



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ
ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»

Αξιολόγηση ελληνικών ποικιλιών σκληρού σιταριού
για αντοχή στην ξηρασία.

Μεταπτυχιακή Διατριβή
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας της
Σχολής Γεωπονικών Επιστημών
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
στην «Παραγωγή, πιστοποίηση και διακίνηση φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού» από
την

Κωτσίου Βαΐα

Επιβλέπουσα:

Κυρία Λαζαρίδου Θεανώ

Φλώρινα, Σεπτέμβριος 2024

Δήλωση Αυθεντικότητας

«Ο μεταπτυχιακός φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Υπογραφή

Κωτσίου Βαΐα

«Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την ΕΕ του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών (Φλώρινα) του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τον νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του ΠΜΣ «Παραγωγή, πιστοποίηση και διακίνηση φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού». Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Λαζαρίδου Θεανώ (Επιβλέπουσα)*
- Κασαπίδου Ελένη(Μέλος)*
- Παπαπαναγιώτου Αριστείδης (Μέλος)*

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής από το Τμήμα Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.»

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά και ειλικρινά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Κυρία Λαζαρίδου Θεανώ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την επιστημονική καθοδήγηση, τις υποδείξεις, την επιμονή, το αμείωτο ενδιαφέρον, τη συμπαράστασή, την ενθάρρυνση, τη συνεχή υποστήριξη και το αμείωτο ενδιαφέρον που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος.

Αφιέρωση

Η παρούσα διπλωματική εργασία μου είναι αφιερωμένη στον παππού μου Κωνσταντίνο και την γιαγιά μου Βαΐα τους οποίους δεν γνώρισα και εργαζόντουσαν ως φυτωριόχοι.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων	7
Κατάλογος Πινάκων	8
Κατάλογος Γραφημάτων	9
Περίληψη	10
Abstract	11
1. Εισαγωγή	12
2. Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	16
2.1 Παραγωγή σκληρού σιταριού, τάσεις και χρήσεις	16
2.2 Προκλήσεις στην παραγωγή σκληρού σιταριού.....	16
2.3 Επιπτώσεις της ξηρασίας στο σιτάρι	17
2.3.1 Απόδοση σιτηρών	17
2.3.2 Ποιότητα κόκκων.....	19
2.4 Φυσιολογική απόκριση του σιταριού στην ξηρασία	20
2.4.1 Ριζικό σύστημα	20
2.4.2 Σύστημα βλαστού	22
2.4.3 Ανθικά όργανα.....	23
2.5 Ανοχή στην ξηρασία	24
2.5.1 Μηχανισμοί ανοχής στην ξηρασία στο σιτάρι	25
2.5.2 Γονίδια ανοχής στην ξηρασία στο σιτάρι.....	26
2.5.3 Δημιουργία ποικιλιών σιταριού ανθεκτικών στην ξηρασία	28
2.5.4 Ορόλος της πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) στην υδατική καταπόνηση και αξιολόγηση της επίδρασης της (PEG) στην υδατική καταπόνηση	31
2.5.5 Ο ρόλος της προλίνης στην υδατική καταπόνηση	35
3. Υλικά και μέθοδοι.....	36
3.1 Φυτικό υλικό.....	36
3.1.1 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ANNA»	36
3.1.2 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΑΘΩΣ»	37
3.1.3 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΕΛΠΙΔΑ».....	37
3.1.4 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΘΡΑΚΗ».....	38
3.1.5 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81».....	39
3.1.6 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΣΙΦΝΟΣ».....	40

3.1.7 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ».....	41
3.2 Πειραματικό σχέδιο	42
3.3 Στατιστική Ανάλυση	48
4. Αποτελέσματα	49
4.1 Μήκος Στάχυος με Άγανα.....	49
4.2 Τελικό Μήκος Στάχυος χωρίς Άγανα	54
4.3 Ύψος φυτού.....	59
4.4 Συγκέντρωση προλίνης	63
4.5. Απόδοση σε σπόρο	68
5. Συζήτηση	73
6. Συμπεράσματα.....	77
Βιβλιογραφία.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	102

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Ποικιλία σκληρού σιταριού«ANNA».....	36
Εικόνα 2 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΑΘΩΣ»	37
Εικόνα 3 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΕΛΠΙΔΑ»	38
Εικόνα 4 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΘΡΑΚΗ»	39
Εικόνα 5 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81»	40
Εικόνα 6 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΣΙΦΝΟΣ».....	41
Εικόνα 7 Ποικιλία σκληρού σιταριού«ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ»	41
Εικόνα 8 Σχέδιο σποράς πειραματικού 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού.....	42
Εικόνα 9 Σπορά φυτοδοχείων	44
Εικόνα 10 Φυτά στο στάδιο του καλαμώματος	45
Εικόνα 11 Ζυγός ακριβείας.....	46
Εικόνα 12Υδρολουτρο.....	47
Εικόνα 13 Φυγόκεντρος (Sigma 2-16 P)	48

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Μήκος στάχυος με άγανα των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με PEG.	49
Πίνακας 2 Ανάλυση παραλλακτικότητα, του μήκους στάχυος με άγανα 7 ποικιλιών, σκληρού σιταριού των μεταχειρίσεων και της αλληλεπίδρασής τους.	52
Πίνακας 3 Μήκος στάχυος των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με πολυαιθυλενική γλυκόλη.....	55
Πίνακας 4 Ανάλυση παραλλακτικότητας, του μήκους στάχυος χωρίς άγανα 7 ποικιλιών, σκληρού σιταριού.....	57
Πίνακας 5 Ύψος φυτού των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με PEG.....	59
Πίνακας 6 Ανάλυση παραλλακτικότητας, του ύψους φυτών των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού	62
Πίνακας 7 Περιεκτικότητα σε προλίνη των 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού για τις 4 μεταχειρίσεις με PEG σε (mmol/g ξηρού βάρους).....	64
Πίνακας 8 Ανάλυση παραλλακτικότητας, συγκέντρωσης προλίνης 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού.....	66
Πίνακας 9 Απόδοση ξηράς μάζας των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού	69
Πίνακας 10 Ανάλυση παραλλακτικότητας απόδοσης ξηράς μάζας.....	70

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1 Μήκος στάχυος με άγανα ανά ποικιλία και μεταχείριση	51
Γράφημα 2 Μήκος στάχυος με άγανα ανά μεταχείριση και ποικιλία	51
Γράφημα 3 Μήκος στάχυος με άγανα ανά ποικιλία.....	53
Γράφημα 4 Μήκος στάχυος με άγανα ανά μεταχείριση.....	54
Γράφημα 5 Μήκος στάχυος ανά ποικιλία και μεταχείριση	56
Γράφημα 6 Μήκος στάχυος ανά μεταχείριση και ποικιλία	56
Γράφημα 7 Μήκος στάχυος ανά ποικιλία.....	58
Γράφημα 8 Μήκος στάχυος ανά μεταχείριση.....	59
Γράφημα 9 Ύψος φυτού ανά ποικιλία και μεταχείριση	61
Γράφημα 10 Ύψος φυτού ανά μεταχείριση και ποικιλία	61
Γράφημα 11 Ύψος φυτού ανά ποικιλία.....	63
Γράφημα 12 Ύψος φυτού ανά μεταχείριση.....	63
Γράφημα 13 Συγκέντρωση προλίνης ανά ποικιλία και μεταχείριση (mmol/g ξηρού βάρους).	65
Γράφημα 14 Συγκέντρωση προλίνης ανά μεταχείριση και ποικιλία (mmol/g ξηρού βάρους).	66
Γράφημα 15 Συγκέντρωση προλίνης ανά ποικιλία	67
Γράφημα 16 Συγκέντρωση προλίνης ανά μεταχείριση.	68
Γράφημα 17 Απόδοση ξηράς μάζας ανά ποικιλία και μεταχείριση.....	70
Γράφημα 18 Απόδοση ξηράς μάζας ανά μεταχείριση και ποικιλία	70
Γράφημα 19 Απόδοση ξηράς μάζας ανά ποικιλία	72
Γράφημα 20 Απόδοση ξηράς μάζας ανά μεταχείριση.....	72

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την αντοχή επτά ελληνικών ποικιλιών σκληρού σιταριού στην ξηρασία, χρησιμοποιώντας πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) για την προσομοίωση των συνθηκών υδατικής καταπόνησης σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου. Οι ποικιλίες που εξετάστηκαν είναι οι Άννα, Άθως, Ελπίδα, Θράκη, Μεξικάλι, Σίφνος και Παπαδάκη. Καταγράφηκαν διάφορα αγρονομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά όπως το ύψος του φυτού, το μήκος του στάχυος με άγανα, το μήκος του στάχυος, η συγκέντρωση προλίνης και η απόδοση σε σπόρο, σε διαφορετικά επίπεδα υδατικής καταπόνησης. Το πείραμα ανέδειξε σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις και σε φυσιολογικές αντιδράσεις, γεγονός που επιβεβαιώνει τη μεγάλη επίδραση του γενοτύπου στην αντίδραση των φυτών σκληρού σιταριού στην υδατική καταπόνηση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) έδειξαν ότι οι ποικιλίες παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση προλίνης, με την ποικιλία Άθως να εμφανίζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης, ένδειξη αυξημένης ανοχής σε καταπονήσεις λόγω ξηρασίας, ενώ όλες οι ποικιλίες εμφάνισαν την μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης στην αυξημένη συγκέντρωση PEG. Η απόδοση σε σπόρο και η συγκέντρωση προλίνης είναι κρίσιμοι δείκτες για την επιλογή ποικιλιών με ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Διαπιστώθηκε ότι η χρήση PEG είχε σημαντική επίδραση και στην απόδοση σπόρου, με τις ποικιλίες Άννα και Θράκη να διακρίνονται για την ικανότητά τους να διατηρούν υψηλές αποδόσεις υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι το μήκος του στάχυος με άγανα, το μήκος στάχυος και το ύψος του φυτού επηρεάστηκαν στατιστικώς σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης της PEG, ενώ οι ποικιλίες που διατήρησαν μεγαλύτερες τιμές σε αυτά τα χαρακτηριστικά φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στην ξηρασία. Τα συμπεράσματα της μελέτης τονίζουν την ανάγκη για συνεχιζόμενη βελτίωση των ποικιλιών με στόχο την ανθεκτικότητα στην ξηρασία, ειδικά για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών και της μειωμένης διαθεσιμότητας νερού. Η μελέτη επιβεβαιώνει τη δυνατότητα χρήσης της προλίνης και της PEG ως εργαλεία για τη βελτιστοποίηση της επιλογής γενοτύπων ανθεκτικών στην ξηρασία. Προτείνεται περαιτέρω διερεύνηση σε ευρύτερη κλίμακα για να αξιολογηθεί η σταθερότητα των ευρημάτων αυτών σε διάφορες κλιματικές συνθήκες.

Λέξεις – Κλειδιά: σκληρό σιτάρι, ξηρασία, πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG)

Abstract

The present thesis examines the drought tolerance of seven Greek varieties of durum wheat using polyethylene glycol (PEG) to simulate water stress conditions in a controlled greenhouse environment. The varieties studied were Anna, Athos, Elpida, Thrace, Mexikali, Sifnos, and Papadakis. Various agronomic and physiological traits were recorded, such as plant height, spike length with awns, spike length, proline concentration, and grain yield under different levels of water stress. The experiment revealed significant differences in yield and physiological responses, confirming the considerable impact of genotype on durum wheat response to water stress. The results of the analysis of variance (ANOVA) showed statistically significant differences in proline concentration among varieties, and Athos variety exhibiting the highest proline concentration, indicating increased drought tolerance. All varieties showed the highest proline concentration at the highest PEG level. Yield and proline concentration were critical indicators for the selection of varieties for drought tolerance. It was found that PEG application significantly affected grain yield, and Anna and Thrace varieties standing out for their ability to maintain high yields under water stress conditions. Furthermore, spike length with awns, spike length, and plant height were significantly affected by increased PEG concentrations, while the varieties that maintained higher values in these traits seem to have better adaptability to drought. The study's conclusions emphasize the need for continuous improvement of varieties aimed at drought tolerance, especially in addressing climate change and reduced water availability. The study confirms the potential of using proline and PEG as tools to optimize the selection of drought-resistant genotypes. Further research on a broader scale is recommended to assess the stability of these findings across diverse climatic conditions.

Keywords: Durum wheat, drought resistance, polyethylene glycol (PEG)

1. Εισαγωγή

Το σιτάρι είναι ένα ετήσιο φυτό που αντιπροσωπεύει μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες στον κόσμο. Μεταξύ των δημητριακών έρχεται δεύτερο σε παγκόσμια κλίμακα, μετά τον αραβόσιτο και το ρύζι. Τα αρχαιολογικά αρχεία υποδεικνύουν ότι το σιτάρι πρωτοκαλλιεργήθηκε στις περιοχές της Εύφορης Ημισελήνου περίπου το 9600 π.Χ. Το μαλακό σιτάρι (*Triticumaestivum* L.), το περισσότερο καλλιεργούμενο από τα είδη σιταριού, είναι ευρέως διαδεδομένο και προσαρμοσμένο σε όλες σχεδόν τις εύκρατες ζώνες του κόσμου, σε αντίθεση με το σκληρό σιτάρι (*Triticumturgidum* L. ssp. *durum*), το δεύτερο καλλιεργούμενο είδος *Triticum*, που καλλιεργείται κυρίως κατά μήκος της λεκάνης της Μεσογείου. Το σιτάρι είναι ένα από τα πιο σημαντικά δημητριακά που τροφοδοτούν την ανθρωπότητα με τρόφιμα (Shewry, 2009). Ωστόσο, με τις τελευταίες εκτιμήσεις αυξάνονται οι ανησυχίες σχετικά με την πιθανότητα η παραγωγή τροφίμων να μην καλύψει τη ζήτηση στο εγγύς μέλλον. Δεδομένου ότι μέχρι το 2050 η ανθρωπότητα θα έχει φτάσει τα 9,1 δισεκατομμύρια, η παραγωγή τροφίμων πρέπει να αυξηθεί περίπου κατά 70% ή έως και 98% λαμβάνοντας υπόψη την υψηλότερη αναμενόμενη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη (Godfrayetal., 2010, Reynoldsetal., 2012, Keatingetal., 2014). Ο Borlaug (2002) υπολόγισε αύξηση της ζήτησης κατά 57% έως το έτος 2025 που για το σιτάρι σημαίνει ότι η παγκόσμια μέση απόδοση πρέπει να αυξάνεται με ρυθμό περίπου 70 kg/στρέμμα ετησίως. Ωστόσο, οι αυξήσεις στην παραγωγή τροφίμων και στο δυναμικό απόδοσης σιταριού μειώνονται (Alexandratos, 1999; Borlaug, 2002). Στον ολοένα αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό πρέπει να προστεθεί και η επερχόμενη κλιματική αλλαγή η οποία συντελεί στις μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Το σιτάρι αποτελεί μία από τις κύριες πηγές θερμίδων για τον άνθρωπο και τα ζώα και συνιστά την πιο διαδεδομένη καλλιέργεια παγκοσμίως, καθώς παρέχει περίπου το 20% των θερμίδων και πρωτεϊνών στην ανθρώπινη διατροφή. Αντίστοιχα, ο αραβόσιτος συνεισφέρει στο 5% των θερμίδων και το 4% των πρωτεϊνών, ενώ το ρύζι στο 19% των θερμίδων και το 13% των πρωτεϊνών (Shiferawetal., 2013).

Το σκληρό σιτάρι συνήθως καλλιεργείται σε συνθήκες βροχής στις ημίξηρες περιοχές του κόσμου (Arausetal., 2002). Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται σε όλες τις μεσογειακές χώρες, τις ΗΠΑ, τον Καναδά και στο Μεξικό, ενώ οι κυριότερες περιοχές παραγωγής είναι η Νότια Ευρώπη, η Βόρεια Αφρική και η Μέση Ανατολή, οι οποίες παράγουν το 60% του σκληρού σιταριού παγκοσμίως (Bouthouretal., 2015).

Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται σε περίπου 13,7 εκατομμύρια εκτάρια παγκοσμίως, παράγοντας 34,3 εκατομμύρια τόνους σιτηρών κατά μέσο όρο (2018-2022) (IGC, 2023). Η παραγωγή κυμαίνεται μεταξύ 30 και 39 εκατομμυρίων τόνων, γεγονός που οφείλεται κυρίως σε αβιοτικές (ξηρασία, υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες) και βιοτικές (μυκητιασικές και ιογενείς ασθένειες, ζιζάνια, έντομα) καταπονήσεις. Αν και η έκταση του σκληρού σίτου είναι σχετικά μικρή σε παγκόσμια βάση, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 6,2% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης σίτου και το 4,5% της συνολικής παραγωγής σιταριού, αποτελεί την κύρια καλλιέργεια και τη βασική τροφή για ορισμένες περιοχές της Μεσογείου. Επίσης, είναι η απαραίτητη πρώτη ύλη προϊόντων, όπως ζυμαρικά, κουσκούς, πλιγούρι, διάφορα είδη άρτου, που καταναλώνονται παγκοσμίως (Blanco, 2024).

Σε σύγκριση με τις άλλες δύο μεγάλες καλλιέργειες, το ρύζι και το καλαμπόκι, το σιτάρι καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη καλλιεργούμενη έκταση σε παγκόσμιο επίπεδο. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άμυλο και τη σύσταση των πρωτεϊνών του, έχει συχνά θεωρηθεί ως πηγή θερμίδων αντί για ιδανική πηγή πρωτεΐνης. Ωστόσο, το σιτάρι παρέχει την ίδια ποσότητα πρωτεΐνης για τον άνθρωπο και τα ζώα όση και η συνολική καλλιέργεια σόγιας, παρά τη σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα της πρωτεΐνης του σιταριού (Black και Bewley, 2000).

Το σιτάρι εκτός από τη συμβολή του στην επίλυση των προβλημάτων της ανθρώπινης πείνας και φτώχειας, έχει επίσης αποδειχθεί ότι αποτελεί μέσο υψηλής θρεπτικής αξίας για την ανθρώπινη διατροφή, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου το ψωμί, τα ζυμαρικά και άλλα προϊόντα σιταριού αποτελούν σημαντικό μέρος της διατροφής. Μετά από δεκαετίες έρευνας, το σιτάρι, ειδικότερα το ολικής αλέσεως, έχει αναγνωριστεί ως πηγή πολλαπλών θρεπτικών συστατικών, όπως μέταλλα, διαιτητικές ίνες και βιοδραστικές ενώσεις. Η κατανάλωση δημητριακών ολικής αλέσεως συνήθως συνδέεται συχνά με μειωμένα επίπεδα σημαντικών παραγόντων κινδύνου για καρδιομεταβολικές παθήσεις όπως η LDL-χοληστερόλη, τα τριγλυκερίδια, η γλυκόζη αίματος, η αρτηριακή πίεση και ο δείκτης μάζας σώματος (Kelly et al., 2007). Πρόσφατα, μια μετα-ανάλυση επιβεβαίωσε τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης σιταριού και του μειωμένου κινδύνου για ασθένειες και καρκίνο (Aune et al., 2016).

Ορισμένες από τις βασικές καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένου του σιταριού, απειλούνται από διάφορους δυσμενείς παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγικότητά τους (Pandey et al., 2014). Επιπλέον, αρκετές αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία και η υψηλή θερμοκρασία γίνονται όλο και πιο συχνές, ως αποτέλεσμα

της συνεχιζόμενης κλιματικής αλλαγής (Shankeretal.,2014).Η ξηρασία είναι γνωστή ως ένας σημαντικός περιβαλλοντικός περιορισμός που μειώνει την απόδοση των καλλιεργειών σε πολλές περιοχές παγκοσμίως(Matiuetal., 2017).

Η ξηρασία και η υψηλή θερμοκρασία λαμβάνουν χώρα συχνά ταυτόχρονα και είναι γνωστό ότι καταστέλλουν τη φωτοσύνθεση και την παραγωγικότητα του σιταριού μέσω διαφορετικών μηχανισμών. Το στρες λόγω ξηρασίας αναστέλλει άμεσα τη διαστολή των φύλλων και τη στοματική αγωγιμότητα και μπορεί τελικά να επηρεάσει έμμεσα τη φωτοσυνθετική διαδικασία (Seleimanetal., 2021).Η υψηλή θερμοκρασία είναι γνωστό ότι επηρεάζει άμεσα τη φωτοσύνθεση και τις σχετικές διεργασίες στο σιτάρι με διάφορους τρόπους (Poschetal.,2019).Με βάση τα πρόσφατα δεδομένα για την κλιματική αλλαγή που δημοσίευσε η IPCC, οι καλλιέργειες αναμένεται να υποστούν πιο σοβαρούς συνδυασμούς αβιοτικών καταπονήσεων στο μέλλον, λόγω της αναμενόμενης αύξησης των περιστατικών ξηρασίας σε συνδυασμό με κύματα καύσωνα (Mittler, 2006;Suzukietal.,2014).Ως εκ τούτου, οι μελέτες για την κατανόηση της επίδρασης τέτοιων συνδυασμών καταπόνησης θα βοηθήσουν στην αύξηση της παραγωγής σιταριού υπό δυσμενείς συνθήκες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η υδατική καταπόνηση των φυτών επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή και αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για την παραγωγή καλλιεργειών στο μέλλον. Η υποβάθμιση της ποσότητας και της ποιότητας των αγροτικών προϊόντων με σημαντικές οικονομικές και άλλες επιπτώσεις είναι μερικές από τις επιπτώσεις (Ingraoetal.,2023).

Η ξηρασία στη σημερινή εποχή, λόγω της κλιματικής αλλαγής, είναι ο σημαντικότερος παράγοντας καταπόνησης των φυτών, διότι έχει σημαντική επίδραση στη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του σπόρου που αποτελούν επιθυμητά χαρακτηριστικά του προϊόντος (Sehgaletal.,2018). Ως εκ τούτου αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η αυξανόμενη ζήτηση για ποιοτικά σιτηρά καθώς και η διασφάλιση ικανοποιητικού επιπέδου επισιτιστικής ασφάλειας.

Ο μόνος τρόπος που θα μπορούσε να συνδράμει καθοριστικά στην επίλυση του προβλήματος των αβιοτικών καταπονήσεων είναι η χρησιμοποίηση γενετικού υλικού με ανθεκτικότητα στους προαναφερθέντες παράγοντες καταπόνησης. Αυτό όμως προϋποθέτει αξιολόγηση του υπάρχοντος γενετικού υλικού, ως προς την ανθεκτικότητα στις καταπονήσεις, με σημαντικότερη την ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Ο φαινότυπος αποτελεί το βασικό κριτήριο για την επιλογή γενετικού υλικού ανθεκτικού στην ξηρασία, με βάση τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά παρουσία ξηρασίας,

συμπεριλαμβανομένης και της απόδοσης και της σύνθεσής του σπόρου (Monneveuxetal.,2012; Passioura, 2007).

Η καταπόνηση που προκαλείται από την ξηρασία επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των σποροφύτων. Συγκεκριμένα η βλάστηση των σπόρων είναι από τις πιο κρίσιμες φάσεις του κύκλου ζωής των φυτών και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ξηρασία και την αλατότητα (Llanesetal.,2015; Perea-Brenesetal.,2023).

Οι ρίζες εξάλλου ανιχνεύουν την έλλειψη νερού με τη σύνθεση αμψισικού οξέος(AbsciscicAcid–ABA), το οποίο ξεκινούν να συνθέτουν μία ώρα μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (Saradadevietal.,2017; Raietal., 2024). Τέλος, φυσιολογικοί και βιοχημικοί δείκτες που σχετίζονται με διάφορες παραμέτρους ειδικής αντοχής στις καταπονήσεις και περιλαμβάνουν μαννιτόλη, γλυκίνη, βεταΐνη, τρεαλόζη και προλίνη μπορούν να αναζητηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως κριτήριο επιλογής γενοτύπων ανθεκτικών στην ξηρασία (Mwadzingenietal.,2016,Kumaretal.,2023). Συγκεκριμένα, η προλίνη είναι ένα αμινοξύ, που εμπλέκεται σε μια ποικιλία ωσμοπροστατευτικών επιδράσεων, συμπεριλαμβανομένης της οσμωτικής προσαρμογής, (Zadehbagherietal., 2014,Spormannetal.,2023), της σταθεροποίησης της μεμβράνης (Hayatetal.,2012) και της σηματοδότησης για την ενεργοποίηση ενζύμων με αντιοξειδωτική δράση (Mohammadrezakhanietal.,2019; Naliwajski και Skłodowska, 2021).

Η πολυαιθυλενική γλυκόλη (PolyethyleneGlycol - PEG),μια χημική ουσία με μεγάλο μοριακό βάρος, χρησιμοποιείται συχνά ως εναλλακτική μέθοδος για την πρόκληση υδατικής καταπόνησης και επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία. Η πολυαιθυλενική γλυκόλη έχει χρησιμοποιηθεί δηλαδή για την προσομοίωση της καταπόνησης των φυτών στην έλλειψη νερού κατά τρόπο παρόμοιο με την ξηρασία στο έδαφος (Zhuetal.,1997). Η εφαρμογή πολυαιθυλενικής γλυκόλης ή μαννιτόλης ως οσμωτικών παραγόντων είναι μια αποτελεσματική και αρκετά απλή μέθοδος για την ταχεία αξιολόγηση μεγάλου αριθμού γενοτύπων όσον αφορά την ανεκτικότητα ή την ανθεκτικότητα στην ξηρασία (Hassanein, 2010; Lazaridouκαι Xynias, 2017).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση παλαιών και νέων ελληνικών ποικιλιών σκληρού σίτου όσον αφορά την ανθεκτικότητα τους στην ξηρασία σε ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκήπιο) με τη επίδραση διαφορετικών επιπέδων καταπόνησης, με τη χρήση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG 8000).

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

2.1 Παραγωγή σκληρού σιταριού, τάσεις και χρήσεις

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* spp. *durum* (Desf.)) που ονομάζεται επίσης «σιτάρι για ζυμαρικά», αποτελεί ένα από τα παλαιότερα καλλιεργούμενα δημητριακά στον κόσμο (Royo et al., 2009). Το σκληρό σιτάρι είναι μια σημαντική βασική καλλιέργεια στην Μεσόγειο (Ιταλία, Ισπανία, Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Τουρκία και Μέση Ανατολή) και την Αιθιοπία, και παράγεται σε μεγάλο βαθμό ως εμπορική καλλιέργεια στη Βόρεια και Νότια Αμερική και στην Ινδία.

Το σκληρό σιτάρι παρουσιάζει μοναδικές ιδιότητες, όπως σκληρότητα, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και αντοχή στην γλουτένη, οι οποίες παρέχουν υψηλής ποιότητας πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ζυμαρικών, πλιγουριού, κουσκούς, διάφορα κέικ και ψωμιά σε διάφορα μέρη του κόσμου (Habash et al., 2014; Laddomada et al., 2015). Αυτό έχει δημιουργήσει μια ζήτηση για σκληρό σιτάρι υψηλής ποιότητας παγκοσμίως. Ωστόσο, η παραγωγή σκληρού σίτου εξακολουθεί να αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις που σχετίζονται με περιβαλλοντικούς περιορισμούς, παράσιτα και ασθένειες.

2.2 Προκλήσεις στην παραγωγή σκληρού σιταριού

Η δραματική αύξηση της ζήτησης σκληρού σιταριού, σε συνδυασμό με τις αβέβαιες περιβαλλοντικές συνθήκες, τα παράσιτα και τις ασθένειες έχουν δημιουργήσει σημαντική πίεση στους παραγωγούς σκληρού σιταριού σε όλο τον κόσμο. Μία από τις σημαντικότερες απειλές για την παραγωγή σκληρού σιταριού είναι η ανεπαρκής διαθεσιμότητα νερού, η οποία συνεπάγεται μείωση της απόδοσης και της ποιότητας των κόκκων. Η ξηρασία γίνεται όλο και πιο συχνή ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου, η οποία προβλέπεται να είναι η περιοχή που θα πληγεί περισσότερο από την ξηρασία με 30% λιγότερες βροχοπτώσεις έως το 2099 (Christensen et al., 2007). Επιπλέον, το σκληρό σιτάρι είναι ευαίσθητο σε πολλές μυκητιασικές ασθένειες και ιδιαίτερα είναι πολύ ευαίσθητο στη σήψη της κόμης. Για την

αντιμετώπιση αυτών των συνεχώς αυξανόμενων προκλήσεων, απαιτούνται βελτιωμένες ποικιλίες με υψηλή απόδοση κάτω από ποικίλες βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις.

Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυτών και περιβάλλοντος, ιδιαίτερα της διαθεσιμότητας νερού, παρουσιάζει δυσκολίες (Budak et al., 2013). Όταν το φυτό βρίσκεται υπό υδατικό στρες γίνεται επιρρεπές σε διάφορες μυκητιακές ασθένειες (Smiley et al., 1996).

2.3 Επιπτώσεις της ξηρασίας στο σιτάρι

Η ξηρασία αποτελεί έναν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα της φυτικής παραγωγής στις περισσότερες αγροτικές περιοχές σε παγκόσμιο επίπεδο (Abedi και Pakniyat, 2010). Γενικά οι αβιοτικοί παράγοντες καταπόνησης επηρεάζουν την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των σιτηρών και προκαλούν φυσιολογικές, μορφολογικές, μοριακές και βιοχημικές αλλαγές στα φυτά με αποτέλεσμα τις μειωμένες αποδόσεις (Jeyasri et al., 2021).

Ειδικότερα, η έλλειψη νερού περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών, προκαλώντας διάφορες αλλαγές στη φυσιολογική, βιοχημική, μορφολογική και μοριακή συμπεριφορά των φυτών (Gregorova et al., 2015). Επηρεάζει επίσης τη βλάστηση των σπόρων που είναι από τις πιο κρίσιμες φάσεις του κύκλου ζωής των φυτών (Llanes et al., 2015; Perea-Brenes et al., 2023).

Επιπλέον, αναστέλλει τη φωτοσύνθεση των φυτών επιφέροντας αλλαγές στην περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, βλάβες στον φωτοσυνθετικό μηχανισμό και μειώσεις στις ενζυμικές δραστηριότητες του κύκλου Calvin (Monakhova και Chernyad'ev, 2002; Nayyar και Gupta, 2006). Η αναστολή της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας υπό το στρες λόγω ξηρασίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε οξειδωτικό στρες δημιουργώντας ενεργές μορφές οξυγόνου (Active Oxygen Species - AOS) στα φύλλα (Peltzer et al., 2002).

Ο συνδυασμός ξηρασίας με υψηλή θερμοκρασία έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την κυτταρική διαίρεση και περιορίζει τη συσσώρευση ξηρής ύλης και την ικανότητα αποθήκευσης του κόκκου (Nicolas et al., 1984).

2.3.1 Απόδοση σιτηρών

Η ανάπτυξη ποικιλιών καλλιεργειών με υψηλές και ικανοποιητικές δυνατότητες απόδοσης αποτελεί το κλειδί για την αύξηση της παραγωγικότητας σε ξηρές περιοχές, όπου η μείωση της απόδοσης λόγω της ξηρασίας αποτελεί μείζον πρόβλημα (Pixley et al.,

2023). Επιπλέον, η απόδοση σε κόκκους συνιστά ένα κρίσιμο αγρονομικό χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται ως κριτήριο για την αξιολόγηση της ανοχής του σιταριού στην ξηρασία. Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή ποικιλιών υψηλής απόδοσης περιλαμβάνουν τη μέση απόδοση, τη μέση παραγωγικότητα και τη σχετική απόδοση υπό συνθήκες ξηρασίας και ευνοϊκές συνθήκες (Elmi et al., 2011). Ωστόσο, είναι δύσκολο να σημειωθεί πρόοδος στην απόδοση των σιτηρών υπό συνθήκες ξηρασίας, καθώς πρόκειται για ένα σύνθετο χαρακτηριστικό που επηρεάζεται έντονα από τις αλληλεπιδράσεις γενοτύπου και περιβάλλοντος υπό συνθήκες ξηρασίας (Acuña και Wade, 2013; Blancon et al., 2024). Παρόλα αυτά, η προσπάθεια για την ανάπτυξη ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία με υψηλή απόδοση θα συνεχίζεται αδιάκοπα λόγω της σημασίας αυτού του χαρακτηριστικού. Ο δείκτης ευαισθησίας στην ξηρασία (Drought Susceptibility Index - DSI) που προκύπτει από τη διαφορά απόδοσης μεταξύ ξηρασίας και ευνοϊκών συνθηκών, εισήχθη για να αξιολογήσει τη σταθερότητα της απόδοσης των κόκκων για κάθε γενότυπο (Blum et al., 1989). Ο δείκτης αυτός έχει εφαρμοστεί ευρέως σε αρκετές μελέτες για την απόδοση υπό συνθήκες έλλειψης νερού (Ehdai et al., 1988; Bansal και Sinha, 1991; Li et al., 2023). Επιπλέον, άλλα χαρακτηριστικά, όπως οι υδατοδιαλυτοί υδατάνθρακες, έχουν προταθεί ως βασικά χαρακτηριστικά που αντικατοπτρίζουν την απόδοση των σπόρων σε συνθήκες ξηρασίας (Richard et al., 1986; Rebetzke et al., 2008; Gaure et al., 2022). Έχουν διαπιστωθεί σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά την απόδοση των σιτηρών υπό συνθήκες ξηρασίας (Fischer και Maurer, 1978). Πιο συγκεκριμένα, οι σύγχρονες, υψηλής απόδοσης ποικιλίες σίτου είναι περισσότερο προσαρμοσμένες σε βέλτιστα περιβάλλοντα, ενώ οι παλιές και οι εγχώριες ποικιλίες παρουσιάζουν πιο αξιόπιστη απόδοση σε δυσμενείς συνθήκες, όπως η ξηρασία (Ficiciyan et al., 2018; Broccanello et al., 2023). Αυτή η άποψη επιβεβαιώνεται από μια άλλη έρευνα, στην οποία εξετάστηκαν 30 ελίτ ποικιλίες σιταριού και 21 εγχώριες ποικιλίες. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η απόδοση σε κόκκο ήταν πιο ευαίσθητη στην ξηρασία σε σχέση με το ύψος του φυτού και τον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ στις ελίτ ποικιλίες, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική ποικιλομορφία μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών στις εγχώριες ποικιλίες. Αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι οι εγχώριες ποικιλίες προσαρμόζονται καλύτερα στις συνθήκες ξηρασίας (Dencic et al., 2000).

Ένα διετές πείραμα αγρού σε στέγαστρο στο σιτάρι απέδειξε ότι η απόδοση των σιτηρών υπό συνθήκες ξηρασίας συσχετίστηκε με τις θερμοκρασίες της φυτοκόμης (Blum et al., 1989). Περαιτέρω προσπάθειες καταβλήθηκαν για τη δημιουργία ενός χάρτη δεικτών SSR/EST-STS για το σιτάρι, και αναγνωρίστηκε ένας γονιδιακός τόπος ποσοτικών

ιδιοτήτων (quantitative traits locus - QTL) στο χρωμόσωμα 4AL που έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση των κόκκων του σιταριού υπό ξηρασία (Kirigwietal., 2007).

2.3.2 Ποιότητα κόκκων

Σύμφωνα με τους Cornell και Hovelings (1998), η ποιότητα των κόκκων σιταριού μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρεις ομάδες:

- (i) βοτανικά χαρακτηριστικά (είδη και ποικιλίες),
- (ii) φυσικά χαρακτηριστικά
- (iii) χημικά χαρακτηριστικά.

Ωστόσο, η επιστημονική έρευνα έχει επικεντρωθεί κυρίως στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Τα φυσικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του κόκκου σιταριού περιλαμβάνουν το βάρος των κόκκων, τη σκληρότητα, το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων, το υαλώδες σχήμα και το χρώμα (Rametal., 2002; Saldivar και Othón, 2012). Τα χημικά χαρακτηριστικά του κόκκου σιταριού περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα σε υγρασία, την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (γλουτένη), αμυλάση και φυτικές ίνες (Kulr, 2000). Στην πραγματικότητα, η ποιότητα του κόκκου συνδέεται και με την απόδοσή του. Για παράδειγμα, οι απώλειες απόδοσης οφείλονται συχνά στη μείωση της περιεκτικότητας σε άμυλο, καθώς πάνω από το 65% των κόκκων δημητριακών αποτελούνται από άμυλο (Barnabásetal., 2007).

Η συσσώρευση αμύλου και η κυτταρική διαίρεση επηρεάζονται επίσης από την ξηρασία μετά την ανθοφορία (Nicolasetal., 1985; Zhaoetal., 2008). Η ποιότητα των κόκκων ποικίλλει ανάλογα από τον γενότυπο, το έδαφος, τα αποθέματα θρεπτικών ουσιών, τις καιρικές συνθήκες και τις αλληλεπιδράσεις τους. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι αντίξοες καιρικές συνθήκες, όπως η ανεπαρκής βροχόπτωση και οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα μεταβολικά συστήματα των φυτών, και κατά συνέπεια, στην ποιότητα των κόκκων του σιταριού (Jiangetal., 2009).

Η ποιότητα παρασκευής ψωμιού από σπόρο σιταριού καθορίζεται από τη συγκέντρωση και τη σύσταση της πρωτεΐνης των κόκκων, η οποία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ξηρασία και το θερμικό στρες (Schofield, 1994). Μια έρευνα για το χειμερινό σιτάρι κατέδειξε ότι η έλλειψη νερού κατά την περίοδο γαμίσματος των κόκκων είχε σημαντική επίδραση στα πρωτεϊνικά συστατικά (Zhaoetal., 2009). Μια άλλη μελέτη σε πέντε ποικιλίες χειμερινού σιταριού κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το στρες λόγω ξηρασίας μπορεί να

επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα των κόκκων σε άμυλο και πρωτεΐνη(Ballaetal., 2018).

Οι Goodingetal., (2003) διαπίστωσαν ότι η διακύμανση της ποιότητας των κόκκων στις ποικιλίες χειμερινού σιταριού σχετίζεται με αλλαγές στη σύνθεση της πρωτεΐνης υπό συνθήκες ξηρασίας κατά την περίοδο γεμίσματος των κόκκων. Αναφέρθηκε ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σιταριού μπορεί να αυξηθεί σημαντικά λόγω της ξηρασίας κατά τη διάρκεια γεμίσματος των κόκκων(Guttierietal., 2000).Το συμπέρασμα αυτό έχει επιβεβαιωθεί και από άλλες μελέτες(Öztürk και Aydin,2004; Pierreetal., 2008).Η αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μπορεί να αποδοθεί σε υψηλότερους ρυθμούς συσσώρευσης αζώτου στους κόκκους ή/και σε χαμηλότερους ρυθμούς συσσώρευσης υδατανθράκων υπό συνθήκες στρες(Panozzo και Eagles, 1999).

2.4 Φυσιολογική απόκριση του σιταριού στην ξηρασία

Μετά από χιλιάδες χρόνια εξέλιξης, τα φυτά έχουν αναπτύξει ποικίλες στρατηγικές για να επιβιώνουν σε συνθήκες έλλειψης νερού. Σε σύγκριση με τα καλά ποτισμένα φυτά, εκείνα που βρίσκονται υπό συνθήκες ξηρασίας παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε φυσιολογικές λειτουργίες όπως η διαπνοή, η φωτοσύνθεση, η ανάπτυξη βλαστών και ριζών και η αναπαραγωγική ανάπτυξη (Chavesetal., 2003).Στο σιτάρι, πολλοί μεταγραφικοί παράγοντες, όπως οι bHLH, bZIP, ERF, HD-ZIP, NAC και WRKY διαπιστώθηκε ότι εκφράζονται διαφορετικά σε έναν ανθεκτικό στην ξηρασία γενότυπο σιταριού(Ergenetal.,2009).Επιπλέον, μια πρωτοομική μελέτη σε σκληρό σιτάρι αποκάλυψε ότι το επίπεδο δραστηριότητας των ενζύμων που αντιπροσωπεύουν τον κύκλο του τρικαρβοξυλικού οξέος θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί ως σημαντική απόκριση στην ξηρασία (Peremartietal., 2014).

2.4.1 Ριζικό σύστημα

Σε αντίθεση με το σύστημα βλαστών, οι ρίζες είναι το μέρος ενός φυτού κάτω από το έδαφος, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη και την παροχή νερού και θρεπτικών στοιχείων στο υπέργειο τμήμα (Atkinsonetal., 2019).Καθώς το ριζικό σύστημα είναι το σημείο όπου το φυτό έχει άμεση επαφή με το έδαφος, η μελέτη του ριζικού συστήματος σε έδαφος περιορισμένου νερού μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της ανταπόκρισης του φυτού στην ξηρασία. Με βάση την υγρασία του εδάφους, τα

χαρακτηριστικά της ρίζας ποικίλλουν από είδος σε είδος (Corre-Hellouetal., 2007). Στο σιτάρι, η γενοτυπική διακύμανση έχει αποδειχθεί σε πολλά χαρακτηριστικά της ρίζας, τα οποία περιλαμβάνουν το βάθος ριζοβολίας (depthrooting), τον ρυθμό επιμήκυνσης της ρίζας, την κατανομή της ρίζας στο βάθος, τη διάμετρο των αγγείων ξυλώματος (xylemvesseldiameter) και την αναλογία ξηρής ουσίας ρίζας προς βλαστό (Manskeetal., 2002; Manschadietal., 2006). Διαπιστώθηκε ότι το σοβαρό έλλειμμα νερού προκαλεί οξειδωτικό στρες στους ιστούς των ριζών των φυτών. Συνεπώς, ο περιορισμός των ενεργών μορφών οξυγόνου (ReactiveOxygenSpecies–ROS) και η καλά συντονισμένη επαγωγή της αντιοξειδωτικής άμυνας στις ρίζες αναφέρθηκαν ως το κλειδί για την ενισχυμένη ανοχή στην ξηρασία στο σιτάρι (Selote και Khanna-Chopra, 2010). Παρόλο που οι επιστήμονες έχουν από καιρό ανακαλύψει ότι το ριζικό σύστημα συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την ανοχή στην ξηρασία στο σιτάρι (Hurd, 1974), οι γνώσεις μας σχετικά με την αλληλεπίδραση των ριζών με το περιβάλλον του εδάφους είναι ακόμα περιορισμένες. Ευτυχώς, οι εξελίξεις στις τεχνολογίες απεικόνισης και αισθητήρων τις τελευταίες δεκαετίες καθιστούν τη ενδεδειγμένη έρευνα των ριζών πιο δυνατή και αποτελεσματική (Luetal., 2019).

Σε σύγκριση με τις τυπικές ποικιλίες σίτου, το ανθεκτικό στην ξηρασία σιτάρι εμφάνισε πιο ομοιόμορφο σχέδιο (μοτίβο) ριζοβολίας και μεγαλύτερο μήκος ρίζας σε βάθος (Manschadi, etal., 2006). Αυτό υποστηρίζεται από το αποτέλεσμα μιας άλλης μελέτης, η οποία πρότεινε ότι η βαθιά ριζοβολία συνιστά μία από τις εναλλακτικές στρατηγικές αντιμετώπισης της καταπόνησης από ξηρασία στο σιτάρι (Lopes και Reynolds, 2010). Επίσης, μελέτες για το χειμερινό σιτάρι έδειξαν ότι οι ρίζες των φυτών που υποβλήθηκαν σε ξηρασία έφτασαν 20 cm βαθύτερα στο υπέδαφος σε σύγκριση με τα καλά ποτισμένα φυτά (Barracloughetal., 1989). Η μεγαλύτερη απόδοση σιταριού με βαθύτερο ριζικό σύστημα αξιολογήθηκε με τη χρήση ενός επικυρωμένου μοντέλου προσομοίωσης καλλιέργειας (Lilley και Kirkegaard, 2011). Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των μόνιμων ριζών του σιταριού μειώθηκε σημαντικά υπό ξηρασία, ενώ οι εμβρυακές ρίζες επηρεάστηκαν λιγότερο (Acuna και Wade, 2005). Μια πρόσφατη μελέτη με έξι εμπορικές και αναπαραγωγικές μορφές ανοιξιάτικου σίτου έδειξε ότι οι ανθεκτικοί στην ξηρασία γενότυποι εμφάνισαν χαμηλότερη αναλογία βλαστού προς ρίζα. Επιπλέον, στους ανεκτικούς γενότυπους διαπιστώθηκε αυξημένη απόδοση σε ξηρή ουσία, μήκος και διάμετρο των βλαστογενών μόνιμων και πλάγιων ριζών (Grzesiaketal., 2019).

2.4.2 Σύστημα βλαστού

Οι βλαστοί των φυτών αποτελούνται από στελέχη και φύλλα, με πλευρικούς οφθαλμούς και ανθοφόρους οφθαλμούς που βλαστάνουν στα στελέχη (Esau, 1953). Είναι ευρέως γνωστό ότι οι υδατοδιαλυτοί υδατάνθρακες (Water Soluble Carbohydrates - WSCs) μπορούν να συσσωρευτούν στο στέλεχος και το περίβλημα των φύλλων των δημητριακών (Schnyder, 1993; Wardlaw και Willenbrink, 1994). Υπάρχουν πολλά συστατικά των WSCs, ενώ η φρουκτάνη είναι η κύρια μορφή που συσσωρεύεται στα στελέχη του σίτου στο τελευταίο στάδιο της φάσης συσσώρευσης και αυτά τα συστατικά μπορούν να αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 40% του συνολικού ξηρού βάρους του στελέχους (Ruuska et al., 2006). Αποδείχθηκε ότι οι WSCs κινούνται από το στέλεχος προς τον κόκκο κατά τη διάρκεια της μεταγενέστερης φάσης πλήρωσης των κόκκων (Willenbrink et al., 1998). Επιπλέον, μια μελέτη για το σιτάρι αποκάλυψε ότι τα αποθέματα υδατανθράκων στα στελέχη θα μπορούσαν να μεταφερθούν σε μεγάλο βαθμό στους σπόρους υπό συνθήκες ξηρασίας, 50-80% περισσότερο από την ποσότητα που μετακινείται σε καλά ποτισμένες ομάδες (Yang et al., 2001). Οι WSC του στελέχους στο σιτάρι αναφέρθηκε ότι συμβάλλουν δυνητικά σε περισσότερο από το 50% της συνολικής απόδοσης των σιτηρών υπό συνθήκες ξηρασίας (Aggarwal και Sinha, 1984).

Η στοματική αγωγιμότητα είναι ένα άλλο σημαντικό φυσιολογικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την ξηρασία. Στο σιτάρι, η στοματική αγωγιμότητα βρέθηκε να συσχετίζεται με τις θερμοκρασίες της φυτοκόμης (canopy) σε μια ποικιλία κλιματικών συνθηκών (Lue et al., 1998). Μια αξιοσημείωτη μείωση της στοματικής αγωγιμότητας παρατηρήθηκε στο σιτάρι όταν εκτέθηκε σε συνθήκες έλλειψης νερού (Siddique et al., 1999). Συγκρίνοντας διαφορετικές ποικιλίες σιταριού υπό συνθήκες ξηρασίας, παρατηρήθηκε χαμηλότερη στοματική αγωγιμότητα και ρυθμός διαπνοής σε ποικιλίες ανθεκτικές στην ξηρασία τόσο στο βλαστικό όσο και στο αναπαραγωγικό στάδιο (Praba et al., 2009). Η στοματική αγωγιμότητα αναφέρθηκε ότι προκαλείται από το αμψισικό οξύ (Abscisic Acid - ABA) ως απόκριση του σίτου σε συνθήκες ξηρασίας (Quarrie και Jones, 1977). Επιπλέον, το κλείσιμο των στομάτων ρυθμίζεται επίσης από το ABA στο σιτάρι υπό συνθήκες ξηρασίας (Krugman et al., 2010).

Μια μελέτη με έξι ανοιξιάτικες ποικιλίες σκληρού σίτου πρότεινε ότι η αναστολή της φωτοσύνθεσης μπορεί να αποδοθεί στη μείωση της στοματικής αγωγιμότητας που προκαλείται από την ξηρασία (Hafid et al., 1998). Αυτό το αποτέλεσμα υποστηρίζεται από

μια άλλη μελέτη που επιβεβαίωσε ότι ο περιορισμός της φωτοσύνθεσης στο σιτάρι με έλλειψη νερού προκαλείται κυρίως από το κλείσιμο των στοματίων (Cornic, 2000). Αυτές οι πρώιμες μελέτες πρότειναν ότι το κλείσιμο των στοματίων ενεργοποιήθηκε για να μειώσει την απώλεια νερού υπό ξηρασία, αλλά θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε μείωση της ανταλλαγής αερίων και στη συνέχεια να αναστείλει τη φωτοσύνθεση. Ωστόσο, μια μεταγενέστερη μελέτη για το σκληρό σιτάρι το αμφισβήτησε και επεσήμανε λάθη στην πρώιμη έρευνα. Μετρώντας την εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στα φύλλα σιταριού σε συνθήκες ξηρασίας, βρήκαν παρόμοιο επίπεδο CO₂ με φυτά που καλλιεργήθηκαν σε καλά ποτισμένες συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι η μειωμένη στοματική αγωγιμότητα δεν ήταν η κύρια αιτία για την αναστολή της φωτοσύνθεσης των φύλλων υπό ξηρασία (Bogaleetal., 2011).

2.4.3 Ανθικά όργανα

Στο σιτάρι, η ανάπτυξη των ανθών μπορεί να επηρεαστεί σοβαρά από την ξηρασία κατά τη διάρκεια της μείωσης των μητρικών κυττάρων της γύρης. Παρατηρήθηκε ότι τα μητρικά κύτταρα των μικροσπορίων ολοκλήρωσαν τη μείωση, αλλά η περαιτέρω ανάπτυξη των μικροσπορίων σταμάτησε σε συνθήκες ξηρασίας. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να οφείλεται στην μετατόπιση (dislocation) των μικροσπορίων από την κανονική τους θέση στο σιτάρι σε συνθήκες έλλειψης νερού (Sainietal., 1984). Η ανάπτυξη των κόκκων ξεκινά με τη γονιμοποίηση του ωαρίου και των πολικών πυρήνων. Το γονιμοποιημένο ωάριο και οι πολικοί πυρήνες σχηματίζουν το ζυγώτη και το τριπλοειδές ενδοσπέρμιο αντίστοιχα (Farooqetal., 2014). Η πλήρωση κόκκων μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα βιοσύνθεσης και συσσώρευσης αμύλου στο σιτάρι. Η πλήρωση των κόκκων καθορίζεται έντονα από την τρέχουσα φωτοσύνθεση και τα αποθέματα αφομοιωμένων ουσιών στους φυτικούς ιστούς (Schnyder, 1993; Farooqetal., 2011). Σε συνθήκες ξηρασίας, ο ρυθμός πλήρωσης κόκκων μειώνεται λόγω της μειωμένης φωτοσύνθεσης και της επιταχυνόμενης γήρανσης των φύλλων (Madanietal., 2010). Ο δραματικά επηρεασμένος αριθμός κόκκων ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τη μείωση των αποδόσεων σιταριού υπό ξηρασία (Dolferusetal., 2011). Επιπλέον, η μειωμένη γονιμοποίηση του ωαρίου είναι η κύρια αιτία της μείωσης του αριθμού των κόκκων (Jietal., 2010).

Όταν διαφορετικοί γενότυποι χειμερινού σιταριού υποβλήθηκαν σε στρες ξηρασίας, η γονιμότητα τους παρεμποδίστηκε σημαντικά (Jägeretal., 2008). Το αποτέλεσμα μιας

πρόσφατης μελέτης έδειξε ότι η πήξη των σπόρων του σιταριού θα μπορούσε να μειωθεί έως και κατά 51% όταν αυτό εκτεθεί σε βραχυπρόθεσμο στρες ξηρασίας στο στάδιο της μείωσης. Παράλληλα 60ανταποκρινόμενες στην ξηρασία πρωτεϊνικές κηλίδες εντοπίστηκαν μέσω ανάλυσης πρωτεϊνών (Fotonatetal., 2016). Επιπλέον, τόσο το αρσενικό όσο και το θηλυκό αναπαραγωγικό τμήμα είναι υπεύθυνα για τη μείωση της πήξης των σπόρων στο σιτάρι όταν υποβάλλεται σε στρες ξηρασίας κατά τη διάρκεια της μείωσης, αλλά το αρσενικό αναπαραγωγικό μέρος συμβάλλει περισσότερο στη μείωση της απόδοσης (Onyemaobietal.,2017). Αναλύοντας τις πιθανές σχέσεις μεταξύ της γονιμότητας της γύρης και της ανοχής στην ξηρασία κάτω από διαφορετικά επίπεδα στρες στο στάδιο των νεαρών μικροσπορίων, ο αριθμός των κόκκων στο σιτάρι εμφάνισε μια πιο έντονη μείωση κάτω από πιο σοβαρό έλλειμμα νερού (Dongetal.,2017).

Σε μια άλλη μελέτη προτείνεται ότι η μείωση του δυνητικού αριθμού κόκκων στο σιτάρι υπό συνθήκες έλλειψης νερού μπορεί να οφείλεται στην πρόωρη αποβολή των ανθέων (Dolferusetal.,2013). Αρκετά διαφορετικώς εκφρασμένα γονίδια ανιχνεύθηκαν στο σιτάρι τόσο κατά τη διάρκεια των πρώιμων αναπαραγωγικών περιόδων όσο και για την περίοδο ανθοφορίας μέσω μιας μεταγραφικής ανάλυσης (Maetal.,2017). Παρατηρήθηκε αύξηση του ABA στις ωοθήκες και τους ανθήρες υπό συνθήκες ξηρασίας (Westgateetal.,1996). Η προκαλούμενη από την ξηρασία συσσώρευση ABA στον στάχυ, αποδείχθηκε επίσης ότι σχετίζεται με την απώλεια της αρσενικής γονιμότητας στο σιτάρι (Saini και Aspinall, 1982). Μια έρευνα σε πέντε ποικιλίες σιταριού έδειξε ότι ο αριθμός των στείρων ανθέων ανά ανθοκεφαλή μπορεί να αυξηθεί στο σιτάρι με έλλειψη νερού (Kimurtoetal.,2004).

2.5 Ανοχή στην ξηρασία

Η ανοχή στην ξηρασία ορίζεται ως η ικανότητα ενός φυτού να επιβιώνει, να αναπτύσσεται και να αναπαράγεται με περιορισμένη παροχή νερού ή υπό περιοδικές συνθήκες έλλειψης νερού (Fleuryetal.,2010). Για τα φυτά, η ανοχή στην ξηρασία είναι ένα περίπλοκο χαρακτηριστικό που μπορεί να επηρεαστεί από πολλαπλά χαρακτηριστικά (Ingram και Bartels, 1996). Για τα καλλιεργούμενα φυτά, δεδομένης της κοινής χρήσης τους, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ικανότητα παραγωγής υπό συνθήκες ξηρασίας. Καθώς η ανοχή στην ξηρασία είναι ένα ποσοτικό χαρακτηριστικό, με πολύπλοκο φαινότυπο και γενετικό έλεγχο (Maazouetal.,2016), η ανάλυση των

χαρακτηριστικών ενός τέτοιου γνωρίσματος από πολλαπλές πτυχές αποτελεί θεωρητική προϋπόθεση για την ανάπτυξη ανεκτικών γενοτύπων μέσω της συμβατικής αναπαραγωγής.

2.5.1 Μηχανισμοί ανοχής στην ξηρασία στο σιτάρι

Όσον αφορά τον μηχανισμό, οι επιστήμονες συνήθως εξετάζουν την ανοχή στην ξηρασία από δύο πτυχές, την αποφυγή ξηρασίας και την ανοχή στην αφυδάτωση (Kramer και Boyer, 1995). Η αποφυγή της ξηρασίας αντανακλάται κυρίως στις αλλαγές στο βάθος ανάπτυξης της ρίζας, στη λογική χρήση του διαθέσιμου νερού και στις αλλαγές στον τρόπο ζωής του φυτού για τη χρήση των βροχοπτώσεων. Επιπλέον, η πρόωμη ωριμότητα, το μικρό μέγεθος του φυτού και η μειωμένη επιφάνεια φύλλων αναφέρθηκε ότι συνδέονται με την ανοχή στην ξηρασία (Rizzaetal.,2004). Η ανοχή στην ξηρασία αντανακλάται στην ικανότητα των φυτών να αντέχουν τη μερική αφυδάτωση και να αναπτύσσονται ξανά όταν επαναποτίζονται (Salekdehetal., 2002). Ορισμένες συμβατές διαλυμένες ουσίες, όπως το K⁺, η γλυκινοβεταΐνη, η προλίνη και η γλυκόζη, ταυτοποιήθηκαν ότι συμβάλλουν ενεργά στην οσμωτική προσαρμογή του σιταριού υπό συνθήκες ξηρασίας (Nioetal.,2011). Μια μελέτη με τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες σίτου αποκάλυψε ότι το επίπεδο των ανόργανων διαλυμένων ουσιών μειώθηκε ενώ το επίπεδο των οργανικών διαλυμένων ουσιών αυξήθηκε υπό συνθήκες ξηρασίας (Loutfyetal.,2011).

Επιπλέον, αυξημένα επίπεδα NO (νιτρικό οξείδιο) βρέθηκαν σε ανθεκτικές στην ξηρασία ποικιλίες σίτου και μπορεί να σχετίζονται με την αναστολή της ανάπτυξης των ριζών που προκαλείται από την ξηρασία (Tarietal.,2010). Το σαλικυλικό οξύ (SA) αναγνωρίστηκε ως ένα άλλο μόριο σηματοδότησης για την ενίσχυση της ανοχής στην ξηρασία μέσω της αυξημένης συσσώρευσης διαλυμένων ουσιών (Loutfyetal.,2011). Η αύξηση της πρωτεΐνης της κυστεΐνης, που λειτουργεί με τον περιορισμό της απώλειας πρωτεΐνης στην αφυδάτωση, ανιχνεύθηκε σε φύλλα μιας ποικιλίας σιταριού ανθεκτικής στην ξηρασία (Simova-Stoilovaet.al.,2010). Τα αποτελέσματα μιας άλλης μελέτης επιβεβαίωσαν τον κρίσιμο ρόλο μιας πρωτεΐνης πρωτεΐνης της κυστεΐνης από την υπερέκφρασή της στο *Arabidopsis* (Zangetal.,2010).

Για την καλύτερη κατανόηση του μηχανισμού ανοχής στην ξηρασία στο σιτάρι, πρέπει να αναλυθεί ο μηχανισμός της βλάβης που προκαλείται στα φυτά από την ξηρασία. Στο εσωτερικό των φυτών σιταριού, το στρες ξηρασίας μπορεί να οδηγήσει σε δημιουργία

ενεργών μορφών οξυγόνου (ReactiveOxygenSpecies - ROS) στους χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια, η οποία στη συνέχεια προκαλεί περαιτέρω οξειδωτική βλάβη στα κύτταρα (Budaket al.,2013).Ως εκ τούτου, η ενισχυμένη ανοχή στην ξηρασία μπορεί να αποδοθεί εν μέρει σε μια ενισχυμένη ανοχή στο οξειδωτικό στρες στα σπορόφυτα σιταριού λόγω τόσο του περιορισμού των ενεργών μορφών οξυγόνου(ROS) όσο και της καλά συντονισμένης ενεργοποίησης της αντιοξειδωτικής άμυνας (Selote και Khanna-Chopra, 2010).Επιπλέον, μια διαφορετική μελέτη με δύο ανθεκτικούς στην ξηρασία και δύο ευαίσθητους στην ξηρασία γενοτύπους σίτου πρότεινε επίσης ότι η ανοχή στην ξηρασία στο σιτάρι μπορεί να προσδιοριστεί από τον αριθμό των αντιοξειδωτικών ενζύμων (Wenget al.,2015).

Η δραστηριότητα ορισμένων αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η αναγωγάση της γλουταθειόνης (GR) και η υπεροξειδάση του ασκορβικού οξέος (AscP) στα φύλλα των ποικιλιών σιταριού παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκε την 3η και την 5η ημέρα της ξηρασίας (Nikolaeva et. al.,2010).Επιπλέον, τα εγκλιματισμένα φυτά σιταριού εμφάνισαν χαμηλότερες συσσωρεύσεις ριζών υπεροξειδίου και λιγότερες βλάβες στη μεμβράνη στα φύλλα και τις ρίζες από ό,τι τα μη εγκλιματισμένα φυτά όταν υποβλήθηκαν σε έντονο στρες ξηρασίας (Selote et. al.,2004).Επιπλέον, αναφέρθηκε ότι το ABA συσχετίζεται με έναν πιο αποτελεσματικό μηχανισμό απορρόφησης των ενεργών μορφών οξυγόνου υπό ξηρασία σε μια ανθεκτική στην ξηρασία ποικιλία σιταριού. Η δραστηριότητα ενός αντιοξειδωτικού ενζύμου, της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SuperoxideDismutase - SOD), παρατηρήθηκε ότι ενισχύεται σημαντικά από το ενδογενές ABA που προκαλείται από την ξηρασία στο σιτάρι. Εν τω μεταξύ, η μείωση της δραστηριότητας παρατηρήθηκε και στο εκ νέου πότισμα του σιταριού (Bano et al.,2018).

2.5.2 Γονίδια ανοχής στην ξηρασία στο σιτάρι

Όπως προαναφέρθηκε, η ανοχή στην ξηρασία είναι ένα σύνθετο χαρακτηριστικό που ρυθμίζεται από πολλαπλά γονίδια (Maazou et al.,2016). Μετά από προσπάθειες δεκαετιών, εντοπίστηκαν αρκετά γονίδια που σχετίζονται με την ξηρασία στο σιτάρι. Μία από τις καλά χαρακτηρισμένες ομάδες γονιδίων που σχετίζονται με την ξηρασία είναι τα γονίδια Lea, τα οποία κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες LateEmbryogenesisAbundant (LEA).Οι πρωτεΐνες LEA έχουν ταξινομηθεί σε έξι ομάδες ανάλογα με τις ομοιότητες αλληλουχίας τους (Dure et al.,1989).Το γονίδιο HVA1 του κριθαριού που ανταποκρίνεται στο ABA ρυθμίζει τη σύνθεση ενός είδους πρωτεΐνης που ανήκει στην ομάδα 3 LEA. Μετά την

εισαγωγή του HVA1 στο ανοιξιάτικο σιτάρι, οι επιστήμονες παρατήρησαν υψηλότερες τιμές απόδοσης χρήσης νερού σε δύο ομόζυγες και μία ετερόζυγη διαγονιδιακή σειρά που εκφράζει το γονίδιο HVA1 (Sivamani et al., 2000).

Στα σπορόφυτα σιταριού, υψηλότερα επίπεδα πρωτεϊνών LEA της ομάδας 3 προκλήθηκαν στον ιστό του βλαστού και του δακτυλίου μετά την αφυδάτωση στο 90% (Ried και Walker-Simmons, 1993). Επιπλέον, χρησιμοποιώντας γενετική τροποποίηση με τη μεσολάβηση *Agrobacterium*, οι επιστήμονες εισήγαγαν το γονίδιο LEA του σίτου, TaLEA3, στο *Leymus chinensis*. Οι διαγονιδιακές σειρές εμφάνισαν αυξημένη σχετική περιεκτικότητα σε νερό, δυναμικό νερού στα φύλλα και σχετικό μέσο ρυθμό ανάπτυξης σε σύγκριση με τις μη διαγονιδιακές σειρές (Wang et al., 2009). Σε μια μελέτη με τρεις ποικιλίες χειμερινού σιταριού, η έκφραση TaLEA2 και TaLEA3 προκλήθηκε σε φυτά που υποφέρουν από ξηρασία. Επιπλέον, η καθυστερημένη έκφραση των TaLEA2 και TaLEA3 παρατηρήθηκε στη λιγότερο ανθεκτική στην ξηρασία ποικιλία (Vaseva et al., 2010).

Ορισμένοι μεταγραφικοί παράγοντες (Transcription Factors - TF) εντοπίστηκαν ότι εμπλέκονται στην ανοχή στην ξηρασία στα φυτά (Yamaguchi-Shinozaki και Shinozaki, 2006). Αυτοί οι TF που δεσμεύονται στο στοιχείο που ανταποκρίνεται στην αφυδάτωση (DRE) ονομάστηκαν πρωτεΐνες που συνδέονται με DRE (DREB) (Liu et al., 1998). Σε μια μελέτη με άγριο σιτάρι (*Triticum turgidum* spp. *dicoccoides*), το γονίδιο για μια πρωτεΐνη emmer DREB, TdicDRF1, ρυθμίστηκε ειδικά προς τα πάνω στις ανεκτικές στην ξηρασία σειρές σίτου σε συνθήκες ξηρασίας (Lucas et al., 2011).

Μια άλλη μεγάλη οικογένεια TFs είναι η οικογένεια NAM/ATAF/CUC (NAC), η οποία περιγράφηκε για πρώτη φορά σύμφωνα με τα ονόματα τριών γονιδίων, δηλαδή NAM (χωρίς κορυφαίο μερίστωμα), ATAF (παράγοντας ενεργοποίησης μεταγραφής *Arabidopsis*), CUC (κοτυληδόνα σε σχήμα κυπέλλου) (Souer et al., 1996; Aida et al., 1997). Σε μια μελέτη, οι επιστήμονες εισήγαγαν το γονίδιο ρυζιού NAC1 (SNAC1) σε μια ελίτ κινεζική ποικιλία σιταριού. Μια σημαντικά ενισχυμένη ανοχή στην ξηρασία παρατηρήθηκε σε διαγονιδιακά φυτά που εκφράζουν το SNAC1 (Saad et al., 2013). Η υπερέκφραση του TaNAC1 στις ρίζες του σίτου αποδείχθηκε ότι είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση για την ενίσχυση της ανοχής στην ξηρασία λόγω της αυξημένης βιομάζας και του μήκους της ρίζας (Chen et al., 2017). Επιπλέον, όταν το γονίδιο NAC του σίτου, TaNAC2a, ενσωματώθηκε στον καπνό, οι επιστήμονες βρήκαν μεγαλύτερο νωπό βάρος και ξηρό βάρος σε διαγονιδιακά φυτά καπνού που υπερέκφραζαν το TaNAC2a από τα μη διαγονιδιακά φυτά υπό συνθήκες ξηρασίας (Tanget al., 2012). Τα

αποτελέσματα μιας διαφορετικής μελέτης πρότειναν ότι η έκφραση του TaNAC8 στο σιτάρι μπορεί να ρυθμιστεί σημαντικά προς τα πάνω από το στρες ξηρασίας που προσομοιώνεται με μεταχείριση με πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) (Xiaetal.,2010).Επιπλέον, η ισχυρή έκφραση ενός άλλου γονιδίου NAC, του TaNAC69-1, ανιχνεύθηκε σε μια ποικιλία σκληρού σίτου με ποσοτική PCR αντίστροφης μεταγραφής υπό συνθήκες ξηρασίας(Baloğluetal., 2012).

Η πυροφωσφατάση που μετατοπίζει το κενοτόπιο H⁺ (V-PPase) είναι ένα κρίσιμο ένζυμο που σχετίζεται με το αβιοτικό στρες των φυτών.Τα μέλη του γονιδίου V-PPase στο σιτάρι περιλαμβάνουν τα TaVP1, TaVP2 και TaVP3.Μεταξύ αυτών, το γονίδιο TaVP2 βρέθηκε να συσχετίζεται περισσότερο με την ανοχή στην ξηρασία λόγω της προηγούμενης και πιο αξιοσημείωτης προς τα κάτω ρύθμισής του σε μια ποικιλία ανοιξιάτικου σίτου ανθεκτική στην ξηρασία υπό στρες ξηρασίας (Wanget..al., 2009).Επιπλέον, αυξημένη ανοχή στην ξηρασία παρατηρήθηκε σε διαγονιδιακές σειρές *Arabidopsis* με υπερέκφραση του γονιδίου TaVP1 από σιτάρι (Brinietal., 2006).

Ο όρος ψευδάργυρος αναφέρεται σε πρωτεϊνικές περιοχές που έχουν δομή που μοιάζει με δάχτυλο που συγκρατείται από ένα ή περισσότερα ιόντα ψευδαργύρου. Μεταξύ ολόκληρης της οικογένειας πρωτεϊνών δακτύλου ψευδαργύρου, ένα πραγματικά ενδιαφέρον νέο γονίδιο (RING) είναι γνωστό ότι εμπλέκεται στην αλληλεπίδραση πρωτεΐνης-πρωτεΐνης (Lodishet.al, 2008).Στο σιτάρι, τέσσερα (TaRZF70, TaRZF8, TaRZF38 και TaRZF59) από επτά γονίδια δακτύλου ψευδαργύρου RING εμφάνισαν δραστικές αλλαγές στο επίπεδο μεταγραφής υπό έλλειψη νερού (Kametal., 2007).

2.5.3Δημιουργίαποικιλιών σιταριού ανθεκτικών στην ξηρασία

Οι επιστήμονες έχουν κάνει μεγάλες προσπάθειες για να βελτιώσουν την ανοχή του σίτου στην ξηρασία. Από το 1979, οι έρευνες για την απόκριση των φυτών στην ξηρασία έχουν ενταθεί και τα περισσότερα από τα αποτελέσματα τόνισαν την πολυπλοκότητα του μηχανισμού ανοχής του φυτού στην αφυδάτωση (Townley-Smith και Hurd, 1979).Οι ερευνητές συνειδητοποίησαν σύντομα ότι η ανάπτυξη ανθεκτικών στην ξηρασία ποικιλιών σιταριού θα έπρεπε να περιλαμβάνει την βελτίωση των φυτών και τη φυσιολογία των φυτών (Schmidt, 1983).Αρκετοί δείκτες διαλογής θερμοκηπίου και αγρού αξιολογήθηκαν ως προς την ικανότητα διαφοροποίησης της ανοχής στην ξηρασία σε ποικιλίες χειμερινού σίτου (Winteretal., 1988).

Ωστόσο, όπως προ- αναφέρθηκε, ένας τεράστιος αριθμός γονιδίων εμπλέκεται στην ανοχή στην ξηρασία στο σιτάρι. Διαφορετικά γονίδια αντιδρούν διαφορετικά στο στρες της ξηρασίας. Οι εκφράσεις αυτών των γονιδίων μπορούν να προκληθούν ή να κατασταλούν από την ξηρασία. Επομένως, η πολύπλοκη φύση αυτού του χαρακτηριστικού, η ανοχή στην ξηρασία, καθιστά περίπλοκη την εργασία αναπαραγωγής. Από την άλλη πλευρά, η συμβατική –κλασσική βελτίωση είναι αποτέλεσμα εντατικής εργασίας και χρονοβόρα. Οι βελτιωτές πρέπει να καταβάλουν μεγάλες προσπάθειες για να διαχωρίσουν τα ανεπιθύμητα από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που δημιουργούνται από την τυχαία ανάμειξη γονιδιωμάτων. Αυτή η διαδικασία συνήθως διαρκεί αρκετές καλλιεργητικές περιόδους (Wieczorek, 2003).

Η έλλειψη αποτελεσματικών διαδικασιών επιλογής και η χαμηλή γενετική διακύμανση για τα συστατικά απόδοσης υπό συνθήκες ξηρασίας μπορεί επίσης να οδηγήσει σε περιορισμένη πρόοδο με τις συμβατικές προσεγγίσεις βελτίωσης. Σήμερα, η έλευση νέων τεχνικών, όπως τα εργαλεία σε όλο το γονιδίωμα, η πρωτεϊνική και η θερμική ή φθοριστική απεικόνιση, καθιστά δυνατή τη γεφύρωση του χάσματος γενοτύπου-φαινοτύπου στην παραδοσιακή βελτίωση. Η φυτική γενετική μηχανική και η τεχνολογία μοριακών δεικτών είναι οι δύο κύριες βιοτεχνολογικές προσεγγίσεις που επιτρέπουν την περαιτέρω ανάπτυξη γενετικού υλικού ανθεκτικού στην ξηρασία (Gosaletal., 2009).

Πολλοί μοριακοί δείκτες που σχετίζονται με την ξηρασία είναι επί του παρόντος διαθέσιμοι για την τεχνική υποβοηθούμενης από δείκτες αναπαραγωγής (MAB) σε διάφορες καλλιέργειες συμπεριλαμβανομένου του σίτου (Ashraf, 2010). Χρησιμοποιώντας ενισχυμένο πολυμορφισμό μήκους θραύσματος (AFLP) και δείκτες απλής επανάληψης ακολουθίας (SSR), οι επιστήμονες ανίχνευσαν ένα QTL υπεύθυνο για τη γήρανση του φύλλου σημαία στο χρωμόσωμα 2D σε χειμερινό σιτάρι υπό πίεση λόγω ξηρασίας (Vermaetal., 2004). Σε μια άλλη μελέτη, αρκετοί τυχαίοι ενισχυμένοι δείκτες πολυμορφικού DNA (RAPD) και δείκτες επανάληψης μεταξύ απλών ακολουθιών (ISSR) που συνδέονται με το γονίδιο γήρανσης του φύλλου σημαία στο σιτάρι ανιχνεύθηκαν υπό στρες ξηρασίας (Miladetal., 2011). Επιπλέον, τα QTL που σχετίζονται με την απόδοση στο σιτάρι ταυτοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μοριακούς δείκτες όπως ο πολυμορφισμός μήκους θραύσματος περιορισμού (RFLP), AFLP και SSR (Quarrieetal., 2005). Αυτοί οι δείκτες που προέρχονται από σύγχρονες τεχνικές μπορούν περαιτέρω να χρησιμοποιηθούν ως δυναμικό εργαλείο επιλογής σε προγράμματα βελτίωσης σιταριού. Από την άλλη πλευρά, η γενετική τροποποίηση έχει αναδειχθεί ως μια πρόσθετη προσέγγιση για την

αντιμετώπιση της βελτίωσης ως προς ένα γονίδιο ή της διαγονιδιακής βελτίωσης των καλλιεργειών.

Το γενετικά τροποποιημένο (ΓΤ) ανθεκτικό στην ξηρασία σιτάρι έχει ήδη αναφερθεί ότι είναι δυνητικό όφελος (James, 2011). Αν και ορισμένα ανθεκτικά στην ξηρασία διαγονιδιακά φυτά βρίσκονται ακόμη υπό πειράματα σε γλάστρες ή αξιολόγηση πεδίου, μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος στη σύγχρονη βελτίωση με συνδυασμό τεχνολογίας μοριακών δεικτών και τεχνολογίας γενετικής μηχανικής (Gosaletal., 2009).

Εκτός από την έλλειψη τεχνολογίας στο παρελθόν, περιορισμένα επιτεύγματα στη βελτίωση της ανοχής στην ξηρασία μπορεί επίσης να σχετίζονται με μεμονωμένους επιστήμονες που καταβάλλουν προσπάθειες βελτίωσης σε διάφορες καλλιέργειες. Έτσι, περισσότερη συνεργασία μεταξύ βελτιωτών και άλλων ειδικών με έναν κοινό στόχο μπορεί να είναι χρήσιμη για την ανάπτυξη ποικιλιών σιταριού ανθεκτικών στην ξηρασία και υψηλής απόδοσης (Mwadzingenietal, 2016). Μετά από δεκαετίες εμπειρίας, οι βελτιωτές άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι τις περισσότερες φορές η ξηρασία δεν συμβαίνει ανεξάρτητα από το θερμικό στρες (Jhaetal., 2014). Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός θερμότητας και στρες ξηρασίας είναι ζωτικής σημασίας για τη μελλοντική βελτίωση και δημιουργία ποικιλιών σίτου που είναι ανθεκτικές στην ξηρασία.

2.5.4 Ο ρόλος της πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) στην υδατική καταπόνηση και αξιολόγηση της επίδρασης της (PEG) στην υδατική καταπόνηση

Η πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) είναι πολυμερές, της οποίας η δομή και τα υδατικά της διαλύματα έχουν διερευνηθεί εκτενώς σε ευρύ φάσμα πειραματικών τεχνικών εφαρμογών (Cao et al., 2022). Πιο συγκεκριμένα η PEG είναι ένα αμφίφιλο πολυμερές που περιέχει πολικές αιθερικές ομάδες (-O-) και μη πολικές ομάδες αιθυλενίου (-CH₂CH₂-). Η πρώτη από αυτές μπορεί να σχηματίσει δεσμούς υδρογόνου, ενώ η δεύτερη μπορεί να προκαλέσει υδρόφοβη αλληλεπίδραση (Xu et al., 2010). Οι Lagerwerff et al. (1961) διαπίστωσαν ότι η χρήση PEG τροποποιεί το οσμωτικό δυναμικό στην καλλιέργεια θρεπτικών ουσιών και μπορεί να προκαλέσει έλλειμμα νερού στα φυτά με ελεγχόμενο τρόπο.

Οι Almansouri et al. (2001) απέδειξαν ότι οι σπόροι τριών ποικιλιών που διαφέρουν ως προς την αντοχή τους στην αλατότητα και την ξηρασία (Omrabi-5, ανθεκτική στην ξηρασία, Belikh, ανθεκτική στην αλατότητα και Cando, ευαίσθητη στην αλατότητα) σε διάφορα ισο-οσμωτικά διαλύματα NaCl, μαννιτόλης και πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) (οσμωτικό δυναμικό -0,15 (διάλυμα ελέγχου) -0,58, -1,05 ή -1,57 MPa) και διαπίστωσαν ότι η βλάστηση των σπόρων καθυστέρησε τόσο από οσμωτική όσο και από ιοντική καταπόνηση. Οι μέτριες εντάσεις καταπόνησης καθυστέρησαν τη βλάστηση των σπόρων, ενώ η υψηλότερη συγκέντρωση NaCl και PEG μείωσε τα τελικά ποσοστά βλάστησης. Η PEG ήταν η πιο επιζήμια διαλυτή ουσία, ενώ η μαννιτόλη δεν είχε καμία επίδραση στα τελικά ποσοστά βλάστησης. Για όλους τους γενότυπους, ο αριθμός των ριζών ανά σπορόφυτο μειώθηκε ως απόκριση στις αυξανόμενες συγκεντρώσεις NaCl και PEG, γεγονός το οποίο οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η PEG ήταν πιο επιβλαβής από το NaCl σε υψηλή συγκέντρωση.

Σύμφωνα με τους Dhanda et al. (2004), το μήκος της ρίζας, το ξηρό βάρος της ρίζας και το ξηρό βάρος των σπορόφυτων είναι τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να επιλεγούν για τη μελέτη ανθεκτικών στην ξηρασία γενοτύπων. Ο Jajarmi (2009) ανέφερε την επίδραση της ξηρασίας στους δείκτες βλάστησης σε ποικιλίες σιταριού και κατέληξε σε δώδεκα (12) σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και των επιπέδων ξηρασίας. Σε όλα τα χαρακτηριστικά παρατηρήθηκε σημαντική μείωση με αύξηση του επιπέδου καταπόνησης. Οι Zala et al. (2014) διεξήγαγαν πείραμα για την αξιολόγηση των καλλιεργούμενων γενοτύπων σιταριού της περιοχής Gujarat της βορειοδυτικής Ινδίας ως προς την ανοχή στην ξηρασία, η οποία δημιουργήθηκε τεχνητά με την εφαρμογή 0, 5 και 10 %

πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) και διαπίστωσαν ότι παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού βλάστησης με αύξηση του επιπέδου της PEG κατά 5 % και 10 % σε όλους τους γενοτύπους. Ωστόσο, το ποσοστό βλάστησης ήταν σημαντικά υψηλότερο στους γενοτύπους LOK 1, HW-2004, AR-06-1, AR-07-33, AR-07-30 και GW-1 αντανακλώντας τα χαρακτηριστικά ανοχής στην ξηρασία. Η αυξημένη συγκέντρωση του τεχνητού επαγωγέα στρες ξηρασίας, PEG, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού βλάστησης, του μήκους της ρίζας, του μήκους των βλαστών και του δείκτη ευρωστίας των σποροφύτων. Από αυτήν την αρχική εξέταση, οι γενότυποι σίτου χαρακτηρίστηκαν με βάση την απόκριση στην ξηρασία που προκλήθηκε από τη PEG και διαπιστώθηκε ότι όλοι οι αρδευόμενοι γενότυποι μαλακού σιταριού, LOK-1, HW-2004 βρέθηκαν να είναι εξαιρετικά ανεκτικοί ενώ οι γενότυποι, GW-496, GW-173 και GW-322 ήταν μέτρια ευαίσθητοι και οι γενότυποι, GW-273, GW-366 βρέθηκαν να είναι πολύ ευαίσθητοι στην ξηρασία.

Οι Chachar et al.(2014) ανέφεραν ότι έξι γενότυποι σιταριού δοκιμάστηκαν για την ανταπόκρισή τους στη βλάστηση του σπόρου και το στάδιο των σποροφύτων υπό διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης στην ξηρασία χρησιμοποιώντας διαλύματα (0, -0.5, -0.75 and -1.0 MPa)σε ελεγχόμενες συνθήκες και καταγράφηκαν οι παράμετροι των σποροφύτων, ποσοστό βλάστησης, βλαστός, μήκος ρίζας, νωπό και ξηρό βάρος (0, -0.5, -0.75 and -1.0 MPa). Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι τα χαρακτηριστικά των σποροφύτων παρουσίασαν πτωτική τάση ως απόκριση σε αυξημένες συγκεντρώσεις PEG 6000. Οι γενότυποι σίτου DH-3/48 και Chakwal-86 βρέθηκαν να είναι οι καλύτεροι όσον αφορά το ποσοστό βλάστησης (77,31 και 80 %) υπό υψηλή υδατική καταπόνηση (-0,75 MPa) ενώ ο γενότυπος Khirman παρουσίασε το μέγιστο μήκος βλαστών και ρίζας, το νωπό βάρος βλαστών, όσον αφορά στη μέγιστη τιμή ξηρού βάρους βλαστών. Ο γενότυπος DH-3/48 παρουσίασε τις μέγιστες τιμές (0,11 g/10 βλαστοί), ενώ το μέγιστο ξηρό βάρος ρίζας καταγράφηκε στον γενότυπο Chakwal-86 (0,14 g/10 ρίζες) στην υψηλή υδατική καταπόνηση.

Οι Chachar et al.(2016) ανέφεραν ότι οι ποικιλίες MT-1/13, MT-2/13, MT-3/13, MT-4/13 Chakwal-86 και Khirman μελετήθηκαν στο στάδιο της βλάστησης και των σποροφύτων για την ανταπόκρισή τους κάτω από διαφορετικές μεταχειρίσεις υδατικής καταπόνησης (0, -0,5, -0,75 και -1,0 MPa) σε ελεγχόμενες συνθήκες. Διαπιστώθηκε ότι ο γενότυπος Chakwal-86 παρουσίασε μέγιστη βλαστικότητα σπόρων (82,58 %), ενώ ο γενότυπος Khirman παρουσίασε μέγιστο μήκος βλαστών (7,23 cm), μήκος ρίζας (15,1 cm), νωπό βάρος βλαστού (5,85 g 10⁻¹βλαστού), νωπό βάρος ρίζας(3,45 g 10⁻¹ ρίζας), ξηρό βάρος

βλαστού($1,33 \text{ g } 10^{-1}$ βλαστού), ξηρό βάρος ρίζας($0,69 \text{ g } 10^{-1}$ ρίζας). Μεταξύ των γενοτύπων που εξετάστηκαν, οι γενότυποι Khirman και MT-4/13 βρέθηκαν να είναι ανεκτικοί γενότυποι και είχαν τη δυνατότητα να αποδώσουν καλύτερα σε συνθήκες ξηρασίας, ενώ οι MT-4/13 και Chakwal-86 ήταν μέτρια ανεκτικοί, ενώ οι γενότυποι MT-1/13 και MT-2/13 ήταν οι ευαίσθητοι γενότυποι σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Από την έρευνα συνάγεται το συμπέρασμα ότι από τις *in vitro* μελέτες βρέθηκε ότι η οσμωτική καταπόνηση μείωσε σημαντικά τη βλάστηση των σπόρων, το μήκος βλαστού/ρίζας, το νωπό και ξηρό βάρος και στους έξι γενότυπους σιταριού και η μέγιστη μείωση καταγράφηκε σε υψηλότερη οσμωτική καταπόνηση που προκλήθηκε από την PEG-6000 (-1,0 MPa).

Σύμφωνα με τους Mujtaba et al.(2016), έξι γενότυποι σιταριού (SD-621, SD-222, NIA Saarang και 22-03), καθώς και οι δύο μάρτυρες (Khirman και Chakwal-86) αξιολογήθηκαν για την ανοχή τους στην ξηρασία υπό διαφορετικά επίπεδα οσμωτικής καταπόνησης (0, -0,5MPa, -0,75 MPa και -1,0 MPa με PEG-6000). Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι γενότυποι SD-222 και SD-621 έδειξαν σημαντική αντοχή με ποσοστά βλάστησης 98,89 % και 96,7 % σε -0,5 MPa και -0,75MPa αντίστοιχα. Το SD-621 παρουσίασε το μεγαλύτερο μήκος βλαστού (13,38 cm) ακολουθούμενο από το SD-222 (13,33 cm) με μείωση 21,62 % και 20,80 % αντίστοιχα σε σύγκριση με τον μάρτυρα υπό καταπόνηση PEG -0,5 MPa. Η μέγιστη μείωση (30,04 %) καταγράφηκε για τον γενότυπο 22-03 με μήκος βλαστού 10,97 cm. Σε μειωμένη οσμωτική καταπόνηση (-0,75 MPa PEG),ο SD-621 παρουσίασε μέγιστο μήκος βλαστού (11,42 cm) και το υψηλότερο μήκος ρίζας εκφράστηκε από τον γενότυπο SD-222, δηλαδή 19,84 cm που σταδιακά μειώθηκε σε 12,12 cm και 7,20 cm. Ο γενότυπος NIA Saarang και ο γενότυπος 22-03 επέδειξαν επίσης καλύτερα αποτελέσματα στην καταπόνηση ξηρασίας ενώ παρατηρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και ιόντα με αύξηση του ελλείμματος νερού σε όλους τους γενότυπους.

Οι Ahmad et al.(2017) αξιολόγησαν επτά ποικιλίες μαλακού σίτου στο Κουρδιστάν (Adana, Maxipak, Sham4, Sham6, Aras, Azadi και Rizgari) σε διαφορετικά αρνητικά οσμωτικά διαλύματα (0, -0,5, -1 και -1,5 Mpa), χρησιμοποιώντας πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG-6000) και διαπίστωσαν ότι η ποικιλία Azadi παρουσίασε καλύτερη επιβίωση σε υψηλά επίπεδα στρες ξηρασίας για τη βλάστηση και τα σχετικά χαρακτηριστικά της. Αποκάλυψε επίσης υψηλή απόδοση για την ανάπτυξη βλαστών υπό την υδατική καταπόνηση. Η ποικιλία Rizgari είχε επίσης καλύτερες επιδόσεις κυρίως ως προς τα χαρακτηριστικά των σποροφύτων.

Οι Lazaridou και Xynias (2017) μελέτησαν την επίδραση της ξηρασίας στο σκληρό σιτάρι, καλλιεργώντας ώριμα έμβρυα σε στερεό υπόστρωμα MS, παρουσία δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων πολυαιθυλενικής γλυκόλης (5 και 10% PEG 8000), ενώ το υπόστρωμα MS χωρίς προσθήκη PEG χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Η απόκριση των γενοτύπων αξιολογήθηκε μέσω της βλάστησης του εμβρύου και την παραγωγή κάλου. Η επέμβαση ξηρασίας μείωσε το ποσοστό βλάστησης του εμβρύου σε όλες τις ποικιλίες, ενώ παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ως προς τη δυνατότητα βλάστησης παρουσία πολυαιθυλενικής γλυκόλης. Επιπλέον, η επιβίωση των βλαστημένων φυτών που καλλιεργήθηκαν στο ίδιο μέσο παρουσία PEG μειώθηκε με την αύξηση του ωσμωτικού στρες.

Οι Othmani et al.(2019) αξιολόγησαν έντεκα ποικιλίες σκληρού σίτου στην Τυνησία υπό διαφορετική συγκέντρωση πολυαιθυλενικής γλυκόλης (0, 100, 150 και 200 g/l) και διαπίστωσαν ότι η μεταχείριση με PEG μείωσε σημαντικά όλα τα χαρακτηριστικά των σποροφύτων, όπως μήκος βλαστών, μήκος ρίζας, αναλογία ρίζας προς βλαστό. Επίσης, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ποικιλία Mahmoudiείχε εξαιρετικές επιδόσεις για όλα τα χαρακτηριστικά των σποροφύτων και πρότειναν ότι θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ποικιλία ανθεκτική στην ξηρασία.

Οι Karagianni et al. (2022), εξέτασαν την αντοχή στην ξηρασία επτά ποικιλιών μαλακού σιταριού (*Triticum aestivum* L.) και επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum durum* L.) της Ελλάδας. Για τη μελέτη αυτή, χρησιμοποίησαν πολυαιθυλενικής γλυκόλη (PEG 8000) σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις (5%, 10%, 15%) για την προσομοίωση υδατικής καταπόνησης, ενώ χρησιμοποιήθηκε πότισμα χωρίς PEG ως μάρτυρας. Κατά τη διάρκεια του πειράματος, καταγράφηκαν βασικές αγρονομικές και φυσιολογικές παράμετροι, όπως το μήκος του στάχυος με και χωρίς άγανα, το ύψος των φυτών, ο αριθμός των αδελφιών ανά φυτό και η συγκέντρωση προλίνης ως δείκτη βιοχημικής απόκρισης στην ξηρασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ξηρασία με PEG μείωσε το μήκος του στάχυος και το ύψος των φυτών, ενώ αύξησε τη συγκέντρωση προλίνης, η οποία πήρε τη μέγιστη τιμή στις ποικιλίες ‘Στρυμόνας’ (μαλακό σιτάρι) και ‘Σίφνος’ (σκληρό σιτάρι), υποδεικνύοντας τις ως ανθεκτικότερες στην ξηρασία. Οι ποικιλίες ‘Ορφέας’ (μαλακό σιτάρι) και ‘Θράκη’ (σκληρό σιτάρι), με χαμηλότερη συγκέντρωση προλίνης, θεωρήθηκαν ως πιο ευαίσθητες.

2.5.50 ρόλος της προλίνης στην υδατική καταπόνηση

Ο Yancey (1994) ανέφερε ότι οι ενώσεις της προλίνης συσσωρεύονται σε υψηλές ποσότητες στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων που υφίστανται επίδραση στρες χωρίς να επηρεάζουν τα μακρομόρια και δρουν ως ωσμοπροστατευτικά. Συμπέρανε ότι η συσσώρευση προλίνης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σταθεροποίηση των κυτταρικών πρωτεϊνών και ιστών με την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων ωσμωτικού στρες.

Οι Zhu et al.(2004) παρατήρησαν μεγαλύτερη συσσώρευση προλίνης στα φύλλα υπό στρες, υποδηλώνοντας ότι υπό μέτρια καταπόνηση ο ρόλος της προλίνης σχετίζεται με μια προστατευτική δράση στο στάδιο πλήρωσης των κόκκων σε γενότυπους σιταριού. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το οσμωτικό δυναμικό των κυττάρων μειώνεται σημαντικά λόγω της συσσώρευσης οσμολυτών στα φυτικά κύτταρα, με αποτέλεσμα τη διαχείριση των φυσιολογικών διεργασιών υπό συνθήκες στρες μέσω της απορρόφησης νερού και της πίεσης σπαργής των κυττάρων.

Σύμφωνα με τους Tatar και Gevrek (2008), η περιεκτικότητα σε προλίνη βρέθηκε να είναι σημαντικά υψηλότερη σε όλους τους γενότυπους σιταριού υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης σε σύγκριση με τα φυτά που δεν έχουν υποστεί στρες. Η περιεκτικότητα σε προλίνη έχει αναφερθεί ότι ελέγχεται από γονίδιο με αθροιστική γράση (Maleki et al., 2010). Η υψηλότερη συσσώρευση προλίνης που καταγράφηκε σε γενότυπους ανθεκτικούς στην υδατική καταπόνηση, σε σύγκριση με τους ευαίσθητους στην υδατική καταπόνηση γενοτύπους σιταριού, υποδεικνύει ότι η προλίνη μεταβολίζεται αργά σε σύγκριση με τα άλλα κυτταρικά αντιοξειδωτικά ένζυμα και έτσι παρέχει το άζωτο στις κυτταρικές μεταβολικές οδούς μετά την καταπόνηση. Έτσι, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των ανθεκτικών στην υδατική καταπόνηση γενοτύπων σιταριού (Marcinska et al., 2013).

Οι Gurumurthy et al.(2019) ανέφεραν ότι η παρουσία προλίνης συνιστά ένα από τα κοινά χαρακτηριστικά στα περισσότερα δημητριακά υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Ελέγχει την αποθήκευση χρήσιμου αζώτου και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα των μεμβρανών. Βοηθά επίσης με την απομάκρυνση των ελεύθερων ριζών και τη ρύθμιση του κυτταρικού δυναμικού οξειδοαναγωγής που βοηθά τα φυτά σιταριού να καταπολεμήσουν τις αβιοτικές καταπονήσεις. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προλίνη είναι ένα μόριο ελέγχου σηματοδότησης, ενεργοποιεί πολλούς μηχανισμούς που βοηθούν στην προσαρμογή στην ξηρασία σε ανεκτικούς γενοτύπους σιταριού.

3. Υλικά και μέθοδοι

3.1 Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας περιλάμβανε επτά ελληνικές ποικιλίες σκληρού σιταριού, τις εξής: Άννα, Άθως, Ελπίδα, Θράκη, Μεξικάλι-81, Σίφνος και Παπαδάκης. Αυτές οι ποικιλίες είναι δημιουργίες του Ινστιτούτου Σιτηρών Θεσσαλονίκης του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ (πρώην ΕΘΙΑΓΕ) και προέκυψαν από επιλογές σε διασπώμενες γενεές ελίτ διασταυρώσεων.

3.1.1 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ANNA»

Η ποικιλία ANNA προέκυψε από επιλογές στους απογόνους της διασταύρωσης των ποικιλιών MEXICALI-81 και SANTA. Πρόκειται για μια σχετικά κοντή ανοιξιάτικη ποικιλία, πρώιμη, με πυραμιδοειδή, συμπαγή στάχυ λευκού χρώματος και λευκά άγανα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ANNA»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

Ο σπόρος της είναι λευκός κεχριμπαρένιος με ημιεπίμηκες σχήμα. Η ANNA είναι πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδέλφωμα, που ξεχωρίζει για την σταθερότητα των αποδόσεών της και την πολύ καλή αντοχή στο πλάγιασμα. Παρουσιάζει μέτρια αντοχή στους παγετούς του

χειμώνα και της άνοιξης, ενώ είναι ανθεκτική στις τρεις σκωριάσεις και έχει μέτρια αντοχή στις υπόλοιπες ασθένειες. Διαθέτει πολύ καλή ποιότητα γλουτένης, με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 15,1%, χρωστική β-καροτίνιο 6,7 ppm, ενώ οι υαλώδεις κόκκοι της φτάνουν το 85%. Το βάρος των 1.000 κόκκων ανέρχεται σε 42 γραμμάρια.

3.1.2 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΑΘΩΣ»

Πρόκειται για μια ανοιξιάτικη ποικιλία με ύψος που κυμαίνεται από 115 έως 125 εκατοστά. Ο στάχυς της είναι πυραμοειδής, συμπαγής και λευκός, με πολυάριθμα μαύρα άγανα (Εικόνα2). Ο σπόρος της είναι ωοειδής, μέτριου μεγέθους και έχει σκούρο κεχριμπαρένιο χρώμα. Είναι πρώιμη, με μέτριο αδελφωμα και καλές, σταθερές αποδόσεις, με μέσο όρο 380 κιλά ανά στρέμμα. Είναι ανθεκτική στους χειμερινούς παγετούς και μέτρια ανθεκτική στους ανοιξιάτικους, ενώ η αντοχή της στο πλάγιασμα είναι μικρή. Επιπλέον, είναι μέτρια ανθεκτική στην κίτρινη μαύρη και καστανή σκωρίαση και ευπαθής στο ωίδιο. Το βάρος των 1.000 κόκκων κυμαίνεται από 35 έως 48 γραμμάρια, με υαλώδεις κόκκους σε ποσοστό 75%. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ανέρχεται στο 14,5%, ενώ η χρωστική β-καροτίνιο σε 5,2 ppm.



Εικόνα 2. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΑΘΩΣ»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.1.3 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΕΛΠΙΔΑ»

Η ΕΛΠΙΔΑ είναι κοντή ποικιλία με ύψος που κυμαίνεται από 85 έως 95 εκατοστά, και προέρχεται από επιλογές στους απογόνους της διασταύρωσης των ποικιλιών ΣΙΦΝΟΣ και

ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81. Ο στάχυς της είναι παράλληλος, μέσης συμπάγειας με λευκά άγανα (Εικόνα3). Ο σπόρος έχει ωοειδές σχήμα, μέτριο μέγεθος και ανοιχτό κεχριμπαρένιο χρώμα. Η ΕΛΠΙΔΑ είναι πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδελφωμα, που διακρίνεται για την πολύ καλή της αντοχή στο πλάγιασμα, και τη μέτρια ανθεκτικότητα στον παγετό. Επίσης, είναι ανθεκτική στις σκωριάσεις και σε άλλες ασθένειες. Παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στις αποδόσεις και καλή προσαρμοστικότητα. Το βάρος των 1.000 κόκκων ανέρχεται στα 44 γραμμάρια, ενώ το ποσοστό των υαλωδών κόκκων στο 91%, με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο 14,2%. Η ποιότητα της γλουτένης είναι 68,6% και η ποσότητα της κίτρινης χρωστικής (καροτίνη) ανέρχεται στα 7,51 ppm. Η κατάλληλη εποχή σποράς είναι το πρώτο και δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου.



Εικόνα 3. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΕΛΠΙΔΑ»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.1.4 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΘΡΑΚΗ»

Πρόκειται για μια κοντή ποικιλία, με ύψος περίπου 80 εκατοστά, μαύρα άγανα και λευκό, συμπαγή στάχυ (Εικόνα4). Δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Σιτηρών, μέσω τροποποιημένης μεθόδου γενεαλογικής επιλογής στους απογόνους της διασταύρωσης SIMETO x ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81 και εγγράφηκε στον Εθνικό Κατάλογο το 2014. Ο σπόρος έχει ωοειδές σχήμα, μεγάλο μέγεθος και ανοιχτό κεχριμπαρένιο χρώμα. Είναι μια μεσοπρώιμη, ανοιξιάτικη ποικιλία με μεγάλη σταθερότητα στις αποδόσεις, ευρεία προσαρμοστικότητα και μέτριο αδελφωμα. Εμφανίζει ανθεκτικότητα στον παγετό και το πλάγιασμα, την ξηρασία, και τις ασθένειες.



Εικόνα 4. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΘΡΑΚΗ»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.1.5 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81»

Πρόκειται για μια κοντή, ανοιξιάτικη ποικιλία, με ύψος 85-95 εκατοστά, η οποία χαρακτηρίζεται από σταθερότητα στις αποδόσεις και ευρεία προσαρμοστικότητα. Ο στάχυς της είναι παράλληλος, μέσης συμπάγιας, λευκός, με λευκά άγανα (Εικόνα 5). Ο σπόρος είναι ωοειδούς σχήματος, μεγάλου μεγέθους και κεχριμπαρένιου χρώματος. Είναι πολύ πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδελφωμα, ανθεκτική στο πλάγιασμα. Εμφανίζει μέτρια ανθεκτικότητα τόσο στους χειμερινούς όσο και στους ανοιξιάτικους παγετούς. Είναι ανθεκτική στην κίτρινη και μαύρη σκωρίαση, αλλά ευπαθής στην καστανή σκωρίαση και στο ωίδιο, ενώ παρουσιάζει μέτρια αντοχή και στις υπόλοιπες ασθένειες. Λόγω της πρωιμότητας της, αποφεύγει τις δυσμενείς επιδράσεις των ξηροθερμικών ανέμων, όπως ο λίβας, κατά το μήνα Μάιο. Είναι εξαιρετικά παραγωγική, με αποδόσεις που φτάνουν τα 470 κιλά ανά στρέμμα, και είναι ιδανική για τα γονιμότερα και υγρότερα εδάφη της ζώνης σκληρού σιταριού. Το βάρος των 1.000 κόκκων ανέρχεται σε 44 γραμμάρια, ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη φτάνει το 13,5%. Η περιεκτικότητα σε κίτρινη χρωστική (β-καροτίνη) είναι 5,8 ppm, και η κατάλληλη εποχή σποράς είναι το πρώτο και δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου.



Εικόνα 5. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΜΕΞΙΚΑΛΙ-81»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.1.6 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΣΙΦΝΟΣ»

Η Σίφνος είναι κοντή, ανοιξιάτικη ποικιλία με ύψος 85-95 εκατοστά, και διακρίνεται για την σταθερότητα στις αποδόσεις της, με μέσο όρο 470 κιλά ανά στρέμμα. Ο στάχυς της είναι παράλληλος, μέσης συμπάγειας και λευκός με λευκά άγανα (Εικόνα6). Ο σπόρος είναι ημιεπιμήκης, μεγάλου μεγέθους και ανοιχτού κεχριμπαρένιου χρώματος, ενώ το βάρος των 1.000 κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 36 και 58 γραμμαρίων. Θεωρείται πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδελφωμα. Είναι ανθεκτική στο πλάγιασμα, καθώς και στους χειμερινούς και ανοιξιάτικους παγετούς. Επίσης, είναι ανθεκτική στην κίτρινη και μαύρη σκωρίαση, αν και είναι ευπαθής στην καστανή σκωρίαση και μέτρια ανθεκτική στη σεπτόρια. Η ποικιλία ΣΙΦΝΟΣ χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα, ενώ οι υαλώδεις κόκκοι των σπόρων της φτάνουν έως το 70%, με περιεκτικότητα πρωτεΐνης 14,2% και χρωστική β-καροτίνιο που κυμαίνεται από 5,4 έως 8,2 ppm.



Εικόνα 6. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΣΙΦΝΟΣ»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.1.7 Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ»

Πρόκειται για κοντή ανοιξιάτικη ποικιλία με πολύ σταθερές αποδόσεις και γενική προσαρμοστικότητα. Ο στάχυς της είναι συμπαγής και λευκός με λευκά άγανα (Εικόνα 7). Ο σπόρος έχει ημιεπίμηκες σχήμα και λευκό κεχριμπαρένιο χρώμα. Είναι πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδελφωμα και μέτρια αντοχή στο πλάγιασμα, καθώς και στους χειμερινούς και ανοιξιάτικους παγετούς. Εμφανίζει ανθεκτικότητα στις τρεις σκωριάσεις και μέτρια ανθεκτικότητα στις υπόλοιπες ασθένειες. Το βάρος 1.000 κόκκων ανέρχεται στα 41 γραμμάρια, με το ποσοστό υαλώδους κόκκου να φτάνει το 87% και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο 15%. Παρουσιάζει καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και εξαιρετική ποιότητα γλουτένης.



Εικόνα 7. Ποικιλία σκληρού σιταριού «ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ»

Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ

3.2 Πειραματικό σχέδιο

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο στο Βορεινό Αριδαίας κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021. Η σπορά έγινε στις 6Απριλίου 2021. Χρησιμοποιήθηκαν φυτοδοχεία χωρητικότητας 2 lt. Το εδαφικό υπόστρωμα για το γέμισμα των φυτοδοχείων αποτελούνταν από χώμα, τύρφη και περλίτη σε αναλογία 1:1:1. Ακολούθησε σπορά με 3 σπόρους/φυτοδοχείο από κάθε ποικιλία και η κάλυψη των σπόρων με ένα λεπτό στρώμα (1cm) ψιλοχωματισμένου εδαφικού μείγματος. Αμέσως μετά τη σπορά, έγινε άρδευση με μικρή ποσότητα νερού, η οποία προσέφερε την απαραίτητη υγρασία για να διευκολυνθεί το φύτρωμα των σπόρων. Η άρδευση γινόταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με συχνότητα δύο ημερών, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, έτσι ώστε να καλύπτονται τα φυτά με την απαραίτητη υγρασία μέχρι την έναρξη της υδατικής καταπόνησης που πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή των διαλυμάτων της πολυαιθυλενικής γλυκόλης. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα σχέδιο τεμάχια με υποτεμάχια (split-plot) σε πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες (RCB). Τεμάχια ήταν οι 7 ποικιλίες σκληρού σιταριού και υποτεμάχια οι 4 επεμβάσεις με πολυαιθυλενική γλυκόλη (0%, 5%, 10% και 15% PEG). Χρησιμοποιήθηκαν δέκα επαναλήψεις για κάθε επέμβαση, έτσι ώστε το πείραμα αποτελείτο από 280 πειραματικά τεμάχια.

ANNA				ΣΙΦΝΟΣ				ΑΘΩΣ				ΜΕΞΙΚΑΛΙ				ΠΑΠΑΔΑΚΗ				ΕΛΠΙΔΑ				ΘΡΑΚΗ			
M	5	10	15	M	5	10	15	M	5	10	15	M	5	10	15	M	5	10	15	M	5	10	15	M	5	10	15
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
.		
.		
.		
.		
.		
.		
.		
.		
.		
.		

Εικόνα 8.Σχέδιο σποράς πειραματικού 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού

Όπου: M= Μάρτυρας(άρδευση με καθαρό νερό, 0% PEG), η 2^ηστήλη= άρδευση με διάλυμα 5% PEG, η 3η στήλη=άρδευση με διάλυμα 10% PEG και η 4η στήλη= άρδευση με διάλυμα 15% PEG με 70mlανά μεταχείριση.

Συγκεκριμένα στους υπό μελέτη γενοτύπους εφαρμόστηκαν τρία επίπεδα καταπόνησης (άρδευση με πολυαιθυλενική γλυκόλη 5%, 10% και 15% PEG), στο θερμοκήπιο. Η καταπόνηση εφαρμόστηκε πριν και μετά την άνθηση και συγκεκριμένα άρχισε στο στάδιο διόγκωσης της ταξιανθίας. Ως μάρτυρες χρησιμοποιήθηκαν φυτά στα οποία εφαρμόστηκε κανονική άρδευση με νερό.



Εικόνα 9. Σπορά των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού σε φυτοδοχεία.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε με ξεβοτάνισμα όταν και για όσες φορές κρίθηκε απαραίτητο, ενώ δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση ούτε και χημική καταπολέμηση ασθενειών και εντόμων.

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 5 Αυγούστου 2021 μετά το πέρας της ωρίμανσης και συγκεκριμένα όταν οι κόκκοι ολοκλήρωσαν το στάδιο της σκλήρυνσης. Από κάθε φυτοδοχείο συγκεντρώθηκαν όλα τα φυτά και μετρήθηκαν, ο αριθμός των αδελφιών, το ύψος των φυτών, καθώς και το μήκος των στάχων με και χωρίς άγανα.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των υπό μελέτη ποικιλιών λαμβάνονταν μακροσκοπικές παρατηρήσεις της ανάπτυξης των ποικιλιών σκληρού σιταριού και αξιολογήθηκαν διάφοροι παράμετροι ανάπτυξης όπως το ύψος και το αδελφωμα. Μετά το τέλος της συγκομιδής υπολογίστηκε η απόδοση σε σπόρο/φυτό.



Εικόνα 10. Φυτά στο στάδιο του καλαμώματος.

Τέλος πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός ενός φυσιολογικού δείκτη, ο οποίος συνδέεται με την αντοχή στην καταπόνηση της έλλειψης υγρασίας όπως είναι η συγκέντρωση προλίνης.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης προλίνης έγινε χρησιμοποιώντας την μέθοδο της όξινης νινυδρίνης (μέθοδος Bates) (Bates et al., 1973). Χρησιμοποιήθηκε 0,1 g ξηρού βάρους φυτικού υλικού, το οποίο τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικούς σωλήνες των 25 ml. Ακολούθησε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα η προσθήκη 10 ml αιθανόλης 80% και η

τοποθέτησή τους για 30 λεπτά σε υδατόλουτρο 60° C. Στο επόμενο στάδιο οι σωλήνες συμπληρώνονται με αιθανόλη 80% μέχρι τελικού όγκου 15 ml, και ακολούθησε αραιώση του εκχυλίσματος 2:4, δηλαδή σε 2 ml εκχυλίσματος προστέθηκαν 4 ml αιθανόλης 80%. Από αυτό το αραιωμένο εκχύλισμα πάρθηκαν 2 ml τα οποία τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες και προστέθηκαν 2 ml όξινης νινυδρίνης (= 1,259 g όξινη νινυδρίνη + 30ml οξικό οξύ + 20 ml 6M ορθοφωσφορικό οξύ, ελαφρά θέρμανση). Στη συνέχεια οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 95° C για 1 ώρα και ακολούθησε η ψύξη τους σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά την προσθήκη στους σωλήνες 4 ml τολουόλης, έγινε ανάδευση και στη συνέχεια φυγοκέντρωση. Το αποτέλεσμα της φυγοκέντρωσης ήταν δημιουργία 2 στρωμάτων με έντονη διαφορά χρώματος. Ακολούθησε μέτρηση στο υπερκείμενο υγρό της απορρόφησης στα 518 nm στο φασματοφωτόμετρο. Η καμπύλη αναφοράς πραγματοποιήθηκε με γνωστές συγκεντρώσεις προλίνης. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις για τη μέτρηση συγκέντρωσης προλίνης.



Εικόνα 11. Ζυγός ακριβείας.



Εικόνα 12.Υδατόλουτρο(Julaba).



Εικόνα 13. Φυγόκεντρος (Sigma 2-16 P)

Από τα πειραματικά αποτελέσματα επιχειρήθηκε η εύρεση συσχέτισης ορισμένων φαινοτυπικών-φυσιολογικών χαρακτήρων με την έκφραση του γνωρίσματος της ανθεκτικότητας.

3.3 Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά και οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και μεταξύ των επεμβάσεων με πολυαιθυλενική γλυκόλη αξιολογήθηκαν με την ανάλυση διακύμανσης ANOVA. Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD 0.05).

4. Αποτελέσματα

4.1 Μήκος Στάχυος με Άγανα

Οι συγκεντρωτικές τιμές του μήκους στάχυος με άγανα για τις επτά ποικιλίες σκληρού σιταριού, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Το μήκος στάχυος με άγανα κυμάνθηκε από 13,350 cm για την ποικιλία Σίφνος έως 15,958 cm για την ποικιλία Άθως. Οι επτά ποικιλίες διέφεραν μεταξύ στους στατιστικώς σημαντικά στο μήκος του στάχυος, με την ποικιλία Άθως να καταγράφει τη μεγαλύτερη τιμή, ενώ η ποικιλία Σίφνος παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές στις περισσότερες συγκεντρώσεις PEG. Αρκετά μεγάλο σε μήκος στάχυ εμφανίσε και η ποικιλία Θράκη με 14,700 cm, σύμφωνα με τα συγκεντρωτικά δεδομένα. Ακολούθησαν οι ποικιλίες Ελπίδα με 14,092 cm, Μεξικάλι με 13,720 cm, και Σίφνος με 13,350 cm, ενώ η ποικιλία Άννα κατέγραψε μήκος στάχυος 13,613 cm.

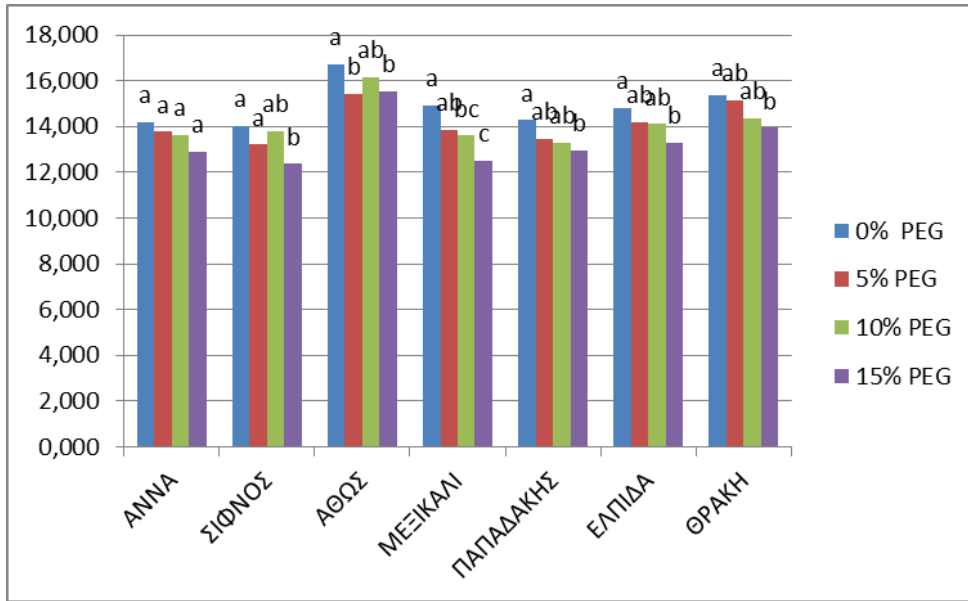
Πίνακας 1. Μήκος στάχυος με άγανα των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με PEG.

PEG	ANNA	ΣΙΦΝΟΣ	ΑΘΩΣ	ΜΕΞΙΚΑΛΙ 81	ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	ΕΛΠΙΔΑ	ΘΡΑΚΗ	ΜΟ PEG
0%	14,166a	14,034a	16,732a	14,899a	14,267a	14,800a	15,368a	14,895*a
5%	13,767a	13,199a	15,432b	13,866ab	13,469ab	14,199ab	15,134ab	14,152ab
10%	13,634a	13,798ab	16,134ab	13,599bc	13,267ab	14,099ab	14,365ab	14,128b
15%	12,883a	12,367b	15,534b	12,515c	12,965b	13,268b	13,934b	13,352c
ΜΟ ΠΟΙΚ.	13,613cd	13,350d	15,958a	13,720cd	13,492d	14,092c	14,700b	

*Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$

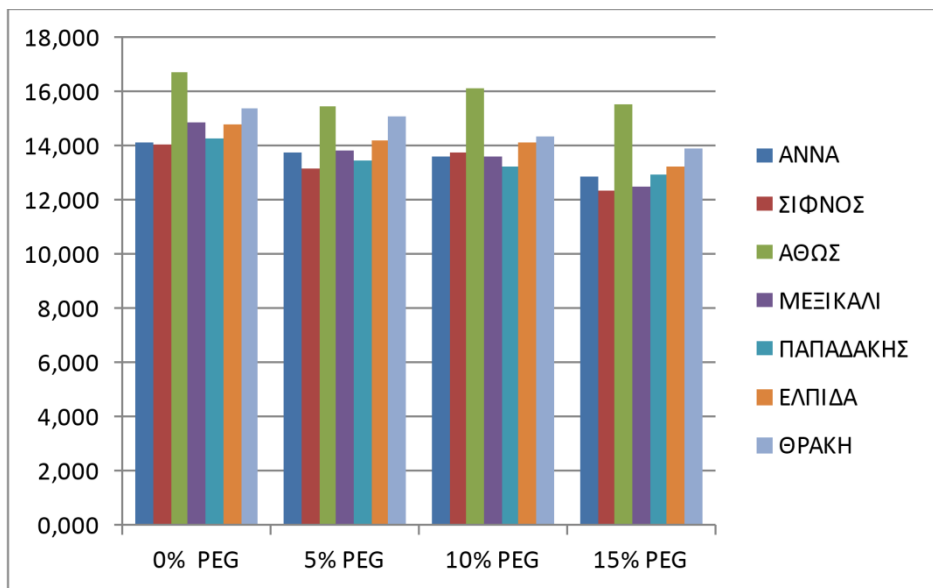
Από τον μέσο όρο των μεταχειρίσεων με PEG ανακύπτει το συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μήκος στάχυων με άγανα δίνουν τα φυτά που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία με PEG, με μέσο όρο 14,895 cm, έναντι αυτών που υποβλήθηκαν σε 5% PEG, 10% PEG και 15% PEG, με μέσο μήκος 14,152 cm, 14,128 cm και 13,352 cm αντίστοιχα. Άρα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από τις υψηλές συγκεντρώσεις (10% και 15%) πολυαιθυλενικής γλυκόλης οδήγησε σε στατιστικώς σημαντική μείωση του μήκους του στάχυος με άγανα στα φυτά, με τη μεγαλύτερη μείωση να προκαλείται από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση (15%) πολυαιθυλενικής γλυκόλης (Πίνακας 1, Γράφημα 1).

Σύμφωνα με το Γράφημα2, παρατηρείται, επίσης, ότι οι ποικιλίες σκληρού σιταριού αντιδρούν διαφορετικά στις μεταχειρίσεις με πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG). Στην ποικιλία Άθως, το μεγαλύτερο μήκος στάχυος με άγανα εμφανίζεται στα φυτά του μάρτυρα PEG (0%), η οποία όμως δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την επεξεργασία με PEG 10%, ενώ στις συγκεντρώσεις PEG5% και 15% παρατηρείται είναι μείωση στατιστικώς σημαντική σε σχέση με τον μάρτυρα ενώ δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με την μεταχείριση μεREG 10%. Στην ποικιλία Άννα, δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική μεταβολή στο μήκος στάχυος με άγανα μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων PEG και του μάρτυρα. Οι ποικιλίες Ελπίδα, Παπαδάκη και Θράκη δείχνουν μία παρόμοια συμπεριφορά, με το μέγιστο μήκος στάχυος με άγανα να εμφανίζεται στα φυτά του μάρτυρα, ακολουθούμενα από τα φυτά που δέχτηκαν επεξεργασία με PEG 5% και 10%, (διαφορές στατιστικώς μη σημαντικές). Τα φυτά που δέχτηκαν την μεταχείριση με την μεγαλύτερη συγκέντρωση πολυαιθυλενικής γλυκόλης PEG 15% εμφάνισαν το μικρότερο μήκος στάχυος με άγανα, αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με την επεξεργασία με PEG 5% και 10%. Στην ποικιλία Μεξικάλι 81, το μεγαλύτερο μήκος στάχυος με άγανα εμφάνισε ο μάρτυρας ο οποίος διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τις μεταχειρίσεις με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις PEG 10% και 15%, ενώ οι μεταχειρίσεις με τις PEG 5% και 10% δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Επιπλέον το μήκος στάχυος με άγανα στα φυτά που δέχτηκαν την μεταχείριση με την μεγαλύτερη συγκέντρωση πολυαιθυλενικής γλυκόλης PEG 15%,δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με το αντίστοιχο με την επεξεργασία PEG 10%. Η ποικιλία Σίφνος δείχνει στατιστικώς σημαντική μείωση του μήκους στάχυος με άγανα, στη συγκέντρωση 15% η οποία όμως δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τη συγκέντρωση PEG 10%.



Γράφημα 1. Μήκος στάχους με άγανα ανά ποικιλία και μεταχείριση.

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$.



Γράφημα 2 Μήκος στάχους με άγανα ανά μεταχείριση και ποικιλία.

Ο πίνακας ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για το μήκος στάχους με άγανα των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού αποκαλύπτει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, των μεταχειρίσεων με πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) και της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Πίνακας 5.2). Συγκεκριμένα, η ανάλυση δείχνει

ότι οι ποικιλίες διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους, όπως φαίνεται από την τιμή F (19,323) που υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή F.05 (2,272), υποδεικνύοντας ότι οι διαφορές στο μήκος του στάχχου μεταξύ των ποικιλιών είναι στατιστικά σημαντικές.

Επιπλέον, οι μεταχειρίσεις με PEG παρουσιάζουν επίσης σημαντική επίδραση στο μήκος στάχχου, με F=12,902 που είναι μεγαλύτερο από την αντίστοιχη τιμή (F.05 = 2,652). Αυτό υποδηλώνει ότι οι διαφορετικές συγκεντρώσεις της πολυαιθυλενικής γλυκόλης επηρέασαν σημαντικά το μήκος στάχχου των φυτών. Αντίθετα, η αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών και των μεταχειρίσεων PEG δεν είναι στατιστικά σημαντική (F = 0,414 < F.05 = 1,659), υποδεικνύοντας ότι οι μεταχειρίσεις με PEG είχαν μια σχετικά παρόμοια επίδραση στις διάφορες ποικιλίες, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην ανταπόκριση των ποικιλιών στις διάφορες συγκεντρώσεις της PEG.

Πίνακας 2 Ανάλυση παραλλακτικότητας, του μήκους στάχχου με άγανα 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού, των μεταχειρίσεων και της αλληλεπίδρασής τους.

Πηγή παραλλακτικότητας	BE	AT	MT	F	F _{.05}
Επαναλήψεις	(10-1) 9	14,585	1,621	0,917	2,059
Ποικιλίες	(7-1) 6	204,822	34,137	19,323*	2,272
Σφάλμα α	(10-1)*(7-1) 54	95,398	1,767		
Μεταχείριση PEG	(4-1) 3	83,354	27,785	12,902*	2,652
Ποικιλίες χ Μεταχείριση PEG	(7-1)(4-1) 18	16,045	0,891	0,414	1,659
Σφάλμα	7(10-1)(4-1) 189	407,027	2,154		
Σύνολα	7*10*4-1 279				

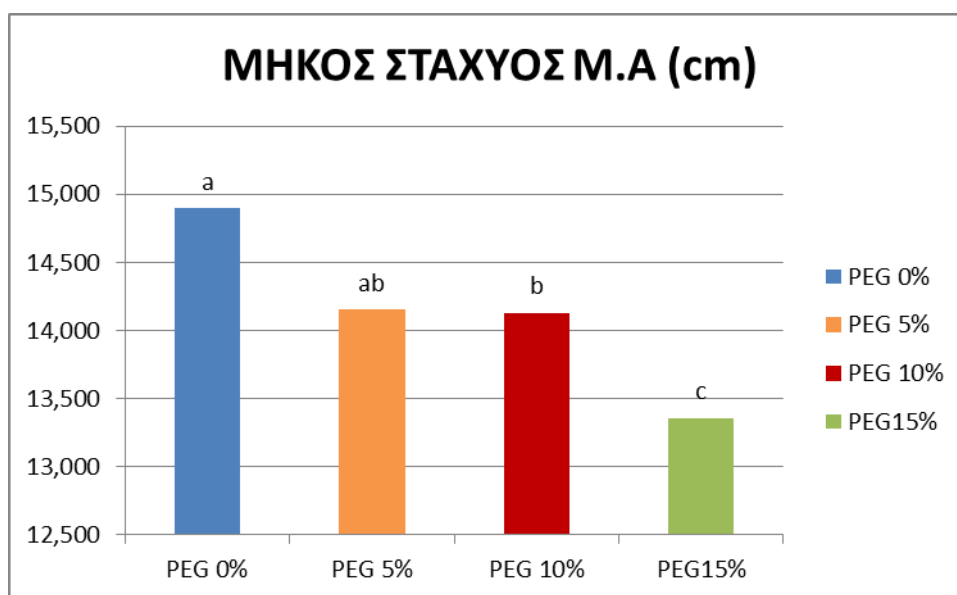
για επίπεδο σημαντικότητας P < 0.05

Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για τις ποικιλίες, τις μεταχειρίσεις και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους είναι αντίστοιχα: $LSD_{\Pi}(0.05)=0,596$, $LSD_M(0.05)=0,489$, $LSD_{\Pi*M}(0.05)=1,295$ για επίπεδο σημαντικότητας P < 0.05.



Γράφημα 3 Μήκος στάχυος με άγανα ανά ποικιλία.

Στο Γράφημα 3 φαίνεται ότι η ποικιλία Άθως παρουσίασε το μεγαλύτερο μήκος στάχυος με άγανα και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες. Η ποικιλία Θράκη εμφάνισε επίσης στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο μήκος σε σχέση με τις ποικιλίες Ελπίδα, Μεξικάλι 81 και Άννα, οι οποίες δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ενώ οι ποικιλίες Σίφνος και Παπαδάκης, οι οποίες δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους έχουν το μικρότερο μήκος στάχυος με άγανα, ενώ δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά και με τις ποικιλίες Μεξικάλι 81 81 και Άννα. Τέλος, η ποικιλία Ελπίδα αν και βρίσκεται σε ενδιάμεση θέση, διέφερε στατιστικώς από κάποιες ποικιλίες όπως η Άθως και η Θράκη.



Γράφημα 4 Μήκος στάχυος με άγανα ανά μεταχείριση.

Στο Γράφημα 4 παρατηρείται ότι η μεταχείριση PEG 0% οδήγησε στο μεγαλύτερο μήκος στάχυος με άγανα, το οποίο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η μεταχείριση PEG 5% εμφάνισε ελαφρώς μειωμένο μήκος, χωρίς όμως να διαφέρει στατιστικώς από την μεταχείριση με PEG 0%. Αντίθετα, οι μεταχειρίσεις PEG 10% και PEG 15% προκάλεσαν σημαντική μείωση στο μήκος στάχυος με άγανα, με τα φυτά που δέχτηκαν την μεταχείριση PEG 15% να εμφανίζουν το μικρότερο μήκος το οποίο διέφερε στατιστικώς σημαντικά από όλες τις άλλες μεταχειρίσεις.

4.2 Τελικό Μήκος Στάχυος χωρίς Άγανα

Το μήκος του στάχυος χωρίς τα άγανα για τις επτά ποικιλίες σκληρού σιταριού στις τέσσερις μεταχειρίσεις με πολυαιθυλενική γλυκόλη παρουσιάζεται στον Πίνακα 3. Οι συγκεντρωτικές τιμές των μέσων όρων κυμαίνονται από 4,651 cm για την ποικιλία Ελπίδα, έως 5,591 cm για την ποικιλία Θράκη, η οποία εμφανίζει το μεγαλύτερο μήκος στάχυος. Οι υπόλοιπες ποικιλίες παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές, με τις ποικιλίες Άννα, Μεξικάλι 81, Παπαδάκης και Άθως να βρίσκονται κοντά στον γενικό μέσο όρο.

Πίνακας 3 Μήκος στάχυος των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με πολυαιθυλενική γλυκόλη.

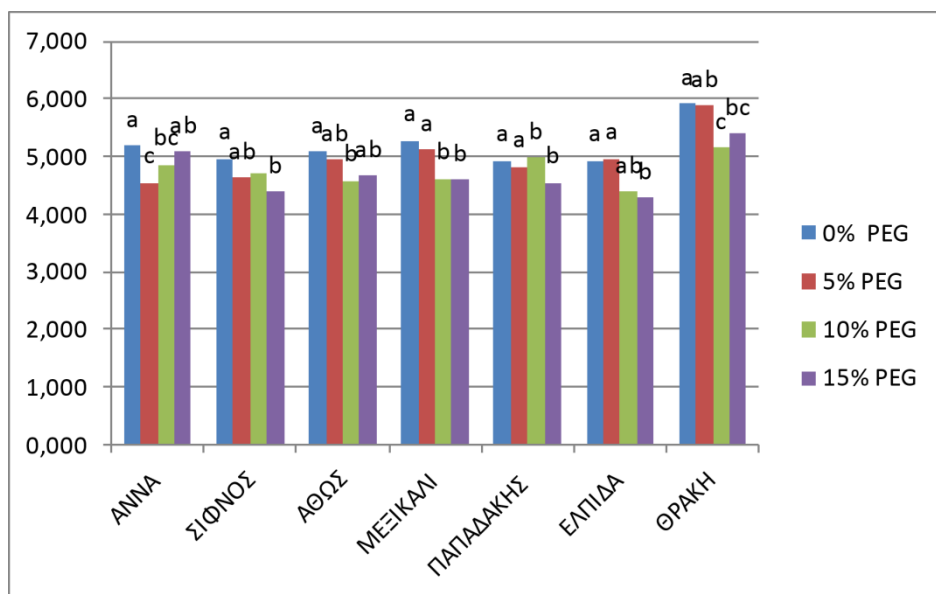
PEG	ANNA	ΣΙΦΝΟΣ	ΑΘΩΣ	ΜΕΞΙΚΑΛΙ	ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	ΕΛΠΙΔΑ	ΘΡΑΚΗ	ΜΟ PEG
0%	5,190a	4,963a	5,091a	5,283a	4,934a	4,934a	5,915a	5,187*a
5%	4,548c	4,633ab	4,950ab	5,117a	4,824a	4,967a	5,898ab	4,991b
10%	4,863bc	4,717ab	4,584b	4,617b	4,983a	4,402b	5,151c	4,760c
15%	5,099ab	4,384b	4,674ab	4,601b	4,550a	4,299b	5,400bc	4,715c
ΜΟ ΠΟΙΚ.	4,925b	4,674c	4,825bc	4,905b	4,823bc	4,651c	5,591a	

*Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$.

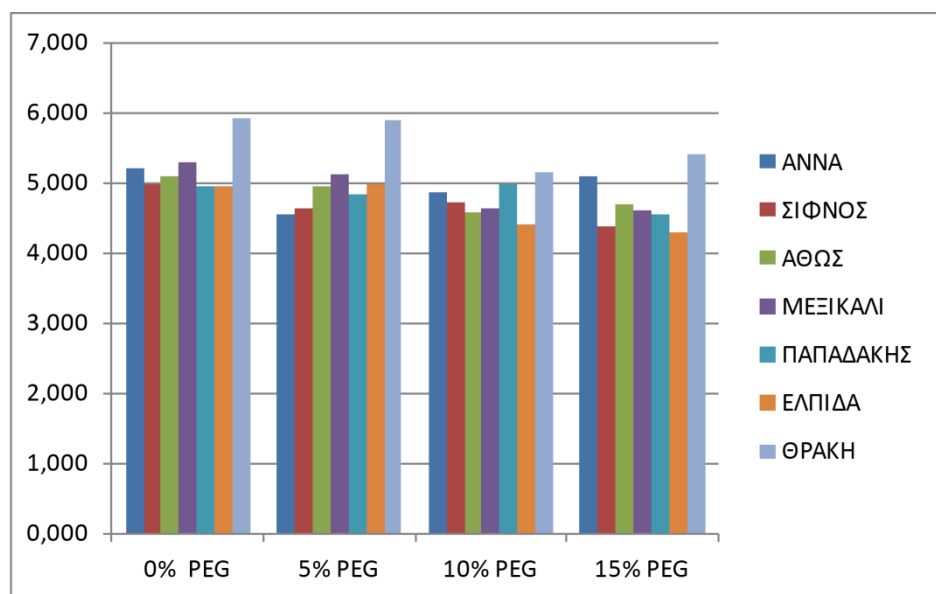
Από τον μέσο όρο των μεταχειρίσεων προκύπτει ότι το μεγαλύτερο μήκος στάχυος (5,187 εκ.) εμφάνισαν τα φυτά του μάρτυρα τα οποία δεν είχαν υποβληθεί σε επεξεργασία με πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG). Άρα συμπεραίνεται ότι η υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από την πολυαιθυλενική γλυκόλη, οδήγησε σε στατιστικώς σημαντική μείωση του μήκους του στάχυος στα φυτά και η μείωση αυτή συμβάδιζε με την αύξηση της συγκέντρωσης της PEG στο υδατικό διάλυμα ποτίσματος.

Η αντίδραση της κάθε ποικιλίας στις διαφορετικές συγκεντρώσεις πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) ποικίλλει, επιβεβαιώνοντας την επίδραση του γενοτύπου στην απόκριση των φυτών στην υδατική καταπόνηση. Όπως φαίνεται στο γράφημα 5, παρατηρείται γενικά μια μείωση στο μήκος του στάχυος καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση της PEG. Ωστόσο, οι αντιδράσεις των ποικιλιών διαφέρουν: στην περίπτωση των ποικιλιών Θράκης, Ελπίδας, Μεξικάλι 81, Σίφνος, τα φυτά του μάρτυρα (0% PEG) και της χαμηλότερης συγκέντρωσης PEG (5%) παρουσιάζουν το μεγαλύτερο μήκος στάχυος, ενώ οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις PEG (10% και 15%) οδηγούν σε στατιστικά σημαντική μείωση του μήκους του στάχυος. Αντίθετα, στην ποικιλία Άννα το μέγιστο μήκος στάχυος εμφανίζεται στα φυτά του μάρτυρα και με μικρή διαφορά αλλά όχι στατιστικώς σημαντική στα φυτά που υπέστησαν την επεξεργασία με PEG 15%, ενώ το μικρότερο μήκος στάχυος εμφανίζεται στα φυτά που έχουν υποβληθεί στη μεταχείριση με 5% PEG. Αντίστοιχα στην ποικιλία Άθως το μέγιστο μήκος στάχυος εμφανίζεται στα φυτά του μάρτυρα και με μικρή διαφορά αλλά όχι στατιστικώς σημαντική στα φυτά που υπέστησαν την επεξεργασία με PEG 5% και 15%, ενώ το μικρότερο μήκος στάχυος εμφανίζεται στα φυτά που έχουν υποβληθεί στη μεταχείριση με 10% PEG η οποία δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τις μεταχειρίσεις με PEG 5% και 15%. Τέλος, στην ποικιλία

Παπαδάκης παρόλο που το μικρότερο μήκος στάχους καταγράφηκε στα φυτά που υπέστησαν μεταχείριση με PEG 15%, η επέμβαση με πολυαιθυλενική γλυκόλη δεν προκάλεσε κάποια στατιστικώς σημαντική μεταβολή στο μήκος στάχους χωρίς άγανα. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ο γενότυπος είναι ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζει την αντίδραση των φυτών στην υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από πολυαιθυλενική γλυκόλη.



Γράφημα 5 Μήκος στάχους ανά ποικιλία και μεταχείριση.



Γράφημα 6 Μήκος στάχους ανά μεταχείριση και ποικιλία.

Το Γράφημα 6 απεικονίζει το μήκος στάχους ανά μεταχείριση (συγκέντρωση PEG) και ποικιλία σιταριού. Συνολικά, φαίνεται ότι το μήκος στάχους μειώνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG), μια ένδειξη ότι η υδατική καταπόνηση επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών.

Γενικά, παρατηρείται πως η υδατική καταπόνηση που προκύπτει από την αύξηση της συγκέντρωσης PEG επηρεάζει αρνητικά το μήκος στάχους, με τις διάφορες ποικιλίες να παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στις συγκεντρώσεις. Οι ποικιλίες 'Σίφνος' και 'Ελπίδα' δείχνουν πιο έντονη μείωση, ενώ η 'Θράκη' φαίνεται πιο ανθεκτική στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) (Πίνακας 4) αποδεικνύονται οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, των μεταχειρίσεων και της αλληλεπίδρασης μεταξύ ποικιλιών και μεταχειρίσεων ($F_{\Pi}=16,167>F_{.05}=2,272$, $F_M=13,664>F_{.05}=2,652$ και $F_{\Pi \times M}=1,919>F_{.05}=1,659$ αντίστοιχα, για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

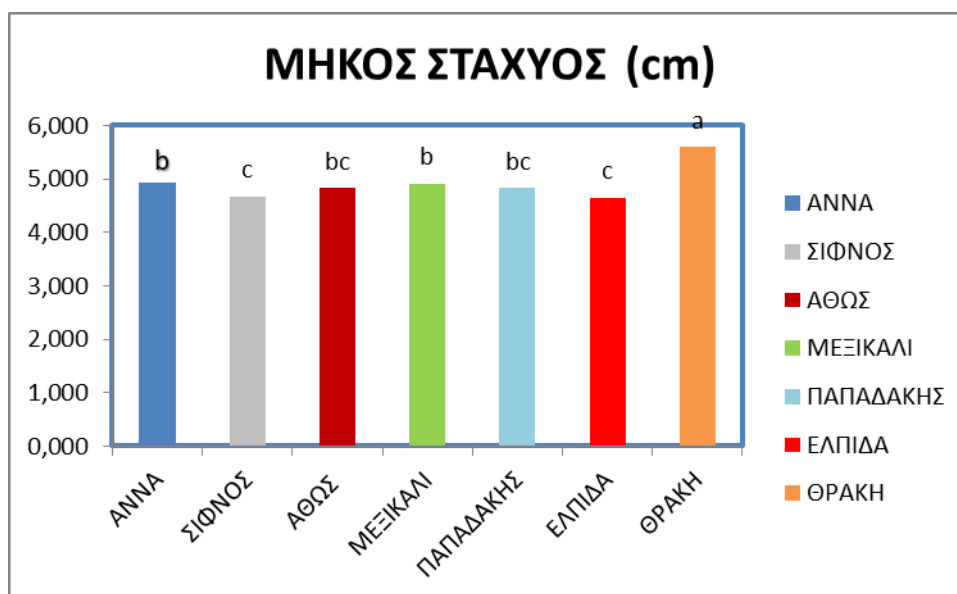
Πίνακας 4. Ανάλυση παραλλακτικότητας, του μήκους στάχους χωρίς άγανα 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού.

Πηγή παραλλακτικότητας	BE	AT	MT	F	F _{.05}
Επαναλήψεις	(10-1) 9	0,787	0,087	0,352	2,059
Ποικιλίες	(7-1) 6	24,070	4,012	16,167*	2,272
Σφάλμα α	(10-1)*(7-1) 54	13,399	0,248		
Μεταχείριση PEG	(4-1) 3	10,071	3,357	13,664*	2,652
Ποικιλίες χ Μεταχείριση PEG	(7-1)(4-1) 18	8,486	0,471	1,919*	1,659
Σφάλμα	7(10-1)(4-1) 189	46,434	0,246		
Σύνολα	7*10*4-1 279				

Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για τις ποικιλίες, τις μεταχειρίσεις και την αλληλεπίδρασή τους έχουν τιμές: $LSD_{\Pi}(0.05)=0,223$, $LSD_M(0.05)=0,165$, $LSD_{\Pi \times M}(0.05)=0,438$ για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

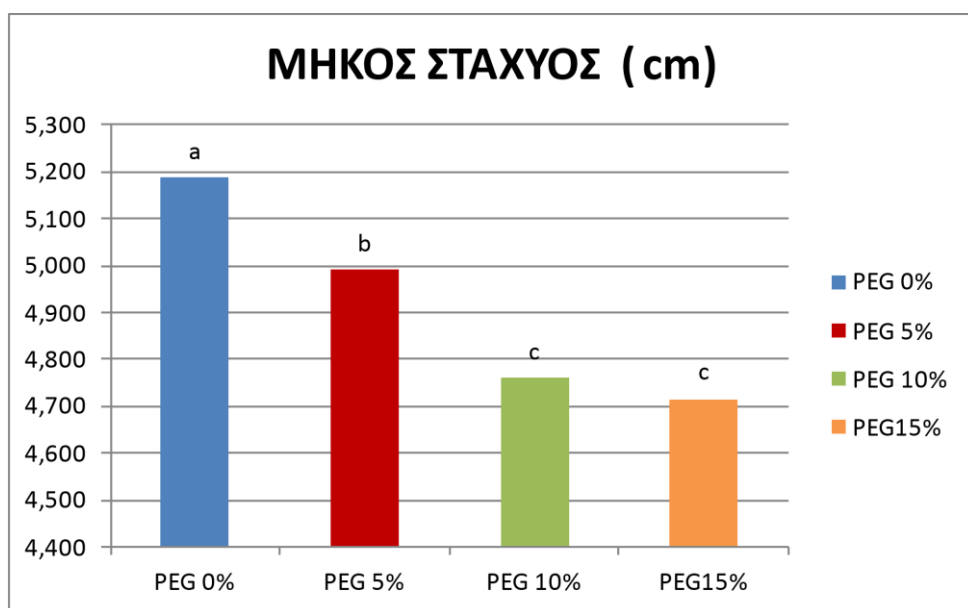
Σύμφωνα με το Γράφημα 7, οι ποικιλίες Σίφνος και Ελπίδα, εμφανίζουν το μικρότερο μήκος στάχους και δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους όπως και με τις ποικιλίες Άθως και Παπαδάκη, ενώ διαφέρουν από όλες τις υπόλοιπες. Επίσης, οι

ποικιλίες Άθως και Παπαδάκης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και με την ποικιλία Άννα. Ωστόσο το μεγαλύτερο μήκος στάχους εμφανίζει η ποικιλία Θράκη, η οποία διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλες τις ποικιλίες.



Γράφημα 7. Μήκος στάχους ανά ποικιλία.

Στο Γράφημα 8 παρουσιάζεται η συνολική αντίδραση των ποικιλιών στις διαφορετικές συγκεντρώσεις πολυαιθυλενικής γλυκόλης, με το μήκος του στάχους ανά μεταχείριση, να μειώνεται σταδιακά από την επέμβαση με PEG 0% (μάρτυρας) προς τις υψηλότερες συγκεντρώσεις PEG 5%, 10%, και 15%.



Γράφημα 8. Μήκος στάχυος ανά μεταχείριση.

4.3 Ύψος φυτού

Το ύψος των φυτών των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού παρουσίασε μεγάλο εύρος διακύμανσης. Το μέσο ύψος των φυτών των υπό μελέτη ποικιλιών κυμάνθηκε από 60,352 cm για την ποικιλία Παπαδάκης έως 84,225 cm για την ποικιλία Άθως. Την ποικιλία Άθως ακολουθεί η ποικιλία Θράκη με ύψος 71,674 cm, και ακολουθούν με ενδιάμεσες τιμές οι ποικιλίες Ελπίδα με 64,400 cm, Άννα με 63,625 cm, Σίφνος με 63,750 cm και Μεξικάλι 81 με 60,691 cm. Διαπιστώνεται από τον Πίνακα 5 ότι τα φυτά που δεν δέχτηκαν υδατική καταπόνηση (0% PEG) είχαν το μεγαλύτερο ύψος (70,211 cm), ενώ ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά οι μεταχειρίσεις με 5% (66,885 cm) και 10% PEG (67,033 cm). Το μικρότερο ύψος εμφανίζεται στη μεταχείριση με 15% PEG (63,709 cm).

Πίνακας 5. Ύψος φυτού των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού στις 4 μεταχειρίσεις με PEG.

PEG	ANNA	ΣΙΦΝΟΣ	ΑΘΩΣ	ΜΕΞΙΚΑΛΙ	ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	ΕΛΠΙΔΑ	ΘΡΑΚΗ	ΜΟ PEG
0%	65,734a	64,267a	88,867a	60,466ab	64,240a	68,766a	79,134a	70,211*a
5%	65,633ab	65,033a	80,433b	65,533a	59,700ab	58,801b	73,065b	66,885b
10%	64,600b	66,833a	84,333ab	58,166b	60,066ab	66,732a	68,498bc	67,033b
15%	58,534c	58,867b	83,266ab	58,600b	57,400b	63,299ab	65,999c	63,709c
ΜΟ ΠΟΙΚ.	63,625cd	63,750cd	84,225a	60,691de	60,352e	64,400c	71,674b	

*Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$

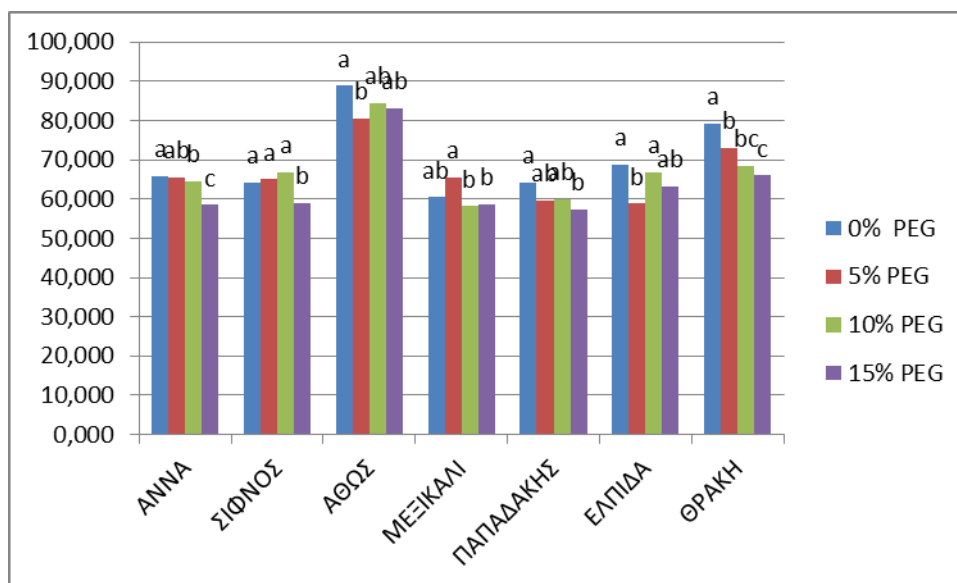
Η επίδραση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης στο ύψος των φυτών προκύπτει από τα μέσα ύψη των επτά ποικιλιών στις διαφορετικές συγκεντρώσεις της PEG. Διαπιστώνεται ότι τα φυτά του μάρτυρα (0% PEG), τα οποία αρδεύονταν μόνο με νερό, εμφάνισαν το μέγιστο μέσο ύψος ίσο με 70,211 cm. Η υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από τη χρήση PEG σε συγκεντρώσεις 5%, 10%, και 15% επηρέασε αρνητικά το ύψος των φυτών. Συγκεκριμένα, τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με PEG 5% και 10% παρουσίασαν προοδευτική μείωση στο ύψος τους, ενώ το μικρότερο μέσο ύψος, ίσο με 63,709 cm, καταγράφηκε στα φυτά που υπέστησαν μεταχείριση με PEG 15% (Πίνακας 5).

Η αντίδραση κάθε ποικιλίας στις μεταχειρίσεις με τα διαλύματα PEG είναι διαφορετική, όπως διαπιστώθηκε και στα άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν. Αυτό επιβεβαιώνει ότι ο γενότυπος επηρεάζει την αντίδραση των φυτών στην υδατική καταπόνηση. Οι παρατηρήσεις καταδεικνύουν ότι ορισμένες ποικιλίες παρουσίασαν σταδιακή μείωση του ύψους των φυτών με την αύξηση των συγκεντρώσεων της PEG στο διάλυμα.

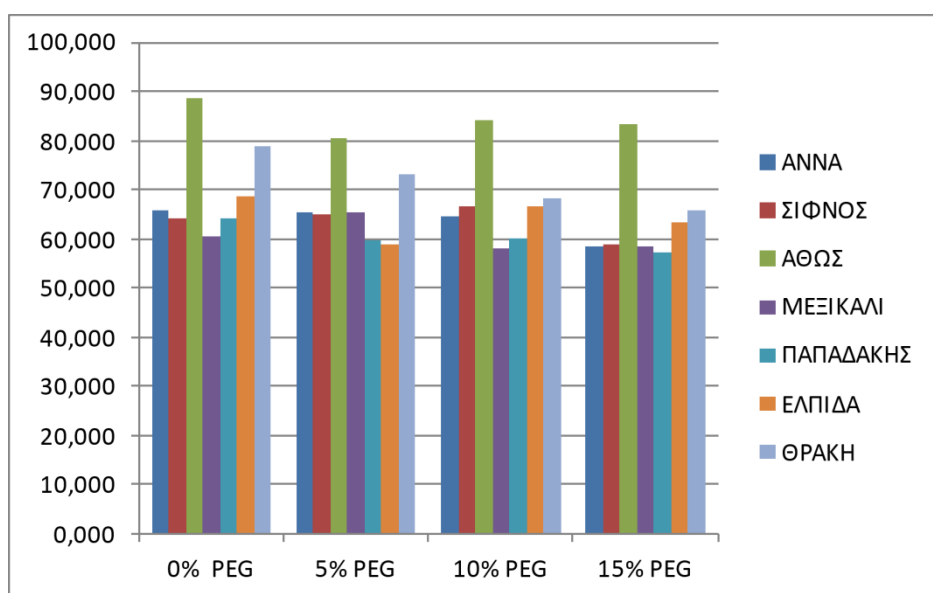
Στην ποικιλία Παπαδάκης η εφαρμογή πολυαιθυλενικής γλυκόλης προκάλεσε στατιστικώς σημαντική μείωση του ύψους των φυτών με την αύξηση της συγκέντρωσης της PEG από 0 έως 15%, ενώ δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών του μάρτυρα και των φυτών που δέχτηκαν μεταχείριση PEG 5% και 10%. Αντίθετα, στην ποικιλία ΜΕΞΙΚΑΛΙ 81, η μικρή συγκέντρωση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης (5%) δεν προκάλεσε στατιστικώς σημαντική μείωση του ύψους των φυτών, ενώ οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (10% και 15%) επέφεραν σταδιακή και στατιστικώς σημαντική μείωση του ύψους των φυτών. Ειδικά, η ποικιλία Άθως παρουσιάζει το στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο ύψος, ακόμα και με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις PEG, σε σύγκριση με άλλες ποικιλίες (Πίνακας 5).

Στην ποικιλία Ελπίδα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μείωση του ύψους των φυτών η οποία όμως δεν είναι στατιστικώς σημαντική, ενώ το στατιστικώς σημαντικά μικρότερο ύψος εμφανίζεται στην μεταχείριση με 5% PEG, το οποίο όμως δεν διαφέρει με την επεξεργασία 15% PEG. Η ποικιλία Θράκη εμφάνισε το μεγαλύτερο ύψος στα φυτά του μάρτυρα (79,134 cm), με στατιστικώς σημαντικά μειωμένο ύψος στις μεταχειρίσεις 5% και 10% οι οποίες δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους και ακόμη μικρότερο ύψος στη μεταχείριση με 15% PEG που δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με την PEG 10%.

Στην ποικιλία Σίφνος τα φυτά που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με 10% PEG παρουσίασαν το μεγαλύτερο ύψος, ακόμη και σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα, ενώ στατιστικώς σημαντικά το μικρότερο ύψος καταγράφηκε στα φυτά στα οποία που υπέστησαν επεξεργασία με 15% PEG (Πίνακας 5, Γράφημα 9).



Γράφημα 9. Ύψος φυτού ανά ποικιλία και μεταχείριση.



Γράφημα 10. Ύψος φυτού ανά μεταχείριση και ποικιλία.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται η ανάλυση παραλλακτικότητας όσον αφορά το ύψος των φυτών των επτά ποικιλιών μετά την εφαρμογή PEG, όπου διαπιστώνονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των ποικιλιών και των μεταχειρίσεων, όσο και στην αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των παραγόντων ($F_{\Pi}=55,592 > F_{.05}=2.272$ $F_M=11,712 > F_{.05}=2.652$ $F_{\Pi \times M}=2,308 > F_{.05}=1,659$ αντίστοιχα για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

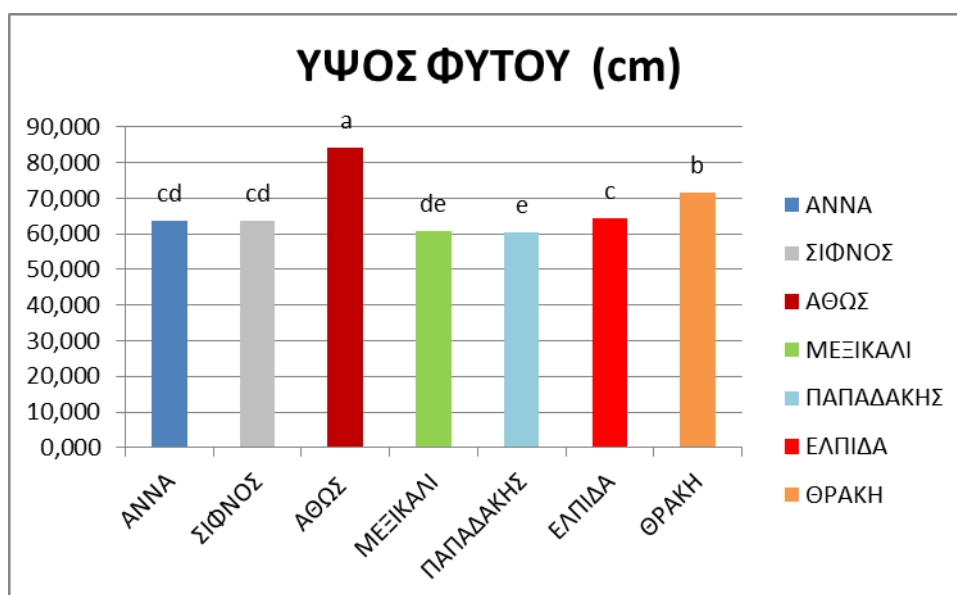
Πίνακας 6. Ανάλυση παραλλακτικότητας, του ύψους φυτών των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού.

Πηγή παραλλακτικότητας	BE	AT	MT	F	F _{.05}
Επαναλήψεις	(10-1) 9	577,497	64,166	1,241	2,059
Ποικιλίες	(7-1) 6	17.249,748	2874,958	55,592*	2,272
Σφάλμα α	(10-1)*(7-1) 54	2.792,610	51,715		
Μεταχείριση PEG	(4-1) 3	1.480,093	493,364	11,712*	2,652
Ποικιλίες χ Μεταχείριση PEG	(7-1)(4-1) 18	1749,818	97,212	2,308*	1,659
Σφάλμα	7(10-1)(4-1) 189	7.961,779	42,126		
Σύνολα	7*10*4-1 279				

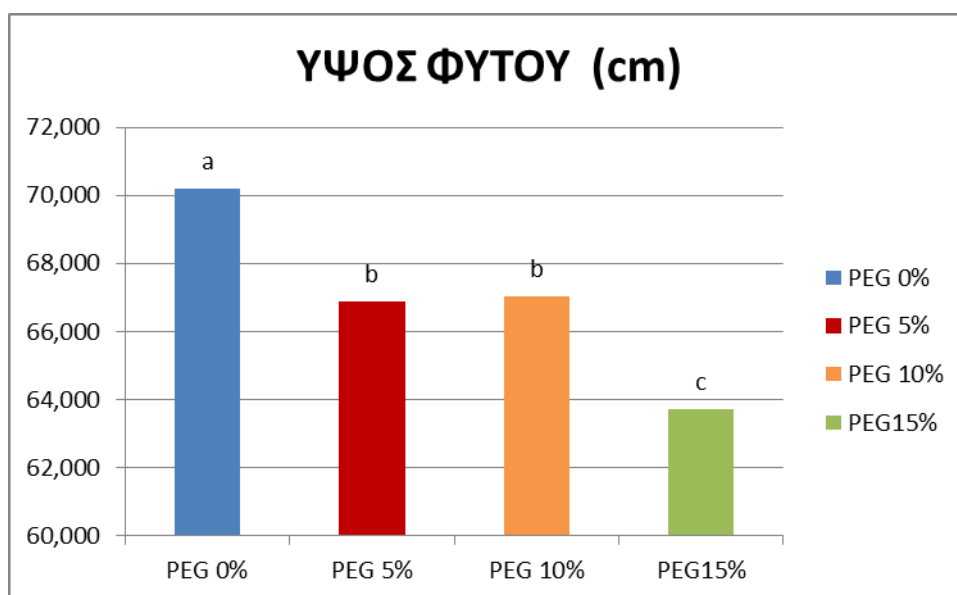
Για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$

Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για τις ποικιλίες, τις μεταχειρίσεις και την αλληλεπίδρασή τους έχει τιμή: $LSD_{\Pi}(0.05)=3,220$, $LSD_M(0.05)=2,165$, $LSD_{\Pi \times M}(0.05)=5,727$ για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$

Όσον αφορά το ύψος των φυτών η πίεση ξηρασίας που προκλήθηκε από τη χρήση διαλυμάτων πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) σε διάφορες συγκεντρώσεις επηρέασε αρνητικά το ύψος των φυτών. Σύμφωνα με το Γράφημα 11, η ποικιλία Άθως παρουσίασε το μεγαλύτερο ύψος. Η μείωση που προκλήθηκε από την υδατική καταπόνηση με PEG ήταν στατιστικώς σημαντική. Τα φυτά παρουσίασαν προοδευτική μείωση στο ύψος και το μικρότερο ύψος παρουσίασαν τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με 15% PEG (Γράφημα 12).



Γράφημα 11. Ύψος φυτού ανά ποικιλία.



Γράφημα 12. Ύψος φυτού ανά μεταχείριση.

4.4 Συγκέντρωση προλίνης

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των φυτών σε προλίνη και πιο συγκεκριμένα οι μέσοι όροι για κάθε ποικιλία σε όλες τις μεταχειρίσεις. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι η ποικιλία στην οποία καταγράφηκε η μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης ύστερα από την προκληθείσα υδατική καταπόνηση με PEG ήταν η

ποικιλία Άθως με τιμή 0,469 mmol/g ξηρού βάρους και η Ελπίδα 0,460mmol/g ξηρού βάρους. Αντίθετα, η ποικιλία ΜΕΞΙΚΑΛΙ 81 εμφάνισε τη χαμηλότερη τιμή, ίση με 0,111 mmol/g ξηρού βάρους. Ενδιάμεσες τιμές παρουσίασαν οι ποικιλίες Άννα, Θράκη και Παπαδάκης με 0,314, 0,294 και 0,223 αντίστοιχα. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8 οι επτά ποικιλίες του πειράματος διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά ως προς την περιεκτικότητά τους σε προλίνη.

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα σε προλίνη των 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού για τις 4 μεταχειρίσεις με PEG σε (mmol/g ξηρού βάρους).

PEG	ANNA	ΣΙΦΝΟΣ	ΑΘΩΣ	ΜΕΞΙΚΑΛΙ	ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	ΕΛΠΙΔΑ	ΘΡΑΚΗ	ΜΟ PEG
0%	0,215d	0,051d	0,075d	0,043d	0,127d	0,134d	0,172d	0,117*d
5%	0,300c	0,286c	0,415c	0,078c	0,179c	0,229c	0,211c	0,242c
10%	0,339b	0,360b	0,657b	0,117b	0,250b	0,691b	0,306b	0,388b
15%	0,404a	0,492a	0,727a	0,204a	0,337a	0,788a	0,489a	0,492a
ΜΟ ΠΟΙΚ.	0,314b	0,297c	0,469a	0,111e	0,223d	0,460a	0,294c	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$

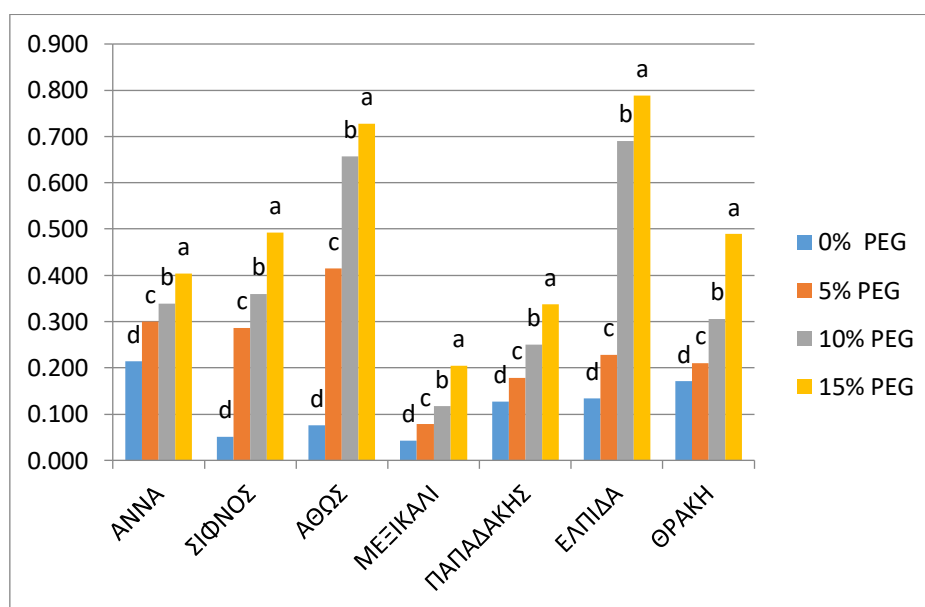
Αναλύοντας τους μέσους όρους που αφορούν το σύνολο των ποικιλιών και μεταχειρίσεων διαπιστώθηκε ότι η καταπόνηση της ξηρασίας οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης της προλίνης στα φυτά που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία πολυαιθυλενικής γλυκόλης σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή προλίνης παρατηρήθηκε στα φυτά που δέχτηκαν την επεξεργασία με 15% PEG με τιμή 0,492 mmol/g ξηρού βάρους. Ακολουθούν τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με 10% PEG με τιμή 0,388mmol/g ξηρού βάρους, και τέλος αυτά που έχουν υποστεί μεταχείριση με 5% PEG με μέση τιμή 0,242 mmol/g ξηρού βάρους (Πίνακας 7, Γράφημα 14).

Από τον Πίνακα 7 ανακύπτει ότι οι επτά ποικιλίες αντέδρασαν στην πίεση λόγω της έλλειψης νερού και παρουσίασαν αναλογική αύξηση στη συγκέντρωση της προλίνης, καθώς η συγκέντρωση της PEG στα διαλύματα άρδευσης αυξάνονταν, με τη μέγιστη συγκέντρωση να παρατηρείται κατά τη μεταχείριση με 15% PEG.

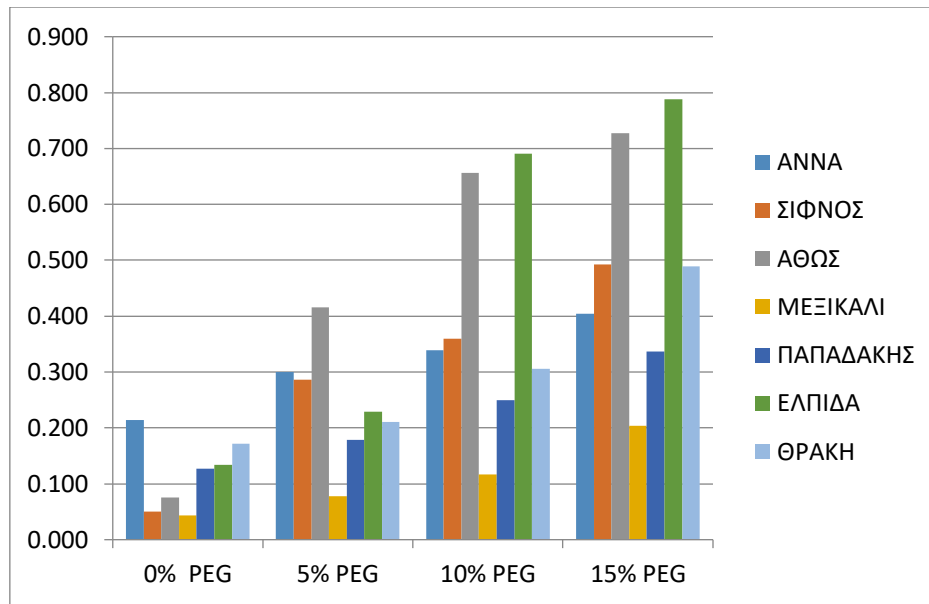
Στην ποικιλία Άννα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης καθώς η συγκέντρωση PEG αυξανόταν από 0 σε 5%, και ακολούθως σε 10 % και 15%, με τη μεγαλύτερη τιμή να καταγράφεται κατά την επεξεργασία με 15% PEG (0,404mmol/g ξηρού βάρους). Στις ποικιλίες Σίφνος και Άθως, παρατηρήθηκε επίσης μια

στατιστικώς σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης με την αύξηση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης, με τη μεγαλύτερη τιμή της προλίνης στη συγκέντρωση 15% PEG (0,492mmol/g ξηρού βάρους και 0,727mmol/gξηρού βάρους αντίστοιχα). Επίσης οι ποικιλίες Μεξικάλι 81, Παπαδάκης, Ελπίδα και Θράκη εμφανίζουν αύξηση της τιμής τις προλίνης αντίστοιχα με την αύξηση της συγκέντρωσης της πολυαιθυλενικής γλυκόλης 5% 10% και 15% PEG, και πιο συγκεκριμένα, η μικρότερη τιμή προλίνης παρουσιάζεται στα φυτά του μάρτυρα και αυξάνεται στατιστικώς σημαντικά στις μεταχειρίσεις PEG 5% και 10% αντίστοιχα, με μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης στην μεταχείριση με 15% PEG. (Πίνακας 7, Γράφημα 13).

Συνεπώς, όλες οι ποικιλίες παρουσίασαν την μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης στην μεταχείριση με 15%, με φθίνουσα τάση στις συγκεντρώσεις 10%, 5% και στον μάρτυρα. Μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης στην επέμβαση με 15% PEG παρατηρήθηκε στις ποικιλίες Άθως (0,727mmol/g ξηρού βάρους) και Ελπίδα (0,788mmol/g ξηρού βάρους), ενώ ακολουθούν οι ποικιλίες Σίφνος και Θράκη με 0,492 και 0,489mmol/g ξηρού βάρους αντίστοιχα. Οι ποικιλίες Άθως και Ελπίδα εμφανίζουν και τον μεγαλύτερο MO για όλες τις μεταχειρίσεις. Είναι προφανές ότι ο γενότυπος είχε σημαντική επίδραση σε αυτό το χαρακτηριστικό.



Γράφημα 13. Συγκέντρωση προλίνης ανά ποικιλία και μεταχείριση (mmol/g ξηρού βάρους).



Γράφημα 14. Συγκέντρωση προλίνης ανά μεταχείριση και ποικιλία (mmol/g ξηρού βάρους).

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) (Πίνακας 8) διαπιστώνεται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, των μεταχειρίσεων και της αλληλεπίδρασης μεταξύ ποικιλιών και μεταχειρίσεων. ($F_{Π}=1095,730 > F_{.05}=2,272$, $F_M=2395,719 > F_{.05}=2,652$ και $F_{ΠΧΜ}=164,518 > F_{.05}=1,659$ αντίστοιχα, για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$).

Πίνακας 8. Ανάλυση παραλλακτικότητας, συγκέντρωσης προλίνης 7 ποικιλιών σκληρού σιταριού.

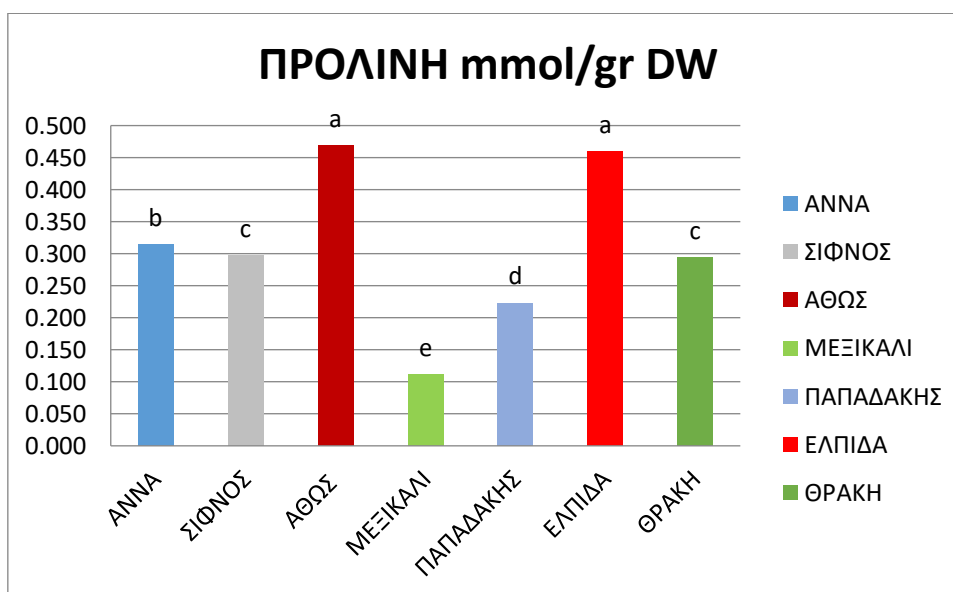
Πηγή παραλλακτικότητας	BE	AT	MT	F	F _{.05}	
Επαναλήψεις	(10-1)	9	0,006	0,001	1,216	2,059
Ποικιλίες	(7-1)	6	3,819	0,637	1095,730*	2,272
Σφάλμα α	(10-1)*(7-1)	54	0,031	0,001		
Μεταχείριση PEG	(4-1)	3	5,680	1,893	2395,719*	2,652
Ποικιλίες χ Μεταχείριση PEG	(7-1)(4-1)	18	2,340	0,130	164,518*	1,659
Σφάλμα	7(10-1)(4-1)	189	0,149	0,001		
Σύνολα	7*10*4-1	279				

για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για τις ποικιλίες, τις μεταχειρίσεις και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση είναι: $LSD_{Π}(0.05)=0,014$, $LSD_M(0.05)=0,010$ και $LSD_{Π*Μ}(0.05)=0,028$ για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

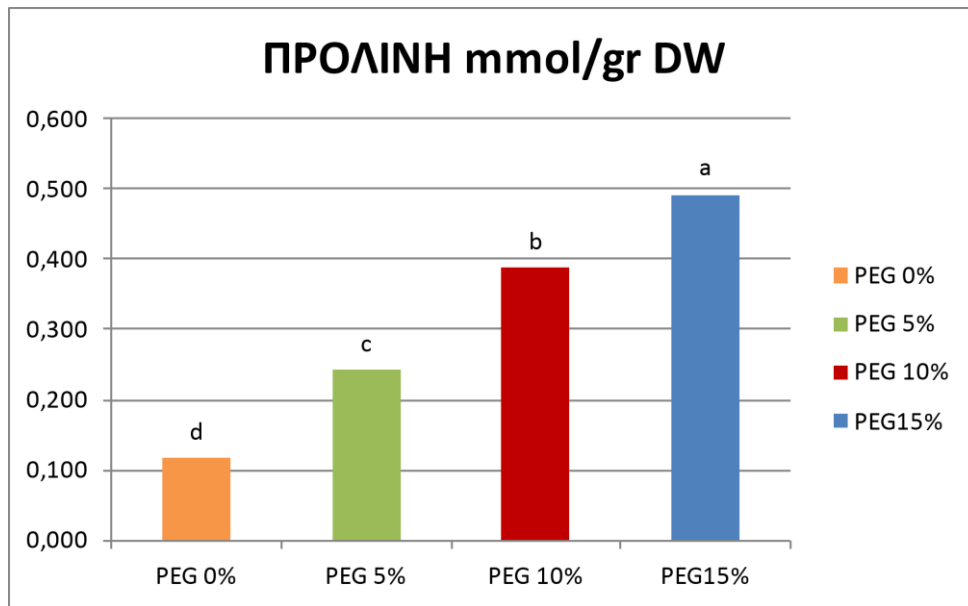
Σύμφωνα με το Γράφημα 15, οι ποικιλίες Άθως (0,469 mmol/g ξηρού βάρους), και Ελπίδα (0,460 mmol/g ξηρού βάρους) παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης προλίνης και δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους αλλά διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από όλες τις άλλες ποικιλίες του πειράματος. Αντίθετα, η ποικιλία ΜΕΞΙΚΑΛΙ 81 κατέγραψε τη στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση προλίνης. Η ποικιλία Άννα ακολουθεί, με την αμέσως μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης. Αντιθέτως, η Σίφνος και η Θράκη δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ενώ διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από όλες τις άλλες.

Έτσι λοιπόν διαπιστώνεται ότι όσον αφορά τις επεμβάσεις με διαφορετικές συγκεντρώσεις πολυαιθυλενικής γλυκόλης, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση προλίνης μεταξύ των ποικιλιών, υποδεικνύοντας την επίδραση της ξηρασίας στην παραγωγή αυτού του αμινοξέος.



Γράφημα 15. Συγκέντρωση προλίνης ανά ποικιλία.

Ενώ στο Γράφημα 16 απεικονίζεται η συγκέντρωση της προλίνης ανά μεταχείριση με πολυαιθυλενική γλυκόλη και φαίνονται οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων με την μικρότερη συγκέντρωση προλίνης να εμφανίζεται στον μάρτυρα η οποία αυξάνεται στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις PEG.



Γράφημα 16. Συγκέντρωση προλίνης ανά μεταχείριση.

4.5. Απόδοση σε σπόρο

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η απόδοση σε σπόρο των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού υπό διαφορετικές συγκεντρώσεις πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG). Οι μέσες τιμές ξηράς μάζας ποικίλλουν στατιστικώς σημαντικά ανάλογα με τη συγκέντρωση PEG, με την απόδοση να μειώνεται καθώς η συγκέντρωση της PEG αυξάνεται. Αυτό υποδηλώνει ότι η υδατική καταπόνηση επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών.

Στη μεταχείριση με 0% PEG (μάρτυρας), η ποικιλία Παπαδάκης παρουσίασε την υψηλότερη απόδοση σε σπόρο με 5,974 g, ενώ η ποικιλία Άθως είχε την χαμηλότερη με 4,879 g. Με τη συγκέντρωση PEG στο 5%, παρατηρείται σημαντική πτώση στην απόδοση για τις περισσότερες ποικιλίες. Η ποικιλία Άθως καταγράφει τη μεγαλύτερη μείωση όλων των ποικιλιών, φθάνοντας μόλις 3,587g, που είναι η χαμηλότερη τιμή στον πίνακα για PEG 5%.

Στη συγκέντρωση PEG10%, η ποικιλία Σίφνος δείχνει τη μικρότερη απόδοση, με μόλις 2,875 g. Αντίθετα, η ποικιλία Άθως καταγράφει μια σχετικά καλύτερη απόδοση με 4,496 g. Με την αύξηση της συγκέντρωσης της PEG στο 15%, όλες οι ποικιλίες δείχνουν περαιτέρω μείωση της απόδοσης. Η ποικιλία Σίφνος καταγράφει την ελάχιστη απόδοση με 1,031 g, ενώ η ποικιλία Θράκη και Άννα παρουσιάζουν την καλύτερη απόδοση στην συγκέντρωση αυτή με 4,542 g και 4,494g αντίστοιχα.

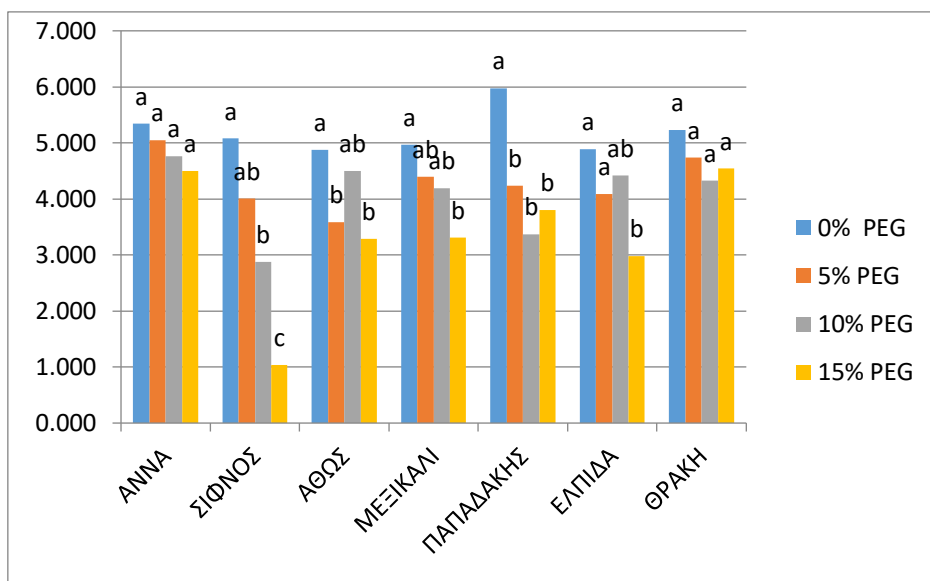
Οι ποικιλίες Άννα και Θράκη, παρουσίασαν μεγαλύτερη απόδοση στον μάρτυρα (5,343g και 5,225g αντίστοιχα), ενώ η επέμβαση με πολυαιθυλενική γλυκόλη δεν προκάλεσε κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά στην απόδοση. Στην ποικιλία Σίφνος η μικρή συγκέντρωση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης δεν προκάλεσε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην απόδοση των φυτών ενώ οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις επέφεραν σταδιακή στατιστικώς σημαντική μείωση με απόδοση 1.031g στην PEG 15%. Στην ποικιλία Άθως ο μάρτυρας διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά που έχουν υποστεί μεταχείριση με PEG 5% και 15% ενώ αντίθετα δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά που είχαν υποστεί μεταχείριση με PEG 10%. Η ποικιλία Μεξικάλι 81 εμφάνισε την μεγαλύτερη απόδοση στα φυτά του μάρτυρα ενώ την στατιστικώς σημαντικά μικρότερη απόδοση παρουσίασαν τα φυτά που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με PEG 15%. Στην ποικιλία Παπαδάκης ο μάρτυρας είχε στατιστικώς σημαντικά την υψηλότερη απόδοση, ενώ η απόδοση στις συγκεντρώσεις 5%, 10% και 15% PEG ήταν στατιστικώς σημαντικά μειωμένη σε σχέση μόνο με τον μάρτυρα. Στην Ελπίδα τα φυτά του μάρτυρα και τα φυτά στα οποία έγινε επέμβαση με PEG 5% και 10% δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ ως προς την απόδοση ενώ επήλθε περαιτέρω μείωση στατιστικώς σημαντική στην συγκέντρωση PEG 15%, η οποία δεν διέφερε με τα φυτά της μεταχείρισης 5% PEG. Οι μέσες τιμές ανά ποικιλία υποδεικνύουν ότι η ποικιλία Άννα έχει τη μεγαλύτερη μέση απόδοση σε σπόρο με 4,911 g, ενώ η Σίφνος έχει τη χαμηλότερη με μέση απόδοση 3,249g.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η απόδοση σε σπόρο επηρεάζεται αρνητικά από την υδατική καταπόνηση που προκαλείται από τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις PEG. Κάθε ποικιλία αντιδρά διαφορετικά στις μεταχειρίσεις, υποδεικνύοντας ότι ο γενότυπος έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση των φυτών υπό συνθήκες ξηρασίας.

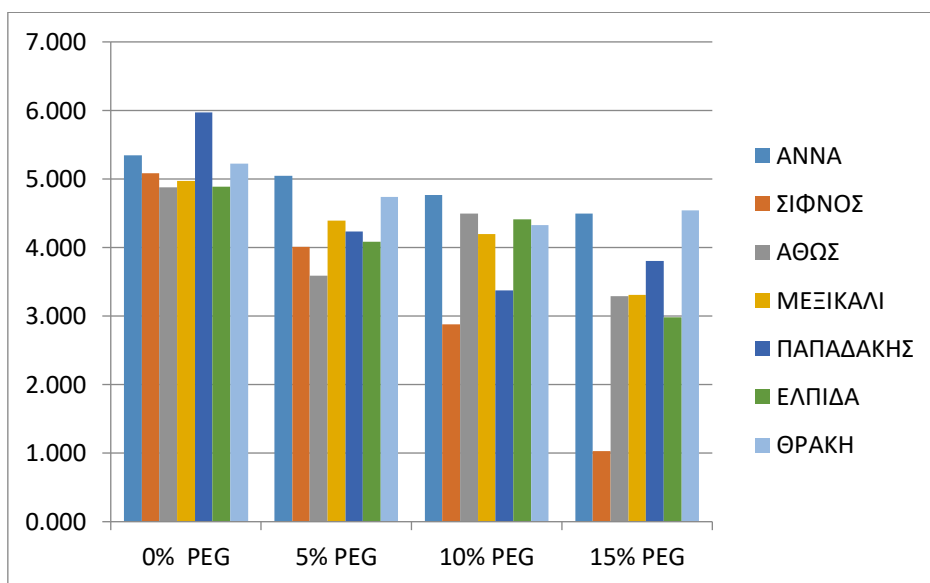
Πίνακας 9. Απόδοση ξηράς μάζας των επτά ποικιλιών σκληρού σιταριού.

PEG	ANNA	ΣΙΦΝΟΣ	ΑΘΩΣ	ΜΕΞΙΚΑΛΙ	ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	ΕΛΠΙΔΑ	ΘΡΑΚΗ	ΜΟ PEG
0%	5,343a	5,081a	4,879a	4,972a	5,974a	4,891a	5,225a	5,195*a
5%	5,047a	4,010ab	3,587b	4,391ab	4,230b	4,089ab	4,734a	4,298b
10%	4,762a	2,875b	4,496ab	4,193ab	3,372b	4,414a	4,323a	4,062b
15%	4,494a	1,031c	3,289b	3,309b	3,801b	2,978b	4,542a	3,349c
ΜΟ ΠΟΙΚ.	4,911a	3,249c	4,062b	4,216b	4,344ab	4,093b	4,706ab	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για $P < 0.05$.



Γράφημα 17 Απόδοση σε σπόρο ανά ποικιλία και μεταχείριση.



Γράφημα 18. Απόδοση σε σπόρο ανά μεταχείριση και ποικιλία.

Πίνακας 10. Ανάλυση παραλλακτικότητας απόδοσης σε σπόρο.

Πηγή παραλλακτικότητας	BE	AT	MT	F	F .05	
Επαναλήψεις	(10-1)	9	31,515	3,502	1,589	2,059
Ποικιλίες	(7-1)	6	68,507	11,418	5,183*	2,272
Σφάλμα α	(10-1)*(7-1)	54	118,965	2,203		
Μεταχείριση PEG	(4-1)	3	121,768	40,589	19,931*	2,652

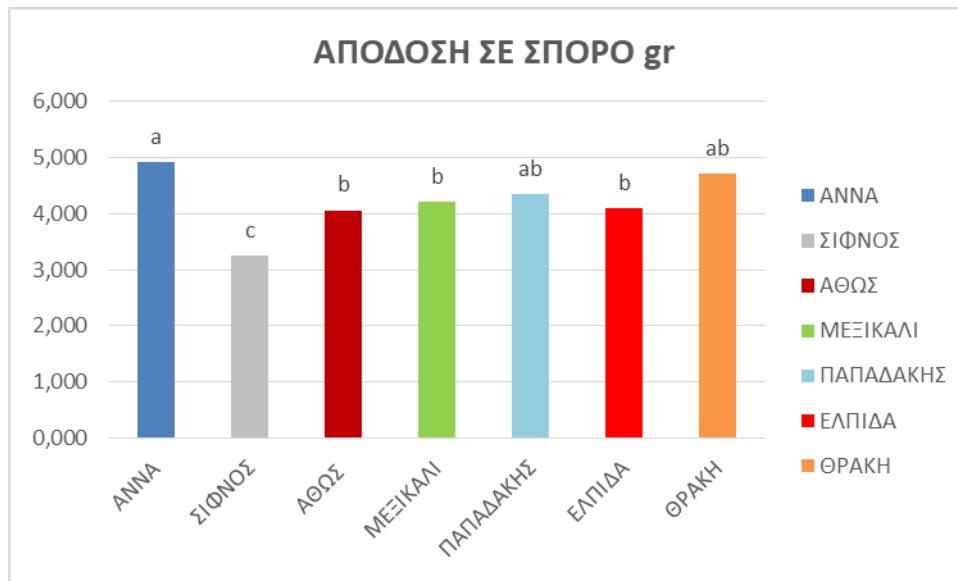
Ποικιλίες χ Μεταχείριση PEG	(7-1)(4-1)	18	66,562	3,698	1,816*	1,659
Σφάλμα	7(10-1)(4-1)	189	384,908	2,037		
Σύνολα	7*10*4-1	279				

Για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$

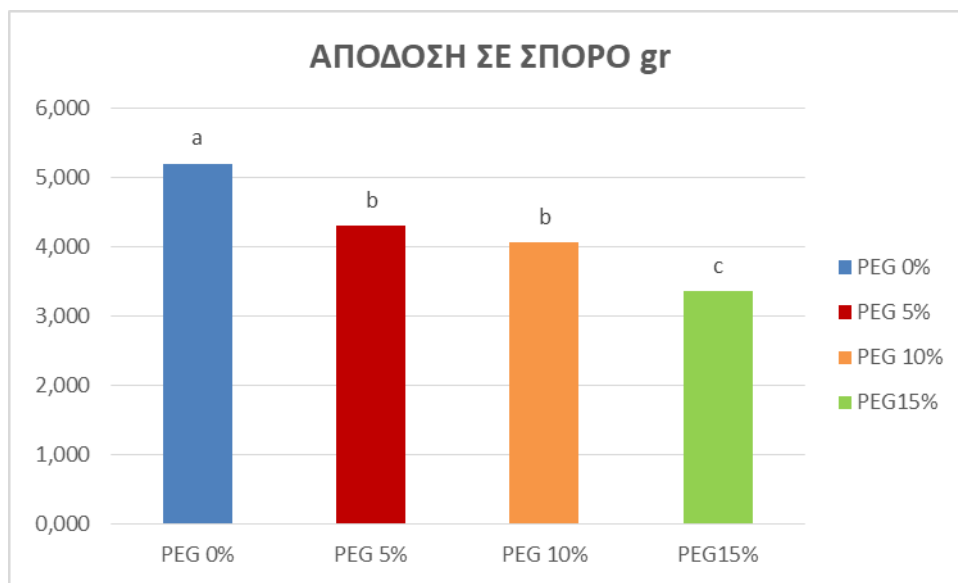
Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για τις ποικιλίες, τις μεταχειρίσεις και την αλληλεπίδρασή τους έχει τιμή: $LSD_{\Pi}(0.05)=0,665$, $LSD_M(0.05)=0,476$, $LSD_{\Pi \times M}(0.05)=1,259$ για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Ο Πίνακας της ανάλυσης παραλλακτικότητας για την απόδοση σε σπόρο (Πίνακας 10) καταδεικνύει τη σημαντικότητα των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση σε σπόρο. Αυτό φαίνεται από το F των ποικιλιών ($F_{\Pi} = 5,18$) που υπερβαίνει την τιμή ($F_{.05} = 2,272$), υποδεικνύοντας ότι οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών είναι σημαντικές. Επιπλέον, οι μεταχειρίσεις PEG δείχνουν ακόμα πιο έντονη επίδραση στην απόδοση με $F_M = 19,931$ που υπερβαίνει την τιμή ($F_{.05} = 2,652$), γεγονός που επιβεβαιώνει τη σημαντικότητα των επιδράσεων του PEG στην απόδοση.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλιών και μεταχειρίσεων PEG παρουσιάζεται επίσης σημαντική $F_{\Pi \times M} (1,816)$, καθώς υπερβαίνει την τιμή του $F_{.05} (F_{.05}=1,659)$, υποδεικνύοντας ότι οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο ενδέχεται να ποικίλλουν εξαρτώμενες από την ποικιλία και την εφαρμογή της PEG. Συνολικά, τα αποτελέσματα επισημαίνουν τη σημαντικότητα τόσο των ποικιλιών όσο και των μεταχειρίσεων PEG στην απόδοση σε σπόρο, προτείνοντας τη συνέχιση της έρευνας για την κατανόηση των μηχανισμών που διέπουν αυτές τις αλληλεπιδράσεις.



Γράφημα 19. Απόδοση σε σπόρο ανά ποικιλία.



Γράφημα 20. Απόδοση σε σπόρο ανά μεταχείριση.

4.6 Αριθμός αδελφιών

Όσον αφορά τον αριθμό των φυτών που αδελφώσαν και έδωσαν παραγωγικά αδέρφια ήταν πολύ μικρός και δυστυχώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει συγκρίσιμα αποτελέσματα για την αντίδραση των ποικιλιών στην προκληθείσα υδατική καταπόνηση με PEG.

5. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση επτά ελληνικών ποικιλιών σκληρού σιταριού για την αντοχή τους στην ξηρασία χρησιμοποιώντας πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) σε ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκήπιο). Τα αποτελέσματα προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των ποικιλιών υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, επιτρέποντας την εκτίμηση των διαφορών στην ανοχή τους και την ικανότητα παραγωγής σε ξηροθερμικές περιοχές.

Τα δεδομένα που αφορούν το μήκος του στάχυος, το ύψος των φυτών, τη συγκέντρωση προλίνης και την απόδοση σε σπόρο υποδεικνύουν τη διαφορετική απόκριση των ποικιλιών στην ξηρασία.

Αναφορικά με το μήκος του στάχυος, εμφάνισε μία σημαντική μείωση καθώς αυξανόταν η συγκέντρωση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης με την οποία επεξεργάστηκαν τα φυτά και έδωσε την μικρότερη τιμή στην μεγαλύτερη συγκέντρωση 4,715 (15% PEG). Οι ποικιλίες «ANNA» και «ΘΡΑΚΗ» εμφάνισαν το μεγαλύτερο μήκος στάχυος, η διατήρηση του μήκους του στάχυος αποτελεί κρίσιμο δείκτη απόδοσης, καθώς συνδέεται άμεσα με την παραγωγή σπόρων και την τελική απόδοση.

Αντίστοιχα, το ύψος των φυτών μειώθηκε σημαντικά υπό συνθήκες ξηρασίας στις περισσότερες ποικιλίες. Η ποικιλία «ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ» παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση ύψους, υποδηλώνοντας ευαισθησία στην υδατική καταπόνηση. Από την άλλη, η ποικιλία «ΑΘΩΣ» διατήρησε το ύψος της περισσότερο σε σύγκριση με τις άλλες ποικιλίες, υποδεικνύοντας την ικανότητά της να αντιστέκεται στις δυσμενείς συνθήκες και να αξιοποιεί τους διαθέσιμους πόρους πιο αποτελεσματικά.

Η αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης σε συνθήκες ξηρασίας παρατηρήθηκε σε όλες τις ποικιλίες σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα με τη μέγιστη τιμή να εμφανίζουν τα φυτά που δέχτηκαν την μεταχείριση με PEG 15% (0,492). Οι ποικιλίες Άθως και Ελπίδα εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές. Η προλίνη είναι γνωστή ως ένας από τους πιο αξιόπιστους φυσιολογικούς δείκτες αντίδρασης των φυτών στο στρες, καθώς συνεισφέρει στην οσμωτική προσαρμογή, τη σταθεροποίηση των κυτταρικών μεμβρανών και την προστασία των ενζύμων από την αφυδάτωση. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις προλίνης στις ποικιλίες αυτές δείχνουν καλύτερη προσαρμοστικότητα σε περιόδους υδατικής καταπόνησης. Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας επιβεβαιώνουν τις μέχρι τώρα διαπιστώσεις από προηγούμενες μελέτες, όπως Karagianni και Moschou (2022) ότι η

πίεση της έλλειψης νερού οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης στα φυτά που υποβάλλονται σε αυτή. Παρόμοιες παρατηρήσεις έχουν αναφερθεί και από τους Lisaretal. (2012), οι οποίοι σημείωσαν ότι η προλίνη συμβάλλει στη σταθερότητα των πρωτεϊνών και στην ανθεκτικότητα των φυτών υπό ακραίες συνθήκες στρες. Ωστόσο, η παρουσία υψηλής συγκέντρωσης προλίνης δεν σημαίνει απαραίτητα υψηλή απόδοση.

Η ποικιλία ΜΕΞΙΚΑΛΙ 81, παρά τη χαμηλή συγκέντρωση προλίνης, δεν εμφάνισε στατιστικώς σημαντική διαφορά με την ποικιλία Άθως, όσον αφορά την απόδοση σε σπόρο, γεγονός που υποδηλώνει ότι η αντοχή στη ξηρασία μπορεί να είναι πολυπαραγοντική.

Οι ποικιλίες που εμφάνισαν τις καλύτερες αποδόσεις σε σπόρο ήταν οι Άννα και Θράκη, υποδηλώνοντας τη δυνατότητά τους να παράγουν ικανοποιητικά υπό συνθήκες ξηρασίας. Η απόδοση αποτελεί ένα σημαντικό αγρονομικό χαρακτηριστικό για την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία. Η υψηλότερη απόδοση σε σπόρο στις παραπάνω ποικιλίες τις καθιστά ιδανικές για καλλιέργεια σε περιοχές με περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με την έρευνα των Karagianni και Moschou (2022), παρατηρούνται σημαντικές ομοιότητες και διαφορές στις αποκρίσεις των ποικιλιών σκληρού σίτου υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Ειδικότερα, και οι δύο μελέτες αναδεικνύουν την αυξημένη συγκέντρωση προλίνης ως κρίσιμο δείκτη ανθεκτικότητας και αντίδρασης των φυτών στην ξηρασία. Ωστόσο, οι ποικιλίες που εμφάνισαν την υψηλότερη συγκέντρωση προλίνης και άρα ανθεκτικότητα διέφεραν μεταξύ των δύο ερευνών, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται σε διαφορετικές συνθήκες εκτέλεσης του πειράματος λόγω διαφορετικών περιοχών, περιβάλλοντος και κλίματος .

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με άλλες έρευνες που έχουν δείξει ότι η αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης και η διατήρηση του μήκους του στάχυος αποτελούν βασικούς μηχανισμούς αντοχής στη ξηρασία. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε παρόμοιες συνθήκες υποδεικνύουν ότι η απόδοση συνδέεται επίσης με τη διατήρηση του ύψους των φυτών και την καλύτερη κατανομή των θρεπτικών ουσιών κατά τη διάρκεια περιόδων στρες. Σύμφωνα με τους Lisaretal (2012), η προλίνη διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην αντοχή των φυτών στο στρες της ξηρασίας, καθώς η συσσώρευσή της βοηθά στη διατήρηση της δομής και της λειτουργίας των πρωτεϊνών υπό ακραίες συνθήκες. Παράλληλα, η μελέτη των Ashraf και Foolad (2007) ενισχύει τη

σημασία των οσμωτικών προσαρμογών, επισημαίνοντας ότι η αύξηση της συγκέντρωσης προλίνης είναι βασικός δείκτης αντοχής, ενώ η σταθερότητα της φυτικής μορφολογίας σχετίζεται με βελτιωμένη απόδοση.

Επιπλέον, η διατήρηση του ύψους και του μήκους του στάχους έχει συσχετιστεί με καλύτερη κατανομή των θρεπτικών ουσιών και υψηλότερη απόδοση σε συνθήκες στρες, όπως επισημαίνουν οι Farooqetal (2009). Τα φυτά που καταφέρνουν να διατηρούν τη δομή τους σε περιόδους ξηρασίας παρουσιάζουν καλύτερη αντοχή, γεγονός που επαληθεύεται από τη μελέτη του Radhouane (2008), η οποία αναφέρει ότι η διατήρηση του ύψους των φυτών συνδέεται με την προσαρμογή τους σε συνθήκες μειωμένης διαθεσιμότητας νερού. Οι παραπάνω μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία των φυσιολογικών και μορφολογικών προσαρμογών στην αντοχή των φυτών και ενισχύουν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας.

Ωστόσο, η ευαισθησία των ποικιλιών ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες της πειραματικής διαδικασίας. Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι ορισμένες ποικιλίες που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στη ξηρασία σε συνθήκες θερμοκηπίου δεν εμφανίζουν την ίδια απόδοση σε συνθήκες αγρού, λόγω των διαφορών στους περιβαλλοντικούς παράγοντες (ακτινοβολία, κατανομή νερού, διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων). Οι Poorteretal. (2012) τονίζουν ότι οι διαφορές στην ακτινοβολία και την υγρασία μπορούν να επηρεάσουν δραματικά την ανάπτυξη και απόδοση των φυτών. Ομοίως, ο Passioura (2012) επισημαίνει τις προκλήσεις της μεταφοράς αποτελεσμάτων από ελεγχόμενα περιβάλλοντα σε πραγματικές συνθήκες αγρού, όπου οι παράγοντες αυτοί είναι πιο απρόβλεπτοι.

Η ποικιλία Άθως, με μέγιστη περιεκτικότητα σε προλίνη παρουσίασε την δεύτερη καλύτερη απόδοση σε σπόρο, αντίστοιχα, η ποικιλία Άννα παρουσίασε την καλύτερη απόδοση σε σπόρο, ενώ η συγκέντρωση προλίνης ήταν μικρότερη από ό,τι στην ποικιλία Άθως. Επομένως παρατηρήθηκε ότι οι ποικιλίες αντέδρασαν διαφορετικά στις μεταχειρίσεις με την πολυαιθυλενική γλυκόλη, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι και ο γενότυπος επηρεάζει την αντίδραση των φυτών στην υδατική καταπόνηση.

Η παρούσα μελέτη αποκτά ιδιαίτερη σημασία υπό το φως της κλιματικής αλλαγής και των αυξανόμενων περιστατικών ξηρασίας σε πολλές μεσογειακές περιοχές. Η ικανότητα εντοπισμού ποικιλιών που εμφανίζουν αυξημένη αντοχή στην ξηρασία είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της επισιτιστικής ασφάλειας και της βιωσιμότητας της γεωργίας. Οι ποικιλίες «ANNA» και «ΘΡΑΚΗ», οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένη

αντοχή και αποδόσεις, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για προγράμματα αναπαραγωγής που στοχεύουν στη δημιουργία ανθεκτικών καλλιεργειών σιταριού.

Επιπλέον, μελέτες όπως αυτή των Hatfield και Walthall (2015) αναδεικνύουν τη σημασία της κλιματικής διαφοροποίησης στον αγρό, όπου η μεταβλητότητα στη θερμοκρασία, την υγρασία και τον αερισμό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αντοχή των ποικιλιών. Αντίστοιχα, οι Blum (2005) και Tardieu και Simonneau (1998) τονίζουν ότι οι ποικιλίες που δείχνουν προσαρμοστικότητα στη ξηρασία σε θερμοκήπιο, συχνά δεν διατηρούν την ίδια ικανότητα αντοχής στον αγρό, λόγω των διαφορετικών επιπέδων αερισμού και των απαιτήσεων που επιβάλλουν οι πιο περίπλοκες συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στη ξηρασία πρέπει να γίνεται, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφοροποιήσεις μεταξύ θερμοκηπίου και αγρού.

Τα ευρήματα της έρευνας αναδεικνύουν τη σημασία της επιλογής κατάλληλων ποικιλιών για καλλιέργεια σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα. Οι ποικιλίες που αντέχουν καλύτερα στην υδατική καταπόνηση μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας και στη βελτίωση της επισιτιστικής ασφάλειας σε περιοχές με συχνή ξηρασία. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη σημασία της γενετικής βελτίωσης για την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η χρήση των αγρονομικών και φυσιολογικών δεικτών, όπως η συγκέντρωση προλίνης, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να εστιάσουν σε μεγαλύτερη κλίμακα μελέτης, ώστε να διασφαλιστεί η βέλτιστη προσαρμογή των ποικιλιών στις νέες κλιματικές συνθήκες.

6. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη είχε στόχο την αξιολόγηση επτά ελληνικών ποικιλιών σκληρού σιταριού για την αντοχή τους στην ξηρασία, χρησιμοποιώντας την πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG) για την προσομοίωση συνθηκών υδατικής καταπόνησης. Η μεθοδολογία περιλάμβανε την παρακολούθηση ποικίλων φυσιολογικών και αγρονομικών χαρακτηριστικών των φυτών.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ανέδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ως προς την αντίδραση τους στην υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από την πολυαιθυλενική γλυκόλη.

- Το μήκος στάχυος με άγανα μειώθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης της πολυαιθυλενικής γλυκόλης δίνοντας τη μικρότερη τιμή όταν τα φυτά υποβλήθηκαν σε πίεση ξηρασίας με τη μέγιστη συγκέντρωση PEG (15%).
- Το μήκος στάχυος χωρίς άγανα μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης της PEG και το μικρότερο μήκος στάχυος παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις με τις μεγαλύτερες συγκέντρωσης PEG (10% και 15%).
- Το ύψος φυτού παρουσίασε μείωση με την αύξηση της πολυαιθυλενικής γλυκόλης και συγκεκριμένα το μικρότερο ύψος παρουσίασαν τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με 15% PEG.
- Όλες οι ποικιλίες εμφάνισαν την μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης στην μεταχείριση με 15% πολυαιθυλενική γλυκόλη, ενώ την μικρότερη τιμή εμφάνισαν τα φυτά του μάρτυρα. Τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προλίνης παρουσίασε η ποικιλία Άθως η οποία θεωρείται μάλλον η πιο ανθεκτική στην καταπόνηση ξηρασίας.
- Η πίεση ξηρασίας που προκλήθηκε στα φυτά από τις μεταχειρίσεις της πολυαιθυλενικής γλυκόλης σε διάφορες συγκεντρώσεις επηρέασε αρνητικά την απόδοση σε σπόρο των φυτών. Πιο συγκεκριμένα τα φυτά είχαν μια προοδευτική μείωση στην απόδοση με την μικρότερη τιμή να παρουσιάζουν τα φυτά που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με 15% PEG. Η διαφορά με τα φυτά του μάρτυρα όπως και με τα φυτά που υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις πολυαιθυλενικής γλυκόλης 5% και 10% ήταν στατιστικώς σημαντική. Η ποικιλία Άννα έδειξε υψηλή αντοχή στην ξηρασία, με σταθερή απόδοση σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες.

Συνοψίζοντας από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης, διαπιστώνουμε ότι βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ως προς την αντίδραση τους στην υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από την πολυαιθυλενική γλυκόλη, γεγονός που επιβεβαιώνει τη μεγάλη επίδραση του γενοτύπου στην αντίδραση των φυτών σκληρού σιταριού στην υδατική καταπόνηση.

Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα κατέδειξε τη σημασία της επιλογής κατάλληλων ποικιλιών σιταριού για καλλιέργεια σε ξηροθερμικές περιοχές, με τις ποικιλίες «Άννα» και «Θράκη» να διακρίνονται για την αντοχή τους και την ικανότητά τους να διατηρούν υψηλές αποδόσεις υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Βιβλιογραφία

- Abedi, T. and Pakniyat, H. 2018. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46: 27-34.
- Acuña, T. and Wade, L.J. 2013. Use of genotype x environment interactions to understand rooting depth and the ability of wheat to penetrate hard soils. *Annals of Botany*, 112(2): 359-368.
- Acuna, T.B. and Wade, L.J. 2005. Root penetration ability of wheat through thin wax layers under drought and well-watered conditions. *Crop & Pasture Science*, 56: 1235-1244.
- Aggarwal, P.K. and Sinha, S.K. 1984. Effect of water stress on grain growth and assimilate partitioning in two cultivars of wheat contrasting in their yield stability in a drought environment. *Annals of Botany*, 53: 329-340.
- Ahmad, Z., Waraich, E.A., Ahmad, R. and Shahbaz, M. 2017. Modulation in water relations, chlorophyll contents and antioxidant activity of maize by foliar phosphorus application under drought stress. *Pak. J. of Bot.*, 49(1): 11-19.
- Aida, M., Ishida, T., Fukaki, H., Fujisawa, H. and Tasaka, M. 1997. Genes involved in organ separation in *Arabidopsis*: an analysis of the cup-shaped cotyledon mutant. *The Plant Cell*, 9: 841-857.
- Alexandratos, N. 1999. World food and agriculture: outlook for the medium and longer term. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11): 5908-5914.
- Almansouri, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231: 243-254.
- Araus, J., Slafer, G., Reynolds, M. and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Annals of Botany*, 89: 925-940.

- Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnology Advances*, 28(1): 169-183.
- Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Atkinson, J.A., Pound, M.P., Bennett, M.J. and Wells, D.M. 2019. Uncovering the hidden half of plants using new advances in root phenotyping. *Current Opinion in Biotechnology*, 55: 1-8.
- Aune, D., Keum, N., Giovannucci, E.L., Fadnes, L.T., Boffetta, P., Greenwood, D.C., Tonstad, S., Vatten, L.J., Riboli, E. and Norat, T. 2016. Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *The BMJ*, 353.
- Balla, K., Rakszegi, M., Li, Z., Békés, F., Bencze, S. and Veisz, O.B. 2018. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech Journal of Food Sciences*, 29: 117-128.
- Baloğlu, M.C., Oz, M.T., Oktem, H.A. and Yucel, M. 2012. Expression analysis of TaNAC69-1 and TtNAMB-2, wheat NAC family transcription factor genes under abiotic stress conditions in durum wheat (*Triticum turgidum*). *Plant Molecular Biology Reporter*, 30: 1246-1252.
- Bano, A., Ullah, F. and Nosheen, A. 2018. Role of abscisic acid and drought stress on the activities of antioxidant enzymes in wheat. *Plant Soil and Environment*, 58: 181-185.
- Bansal, K.C. and Sinha, S. 1991. Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species I. Total dry matter and grain yield stability. *Euphytica*, 56: 7-14.
- Barnabás, B., Jäger, K. and Fehér, A. 2007. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31(1): 11-38.

- Barraclough, P.B., Kuhlmann, H. and Weir, A.H. 1989. The effects of prolonged drought and nitrogen fertilizer on root and shoot growth and water uptake by winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 163: 352-360.
- Black, M. and Bewley, J.D. 2000. *Seed technology and its biological basis*. Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Blanco, A. 2024. Structure and trends of worldwide research on durum wheat by bibliographic mapping. *International Journal of Plant Biology*, 15: 132-160.
- Blancon, J., Buet, C., Dubreuil, P., Tixier, M.H., Baret, F. and Praud, S. 2024. Maize green leaf area index dynamics: genetic basis of a new secondary trait for grain yield in optimal and drought conditions. *TAG. Theoretical and Applied Genetics*, 137.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 1159-1168.
- Blum, A., Shpiler, L.K., Golan, G. and Mayer, J.E. 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crops Research*, 22: 289-296.
- Bogale, A., Tesfaye, K. and Geleto, T. 2011. Morphological and physiological attributes associated with drought tolerance of Ethiopian durum wheat genotypes under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 1: 22-36.
- Borlaug, N.E. 2002. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant*, 38(2): 221-228.
- Bouthour, D., Kalai, T., Chaffei, H.C., Gouia, H. and Corpas, F.J. 2015. Differential response of NADP-dehydrogenases and carbon metabolism in leaves and roots of two durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars (Karim and Azizi) with different sensitivities to salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 179: 56-63.

- Brini, F., Hanin, M., Mezghani, I., Berkowitz, G.A. and Masmoudi, K. 2006. Overexpression of wheat Na⁺/H⁺ antiporter TNH_X1 and H⁺-pyrophosphatase TVP1 improve salt- and drought-stress tolerance in *Arabidopsis thaliana* plants. *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 301-308.
- Broccanello, C., Bellin, D., Dal Corso, G., Furini, A. and Taranto, F. 2023. Genetic approaches to exploit landraces for improvement of *Triticum turgidum* ssp. durum in the age of climate change. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Budak, H., Kantar, M. and Yucebilgili Kurtoglu, K. 2013. Drought tolerance in modern and wild wheat. *The Scientific World Journal*.
- Budak, H., Kantar, M. and Kurtoglu, K.Y. 2013. Drought tolerance in modern and wild wheat. *Scientific World Journal*, 2013: 548246.
- Burnett, J.A. 2005. Brown is best. *History Today*, 52-54.
- Cao, N., Zhao, Y., Chen, H., Huang, J., Yu, M., Bao, Y., Wang, D. and Cui, S. 2022. Poly (ethylene glycol) becomes a supra-polyelectrolyte by capturing hydronium ions in water. *Macromolecules*, 55: 4656-4664.
- Chachar, M.H., Chachar, N.A., Chachar, S.D., Chachar, Q.I., Mujtaba, S.M. and Yousafzai, A. 2014. In-vitro screening technique for drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at early seedling stage. *J. Agric. Tech.*, 10(6): 1439-1450.
- Chachar, Z., Chachar, N.A., Chachar, Q.I., Mujtaba, S.M., Chachar, G.A. and Sadaruddin, C. 2016. Identification of drought tolerant wheat genotypes under water deficit conditions. *Inter. J. Agri. Res. Granthaalaya*, 4(2): 206-214.
- Chaves, M.M., Marôco, J. and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology: FPB*, 30(3): 239-264.

- Chen, D., Chai, S., McIntyre, C.L. and Xue, G. 2017. Overexpression of a predominantly root-expressed NAC transcription factor in wheat roots enhances root length, biomass and drought tolerance. *Plant Cell Reports*, 37: 225-237.
- Christensen, J.H., et al. 2007. Regional climate projections. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller and H.L. (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA.
- Cornell, H.J. and Hovelings, A.W. 1998. *Wheat: Chemistry and Utilization*. CRC Press.
- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. *Trends in Plant Science*, 5: 187-188.
- Corre-Hellou, G., Brisson, N., Launay, M., Fustec, J. and Crozat, Y. 2007. Effect of root depth penetration on soil nitrogen competitive interactions and dry matter production in pea-barley intercrops given different soil nitrogen supplies. *Field Crops Research*, 103: 76-85.
- Dencic, S.S., Kastori, R., Kobiljski, B.D. and Duggan, B.L. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113: 43-52.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S. and Behl, R.K. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agron. Crop Sci.*, 190: 6-12.
- Dolferus, R., Ji, X. and Richards, R.A. 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals. *Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology*, 181(4): 331-341.
- Dolferus, R., Powell, N., Ji, X., Ravash, R., Edlington, J., Oliver, S.N., Dongen, J.T. and Shiran, B. 2013. The physiology of reproductive-stage abiotic stress tolerance in cereals. In: Springer, pp. 193-216.

- Dong, B., Zheng, X., Liu, H., Able, J.A., Yang, H., Zhao, H., Zhang, M., Qiao, Y., Wang, Y. and Liu, M. 2017. Effects of drought stress on pollen sterility, grain yield, abscisic acid and protective enzymes in two winter wheat cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Dubcovsky, J. and Dvorak, J. 2007. Genome plasticity: a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science*, 316: 1862-1866.
- Dure, L., Crouch, M.L., Harada, J.J., Ho, T.D., Mundy, J., Quatrano, R.S., Thomas, T.L. and Sung, Z.R. 1989. Common amino acid sequence domains among the LEA proteins of higher plants. *Plant Molecular Biology*, 12: 475-486.
- Ehdaie, B., Waines, J.G. and Hall, A.E. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. *Crop Science*, 28: 838-842.
- Elmi, K., Mohammadi, S., Rezaie, M., Javanshir, A., Khalili, M. and Arefi, S. 2011. Yield potential and stability of 10 Iranian bread wheat varieties and promising lines under different water stress conditions. *International Journal of AgriScience*, 1: 130-137.
- Ergen, N.Z., Thimmapuram, J., Bohnert, H.J. and Budak, H. 2009. Transcriptome pathways unique to dehydration tolerant relatives of modern wheat. *Functional & Integrative Genomics*, 9: 377-396.
- Esau, K. 1953. *Plant Anatomy*. LWW.
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J.A. and Siddique, K.H. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30: 491-507.
- Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K.H. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33: 331-349.

- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
- Ficiciyan, A.M., Loos, J., Sievers-Glotzbach, S. and Tschardtke, T. 2018. More than yield: ecosystem services of traditional versus modern crop varieties revisited. *Sustainability*.
- Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, 1. Grain yield responses. *Crop & Pasture Science*.
- Fleury, D., Jefferies, S.P., Kuchel, H. and Langridge, P. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61(12): 3211-3222.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2023. Food and agriculture statistics (FAOSTAT). [Online] Available at: <http://www.fao.org/statistics/databases/en/> [Accessed 15 Jul. 2024].
- Fotovvat, R., Alikhani, M., Valizadeh, M., Mirzaei, M. and Salekdeh, G.H. 2016. A proteomics approach to discover drought tolerance proteins in wheat pollen grain at meiosis stage. *Protein and Peptide Letters*, 24(1): 26-36.
- Gaur, A., Sharma, D., Sheoran, S., Chahal, S., Chaudhary, K., Singh, G. and Singh, G. 2022. Role of water soluble carbohydrates in improving drought stress tolerance in wheat: an overview. *Journal of Cereal Research*.
- Godfray, H.C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L.J., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818.
- Gooding, M., Ellis, R.H., Shewry, P.R. and Schofield, J.D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37: 295-309.

- Gosal, S.S., Wani, S.H. and Kang, M.S. 2009. Biotechnology and drought tolerance. *Journal of Crop Improvement*, 23: 19-54.
- Gregorová, Z., Kováčik, J., Klejdus, B., Maglovski, M., Kuna, R., Hauptvogel, P. and Matušíková, I. 2015. Drought-induced responses of physiology, metabolites, and PR proteins in *Triticum aestivum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6337: 8125-8133.
- Grzesiak, M.T., Hordyńska, N., Maksymowicz, A., Grzesiak, S. and Szechyńska-Hebda, M. 2019. Variation among spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to drought stress. II—Root system structure. *Plants*, 8.
- Guttieri, M.J., Ahmad, R., Stark, J.C. and Souza, E.J. 2000. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Science*, 40: 631-635.
- Habash, D.Z., Baudo, M., Hindle, M., Powers, S.J., Defoin-Platel, M. and Mitchell, R. 2014. Systems responses to progressive water stress in durum wheat. *PLoS ONE*.
- Hafid, R.E., Smith, D.H., Karrou, M. and Samir, K. 1998. Physiological responses of spring durum wheat cultivars to early-season drought in a Mediterranean environment. *Annals of Botany*, 81: 363-370.
- Hassanein, A. 2010. Establishment of efficient in vitro method for drought tolerance evaluation in *Pelargonium*. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2(1): 08-15.
- Hatfield, J. and Walthall, C. 2015. Meeting global food needs: realizing the potential via genetics × environment × management interactions. *Agronomy Journal*.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J.T. and Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments. *Plant Signaling & Behavior*, 7: 1456-1466.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. *Agricultural Meteorology*, 14: 39-55.

- Ingram, J.S. and Bartels, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47: 377-403.
- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G. and Huisingsh, D. 2023. Water scarcity in agriculture: an overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 9.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2022. Global warming of 1.5°C: IPCC special report on impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels in context of strengthening response to climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge: Cambridge University Press.
- International Grains Council (IGC) 2023. Available online: <https://www.igc.int/en/default.aspx> [Accessed 15 Jul. 2024].
- Jäger, K., Fábrián, A. and Barnabás, B. 2008. Effect of water deficit and elevated temperature on pollen development of drought sensitive and tolerant winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Acta Biologica Szegediensis*, 52: 67-71.
- Jajarmi, V. 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivars. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49: 105-106.
- James, C. 2011. Global status of commercialized biotech/GM crops. vol. 44. ISAAA, Ithaca, NY.
- Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Satish, L., Pandian, S.T., Chen, J.T., Ahmar, S., Wang, X., Mora-Poblete, F. and Ramesh, M. 2021. An overview of abiotic stress in cereal crops: negative impacts, regulation, biotechnology and integrated omics. *Plants*, 10.
- Jha, U.C., Bohra, A. and Singh, N.P. 2014. Heat stress in crop plants: its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance. *Plant Breeding*, 133: 679-701.
- Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D.C., Jenkins, C.L., Condon, A.G., Richards, R.A. and Dolferus, R. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance

- of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant, Cell & Environment*, 33(6): 926-942.
- Jiang, D., Yue, H., Wollenweber, B., Tan, W., Mu, H., Bo, Y., Dai, T., Jing, Q. and Cao, W. 2009. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high-molecular-weight glutenin subunits and glutenin macropolymers content in wheat grain. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195: 89-97.
- Kam, J., Gresshoff, P.M., Shorter, R. and Xue, G. 2007. Expression analysis of RING zinc finger genes from *Triticum aestivum* and identification of TaRZF70 that contains four RING-H2 domains and differentially responds to water deficit between leaf and root. *Plant Science*, 173: 650-659.
- Karagianni, M., Moschou, M. and Lazaridou, T.B. 2022. Evaluation of Greek bread and durum wheat cultivars for drought tolerance using polyethylene glycol. *AGROFOR International Journal*, 7(1): 124-130.
- Keating, B.A., Herrero, M., Carberry, P.S., Gardner, J. and Cole, M.B. 2014. Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050. *Global Food Security*, 3(3-4): 125-132.
- Kelly, S.A., Summerbell, C., Brynes, A.E., Whittaker, V.J. and Frost, G. 2007. Wholegrain cereals for coronary heart disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2: CD005051.
- Kimurto, P.K., Kinyua, M.G. and Njoroge, J.B. 2004. Response of bread wheat genotypes to drought simulation under a mobile rain shelter in Kenya. *African Crop Science Journal*, 11: 225-234.
- Kirigwi, F.M., Ginkel, M.V., Brown-Guedira, G.L., Gill, B.S., Paulsen, G.M. and Fritz, A.K. 2007. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought. *Molecular Breeding*, 20: 401-413.
- Kramer, P.J. and Boyer, J.S. 1995. *Water relations of plants and soils*. Academic Press.

- Krugman, T., Chagué, V., Peleg, Z., Balzergue, S., Just, J., Korol, A.B., Nevo, E., Saranga, Y., Chalhoub, B. and Fahima, T. 2010. Multilevel regulation and signalling processes associated with adaptation to terminal drought in wild emmer wheat. *Functional & Integrative Genomics*, 10: 167-186.
- Kulp, K. 2000. *Handbook of cereal science and technology, revised and expanded*. CRC Press.
- Kumar, R.R., Sagar, V., Verma, V.C., Kumari, M., Gujjar, R.S., Goswami, S.K., Kumar Jha, S., Pandey, H., Dubey, A.K., Srivastava, S., Singh, S.P., Mall, A.K., Pathak, A.D., Singh, H., Jha, P.K. and Prasad, P.V. 2023. Drought and salinity stresses induced physio-biochemical changes in sugarcane: an overview of tolerance mechanism and mitigating approaches. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Laddomada, B., Durante, M., Minervini, F., Garbetta, A., Cardinali, A., D'antuono, I., Caretto, S., Blanco, A. and Mita, G. 2015. Phytochemical composition and anti-inflammatory activity of extracts from the whole-meal flour of Italian durum wheat cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 16: 3512-3527.
- Lagerwerff, J.V., Ogata, G. and Eagle, H.E. 1961. Control of osmotic pressure of culture solutions with polyethylene glycol. *Science*, 133: 1486-1487.
- Lazaridou, T.B. and Xynias, I.N. 2017. In vitro screening of durum and bread wheat genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. In: *Proceedings of VII International Agricultural Symposium "AGROSYM"*, Jahorina, 5-8 October 2017, Bosnia and Herzegovina, pp. 276-281.
- Li, J., Abbas, K., Wang, L., Gong, B., Hou, S., Wang, W., Dai, B., Xia, H., Wu, X., Lü, G. and GAO, H. 2023. Drought resistance index screening and evaluation of lettuce under water deficit conditions on the basis of morphological and physiological differences. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Lilley, J.M. and Kirkegaard, J.A. 2011. Benefits of increased soil exploration by wheat roots. *Field Crops Research*, 122: 118-130.

- Lisar, S.Y.S., Motafakkerzad, R., Hossain, M.M. and Rahman, I.M.M. 2012. Water stress in plants: causes, effects and responses. In: Rahman, I.M.M. and Hasegawa, H. (eds.) *Water Stress*. InTech, Croatia, pp. 1-14.
- Liu, Q., Kasuga, M., Sakuma, Y., Abe, H., Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. 1998. Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 10: 1391-1406.
- Llanes, A., Andrade, A.M., Masciarelli, O., Alemano, S. and Luna, V. 2015. Drought and salinity alter endogenous hormonal profiles at the seed germination phase. *Seed Science Research*, 26: 1-13.
- Lobell, D. and Gourdji, S.M. 2012. The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160: 1686-1697.
- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C.A., Krieger, M., Scott, M.P., Bretscher, A., Ploegh, H. and Matsudaira, P. 2008. *Molecular cell biology*. Macmillan.
- Lopes, M.S. and Reynolds, M.P. 2010. Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology*, 37: 147-156.
- Loutfy, N.M., El-Tayeb, M.A., Hassanen, A.M., Moustafa, M., Sakuma, Y. and Inouhe, M. 2011. Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Plant Research*, 125: 173-184.
- Lu, W.B., Wang, X. and Wang, F. 2019. Adaptive minirhizotron for pepper roots observation and its installation based on root system architecture traits. *Plant Methods*, 15: 29.
- Lu, Z., Percy, R.G., Qualset, C.O. and Zeiger, E. 1998. Stomatal conductance predicts yields in irrigated Pima cotton and bread wheat grown at high temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 49: 453-460.

- Lucas, S.J., Durmaz, E., Akpınar, B.A. and Budak, H. 2011. The drought response displayed by a DRE-binding protein from *Triticum dicoccoides*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(3): 346-351.
- Ma, J., Li, R., Wang, H., Li, D., Wang, X., Zhang, Y., Zhen, W., Duan, H., Yan, G., & Li, Y. (2017). Transcriptomics analyses reveal wheat responses to drought stress during reproductive stages under field conditions. *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Maazou, A.S., Tu, J., Qiu, J., & Liu, Z. (2016). Breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 7, 1858-1870.
- Madani, A., Rad, A.H., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., & Zarghami, R. (2010). Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to sourcemodifications under post-anthesis water and nitrogen deficiency. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 32, 145-151.
- Maleki, A., Saba, J., & Shekari, F. (2010). Inheritance of proline content in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed conditions. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 8(1), 155-157.
- Manschadi, A.M., Christopher, J., de Voil, P., & Hammer, G.L. (2006). The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology*, 33(9), 823-837.
- Manske, G.G., Vlek, P.L., Waisel, Y., Eshel, A., & Kafkafi, U. (2002). Root architecture—wheat as a model plant. In: *Plant Roots: The Hidden Half*. 3rd Ed. New York: Marcel Dekker, pp. 249-259.
- Marcinska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., & Grzesiak, M.T.M. (2013). Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 451-461.
- Matiu, M., Ankerst, D.P., & Menzel, A. (2017). Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961-2014. *PLoS ONE*, 12.

- Milad, S.I., Wahba, L.E., & Barakat, M.N. (2011). Identification of RAPD and ISSR markers associated with flag leaf senescence under water-stressed conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 5, 337-342.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11(1), 15-19.
- Mohammadrezakhani, S., Hajilou, J., Rezanejad, F., & Zaare-Nahandi, F. (2019). Assessment of exogenous application of proline on antioxidant compounds in three Citrus species under low temperature stress. *Journal of Plant Interactions*, 14, 347-358.
- Monakhova, O.F., & Chernyad'ev, I.I. (2002). Protective role of Kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38, 373-380.
- Monneveux, P., Jing, R., & Misra, S. (2012). Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*, 3, 429.
- Mujtaba, S.M., Summiya, F., Khan, M.A., Saba, M., & Barkat, K. (2016). Physiological studies on six wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance at seedling stage. *Agriculture Research and Technology*, 1, 2.
- Mwadzingeni, L., Shimelis, H.A., Dube, E., Laing, M.D., & Tsilo, T. (2016). Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 935-943.
- Mwadzingeni, L., Shimelis, H.A., Tesfay, S.Z., & Tsilo, T. (2016). Screening of bread wheat genotypes for drought tolerance using phenotypic and proline analyses. *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Naliwajski, M.R., & Skłodowska, M. (2021). The relationship between the antioxidant system and proline metabolism in the leaves of cucumber plants acclimated to salt stress. *Cells*, 10.

- Nayyar, H., & Gupta, D.B. (2006). Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 106-113.
- Nicolas, M.E., Gleadow, R.M., & Dalling, M.J. (1984). Effects of drought and high temperature on grain growth in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11, 553-566.
- Nicolas, M.E., Gleadow, R.M., & Dalling, M.J. (1985). Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. *Annals of Botany*, 55, 433-444.
- Nikolaeva, M., Maevskaya, S.N., Shugaev, A., & Bukhov, N.G. (2010). Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57, 87-95.
- Nio, S.A., Cawthray, G.R., Wade, L., & Colmer, T.D. (2011). Pattern of solutes accumulated during leaf osmotic adjustment as related to duration of water deficit for wheat at the reproductive stage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(10), 1126-1137.
- Onyemaobi, I., Liu, H., Siddique, K.H., & Yan, G. (2017). Both male and female malfunction contributes to yield reduction under water stress during meiosis in bread wheat. *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Othmani, A., Sourour, A., Slama-Ayed, O., Slim-Amara, H., & Mongi, B.Y. (2019). Durum wheat response, *Triticum durum* Desf. To drought stress under laboratory conditions. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 12(2), 1-4.
- Öztürk, A.E., & Aydın, F. (2004). Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190, 93-99.
- Pandey, R., Joshi, G.K., Bhardwaj, A., Agarwal, M., & Katiyar-Agarwal, S. (2014). A comprehensive genome-wide study on tissue-specific and abiotic stress-specific miRNAs in *Triticum aestivum*. *PLoS ONE*, 9.

- Panozzo, J.F., & Eagles, H.A. (1999). Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. *Crop & Pasture Science*, 50, 1007-1016.
- Passioura, J. (2007). The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 113-117.
- Passioura, J.B. (2012). Phenotyping for drought tolerance in grain crops: When is it useful to breeders? *Functional Plant Biology*, 39, 851-859.
- Peltzer, D., Dreyer, E., & Polle, A. (2002). Differential temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species: *Fagus sylvatica* and *Coleus blumei*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40, 141-150.
- Perea-Brenes, A., García, J.L., Cantos, M., Cotrino, J., Gonzalez-Elipse, A.R., Gómez-Ramírez, A., & López-Santos, C. (2023). Germination and first stages of growth in drought, salinity, and cold stress conditions of plasma-treated barley seeds. *ACS Agricultural Science & Technology*, 3, 760-770.
- Peremarti, A., Marè, C., Aprile, A., Roncaglia, E., Cattivelli, L., Villegas, D., & Royo, C. (2014). Transcriptomic and proteomic analyses of a pale-green durum wheat mutant show variations in photosystem components and metabolic deficiencies under drought stress. *BMC Genomics*, 15, 125.
- Pierre, C.S., Peterson, C.J., Ross, A.S., Ohm, J.B., Verhoeven, M.C., Larson, M., & Hofer, B. (2008). Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. *Journal of Cereal Science*, 47, 407-416.
- Pixley, K.V., Cairns, J.E., Lopez-Ridaura, S., Ojiewo, C.O., Dawud, M.A., Drabo, I., Mindaye, T.T., Nebié, B., Asea, G., Das, B., Daudi, H., Desmae, H., Batiemo, B.J., Boukar, O., Mukankusi, C.T., Nkalubo, S.T., Hearne, S.J., Dhugga, K.S., Gandhi, H., Snapp, S., & Zepeda-Villarreal, E.A. (2023). Redesigning crop varieties to win the race between climate change and food security. *Molecular Plant*.

- Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P., & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: Meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193, 30-50.
- Posch, B.C., Kariyawasam, B.C., Bramley, H., Coast, O., Richards, R.A., Reynolds, M.P., Trethowan, R., & Atkin, O.K. (2019). Exploring high temperature responses of photosynthesis and respiration to improve heat tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*.
- Praba, M.L., Cairns, J.E., Babu, R.C., & Lafitte, H.R. (2009). Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195, 30-46.
- Quarrie, S.A. & Jones, H.G., 1977. Effects of abscisic acid and water stress on development and morphology of wheat. *Journal of Experimental Botany*, 28, pp. 192-203.
- Quarrie, S.A., Steed, A., Calestani, C., Semikhodskii, A.G., Lebreton, C., Chinoy, C., Steele, N., Pljevljakušić, D., Waterman, E., Weyen, J., Schondelmaier, J., Habash, D.Z., Farmer, P., Saker, L.R., Clarkson, D.T., Abugaliev, A., Yessimbekova, M., Turuspekov, Y., Abugaliev, S., Tuberosa, R., Sanguineti, M.C., Hollington, P.A., Aragues, R., Royo, A.M. & Dodig, D., 2005. A high-density genetic map of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) from the cross Chinese Spring × SQ1 and its use to compare QTLs for grain yield across a range of environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 110, pp. 865-880.
- Radhouane, L., 2008. Corrélation entre le stade germination ET le stade adulte en présence de stress hydrique chez quelques écotypes autochtones tunisiens de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Comptes Rendus Biologies*, 331, pp. 623-630.
- Rai, G.K., Khanday, D.M., Choudhary, S.M., Kumar, P., Kumari, S., Martínez-Andújar, C., Martínez-Melgarejo, P.A., Rai, P.K. & Alfocea, F.P., 2024. Unlocking nature's stress buster: abscisic acid's crucial role in defending plants against abiotic stress. *Plant Stress*.

- Ram, M.S., Dowell, F.E., Seitz, L.M. & Lookhart, G.L., 2002. Development of standard procedures for a simple, rapid test to determine what color class. *Cereal Chemistry*, 79, pp. 230-237.
- Rebetzke, G.J., Herwaarden, A.F., Jenkins, C.L., Weiss, M., Lewis, D.C., Ruuska, S.A., Tabe, L.M., Fettell, N.A. & Richards, R.A., 2008. Quantitative trait loci for water-soluble carbohydrates and associations with agronomic traits in wheat. *Crop & Pasture Science*, 59, pp. 891-905.
- Reynolds, M.P., Foulkes, J., Furbank, R.T., Griffiths, S., King, J., Murchie, E.H., Parry, M.A. & Slafer, G.A., 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell & Environment*, 35(10), pp. 1799-1823.
- Richards, R.A., Rawson, H.M. & Johnson, D.A., 1986. Glaucousness in wheat: its development and effect on water-use efficiency, gas exchange and photosynthetic tissue temperatures. *Functional Plant Biology*, 13, pp. 465-473.
- Ried, J.L. & Walker-Simmons, M.K., 1993. Group 3 late embryogenesis abundant proteins in desiccation-tolerant seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 102(1), pp. 125-131.
- Rizza, F., Badeck, F., Cattivelli, L., Lidestri, O., Fonzo, N.D. & Stanca, A.M., 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Science*, 44, pp. 2127-2137.
- Royo, C., Elias, E.M. & Manthey, F.A., 2009. Durum wheat breeding. In: M.J. Carena, ed. *Cereals*. Springer US, pp. 199-226.
- Ruuska, S.A., Rebetzke, G.J., van Herwaarden, A.F., Richards, R.A., Fettell, N.A., Tabe, L.M. & Jenkins, C.L., 2006. Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology*, 33(9), pp. 799-809.
- Saad, A.S., Li, X., Li, H., Huang, T., GAO, C., Guo, M., Cheng, W., Zhao, G. & Liao, Y., 2013. A rice stress-responsive NAC gene enhances tolerance of transgenic wheat to drought and salt stresses. *Plant Science*, 203-204, pp. 33-40.

- Saini, H.S. & Aspinall, D., 1982. Sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.) induced by water deficit or high temperature: possible mediation by abscisic acid. *Australian Journal of Plant Physiology*, 9, pp. 529-537.
- Saini, H.S., Sedgley, M. & Aspinall, D., 1984. Development anatomy in wheat of male sterility induced by heat stress, water deficit or abscisic acid. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11, pp. 243-253.
- Saldivar, S.O. & Othón, S.R., 2012. *Cereal grains: laboratory reference and procedures manual*. CRC Press.
- Salekdeh, G.H., Siopongco, J., Wade, L.J., Ghareyazie, B. & Bennett, J., 2002. A proteomic approach to analyzing drought- and salt-responsiveness in rice. *Field Crops Research*, 76, pp. 199-219.
- Saradadevi, R., Palta, J.A. & Siddique, K.H., 2017. ABA-mediated stomatal response in regulating water use during the development of terminal drought in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Schmidt, J.W., 1983. Drought resistance and wheat breeding. *Agricultural Water Management*, 7, pp. 181-194.
- Schnyder, H., 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling — a review. *New Phytologist*, 123, pp. 233-245.
- Schofield, J.D., 1994. Wheat proteins: structure and functionality in milling and breadmaking. In: *Wheat*. Springer, pp. 73-106.
- Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K.H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R.K., Hanumantharao, B., Nair, R.M., Prasad, P.V. & Nayyar, H., 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*, 9.
- Seleiman, M.F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M.A., Refay, Y.A., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H.H. & Battaglia, M.L., 2021. Drought stress

- impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10.
- Selote, D.S. & Khanna-Chopra, R., 2010. Antioxidant response of wheat roots to drought acclimation. *Protoplasma*, 245, pp. 153-163.
- Selote, D.S., Bharti, S. & Khanna-Chopra, R., 2004. Drought acclimation reduces O₂*- accumulation and lipid peroxidation in wheat seedlings. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 314(3), pp. 724-729.
- Shah, N.H. & Paulsen, G.M., 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. *Plant and Soil*, 257, pp. 219-226.
- Shanker, A., Maheswari, M., Yadav, S.K., Desai, S., Bhanu, D., Attal, N. & Venkateswarlu, B., 2014. Drought stress responses in crops. *Functional & Integrative Genomics*, 14, pp. 11-22.
- Shewry, P.R., 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6), pp. 1537-1553.
- Shiferaw, B.A., Smale, M., Braun, H., Duveiller, E., Reynolds, M. & Muricho, G., 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5, pp. 291-317.
- Siddique, M., Hamid, A. & Islam, M.S., 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*.
- Simova-Stoilova, L., Vaseva, I.I., Grigorova, B., Demirevska, K. & Feller, U., 2010. Proteolytic activity and cysteine protease expression in wheat leaves under severe soil drought and recovery. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(2-3), pp. 200-206.
- Sivamani, E., Bahieldin, A., Wraith, J.M., Al-Niemi, T.S., Dyer, W.E., Ho, T.D. & Qu, R., 2000. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene. *Plant Science*, 155(1), pp. 1-9.

- Smiley, R.W., Collins, H.P. & Rasmussen, P.E., 1996. Diseases of wheat in long-term agronomic experiments at Pendleton, Oregon. *Plant Disease*, 80.
- Souer, E., Houwelingen, A.V., Kloos, D., Mol, J.N. & Koes, R., 1996. The No Apical Meristem gene of *Petunia* is required for pattern formation in embryos and flowers and is expressed at meristem and primordia boundaries. *Cell*, 85, pp. 159-170.
- Spormann, S., Nadais, P., Sousa, F., Pinto, M., Martins, M., Sousa, B., Fidalgo, F. & Soares, C., 2023. Accumulation of proline in plants under contaminated soils—Are we on the same page? *Antioxidants*, 12.
- Suzuki, N., Rivero, R.M., Shulaev, V., Blumwald, E. & Mittler, R., 2014. Abiotic and biotic stress combinations. *The New Phytologist*, 203(1), pp. 32-43.
- Tang, Y., Liu, M., GAO, S., Zhang, Z., Zhao, X., Zhao, C., Zhang, F. & Chen, X., 2012. Molecular characterization of novel TaNAC genes in wheat and overexpression of TaNAC2a confers drought tolerance in tobacco. *Physiologia Plantarum*, 144(3), pp. 210-224.
- Tardieu, F. & Simonneau, T., 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany*, 49, pp. 419-432.
- Tari, I., Guóth, A., Benyó, D., Kovács, J., Poór, P. & Wodala, B., 2010. The roles of ABA, reactive oxygen species and nitric oxide in root growth during osmotic stress in wheat: comparison of a tolerant and a sensitive variety. *Acta Biologica Hungarica*, 61, pp. 189-196.
- Townley-Smith, T. & Hurd, E., 1979. Testing and selecting for drought resistance in wheat. In: J. R. W. (ed.), *Stress physiology in crop plants*, 2, pp. 447-464.
- Vaseva, I.I., Grigorova, B., Stoilova, L.S., Demirevska, K. & Feller, U., 2010. Abscisic acid and late embryogenesis abundant protein profile changes in winter wheat under progressive drought stress. *Plant Biology*, 12(5), pp. 698-707.

- Verma, V., Foulkes, M.J., Worland, A.J., Sylvester-Bradley, R., Caligari, P.D. & Snape, J.W., 2004. Mapping quantitative trait loci for flag leaf senescence as a yield determinant in winter wheat under optimal and drought-stressed environments. *Euphytica*, 135, pp. 255-263.
- Wang, L., Li, X., Chen, S. & Liu, G., 2009. Enhanced drought tolerance in transgenic *Leymus chinensis* plants with constitutively expressed wheat TaLEA3. *Biotechnology Letters*, 31, pp. 313-319.
- Wang, L., Zhu, Q., Zhao, W.J. & Zhao, X., 2015. The drought trend and its relationship with rainfall intensity in the Loess Plateau of China. *Natural Hazards*, 77, pp. 479-495.
- Wang, Y., Xu, H., Zhang, G., Zhu, H., Zhang, L., Zhang, Z., Zhang, C. & Ma, Z., 2009. Expression and responses to dehydration and salinity stresses of V-PPase gene members in wheat. *Journal of Genetics and Genomics*, 36(12), pp. 711-720.
- Wardlaw, I.F. & Willenbrink, J., 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, pp. 255-271.
- Weng, M.L., Cui, L., Liu, F., Zhang, M., Shan, L., Yang, S. & Deng, X., 2015. Effects of drought stress on antioxidant enzymes in seedlings of different wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 47, pp. 49-56.
- Westgate, M.E., Passioura, J.B. & Munns, R., 1996. Water status and ABA content of floral organs in drought-stressed wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23, pp. 763-772.
- Wieczorek, A.M., 2003. Use of biotechnology in agriculture — benefits and risks.
- Willenbrink, J., Bonnett, G.D., Willenbrink, S. & Wardlaw, I.F., 1998. Changes of enzyme activities associated with the mobilization of carbohydrate reserves (fructans) from the stem of wheat during kernel filling. *New Phytologist*, 139, pp. 471-478.

- Winter, S.R., Musick, J.T. & Porter, K.B., 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistant winter wheat. *Crop Science*, 28, pp. 512-516.
- Xia, N., Zhang, G., Sun, Y., Zhu, L., Xu, L., Chen, X., Liu, B., Yu, Y., Wang, X., Huang, L. & Kang, Z., 2010. TaNAC8, a novel NAC transcription factor gene in wheat, responds to stripe rust pathogen infection and abiotic stresses. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 74, pp. 394-402.
- Xu, Q., Mi, J. & Zhong, C., 2010. Structure of poly (ethylene glycol)-water mixture studied by polymer reference interaction site model theory. *The Journal of Chemical Physics*, 133(17), p. 174104.
- Yamaguchi-Shinozaki, K. & Shinozaki, K., 2006. Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. *Annual Review of Plant Biology*, 57, pp. 781-803.
- Yancey, P.H., 1994. Compatible and counteracting solutes. In: K. Strange (ed.), *Cellular and Molecular Physiology of Cell Volume Regulation*. Boca Raton: CRC Press, pp. 81-109.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. & Liu, L., 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 93, pp. 196-206.
- Zadehbagheri, M., Azarpanah, A., Javanmardi, S.H. & Branch, A., 2014. Proline metabolite transport: an efficient approach in corn yield improvement as a response to drought conditions.
- Zala, H.N., Bosamia, T.C., Kulkarni, K.S. & Shukla, Y.M., 2014. Physiological and biochemical characterization for drought stress at seedling stage in wheat genotypes. *International Journal of Bio-resources and Stress Management*, 5(3), pp. 386-394.
- Zang, Q., Wang, C., Li, X., Guo, Z., Jing, R., Zhao, J. & Chang, X., 2010. Isolation and characterization of a gene encoding a polyethylene glycol-induced cysteine protease in common wheat. *Journal of Biosciences*, 35, pp. 379-388.

- Zhao, C., He, M., Wang, Z., Wang, Y. & Lin, Q., 2009. Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. *Comptes Rendus Biologies*, 332(8), pp. 759-764.
- Zhao, H., Dai, T., Jiang, D. & Cao, W., 2008. Effects of high temperature on key enzymes involved in starch and protein formation in grains of two wheat cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194, pp. 47-54.
- Zhu, J.K., Hasegawa, P.M. & Bressan, R.A., 1997. Molecular aspects of osmotic stress in plants. *Critical Reviews in Plant Science*, 16, pp. 253-277.
- Zhu, L.H., Peppel, A.V.D., Li, X.Y. & Welander, M., 2004. Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 99, pp. 133-141.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακες Δεδομένων

Στους πίνακες του παραρτήματος παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα φυτά για όλα τα χαρακτηριστικά. Οι αρχικές μετρήσεις έγιναν σε όλα τα φυτά που αναπτύχθηκαν μέσα σε κάθε φυτοδοχείο και στη συνέχεια εξήχθησαν οι μέσοι όροι. Το μήκος στάχυος με άγανα, το μήκος στάχυος και το ύψος φυτού μετρήθηκαν σε (cm), η προλίνη σε (mmol προλίνης/gr ξηρού βάρους) και η απόδοση ξηρού βάρους σε (gr) όλων των σταχύων.

Πίνακας 1. Τιμές ανά επανάληψη και μέσοι όροι μήκους στάχτους με άγανα.

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ANNA																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	16	15	14	15,00	15	14	14	14,33	13	12	13	12,67	12	13	12	12,33
	2	14	13	14	13,67	13	12	13	12,67	13	14	11	12,67	12	14	13	13,00
	3	15	14	15	14,67	14	12	13	13,00	15	17	16	16,00	12	11	13	12,00
	4	15	14	14	14,33	15	16	12	14,33	15	14	16	15,00	12	14	12	12,67
	5	17	15	14	15,33	15	15	14	14,67	15	17	14	15,33	15	16	14	15,00
	6	16	17	15	16,00	12	13	14	13,00	14	12	13	13,00	10	11	12	11,00
	7	15	14	16	15,00	12	14	11	12,33	12	14	12	12,67	11	15	14	13,33
	8	11	12	11	11,33	15	17	18	16,67	12	14	11	12,33	13	15	11	12,83
	9	12	11	13	12,00	12	14	13	13,00	13	14	12	13,00	12	14	15	13,67
	10	14	13	16	14,33	14	15	12	13,67	14	14	13	13,67	14	12	13	13,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΣΙΦΝΟΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	17	12	16	15,00	11	10	11	10,67	14	15	13	14,00	15	14	16	15,00
	2	11	14	13	12,67	13	14	13	13,33	15	14	16	15,00	11	12	14	12,33
	3	14	15	14	14,33	15	16	15	15,33	16	14	13	14,33	11	12	15	12,67
	4	16	14	15	15,00	13	14	12	13,00	12	13	14	13,00	15	12	11	12,67
	5	17	15	16	16,00	11	11	12	11,33	15	16	15	15,33	11	12	12	11,67
	6	13	12	16	13,67	14	15	14	14,33	12	11	14	12,33	10	11	11	10,67
	7	12	16	16	14,67	14	15	17	15,33	15	16	14	15,00	10	10	11	10,33
	8	11	11	12	11,33	14	12	12	12,67	11	12	14	12,33	12	13	15	13,33
	9	12	13	11	12,00	12	11	13	12,00	14	15	11	13,33	12	14	13	13,00
	10	14	16	17	15,67	13	15	14	14,00	12	14	14	13,33	11	12	13	12,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΑΘΩΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	15	18	19	17,33	16	17	18	17,00	17	18	16	17,00	17	18	18	17,67
	2	16	15	18	16,33	15	16	17	16,00	16	16	15	15,67	15	14	15	14,67
	3	16	18	17	17,00	12	13	14	13,00	17	18	18	17,67	13	13	14	13,33
	4	15	14	17	15,33	16	15	15	15,33	15	16	15	15,33	17	16	17	16,67
	5	16	17	19	17,33	15	16	12	14,33	17	16	17	16,67	18	19	19	18,67
	6	18	17	19	18,00	14	13	16	14,33	15	17	16	16,00	13	13	14	13,33
	7	14	16	18	16,00	14	17	15	15,33	15	17	16	16,00	14	16	17	15,67
	8	15	18	18	17,00	17	15	16	16,00	15	15	17	15,67	14	15	14	14,33
	9	14	15	16	15,00	17	16	17	16,67	18	16	14	16,00	17	16	17	16,67
	10	19	18	17	18,00	17	15	17	16,33	15	17	14	15,33	14	14	15	14,33
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΜΕΞΙΚΑΛΙ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	13	14	13	13,33	12	13	12	12,33	10	11	10	10,33	14	15	13	14,00
	2	17	17	15	16,33	14	13	14	13,67	14	15	16	15,00	11	12	14	12,33
	3	15	15	16	15,33	15	16	16	15,67	10	11	10	10,33	10	9	9	9,33
	4	14	15	17	15,33	15	16	15	15,33	14	13	14	13,67	9	10	10	9,67
	5	15	16	17	16,00	10	11	10	10,33	15	16	14	15,00	13	14	13	13,33
	6	17	16	14	15,67	11	12	11	11,33	15	14	14	14,33	14	13	13	13,33
	7	15	16	14	15,00	14	13	14	13,67	15	14	15	14,67	14	15	13	13,83
	8	14	13	12	13,00	15	16	15	15,33	15	14	16	15,00	14	15	14	14,33
	9	15	17	12	14,67	16	16	15	15,67	14	15	14	14,33	12	11	12	11,67
	10	14	15	14	14,33	15	16	15	15,33	13	14	13	13,33	14	14	12	13,33
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.	Μήκος στάχτους με άγανα(cm)			M.O.

		άγωνα(cm)				άγωνα(cm)				άγωνα(cm)				άγωνα(cm)			
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	15	14	13	14,00	13	13	12	12,67	12	13	14	13,00	16	15	15	15,33
	2	15	15	14	14,67	13	13	12	12,67	13	15	13	13,67	12	14	11	12,33
	3	13	12	16	13,67	11	13	12	12,00	13	14	12	13,00	15	12	13	13,33
	4	12	13	14	13,00	15	14	12	13,67	13	14	15	14,00	13	14	11	12,67
	5	16	15	14	15,00	15	16	14	15,00	10	11	12	11,00	11	14	11	12,00
	6	13	14	16	14,33	12	14	12	12,67	14	12	12	12,67	15	14	16	15,00
	7	15	16	13	14,67	15	13	16	14,67	14	15	16	15,00	14	14	12	13,33
	8	13	13	14	13,33	14	15	13	14,00	12	13	11	12,00	12	11	10	11,00
	9	14	15	13	14,00	15	14	12	13,67	15	14	13	14,00	12	12	13	12,33
	10	15	16	17	16,00	12	14	15	13,67	15	14	14	14,33	11	15	11	12,33
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΕΛΠΙΔΑ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)			M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)			M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)		M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)		M.O.		
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	18	18	17	17,67	12	13	13	12,67	16	15	15	15,33	14	15	15	14,67
	2	14	15	13	14,00	11	12	11	11,33	12	13	14	13,00	15	14	15	14,67
	3	13	13	14	13,33	15	16	15	15,33	12	12	13	12,33	12	13	14	13,00
	4	15	16	17	16,00	14	15	14	14,33	17	15	16	16,00	15	14	16	15,00
	5	13	14	15	14,00	14	15	14	14,33	12	11	13	12,00	14	13	14	13,67
	6	12	12	13	12,33	14	16	14	14,67	14	13	12	13,00	12	12	11	11,67
	7	18	17	19	18,00	13	15	14	14,00	15	16	15	15,33	13	14	13	13,33
	8	16	17	16	16,33	15	14	16	15,00	12	11	13	12,00	14	12	15	13,67
	9	14	13	14	13,67	15	16	17	16,00	17	16	18	17,00	12	11	11	11,33
	10	13	12	13	12,67	14	15	14	14,33	14	15	16	15,00	11	12	12	11,67
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΘΡΑΚΗ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
		Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)			M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)			M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)		M.O.	Μήκος στάχewos με άγωνα(cm)		M.O.		
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	12	13	14	13,00	15	17	16	16,00	16	15	15	15,33	14	13	15	14,00
	2	12	12	14	12,67	15	14	16	15,00	14	16	16	15,33	15	16	14	15,00
	3	17	15	16	16,00	18	19	17	18,00	14	15	14	14,33	14	15	13	14,00
	4	18	17	18	17,67	15	15	16	15,33	14	14	15	14,33	12	11	13	12,00
	5	19	18	17	18,00	16	16	15	15,67	13	13	14	13,33	15	14	16	15,00
	6	17	17	18	17,33	14	15	14	14,33	15	15	14	14,67	15	14	15	14,67
	7	14	16	14	14,67	14	15	15	14,67	13	11	12	12,00	14	15	14	14,33
	8	14	13	15	14,00	12	14	13	13,00	15	15	16	15,33	13	12	14	13,00
	9	17	18	18	17,67	14	14	16	14,67	14	15	16	15,00	12	13	13	12,67
	10	13	13	12	12,67	15	15	14	14,67	14	13	15	14,00	14	15	15	14,67

Πίνακας 2. Μήκος στάχους ανά επανάληψη και οι μέσοι όροι.

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ANNA																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ		Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.
	1	5,5	5,0	6,0	5,50	4,0	5,0	5,5	4,83	4,5	4,0	5,0	4,50	4,5	5,0	4,0	4,50
	2	6,0	5,0	6,0	5,67	4,0	5,0	4,0	4,33	4,7	4,5	5,0	4,73	5,0	6,0	4,0	5,00
	3	5,5	5,5	5,0	5,33	4,5	5,0	4,0	4,50	4,7	5,5	4,5	4,90	5,0	5,0	5,0	5,00
	4	6,0	5,0	6,0	5,67	5,0	4,0	3,7	4,23	5,5	5,0	4,0	4,83	5,5	5,0	6,0	5,50
	5	5,5	5,0	5,7	5,40	4,0	5,0	3,5	4,17	4,5	4,0	5,0	4,50	6,0	5,5	6,0	5,83
	6	5,5	5,0	6,0	5,50	4,0	4,5	5,5	4,67	5,0	6,0	4,5	5,17	5,0	4,0	6,0	5,00
	7	4,5	5,0	5,0	4,83	5,0	4,0	6,0	5,00	5,0	4,0	5,5	4,83	5,5	5,0	6,0	5,50
	8	4,0	4,5	5,0	4,50	4,0	4,5	5,0	4,50	5,5	4,5	5,0	5,00	6,0	4,0	4,5	4,83
	9	5,0	4,0	6,0	5,00	5,0	5,3	4,5	4,92	5,5	6,0	5,0	5,50	5,0	5,0	6,0	5,33
	10	4,5	4,0	5,0	4,50	4,0	5,0	4,0	4,33	4,5	4,5	5,0	4,67	4,5	4,5	4,5	4,50
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΣΙΦΝΟΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ		Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.
	1	5,0	4,0	6,0	5,00	6,0	4,0	5,0	5,00	4,0	3,0	5,0	4,00	5,5	5,0	6,0	5,50
	2	5,5	5,5	5,0	5,33	4,0	5,0	4,5	4,50	4,5	4,5	4,5	4,50	4,5	5,0	4,0	4,50
	3	4,5	4,0	5,0	4,50	4,5	4,0	4,0	4,17	5,5	5,0	6,0	5,50	4,5	4,5	5,0	4,67
	4	5,0	6,0	5,5	5,50	5,5	5,5	5,5	5,50	6,0	5,5	5,0	5,50	4,0	4,0	4,0	4,00
	5	5,5	5,0	5,0	5,17	4,0	5,0	4,0	4,33	3,0	3,5	4,0	3,50	3,0	4,0	5,0	4,00
	6	5,0	4,5	4,0	4,50	5,0	6,0	4,0	5,00	6,0	4,5	5,0	5,17	4,0	5,0	3,0	4,00
	7	6,0	4,0	5,0	5,00	4,5	4,5	5,0	4,67	5,5	6,0	5,0	5,50	3,5	4,0	4,0	3,83
	8	4,9	5,0	4,5	4,80	4,0	3,0	5,0	4,00	4,0	5,0	4,0	4,33	4,5	4,5	5,0	4,67
	9	5,0	5,0	4,5	4,83	4,5	4,5	4,0	4,33	4,0	4,0	3,0	3,67	4,5	5,0	4,5	4,67
	10	5,0	5,0	5,0	5,00	5,0	4,5	5,0	4,83	5,5	6,0	5,0	5,50	4,0	5,0	3,0	4,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΑΘΩΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ		Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.
	1	5,5	5,0	6,0	5,50	5,0	5,0	6,0	5,33	4,5	4,0	5,0	4,50	4,0	3,0	5,0	4,00
	2	5,0	4,0	6,0	5,00	4,0	5,0	5,5	4,83	4,0	3,0	5,0	4,00	5,0	3,0	4,0	4,00
	3	5,5	5,5	5,5	5,50	4,5	4,0	5,0	4,50	5,0	3,0	4,0	4,00	5,0	4,0	6,0	5,00
	4	5,0	5,0	5,5	5,17	4,0	5,0	4,5	4,50	6,0	5,0	4,0	5,00	5,0	5,2	4,5	4,90
	5	4,5	5,5	5,0	5,00	5,0	4,0	5,0	4,67	5,0	5,0	6,0	5,33	5,5	4,0	6,0	5,17
	6	5,5	4,0	4,5	4,67	4,0	5,0	6,0	5,00	5,0	4,0	5,0	4,67	4,0	5,0	6,0	5,00
	7	5,5	5,0	6,0	5,50	5,0	5,0	5,0	5,00	4,0	5,0	6,0	5,00	4,0	5,0	5,0	4,67
	8	4,7	4,0	5,0	4,57	5,5	6,0	5,0	5,50	4,0	4,0	6,0	4,67	5,0	6,0	4,0	5,00
	9	4,5	4,0	5,0	4,50	4,5	5,0	6,0	5,17	4,0	4,0	4,0	4,00	4,0	3,0	5,0	4,00
	10	5,0	5,5	6,0	5,50	5,0	4,0	6,0	5,00	4,0	5,0	5,0	4,67	5,0	4,0	6,0	5,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΜΕΞΙΚΑΛΙ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ		Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.
	1	4,0	5,0	4,0	4,33	4,5	4,5	5,0	4,67	5,0	4,5	4,5	4,67	3,0	4,0	5,0	4,00
	2	6,5	5,0	6,5	6,00	5,0	6,0	5,0	5,33	4,0	5,0	3,0	4,00	5,0	4,0	6,0	5,00
	3	6,0	6,0	5,5	5,83	6,0	5,0	5,5	5,50	6,0	5,0	6,0	5,67	3,5	3,5	3,5	3,50
	4	4,0	5,0	6,0	5,00	6,0	5,5	4,5	5,33	4,0	4,0	5,0	4,33	4,5	4,5	5,0	4,67
	5	4,5	4,5	5,5	4,83	5,5	5,0	6,0	5,50	5,5	5,0	5,0	5,17	5,0	6,0	5,5	5,50
	6	5,0	6,0	6,0	5,67	4,0	5,0	6,0	5,00	5,0	4,0	4,0	4,33	4,5	4,5	6,0	5,00
	7	5,5	5,5	6,0	5,67	4,5	4,0	4,0	4,17	5,5	4,5	5,0	5,00	4,5	3,0	4,5	4,00
	8	6,0	5,0	4,0	5,00	6,0	5,0	4,0	5,00	5,0	4,0	6,0	5,00	4,5	4,5	6,0	5,00
	9	5,0	4,5	5,5	5,00	5,0	6,0	6,0	5,67	4,0	4,0	4,5	4,17	5,0	4,0	5,0	4,67
	10	5,0	5,5	6,0	5,50	4,5	4,5	6,0	5,00	4,5	6,0	4,0	4,83	5,0	4,5	4,5	4,67
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ		Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.	Μήκος στάχους (cm)			M.O.
	1	5,0	5,0	5,0	5,00	4,0	4,5	5,0	4,50	5,00	5,00	4,00	4,67	5,0	4,0	6,0	5,00
	2	5,0	5,0	5,0	5,00	4,0	5,0	4,0	4,33	4,50	4,50	5,50	4,83	5,0	6,0	4,0	5,00
	3	5,0	5,0	4,0	4,67	4,7	4,5	4,0	4,40	5,50	5,00	6,00	5,50	4,0	4,0	4,0	4,00
	4	5,0	5,5	5,0	5,17	5,5	5,0	5,0	5,17	4,50	4,50	4,70	4,57	4,0	4,0	5,0	4,33
	5	5,0	4,5	4,5	4,67	4,5	5,0	5,0	4,83	5,00	5,00	6,00	5,33	4,0	5,0	3,0	4,00
	6	6,0	6,0	6,0	6,00	5,0	4,0	5,0	4,67	5,00	4,00	6,00	5,00	4,0	4,0	4,0	4,00
7	5,0	4,0	6,0	5,00	5,5	5,5	6,0	5,67	5,50	5,0	5,50	5,33	4,0	5,0	4,0	4,33	

	8	4,0	5,0	5,0	4,67		5,0	4,0	6,0	5,00		5,00	4,00	5,00	4,67		4,0	5,0	6,0	5,00
	9	4,5	5,0	4,0	4,50		5,0	5,0	4,0	4,67		5,00	5,00	4,50	4,83		4,5	4,5	5,0	4,67
	10	5,0	4,0	6,0	5,00		4,0	5,0	6,0	5,00		6,00	5,00	4,00	5,00		4,5	5,0	6,0	5,17
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΕΛΠΙΔΑ																				
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG					15% PEG					
		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.
ΕΠΙΔΑΛΗΨΕΙΣ	1	5,0	4,0	6,0	5,00		4,5	5,0	5,0	4,83		4,0	4,5	5,0	4,50		4,5	4,0	5,0	4,50
	2	5,5	6,0	4,0	5,17		3,5	3,5	4,0	3,68		4,5	4,0	4,0	4,17		5,0	4,5	5,0	4,83
	3	5,0	4,5	5,0	4,83		5,0	4,0	4,0	4,33		4,5	4,5	5,0	4,67		4,5	4,5	4,0	4,33
	4	5,5	5,0	5,0	5,17		4,0	6,0	5,0	5,00		3,0	4,0	6,0	4,33		5,0	4,0	5,0	4,67
	5	5,5	5,0	5,5	5,33		6,5	6,5	6,0	6,33		5,0	4,0	5,0	4,67		5,5	4,0	5,0	4,83
	6	4,5	4,5	4,0	4,33		5,5	5,0	6,0	5,50		4,0	4,0	3,0	3,67		4,0	5,0	4,0	4,33
	7	5,0	6,0	4,0	5,00		4,5	4,5	4,0	4,33		5,0	5,0	4,0	4,67		4,5	4,0	4,0	4,17
	8	4,5	4,5	5,0	4,67		5,0	5,0	5,0	5,00		5,0	4,0	5,0	4,67		4,0	4,0	5,0	4,33
	9	5,0	5,0	7,0	5,67		5,0	4,0	6,0	5,00		5,0	4,0	5,0	4,67		3,5	3,5	3,5	3,50
	10	4,0	4,0	4,5	4,17		6,0	5,0	6,0	5,67		4,0	4,0	4,0	4,00		3,5	3,0	4,0	3,50
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΘΡΑΚΗ																				
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG					15% PEG					
		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.		Μήκος στάγεως(cm)			Μ.Ο.
ΕΠΙΔΑΛΗΨΕΙΣ	1	6,0	6,0	5,0	5,67		6,5	6,5	6,0	6,33		5,0	4,0	6,0	5,00		6,0	5,0	7,0	6,00
	2	6,5	6,5	6,0	6,33		6,5	6,0	6,5	6,33		6,0	5,0	6,0	5,67		5,0	5,0	5,0	5,00
	3	5,0	4,0	6,0	5,00		6,5	6,5	6,5	6,50		5,5	5,5	6,0	5,67		7,0	7,0	7,0	7,00
	4	5,0	6,0	5,0	5,33		6,5	6,5	6,0	6,33		5,0	4,0	6,0	5,00		5,0	4,0	6,0	5,00
	5	6,5	6,5	6,0	6,33		5,0	6,0	6,0	5,67		5,0	6,0	4,0	5,00		4,5	4,5	4,5	4,50
	6	6,5	6,0	6,5	6,33		5,5	5,5	5,0	5,33		5,5	5,5	5,5	5,50		6,0	5,0	7,0	6,00
	7	6,0	5,0	5,5	5,50		5,0	5,0	6,5	5,50		4,5	4,5	5,0	4,67		4,5	4,0	5,0	4,50
	8	6,5	6,0	6,5	6,33		5,0	5,0	6,0	5,33		5,0	4,0	6,0	5,00		5,0	5,0	5,0	5,00
	9	6,0	6,0	6,0	6,00		6,0	6,0	5,5	5,83		5,5	5,5	6,0	5,67		5,5	5,0	6,0	5,50
	10	6,5	6,5	6,0	6,33		5,5	6,0	6,0	5,83		4,5	4,5	4,0	4,33		6,0	5,5	5,0	5,50

Πίνακας 3. Ύψος φυτού ανά επανάληψη και μέσοι όροι.

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ANNA																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ				5% PEG				10% PEG				15% PEG					
	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	7 0	7 2	7 1	71,00	6 7	6 9	7 1	69,00	6 5	6 9	6 8	67,33	4 8	5 1	5 0	49,67
	2	6 5	6 1	6 2	62,67	6 4	7 0	6 7	67,00	6 7	6 8	6 9	68,00	5 5	5 7	5 8	56,67
	3	6 8	6 6	6 7	67,00	6 5	7 1	6 8	68,00	7 0	6 7	6 8	68,33	7 1	7 3	7 4	72,67
	4	6 4	6 6	6 8	66,00	6 3	6 7	6 9	66,33	7 0	7 1	6 8	69,67	6 7	6 3	6 4	64,67
	5	6 1	6 7	6 4	64,00	6 7	6 5	6 9	67,00	7 4	7 1	7 3	72,67	6 3	6 4	6 2	63,00
	6	6 5	6 7	6 5	65,67	6 6	6 9	6 8	67,67	6 0	6 3	6 4	62,33	5 5	5 8	5 9	57,33
	7	7 3	7 9	6 8	70,00	7 0	7 3	7 0	71,00	6 2	6 4	6 2	62,67	5 7	5 5	5 6	56,00
	8	6 7	6 4	6 2	64,33	5 2	4 7	5 1	50,00	4 7	4 8	4 9	48,00	4 9	5 0	5 3	50,67
	9	6 5	6 1	6 2	62,67	6 5	6 5	6 3	64,33	7 5	7 4	7 2	73,67	4 6	4 7	4 9	47,33
	10	6 2	6 6	6 4	64,00	6 5	6 7	6 6	66,00	5 0	5 6	5 4	53,33	6 5	6 9	6 8	67,33
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΣΙΦΝΟΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ				5% PEG				10% PEG				15% PEG					
	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	6 2	6 3	6 4	63,00	6 1	6 1	6 4	62,00	7 9	7 7	7 8	78,00	5 7	5 9	6 1	59,00
	2	6 0	6 1	5 9	60,00	6 3	6 0	6 3	62,00	7 1	6 9	7 0	70,00	6 2	6 1	6 0	61,00
	3	7 6	7 4	7 5	75,00	6 7	7 4	6 9	70,00	6 9	7 2	6 9	70,00	5 2	5 3	5 0	51,67
	4	5 8	6 2	6 0	60,00	5 3	5 5	5 8	55,33	6 8	7 0	7 2	70,00	5 6	5 5	5 3	54,00
	5	7 1	7 9	6 0	70,00	7 0	7 5	7 4	73,00	5 6	5 7	5 8	57,00	5 3	5 4	5 2	53,00
	6	6 1	6 2	5 7	60,00	6 9	7 2	7 2	71,00	6 4	6 3	6 5	64,00	6 7	6 9	6 8	68,00
	7	6 0	6 3	5 9	60,67	7 4	7 2	7 3	73,00	6 4	6 1	6 2	62,33	5 9	5 6	5 9	58,00
	8	6 5	6 3	6 4	64,00	6 9	6 8	7 0	69,00	6 1	5 8	6 1	60,00	7 7	7 6	7 5	76,00
	9	6 9	6 7	6 8	68,00	5 3	5 4	5 5	54,00	6 7	6 9	6 5	67,00	4 5	4 7	4 6	46,00
	10	6 0	6 5	6 1	62,00	6 0	6 3	6 0	61,00	6 9	7 0	7 1	70,00	6 2	6 3	6 1	62,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΑΘΩΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ				5% PEG				10% PEG				15% PEG					
	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	Ύψος φυτού σε cm			M.O.	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	9 4	9 5	9 6	95,00	7 5	7 5	7 8	76,00	8 1	8 3	8 5	83,00	8 4	8 5	8 3	84,00
	2	8 9	8 7	8 9	89,00	9 0	8 8	8 9	89,00	7 0	7 5	7 1	72,00	7 5	7 4	7 4	74,33
	3	9 4	9 1	9 1	92,00	7 5	7 4	7 6	75,00	8 7	8 4	8 5	85,33	8 5	8 7	8 6	86,00
	4	9 9	9 7	9 8	98,00	7 9	7 7	7 8	78,00	9 0	9 1	8 9	90,00	7 7	7 6	7 5	76,00
	5	8 7	8 6	8 5	86,00	8 2	8 4	8 0	82,00	8 4	8 7	8 7	86,00	7 5	7 4	7 6	75,00
	6	8 9	8 7	8 5	87,00	8 6	8 8	8 7	87,00	8 1	8 7	8 5	81,00	8 9	8 7	8 1	89,00
	7	8 7	8 7	8 6	86,67	7 3	7 6	7 4	74,33	8 8	8 6	8 4	86,00	9 2	9 0	9 1	91,00
	8	9 2	9 0	9 1	91,00	8 7	8 4	8 1	84,00	8 9	8 8	8 0	89,00	8 3	8 3	8 4	83,33
	9	7 7	7 5	7 9	77,00	8 3	8 0	8 3	82,00	8 9	8 7	8 5	87,00	8 6	8 3	8 6	85,00

	1	8	9	8	87,00	7	7	7	77,00	8	8	8	84,00	8	9	8	89,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΜΕΞΙΚΑΛΙ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.
ΕΠΙΧΑΛΗΦΕΙΣ	1	6	6	6	62,00	5	5	5	51,00	4	5	5	51,00	5	5	5	54,00
	2	6	6	6	63,00	6	6	6	67,00	5	5	6	58,00	6	6	6	63,00
	3	7	7	7	74,00	6	7	7	70,00	5	5	5	55,33	6	6	6	63,67
	4	6	7	6	69,00	7	7	7	71,33	4	4	4	46,00	6	7	7	70,00
	5	5	5	5	57,00	6	7	7	71,00	7	7	7	72,00	6	6	6	65,00
	6	6	6	6	65,00	5	5	5	55,00	7	7	7	71,00	4	4	4	43,00
	7	5	4	5	53,00	6	6	6	67,00	5	5	5	51,33	5	5	5	53,00
	8	5	5	5	57,33	6	6	6	66,00	5	6	6	61,00	5	5	5	54,33
	9	6	6	6	63,00	7	7	7	73,00	8	2	0	70,00	6	6	6	67,00
	0	4	4	4	41,33	6	6	6	64,00	4	4	4	46,00	5	5	5	53,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.
ΕΠΙΧΑΛΗΦΕΙΣ	1	6	6	6	63,00	6	6	6	61,00	5	6	5	60,00	6	6	6	65,00
	2	6	6	6	64,00	5	5	5	57,00	6	6	6	62,00	6	6	6	66,00
	3	7	7	6	70,00	5	5	5	57,33	6	5	5	60,33	4	4	5	49,00
	4	6	6	6	65,67	4	4	4	45,00	6	5	6	62,00	4	4	4	45,00
	5	7	7	7	74,00	7	7	7	75,00	6	6	6	64,00	6	6	5	60,00
	6	5	5	5	55,67	6	6	6	62,00	5	6	6	61,00	5	5	5	54,67
	7	6	5	6	64,33	6	6	6	67,00	4	5	4	47,33	6	6	6	64,00
	8	5	6	5	58,33	4	4	4	44,00	4	4	4	45,00	5	5	5	58,33
	9	6	6	6	62,00	6	6	6	67,67	6	7	6	69,00	6	6	6	62,00
	0	6	6	6	65,00	5	6	6	61,00	7	6	7	70,00	4	5	5	50,00
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΕΛΠΙΔΑ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.	Υψος φυτόου σε cm			M.O.
ΕΠΙΧΑΛΗΦΕΙΣ	1	6	6	6	68,00	4	4	4	46,00	7	6	7	71,00	5	5	5	57,00
	2	6	6	7	69,00	5	5	5	52,33	6	6	6	68,00	6	6	6	64,00
	3	7	7	7	73,33	5	5	5	55,00	5	5	6	58,00	6	6	6	63,00
	4	6	5	6	61,33	6	6	6	64,67	6	7	7	70,00	6	7	6	69,00
	5	7	6	6	69,00	6	6	6	62,67	7	7	7	72,00	6	5	5	59,67
	6	6	6	6	67,00	6	6	6	65,33	7	6	6	68,33	6	6	6	66,33
	7	7	7	7	74,33	6	6	6	61,67	0	7	7	72,33	5	5	5	57,33
	8	7	7	7	74,67	5	5	5	53,67	5	5	6	58,00	6	6	6	67,33
	9	6	6	6	67,33	6	6	6	68,00	7	7	7	71,33	5	5	6	58,33
	0	6	6	6	63,67	5	5	6	58,67	5	5	5	58,33	7	7	7	71,00

0 4 5 2				7 9 0				7 9 9				0 2 1					
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΘΡΑΚΗ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
ΕΠΙΧΑΛΗΦΕΙΣ		Υψος φυτού σε cm			M.O.	Υψος φυτού σε cm			M.O.	Υψος φυτού σε cm			M.O.	Υψος φυτού σε cm			M.O.
	1	8	8	8	83,00	7	7	7	75,00	6	6	6	67,00	6	6	6	64,67
	2	7	7	7	77,00	7	7	7	75,00	6	6	6	63,33	6	6	6	67,67
	3	8	8	8	88,67	7	7	7	77,00	6	6	6	66,33	6	6	6	65,33
	4	7	7	7	71,67	7	6	7	70,00	7	7	6	70,00	6	6	6	67,00
	5	8	8	9	89,00	7	7	7	76,33	6	7	7	70,33	5	6	6	60,33
	6	6	7	7	69,67	7	7	7	78,33	7	6	7	71,33	5	5	5	58,33
	7	7	7	7	72,33	7	7	7	71,33	3	9	2	71,33	7	7	7	71,33
	8	8	8	8	81,00	6	7	6	69,33	7	7	6	70,33	6	6	6	68,33
	9	8	8	8	83,33	9	0	9	69,33	0	2	9	70,33	7	9	9	68,33
	10	7	7	7	75,67	7	7	7	76,33	6	6	6	68,33	6	7	6	69,67
0	7	6	4	75,67	6	6	6	62,00	7	6	7	69,33	6	6	6	67,33	
					2	0	4	62,00	1	7	0	69,33	8	5	9	67,33	

Πίνακας 5. Μέσοι όροι μήκους στάχυος με άγανα ανά ποικιλία και μεταχείριση.

Α. Μ.Ο. ΜΗΚΟΥΣ ΣΤΑΧΕΩΣ ΜΕ ΑΓΑΝΑ												
ΠΟΙΚΙΛΙΑ	PEG	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ										
		I	II	III	IIIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ΣΥΝΟΛΟ
ΑΝΝΑ	D1	15,00	13,67	14,67	14,33	15,33	16,00	15,00	11,33	12,00	14,33	141,66
	D2	14,33	12,67	13,00	14,33	14,67	13,00	12,33	16,67	13,00	13,67	137,67
	D3	12,67	12,67	16,00	15,00	15,33	13,00	12,67	12,33	13,00	13,67	136,34
	D4	12,33	13,00	12,00	12,67	15,00	11,00	13,33	12,83	13,67	13,00	128,83
	ΣΥΝΟΛΟ	54,33	52,01	55,67	56,33	60,33	53,00	53,33	53,16	51,67	54,67	544,50
ΣΙΦΩΝΟΣ	D1	15,00	12,67	14,33	15,00	16,00	13,67	14,67	11,33	12,00	15,67	140,34
	D2	10,67	13,33	15,33	13,00	11,33	14,33	15,33	12,67	12,00	14,00	131,99
	D3	14,00	15,00	14,33	13,00	15,33	12,33	15,00	12,33	13,33	13,33	137,98
	D4	15,00	12,33	12,67	12,67	11,67	10,67	10,33	13,33	13,00	12,00	123,67
	ΣΥΝΟΛΟ	54,67	53,33	56,66	53,67	54,33	51,00	55,33	49,66	50,33	55,00	533,98
ΛΘΩΣ	D1	17,33	16,33	17,00	15,33	17,33	18,00	16,00	17,00	15,00	18,00	167,32
	D2	17,00	16,00	13,00	15,33	14,33	14,33	15,33	16,00	16,67	16,33	154,32
	D3	17,00	15,67	17,67	15,33	16,67	16,00	16,00	15,67	16,00	15,33	161,34
	D4	17,67	14,67	13,33	16,67	18,67	13,33	15,67	14,33	16,67	14,33	155,34
	ΣΥΝΟΛΟ	69,00	62,67	61,00	62,66	67,00	61,66	63,00	63,00	64,34	63,99	638,32
ΜΕΞΙΚΑΛΙ	D1	13,33	16,33	15,33	15,33	16,00	15,67	15,00	13,00	14,67	14,33	148,99
	D2	12,33	13,67	15,67	15,33	10,33	11,33	13,67	15,33	15,67	15,33	138,66
	D3	10,33	15,00	10,33	13,67	15,00	14,33	14,67	15,00	14,33	13,33	135,99
	D4	14,00	12,33	9,33	9,67	13,33	13,33	13,83	14,33	11,67	13,33	125,15
	ΣΥΝΟΛΟ	49,99	57,33	50,66	54,00	54,66	54,66	57,17	57,66	56,34	56,32	548,79
ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	D1	14,00	14,67	13,67	13,00	15,00	14,33	14,67	13,33	14,00	16,00	142,67
	D2	12,67	12,67	12,00	13,67	15,00	12,67	14,67	14,00	13,67	13,67	134,69
	D3	13,00	13,67	13,00	14,00	11,00	12,67	15,00	12,00	14,00	14,33	132,67
	D4	15,33	12,33	13,33	12,67	12,00	15,00	13,33	11,00	12,33	12,33	129,65
	ΣΥΝΟΛΟ	55,00	53,34	52,00	53,34	53,00	54,67	57,67	50,33	54,00	56,33	539,68
ΕΛΠΙΔΑ	D1	17,67	14,00	13,33	16,00	14,00	12,33	18,00	16,33	13,67	12,67	148,00
	D2	12,67	11,33	15,33	14,33	14,33	14,67	14,00	15,00	16,00	14,33	141,99
	D3	15,33	13,00	12,33	16,00	12,00	13,00	15,33	12,00	17,00	15,00	140,99
	D4	14,67	14,67	13,00	15,00	13,67	11,67	13,33	13,67	11,33	11,67	132,68
	ΣΥΝΟΛΟ	60,34	53,00	53,99	61,33	54,00	51,67	60,66	57,00	58,00	53,67	563,66
ΦΡΑΚΗ	D1	13,00	12,67	16,00	17,67	18,00	17,33	14,67	14,00	17,67	12,67	153,68

	D2	16,00	15,00	18,00	15,33	15,67	14,33	14,67	13,00	14,67	14,67	151,34
	D3	15,33	15,33	14,33	14,33	13,33	14,67	12,00	15,33	15,00	14,00	143,65
	D4	14,00	15,00	14,00	12,00	15,00	14,67	14,33	13,00	12,67	14,67	139,34
	ΣΥΝΟΛΟ	58,33	58,00	62,33	59,33	62,00	61,00	55,67	55,33	60,01	56,01	588,01
ΣΥΝΟΛΟ	D1	105,33	100,34	104,33	106,66	111,66	107,33	108,01	96,32	99,01	103,67	1042,66
	D2	95,67	94,67	102,33	101,32	95,66	94,66	100,00	102,67	101,68	102,00	990,66
	D3	97,66	100,34	97,99	101,33	98,66	96,00	100,67	94,66	102,66	98,99	988,96
	D4	103,00	94,33	87,66	91,35	99,34	89,67	94,15	92,49	91,34	91,33	934,66
	ΣΥΝΟΛΟ	401,66	389,68	392,31	400,66	405,32	387,66	402,83	386,14	394,69	395,99	3956,94

Πίνακας 6. Μέσοι όροι μήκους στάχυος ανά ποικιλία και μεταχείριση.

Γ. Μ.Ο. ΥΨΟΥΣ ΦΥΤΟΥ												
ΠΟΙΚΙΛΙΑ	PEG	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ										
		I	II	III	IIIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ΣΥΝΟΛΟ
ANNA	D1	71,00	62,67	67,00	66,00	64,00	65,67	70,00	64,33	62,67	64,00	657,34
	D2	69,00	67,00	68,00	66,33	67,00	67,67	71,00	50,00	64,33	66,00	656,33
	D3	67,33	68,00	68,33	69,67	72,67	62,33	62,67	48,00	73,67	53,33	646,00
	D4	49,67	56,67	72,67	64,67	63,00	57,33	56,00	50,67	47,33	67,33	585,34
	ΣΥΝΟΛΟ	257,00	254,34	276,00	266,67	266,67	253,00	259,67	213,00	248,00	250,66	2545,01
ΣΙΦΩΝΟΣ	D1	63,00	60,00	75,00	60,00	70,00	60,00	60,67	64,00	68,00	62,00	642,67
	D2	62,00	62,00	70,00	55,33	73,00	71,00	73,00	69,00	54,00	61,00	650,33
	D3	78,00	70,00	70,00	70,00	57,00	64,00	62,33	60,00	67,00	70,00	668,33
	D4	59,00	61,00	51,67	54,00	53,00	68,00	58,00	76,00	46,00	62,00	588,67
	ΣΥΝΟΛΟ	262,00	253,00	266,67	239,33	253,00	263,00	254,00	269,00	235,00	255,00	2550,00
ΑΘΩΣ	D1	95,00	89,00	92,00	98,00	86,00	87,00	86,67	91,00	77,00	87,00	888,67
	D2	76,00	89,00	75,00	78,00	82,00	87,00	74,33	84,00	82,00	77,00	804,33
	D3	83,00	72,00	85,33	90,00	86,00	81,00	86,00	89,00	87,00	84,00	843,33
	D4	84,00	74,33	86,00	76,00	75,00	89,00	91,00	83,33	85,00	89,00	832,66
	ΣΥΝΟΛΟ	338,00	324,33	338,33	342,00	329,00	344,00	338,00	347,33	331,00	337,00	3368,99
ΜΕΞΙΚΑΛΙ	D1	62,00	63,00	74,00	69,00	57,00	65,00	53,00	57,33	63,00	41,33	604,66
	D2	51,00	67,00	70,00	71,33	71,00	55,00	67,00	66,00	73,00	64,00	655,33
	D3	51,00	58,00	55,33	46,00	72,00	71,00	51,33	61,00	70,00	46,00	581,66
	D4	54,00	63,00	63,67	70,00	65,00	43,00	53,00	54,33	67,00	53,00	586,00
	ΣΥΝΟΛΟ	218,00	251,00	263,00	256,33	265,00	234,00	224,33	238,66	273,00	204,33	2427,65
ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	D1	63,00	64,00	70,00	65,67	74,00	55,67	64,73	58,33	62,00	65,00	642,40
	D2	61,00	57,00	57,33	45,00	75,00	62,00	67,00	44,00	67,67	61,00	597,00
	D3	60,00	62,00	60,33	62,00	64,00	61,00	47,33	45,00	69,00	70,00	600,66
	D4	65,00	66,00	49,00	45,00	60,00	54,67	64,00	58,33	62,00	50,00	574,00
	ΣΥΝΟΛΟ	249,00	249,00	236,66	217,67	273,00	233,34	243,06	205,66	260,67	246,00	2414,06
ΕΛΠΙΔΑ	D1	68,00	69,00	73,33	61,33	69,00	67,00	74,33	74,67	67,33	63,67	687,66
	D2	46,00	52,33	55,00	64,67	62,67	65,33	61,67	53,67	68,00	58,67	588,01
	D3	71,00	68,00	58,00	70,00	72,00	68,33	72,33	58,00	71,33	58,33	667,32
	D4	57,00	64,00	63,00	69,00	59,67	66,33	57,33	67,33	58,33	71,00	632,99
	ΣΥΝΟΛΟ	242,00	253,33	249,33	265,00	263,34	266,99	265,66	253,67	264,99	251,67	2575,98
ΘΡΑΚΗ	D1	83,00	77,00	88,67	71,67	89,00	69,67	72,33	81,00	83,33	75,67	791,34

	D2	75,00	75,00	77,00	70,00	76,33	78,33	71,33	69,33	76,33	62,00	730,65
	D3	67,00	63,33	66,33	70,00	70,33	71,33	68,67	70,33	68,33	69,33	684,98
	D4	64,67	67,67	65,33	67,00	60,33	58,33	71,33	68,33	69,67	67,33	659,99
	ΣΥΝΟΛΟ	289,67	283,00	297,33	278,67	295,99	277,66	283,66	288,99	297,66	274,33	2866,96
ΣΥΝΟΛΟ	D1	505,00	484,67	540,00	491,67	509,00	470,01	481,73	490,66	483,33	458,67	4914,74
	D2	440,00	469,33	472,33	450,66	507,00	486,33	485,33	436,00	485,33	449,67	4681,98
	D3	477,33	461,33	463,65	477,67	494,00	478,99	450,66	431,33	506,33	450,99	4692,28
	D4	433,34	452,67	451,34	445,67	436,00	436,66	450,66	458,32	435,33	459,66	4459,65
	ΣΥΝΟΛΟ	1855,67	1868,00	1927,32	1865,67	1946,00	1871,99	1868,38	1816,31	1910,32	1818,99	18748,65

Πίνακας 7. Μέσοι όροι συγκέντρωσης προλίνης ανά ποικιλία και μεταχείριση.

Δ. Μ.Ο. ΠΡΟΛΙΝΗΣ												
ΠΟΙΚΙΛΙΑ	PEG	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ										
		I	II	III	IIIIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ΣΥΝΟΛΟ
ANNA	D1	0,223	0,205	0,213	0,197	0,203	0,197	0,221	0,219	0,229	0,238	2,145
	D2	0,291	0,312	0,274	0,282	0,304	0,311	0,307	0,315	0,299	0,302	2,997
	D3	0,339	0,335	0,345	0,339	0,335	0,338	0,336	0,344	0,333	0,346	3,390
	D4	0,387	0,414	0,412	0,409	0,398	0,395	0,385	0,399	0,395	0,447	4,041
	ΣΥΝΟΛΟ	1,240	1,266	1,244	1,227	1,240	1,241	1,249	1,277	1,256	1,333	12,573
ΣΙΦΝΟΣ	D1	0,043	0,038	0,051	0,046	0,054	0,053	0,043	0,070	0,058	0,050	0,506
	D2	0,312	0,317	0,314	0,295	0,309	0,281	0,250	0,255	0,276	0,254	2,863
	D3	0,370	0,304	0,383	0,333	0,360	0,302	0,356	0,385	0,408	0,398	3,599
	D4	0,469	0,446	0,458	0,489	0,518	0,495	0,514	0,549	0,496	0,489	4,923
	ΣΥΝΟΛΟ	1,194	1,105	1,206	1,163	1,241	1,131	1,163	1,259	1,238	1,191	11,891
ΛΘΩΣ	D1	0,083	0,078	0,070	0,075	0,058	0,074	0,087	0,064	0,069	0,093	0,751
	D2	0,400	0,409	0,397	0,414	0,409	0,426	0,437	0,424	0,439	0,399	4,154
	D3	0,651	0,636	0,614	0,637	0,709	0,566	0,638	0,682	0,700	0,735	6,568
	D4	0,709	0,689	0,686	0,733	0,743	0,815	0,796	0,731	0,720	0,652	7,274
	ΣΥΝΟΛΟ	1,843	1,812	1,767	1,859	1,919	1,881	1,958	1,901	1,928	1,879	18,747
ΜΕΞΙΚΑΛΙ	D1	0,031	0,036	0,035	0,063	0,060	0,054	0,047	0,033	0,039	0,032	0,430
	D2	0,089	0,077	0,080	0,065	0,060	0,073	0,077	0,087	0,088	0,087	0,783
	D3	0,103	0,121	0,111	0,122	0,118	0,121	0,112	0,119	0,117	0,125	1,169
	D4	0,202	0,171	0,198	0,194	0,206	0,209	0,204	0,208	0,214	0,235	2,041
	ΣΥΝΟΛΟ	0,425	0,405	0,424	0,444	0,444	0,457	0,440	0,447	0,458	0,479	4,423
ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	D1	0,135	0,143	0,118	0,103	0,132	0,145	0,139	0,121	0,125	0,112	1,273
	D2	0,156	0,169	0,171	0,190	0,201	0,179	0,182	0,192	0,175	0,172	1,787
	D3	0,275	0,236	0,259	0,242	0,248	0,241	0,223	0,241	0,259	0,271	2,495
	D4	0,526	0,309	0,307	0,321	0,307	0,322	0,308	0,314	0,316	0,340	3,370
	ΣΥΝΟΛΟ	1,092	0,857	0,855	0,856	0,888	0,887	0,852	0,868	0,875	0,895	8,925
ΕΛΠΙΑ	D1	0,119	0,131	0,128	0,137	0,159	0,136	0,130	0,126	0,133	0,137	1,336
	D2	0,187	0,210	0,201	0,215	0,260	0,247	0,248	0,233	0,250	0,234	2,285
	D3	0,632	0,689	0,711	0,771	0,686	0,684	0,669	0,732	0,681	0,652	6,907
	D4	0,830	0,810	0,814	0,806	0,795	0,800	0,732	0,708	0,775	0,809	7,879
	ΣΥΝΟΛΟ	1,768	1,840	1,854	1,929	1,900	1,867	1,779	1,799	1,839	1,832	18,407
ΘΡΑΚΗ	D1	0,172	0,177	0,197	0,145	0,175	0,175	0,167	0,184	0,170	0,153	1,715
	D2	0,203	0,225	0,202	0,235	0,230	0,212	0,189	0,199	0,213	0,197	2,105
	D3	0,266	0,274	0,288	0,283	0,296	0,343	0,349	0,336	0,318	0,305	3,058

	D4	0,493	0,441	0,462	0,499	0,483	0,483	0,473	0,514	0,553	0,489	4,890
	ΣΥΝΟΛΟ	1,134	1,117	1,149	1,162	1,184	1,213	1,178	1,233	1,254	1,144	11,768
ΣΥΝΟΛΟ	D1	0,806	0,808	0,812	0,766	0,841	0,834	0,834	0,817	0,823	0,815	8,156
	D2	1,638	1,719	1,639	1,696	1,773	1,729	1,690	1,705	1,740	1,645	16,974
	D3	2,636	2,595	2,711	2,727	2,752	2,595	2,683	2,839	2,816	2,832	27,186
	D4	3,616	3,280	3,337	3,451	3,450	3,519	3,412	3,423	3,469	3,461	34,418
	ΣΥΝΟΛΟ	8,696	8,402	8,499	8,640	8,816	8,677	8,619	8,784	8,848	8,753	86,734

Πίνακας 8. Βάρος – Απόδοση ανά ποικιλία και επανάληψη

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ANNA																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.			
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	5,574	7,958	6,701	6,744	4,229	4,123	4,456	4,269	2,845	2,965	2,982	2,931	2,985	2,774	2,976	2,912
	2	8,204	8,247	8,345	8,265	5,245	5,562	4,423	5,077	4,120	4,110	3,985	4,072	1,654	1,789	1,954	1,799
	3	5,029	4,267	4,145	4,480	4,401	3,120	3,207	3,576	3,213	3,211	3,345	3,256	2,256	2,321	2,102	2,226
	4	7,204	7,405	7,287	7,299	6,295	6,123	6,956	6,458	8,522	8,122	7,945	8,196	7,542	7,321	7,578	7,480
	5	2,564	3,050	4,122	3,245	5,305	5,543	5,104	5,317	5,450	5,236	5,340	5,342	2,965	2,954	2,772	2,897
	6	4,257	4,659	5,774	4,897	3,957	4,567	4,295	4,273	2,945	2,994	2,864	2,934	2,869	2,889	2,995	2,918
	7	5,864	6,125	5,514	5,834	4,023	4,579	5,102	4,568	4,210	4,020	4,000	4,077	6,674	5,895	5,799	6,123
	8	3,215	3,560	3,776	3,517	4,562	4,758	4,577	4,632	3,274	3,385	3,216	3,292	4,305	5,401	4,006	4,571
	9	4,204	4,247	4,345	4,265	5,689	4,975	5,502	5,389	8,420	8,124	8,012	8,185	11,256	10,536	11,772	11,188
	10	4,652	4,752	5,223	4,876	4,402	8,120	8,207	6,910	5,275	5,236	5,498	5,336	2,965	2,775	2,723	2,821
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΣΙΦΝΟΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.			
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	3,567	3,789	3,669	3,675	3,598	3,512	3,356	3,489	4,357	4,402	4,651	4,470	1,224	1,124	1,257	1,202
	2	5,954	5,921	5,821	5,899	2,523	2,539	2,547	2,536	1,827	2,012	1,905	1,915	0,741	0,602	1,120	0,821
	3	6,324	6,221	6,124	6,223	5,997	5,520	5,798	5,772	2,035	2,031	2,125	2,064	1,059	1,125	1,029	1,071
	4	5,756	5,741	5,799	5,765	4,359	4,123	4,377	4,286	3,254	3,425	3,195	3,291	0,995	0,812	1,174	0,994
	5	3,795	3,812	3,956	3,854	3,974	3,963	3,997	3,978	2,687	2,698	2,524	2,636	1,056	1,025	1,125	1,069
	6	3,521	3,865	3,564	3,650	3,597	3,596	3,256	3,483	4,321	4,678	4,401	4,467	1,277	1,171	1,203	1,217
	7	5,931	5,824	5,921	5,892	2,603	2,470	2,504	2,526	1,906	1,907	1,905	1,906	0,842	0,902	0,712	0,819
	8	6,339	6,121	6,229	6,230	5,920	5,847	5,543	5,770	2,104	2,056	2,050	2,070	1,127	1,074	1,004	1,068
	9	5,756	5,641	5,899	5,765	4,002	4,457	4,395	4,285	3,356	3,127	3,397	3,293	1,054	0,996	0,937	0,996
	10	3,796	3,912	3,859	3,856	3,951	3,998	3,971	3,973	2,651	2,654	2,607	2,637	1,058	1,104	1,006	1,056
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΑΘΩΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.			
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	5,313	5,373	4,257	4,981	3,914	4,125	3,205	3,748	4,250	4,012	4,205	4,156	3,625	3,602	3,607	3,611
	2	5,824	6,010	5,912	5,915	2,567	2,324	2,201	2,364	4,922	5,577	4,997	5,165	2,364	2,657	2,374	2,465
	3	4,259	5,591	4,207	4,686	2,797	3,014	2,917	2,909	3,957	3,254	4,737	3,983	3,217	3,205	3,024	3,149
	4	5,006	5,092	4,367	4,822	4,569	4,974	4,077	4,540	3,864	3,124	5,527	4,172	3,506	3,308	3,102	3,305
	5	4,264	3,902	4,214	4,127	3,568	3,980	3,057	3,535	4,263	4,536	4,054	4,284	3,952	4,004	3,805	3,920
	6	5,106	5,342	5,149	5,199	3,578	4,674	4,201	4,151	4,251	4,021	4,190	4,154	3,605	3,569	3,652	3,609
	7	5,050	5,843	4,879	5,257	2,698	2,413	2,297	2,469	4,924	4,521	5,331	4,925	2,578	2,825	2,002	2,468
	8	4,567	4,024	5,002	4,531	4,257	3,024	4,755	4,012	3,587	3,946	4,421	3,985	3,254	3,012	3,175	3,147
	9	4,235	4,879	4,309	4,474	4,689	4,687	4,247	4,541	5,977	5,689	5,877	5,848	3,302	3,257	3,356	3,305
	10	4,265	4,987	5,325	4,859	3,956	3,870	3,377	3,734	4,298	4,367	4,184	4,283	3,958	3,740	4,024	3,907
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΜΕΞΙΚΑΛΙ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG					10% PEG				15% PEG			
	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.	Βάρος σπόρων (gr)		M.O.			
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	5,124	4,992	4,867	4,994	2,247	2,123	2,024	2,131	3,847	3,542	4,145	3,845	3,650	3,540	3,787	3,659
	2	4,785	4,962	4,512	4,753	3,258	3,447	3,024	3,243	1,524	1,647	2,205	1,792	3,958	4,012	3,982	3,984
	3	4,254	4,951	4,335	4,513	4,506	4,907	4,701	4,705	3,207	3,305	3,027	3,180	1,035	1,057	1,012	1,035
	4	4,523	4,210	4,367	4,367	6,874	6,542	6,594	6,670	7,689	7,124	8,021	7,611	4,127	4,227	4,024	4,126
	5	5,926	5,774	6,124	5,941	5,247	5,247	5,120	5,205	4,904	4,529	4,164	4,532	3,764	3,951	3,524	3,746

	6	4,992	5,123	4,862	4,992	2,134	2,257	2,023	2,138	3,546	4,021	3,972	3,846	3,674	3,954	3,328	3,652
	7	4,957	4,230	4,961	4,716	3,267	3,244	3,204	3,238	1,677	1,687	2,012	1,792	3,981	3,974	3,994	3,983
	8	4,521	4,587	4,422	4,510	4,987	4,872	4,257	4,705	3,426	3,102	3,025	3,184	1,037	1,057	1,007	1,034
	9	4,985	4,996	4,995	4,992	6,852	6,475	6,687	6,671	7,569	7,354	7,915	7,613	4,245	4,102	4,025	4,124
	10	5,962	6,570	5,292	5,941	5,124	5,224	5,261	5,203	4,368	4,627	4,619	4,538	3,765	3,877	3,597	3,746
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	6,025	5,957	6,104	6,029	2,604	2,657	2,752	2,671	4,874	4,995	4,497	4,789	3,157	3,258	3,114	3,176
	2	5,206	5,306	5,107	5,206	5,031	5,055	5,023	5,036	2,956	2,894	2,987	2,946	3,856	3,950	3,645	3,817
	3	7,974	7,895	7,434	7,768	4,212	4,629	4,455	4,432	1,354	1,256	1,396	1,335	4,689	4,678	4,698	4,688
	4	6,654	6,357	6,684	6,565	3,065	3,057	3,045	3,056	2,054	2,103	2,112	2,090	4,672	4,712	4,654	4,679
	5	4,327	4,372	4,207	4,302	5,927	5,974	5,967	5,956	5,687	5,612	5,796	5,698	2,749	2,754	2,745	2,749
	6	6,257	5,678	6,147	6,027	2,687	2,641	2,681	2,670	4,797	4,592	4,972	4,787	3,241	3,102	3,184	3,176
	7	5,290	5,214	5,107	5,204	5,034	5,077	5,002	5,038	2,954	2,924	2,956	2,945	3,965	3,570	3,914	3,816
	8	7,595	7,757	7,952	7,768	4,302	4,497	4,497	4,432	1,320	1,342	1,331	1,331	4,025	4,736	4,699	4,487
	9	6,570	6,605	6,524	6,566	3,125	3,011	3,026	3,054	2,074	2,205	2,014	2,098	4,645	4,876	4,491	4,671
	10	4,324	4,321	4,257	4,301	5,990	5,965	5,912	5,956	5,789	5,503	5,799	5,697	2,859	2,679	2,710	2,749
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΕΛΠΙΑ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	7,120	7,056	7,074	7,083	5,124	3,874	3,996	4,331	4,567	4,421	4,387	4,458	2,286	2,201	2,120	2,202
	2	3,650	3,412	3,441	3,501	4,201	4,305	4,401	4,302	7,916	7,916	7,916	7,916	1,564	1,203	1,534	1,434
	3	2,480	3,541	6,487	4,169	3,056	2,985	3,102	3,048	1,130	1,152	1,110	1,131	3,756	3,621	3,699	3,692
	4	2,456	2,105	4,257	2,939	3,947	4,172	3,957	4,025	4,036	4,015	4,200	4,084	3,577	3,779	2,772	3,376
	5	6,354	6,477	6,430	6,420	2,560	3,637	2,258	2,818	5,784	5,968	5,480	5,744	2,630	2,546	2,690	2,622
	6	7,085	7,123	7,031	7,080	4,974	4,995	4,874	4,948	4,451	4,236	4,690	4,459	4,427	4,358	4,120	4,302
	7	3,549	3,720	3,320	3,530	4,210	4,258	4,435	4,301	5,354	4,901	5,914	5,390	2,168	2,546	3,005	2,573
	8	2,864	3,504	3,892	3,420	4,251	4,365	2,354	3,657	1,124	1,160	1,103	1,129	3,624	3,658	3,785	3,689
	9	3,456	4,578	5,003	4,346	4,956	4,957	4,995	4,969	4,023	4,120	4,101	4,081	3,564	2,598	3,657	3,273
	10	6,476	6,398	6,385	6,420	4,487	4,490	4,483	4,487	5,896	5,684	5,652	5,744	2,698	2,550	2,610	2,619
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΘΡΑΚΗ																	
ΜΑΡΤΥΡΑΣ					5% PEG				10% PEG				15% PEG				
		Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.	Βάρος σπόρων (gr)			M.O.
ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	1	5,621	5,682	7,502	6,268	9,125	8,526	9,704	9,118	3,058	2,452	3,720	3,077	6,645	6,024	7,836	6,835
	2	4,865	5,960	5,792	5,539	1,025	1,425	1,005	1,152	4,258	4,652	3,967	4,292	5,523	5,041	6,003	5,522
	3	6,551	6,520	6,432	6,501	2,552	2,175	3,117	2,615	5,823	5,472	5,241	5,512	2,216	2,412	2,374	2,334
	4	4,740	5,819	4,923	5,161	4,890	4,050	4,915	4,618	3,958	3,823	4,024	3,935	3,254	3,170	3,012	3,145
	5	3,256	3,157	3,042	3,152	8,004	8,305	8,182	8,164	3,952	4,420	4,020	4,131	2,711	2,505	2,906	2,707
	6	5,520	6,556	5,732	5,936	5,102	5,256	5,004	5,121	3,258	3,561	2,406	3,075	6,594	6,984	6,934	6,837
	7	4,852	5,872	6,892	5,872	1,152	1,321	1,002	1,158	4,258	4,016	4,602	4,292	5,521	5,124	5,925	5,523
	8	6,508	6,502	6,501	6,504	2,256	2,632	2,954	2,614	5,501	5,907	5,127	5,512	5,315	6,204	5,492	5,670
	9	4,958	2,965	4,562	4,162	4,299	4,897	4,659	4,618	4,956	5,258	5,599	5,271	2,994	3,257	3,182	3,144
	10	3,156	3,258	3,045	3,153	8,122	8,357	8,007	8,162	4,025	4,417	3,952	4,131	2,756	5,406	2,956	3,706

Πίνακας 9. Μέσοι όροι βάρους σπόρων - απόδοσης ανά ποικιλία και μεταχείριση

Ε. Μ.Ο. ΒΑΡΟΣ ΣΠΟΡΩΝ - ΑΠΟΔΟΣΗ												
ΠΟΙΚΙΛΙΑ Α	PEG	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ										
		I	II	III	IIIIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ΣΥΝΟΛΟ
ANNA	D1	6,74	8,27	4,48	7,30	3,25	4,90	5,83	3,52	4,27	4,88	53,43
	D2	4,27	5,08	3,58	6,46	5,32	4,27	4,57	4,63	5,39	6,91	50,47
	D3	2,93	4,07	3,26	8,20	5,34	2,93	4,08	3,29	8,19	5,34	47,62
	D4	2,91	1,80	2,23	7,48	2,90	2,92	6,12	4,57	11,19	2,82	44,94
	ΣΥΝΟΛΟ	16,86	19,21	13,54	29,43	16,81	15,02	20,60	16,01	29,03	19,94	196,45
ΣΙΦΝΟΣ	D1	3,68	5,90	6,22	5,77	3,85	3,65	5,89	6,23	5,77	3,86	50,81
	D2	3,49	2,54	5,77	4,29	3,98	3,48	2,53	5,77	4,29	3,97	40,10
	D3	4,47	1,92	2,06	3,29	2,64	4,47	1,91	2,07	3,29	2,64	28,75
	D4	1,20	0,82	1,07	0,99	1,07	1,22	0,82	1,07	1,00	1,06	10,31
	ΣΥΝΟΛΟ	12,84	11,17	15,13	14,34	11,54	12,82	11,14	15,14	14,34	11,52	129,97
ΑΘΩΣ	D1	4,92	5,92	4,69	4,82	4,13	5,20	5,26	4,53	4,47	4,86	48,79
	D2	3,61	2,36	2,91	4,54	3,54	4,15	2,47	4,01	4,54	3,73	35,87
	D3	4,16	5,17	3,98	4,17	4,28	4,15	4,93	3,99	5,85	4,28	44,96
	D4	3,61	2,47	3,15	3,31	3,92	3,61	2,47	3,15	3,31	3,91	32,89
	ΣΥΝΟΛΟ	16,29	15,91	14,73	16,84	15,87	17,11	15,12	15,68	18,17	16,78	162,49
ΜΕΞΙΚΑΛΙ	D1	4,99	4,75	4,51	4,37	5,94	4,99	4,72	4,51	4,99	5,94	49,72
	D2	2,13	3,24	4,71	6,67	5,21	2,14	3,24	4,71	6,67	5,20	43,91
	D3	3,85	1,79	3,18	7,61	4,53	3,85	1,79	3,18	7,61	4,54	41,93
	D4	3,66	3,98	1,04	4,13	3,75	3,65	3,98	1,03	4,12	3,75	33,09
	ΣΥΝΟΛΟ	14,63	13,77	13,43	22,77	19,42	14,63	13,73	13,43	23,40	19,43	168,65
ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ	D1	6,03	5,21	7,77	6,57	4,30	6,03	5,20	7,77	6,57	4,30	59,74
	D2	2,67	5,04	4,43	3,06	5,96	2,67	5,04	4,43	3,05	5,96	42,30
	D3	4,79	2,95	1,34	2,09	5,70	4,79	2,95	1,33	2,10	5,70	33,72
	D4	3,18	3,82	4,69	4,68	2,75	3,18	3,82	4,49	4,67	2,75	38,01
	ΣΥΝΟΛΟ	16,67	17,01	18,22	16,39	18,71	16,66	17,00	18,02	16,39	18,70	173,76
ΕΛΠΙΔΑ	D1	7,08	3,50	4,17	2,94	6,42	7,08	3,53	3,42	4,35	6,42	48,91
	D2	4,33	4,30	3,05	4,03	2,82	4,95	4,30	3,66	4,97	4,49	40,89
	D3	4,46	7,92	1,13	4,08	5,74	4,46	5,39	1,13	4,08	5,74	44,14
	D4	2,20	1,43	3,69	3,38	2,62	4,30	2,57	3,69	3,27	2,62	29,78
	ΣΥΝΟΛΟ	18,07	17,15	12,04	14,42	17,60	20,79	15,79	11,90	16,67	19,27	163,71

ΘΡΑΚΗ	D1	6,27	5,54	6,50	5,16	3,15	5,94	5,87	6,50	4,16	3,15	52,25
	D2	9,12	1,15	2,62	4,62	8,16	5,12	1,16	2,61	4,62	8,16	47,34
	D3	3,08	4,29	5,51	3,94	4,13	3,08	4,29	5,51	5,27	4,13	43,23
	D4	6,84	5,52	2,33	3,15	2,71	6,84	5,52	5,67	3,14	3,71	45,42
	ΣΥΝΟΛΟ	25,30	16,51	16,96	16,86	18,15	20,97	16,85	20,30	17,20	19,15	188,24
ΣΥΝΟΛΟ	D1	39,71	39,08	38,34	36,92	31,05	37,78	36,31	36,48	34,57	33,41	363,63
	D2	29,62	23,71	27,06	33,65	34,97	26,78	23,30	29,82	33,53	38,43	300,87
	D3	27,73	28,10	20,46	33,38	32,37	27,72	25,33	20,50	36,39	32,37	284,34
	D4	23,60	19,84	18,20	27,11	19,71	25,71	25,31	23,67	30,70	20,60	234,44
	ΣΥΝΟΛΟ	120,65	110,73	104,05	131,06	118,10	118,00	110,24	110,47	135,19	124,80	1183,28

Πίνακας 10. Μήκος στάχους με άγανα, χωρίς άγανα, ύψος φυτού, περιεκτικότητα σε προλίνη και απόδοση ανά ποικιλία.

A/A	ΠΟΙΚΙΛΙΑ	ΜΗΚΟΣ Μ Α	ΜΗΚΟΣ Χ Α	ΥΨΟΣ	ΠΡΟΛΙΝΗ	ΑΠΟΔΟΣΗ
1	ANNA	13,613cd	4,925b	63,625cd	0,314b	4,911a
2	ΣΙΦΝΟΣ	13,350d	4,674c	63,750cd	0,297c	3,249c
3	ΑΘΩΣ	15,958a	4,825bc	84,225a	0,469a	4,062b
4	ΜΕΞΙΚΑΛΙ	13,720cd	4,905b	60,691de	0,111e	4,216b
5	ΠΑΠΑΔΑΚΗ	13,492d	4,823bc	60,352e	0,223d	4,344ab
6	ΕΛΠΙΔΑ	14,092c	4,651c	64,400c	0,460a	4,093b
7	ΘΡΑΚΗ	14,700b	5,591a	71,674b	0,294c	4,706ab

Πίνακας 11. Μήκος στάχους με άγανα, χωρίς άγανα, ύψος φυτού, περιεκτικότητα σε προλίνη και απόδοση στις 4 μεταχειρίσεις 0, 5, 10 και 15% PEG.

A/A	PEG	ΜΗΚΟΣ Μ Α	ΜΗΚΟΣ Χ Α	ΥΨΟΣ	ΠΡΟΛΙΝΗ	ΑΠΟΔΟΣΗ Η
1	0%	14,895a	5,187a	70,211a	0,117d	5,195a
2	5%	14,152ab	4,991b	66,885b	0,242c	4,298b
3	10%	14,128b	4,760c	67,033b	0,388b	4,062b
4	15%	13,352c	4,715c	63,709c	0,489a	3,349c