακολούθησε φθίνουσα πορεία καθ' όλη τη διάρκεια, σημειώνοντας σταθερά τις πλέον αρνητικές τιμές σε σχέση με τα άλλα δύο επίπεδα. Η λιγότερο αρνητική του τιμή -1,20 MPa καταγράφηκε την 85^η ημέρα καταλήγοντας στα -1,93 MPa την 113^η ημέρα από την σπορά όποτε και ήταν το τέλος των μετρήσεων.



Διάγραμμα 3.2.2.c. Η διακύμανση του υδατικού δυναμικού (MPa) στην ποικιλία Zhana σε σχέση με τις ημέρας από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία Zhana σύμφωνα με το διάγραμμα 3.2.2.c, παρατηρείται μια φθίνουσα πορεία των τιμών του υδατικού δυναμικού με την εξέλιξη των μετρήσεων σε όλα τα επίπεδα υδατικής καταπόνησης. Η κλιμάκωση όσον αφορά στη διαφορά των τριών επιπέδων μεταξύ τους διαπιστώνεται και σε αυτήν την ποικιλία, με το επίπεδο υψηλής υδατικής καταπόνησης C να καταγράφει τις πλέον αρνητικές τιμές, η μεσαία υδατική καταπόνηση του επιπέδου B διατηρεί σταθερά λιγότερο αρνητικές τιμές από το προηγούμενο επίπεδο, ενώ το επίπεδο A που αρδεύεται κανονικά είχε τις πιο υψηλές τιμές από τα άλλα δύο.

Σχετικά με το επίπεδο A, κατά την πρώτη μέτρηση την 85^η ημέρα από την σπορά το υδατικό δυναμικό των φύλλων κατέγραψε τιμή -0,97 MPa, ενώ στη συνέχεια την 92^η ημέρα παρουσιάστηκε άνοδος στα -0,91 MPa. Κατόπιν, στις δύο επόμενες μετρήσεις η πορεία ήταν πτωτική, φτάνοντας στην μικρότερη τιμή των -

1,56 MPa την 104^η ημέρα από την σπορά. Στην τελευταία μέτρηση ωστόσο, σημειώνεται άνοδος στα -1,49 MPa.

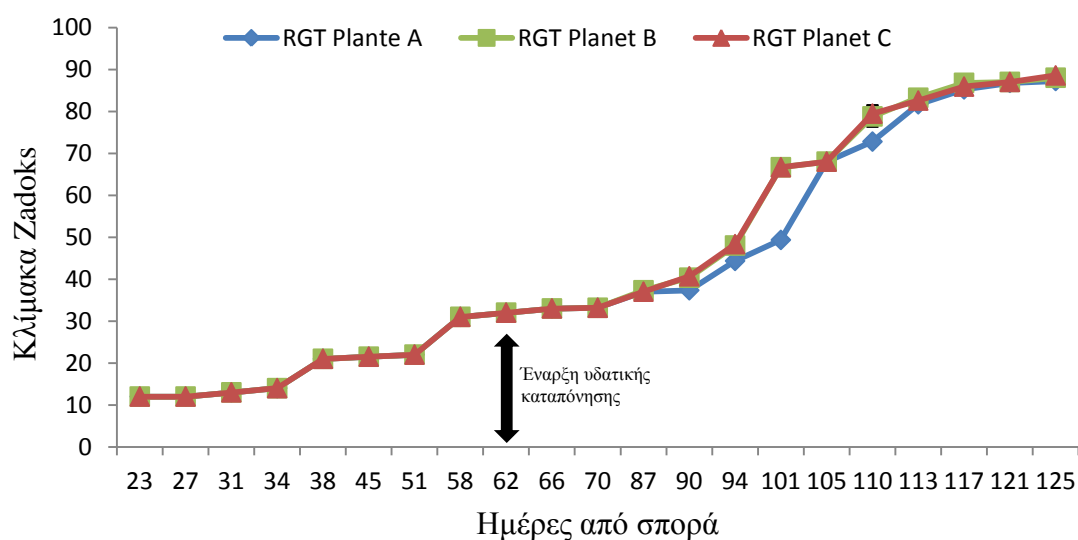
Στα φυτά του επιπέδου B, το υδατικό δυναμικό ακολουθεί μια ομαλή πτωτική πορεία καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Την 85^η ημέρα σημειώνεται η υψηλότερη τιμή του στα -1,06 MPa, για να καταλήξει στα -1,84 MPa την 113^η ημέρα από την σπορά.

Όσον αφορά στις μετρήσεις του υδατικού δυναμικού των φύλλων στο επίπεδο C, την 85^η ημέρα καταγράφηκε τιμή -1,32 MPa, με ελάχιστη άνοδο στην δεύτερη μέτρηση στα -1,31 MPa. Ύστερα, ακολούθησε καθαρή φθίνουσα πορεία μέχρι και την τελευταία μέτρηση της 113^{ης} ημέρας που ήταν -2,28 MPa.

Γενικά, διαπιστώνεται και για τις τρεις ποικιλίες ότι και στα τρία επίπεδα άρδευσης το υδατικό δυναμικό ακολούθησε ομαλή φθίνουσα πορεία με την πάροδο του χρόνου χωρίς κάποιες σημαντικές διακυμάνσεις. Συνολικά και στις τρεις ποικιλίες, το υδατικό δυναμικό μειωνόταν όσο μεγαλύτερο ήταν το επίπεδο υδατικής καταπόνησης, με αποτέλεσμα το επίπεδο A να είναι σταθερά το μεγαλύτερο από τα άλλα δύο. Το επίπεδο B ακολουθεί και βρίσκεται πιο ψηλά από το C με εξαίρεση στην ποικιλία RGT Planet όπου το επίπεδο C παρουσίασε γενικώς υψηλότερη τιμή από το B εκτός από την τελευταία ημέρα. Η ποικιλία Grace παρουσίασε τις πιο υψηλές τιμές ενώ αντίθετα τις σταθερά πιο αρνητικές τιμές υδατικού δυναμικού κατέγραψε η ποικιλία RGT Planet.

3.3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την καταγραφή των σταδίων ανάπτυξης των φυτών σε σχέση με την πάροδο του χρόνου, σχετικά με τις ποικιλίες RGT Planet, Grace και Zhana, δίνονται από τα διαγράμματα 3.3.a, 3.3.b και 3.3.c αντίστοιχα και είναι τα εξής:

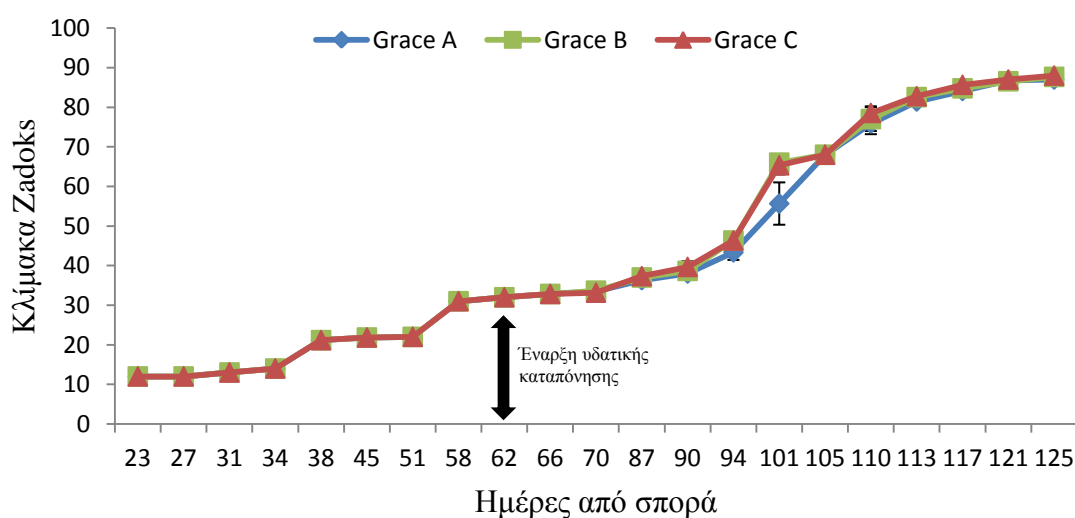


Διάγραμμα 3.3.1.a. Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “RGT Planet” με βάση την κλίμακα Zhadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.3.1.a υπάρχει μια ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών σε όλα τα επίπεδα υδατικής καταπόνησης μέχρι την 87^η ημέρα από την σπορά, όπου τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο του καλαμώματος και συγκεκριμένα στην πρώτη εμφάνιση του τελευταίου φύλλου (37 κατά Zadoks). Από την 90^η μέχρι την 113^η ημέρα, παρατηρήθηκε τάση διαφοροποίησης όσον αφορά τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών του επιπέδου άρδευσης A σε σχέση με τα φυτά των άλλων δύο επιπέδων. Όπως γίνεται φανερό τα φυτά στα επίπεδα B και C παρουσίασαν γρηγορότερη ανάπτυξη στο συγκεκριμένο διάστημα. Μοναδική εξαίρεση σ' αυτό το διάστημα αποτελεί η 105^η ημέρα στην οποία έχουμε σύγκλιση (στάδιο πλήρους άνθησης). Από την 113^η ημέρα που εισήλθαν στο στάδιο της ζύμης μέχρι το τέλος δεν διαπιστώθηκε κάποια άλλη διαφοροποίηση των τριών επιπέδων.

Πιο αναλυτικά, τα φυτά του επιπέδου A που αρδεύονταν κανονικά, κατά την 90^η ημέρα βρίσκονται ακόμα στο στάδιο του καλαμώματος έχοντας αρχίσει να ρίχνουν τον ρυθμό ανάπτυξής τους, την στιγμή που τα φυτά στα επίπεδα B και C έχουν εισέλθει στο στάδιο διόγκωσης κολεού. Η διαφορά την 101^η ημέρα από την σπορά είχε μεγαλώσει αρκετά καθώς στο επίπεδο A τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο 49 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στο στάδιο της πρώτης εμφάνισης των αγάνων, ενώ τα φυτά των επιπέδων B και C παρουσιάζοντας γρηγορότερη ανάπτυξη ήταν στο στάδιο της άνθησης (60-69 κατά Zadoks).

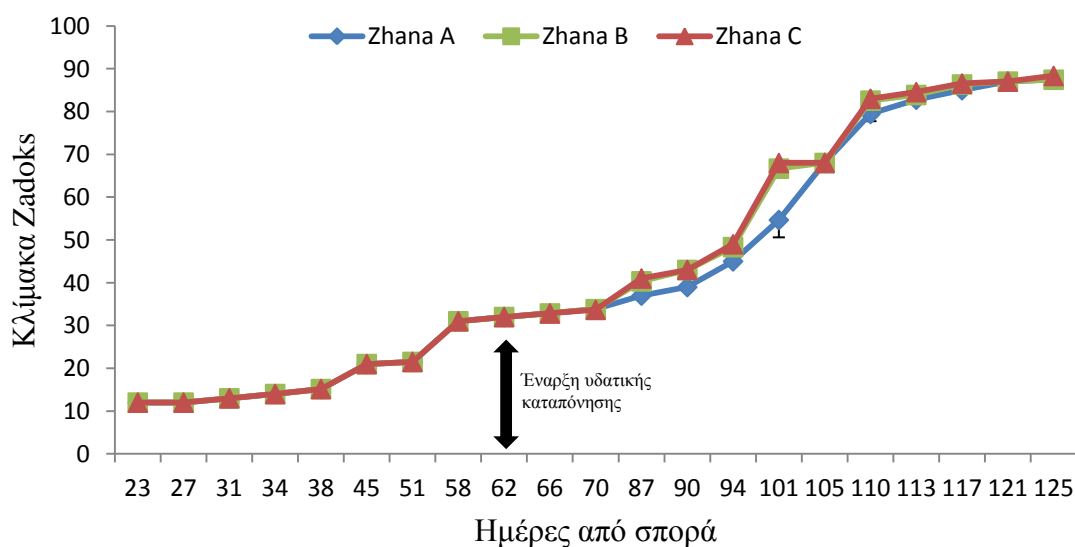
Αξιοσημείωτο είναι ότι την 105^η ημέρα τα φυτά και στα τρία επίπεδα υδατικής καταπόνησης καταγράφηκαν στο στάδιο της πλήρους άνθησης (68 κατά Zadoks). Κατόπιν, την 110^η ημέρα που τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο του γαλακτώδους καρπού ο ρυθμός στο επίπεδο A πέφτει σε σχέση με τα άλλα δύο, για να πιάσει ύστερα ανοδική πορεία πάλι και να βρεθεί μαζί με το B και C από την 113^η ημέρα στο στάδιο ζύμης (80-89 κατά Zadoks) μέχρι την τελευταία μέτρηση που καταγράφηκαν στο στάδιο 88 της κλίμακας Zadoks (σκληρή ζύμη).



Διάγραμμα 3.3.1.b. Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “Grace” με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά και των τριών επιπέδων άρδευσης ακολουθούν παρόμοια πορεία ανάπτυξης στο μεγαλύτερο μέρος του βιολογικού τους κύκλου. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το διάστημα από την 94^η έως την 105^η ημέρα από την σπορά, όπου τα φυτά των επιπέδων B και C φαίνεται να αυξάνουν την ταχύτητα της εξέλιξης του βιολογικού τους κύκλου σε σχέση με το επίπεδο A στο οποίο η πορεία είναι σταθερά ανοδική χωρίς να κάνει όμως την έκρηξη όπως στα άλλα δύο.

Μέχρι και την 90^η ημέρα η ανάπτυξη των φυτών είναι σταθερά αυξανόμενη για όλα τα επίπεδα υδατικής καταπόνησης. Στην συγκεκριμένη μέτρηση καταγράφονται στο στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (38 κατά Zadoks). Από το σημείο αυτό και μετά παρουσιάζεται μια απότομη αύξηση στα φυτά των επιπέδων που υπέστησαν μεγαλύτερη υδατική καταπόνηση, δηλαδή των B και C, τα οποία στην μέτρηση της 101^{ης} ημέρας βρίσκονται στο στάδιο της άνθησης πάνω από 50% (66 κατά Zadoks), την στιγμή που τα φυτά στο επίπεδο A ήταν στο στάδιο 56 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στην εμφάνιση των ¾ του στάχυ. Παρά ταύτα, τα φυτά όλων των επιπέδων εισέρχονται στο στάδιο της πλήρους άνθησης (68 κατά Zadoks) την ίδια χρονική στιγμή όπως καταγράφεται στην μέτρηση της 105^{ης} ημέρας και συνεχίζουν χωρίς άλλη διαφοροποίηση μέχρι το τέλος.



Διάγραμμα 3.3.1.c. Η ανάπτυξη των φυτών της ποικιλίας “Zhana” με βάση την κλίμακα Zadoks, σε σχέση με τις ημέρες από την σπορά. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων απεικονίζουν την τυπική απόκλιση. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία Zhana, τα φυτά και των τριών επιπέδων ακολουθούν κοινή ανοδική πορεία στην ανάπτυξή τους μέχρι και την 70^η ημέρα από την σπορά. Εκείνη τη στιγμή βρίσκονται στο καλάμωμα και συγκεκριμένα στο στάδιο 33 της κλίμακας Zadoks, δηλαδή στην εμφάνιση του τρίτου κόμβου. Από την 87^η έως και την 101^η ημέρα τα επίπεδα B και C παρουσιάζουν γρηγορότερη ανάπτυξη από το επίπεδο A.

Αναλυτικότερα, την 90^η ημέρα το επίπεδο A ήταν στο στάδιο εμφάνισης της γλωσσίδας του τελευταίου φύλλου (39 κατά Zadoks), ενώ τα φυτά στα άλλα δύο επίπεδα βρίσκονταν στην πρώτη εμφανή διόγκωση του κολεού (43 κατά Zadoks).

Στην επόμενη μέτρηση, όλα καταγράφηκαν στο στάδιο διόγκωσης του κολεού (40-49 κατά Zadoks), αλλά το επίπεδο A ήταν στο στάδιο 43, ενώ τα άλλα δύο στο στάδιο 49 της κλίμακας, δηλαδή στην πρώτη εμφάνιση των αγάνων. Ωστόσο, η μεγαλύτερη τους διαφορά παρατηρήθηκε την 101^η ημέρα με τα φυτά στο επαρκώς αρδευόμενο επίπεδο A να έχουν εμφανίσει το ½ του στάχου (54 κατά Zadoks) και στα επίπεδα B και C η άνθηση να έχει προχωρήσει πάνω από το 50% (67 κατά Zadoks).

Κατόπιν, την 105^η ημέρα από την σπορά τερματίζεται ο πολύ υψηλός ρυθμός ανάπτυξης για τα δύο επίπεδα που δέχθηκαν την πιο ισχυρή υδατική καταπόνηση και πλέον συγκλίνουν με το επίπεδο που αρδεύτηκε κανονικά στην ίδια ανοδική πορεία μέχρι το τέλος. Όπως φαίνεται, τα τρία επίπεδα ταυτίστηκαν ακριβώς στο στάδιο της πλήρους άνθησης (68 κατά Zadoks).

Μετά την μελέτη των τριών ποικιλιών αξίζει να σημειωθεί ότι και οι τρεις ακολουθούν παρόμοια πορεία στην ανάπτυξή τους. Η χρονική διάρκεια της παραμονής τους στα βασικά στάδια ανάπτυξης είναι ίδια. Η πορεία ήταν σταθερά ανοδική μέχρι περίπου τις 87 ημέρες από την σπορά όπου τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο του καλαμώματος. Η γρηγορότερη ανάπτυξη των φυτών που δέχθηκαν την έντονη υδατική καταπόνηση, δηλαδή των επιπέδων B και C σε σχέση με τα φυτά του επιπέδου A που αρδεύονταν κανονικά είναι ίδια και για τις τρεις ποικιλίες. Εκείνη τη στιγμή το επίπεδο A είναι στην πρώτη εμφάνιση του τελευταίου φύλλου (37 κατά Zadoks), ενώ τα άλλα δύο έχουν εισέλθει στο στάδιο διόγκωσης του κολεού (40-49 κατά Zadoks). Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται λόγω της ταχύτατης μετάβασης των φυτών των επιπέδων B και C στο στάδιο της άνθησης την οποία σχεδόν ολοκληρώνουν πριν προλάβουν να ξεσταχυάσουν. Παρ' όλα αυτά, ο ρυθμός τους θα σταματήσει να αυξάνεται όπως προηγουμένως, και έτσι θα φτάσουν στην πλήρη άνθηση μαζί με τα φυτά του επιπέδου A. Από το σημείο αυτό και μετά ακολουθούν κοινή πορεία μέχρι το τέλος. Τέλος, γίνεται φανερή η τάση που παρουσιάζει η ποικιλία Grace, που δείχνει να έχει επηρεαστεί λιγότερο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού συγκριτικά με τις δύο άλλες ποικιλίες και κυρίως με την ποικιλία RGT Planet, καθώς οι διαφορές μεταξύ των επιπέδων καθώς και η χρονική διάρκεια που αυτές κράτησαν ήταν μικρότερες.

3.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ

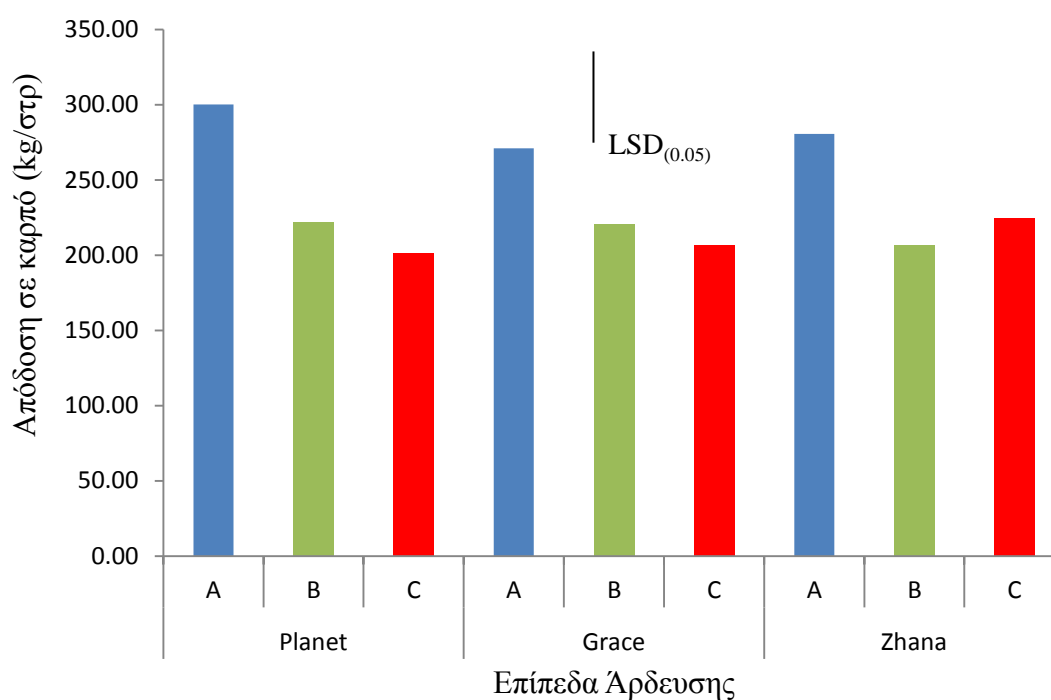
3.4.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ

Σύμφωνα με τον πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 3.4.1), διαπιστώθηκε ότι οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό της απόδοσης σε καρπό. Αντίθετα, ούτε οι ποικιλίες αλλά ούτε και η αλληλεπίδραση μεταξύ της υδατικής καταπόνησης και της ποικιλίας επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το χαρακτηριστικό αυτό.

Πίνακας 3.4.1. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την απόδοση σε καρπό ανά στρέμμα.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	3865,85	2	1932,93	1,84	0,2006
Επίπεδο άρδευσης	29767,2	2	14883,6	14,19	0,0007
Ποικιλία	296,519	2	148,259	0,08	0,9259
Επανάληψη x Ποικιλία	7553,26	4	1888,31		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	2295,26	4	573,815	0,55	0,7049
Υπόλοιπο	12590,9	12	1049,24		
Σύνολο	56369,0	26			

Στο διάγραμμα 3.4.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος της απόδοσης σε καρπό ανά στρέμμα στις διάφορες μεταχειρίσεις νερού των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.4.1. Η απόδοση σε καρπό ανά στρέμμα για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.4.1, τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (επίπεδο A) έδωσαν μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό (300 kg/στρ) και διέφεραν με στατιστικά σημαντικό τρόπο από τα φυτά των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Τα φυτά των μεταχειρίσεων νερού στα επίπεδα B και C έδωσαν απόδοση καρπού που δεν διέφερε μεταξύ τους με σημαντικό τρόπο. Αυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση είχαν απόδοση 222 kg/στρ, ενώ την

μικρότερη τιμή παρουσίασαν τα φυτά με την υψηλή υδατική καταπόνηση (201 kg/στρ).

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά που δεν καταπονήθηκαν (επίπεδο A) έδωσαν την μεγαλύτερη απόδοση καρπού (271 kg/στρ), σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το επίπεδο C που υπέστη την μεγαλύτερη καταπόνηση (207 kg/στρ). Όσον αφορά το μεσαίο επίπεδο B (221 kg/στρ) δεν διέφερε με στατιστικά σημαντικό τρόπο με την απόδοση των υπολοίπων επιπέδων.

Στην ποικιλία Zhana, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.4.1, στο επίπεδο A τα φυτά κατέγραψαν την μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό (281 kg/στρ). Ακολούθησαν τα φυτά που δέχθηκαν την πιο ακραία μορφή καταπόνησης με απόδοση 225 kg/στρ. Την μικρότερη τιμή είχαν τα φυτά του επιπέδου B (207 kg/στρ) σημαντικά μικρότερη από την απόδοση του επιπέδου A.

Όπως φαίνεται και στις τρεις ποικιλίες τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές στην απόδοση, με την RGT Planet να προηγείται, την Zhana να ακολουθεί και στο τέλος την Grace. Επίσης, η αυξανόμενη υδατική καταπόνηση επηρέασε αρνητικά την απόδοση σε καρπό, καθώς μειωνόταν από το επίπεδο A προς το επίπεδο C εκτός της ποικιλίας Zhana όπου τα φυτά που δέχθηκαν την μεσαία υδατική καταπόνηση κατέγραψαν την χαμηλότερη τιμή. Επιπροσθέτως, η ποικιλία που ανταποκρίθηκε καλύτερα στις συνθήκες υψηλής καταπόνησης ήταν η Zhana με τις Grace και RGT Planet να ακολουθούν. Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι η ποικιλία RGT Planet ήταν αυτή που έδωσε και την υψηλότερη απόδοση (300 kg/στρ) στο επίπεδο A αλλά και την χαμηλότερη (201 kg/στρ) στο επίπεδο C. Τέλος, η ποικιλία Grace ήταν αυτή της οποίας οι τιμές μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων του νερού, είχαν την μικρότερη απόκλιση.

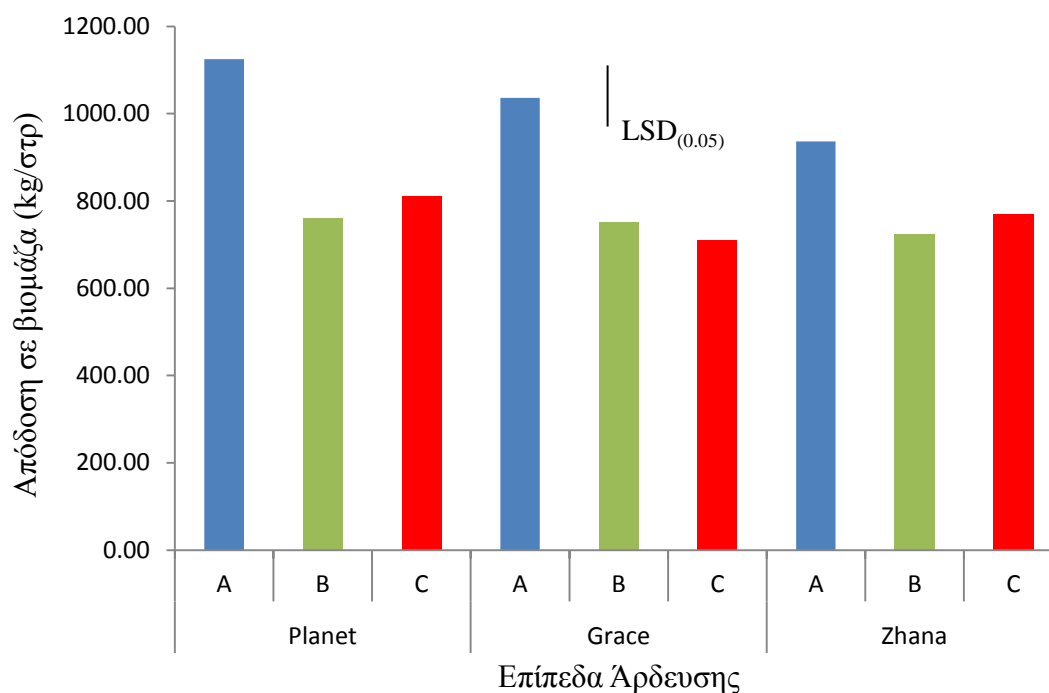
3.4.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Όπως παρατηρήθηκε από τον πίνακα 3.4.2 ανάλυσης της διασποράς, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία επηρεάζει με σημαντικό τρόπο την απόδοση σε βιομάζα. Φάνηκε επίσης, ότι οι τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Επιπροσθέτως, ούτε η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων διέφερε σημαντικά.

Πίνακας 3.4.2. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την απόδοση σε βιομάζα.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	43761,4	2	21880,7	2,98	0,0890
Επίπεδο άρδευσης	463848	2	231924	31,59	0,0000
Ποικιλία	38608,3	2	19304,1	0,87	0,4847
Επανάληψη x Ποικιλία	88465,5	4	22116,4		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	32953,3	4	8238,31	1,12	0,3913
Υπόλοιπο	88109,1	12	7342,43		
Σύνολο	755745	26			

Στο διάγραμμα 3.4.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος της απόδοσης σε βιομάζα στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.4.2. Η απόδοση σε βιομάζα για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, παρατηρείται ότι τα φυτά του επιπέδου A που δεν καταπονήθηκαν, παρουσίασαν την μεγαλύτερη απόδοση σε βιομάζα (1125 kg/στρ), σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των δύο άλλων επιπέδων. Ακολούθησαν τα φυτά που δέχθηκαν την υψηλότερη υδατική καταπόνηση (811 kg/στρ), ενώ την μικρότερη απόδοση σε βιομάζα καταγράφηκε στο επίπεδο B (μεσαία υδατική καταπόνηση) με τιμή 762 kg/στρ.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα 3.4.2, στην ποικιλία Grace, διαπιστώνεται μια σταδιακή μείωση της βιομάζας καθώς αυξάνεται το υδατικό έλλειμμα μεταξύ των τριών επιπέδων άρδευσης. Στο επίπεδο κανονικής άρδευσης A, η απόδοση σε βιομάζα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τα επίπεδα B και C, με τιμή 1036 kg/στρ. ακολούθησαν τα φυτά που υπέστησαν την μεσαία υδατική καταπόνηση με 752 kg/στρ, ενώ η χαμηλότερη τιμή ανήκει στο επίπεδο C με 710 kg/στρ.

Στην ποικιλία Zhana, όπως και στις προηγούμενες δύο τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν την υψηλότερη τιμή βιομάζας (936 kg/στρ) και διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τις δύο άλλες μεταχειρίσεις νερού. Αμέσως μετά ήταν το επίπεδο C με τιμή 770 kg/στρ, με το επίπεδο B να καταγράφει την μικρότερη τιμή 723 k/στρ.

Γενικά και στις τρεις ποικιλίες, τα φυτά του επιπέδου που δέχθηκε κανονική άρδευση παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές απόδοσης σε βιομάζα και μάλιστα στατιστικά σημαντική σε σχέση με τα δύο επίπεδα που καταπονήθηκαν. Στο επίπεδο

Α η ποικιλία RGT Planet είχε την μεγαλύτερη τιμή με την Grace και την Zhana να ακολουθούν. Ακόμη, οι αποδόσεις των επιπέδων που καταπονήθηκαν σε όλες τις ποικιλίες δεν είχαν σημαντικές διαφορές και ειδικά στις ποικιλίες RGT Planet και Zhana στο επίπεδο C η βιομάζα ήταν μεγαλύτερη από το B. Επίσης, την μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των τριών επιπέδων άρδευσης παρουσίασε η ποικιλία RGT Planet, ενώ την μικρότερη η ποικιλία Zhana που φάνηκε να επηρεάζεται λιγότερο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού. Τέλος, η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε στο αρδευόμενο επίπεδο της ποικιλίας RGT Planet (1125 kg/στρ) και η χαμηλότερη από την ποικιλία Grace στο επίπεδο C.

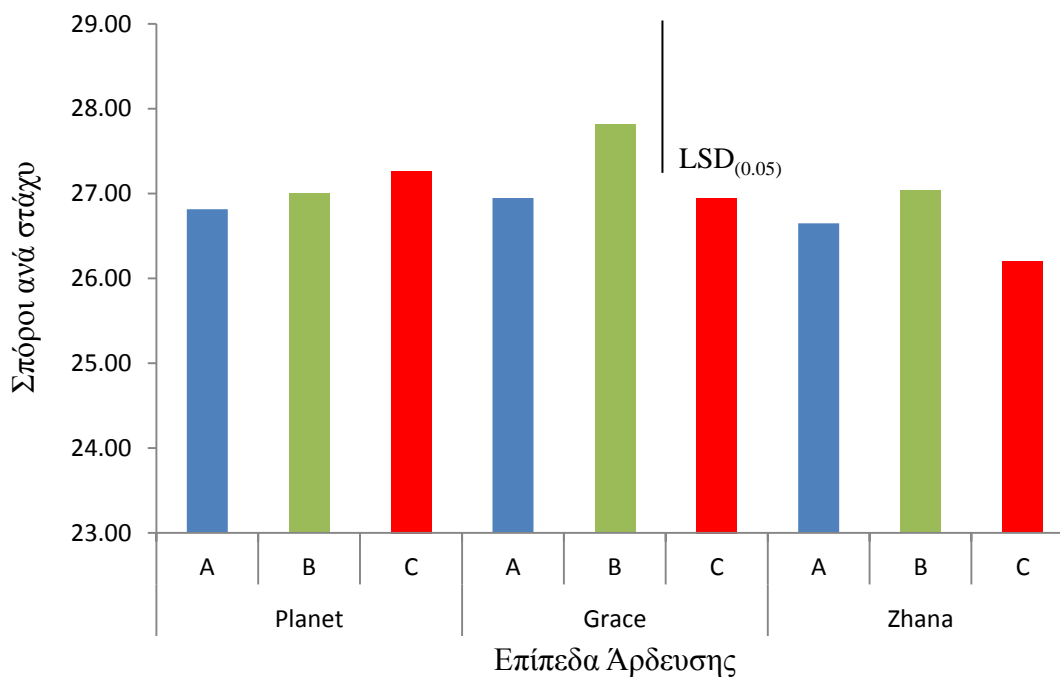
3.4.3 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΠΟΡΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΧΥ

Όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 3.4.3), όσον αφορά τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν. Επίσης, ούτε οι μεταχειρίσεις του νερού δεν επηρέασαν σημαντικά, ενώ ούτε η αλληλεπίδραση μεταξύ του επιπέδου άρδευσης και της ποικιλίας επηρέασε με αυτόν τον τρόπο τον αριθμό των σπόρων.

Πίνακας 3.4.3. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ.

Πηγή	Άθροισμα	Βαθμοί	Μέσα	F-Ratio	P-Value
παραλλακτικότητας	τετραγώνων	ελευθερίας	τετράγωνα		
Επανάληψη	2,81907	2	1,40954	1,41	0,2809
Επίπεδο άρδευσης	1,36963	2	0,684815	0,69	0,5218
Ποικιλία	1,73407	2	0,867037	0,26	0,7834
Επανάληψη x	13,3559	4	3,33898		
Ποικιλία					
Επίπεδο άρδευσης x	1,4837	4	0,370926	0,37	0,8241
Ποικιλία					
Υπόλοιπο	11,9617	12	0,996806		
Σύνολο	32,7241	26			

Στο διάγραμμα 3.4.3 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος των σπόρων ανά στάχυ στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.4.3. Ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ φαίνεται να επηρεάστηκε, αν και όχι σημαντικά, από την αύξηση της υδατικής καταπόνησης. Έτσι, ο αριθμός μειώθηκε καθώς αυξήθηκε η διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Τα φυτά του επιπέδου A είχαν την τάση να δίνουν τον μικρότερο αριθμό (26,82 σπόροι/στάχυ), ενώ τα φυτά που υπέστησαν την μεγαλύτερη καταπόνηση στο επίπεδο C έδωσαν τον μεγαλύτερο αριθμό (27,27 σπόροι/στάχυ).

Στην ποικιλία Grace, φαίνεται πως τα φυτά δεν επηρεάστηκαν ιδιαίτερα από τις διάφορες μεταχειρίσεις νερού. Ο μεγαλύτερος αριθμός σπόρων εμφανίστηκε στο επίπεδο B (27,82 σπόροι/στάχυ). Από την άλλη τόσο τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά όσο και αυτά που είχαν το μεγαλύτερο έλλειμμα νερού κατέγραψαν ακριβώς τον ίδιο αριθμό σπόρων ανά στάχυ 26,95. Η διαφορά του μεσαίου επιπέδου από τα δύο ακραία δεν ήταν φυσικά σημαντική.

Στην ποικιλία Zhana, το μεσαίο επίπεδο υδατικής καταπόνησης είχε την τάση να δίνει τον μεγαλύτερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ 27,03. Στην συνέχεια ήταν τα φυτά του επιπέδου A (26,65 σπόροι/στάχυ), ενώ τον χαμηλότερο αριθμό, αλλά όχι σε σημαντικό βαθμό, έδωσαν τα φυτά με την λιγότερη διαθέσιμη εδαφική υγρασία (26,20 σπόροι/στάχυ).

Φαίνεται πως η κάθε ποικιλία είχε διαφορετική αντίδραση απέναντι στην υδατική καταπόνηση ως προς τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ. Όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.4.3, τον μεγαλύτερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ έδωσε η ποικιλία Grace στο επίπεδο B, ενώ την χαμηλότερη τιμή η Zhana στην πιο ακραία μορφή υδατικής καταπόνησης. Είναι ενδιαφέρον, πως το επίπεδο C της ποικιλίας RGT Planet και το επίπεδο B όλων των ποικιλιών κατέγραψαν μεγαλύτερο αριθμό

από τα πλήρως αρδευόμενα επίπεδα και των τριών ποικιλιών. Επίσης, η ποικιλία RGT Planet είχε την τάση να επηρεάζεται λιγότερο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού, ενώ η Grace παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποκλίσεις, χωρίς όμως να προκύπτει κάτι σημαντικό.

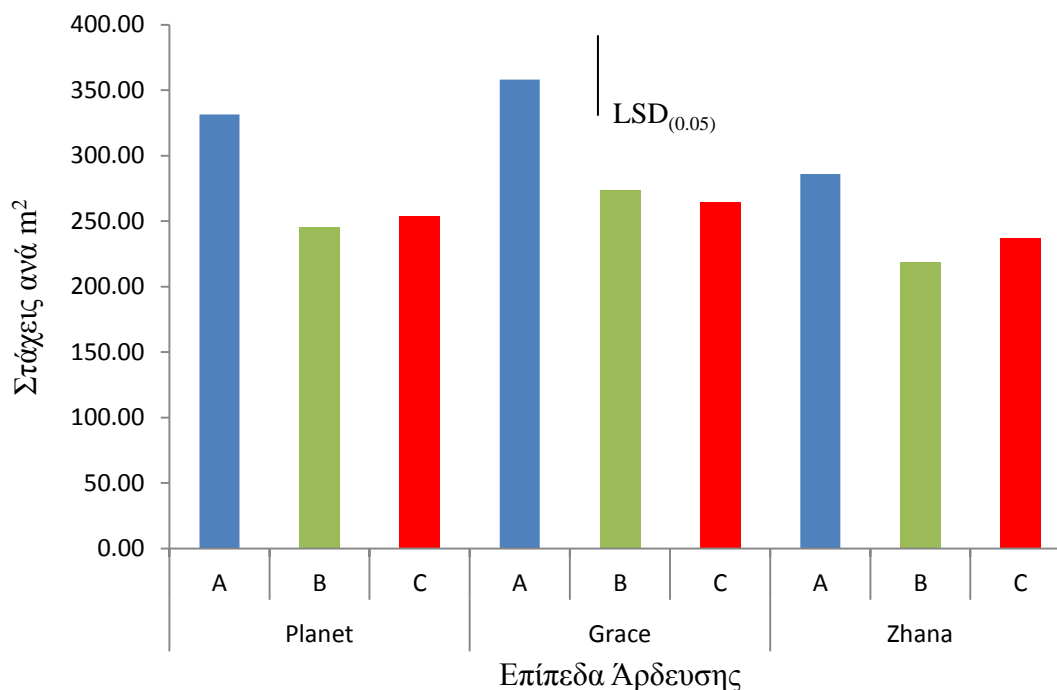
3.4.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΧΕΩΝ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ

Όπως γίνεται φανερό έπειτα από την ανάλυση της παραλλακτικότητας (πίνακας 3.4.4), το επίπεδο υδατικής καταπόνησης των φυτών επηρέασε στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο. Δεν συνέβη όμως το ίδιο με τις ποικιλίες όπως και με την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων όπου δεν υπήρξε σημαντική διαφορά.

Πίνακας 3.4.4. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον αριθμό των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	3860,07	2	1930,04	1,41	0,2824
Επίπεδο άρδευσης	35314,7	2	17657,4	12,88	0,0010
Ποικιλία	11948,7	2	5974,37	3,44	0,1351
Επανάληψη x Ποικιλία	6943,04	4	1735,76		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	1649,04	4	412,259	0,30	0,8720
Υπόλοιπο	16456,2	12	1371,35		
Σύνολο	76171,9	26			

Στο διάγραμμα 3.4.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.4.4. Ο αριθμός των στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά που δέχθηκαν κανονική άρδευση παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις νερού και συγκεκριμένα 331. Ακολούθησαν τα φυτά του επιπέδου C (253 στάχεις/m²) που καταπονήθηκαν περισσότερο και τον μικρότερο αριθμό έδωσαν αυτά του επιπέδου B (245 στάχεις/m²).

Στην ποικιλία Grace, φαίνεται ότι ο αριθμός στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο επηρεάζεται από την αυξανόμενη υδατική καταπόνηση. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των στάχων όσο αυξανόταν η υδατική καταπόνηση που υπέστησαν τα φυτά. Στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος έναντι των επιπέδων B και C ήταν ο αριθμός στάχων του επιπέδου A (358 στάχεις/m²). Στην συνέχεια ήταν τα φυτά του επιπέδου B (273 στάχεις/m²), ενώ τον μικρότερο αριθμό έδωσαν τα φυτά με την λιγότερη εδαφική υγρασία (264 στάχεις/m²).

Στην ποικιλία Zhana, όπως και στις προηγούμενες δύο, τα φυτά που δεν καταπονήθηκαν στο επίπεδο A έδωσαν την μεγαλύτερη τιμή (286 στάχεις/m²), η οποία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη, μόνο από το επίπεδο B που κατέγραψε την μικρότερη τιμή (218 στάχεις/m²). Ενδιάμεσα από την ανώτερη και την κατώτερη τιμή τα φυτά που υπέστησαν την μεγαλύτερη καταπόνηση έδωσαν 237 στάχεις/m².

Όπως διαπιστώνεται από το διάγραμμα 3.4.4, η ποικιλία Grace στο επίπεδο A είναι αυτή που δίνει την μεγαλύτερη τιμή, ενώ η ποικιλία Zhana στο επίπεδο B έδωσε την μικρότερη. Σε κάθε ποικιλία, πάντα τα αρδευόμενα φυτά ήταν αυτά με τον μεγαλύτερο αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο απέναντι στα καταπονημένα. Έτσι το επίπεδο A διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα άλλα δύο. Επίσης, η ποικιλία που φαίνεται να έχει τάση και επηρεάστηκε περισσότερο από τις

διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού ήταν η Grace, ενώ αντίθετα η Zhana δεν παρουσίασε τόσο μεγάλες διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων.

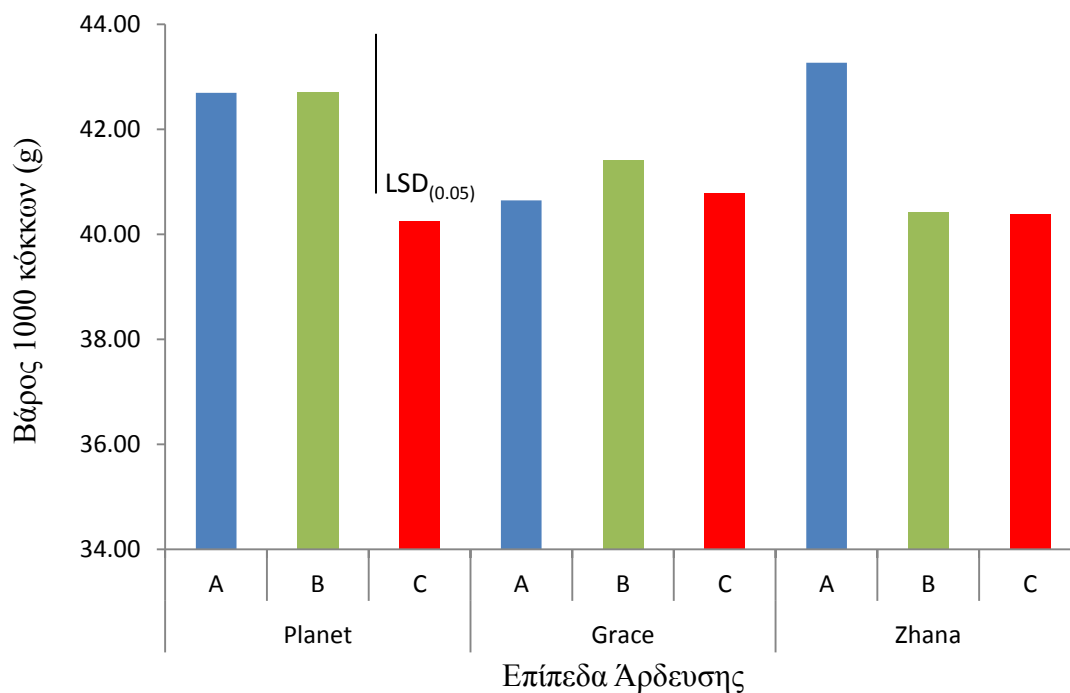
3.4.5 ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ

Από τον πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 3.4.5) καταγράφεται, ότι ούτε το επίπεδο άρδευσης, όπως επίσης ούτε οι προς μελέτη ποικιλίες διέφεραν σημαντικά ως προς το βάρος χιλίων κόκκων. Ακόμη, ούτε η αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλίας και επιπέδου άρδευσης επηρέασε σημαντικά το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Πίνακας 3.4.5. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το βάρος χιλίων κόκκων.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	90,3487	2	45,1743	11,76	0,0015
Επίπεδο άρδευσης	13,6428	2	6,82138	1,78	0,2110
Ποικιλία	3,9611	2	1,98055	0,06	0,9466
Επανάληψη x Ποικιλία	142,411	4	35,6029		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	15,7869	4	3,94671	1,03	0,4321
Υπόλοιπο	46,0795	12	3,83996		
Σύνολο	312,23	26			

Στο διάγραμμα 3.4.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται το βάρος των χιλίων σπόρων στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Το βάρος μετρήθηκε σε γραμμάρια (g).



Διάγραμμα 3.4.5. Το βάρος χιλίων κόκκων για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά είχαν την τάση να δίνουν σχεδόν ίδιο βάρος χιλίων σπόρων με αυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση. Τα δύο αυτά επίπεδα έδωσαν βάρος χιλίων σπόρων 42,69 g και 42,71 g αντίστοιχα. Από την άλλη τα φυτά που είχαν το μεγαλύτερο υδατικό έλλειμμα έδωσαν το μικρότερο βάρος χιλίων κόκκων (40,25 g) που όμως δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα άλλα δύο.

Στην ποικιλία Grace, το επίπεδο B των φυτών με την μεσαία υδατική καταπόνηση κατέγραψε το μεγαλύτερο βάρος χιλίων σπόρων (41,42 g). Ακολούθησαν τα φυτά του επιπέδου C (40,78 g), ενώ φάνηκε ότι η κανονική άρδευση δεν έδωσε κατάφερε να ξεπεράσει τα δύο προηγούμενα καθώς έδωσε το μικρότερο βάρος χιλίων κόκκων (40,65 g)/

Όσον αφορά την ποικιλία Zhana, γίνεται φανερό ότι η επάρκεια νερού βοήθησε για να δώσουν τα φυτά μεγαλύτερο βάρος χιλίων σπόρων (43,27 g) από τα δύο άλλα επίπεδα όχι όμως με στατιστικά σημαντικό τρόπο. Τα φυτά που δέχθηκαν καταπόνηση έδωσαν σχεδόν ίδιο βάρος χιλίων σπόρων με το επίπεδο C να καταγράφει το χαμηλότερο (40,38 g).

Γενικά, το μεγαλύτερο βάρος χιλίων σπόρων παρουσίασε η ποικιλία Zhana όταν αρδεύτηκε κανονικά, ενώ το μικρότερο η ποικιλία RGT Planet στο επίπεδο του μεγαλύτερου υδατικού ελλείμματος. Επίσης, γίνεται φανερό ότι η κάθε ποικιλία επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τις μεταχειρίσεις του νερού, αλλά όχι σημαντικά. Φαίνεται ότι η ποικιλία Grace ήταν πιο σταθερή στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, ενώ η Zhana έχοντας επηρεαστεί περισσότερο από τις άλλες δύο είχε μεγαλύτερη απόκλιση στις τιμές μεταξύ των επιπέδων της.

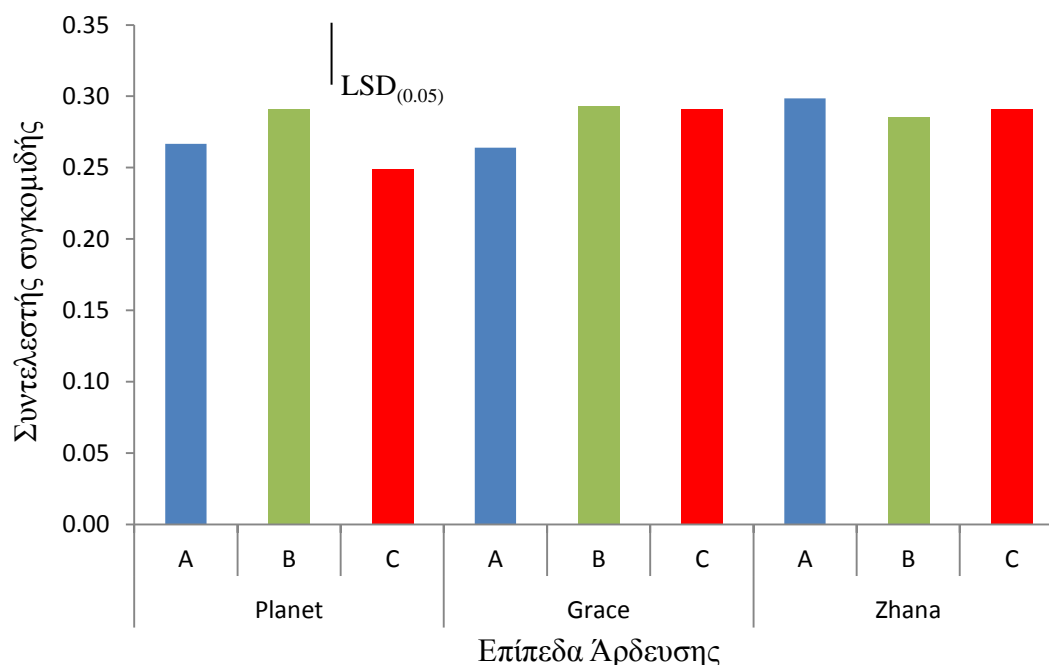
3.4.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ (HARVEST INDEX)

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.6 ανάλυσης διασποράς, το επίπεδο εδαφικής υγρασίας δεν επέδρασε με σημαντικό τρόπο τον συντελεστή συγκομιδής. Αντίθετα, οι τρεις ποικιλίες διέφεραν στατιστικά σημαντικά. Τέλος, η αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων δεν επηρέασε σημαντικά τον συντελεστή συγκομιδής.

Πίνακας 3.4.6. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον συντελεστή συγκομιδής.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	0,00106667	2	0,000533333	1,33	0,3015
Επίπεδο άρδευσης	0,00108889	2	0,000544444	1,35	0,2948
Ποικιλία	0,00268889	2	0,00134444	9,31	0,0313
Επανάληψη x Ποικιλία	0,000577778	4	0,000144444		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	0,00282222	4	0,000705556	1,76	0,2026
Υπόλοιπο	0,00482222	12	0,000401852		
Σύνολο	0,0130667	26			

Στο διάγραμμα 3.4.6 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συντελεστής συγκομιδής στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.4.6. Ο συντελεστής συγκομιδής για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση παρουσίασαν τον μεγαλύτερο συντελεστή συγκομιδής (0,29). Ακολούθησαν τα φυτά του επιπέδου που είχε επάρκεια νερού με συντελεστή 0,27 και την μικρότερη τιμή έδωσαν αυτά του επιπέδου με τα μεγαλύτερα υδατικά ελλείμματα (0,25). Πάντως, οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Στην ποικιλία Grace, όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.4.6, ο συντελεστής συγκομιδής στα δύο επίπεδα που καταπονήθηκαν περισσότερο δηλαδή στα Β και C παρουσίασε την ίδια ακριβώς τιμή (0,29). Αξίζει να σημειωθεί ότι ήταν μεγαλύτερος αλλά όχι σε σημαντικό βαθμό από τον συντελεστή που κατέγραψαν τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά στο επίπεδο Α (0,26).

Στην ποικιλία Zhana, σε αντίθεση με τις άλλες δύο, τον μεγαλύτερο συντελεστή συγκομιδής έδωσαν τα φυτά του επιπέδου που αρδεύτηκε κανονικά (0,30). Ωστόσο, η διαφορά με τα δύο επίπεδα που δέχθηκαν άλλη μεταχείριση νερού ήταν αρκετά μικρή. Τα επίπεδα Β και C κατέγραψαν ακριβώς την ίδια τιμή στον συντελεστή συγκομιδής 0,29.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 3.4.6, τον υψηλότερο συντελεστή συγκομιδής σημείωσε η ποικιλία Zhana στο επίπεδο που αρδεύτηκε κανονικά, ενώ την μικρότερη τιμή έδωσαν τα φυτά με το μεγαλύτερο έλλειμμα νερού της ποικιλίας RGT Planet. Η ποικιλία Zhana φαίνεται να έχει την τάση να επηρεάζεται λιγότερο από τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με την RGT Planet. Η Zhana υπερτερεί στα επίπεδα Α και C της RGT Planet, ενώ στο επίπεδο Β έχουν τον ίδιο συντελεστή. Οι δύο αυτές ποικιλίες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

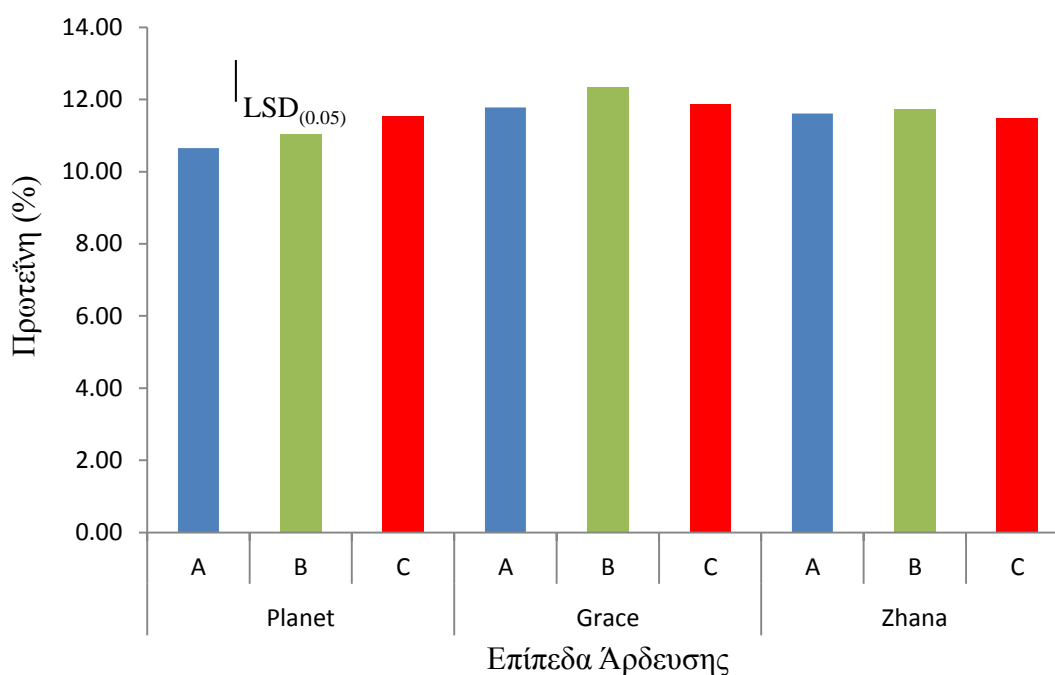
3.5.1 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ

Από την ανάλυση της διασποράς (πίνακας 3.5.1) βρέθηκε πως ούτε οι διάφορες μεταχειρίσεις νερού, ούτε οι ποικιλίες επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη. Επίσης, η αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων δεν ήταν και αυτή στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 3.5.1. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό πρωτεΐνης στους σπόρους.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	2,4192	2	1,2096	3,90	0,0494
Επίπεδο άρδευσης	0,624622	2	0,312311	1,01	0,3938
Ποικιλία	3,85662	2	1,92831	1,68	0,2946
Επανάληψη x Ποικιλία	4,57764	4	1,14441		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	1,18062	4	0,295156	0,95	0,4676
Υπόλοιπο	3,71769	12	0,309807		
Σύνολο	16,3764	26			

Στο διάγραμμα 3.5.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.1. Το ποσοστό πρωτεΐνης των σπόρων για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, καθώς αυξανόταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης, αυξήθηκε και η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη. Ωστόσο, οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Το επίπεδο C έδωσε το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεΐνης στους σπόρους (11,52%). Ακολούθησε το επίπεδο B με ποσοστό 11,04% και το μικρότερο ποσοστό κατέγραψαν τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (10,65%).

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση είχαν την υψηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στους σπόρους με ποσοστό 12,34%. Στη συνέχεια το επίπεδο C με τα μεγαλύτερα υδατικά ελλείμματα έδωσε ποσοστό 11,86%, ενώ τα φυτά του επιπέδου A παρατηρείται ότι είχαν το χαμηλότερο ποσοστό (11,78%).

Στην ποικιλία Zhana, φαίνεται ότι τα φυτά και των τριών επιπέδων άρδευσης κατέγραψαν πολύ κοντινές τιμές στην περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη. Το μεγαλύτερο ποσοστό παρουσίασε το επίπεδο B (11,73%), για να ακολουθήσουν τα επίπεδα A και C με ποσοστά 11,61% και 11,47% αντίστοιχα.

Όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.5.1, την υψηλότερη περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη έδωσε η ποικιλία Grace στο επίπεδο καταπόνησης B, ενώ το χαμηλότερο κατέγραψε η ποικιλία RGT Planet στα φυτά που είχαν επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Επίσης, η ποικιλία Zhana παρουσιάζει την τάση

να έχει επηρεαστεί λιγότερο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με την RGT Planet που έχει μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ των τριών επιπέδων άρδευσης. Ωστόσο, ούτε οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, ούτε αυτές μεταξύ των τριών καταπονήσεων είναι στατιστικά σημαντικές.

Η σημασία της περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη στο βυνοποιήσιμο κριθάρι είναι μεγάλη, καθώς οι σπόροι που προορίζονται για βυνοποίηση θα πρέπει να είναι εντός συγκεκριμένων ορίων. Τα όρια αυτά είναι 9-12% πρωτεΐνης. Στο παρόν πείραμα τα φυτά όλων των μεταχειρίσεων του νερού και των τριών ποικιλιών ήταν εντός ορίων. Μοναδική εξαίρεση το επίπεδο B της ποικιλίας Grace (12,34%). Το υψηλότερο ποσοστό εντός ορίων είχε η ποικιλία Grace στο επίπεδο C.

3.5.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ

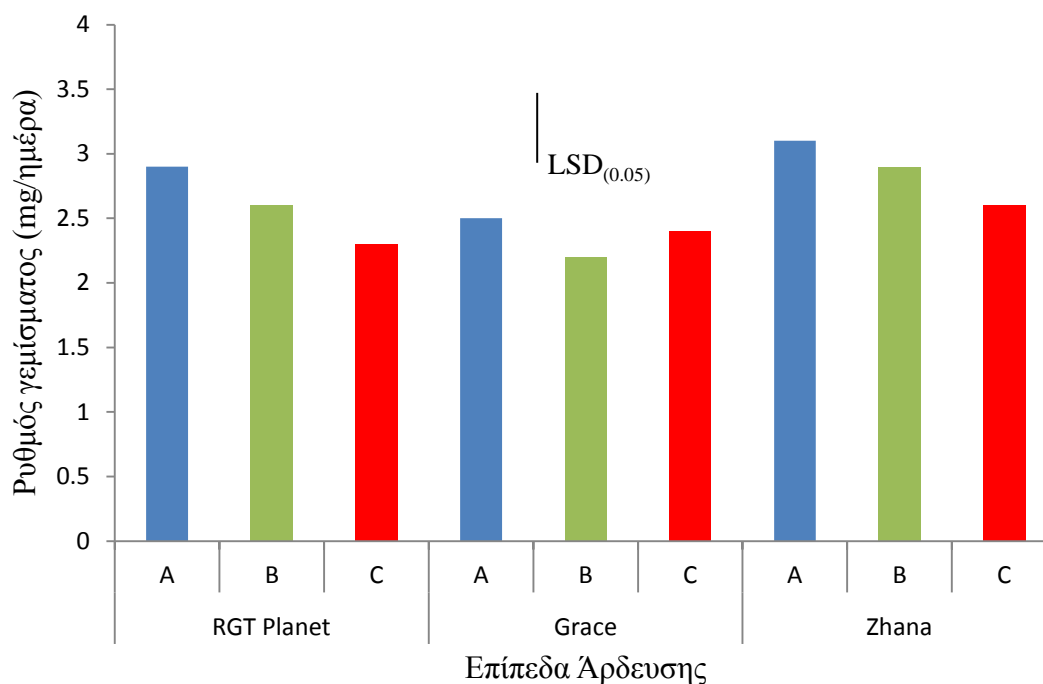
3.5.2.1 ΡΥΘΜΟΣ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ

Ο ρυθμός γεμίσματος του σπόρου σύμφωνα με τον πίνακα ανάλυσης διασποράς (πίνακας 3.5.2.1), φαίνεται ότι επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του νερού. Αντίθετα, οι τρεις ποικιλίες δεν διέφεραν σημαντικά όπως επίσης και η αλληλεπίδραση του επιπέδου άρδευσης με την ποικιλία.

Πίνακας 3.5.2.1. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για τον ρυθμό γεμίσματος του σπόρου

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	0,535556	2	0,267778	3,51	0,0631
Επίπεδο άρδευσης	0,86	2	0,43	5,64	0,0188
Ποικιλία	1,07556	2	0,537778	5,44	0,0723
Επανάληψη x Ποικιλία	0,395556	4	0,0988889		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	0,284444	4	0,0711111	0,93	0,4778
Υπόλοιπο	0,915556	12	0,0762963		
Σύνολο	4,06667	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο ρυθμός γεμίσματος του σπόρου ανά ημέρα στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.1. Ο ρυθμός γειμίσματος του σπόρου για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, ο ρυθμός γειμίσματος του σπόρου μειωνόταν καθώς αυξανόταν η υδατική καταπόνηση των φυτών. Την υψηλότερη τιμή σημείωσαν τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (2,9 mg/ημέρα), σημαντικά μεγαλύτερη από το επίπεδο C με την χαμηλότερη εδαφική υγρασία (2,3 mg/ημέρα). Ενδιάμεσα, βρίσκεται το επίπεδο B με ρυθμό γειμίσματος 2,6 mg/ημέρα.

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά του επιπέδου A παρουσίασαν τον μεγαλύτερο ρυθμό γειμίσματος του σπόρου (2,5 mg/ημέρα). Στη συνέχεια, το επίπεδο C είχε ρυθμό 2,4 mg/ημέρα, ενώ στα φυτά που δέχθηκαν μεσαία υδατική καταπόνηση ο ρυθμός γειμίσματος του σπόρου έπεσε στα 2,2 mg/ημέρα. Οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Στην ποικιλία Zhana, τα φυτά επηρεάστηκαν από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού. Έτσι, με την αύξηση του υδατικού ελλείμματος μειωνόταν και ο ρυθμός γειμίσματος του σπόρου. Στο επίπεδο A τα φυτά που δεν καταπονήθηκαν έδωσαν τον μεγαλύτερο ρυθμό (3,1 mg/ημέρα), οποίος ήταν σημαντικά μεγαλύτερος από τον ρυθμό στο επίπεδο δέχθηκε την υψηλότερη καταπόνηση (2,6 mg/ημέρα). Ανάμεσα στις δύο ακραίες τιμές βρίσκεται το επίπεδο B που είχε ρυθμό γειμίσματος 2,9 mg/ημέρα.

Γενικά, όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.5.2.1 σε κάθε μία από τις τρεις ποικιλίες τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν τον υψηλότερο ρυθμό γειμίσματος του σπόρου σε σχέση με τα δύο άλλα επίπεδα που καταπονήθηκαν περισσότερο. Συνολικά, τον μεγαλύτερο ρυθμό κατέγραψε η ποικιλία Zhana στο επίπεδο A, ενώ τον μικρότερο η Grace στο επίπεδο B με την μεσαία υδατική καταπόνηση. Επιπροσθέτως, διαπιστώνεται ότι η ποικιλία Grace είχε την τάση να

επηρεάζεται λιγότερο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με την ποικιλία RGT Planet της οποίας η διαφορά των τιμών μεταξύ των επιπέδων είναι μεγαλύτερη.

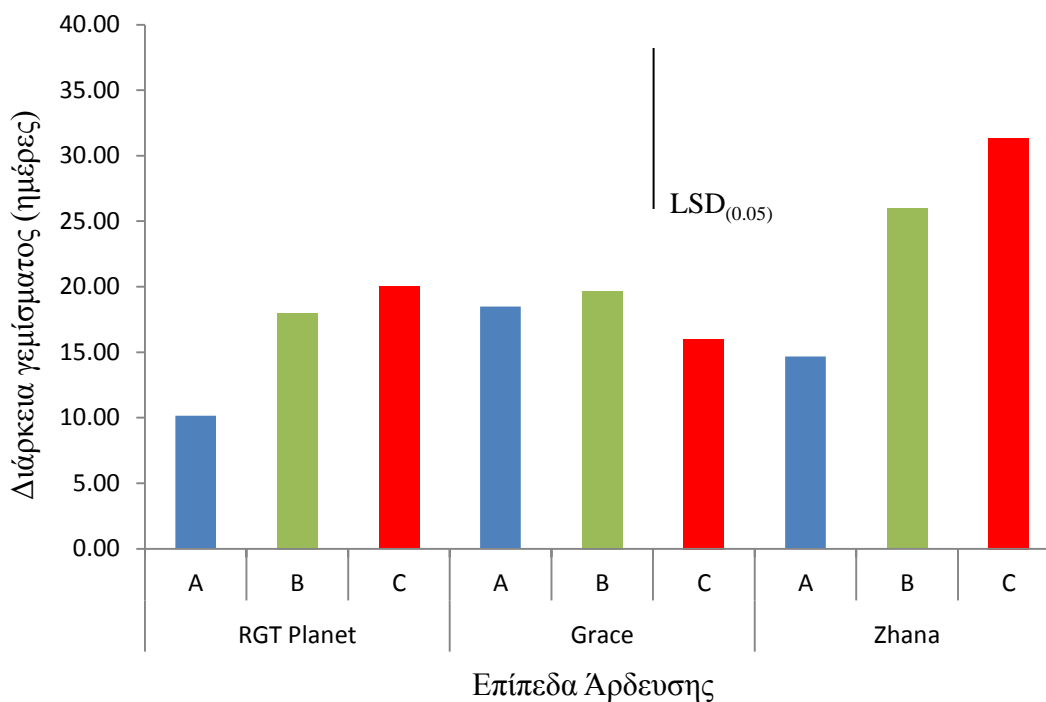
3.5.2.2 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ

Από τον πίνακα 3.5.2.2 ανάλυσης διασποράς παρατηρείται ότι η διάρκεια γεμίσματος του σπόρου δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά ούτε από το διαθέσιμο εδαφικό νερό, ούτε από την ποικιλία. Επίσης, η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων δεν παρουσιάζει σημαντική επίδραση σ' αυτό το χαρακτηριστικό.

Πίνακας 3.5.2.2. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την διάρκεια γεμίσματος του σπόρου

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	255,574	2	127,787	2,86	0,0966
Επίπεδο άρδευσης	334,296	2	167,148	3,74	0,0547
Ποικιλία	307,352	2	153,676	1,04	0,4341
Επανάληψη x Ποικιλία	593,537	4	148,384		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	283,481	4	70,8704	1,59	0,2412
Υπόλοιπο	536,556	12	44,713		
Σύνολο	2310,8	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διάρκεια γεμίσματος του σπόρου σε ημέρες στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.2. Η διάρκεια γεμίσματος του σπόρου για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, το χρονικό διάστημα γεμίσματος των σπόρων αυξανόταν καθώς μεγάλωνε και το επίπεδο υδατικής καταπόνησης των φυτών. Την μεγαλύτερη διάρκεια παρουσίασε λοιπόν, το επίπεδο με το υψηλότερο έλλειμμα υγρασίας εδάφους (20 ημέρες). Ακολούθως, τα φυτά του επιπέδου B χρειάστηκαν 18 ημέρες για το γέμισμα του σπόρου, ενώ αυτά που αρδεύονταν συστηματικά σε μόλις 10,2 ημέρες είχαν ολοκληρώσει το γέμισμα.

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά που δέχθηκαν την μεσαία υδατική καταπόνηση πραγματοποίησαν το γέμισμα των σπόρων σε 19,7 ημέρες. Από την άλλη, στο επίπεδο A χρειάστηκαν 18,5 ημέρες για να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη διαδικασία και στο επίπεδο C το χρονικό διάστημα του γεμίσματος ήταν το μικρότερο (16 ημέρες).

Στην ποικιλία Zhana, φαίνεται ότι η διάρκεια γεμίσματος των σπόρων επηρεάστηκε από την αυξανόμενη υδατική καταπόνηση. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά στο επίπεδο με το μεγαλύτερο έλλειμμα νερού πραγματοποίησαν το γέμισμα σε διάστημα 31,3 ημερών. Αυτό ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από το χρονικό διάστημα των 14,7 ημερών που χρειάστηκαν τα πλήρως αρδευόμενα φυτά. Ενδιάμεσα των δύο αυτών τιμών ήταν το επίπεδο B που γέμισε τους σπόρους σε 26 ημέρες.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.5.2.2, το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση του γεμίσματος των σπόρων χρειάστηκαν τα φυτά της ποικιλίας Zhana που υπέστησαν την μεγαλύτερη καταπόνηση, ενώ στην ποικιλία RGT Planet τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά πραγματοποίησαν το γέμισμα στο μικρότερο διάστημα χρόνου. Επίσης, προκύπτει ότι η ποικιλία Grace είχε την τάση να επηρεάζεται λιγότερο από τις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις νερού έχοντας την

μικρότερη απόκλιση στον αριθμό ημερών μεταξύ των τριών επιπέδων. Αντίθετα στην ποικιλία Zhana τα φυτά ανάλογα με την περίσσια εδαφικής υγρασίας είχαν μεγαλύτερες διαφορές στον χρόνο γεμίσματος, παρουσιάζοντας μια τάση επηρεασμού.

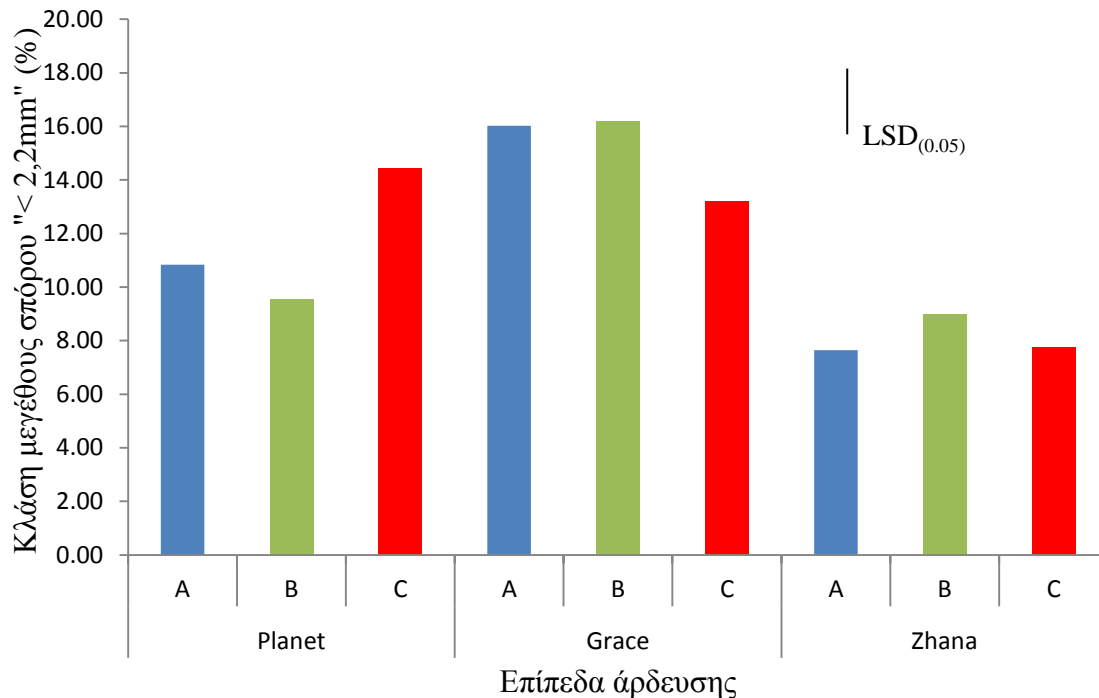
3.5.2.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Όπως γίνεται φανερό από τον πίνακα ανάλυσης της διασποράς των τιμών (πίνακας 3.5.2.3.a), οι διάφορες μεταχειρίσεις του νερού δεν επέδρασαν σημαντικά στην κλάση μεγέθους «< 2,2mm». Αντίθετα, και οι ποικιλίες και η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων επηρέασαν στατιστικά σημαντικά στο συγκεκριμένο μέγεθος σπόρων.

Πίνακας 3.5.2.3.a. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «< 2,2mm».

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	135,104	2	67,5522	40,89	0,0000
Επίπεδο άρδευσης	0,3992	2	0,1996	0,12	0,8873
Ποικιλία	221,624	2	110,812	9,70	0,0292
Επανάληψη x Ποικιλία	45,7028	4	11,4257		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	58,0668	4	14,5167	8,79	0,0015
Υπόλοιπο	19,8233	12	1,65194		
Σύνολο	480,72	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.3.a που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των σπόρων στην κλάση μεγέθους «< 2,2mm» στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.3.a. Το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους « $\leq 2,2\text{mm}$ » για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά του επιπέδου άρδευσης που είχε έλλειμμα εδαφικής υγρασίας παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό (14,43%) σπόρων μεγέθους ακατάλληλου για βυνοποίηση ($\leq 2,2\text{mm}$). Ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο από τα ποσοστά που έδωσαν τις άλλες δύο μεταχειρίσεις νερού, δηλαδή των επιπέδων A και B κατέγραψαν ποσοστά 10,84% και 9,56% αντίστοιχα.

Στην ποικιλία Grace, τα επίπεδα B και A είχαν σχεδόν ίδιο ποσοστό 16,19% και 16,03% αντίστοιχα, που εντάσσεται στην κλάση μεγέθους « $\leq 2,2\text{mm}$ ». Τα ποσοστά αυτά ήταν σημαντικά μεγαλύτερα από αυτό που έδωσαν τα φυτά που καταπονήθηκαν περισσότερο (13,20%).

Στην ποικιλία Zhana, το ποσοστό του επιπέδου B (8,98%) είναι μεγαλύτερο από αυτό των άλλων δύο επιπέδων που έδωσαν παρόμοια τιμή, αλλά όχι σε σημαντικό βαθμό. Ακολούθησε το επίπεδο C (7,74%) και τέλος τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (7,64%).

Όπως γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.5.2.3.a, το μεγαλύτερο ποσοστό ακατάλληλου μεγέθους καρπών για βυνοποίηση παρατηρείται στην ποικιλία Grace στο μεσαίο επίπεδο υδατικής καταπόνησης, ενώ το χαμηλότερο στην Zhana στο επίπεδο A. Ακόμη, οι δύο αυτές ποικιλίες διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, με την Grace να δίνει αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων κλάσεως « $\leq 2,2\text{mm}$ » συνολικά. Επίσης, μεγαλύτερη τάση επηρεασμού από τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης δείχνει να έχει η ποικιλία RGT Planet, ενώ η Zhana φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο.

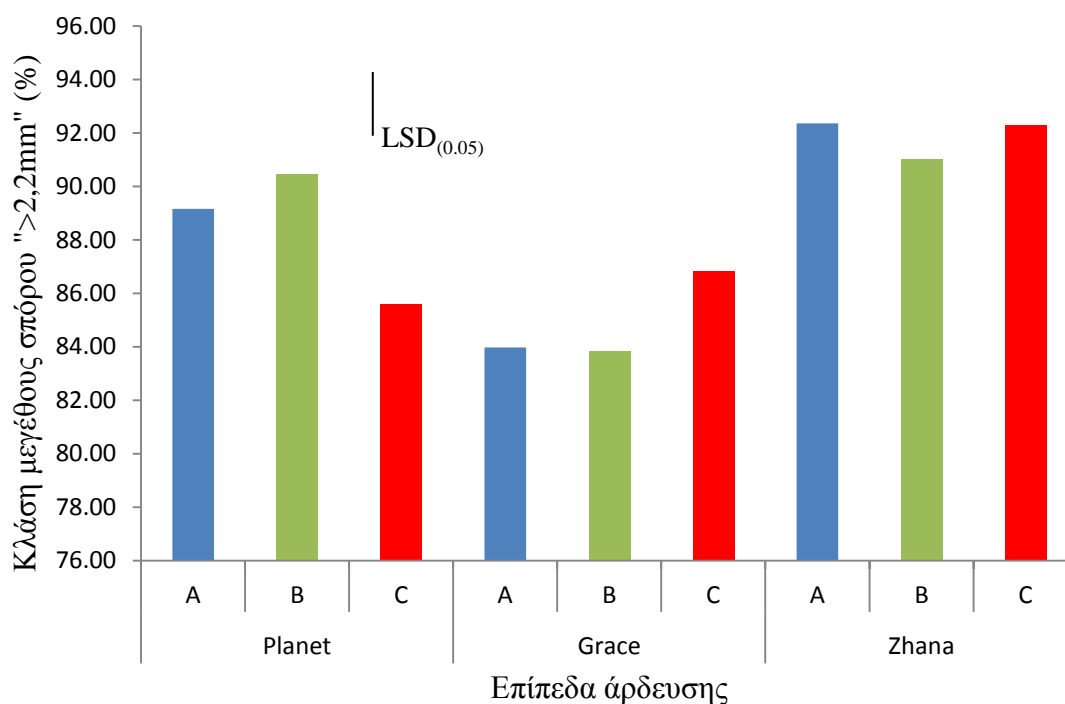
Σύμφωνα με τον πίνακα ανάλυσης διασποράς (πίνακας 3.5.2.3.b), το βυνοποιήσιμο κλάσμα (μέγεθος καρπών $>2,2\text{ mm}$) βρέθηκε πως επηρεάστηκε

στατιστικά σημαντικά από τις ποικιλίες, αλλά και από την αλληλεπίδραση της ποικιλίας με τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης. Από την άλλη, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία δεν ήταν σημαντική.

Πίνακας 3.5.2.3.b. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,2mm».

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	135,104	2	67,5522	40,89	0,0000
Επίπεδο άρδευσης	0,3992	2	0,1996	0,12	0,8873
Ποικιλία	221,624	2	110,812	9,70	0,0292
Επανάληψη x Ποικιλία	45,7028	4	11,4257		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	58,0668	4	14,5167	8,79	0,0015
Υπόλοιπο	19,8233	12	1,65194		
Σύνολο	480,72	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.3.b που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,2mm» στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.3.b. Το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,2mm» για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, το μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων των οποίων το μέγεθος ήταν κατάλληλο για βυνοποίηση έδωσαν τα φυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση (90,44%), με το επίπεδο A να ακολουθεί δίνοντας ποσοστό 89,16%. Το επίπεδο C ήταν αυτό που παρουσίασε το μικρότερο ποσοστό βυνοποιήσιμων σπόρων (85,57%), σημαντικά μικρότερο από τα δύο άλλα επίπεδα άρδευσης.

Όσον αφορά την ποικιλία Grace, η ακραία μορφή υδατικής καταπόνησης κατέγραψε το μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων της βυνοποιήσιμης κλάσης (86,80%), σημαντικά μεγαλύτερο από τα επίπεδα A και B. Τα φυτά που αρδεύονταν κανονικά έδωσαν ποσοστό 83,97% και αυτά του επιπέδου B 83,81%.

Στην ποικιλία Zhana, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης. Εδώ το μεγαλύτερο ποσοστό έδωσε το επίπεδο που αρδεύτηκε συστηματικά, δηλαδή το A (92,36%), ακολούθησε το επίπεδο C με μικρή διαφορά (92,26%). Το μικρότερο ποσοστό στην κλάση μεγέθους «>2,2mm» έδωσαν τα φυτά του επιπέδου B (91,02%).

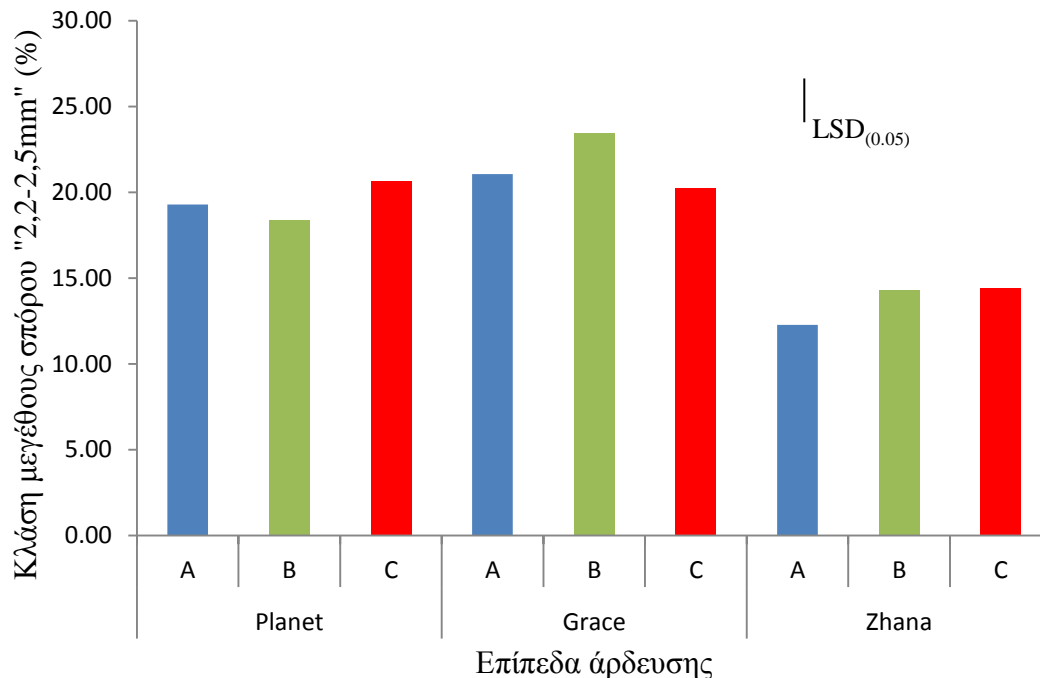
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα 3.5.2.3.b, διαπιστώνουμε ότι η ποικιλία Zhana είναι αυτή που έδωσε το υψηλότερο ποσοστό σπόρου με μέγεθος κατάλληλο για βυνοποίηση και μάλιστα σημαντικά μεγαλύτερο από την Grace που καταγράφει το χαμηλότερο. Επίσης, η μεγαλύτερη τιμή καταγράφεται από την ποικιλία Zhana και πιο συγκεκριμένα από τα φυτά που αρδεύονταν κανονικά, ενώ το μικρότερο ποσοστό έδωσε η ποικιλία Grace στο επίπεδο C. Τέλος, μια τάση επηρεασμού από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού έδειξε η ποικιλία RGT Planet, αντίθετα η ποικιλία Zhana φαίνεται ότι διατήρησε μικρή απόσταση στα ποσοστά των τριών επιπέδων άρδευσης.

Από τον παρακάτω πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 3.5.2.3.c) φαίνεται, ότι τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης δεν επηρέασαν σημαντικά την κλάση μεγέθους καρπού «2,2-2,5mm». Δεν συμβαίνει το ίδιο με τις ποικιλίες που διαπιστώνεται ότι ήταν στατιστικά σημαντικές για την συγκεκριμένη κλάση μεγέθους καρπού, όπως και η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων.

Πίνακας 3.5.2.3.c. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,2-2,5mm».

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	268,011	2	134,005	76,07	0,0000
Επίπεδο άρδευσης	6,57316	2	3,28658	1,87	0,1970
Ποικιλία	303,67	2	151,835	8,21	0,0383
Επανάληψη x Ποικιλία	73,9356	4	18,4839		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	26,4369	4	6,60922	3,75	0,0333
Υπόλοιπο	21,1388	12	1,76156		
Σύνολο	699,766	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.3.c που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,2-2,5mm» στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.3.c. Το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,2-2,5mm» για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Η ποικιλία RGT Planet, καταγράφει το μεγαλύτερο ποσοστό στην κλάση των «2,2-2,5mm» στα φυτά που είχαν το μεγαλύτερο έλλειμμα νερού (20,64%). Ακολούθησαν, αυτά που συνέχιζαν και αρδεύονταν κανονικά με ποσοστό 19,29 και τέλος το χαμηλότερο ποσοστό κατέγραψε το επίπεδο B με 18,35%.

Στην ποικιλία Grace, τα φυτά του επιπέδου B με ποσοστό 23,45% ήταν αυτά με το μεγαλύτερο μερίδιο στο μέγεθος σπόρου «2,2-2,5mm». Οριακά δεν είχαν σημαντική διαφορά με το επίπεδο A που είχε ποσοστό 21,07%, αλλά παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά του επιπέδου B με τα φυτά του επιπέδου C (20,25%).

Στην ποικιλία Zhana, για την κλάση μεγέθους καρπών «2,2-2,5mm» είναι φανερό ότι καθώς αυξανόταν η υδατική καταπόνηση μεγάλωνε και το ποσοστό. Έτσι, με 14,38% το επίπεδο C βρίσκεται στην πρώτη θέση με ελάχιστη διαφορά από τα φυτά που υπέστησαν μεσαία υδατική καταπόνηση του επιπέδου B με 14,29%. Το μικρότερο μερίδιο (12,27%) είχαν τα φυτά με περίσσια υγρασίας εδάφους, χωρίς όμως η διαφορά να είναι σημαντική.

Γενικά, στο μέγεθος σπόρου «2,2-2,5mm» η ποικιλία Grace παρουσίασε το υψηλότερο ποσοστό συνολικά και μάλιστα με στατιστικά σημαντική διαφορά από την τρίτη Zhana. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγαλύτερη τιμή δόθηκε από το επίπεδο B της Grace, ενώ το μικρότερο ποσοστό από την ποικιλία Zhana στο αρδευόμενο

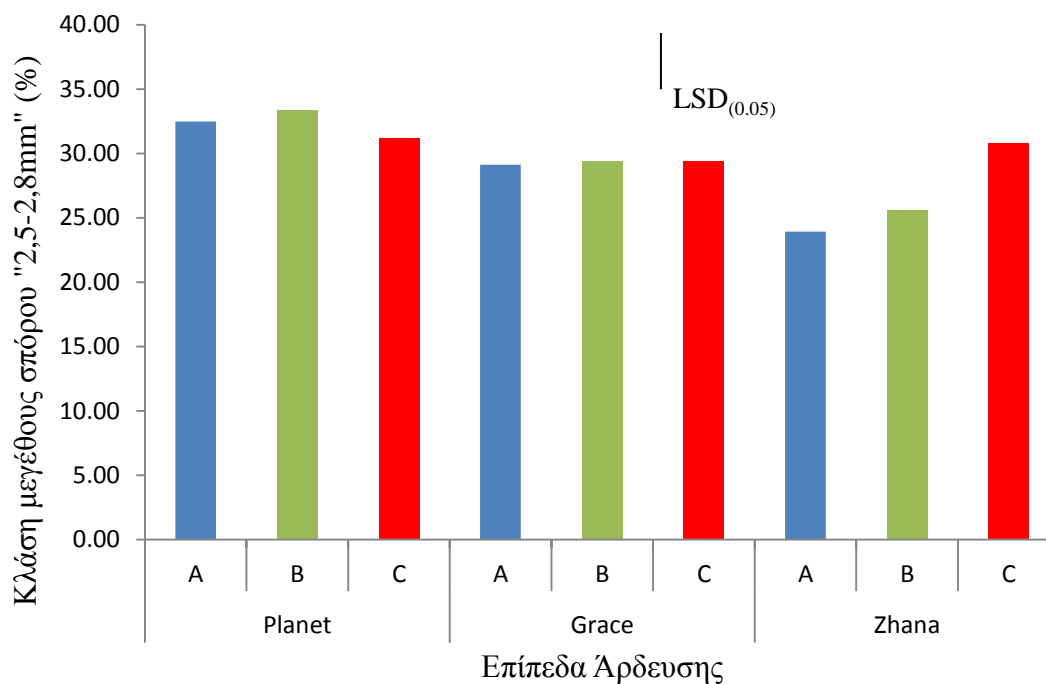
επίπεδο. Επίσης, η ποικιλία Zhana έδειξε να επηρεάζεται λιγότερο από τις διαφορετικές υδατικές μεταχειρίσεις, με την Grace από την άλλη να έχει την τάση για μεγαλύτερες διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα άρδευσης.

Η κλάση των «2,5-2,8mm» επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις τρεις ποικιλίες, σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.2.3.d ανάλυσης διασποράς. Αντίθετα, οι μεταχειρίσεις του νερού δεν είχαν σημαντική επίδραση στο συγκεκριμένο μέγεθος καρπού. Επίσης, ούτε η αλληλεπίδραση του επιπέδου άρδευσης με την ποικιλία διέφεραν σημαντικά.

Πίνακας 3.5.2.3.d. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,5-2,8mm».

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	94,9544	2	47,4772	8,61	0,0048
Επίπεδο άρδευσης	17,0699	2	8,53493	1,55	0,2524
Ποικιλία	140,084	2	70,0419	8,93	0,0335
Επανάληψη x Ποικιλία	31,3799	4	7,84498		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	67,9818	4	16,9954	3,08	0,0582
Υπόλοιπο	66,1937	12	5,51614		
Σύνολο	417,663	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.3.d που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,5-2,8mm» στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.3.d. Το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «2,5-2,8mm» για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά στο επίπεδο B είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό σπόρων κλάσης μεγέθους «2,5-2,8mm» (33,35%). Στη συνέχεια βρίσκονται τα φυτά που αρδεύονταν κανονικά με ποσοστό 32,47%, ενώ το επίπεδο που υπέστη την ισχυρότερη καταπόνηση είχε το μικρότερο μερίδιο με ποσοστό 31,17%.

Η ποικιλία Grace, παρουσίασε μια εξαιρετικά ισορροπημένη κατάσταση μεταξύ των τριών διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού. Οι διαφορές ήταν ελάχιστες αλλά καθώς ανέβαινε το επίπεδο της καταπόνησης αυξανόταν και το ποσοστό. Το επίπεδο A είχε το μικρότερο ποσοστό με 29,12%, κατόπιν στο B ανέβηκε στο 29,36% για να φτάσει στο 29,37% για τα φυτά με το μεγαλύτερο έλλειμμα εδαφικής υγρασίας.

Στην ποικιλία Zhana, όπως και στην προηγούμενη ποικιλία, το ποσοστό σε σπόρους μεγέθους «2,5-2,8mm» μεγάλωνε όσο αυξανόταν το υδατικό στρες. Στο επίπεδο C τα φυτά κατέγραψαν το μεγαλύτερο ποσοστό (30,81%), σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των άλλων δύο επιπέδων. Το μεσαίο επίπεδο υδατικής καταπόνησης ακολούθησε με 25,56% και στο τέλος ήταν το επίπεδο A (23,91%).

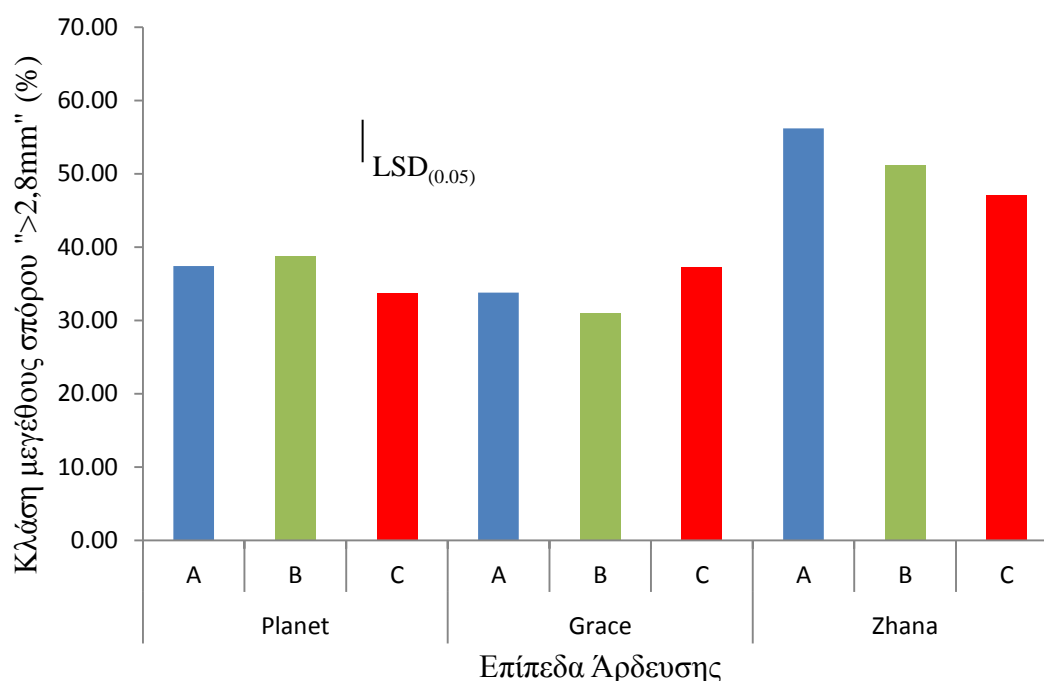
Διαπιστώνεται από το παραπάνω διάγραμμα 3.5.2.3.d ότι η ποικιλία RGT Planet συνολικά κατέγραψε το υψηλότερο ποσοστό σπόρων στο μέγεθος «2,5-2,8mm» και μάλιστα με σημαντική διαφορά από την ποικιλία Zhana. Ειδικότερα, το χαμηλότερο ποσοστό έδωσε η αρδευόμενη Zhana και το υψηλότερο η RGT Planet στο επίπεδο B. Τέλος, φάνηκε καθαρά η τάση της ποικιλίας Grace να μην επηρεάζεται από τις διαφορές στην υγρασία του εδάφους, ενώ η ποικιλία Zhana παρατηρείται με μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού.

Από τον παρακάτω πίνακα ανάλυσης διασποράς (πίνακας 3.5.2.3.e) προκύπτει ότι οι διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού δεν επέδρασαν με σημαντικό τρόπο στην κλάση μεγέθους καρπού «>2,8mm» όπως άλλωστε συνέβη και με τα προηγούμενα μεγέθη. Ωστόσο τόσο οι ποικιλίες όσο και η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το συγκεκριμένο μέγεθος καρπού.

Πίνακας 3.5.2.3.e. Ανάλυση διασποράς (ANOVA) για το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,8mm».

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	1347,51	2	673,755	75,90	0,0000
Επίπεδο άρδευσης	45,831	2	22,9155	2,58	0,1168
Ποικιλία	1598,94	2	799,468	12,79	0,0183
Επανάληψη x Ποικιλία	250,022	4	62,5054		
Επίπεδο άρδευσης x Ποικιλία	176,176	4	44,044	4,96	0,0136
Υπόλοιπο	106,524	12	8,87703		
Σύνολο	3525,0	26			

Στο διάγραμμα 3.5.2.3.e που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατάταξη των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,8mm» στα διάφορα επίπεδα υδατικής καταπόνησης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν.



Διάγραμμα 3.5.2.3.e. Το ποσοστό κατάταξης των σπόρων στην κλάση μεγέθους «>2,8mm» για τα τρία επίπεδα άρδευσης των τριών ποικιλιών που μελετήθηκαν. Η κάθετη μπάρα συμβολίζει την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για $\alpha=0,05$. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, τα φυτά του επιπέδου Β κατέγραψαν το μεγαλύτερο ποσοστό (38,74%) σπόρων κλάσης «>2,8mm». Το μέγεθος αυτό είναι το μεγαλύτερο στο επιτρεπόμενο όριο για βυνοποίηση. Στη συνέχεια, τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν ποσοστό 37,40%, ενώ το επίπεδο με την χαμηλότερη εδαφική υγρασία είχε ποσοστό 33,76%.

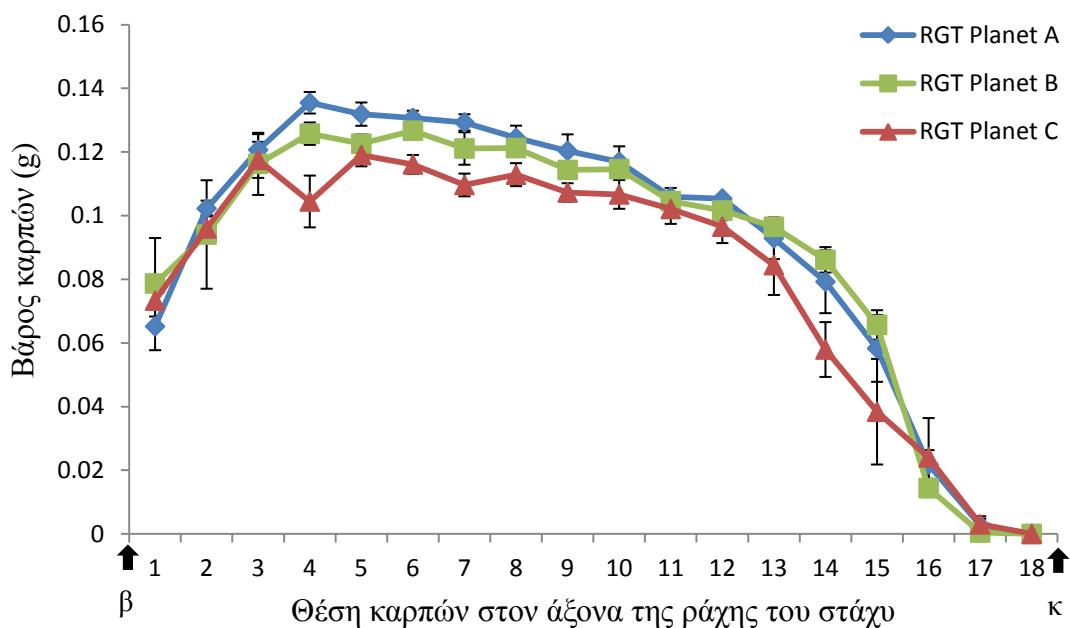
Στην ποικιλία Grace, το υψηλότερο ποσοστό σε σπόρους του συγκεκριμένου μεγέθους έδωσαν τα φυτά που καταπονήθηκαν περισσότερο (37,18%). Ακολούθησαν τα φυτά που δεν καταπονήθηκαν (33,79%) και τέλος στο επίπεδο Β εμφανίστηκε το μικρότερο ποσοστό τέτοιων σπόρων (31,01%) με σημαντική διαφορά από το επίπεδο C.

Στην ποικιλία Zhana, παρατηρείται ότι το ποσοστό σε σπόρους κλάσης «>2,8mm» κλιμακώνεται με φθίνουσα πορεία καθώς αυξάνεται το έλλειμμα υγρασίας εδάφους. Έτσι, τα φυτά στο επίπεδο Α παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό (56,18%) που μάλιστα ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό του επιπέδου C (47,07%). Ενδιάμεσα, βρισκόταν το επίπεδο μεσαίας υδατικής καταπόνησης με ποσοστό 51,17%.

Σύμφωνα λοιπόν με το διάγραμμα 3.5.2.3e, η ποικιλία Zhana συνολικά ήταν αυτή με το μεγαλύτερο ποσοστό σε σπόρους κλάσης «>2,8mm» και μάλιστα με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις δύο άλλες ποικιλίες που μελετήθηκαν. Επίσης, το μικρότερο ποσοστό καταγράφηκε από την ποικιλία Grace στο επίπεδο Β, ενώ το μεγαλύτερο από την Zhana στα φυτά με περίσσια νερού. Τέλος, μια τάση επηρεασμού από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού έδωσε η ποικιλία Zhana, ενώ το αντίθετο φαίνεται να συμβαίνει με την RGT Planet που είχε μικρότερες αποκλίσεις μεταξύ των τριών επιπέδων.

3.5.2.4 ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΑΝΑ ΘΕΣΗ

Στα διαγράμματα 3.5.2.4.a, 3.5.2.4.b και 3.5.2.4.c παρουσιάζεται το βάρος (σε γραμμάρια) των καρπών ανά θέση κατά την διάρκεια γεμίσματος του καρπού, από την 110^η έως την 125^η ημέρα από την σπορά. Η συγκεκριμένη διαγραμματική απεικόνιση περιλαμβάνει την εξέταση όλων των καρπών κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι είχαν προέλθει από κύρια στελέχη.

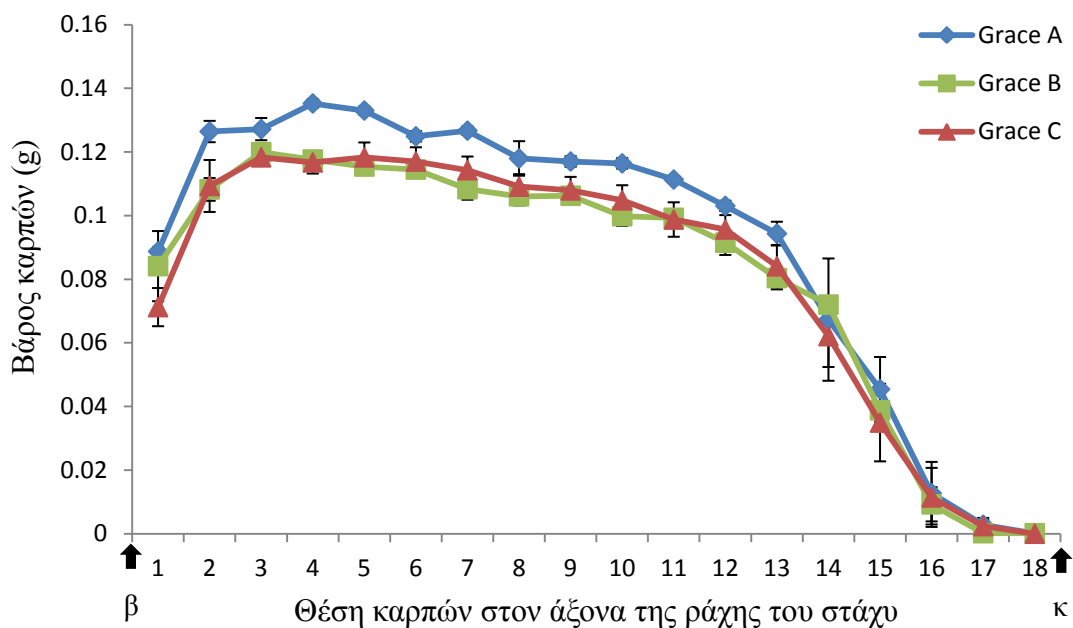


Διάγραμμα 3.5.2.4.a. Το βάρος (g) των καρπών ανά θέση στον άξονα της ράχης του στάχου της ποικιλίας “RGT Planet” στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. «β»: η βάση του στάχου, «κ»: η κορυφή του στάχου. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Στην ποικιλία RGT Planet, γίνεται φανερό από το παραπάνω διάγραμμα 3.5.2.4.a ότι και στις τρεις μεταχειρίσεις του νερού ακολουθείται όμοια πορεία στο βάρος των καρπών από την βάση μέχρι την κορυφή του στάχου. Μετά την «θέση 1» ακριβώς πάνω από την βάση του στάχου, και στα τρία επίπεδα άρδευσης παρατηρείται μια άνοδος στο βάρος των σπόρων.

Πιο συγκεκριμένα, από την «θέση 2» μέχρι και την «θέση 12» φαίνεται ότι η αύξηση της υδατικής καταπόνησης στα φυτά επέδρασε αρνητικά ως προς το βάρος των καρπών ανά θέση. Έτσι σ’ αυτό το διάστημα τα φυτά που αρδεύονταν κανονικά έδωσαν σε κάθε θέση τα μεγαλύτερα βάρη για να ακολουθήσουν αυτά του επιπέδου B, ενώ οι καρποί των φυτών με το μεγαλύτερο έλλειμμα νερού ήταν αυτοί με το μικρότερο βάρος στις αντίστοιχες θέσεις. Στην «θέση 4» τα σταχύδια που την αποτελούν στο επίπεδο A σημειώνουν την μεγαλύτερη τιμή (0,1355g). Επίσης στο επίπεδο με την μεσαία υδατική καταπόνηση, το μεγαλύτερο βάρος σημειώθηκε στην «θέση 6» (0,1267g), ενώ η υψηλότερη τιμή του επιπέδου C καταγράφηκε στην «θέση 5» (0,1191g).

Από την «θέση 13» και για τις δύο επόμενες θέσεις το επίπεδο B έχει μεγαλύτερο βάρος από το A, με το επίπεδο C να συνεχίζει στην τελευταία θέση. Τέλος, τα χαμηλότερα βάρη και για τις τρεις μεταχειρίσεις του νερού, σημειώνονται στην τελευταία θέση στην κορυφή του στάχου.

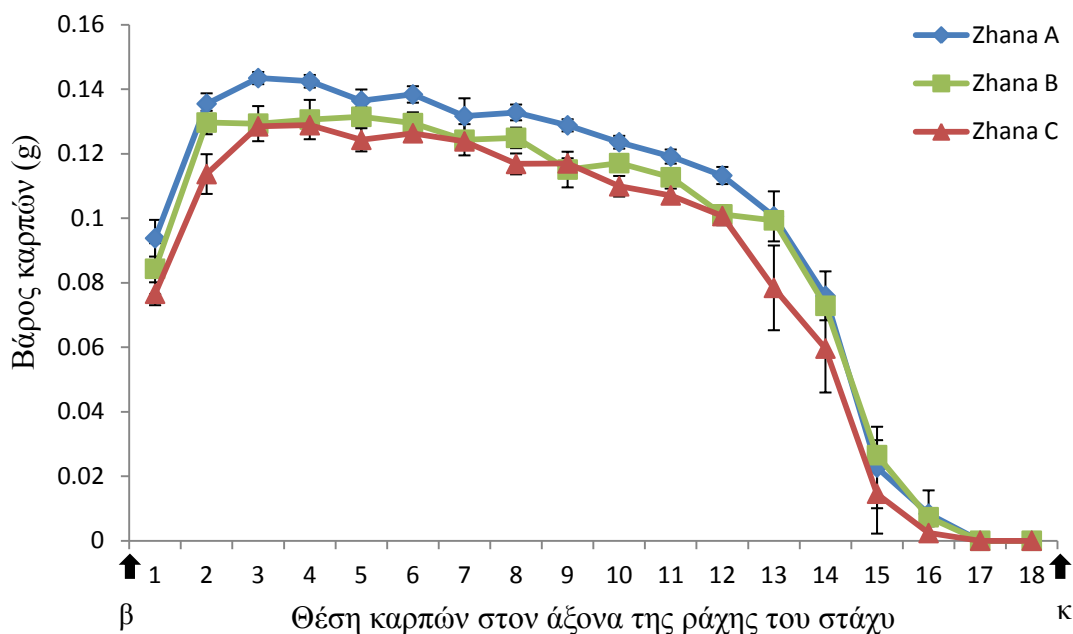


Διάγραμμα 3.5.2.4.b. Το βάρος (g) των καρπών ανά θέση στον άξονα της ράχης του στάχου της ποικιλίας “Grace” στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. «β»: η βάση του στάχου, «κ»: η κορυφή του στάχου. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Όσον αφορά την ποικιλία Grace, η πορεία από την βάση μέχρι την κορυφή του στάχου είναι παρόμοια ως προς το βάρος των καρπών ανά θέση, αντίστοιχα για κάθε επίπεδο άρδευσης. Όπως και στην ποικιλία RGT Planet, έτσι και εδώ τα μεσαία και βασικά σταχυόδια από την 2^η μέχρι την 12^η θέση περίπου φάνηκαν να συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο βάρος.

Ειδικότερα, η συνέχιση της άρδευσης στα φυτά του επιπέδου A φαίνεται πως επέδρασε θετικά στην αύξηση του βάρους των καρπών του. Είναι φανερό ότι από την βάση έως και την κορυφή τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν σταθερά σε κάθε θέση μεγαλύτερο βάρος καρπών από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις νερού, με μοναδική εξαίρεση την 14^η θέση. Η ανοδική πορεία για το επίπεδο A έφθασε στο ζενίθ της στην «θέση 4» με το βάρος των δύο σταχυοδίων της συγκεκριμένης θέσης να φθάνει τα 0,1352g. Τόσο το επίπεδο B, όσο και τα φυτά που υπέστησαν την μεγαλύτερη έλλειψη νερού στο επίπεδο C, κατέγραψαν την υψηλότερη τιμή τους στην «θέση 2» με 0,1199 και 0,1183 γραμμάρια αντίστοιχα.

Τέλος, οι χαμηλότερες τιμές βρέθηκαν στις τελευταίες θέσης στην κορυφή του στάχου και για τις τρεις μεταχειρίσεις. Με τα επίπεδα A και B να συμπληρώνουν 18 θέσεις, ενώ μία λιγότερη είχε το επίπεδο C.



Διάγραμμα 3.5.2.4.c. Το βάρος (g) των καρπών ανά θέση στον άξονα της ράχης του στάχου της ποικιλίας “Zhana” στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Οι γραμμές πάνω και κάτω από τα σημεία των μετρήσεων συμβολίζουν την τυπική απόκλιση. «β»: η βάση του στάχου, «κ»: η κορυφή του στάχου. A: Κανονική άρδευση, B: Μεσαία υδατική καταπόνηση, C: Υψηλή υδατική καταπόνηση.

Η ποικιλία Zhana, όπως συνέβη και με τις δύο προηγούμενες ποικιλίες, φανέρωσε την υπεροχή των φυτών που αρδεύτηκαν κανονικά ως προς το βάρος των καρπών ανά θέση, καθώς υπερίσχυσαν καθολικά από την βάση έως και την κορυφή του στάχου των δύο επιπέδων που καταπονήθηκαν περισσότερο. Εξαιρέση αποτέλεσε μόνον η προτελευταία θέση από την κορυφή.

Αναλυτικότερα, το μέγιστο βάρος, έφτασε το επίπεδο A στην «θέση 3» με 0,1435 γραμμάρια. Το επίπεδο που υπέστη μεσαία υδατική καταπόνηση έδωσε το μέγιστο βάρος καρπών στην 5^η θέση από την βάση (0,1314g), ενώ τα σταχύδια που απαρτίζουν την «θέση 4» στα επίπεδο με την χαμηλότερη υγρασία εδάφους έδωσαν βάρος 0,129g που ήταν και το μεγαλύτερο για το συγκεκριμένο επίπεδο καταπόνησης. Ξανά οι χαμηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στην κορυφαία θέση που και για τα τρία επίπεδα υδατικής καταπόνησης της συγκεκριμένης ποικιλίας ήταν η 16^η.

Γενικά, και στις τρεις ποικιλίες διαπιστώνεται ότι οι καρποί μεταξύ της 2^{ης} και 12^{ης} θέσεις ήταν αυτοί που συγκέντρωναν τις μεγαλύτερες τιμές. Ειδικότερα, από την 3^η έως και την 6^η θέση καταγράφηκαν οι υψηλότερες τιμές βάρους και στα τρία επίπεδα άρδευσης. Η ποικιλία Zhana εμφάνισε σταθερά το μεγαλύτερο βάρος καρπών ανά θέση με τις RGT Planet και Grace να έπονται. Ακόμη, ο στάχους στην ποικιλία RGT Planet και στα τρία επίπεδα άρδευσης αποτελείται από 17 θέσεις, ενώ ο στάχους της Zhana ανεξαρτήτως μεταχείρισης νερού από 16 θέσεις. Η ποικιλία Grace, στα επίπεδα A και B συμπλήρωνε 18 θέσεις από την βάση έως την κορυφή, ενώ στο επίπεδο με την μικρότερη εδαφική υγρασία είχε μία θέση λιγότερη. Οι στάχεις από όλες τις ποικιλίες και από τα τρία επίπεδα άρδευσης κατά το στάδιο της επιλογής

τους βρίσκονταν στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης. Εν κατακλείδι, στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν στο παρόν πείραμα διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο βάρος κατά φθίνουσα σειρά είχαν οι καρποί στο μέσον της ράχης του στάχυ, κατόπιν της βάσης και τέλος της κορυφής.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ

Όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα (διαγράμματα 3.3.1.a, 3.3.1.b & 3.3.1.c), οι τρεις ποικιλίες ακολούθησαν παρόμοια πορεία στην εξέλιξη του βιολογικού τους κύκλου καθώς η χρονική διάρκεια παραμονής τους στα βασικά στάδια ανάπτυξης ήταν ίδια. Χαρακτηριστική ήταν η γρηγορότερη ανάπτυξη των φυτών των επιπέδων Β και C που δέχθηκαν την έντονη και εντονότερη υδατική καταπόνηση αντίστοιχα, με την ταχύτερη μετάβασή τους στο στάδιο της άνθησης την οποία ολοκλήρωσαν πριν προλάβουν να ξεσταχυάσουν. Παρ' όλα αυτά, ο ρυθμός τους θα σταματήσει να αυξάνεται όπως προηγουμένως, και έτσι θα φτάσουν στην πλήρη άνθηση μαζί με τα φυτά του επιπέδου Α. Από το σημείο αυτό και μετά ακολουθούν κοινή πορεία μέχρι το τέλος.

Το νερό αναγνωρίζεται ως ένας από τους μεγαλύτερους περιοριστικούς παράγοντες στην περιοχή της Μεσογείου. Στις περιοχές αυτές, οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς, κατανέμονται άνισα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μεταβάλλονται από έτος σε έτος. Αρκετές αλλαγές συμβαίνουν στα δημητριακά ως απόκριση στην υδατική καταπόνηση. Αυτές οι μεταβολές περιλαμβάνουν αύξηση της σύνθεσης ABA, η οποία είναι μεγαλύτερη, το κλείσιμο των στομάτων και την αναστολή ανάπτυξης των φύλλων (Chaves *et al.*, 2003; Seiler *et al.*, 2014). Ο επιφανειακός κηρός των φύλλων αυξάνεται, έχουμε υδραυλικές και στοματικές ανατομικές μεταβολές, η οσμωτική ρύθμιση οδηγεί σε μείωση του δυναμικού νερού και έχουμε και μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Chaves *et al.*, 2009; González and Ayerbe, 2010; Bresta *et al.*, 2011; Schmid *et al.*, 2015). Η μείωση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας λόγω έλλειψης νερού έχει σαν αποτέλεσμα την ελλιπή συσσώρευση φωτοσυνθετικών προϊόντων κυρίως, στο ανώτερο φύλλο και στον σάκχο τα οποία είναι γνωστό, ότι συμβάλλουν κατά 50-75% στο τελικό βάρος των καρπών (Καραμάνος, 2008). Ακόμη, παρατηρείται επιτάχυνση του βιολογικού κύκλου των φυτών λόγω της αύξησης των υδατικών ελλειμμάτων, όπως επίσης είναι γνωστό πως 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 τον σπόρο (Oweis *et al.*, 2000). Η ενδεδειγμένη συμπληρωματική άρδευση που είναι βασισμένη στην μέτρηση της εδαφικής υγρασίας στο εδαφικό στρώμα 0-40cm στην διαφοροποίηση και την άνθηση σύμφωνα με τους Guo *et al.* (2014) αύξησε τον ρυθμό φωτοσύνθεσης (P_n), την διαπερατότητα των στομάτων (G_s), την πραγματική φωτοχημική αποδοτικότητα του φωτοσυστήματος II (Φ_{PSII}), την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του νερού που σχετίζονται με την κατανάλωση του εδαφικού νερού.

Σε πείραμα που εκπονήθηκε από τους Slafer and Whitechurch (2011), αναφέρεται επίσης ότι τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης σιταριού παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία σε ξηροθερμικές συνθήκες. Παρομοίως και σε πείραμα από τους Saini (1997) καθώς και τους Salter and Goode (1967) διατυπώθηκε ότι η αύξηση και η ανάπτυξη του φυτού μπορεί να επηρεαστεί από έλλειμμα νερού οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τον βιολογικό κύκλο της καλλιέργειας. Ωστόσο, η έκταση και η

φύση της ζημιάς καθώς και οι επιπτώσεις στην απόδοση εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο η καλλιέργεια υπόκειται σε υδατική καταπόνηση. Για παράδειγμα περίοδος ξηρασίας κατά την βλαστική ανάπτυξη θα μπορούσε να μειώσει την απόδοση καλλιέργειας κτηνοτροφικών φυτών πολύ περισσότερο συγκριτικά με καλλιέργεια σιτηρών. Η δεύτερη καλλιέργεια είναι πιο ευάλωτη στον χρόνο προσδιορισμού του αριθμού και του βάρους των καρπών. Τέλος, η υδατική καταπόνηση είναι καταλυτικής σημασίας κατά την αναπαραγωγική ανάπτυξη, όπου περιλαμβάνει αρκετές διαδικασίες, εξαιρετικά ευάλωτες σε τυχόν μεταβολές της παροχής του νερού.

Σύμφωνα με πειράματα που διεξήχθησαν από τους Angus and Moncur (1977), Craufurd *et al.* (1993), Derouw and Winkel (1998), Mahalakshmi and Bidinger (1985a,b), Mahalakshmi *et al.* (1987), Winkel *et al.* (1997), Wopereis *et al.* (1996), διατυπώθηκε ότι η υδατική καταπόνηση κατά την διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης ή κατά την διάρκεια επαγωγής ανθέων ή ταξιανθιών, οδηγεί σε καθυστέρηση ή και πλήρη αναστολή της άνθησης. Περιορίζοντας την διαθεσιμότητα του νερού κατά την άνθηση ή την καρπόδεση και μετέπειτα κατά το γέμισμα των καρπών επηρεάζεται το βάρος των κόκκων, αφού αναστέλλεται συνήθως η μεταφορά φωτοσυνθετικών προϊόντων από τους βλαστούς προς τους στάχεις (Wang *et al.*, 2005) και ως εκ τούτου μειώνεται η παραγωγή σε καρπό. Από την άλλη πλευρά, έχει γίνει γενικά αποδεκτό ότι το βάρος και το μέγεθος των κόκκων του σπόρου προσδιορίζονται κατά κύριο λόγο κατά την περίοδο μετά την άνθηση (Paynter and Young, 2004; Bingham *et al.*, 2007; Ugarte *et al.*, 2007). Σε πείραμα που μελετήθηκε από τον Zinselmeier *et al.* (1995), σε καλλιέργειες ρυζιού και σιταριού ο αριθμός των σπόρων δύναται να επηρεαστεί αργότερα, όταν η αβιοτική καταπόνηση συμπίπτει με την διάνοιξη των ανθών (Εικόνα 1.2.3). Η αποτυχία να απελευθερωθεί γύρη από τους ανθήρες εμποδίζει την γονιμοποίηση στα αυτογονιμοποιούμενα είδη όπως είναι το σιτάρι και το ρύζι. Η στειρότητα που παρουσιάζουν οφείλεται στην καταπόνηση και κυρίως κατά την άνθηση και τον σχηματισμό νεαρών μικροσπορίων γύρης. Η βιωσιμότητα της γύρης στα αυτογονιμοποιούμενα σιτηρά είναι μικρή εμποδίζοντας την περαιτέρω την πιθανότητα για διασταυρούμενη γονιμοποίηση. Ένα ακόμα πείραμα κατατίθεται από τον Dolferus (2011), όπου υποστηρίζει ότι ο αριθμός των σπόρων φυτών που υπέστησαν καταπόνηση επηρεάζεται έντονα στο στάδιο της μείωσης των γυρεόκοκκων.

Τέλος, σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στην Ισπανία σε φυτά κριθαριού, κατά την περίοδο 1991-1992, βρέθηκε ότι τα φυτά που υποβλήθηκαν σε υδατική καταπόνηση είχαν την τάση να επιταχύνουν τον βιολογικό τους κύκλο για λίγες ημέρες (Gonzalez *et al.*, 1998). Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έφτασαν στην ωρίμανση 188 ημερών, ενώ τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση εντός 181,5 ημερών.

4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Από την αγρονομική προοπτική, η καταπόνηση της ξηρασίας ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια της παραγωγικής φάσης μπορεί να μειώσει την απόδοση

λόγω των σημαντικών επιδράσεων που παρατηρούνται στα συστατικά της απόδοσης (Saini and Westgate, 2000). Σε πείραμα που εκπονήθηκε από τους Elhani *et al.* (2007) σε καλλιέργεια κριθαριού διαπιστώθηκε, όπως αναμενόταν, ότι οι αποδόσεις καθώς και όλα τα συστατικά της είναι σημαντικά υψηλότερα σε αρδευόμενες συνθήκες. Σύμφωνα με τους Singh and Kumar (1979) το υδατικό δυναμικό των φύλλων στο κριθάρι ήταν μεγαλύτερο από το σιτάρι όπως και η επαναφορά του ήταν πιο γρήγορη μετά από άρδευση. Επίσης, σημειώνουν ότι το σιτάρι κατέγραφε μεγαλύτερη απόδοση όταν αρδευόταν στο μέγιστο, όμως η ελάττωση της απόδοσης υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης ήταν μικρότερη στο κριθάρι. Τέλος, αναφέρουν ότι στην μία άρδευση το κριθάρι απέδιδε περισσότερο από το σιτάρι.

Σύμφωνα με ξένους ερευνητές η περιοχή της Μεσογείου εν γένει υποβάλλεται συχνά σε περιόδους ξηρασίας κατά την διάρκεια της βλαστικής και αναπαραγωγικής ανάπτυξης των καλλιεργειών. Πολλές από τις φυσιολογικές και αναπτυξιακές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την περίοδο αυτή, υπόκεινται στις επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης. Γονότυποι με υψηλή ικανότητα αδελφώματος συνήθως παράγουν αδέρφια που δεν είναι ανθεκτικά να επιβιώσουν, λόγω των περιορισμένων υδάτινων πόρων (Jones and Kirby, 1977; Duggan *et al.*, 2000). Αυτό μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών καθώς και της παραγωγής και εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως η διάρκεια και η ένταση της υδατικής καταπόνησης, καθώς και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (φως, θερμοκρασία). Ομοίως περιορίζοντας την διαθεσιμότητα του νερού κατά την άνθηση ή την καρπόδεση και μετέπειτα κατά το γέμισμα των καρπών επηρεάζεται το βάρος των κόκκων, αφού αναστέλλεται συνήθως η μεταφορά φωτοσυνθετικών προϊόντων από τους βλαστούς προς τους στάχεις (Wang *et al.*, 2005) και ως εκ τούτου μειώνεται η παραγωγή σε καρπό. Η ξηρασία μειώνει την απόδοση των σιτηρών, ειδικά όταν το στρες εμφανίζεται μετά την άνθηση (Boyer and Westgate, 2004, Sreenivasulu *et al.*, 2007).

Σύμφωνα με τους Sadras and Angus (2006), στα μη αρδευόμενα συστήματα καλλιέργειας, το χάσμα μεταξύ συγκομισιμων σπόρων (δηλαδή, η καλύτερη συγκομιδή που επιτυγχάνεται μέσω της επιδέξιας χρήσης της διαθέσιμης τεχνολογίας) και πραγματικής απόδοσης αλλάζει με τις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας νερού μεταξύ τόπων και εποχών. Συνεπώς, οι συγκρίσεις που βασίζονται στη χρήση ύδατος θα μπορούσαν να παράσχουν μια υγιή βάση για τη συγκριτική αξιολόγηση των αποδόσεων. Προηγούμενες επιστημονικές προσπάθειες έχουν δείξει ότι η χρήση νερού του κριθαριού μπορεί να κυμαίνεται από 1,2-23 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ σε ημιαρδευόμενες περιοχές της Μεσογείου (Cantero-Martínez *et al.*, 2003; Albrizio *et al.*, 2010; Cossani *et al.*, 2010; Barati *et al.*, 2015) και από 1,5-22,0 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ σε ημιαρδευόμενες περιοχές της Βόρειας Ντακότα (Jabro *et al.*, 2012) και Αιθιοπίας (Araya and Stroosnijder, 2010). Η περιοχή κυμαίνεται από 3,37-11,53 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ στη Σαουδική Αραβία (Hussain and Al-Jaloud, 1998), 5,7-20,2 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ στη νότια Αυστραλία (López-Castaneda and Richards, 1994), 2,8-86,0 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ στο Λίβανο (Yau *et al.*, 2011) και 5,7-7,7 kg_{grain} mm⁻¹ ha⁻¹ σε μια υπο-υγρή ζώνη της ανατολικής Ινδίας (Sarkar and Singh, 2007).

Οι επιδράσεις της ξηρασίας στην απόδοση των σιτηρών και τα συστατικά της σε κριθάρι που καλλιεργείται σε μεσογειακά περιβάλλοντα είναι αρκετά καλά

τεκμηριωμένες. Ωστόσο, λίγα είναι γνωστά για τις επιπτώσεις της ξηρασίας στα φυτά κριθαριού που παρουσιάζουν δυνητικά ανεπαρκείς μηχανισμούς άμυνας λόγω της αναστολής της δραστηριότητας του LOX. Οι Vahamidis *et al.* (2017) κατέληξαν πως και τα εν λόγω φυτά κριθαριού μπορούν να καλλιεργηθούν σε Μεσογειακές περιοχές χωρίς καταστροφικές επιδράσεις λόγω υδατικής καταπόνησης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος (πίνακας 3.4.1) η απόδοση σε καρπό διέφερε στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των επίπεδων άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, το επίπεδο άρδευσης με το μεγαλύτερο ύψος νερού (επίπεδο A) έδωσε σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις από τα επίπεδα B και C τα οποία δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους (διάγραμμα 3.4.1). Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον καθορισμό της απόδοσης σε βιομάζα (πίνακας 3.4.2). Την υψηλότερη απόδοση σε βιομάζα έδωσε το επίπεδο άρδευσης A σημαντικά μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες αποδόσεις των επιπέδων που καταπονήθηκαν περισσότερο, δηλαδή των B και C (διάγραμμα 3.4.2).

Μείωση της απόδοσης σε καρπό καθώς αυξήθηκε το υδατικό στρες, βρέθηκαν και σε άλλα πειράματα σε διάφορες ποικιλίες κριθαριού. Συγκεκριμένα, σε πείραμα που έγινε στην Ιταλία, η απόδοση σε καρπό (grain yield) εμφάνισε μείωση καθώς αυξήθηκε η υδατική καταπόνηση (Albrizio *et al.*, 2010). Επίσης, οι Gonzalez *et al.* (1998) βρήκαν πως τα φυτά που καταπονήθηκαν είχαν σχεδόν την μισή απόδοση σε καρπό σε σχέση με αυτά που αρδεύτηκαν κανονικά. Στο συγκεκριμένο πείραμα βρέθηκε πως η αλληλεπίδραση μεταξύ του γενότυπου και των μεταχειρίσεων του νερού επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την απόδοση σε καρπό. Τέλος, αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν από τον Ruiter (1999) σε πείραμα που διεξήχθη στη Νέα Ζηλανδία.

Η μείωση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας λόγω έλλειψης νερού έχει σαν αποτέλεσμα την ελλιπή συσσώρευση φωτοσυνθετικών προϊόντων κυρίως, στο ανώτερο φύλλο και στον στάχυ τα οποία είναι γνωστό, ότι συμβάλλουν κατά 50-75% στο τελικό βάρος των καρπών (Καραμάνος, 2008). Επίσης, είναι γνωστό πως 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 τον σπόρο (Oweis *et al.*, 2000). Συνεπώς, μειώνεται και η απόδοση σε καρπό (Acevedo *et al.*, 2002).

Σε πείραμα που διεξήχθη στην Νέα Ζηλανδία, ο Ruiter (1999) βρήκε πως τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν σημαντικά μεγαλύτερη βιομάζα από τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν και οι Gonzalez *et al.* (1998) με τον γενότυπο και τις μεταχειρίσεις νερού να επηρεάζουν με στατιστικά σημαντικό τρόπο την παραγόμενη βιομάζα. Τέλος, και οι Albizio *et al.* (2010) έδειξαν πως η αύξηση της υδατικής καταπόνησης επηρεάζει αρνητικά την παραγόμενη βιομάζα.

Σε μελέτη του Dong *et al.* (2011), σε καλλιέργεια σιταριού παρουσιάστηκε η βιομάζα να συσχετίζεται με την άρδευση με σημαντικό τρόπο. Η αλληλεπίδραση των διαφορετικών ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν με τον παράγοντα άρδευση επηρέασαν σημαντικά την απόδοση σε βιομάζα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μια

έντονα ξηροθερμική ποικιλία κατάφερε να παράγει μεγάλες ποσότητες βιομάζας προκειμένου να διατηρήσει την απόδοση σε καρπό, κάτω από αντίξοες ξηροθερμικές συνθήκες καταπόνησης.

Κανένας από τους υπό μελέτη παράγοντες του συγκεκριμένου πειράματος αλλά ούτε και η αλληλεπίδρασή τους άσκησαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ στο συγκεκριμένο πείραμα (πίνακας 3.4.3). Όπως προκύπτει από την παρούσα μελέτη, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία επηρέασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο τον αριθμό στάξεων ανά τετραγωνικό μέτρο (πίνακας 3.4.4), με τα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (επίπεδο A) να δίνουν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό από τα φυτά των επιπέδων B και C τα οποία δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (διάγραμμα 3.4.4). Όσον αφορά το βάρος 1000 κόκκων, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά από την μελέτη των παραγόντων του πειράματος καθώς και της αλληλεπίδρασης αυτών (πίνακας 3.4.5).

Κατά την μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Zare *et al.* (2011) αναφορά έγινε στον αριθμό σπόρων ανά κεντρικό στέλεχος όπου απεδείχθη ότι η αλληλεπίδραση των παραγόντων άρδευση και ποικιλία δεν επηρέασαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο την τιμή του αριθμού σπόρων ανά στάχυ. Από την άλλη, μελέτη των Naghahi and Asgharipour (2011), ανέφερε ότι η επίδραση της υδατικής καταπόνησης ήταν σημαντική για τον αριθμό των σπόρων. Τοποθετείται ένα ακόμα πειραματικό εγχείρημα στο Ιράν από τους Ajalli and Salehi (2012), όπου παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ στα φυτά κριθαριού, μειωνόταν καθώς αυξανόταν η υδατική καταπόνηση.

Οι Gonzalez *et al.* (1998) βρήκαν πως τα φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση έδωσαν 23 σπόρους ανά στάχυ, ενώ αυτά που αρδεύτηκαν κανονικά έδωσαν 26,5. Επίσης, βρέθηκε πως ο γενότυπος αλλά και οι μεταχειρίσεις νερού επηρέασαν στατιστικά σημαντικά αυτές τις μετρήσεις. Σε άλλο πείραμα που διεξήχθη στην Ιορδανία, βρέθηκε επίσης ότι οι σπόροι ανά στάχυ μειώθηκαν καθώς αυξήθηκε το υδατικό στρες (Samarah, 2004). Αντίστοιχα αποτελέσματα δόθηκαν και σε άλλο πείραμα που έγινε επίσης στην Ιορδανία (Haddadin, 2015). Πιθανότατα, σύμφωνα με όσα έδειξαν και τα παραπάνω πειράματα, η υδατική καταπόνηση κατά τα στάδια σχηματισμού του στάχυ, να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των σπόρων ανά στάχυ, όπως έχει διατυπωθεί και από τον Ruitter (1999) που έδειξε πως ο αριθμός των σπόρων επηρεάζεται αρνητικά όταν υπάρξουν ελλείμματα νερού είτε σε όλο το βιολογικό κύκλο του φυτού είτε και μόνο μέχρι το στάδιο της επιμήκυνσης του στελέχους. Η θετική συσχέτιση του αριθμού σπόρων ανά στάχυ με την απόδοση έχει αποδειχθεί από πολλούς ερευνητές στο παρελθόν (Cossani *et al.*, 2007, 2009; Albrizio *et al.*, 2010). Με την σειρά του, ο αριθμός σπόρων ανά μονάδα επιφανείας είναι στενά συνδεδεμένος με τον αριθμό στάξεων ανά μονάδα επιφανείας (Vahamidis *et al.*, 2017).

Η απόδοση του κριθαριού, καθώς και όλων των μικρών σιτηρών, βασίζεται σε δύο βασικά συστατικά, τον αριθμό κόκκων ανά m^2 (GN) και το μέσο βάρος (GW) (Ugarte *et al.*, 2007; Cossani *et al.*, 2009). Σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης σύμφωνα με τους Gonzalez *et al.* (2007), το μέσο βάρος κόκκου ήταν το χαρακτηριστικό απόδοσης που επηρέασε περισσότερο την απόδοση (yield). Μαζί με

την πρωιμότητα και τον συντελεστή συγκομιδής συνεισέφεραν σε μεγαλύτερες αποδόσεις υπό υδατική καταπόνηση. Κάθε συστατικό μπορεί να επηρεαστεί από προσωρινά ελλείμματα νερού, αλλά η έκταση αυτών των επιδράσεων εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού στο οποίο εμφανίζονται αυτές οι καταστάσεις (González *et al.*, 2007). Οι Arisnabarreta and Miralles (2008a) έδειξαν ότι η κρίσιμη περίοδος για τον προσδιορισμό του αριθμού κόκκων τείνει να είναι ελαφρώς νωρίτερα στις δίστοιχες ποικιλίες (μεταξύ περίπου 40 και 10 ημερών πριν από το ξεστάχασμα) σε σχέση με τις εξάστοιχες ποικιλίες (περίπου 30 ημέρες πριν από το ξεστάχασμα). Είναι επίσης γνωστό ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου προ της ανθήσεως προσδιορίζεται ο αριθμός των κόκκων ανά στάχυ και το μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο (García del Moral and García del Moral, 1995; Arisnabarreta and Miralles, 2008b). Σε πείραμα που μελετήθηκε από τους Zinselmeier *et al.* (1995), σε καλλιέργειες ρυζιού και σιταριού ο αριθμός των σπόρων μπορεί να επηρεαστεί αργότερα, όταν η αβιοτική καταπόνηση συμπίπτει με την διάνοιξη των ανθών (Εικόνα 1.2.3). Η αποτυχία να απελευθερωθεί γύρη από τους ανθήρες εμποδίζει την γονιμοποίηση στα αυτογονιμοποιούμενα είδη όπως είναι το σιτάρι και το ρύζι. Η στειρότητα που παρουσιάζουν οφείλεται στην καταπόνηση και κυρίως κατά την άνθηση και τον σχηματισμό νεαρών μικροσπορίων γύρης. Η βιωσιμότητα της γύρης στα αυτογονιμοποιούμενα σιτηρά είναι μικρή εμποδίζοντας την περαιτέρω την πιθανότητα για διασταυρούμενη γονιμοποίηση. Ένα ακόμα πείραμα κατατίθεται από τον Dolferus (2011), όπου υποστηρίζει ότι ο αριθμός των σπόρων φυτών που υπέστησαν καταπόνηση επηρεάζεται έντονα στο στάδιο της μείωσης των γυρεόκοκκων.

Από τον Ruiter (1999) βρέθηκε πως φυτά κριθαριού που υπέστησαν υδατική καταπόνηση σε όλο τον βιολογικό τους κύκλο αλλά και φυτά που καταπονήθηκαν από το στάδιο επιμήκυνσης του στελέχους και μετά είχαν μικρότερο βάρος 1000 κόκκων από φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά. Βρέθηκε επίσης, πως φυτά κριθαριού που καταπονήθηκαν μέχρι την έναρξη της επιμήκυνσης του στελέχους είχαν παρόμοιο αριθμό σπόρων με αυτά που αρδεύτηκαν κανονικά. Ο Ruiter (1999) έδειξε πως η υδατική καταπόνηση σε όλο τον βιολογικό κύκλο του φυτού αλλά και κατά τα τελευταία στάδιά του, επηρεάζει με παρόμοιο τρόπο το βάρος των σπόρων. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν τόσο οι Gonzalez *et al.* (1998) όσο και οι Wu *et al.* (2015) με τα φυτά κριθαριού που υπέστησαν υδατική καταπόνηση να εμφανίζουν μικρότερο βάρος 1000 σπόρων από αυτά που αρδεύτηκαν κανονικά. Είναι γνωστό επίσης πως η έλλειψη νερού οδηγεί στην μείωση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας με αποτέλεσμα την ελλιπή συσσώρευση φωτοσυνθετικών προϊόντων στο ανώτερο φύλλο και στον στάχυ τα οποία συμβάλλουν κατά 50-75% στο τελικό βάρος των καρπών (Καραμάνος, 2008). Συνεπώς, το βάρος των σπόρων αναμένεται να είναι μικρότερο σε φυτά που υπέστησαν υδατική καταπόνηση. Είναι επιθυμητή η βελτίωση των καλλιεργούμενων ποικιλιών και η εισαγωγή καινούριων καθώς και η εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών τεχνικών για τη δυνατόν μικρότερη επίδραση της καταπόνησης στο βάρος των σπόρων (ειδικά σε Μεσογειακές περιοχές).

Ο παράγων «ποικιλία» άσκησε στατιστικά σημαντική επίδραση στον συντελεστή συγκομιδής στο παρόν πείραμα. Η ποικιλία Zhana ήταν αυτή που

κατέγραψε την υψηλότερη τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την ποικιλία RGT Planet που παρουσίασε την χαμηλότερη τιμή. Από την άλλη πλευρά, η τιμή του συντελεστή συγκομιδής της ποικιλίας Grace δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τις δύο προηγούμενες (πίνακας 3.4.6 & διάγραμμα 3.4.6).

Σύμφωνα με πείραμα που διεξήχθη κατά την περίοδο 2005-2008 στην Ιταλία σε φυτά κριθαριού, βρέθηκε πως ο συντελεστής συγκομιδής μειώθηκε καθώς αυξήθηκε η υδατική καταπόνηση (Albrizio *et al.*, 2010). Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν και σε πείραμα που διεξήχθη κατά την περίοδο 1991-1992 στην Ισπανία, με τον συντελεστή συγκομιδής να μειώνεται στα φυτά κριθαριού που υπέστησαν υδατική καταπόνηση (Gonzalez *et al.*, 1998).

Ο συντελεστής συγκομιδής είναι ο λόγος του βάρους των σπόρων προς την βιομάζα. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως πιθανότατα η μείωσή του οφείλεται στο γεγονός πως η καταπόνηση επηρέασε το βάρος των σπόρων. Τα ελλείμματα νερού από την άνθηση έως και την ωρίμανση, ειδικά αν συνοδεύονται από υψηλές θερμοκρασίες, μειώνουν τον χρόνο και τον ρυθμό του γεμίματος του σπόρου μειώνοντας έτσι τον χρόνο για την μετακίνηση των υδατανθράκων προς αυτόν (Oweis *et al.*, 2000). Αποτέλεσμα είναι να μειώνεται τελικά το βάρος του σπόρου και συνεπώς οι συντελεστές που εξαρτώνται από αυτό (Acevedo *et al.*, 2002).

Στατιστικώς σημαντική θετική συσχέτιση παρουσίασαν σύμφωνα με τους πίνακες 4.2.a & 4.2.b, μεταξύ τους η απόδοση σε καρπό, με τον αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο και την βιομάζα τόσο στα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά (επίπεδο A) όσο και στο μεσαίο επίπεδο υδατικής καταπόνησης (επίπεδο άρδευσης B). Τέλος, το ίδιο συνέβη με τον συντελεστή συγκομιδής και το βάρος χιλίων κόκκων στο επίπεδο A (πίνακας 4.2.a).

Πίνακας 4.2.a. Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των αποδοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών στο επίπεδο άρδευσης Α.

A	>2,8mm	2,5-2,8mm	2,2-2,5mm	< 2,2mm	> 2,2mm	Πρωτεΐνη	Απόδοση σε καρπό	Στάχεις/m ²	Βάρος 1000 κόκκων	Σπόροι/στάχυ	Βιομάζα	Συντελεστής συγκομιδής	Ρυθμός γεμίσματος	Διάρκεια γεμίσματος
>2,8mm	1	-0,8681*	-0,9891*	-0,8705*	0,8705*	0,0305	0,3386	-0,1577	0,3534	-0,1226	0,0241	0,421	0,6949*	-0,2853
2,5-2,8mm			0,8056*	0,5187	-0,5187	-0,2218	-0,3602	-0,0275	-0,2442	0,1662	0,0123	-0,5068	-0,3034	-0,0925
2,2-2,5mm				0,8998*	-0,8998*	-0,0399	-0,3085	0,1863	-0,3171	0,0472	-0,0379	-0,3593	-0,7363*	0,3554
< 2,2mm					-1*	0,2222	-0,2452	0,3012	-0,422	0,1215	-0,0449	-0,262	-0,9114*	0,5752
> 2,2mm						-0,2222	0,2452	-0,3012	0,422	-0,1215	0,0449	0,262	0,9114*	-0,5752
Πρωτεΐνη							-0,3114	-0,2389	-0,3766	-0,296	-0,2368	-0,0639	-0,2594	0,3779
Απόδοση σε καρπό								0,6747*	0,1989	0,3017	0,7484*	0,3574	0,0982	-0,127
Στάχεις/m ²									-0,0516	0,5043	0,7608*	-0,1116	-0,4954	-0,0661
Βάρος 1000 κόκκων										-0,3215	-0,2637	0,6906*	0,3309	0,1726
Σπόροι/στάχυ											0,4319	-0,2321	-0,1058	-0,2552
Βιομάζα												-0,3474	-0,1405	-0,4999
Συντελεστής συγκομιδής													0,2967	0,5592
Ρυθμός γεμίσματος														-0,5136
Διάρκεια γεμίσματος														1

Όπου «*» σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Πίνακας 4.2.b. Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των αποδοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών στο επίπεδο άρδευσης Β.

B	>2,8mm	2,5-2,8mm	2,2-2,5mm	< 2,2mm	> 2,2mm	Πρωτεΐνη	Απόδοση σε καρπό	Στάχεις/m²	Βάρος 1000 κόκκων	Σπόροι/στάχυ	Βιομάζα	Συντελεστής συγκομιδής	Ρυθμός γεμίσματος	Διάρκεια γεμίσματος	
>2,8mm	1	-0,536	-0,9807*	-0,8529*	0,8529*	-0,3361	0,2472	-0,2599	0,306	0,1765	0,3078	0,0772	0,9277*	-0,0808	
2,5-2,8mm			0,384	0,0303	-0,0303	-0,3746	0,268	0,4325	-0,1129	-0,2757	0,2314	0,2072	-0,4085	-0,4401	
2,2-2,5mm				0,9084*	-0,9084*	0,4375	-0,3802	0,1424	-0,3357	-0,2017	-0,4291	-0,1608	-0,9227*	0,2401	
< 2,2mm						-1*	0,6221	-0,3753	0,1165	-0,2586	0,0417	-0,1684	-0,8507*	0,2744	
> 2,2mm							-0,6221	0,3753	-0,1165	0,2586	-0,0417	0,437	0,1684	0,8507*	-0,2744
Πρωτεΐνη							-0,2336	-0,0741	-0,4369	0,2442	-0,3466	0,1175	-0,4017	0,1514	
Απόδοση σε καρπό								0,7716*	0,0686	0,6305	0,9648*	0,5757	0,1901	-0,7292*	
Στάχεις/m²									0,0732	0,4391	0,7784*	0,2576	-0,3332	-0,6032	
Βάρος 1000 κόκκων										0,2964	0,1867	-0,5042	0,1954	0,1026	
Σπόροι/στάχυ											0,5932	0,241	0,0668	-0,2003	
Βιομάζα												0,3627	0,269	-0,609	
Συντελεστής συγκομιδής													0	-0,6649	
Ρυθμός γεμίσματος														-0,0834	
Διάρκεια γεμίσματος														1	

Όπου «*» σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Πίνακας 4.2.ε. Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των αποδοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών στο επίπεδο άρδευσης C.

C	>2,8mm	2,5-2,8mm	2,2-2,5mm	< 2,2mm	> 2,2mm	Πρωτεΐνη	Απόδοση σε καρπό	Στάχεις/m ²	Βάρος 1000 κόκκων	Σπόρου/στάχυ	Βιομάζα	Συντελεστής συγκομιδής	Ρυθμός γεμίσματος	Διάρκεια γεμίσματος
>2,8mm	1	-0,5625	-0,9732*	-0,966*	0,966*	-0,4954	0,5185	-0,1437	0,1607	0,0784	0,3087	0,3099	0,2532	0,1462
2,5-2,8mm			0,3927	0,3677	-0,3677	0,4122	-0,3624	-0,3432	-0,4499	-0,1013	-0,228	-0,1667	0,1586	0,1407
2,2-2,5mm				0,9603*	-0,9603*	0,4242	-0,424	0,3246	-0,0202	-0,1803	-0,3023	-0,2121	-0,339	-0,1169
< 2,2mm					-1*	0,4748	-0,5541	0,1498	-0,1233	0,0679	-0,2686	-0,4019	-0,2949	-0,2821
> 2,2mm						-0,4748	0,5541	-0,1498	0,1233	-0,0679	0,2686	0,4019	0,2949	0,2821
Πρωτεΐνη							-0,549	-0,479	-0,3202	0,3423	-0,4506	-0,0891	0,404	-0,5345
Απόδοση σε καρπό								0,5641	0,319	-0,319	0,641	0,535	0,1224	0,606
Στάχεις/m ²									0,4496	-0,5539	0,2917	0,2974	-0,4491	0,388
Βάρος 1000 κόκκων										-0,4326	0,3039	0,0505	0,1109	0,2359
Σπόροι/στάχυ											0,1463	-0,5142	0,4233	-0,7666*
Βιομάζα												-0,2959	0,2489	0,2476
Συντελεστής συγκομιδής													-0,0222	0,4694
Ρυθμός γεμίσματος														-0,2784
Διάρκεια γεμίσματος														1

Όπου «*» σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική επίδραση κανενός από τους παράγοντες που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία όπως επίσης και της αλληλεπίδρασης αυτών (πίνακας 3.5.1).

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. Το μέγεθος κόκκων, η κατανομή του μεγέθους και η συγκέντρωση πρωτεΐνης κόκκων είναι μεταξύ των σημαντικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών για το κριθάρι βυνοζυθοποιίας (Grashoff and D'Antuono, 1997). Γίνονται προσπάθειες κατασκευής συστημάτων για την μέτρηση της πρωτεΐνης του καρπού όπως η προσπάθεια του Fox *et al.* (2011) με τις υπέρυθρες. Ο πρωταρχικός στόχος, ιδιαίτερα στα μεσογειακά περιβάλλοντα, είναι η διατήρηση της περιεκτικότητας των κόκκων σε πρωτεΐνη κάτω από ένα όριο 11,5-12,0%, ανάλογα με τη βιομηχανία ζυθοποιίας. Οι βυνοποιίες και οι ζυθοποιίες έχουν καιρό αναγνωρίσει θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους / βάρους του καρπού και της απόδοσης σε εκχύλισμα βύνης (Schwarz and Li, 2010).

Αυτό είναι κρίσιμο επειδή η ποσότητα του εκχυλίσματος καθορίζει την ποσότητα μύρας που μπορεί να παραχθεί (Li *et al.*, 2008). Επιπλέον, πρωτεΐνη κόκκων πάνω από 12-13% μειώνει την απόδοση σε εκχύλισμα, με αποτέλεσμα μύρα που δεν είναι διαυγής και μπορεί να επιβραδύνει την έναρξη της βλάστησης των σπόρων. Από την άλλη πλευρά, η ανεπαρκής περιεκτικότητα πρωτεΐνης σε κόκκους μπορεί να σχετίζεται με χαμηλή δραστικότητα ενζύμων αποικοδόμησης αμύλου, με μειωμένο σχηματισμό αφρού και υποδεέστερη γεύση και θρεπτική αξία της μύρας, υποδηλώνοντας διπλή επίδραση πρωτεϊνικού περιεχομένου στην ποιότητα της βύνης (Wu *et al.*, 2015).

Γενικότερα, έχει βρεθεί πως υπό συνθήκες υδατικού στρες μπορεί να υπάρξει αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης στους σπόρους. Ειδικώς έχει βρεθεί από προηγούμενες έρευνες πως η ξηρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο γεμίσματος των σπόρων, αύξησε την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη (Fanthi *et al.*, 1997; Savin *et al.*, 1997). Σύμφωνα με τον Emebiri (2015), ένας τρόπος να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη είναι να χρησιμοποιηθούν ποικιλίες με εγγενώς χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κόκκων και συνεπώς να μειωθεί ο κίνδυνος να προσεγγίσουν περιεκτικότητα πρωτεΐνης στους κόκκους πάνω από 12%. Αυτές οι ποικιλίες «χαμηλότερης πρωτεΐνης» θα ταιριάζουν επίσης σε περιοχές όπου ιστορικά η πρωτεΐνη του κριθαριού είναι πολύ υψηλή για βυνοποίηση.

Σύμφωνα με τον Bertholdsson (1999), δύο σενάρια υπάρχουν για την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των κόκκων, τα οποία περιλαμβάνουν και τα δύο υδατική καταπόνηση και άζωτο. Στο πρώτο σενάριο, η υδατική καταπόνηση πριν την άνθηση προκαλεί την πρόσληψη αζώτου από το έδαφος κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου και μειώνει το δυναμικό απόδοσης. Στη συνέχεια, διατίθεται περισσότερο άζωτο κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων λόγω του χαμηλού αριθμού σπόρων και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των κόκκων αυξάνεται. Πιο

συγκεκριμένα, η ύπαρξη περισσότερων εν δυνάμει σημείων συσσώρευσης του αζώτου (sink) οδηγεί στην μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των σπόρων, καθώς αυτή διαμοιράζεται σε μεγαλύτερο αριθμό κόκκων (Yong-Zhan Ma *et al.*, 1996; Cartelle *et al.*, 2006; Voltas *et al.*, 1997; Dreccer *et al.*, 1997). Στο δεύτερο σενάριο, η υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια της προχωρημένης πλήρωσης των κόκκων οριοθετεί την ενσωμάτωση των υδατανθράκων στους κόκκους και προκαλεί πρωίμιση και μικρότερη διάλυση της πρωτεΐνης στους κόκκους.

Στην μελέτη των Vahamidis *et al.* (2017), η ταχύτερη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό του εδάφους κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των σπόρων κατά την περίοδο 2011-2012 σε σχέση με το 2012-2013 αύξησε την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κατά 12,8% κατά μέσο όρο για όλες τις μελετούμενες βυνοποιήσιμες ποικιλίες. Και στις δύο περιόδους, η ποικιλία "Chill" παρουσίασε χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, εντός των αποδεκτών ορίων βυνοποίησης, καθώς και τη χαμηλότερη ευαισθησία στο περιβάλλον.

Οι Pettersson and Eckersten (2007), έψαξαν συσχέτιση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις εδαφοκλιματικές παραμέτρους. Η συκέντρωση της πρωτεΐνης συσχετίστηκε μόνο οριακά με τις μεταβλητές του εδάφους για μια συγκεκριμένη ποικιλία κατέστη δυνατόν να προβλεφθεί η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη με βάση την ημέρα σποράς και τον δείκτη βλάστησης TCARI (32). Η θερμική καταπόνηση κατά το γέμισμα των καρπών μάλλον παίζει ρόλο στην επίδραση της ημέρας σποράς, διότι η καθυστέρηση της σποράς αυξάνει τις πιθανότητες για υψηλές θερμοκρασίες την περίοδο του γεμίσματος.

Η μελέτη της συσχέτισης της πρωτεΐνης του καρπού με την απόδοση σε καρπό αναφέρεται συνήθως ως αρνητική στο κριθάρι, σιτάρι, βρώμη, καλαμπόκι και σόργο από τον Frey (1979). Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο, κατά τους Sairam and Singh (1989), αν και δεν σχετίζεται με την απόδοση, είναι θετικά συσχετισμένο με την αποτελεσματικότητα του αζώτου. Μεταξύ πρωτεΐνης και βάρους 1000 κόκκων βρέθηκε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση και ισχυρή αρνητική μεταξύ πρωτεΐνης και ποσοστού κόκκων με μέγεθος μεγαλύτερο από 2,5mm (Θεουλάκης κ.ά., 1992).

4.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΠΟΡΟΥ

4.4.1 ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ

Ο ρυθμός γεμίσματος του σπόρου διαπιστώθηκε ότι επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του νερού (πίνακας 3.5.2.1). Τα φυτά του επιπέδου Α που αρδεύτηκαν κανονικά κατέγραψαν τον υψηλότερο ρυθμό γεμίσματος σημαντικά μεγαλύτερο από τον ρυθμό γεμίσματος των φυτών που καταπονήθηκαν περισσότερο (επίπεδο C). Στο ενδιάμεσο επίπεδο άρδευσης Β, δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά ο ρυθμός γεμίσματος του σπόρου από τα δύο άλλα επίπεδα (διάγραμμα 3.5.2.1).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (πίνακας 3.5.2.2), η διάρκεια γεμίσματος του σπόρου δεν επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά ούτε από

το διαθέσιμο εδαφικό νερό, ούτε από την ποικιλία. Επιπροσθέτως, η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων δεν επέδρασε σημαντικά στο χαρακτηριστικό αυτό.

4.4.2 ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Το ποσοστό σπόρων μη επιθυμητών για βυνοποίηση (<2,2mm), φαίνεται ότι επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από τον παράγοντα ποικιλία, με την ποικιλία Grace να παρουσιάζει τον περισσότερο αριθμό τέτοιων καρπών, ενώ η ποικιλία Zhana τον μικρότερο. Η διαφορά των δύο αυτών ποικιλιών ήταν στατιστικά σημαντική, αντίθετα η ποικιλία RGT Planet δεν διέφερε σημαντικά με καμία από τις άλλες δύο. Επίσης, η αλληλεπίδραση της ποικιλίας με το επίπεδο άρδευσης επέδρασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο στο μέγεθος καρπών «<2,2mm» (πίνακας 3.5.2.3.a & διάγραμμα 3.5.2.3.a).

Το κατάλληλο για βυνοποίηση κλάσμα σπόρων (>2,2mm), διαπιστώθηκε ότι επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις τρεις ποικιλίες και την αλληλεπίδραση αυτών με τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Η Zhana με το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιων σπόρων διέφερε σημαντικά από την Grace που είχε τους λιγότερους βυνοποιήσιμους καρπούς, ενώ η RGT Planet στο ενδιάμεσο δεν διέφερε σημαντικά με καμία από τις δύο (πίνακας 3.5.2.3.b & διάγραμμα 3.5.2.3b).

Η ποικιλία σύμφωνα με τον πίνακα 3.5.2.3.c, επέδρασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο στην κλάση μεγέθους «2,2-2,5mm». Συγκεκριμένα, η ποικιλία Zhana ήταν αυτή που διέφερε σημαντικά από τις άλλες δύο προς μελέτη ποικιλίες Grace και RGT Planet καθώς κατέγραψε τον μικρότερο αριθμό καρπών αυτού του μεγέθους (διάγραμμα 3.5.2.3.c). Ακόμη, η αλληλεπίδραση των τριών επιπέδων άρδευσης και των ποικιλιών επηρέασαν με σημαντικό τρόπο την κλάση μεγέθους «2,2-2,5mm».

Όσον αφορά την κλάση μεγέθους σπόρων βυνοποιήσιμου κριθαριού «2,5-2,8mm», όπως προκύπτει από τον πίνακα 3.5.2.3.d, ο παράγων ποικιλία άσκησε στατιστικώς σημαντική επίδραση. Η ποικιλία RGT Planet έδωσε το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιων σπόρων, ενώ η Zhana το μικρότερο με την διαφορά των δύο αυτών ποικιλιών να είναι στατιστικά σημαντική. Από την άλλη, η ποικιλία Grace δεν διέφερε σημαντικά με καμία από τις δύο προηγούμενες (διάγραμμα 3.5.2.3.d).

Στην παρούσα μελέτη, διαπιστώθηκε ότι η κλάση μεγάλων σπόρων «>2,8mm», επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από την ποικιλία, με την Zhana να καταγράφει το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιων καρπών σημαντικά υψηλότερο από αυτό των ποικιλιών RGT Planet και Grace. Επίσης, η αλληλεπίδραση της ποικιλίας με τα διαφορετικά επίπεδα εδαφικής υγρασίας άσκησε στατιστικώς σημαντική επίδραση στον καθορισμό του ποσοστού σπόρων κλάσης «>2,8mm» (πίνακας 3.5.2.3.e & διάγραμμα 3.5.2.3.e).

Όπως έχει τονιστεί και παραπάνω, το μέγεθος κόκκων, η κατανομή του μεγέθους και η συγκέντρωση πρωτεΐνης των κόκκων είναι μεταξύ των σημαντικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών για το κριθάρι βυνοζυθοποιίας (Grashoff and D'Antuono, 1997). Σύμφωνα με τον Bertholdsson (1999) το στρες της ξηρασίας μπορεί να επηρεάσει ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των σιτηρών και το μέγεθος των κόκκων. Προηγούμενες επιστημονικές

προσπάθειες κατέδειξαν ότι το στρες του νερού κατά την περίοδο πλήρωσης των κόκκων προκαλεί αρνητική επίδραση στο βάρος και το μέγεθος του σπόρου κριθαριού, (Savin and Nicolas, 1999; Sánchez-Díaz *et al.*, 2002; González *et al.*, 2007; Samarah *et al.*, 2009), και πιθανόν επίσης λόγω της μείωσης του ποσοστού πλήρωσης των καρπών. Οι βυνοποιίες και οι ζυθοποιίες έχουν καιρό αναγνωρίσει θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους / βάρους του καρπού και της απόδοσης σε εκχύλισμα βύνης (Schwarz and Li, 2010).

Με στατιστικά σημαντικό τρόπο συσχετίστηκαν θετικά η κλάση μεγέθους 2,5-2,8mm με την κλάση 2,2-2,5mm (πίνακας 4.2.a) για τα επαρκώς αρδευόμενα φυτά (επίπεδο A). Η τελευταία αυτή κλάση συσχετίστηκε σημαντικά θετικά με τον ακατάλληλο για βυνοποίηση καρπό (<2,2mm) σε όλα τα επίπεδα άρδευσης (πίνακες 4.2.a, 4.2.b & 4.2.c). Επίσης, στα φυτά κριθαριού ανεξαρτήτως ποσοστού εδαφικής υγρασίας, έγινε φανερό από τους πίνακες 4.2.a, 4.2.b & 4.2.c, ότι σημαντική θετική συσχέτιση διαπιστώθηκε μεταξύ των κατάλληλων για βυνοποίηση σπόρων (>2,2mm) και των πολύ μεγάλων σπόρων (>2,8mm).

Η κλάση μεγέθους >2,8mm παρουσίασε σημαντική αρνητική συσχέτιση με τους καρπούς 2,2-2,5mm και τους μη επιθυμητούς για βυνοποίηση (<2,2mm) και στις τρεις μεταχειρίσεις του νερού (πίνακες 4.2.a, 4.2.b & 4.2.c). Επίσης, το ίδιο συνέβη μεταξύ των σπόρων μεγέθους 2,5-2,8mm και των πολύ μεγάλων σπόρων (>2,8mm) στα επαρκώς αρδευόμενα φυτά σύμφωνα με τον πίνακα 4.2.a. Τέλος, όπως διαπιστώθηκε μεταξύ της κλάσης μεγέθους 2,2-2,5mm και του συνόλου των κατάλληλων για βυνοποίηση καρπών (>2,2mm) υπήρξε στατιστικώς σημαντική αρνητική συσχέτιση (πίνακες 4.2.a, 4.2.b & 4.2.c) και στα τρία προς μελέτη επίπεδα άρδευσης.

Έχει γίνει γενικά αποδεκτό ότι το βάρος και το μέγεθος των κόκκων του σπόρου προσδιορίζονται κατά κύριο λόγο κατά την περίοδο μετά την άνθηση (Paynter and Young, 2004; Bingham *et al.*, 2007; Ugarte *et al.*, 2007). Όπως σημειώνουν οι Vahamidis *et al.* (2017) μετά την άνθηση, η διαθεσιμότητα νερού και οι υψηλές θερμοκρασίες παίζουν μεγάλο ρόλο στο μέγεθος του κόκκου και ειδικά στην κατηγορία μεγάλων και μικρών σπόρων. Επίσης, αναφέρουν σημαντικές διαφορές μεταξύ κατηγοριών μεγέθους σπόρου, μεταξύ ποικιλιών και μεταξύ επιπέδων άρδευσης. Τονίζουν ότι με περισσότερο νερό έχουμε πιο πολλούς μεγάλους σπόρους από μικρούς, ειδικά με μείωση νερού μετά άνθησης και συνθήκες ξηρασίας. Διαπιστώνεται ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ μεγάλων και μικρών σπόρων και η αρνητική αυτή συσχέτιση μεγαλώνει σε επάρκεια νερού, κάτι που υποδηλώνει πως το μέγεθος σπόρου περιορίζεται υπό συνθήκες καταπόνησης (Fox *et al.*, 2006; Vahamidis *et al.*, 2017).

Επίσης, έχει επιβεβαιωθεί ότι υπό συνθήκες υδατικού στρες παρεμποδίζεται η φωτοσυνθετική λειτουργία (Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012), παρατηρείται επιτάχυνση του βιολογικού κύκλου και είναι γνωστό πως 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 τον σπόρο επηρεάζοντας έτσι και το μέγεθός του (Oweis *et al.*, 2000). και συνεπώς το βάρος των σπόρων μειώνεται με την σειρά του (Acevedo *et*

al., 2002). Σύμφωνα με τους πίνακες 4.2.a & 4.2.b, σημαντική θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του ρυθμού γεμίσματος, του βυνοποιήσιμου μεγέθους σπόρου (>2,2mm) και του πολύ μεγάλου μεγέθους σπόρου (>2,8mm) στα επαρκώς αρδευόμενα (επίπεδο Α) και στα φυτά του μεσαίου επιπέδου άρδευσης Β. Ακόμη, στα ίδια αυτά επίπεδα εδαφικής υγρασίας η συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού γεμίσματος του σπόρου με το ακατάλληλο προς βυνοποίηση μέγεθος σπόρου (<2,2mm) καθώς και με την κλάση μεγέθους 2,2-2,5mm ήταν στατιστικά σημαντικά αρνητική (πίνακες 4.2.a & 4.2.b).

Η πρωιμότητα έπαιξε ρόλο καθώς οι πρώιμες ποικιλίες είχαν την μεγαλύτερη διάρκεια γεμίσματος. Η πρωιμότητα και η διάρκεια γεμίσματος ήταν τα φαινολογικά χαρακτηριστικά που επηρέασαν περισσότερο την απόδοση σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Μαζί με τον συντελεστή συγκομιδής είχαν σημαντική συσχέτιση ($p < 0,001$) με την απόδοση (Gonzalez *et al.*, 2007). Επίσης, έχει βρεθεί πως σε πειράματα κατά τα οποία αφαιρέθηκε μέρος της ταξιανθίας, η συγκέντρωση του αζώτου στους σπόρους ήταν αυξημένη καθώς μειώθηκαν τα εν δυνάμει σημεία συσσώρευσής του (sink) (Yong-Zhan Ma *et al.*, 1996; Cartelle *et al.*, 2006; Voltas *et al.*, 1997; Dreccer *et al.*, 1997).

Οι Aksel and Johnson (1961) βρήκαν ότι ποικιλίες κριθαριού με μεγάλη βλαστική περίοδο, συντελούν στην παραγωγή περισσότερων κόκκων ανά στάχυ και σε υψηλότερη απόδοση σε σχέση με εκείνες με μεγάλη περίοδο γεμίσματος κόκκου. Άλλοι ερευνητές (Metzger *et al.*, 1984), δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση που να συσχετίζονται με τις διαφορές στη διάρκεια της περιόδου γεμίσματος του κόκκου. Ως αιτία αναφέρουν ότι η όποια υπεροχή στην απόδοση οφείλεται στην άριστη σχέση της βλαστικής περιόδου προς την περίοδο γεμίσματος του κόκκου. Σημαντικά αρνητική ήταν η συσχέτιση της απόδοσης σε καρπό με την διάρκεια γεμίσματος του σπόρου στα φυτά του επιπέδου άρδευσης Β όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (πίνακας 4.2.b). Επίσης, αρνητική σημαντική συσχέτιση έδειξαν οι σπόροι ανά στάχυ με την διάρκεια γεμίσματος στα φυτά που δέχθηκαν τα σημαντικότερα εδαφικά ελλείμματα (επίπεδο C) σύμφωνα με τον πίνακα 4.2.c. Οι Hanway and Russel (1969) καθώς και οι Daynard and Kannenberg (1976), βρήκαν θετική συσχέτιση μεταξύ μήκους της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και απόδοσης σε καρπό στο καλαμπόκι (*Zea mays* L.). Οι ερευνητές Gebeyehou *et al.* (1982), σε μελέτη στο σκληρό σιτάρι (*Triticum turgittum* L.) αναφέρουν θετική συσχέτιση μεταξύ διάρκειας της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και απόδοσης σε καρπό. Απέδωσαν τη συσχέτιση, στη θετική επίδραση της περιόδου γεμίσματος του κόκκου, στο βάρος του κόκκου και στον αριθμό κόκκων ανά στάχυ. Από την άλλη πλευρά οι Nass and Reiser (1975) και οι Wych and Rasmusson (1983) δεν βρήκαν συσχέτιση μεταξύ διάρκειας της περιόδου γεμίσματος του κόκκου και της απόδοσης σε ανοιξιάτικο σιτάρι (*Triticum aestivum* L.) και βρώμης (*Avena sativa* L.) αντίστοιχα. Επίσης, οι Jones *et al.* (1979), βρήκαν μη σημαντική συσχέτιση μεταξύ περιόδου γεμίσματος του κόκκου και των συντελεστών της απόδοσης στο ρύζι (*Oryza sativa* L.).

Οι Samarra *et al.* (1987) σε μελέτη της βλαστικής περιόδου και περιόδου γεμίσματος του κόκκου στο κριθάρι, που έγινε στη δυτική Σαουδική Αραβία,

αναφέρουν έναν δείκτη γεμίσματος του κόκκου (Grain filling index), ο οποίος είναι το πηλίκο της περιόδου γεμίσματος του κόκκου προς τον αριθμό ημερών σποράς-ωρίμανσης. Η βλαστική περίοδος βρέθηκε συσχετισμένη με την περίοδο γεμίσματος του κόκκου αρνητικά ($r = -0,621$, $p < 0,01$), με τον δείκτη γεμίσματος του κόκκου αρνητικά ($r = -0,871$, $p < 0,01$), με την συνολική περίοδο ανάπτυξης θετικά ($r = +0,701$, $p < 0,01$), με το ύψος του φυτού αρνητικά ($r = -0,417$, $p < 0,05$) και με τον δείκτη συγκομιδής αρνητικά ($r = -0,370$, $p < 0,05$). Η περίοδος γεμίσματος του κόκκου βρέθηκε υψηλά θετικά συσχετισμένη μόνον με τον δείκτη γεμίσματος του κόκκου ($r = 0,879$, $p < 0,01$). Ο δείκτης δεν έδειξε συσχέτιση με την απόδοση και τον δείκτη συγκομιδής. Τέλος, η συνολική περίοδος ανάπτυξης μέχρι την ωρίμανση, έδειξε αρνητική συσχέτιση με το ύψος φυτού ($r = -0,435$, $p < 0,01$), τον δείκτη συγκομιδής ($r = -0,389$, $p < 0,05$) και την απόδοση ($r = -0,409$, $p < 0,05$).

Σε πείραμα που διεξήχθη από τους Gonzalez *et al.* (1998), μετρήθηκε το διάστημα το οποίο χρειάστηκε για το γέμισμα των σπόρων. Στα φυτά που αρδεύτηκαν κανονικά αυτό ήταν 40,5 ημέρες, ενώ στα φυτά που υπήρξαν υδατικά ελλείμματα ήταν 34 ημέρες. Βρέθηκε πως στις ποικιλίες που μελετήθηκαν στο παρόν πείραμα, ο χρόνος γεμίσματος ήταν μικρότερος. Οι διαφορές σε σχέση με το πείραμα που αναφέρθηκε προηγουμένως, δηλαδή στο ότι ο χρόνος γεμίσματος των ποικιλιών που μελετήθηκαν εδώ, ήταν πολύ μικρότερος σε σχέση με τον χρόνο γεμίσματος των ποικιλιών των Gonzalez *et al.* (1998), πιθανότατα οφείλεται στο ότι το πείραμα εδώ διεξήχθη σε υπόστεγο, το οποίο ουσιαστικά αύξησε ακόμα περισσότερο τις θερμοκρασίες επιταχύνοντας έτσι τον βιολογικό κύκλο των φυτών (Oweis *et al.*, 2000). Έχει βρεθεί από προηγούμενες έρευνες πως η ξηρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο γεμίσματος των σπόρων, αύξησε την αναλογία των λεπτών σπόρων αλλά και την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη (Fanthi *et al.*, 1997; Savin *et al.*, 1997). Κατά την περίοδο γεμίσματος του κόκκου, ο δροσερός καιρός βοηθάει τον κόκκο να ωριμάσει φυσιολογικά και να πάρει ικανοποιητικό πάχος (Δαλιάνης, 1976).

4.4.3 ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΙΩΝ ΑΝΑ ΘΕΣΗ

Στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν στο παρόν πείραμα διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο βάρος κατά φθίνουσα σειρά είχαν οι στο μέσον της ράχης του στάχου, κατόπιν της βάσης και τέλος της κορυφής. Γενικά, μεταξύ της 2^{ης} και 12^{ης} θέσεις ήταν αυτοί που συγκέντρωναν τις μεγαλύτερες τιμές. Ειδικότερα, από την 3^η έως και την 6^η θέση καταγράφηκαν η υψηλότερες τιμές βάρους και στα τρία επίπεδα άρδευσης (διαγράμματα 3.5.2.4.a, 3.5.2.4.b και 3.5.2.4.c).

Στο κριθάρι όπως είναι γνωστό, διαφοροποιούν ανθικές καταβολές πρώτα τα σταχύδια στο μέσο του στάχου, μετά τα βασικά και τέλος της κορυφής. Αυτό έχει και μετέπειτα συνέπειες, καθώς οι καρποί της κορυφής είναι πιο ελαφροί (μικρότερο βάρος κόκκου), ακολουθούν οι καρποί της βάσης και πιο βαρείς όλων είναι οι καρποί από τη μέση του στάχου (Bonnet, 1935). Η υδατική καταπόνηση επηρεάζει πολύ το μέγεθος του κόκκου σε σχέση και με την θέση του σπόρου στην ράχη του στάχου. Αυτό πιθανώς εξαρτάται από τις διαφορές στις ιδιότητες του αγγειακού συστήματος στον στάχου και στο σταχύδιο (Rajala *et al.*, 2011).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού και στις τρεις ποικιλίες ήταν οι αναμενόμενες, καθώς το υδατικό δυναμικό μειωνόταν όσο μεγαλύτερη ήταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης, με το επίπεδο A να παρουσιάζει σταθερά τις λιγότερο αρνητικές τιμές. Η ποικιλία Grace παρουσίασε τις πιο υψηλές τιμές ενώ αντίθετα τις πιο αρνητικές τιμές υδατικού δυναμικού κατέγραψε η ποικιλία RGT Planet.

Διαπιστώθηκε επιτάχυνση του βιολογικού κύκλου και των τριών ποικιλιών κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Τα φυτά των υποτεμαχίων B και C που δέχθηκαν τη μεσαία και ακραία έλλειψη νερού αντίστοιχα, εισήλθαν στο στάδιο της άνθησης ταχύτερα από τα φυτά που είχαν επάρκεια εδαφικής υγρασίας (επίπεδο A). Παρ' όλα αυτά, ο ρυθμός του βιολογικού τους κύκλου σταμάτησε να αυξάνεται μετά την έναρξη της άνθησης, με αποτέλεσμα τα φυτά όλων των υποτεμαχίων να φτάσουν σχεδόν μαζί στην πλήρη άνθηση. Η ποικιλία Grace επηρεάστηκε σε μικρότερο βαθμό από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού συγκριτικά με τις άλλες δύο ποικιλίες και κυρίως την ποικιλία RGT Planet, καθώς οι διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης καθώς και η χρονική διάρκεια που αυτές κράτησαν ήταν μικρότερες.

Τα φυτά που υπέστησαν μέτρια και ισχυρή υδατική καταπόνηση (επίπεδα B & C), είχαν σημαντικά μικρότερη απόδοση σε καρπό, σε βιομάζα και σε αριθμό στάχων ανά τετραγωνικό μέτρο από αυτά που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες επάρκειας εδαφικής υγρασίας. Η ποικιλία RGT Planet ήταν η πιο αποδοτική στα επαρκώς αρδευόμενα υποτεμάχια, ενώ υπό συνθήκες μέγιστης υδατικής καταπόνησης η ποικιλία Zhana ανταποκρίθηκε καλύτερα δίνοντας τις υψηλότερες αποδόσεις. Επίσης, η ποικιλία Zhana παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερο συντελεστή συγκομιδής από την ποικιλία Grace.

Στις τρεις ποικιλίες που μελετήθηκαν, η υδατική καταπόνηση δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη.

Όσον αφορά το μέγεθος των σπόρων, η διάρκεια γεμίσματος δεν μπόρεσε να εξηγήσει τις μεταβολές στο μέγεθος των σπόρων. Αντίθετα, οι μεταβολές αυτές εξηγήθηκαν σε πολύ μεγάλο ποσοστό από τον ρυθμό γεμίσματος, με εξαίρεση όταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης γινόταν μέγιστη. Ο ρυθμός γεμίσματος ήταν σημαντικά αυξημένος στα μη καταπονημένα φυτά (επίπεδο A) σε σχέση με τα εντόνως καταπονημένα (επίπεδα C). Το ποσοστό των μη επιθυμητών για βυνοποίηση σπόρων (<2,2mm) ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στην ποικιλία Grace από την Zhana.

Το βάρος των καρπών στο μέσον της ράχης του στάχου ήταν μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στη βάση και στην κορυφή των στάχων. Οι καρποί μεταξύ της 2^{ης} και 12^{ης} θέσης ήταν αυτοί που παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές. Ειδικότερα, από την 3^η έως και την 6^η θέση καταγράφηκαν οι μέγιστες τιμές βάρους και στα τρία επίπεδα άρδευσης. Η ποικιλία Zhana εμφάνισε σταθερά το μεγαλύτερο βάρος καρπών ανά θέση με τις RGT Planet και Grace να έπονται.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acevedo, E., T.C. Hsiao and D.W. Henderson 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to change in water status. *Pl. Physiol.* 48, 631-36.
- Acevedo, E., E., Fereres, T.C., Hsiao and D.W. Henderson 1979. Diurnal growth trends, water potential and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. *Pl. Physiol.* 64: 476-80.
- Acevedo E, Silva P, Silva H (2002) Wheat growth and physi-ology. In: *Bread Wheat Improvement and Production*, Curtis BC, Rajaram S, Gómez Macpherson H (Eds), FAO, Roma, Italy, pp. 39-70.
- Ajalli, J. and Salehi 2012.Evaluation of Drought Stress Indices in barley (*Hordeum Vulgare L.*) *Ann. Biol. Res.* 3(12): 5515-5520.
- Aksel, R. and L.P.V. Johnson. 1961. Genetics studies on sowing-to-heading periods in barley and their relation to yield and yield components. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 3 . 242-259.
- 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.
- Analytica EBC, 1998. Sieving Test for Barley Method 3.11.
- Angus, J. F., and Moncur. M. W. (1977). Water stress and phenology of wheat. *Aus. J. Agric. Res.* 28, 171-181.
- Araya, A., Stroosnijder, L., 2010. Effects of tied ridges and mulch on barley(*Hordeum vulgare*) rainwater use efficiency and production in Northern Ethiopia. *Agric. Water Manage.* 97, 841–847.
- Arisnabarreta, S., Miralles, D.J., 2008a. Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two- and six-rowed barley. *Field Crops Res.* 107, 196–202.
- Arisnabarreta, S., Miralles, D.J., 2008b. Radiation effects on potential number of grains per spike and biomass partitioning in two- and six-rowed near isogenic barley lines. *Field Crops Res.* 107, 203–210.
- Austin R.B., Ford M.A., Edrich J.A., Blackwell R.D., 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agri. Sci. (Cambridge)* 88, 159-167.
- Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, S., Karimian, N., 2015. Nitrogen and water use efficiencies and yield response of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid Mediterranean climate. *Arch. Agron. Soil Sci.* 61, 15–32.
- Bárnabás, B., K. Jäger and A. Fehér 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ.* 31: 11–38.
- 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.
- Bingham, I.J., Blake, J., Foulkes, M.J., Spink, J., 2007. Is barley yield in the UK sink limited? II. Factors affecting potential grain size. *Field Crops Res.* 101, 212–220.
- Bole, J.B., and U.J. Pittman. 1980. Spring soil water, precipitation and nitrogen fertilizer : effect on barley yield. *Can. J. Soil Sci.* 60:461-469.
- Bonnet, O.T., 1935. The development of the barley spike. *J. Agric. Res.* 51, 451–457.
- Boyer, J.S. 1967. Leaf water potentials measurements with a pressure chamber. *Pl. Physiol.* 42, 133-137.
- 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. 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.
- Boyer JS, Westgate ME (2004) Grain yields with limited water. *J Exp Bot* 55: 2385–2394.
- Bresta, P., Nikolopoulos, D., Economou, G., Vahamidis, P., Lyra, D., Karamanos, A., Karabourniotis, G., 2011. Modification of water entry (xylem vessels) and water exit (stomata) orchestrates long term drought acclimation of wheat leaves. *Plant Soil* 347, 179–193.
- Briggs, D.E. (1978). *Barley*, Chapman & Hall, London.
- Briggs K.G. 1974. Combining ability for grain protein percentage in a diad! Cross of live Canadian barley cultivars. *Can. J. Plant. Sci* 54:29-34.
- Buchanan, B.B., W. Gruissen and R.L. Jones 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. *Am. Soc. Of Plant Phys.*, Rockville, ML.
- Burger, W.C., and D.E. Lambregt. 1985. Malting and brewing quality in barley (Ed. D.C. Rasmusson) p367-401. *Agron. Monograph* 26. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI 53711-USA.
- Cartelle J., Pedro A., Savin R., Slafer G.A., 2006. Grain weight responses to postanthesis spikelet-trimming in an old and a modern wheat under Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.* 25, 365-371.
- Cantero-Martínez, C., Angas, P., Lampurlanés, 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.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30, 239–264.
- Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann. Bot.* 103, 551–560.

- Cook, A.H., (ed). 1962. Barley and Malt biology, biochemistry and technology. *Academic Press*, New York.
- Cossani, C.M., Savin, R., Slafer, G.A., 2007. Contrasting performance of barley and wheat in a wide range of conditions in Mediterranean Catalonia (Spain). *Ann.App. Biol.* 151, 167–173.
- Cossani, C.M., Slafer, G.A., Savin, R., 2009. Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Res.* 112, 205–213.
- Cossani, C.M., Slafer, G.A., Savin, R., 2010. Co-limitation of nitrogen and water: yield and resource-use efficiencies of wheat and barley. *Crop Pasture Sci.* 61, 844–851.
- Cox, M.C., C.O. Qualset and D.W. Rains. 1986. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 25, 435-440.
- Crafts, A.S. 1968. Water Deficits and physiological processes. In *Water Deficits and Plant Growth*. ed. T.T. Kozlowski. 85-133. Academic Press. Inc., New York.
- Craufurd, P. Q., Flower, D. J., and Peacock, J. M. (1993). Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). 1. Panicle development and leaf appearance. *Exp. Agric.* 29: 61-76.
- Dainty, J. 1963. Water relations of plant cells. *Adv. Bot. Res.* 1, 279-326.
- Daynard, T.B., and L.W. Kannenberg. 1976. Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Can. J. Plant Sci.* 56 : 237-242.
- 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.
- Dong B. Baodi Donga, Lei Shib, Changhai Shia, Vunzhou Qiaoa, Mengyu Jiua*, Zhengbin Zhanga 2011. *Agricultural Water Management* 99: 103– 110.
- Dreccer M.F., Grashoff C., Rabbinge R., 1997. Source-sink ratio in barley (*Hordeum vulgare* L.) during grain filling: effects on senescence and grain protein concentration. *Field Crops Res.* 49, 269-277.
- 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.
- Eilrich G.L., Hageman R.H., 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat. *Crop Sci.* 13, 257-261.
- Elhani S., V. Martos, Y. Rharrabti, C. Royo and L.F.G. del Moral 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Res.* 103: 25–35.

- El-Negoumy A.M., Newman C.W., Hocket E.A., 1982. Effect of level of nitrogen fertilizer on protein composition of some barley cultivars. *Nutr. Rep. Int.* 25:89-96.
- Emebiri, L.C., 2015. Breeding malting barley for consistently low grain protein to sustain production against predicted changes from global warming. *Mol. Breed.* 35, 18, <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-015-0213-9>.
- Evans, L.T. and I.F. Wardlaw. 1976. A specks of the comparative physiology of grain yield in cereals. In : N.C Brady (ed). *Adv. in Agronomy*, Vol 28 : 301-359. Academic Press, New York.
- Fan, J., McConkey, B., Wang, H., Janzen, H., 2016. Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Res.* 189, 68-74.
- Fathi, G., G.K. McDonald and R.C.M. Lance, R. (1997) Effect of post-anthesis water stress on the yield and grain protein concentration of barley grown at two levels of nitrogen, *Aust. J. Agric. Res.* 48, 67–80.
- Foster, E., and N. Prentice. 1987. Barley in nutritional quality of cereal grains. *ASACSSA- SSSA*. Pp. 338-285. Edited by R.A. Olson and K.J. Frey. Madison Wisc. USA.
- Fox, G.P., Kelly, A., Poulsen, D., Inkerman, A., Henry, R., 2006. Selecting for increased barley grain size. *J. Cereal Sci.* 43, 198–208.
- Fox, G.P., Kelly, A., Sweeney, N., D. M. Hocroft, D.M., 2011. Development of a Single Kernel NIR Barley Protein Calibration and Assessment of Variation in Protein on Grain Quality. *J. Inst. Brew.* 117(4), 582-586.
- Frederick, J.R., Woolley, J.T., Hesketh, J.D., Peters, D.B., 1990. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crops Res.* 27: 71–82.
- Frederick, J.R., Woolley, J.T., Hesketh, J.D., Peters, D.B., 1991. Water deficit development in old and new soybean cultivars. *Agron. J.* 82: 76–81.
- Frey, K.J. 1979. Proteins of oats. *Z. Pflanzenzucht.* 78: 185-215.
- García del Moral, M.B., García del Moral, L.F., 1995. Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crops Res.* 44, 85–93.
- Gebeyehou, G., D.R. Knott, and R.G. Baker. 1982. Relationships among durations of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22 :287-290.
- Gomez, K.A and A.A. Gomez 1984. *Statistical procedures for agricultural research. Second edition.* John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 680 pp.
- 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., 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.

- 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.
- Grashoff, C., D'Antuono, L.F., 1997. 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.
- Guo, Z., Yu, Z., Wang, D., Shi, Y., Zhang, Y., 2014. Photosynthesis and winter wheat yield responses to supplemental irrigation based on measurement of water content in various soil layers. *Field Crops Research* 166: 102–111.
- Haddadin F. (2015). Assessment of Drought Tolerant Barley Varieties under Water Stress. *International Journal of Agriculture and Forestry* 5(2): 131-137.
- Hagan, R.M. and H.R. Edminster, T.W. 1967. Irrigation of agricultural plants. *Am. Soc. of Agron.* 307-41.
- Hale, M.G. and D.M. Orcutt 1987. *The physiology of plants under stress*. John Wiley & Sons, Inc, USA. 206 pp.
- Hanks, R.J., J. Keller, V.P. Rasmussen, and G.D. Wilson 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of America Proceedings* 40: 426-429.
- Hanway, J.J., and W.A. Russell. 1969. Dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants : comparisons among single cross hybrids. *Agron. J.* 61:947-951.
- Heitholt J.J., Croy L.I., Maness N.O., Nguyen H.T., 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in kernel N concentration. *Field Crops Res.* 23, 133-144.
- Hockett, E.A. and R.A. Nillan. 1985. Genetics of barley. (Ed. D.C. Rasmusson) pp. 190-216. *Agron. Monograph* 26. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI 53711-USA.
- Huang, B., J. Fry, and B. Wang 1998. Water relations and water canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. *Hortscience* 23: 837-40.
- Hussain, G., Al-Jaloud, A.A., 1998. Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. *Agric. Water Manage.* 36, 55–70.
- 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. *Agron. J.* 104, 1510–1516.
- Jensen J., Nielsen G., 1982. Linkage relationships of high lysine and storage protein genes in barley. In IAEA (ed), *The use of nuclear technique for cereal grain improvement*, *FAO/IAEA/GSF/SIDA*, Vienna (in press).
- Jenner, C.F., T.D. Ugalde and D. Aspinall. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 211-226.
- Johanson E., Prieto-Linde M.L., Jonsson, J.O., 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry* 78: 19-25.

- Jones, H.G., Kirby, E.J.M., 1977. Effects of manipulation of number of tillers and water supply on grain yield in barley. *J. Agric. Sci.* 88: 391–397.
- Jones, D.B., J.L. Peterson, and S. Geng. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. *Crop Sci.* 19 : 641-644.
- 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.
- Karamanos, A.J. & Gimenez, C. (1991). Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. *Options Méditerranéennes* 10, 79-90.
- Killen G.J., Newman C.W., Eslick R.F., El-Negoumy A.M., 1978. The effect of nitrogen fertilizer on the nutritional quality of barley. *Proc. West. Sec. Am. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 29:169-172.
- Kramer, P.J. 1969. *Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis*. McGraw-Hill, Book Co: New York.
- Lagouvardos, K., Kotroni, V., Bezes, A., Koletsis, I., Kopania, T., Lykoudis, S., Mazarakis, N., K. Papagiannaki, K., Vougioukas, S., 2017. The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database. *Royal Meteorological Society Geoscience Data Journal* 4: 4–16.
- Lambers, H., F.S. Chapin and T.L. Pons 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York, p.540.
- Li, Y., Schwarz, P.B., Barr, J.M., Horsley, R.D., 2008. Factors predicting malt extract within a single barley cultivar. *J. Cereal Sci.* 48, 531–538.
- López-Castañeda, C., Richards, R.A., 1994. Variation in temperate cereals in rainfed environments. III. Water use and water-use efficiency. *Field Crops Res.* 39,85–98.
- Ludlow, M.M. and R.C. Muchow 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environments. *Advances in Agronomy* 43, 107-49.
- Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. (1985a). Flowering response of pearl-millet to water-stress during panicle development. *Ann. Appl. Biol.* 106: 571-578.
- Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. (1985b). Water stress and time of floral initiation in pearl millet. *J. Agric. Sci.* 105: 437-445.
- Mahalakshmi, V., Bidinger, F. R., and Raju, D. S. (1987). Effect of timing of water deficit on pearl millet (*Pennisetum americanum*). *Field Crops Res.* 15: 327-339.
- Malinowski, D.P. and D.P. Belasky 2000. Adaptation of endophyte - infected cool season grasses. Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40, 923-937.
- Metzger, D.D., S.J. Czaplowski, and D.C. Rasmusson. 1984 Grain filling duration and yield in spring barley. *Crop. Sci.* 24 : 1101-1105.

- Mifflin, B.J. 1978a. Energy consideration in nitrogen metabolism P. in B.J. Mifflin and M. Zoschke (ed). Carbohydrate – Protein synthesis, Seminar held at Giessen (Germany) 7-9 Sept. 1977. European Economic Community, Luxembourg.
- Mullet, J.E. and M.S. Whitsitt 1996. Plant cellular responses to water deficit. *Plant Growth Regul.* 20: 119-124.
- Naghaii V, Asgharipour MR. 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.
- Nasr, H.G., H.L. Shands, and R.A. Forsberg. 1972. Variation in kernel plumpness lodging and other characteristics in six-rowed barley crosses. *Crop. Sci.* 12 : 159-162.
- Nass, H.G., and B. Reiser. 1975. Grainfilling period and grain yield relationships in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 55 : 673-678.
- Newman, E.I. 1966. Relationship between root growth of flax and soil water potential. *New Phytol.*, 273-83.
- Newman, C.W., A.M. El-Negomy, and R.F. Eslick. 1981. Factors affecting the feed quality of barley. 4th International Barley Genetics Symposium : 299-304.
- Nilsen, E.T.; and D.M. Orcutt. 1996. *The physiology of plants under stress*. John Wiley & Sons Inc. New York, USA. 687 p.
- 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.
- Paynter, B.H., Young, K.J., 2004. Grain and malting quality in two-row spring barley are influenced by grain filling moisture. *Aust. J. Agric. Res.* 55, 539–550.
- Peterson, G.A., and A.E. Foster. 1973. Malting barley in the United States. *Adv. in Agronomy* Vol. 25 : 328-378. Academic Press, New York.
- Pettersson, C.G., and H. Eckersten 2007. Prediction of grain protein in spring malting barley grown in northern Europe. *Europ. J. Agronomy* 27: 205–214.
- Rajala, A., Hakala, K., Mäkelä, P., Peltonen-Sainio, P., 2011. Drought effect on grain number and grain weight at spike and spikelet level in six-row spring barley. *J. Agron. Crop Sci.* 197, 103–112.
- Rasmusson, D.C. 1985. Barley. *Agron. Monograph* 26. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI 53711-USA.
- Rasmusson, D.C., and R.L. Glass. 1965. Effectiveness of early generation selection for four quality characters in barley. *Crop Sci.* 5 : 389-391.
- Rasmusson, D.C., I. McLean, and T.L. Tew. 1979. Vegetative and grain-filling period of growth in barley. *Crop. Sci.* 19 : 5-9.
- 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.
- 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.
- Sairam, R.K. and S.S. Singh. 1989. N-use efficiency, N-assimilation and morphophysiological traits in barley. *Rachis* 8 (2) : 26-28.
- 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.
- Samarah, N.H., Alqudah, A.M., Amayreh, J.A., McAndrews, G.M., 2009. The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 195, 427–441.
- Samarrai, S.M., S.M. Seyam, H.R. Mian, and A.A. Dafie. 1987. Growth periods, harvest Index, and grain yield relationships in barley. *Rachis* 6(2): 21-24.
- Sánchez-Díaz, M., García, J.L., Antolín, M.C., Araus, J.L., 2002. Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley. *Photosynthetica* 40, 415–421.
- Sarkar, S., Singh, S.R., 2007. Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordium vulgare* L.). *Soil Tillage Res.* 92, 79–86.
- Savin, R., Nicolas, M.E., 1999. Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 357–364.
- Savin, R., P.J. Stone, M.E. Nicolas and I.F. Wardlaw, (1997). Grain growth and malting quality of barley. 1. Effects of heat stress and moderately high temperature, *Aust. J. Agric. Res.* 48: 615–624.
- Schmid, I., Franzaring, J., Muller, M., Brohon, N., Calvo, O.C., Hogy, P., Fangmeier, A., 2015. Effects of CO₂ enrichment and drought on photosynthesis, growth and yield of an old and a modern barley cultivar. *J. Agro Crop Sci.*, 478–521, <http://dx.doi.org/10.1111/jac.12127>, 978-0-8138-0123-0.
- 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.
- Schwarz, P., Li, Y., 2010. Malting and brewing uses of barley. In: Ullrich, S.E. (Ed.), *Barley Production, Improvement, and Use*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, pp.478–521.
- Seiler, C., Harshvardhan, V.T., Reddy, P.S., Hensel, G., Kumlehn, J., Eschen-Lippold, 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.
- Simpson, G.M. 1981. *Water stress on plants*. Praeger Publ. Corp., New York.
- Singh, S.S. 1989. International between yield and some quantitative characters in Hull-less barley grown in saline-alkaline conditions. *Rachis* 8 (1) : 13-15.
- Singh, K.P., Kumar, V., 1979. Influence of irrigation on the leaf water potentials and yield of wheat and barley at two dates of sowing. *Field Crops Research* 2: 117-124.

- 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. 1967. *Plant-Water Relationships*. Academic Press, London, New York.
- Slatyer R.O. and S.A. Taylor, 1960. Terminology in Plant-and Soil- Water Relations. *Nature*, 187: 922-924.
- Stoskopf, N.C. 1985. *Cereal Grain Crops*. Reston Publishing Company, Inc., Reston, VA.
- Sreenivasulu N, Sopory SK, Kavi Kishor PB (2007) Deciphering the regulatory mechanisms of abiotic stress tolerance in plants by genomic approaches. *Gene* 388: 1–13.
- Taylor, H.M.,W.R.Jordn and T.R.Sicclair.1983. *Limitations to efficient water use in Crop Science of Am., Inc, American Soc. Of Agron. Inc., Soil Science of America Inc.*pp.227-340.
- Tollenar, M., Lee, E.A.,2002. Yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crop Res.* 75: 161–169.
- Tollenar, M., Wu, J.,1999. Yield in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.* 39: 1604–1897.
- Tsiros, I.X., Hoffman, M.E., 2013. Thermal and comfort conditions in a semi-closed rear wooded garden and its adjacent semi-open spaces in a Mediterranean climate (Athens) during summer. *Architectural Science Review*:1–20. doi: 10.1080/00038628.2013.829021.
- 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.
- Ugarte, C., Calderini, D.F., Slafer, G.A., 2007. Grain weight and grain numberresponsiveness to pre-anthesis temperature in wheat barley and triticale. *FieldCrops Res.* 100, 240–248.
- Vahamidis, P., Stefopoulou, A., Kotoulas, V., Lyra, D., Dercas, N., Economou, G., 2017. Yield, grain size, protein content and water use efficiency of null-LOXmalt barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Field Crops Research* 206: 115–127.
- Voltas J., Romagosa I., Araus J.L., 1997. Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduced barley under Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 52, 117-126.
- 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 1967. 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.
- Wegrzyn, S., M.Kowalska, and LRusimiak. 1982. Genetic control and variation of yield and bleaching value of spring barley. *Hod Rost Akl.* 26:41-51.
- 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, X.J., Chen, X., Zeng, F.R., Zhang, G.P., 2015. The genotypic difference in the effect of water stress after anthesis on the malt quality parameters in barley. *J.Cereal Sci.* 65, 209–214.
- Wych, R.D., and D.C. Rasmusson. 1983. Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. *Crop Sci.* 23:1037-1040.
- Yau, S.-K., Nimah, M., Farran, M., 2011. Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. *Agric. Water Manage.* 98, 1776–1781.
- Yong-Zhan Ma, MacKown C.T., Van Stanford D.A., 1996. Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. *Field Crops Res.* 47, 201-209.
- 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., M.H. Azizi and F.Bazrafshan 2011. Effect of drought stress on some agronomic traits in ten barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Technical of Engineering and Applied Sciences*, 1(3): 57-62.
- 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.
- Zubriski, J.C., E.H. Vasey and E.B. Norum. 1970. Influence of nitrogen and potassium fertilizers and dates of seeding on yield and quality of malting barley. *Agron. J.* 62, 216-219.

6.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαχαμίδης, Π., Γ. Οικονόμου και Α. Καραμάνος 2012. Παραγωγικότητα σιταριού και έλλειψη νερού. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία* 6: 40-45.
- Δαλιάνης, Κ.Δ. 1976. Χειμερινά Σιτηρά. Αθήναι.

- Θεουλάκης, Ν., Ε. Οικονόμου, και Κ. Μπλαδενόπουλος. 1992. Δείκτης συγκομιδής και απόδοση στο κριθάρι (*H. vulgare*). 4ο Συνέδριο Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής και Βελτίωσης των Φυτών, Θεσσαλονίκη. Πρακτικά σελ: 52.
- Καραμάνος Α.Ι., 2008. *Τα Σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων*. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 342 σελ.
- Καραμπουρνιώτης, Γ., Λιακόπουλος, Γ., Νικολόπουλος, Δ. 2012. *Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών: Οι λειτουργίες των Φυτών Κάτω Από Αντίξοες Συνθήκες του Περιβάλλοντος*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα, 332 σελ.
- Μπλαδενόπουλος, Κ. 2002. Το ύψος του φυτού και η σχέση του με άλλα γνωρίσματα στο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.). *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, Σειρά Ι, Τόμος 13, 4: 39-46.
- Μπλαδενόπουλος, Κ., Ματσούκας, Ν. 2000. Κριθάρι. Μια παλιά καλλιέργεια με ευοίωνες προοπτικές. *Αγροτική Έρευνα Τεχνολογία. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας*.
- Μπλαδενόπουλος, Κ. και Α. Γκατζιάνας. 2001. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε αγρονομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.). *Αγροτική έρευνα*. 24 (2): 21-28.
- Μπλαδενόπουλου Σ.Β., Α.Δ. Σιμώνης και Τ.Α. Τσιπρόπουλος. 1990. Αζωτούχος λίπανση και ποιότητα κριθαριού. 3ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. Αθήνα. Πρακτικά σελ: 333-344.
- Παπακώστα - Τασοπούλου, Δ., 2008 *Ειδική Γεωργία Ι τεύχος Α Σιτηρά (χειμερινά εαρινά)*. Σύγχρονη παιδεία, Θεσσαλονίκη, 760 σελ.
- Παταστεφάνου, Σ. 1979. Χημικοτεχνική έρευνα κριθής. Εισηγήσεις σε θέματα σιτηρών. Φεβρ. 1979. Δελτίο Ινστ. Σιτηρών.
- Σιδηράς Κ. Νικόλαος. 1994. *Δεύτερο μέρος : Εδαφικό Περιβάλλον* (Πανεπιστημιακές Σημειώσεις). Αθήνα. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Φυτική Παραγωγή – Εργαστήριο Γεωργίας.
- Τερζιδη ,Γ.Α.και Ζ.Γ.Παπαζαφειριου 1997. *Γεωργική Υδραυλική*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.

6.3 ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://www.fao.org>

<http://www.statistics.gr>

