



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

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

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ, ΑΓΡΟΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ & ΦΥΤΟΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Χαρακτηρισμός τοπικών ποικιλιών κριθαριού με χρήση περιγραφητών



Ευάγγελος Α. Γερούλης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Τάνη Ελένη, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

**Αθήνα
2025**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Χαρακτηρισμός τοπικών ποικιλιών κριθαριού με χρήση περιγραφητών

Characterization of local barley varieties using descriptors

Ευάγγελος Λ. Γερούλης

Εξεταστική Επιτροπή:

Τάνη Ελένη, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ (Επιβλέπουσα)

Παπασωτηρόπουλος Βασίλειος, Καθηγητής ΓΠΑ

Μπεμπέλη Πηνελόπη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Χαρακτηρισμός τοπικών ποικιλιών κριθαριού με χρήση περιγραφητών

ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών & Γεωργικού Πειραματισμού

Περίληψη

Το κριθάρι αποτελεί την 4^η πιο σημαντική καλλιέργεια μετά το σιταρι, τον αραβόσιτο, και το ρύζι.

Οι τοπικές ποικιλίες του κριθαριού κερδίζουν ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον, αφού μπορούν να αποτελέσουν τη γενετική βάση για μεταφορά γονιδίων με διασταυρώσεις σε νέες βελτιωμένες ποικιλίες, ώστε να αντιμετωπιστούν οι μελλοντικές περιβαλλοντικές προκλήσεις. Φαίνεται επίσης ότι οι τοπικές ποικιλίες κριθαριού μπορούν να καλλιεργηθούν με μεγάλη επιτυχία και καλή απόδοση σε διάφορα αντίξοα περιβάλλοντα.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε σε χωράφι στον νομό Αργολίδας με σκοπό την αξιολόγηση 5 τοπικών ποικιλιών κριθαριού και 1 εμπορικής, ως προς μορφολογικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά απόδοσης.

Η μελέτη έδειξε ότι οι τοπικές ποικιλίες διαθέτουν χαρακτηριστικά τα οποία υπερέχουν σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία. Στη σύγκριση μεταξύ των τοπικών ποικιλιών, οι ποικιλίες **LIMNOS369**, **ARKAD009** και **AMORG014** **φάνηκε** ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικά προγράμματα βελτίωσης.

Η παρούσα μελέτη μπορεί να συνεισφέρει στην έρευνα για τα πλεονεκτήματα και την πλούσια γενετική παραλλακτικότητα των τοπικών ποικιλιών κριθαριού σε διάφορα χαρακτηριστικά επιθυμητά για χρήση σε βελτιωτικά προγράμματα όπως αντοχή σε καταπονήσεις, αυξημένη ποιότητα και προσαρμοστικότητα σε περιοχές με ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος.

Επιστημονική Περιοχή: Βελτίωση φυτών

Λέξεις κλειδιά: κριθάρι, τοπικές ποικιλίες, περιγραφητές, προσαρμοστικότητα, προγράμματα βελτίωσης

Characterization of local barley varieties using descriptors

MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding & Agrometeorology

Department of Crop Science

Laboratory of Plant Breeding & Biometry

Abstract

Barley is the 4th most important crop after wheat, maize, and rice. Barley landraces are gaining increasing interest as they can form the genetic basis for gene transfer by crosses to new improved varieties to meet future environmental challenges. It also appears that local barley varieties can be grown successfully and perform well in a variety of adverse environments.

The present study was carried out in a field in the prefecture of Argolis to evaluate 5 local varieties of barley and 1 commercial one, in terms of morphological and yield characteristics.

The study showed that the local varieties have characteristics which are superior compared to the commercial variety. In the comparison between the local cultivars, the cultivars LIMNOS369, ARKAD009 and AMORG014 were shown to be suitable for future breeding programs.

The present study may contribute to research on the advantages and rich genetic variability of local barley cultivars in various traits desirable for use in breeding programs such as stress resistance, increased quality and adaptability to areas with extreme environmental conditions.

Scientific Field: Plant Breeding

Keywords: barley, landraces, morphological descriptors, adaptability, breeding programmes

Δήλωση έργου

Εγώ ο κάτωθι υπογεγραμμένος, Γερούλης Ευάγγελος δηλώνω ότι το κείμενο της μελέτης αποτελεί δικό μου, μη υποβοηθούμενο πόνημα. Υποβάλλεται σε μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του Πτυχίου Γεωπόνου του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Δεν έχει υποβληθεί ποτέ πριν για οποιοδήποτε λόγο ή για εξέταση σε οποιοδήποτε άλλο πανεπιστήμιο ή εκπαιδευτικό ίδρυμα της χώρας ή του εξωτερικού

ΓΕΡΟΥΛΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

10/02/2025

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου την επιβλέπουσα καθηγήτρια της μεταπτυχιακής μου μελέτης κα. Ελένη Τάνη που με βοήθησε πάρα πολύ με τη μεταπτυχιακή μου μελέτη και μου έδωσε τη δύναμη να προσπαθώ και να καταφέρνω πράγματα και την συναισθηματική στήριξη που είναι το πιο σημαντικό.

Επίσης, ευχαριστώ μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου την κυρία Μάρω Γκούφα για την πολύτιμη βοήθεια της στην επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων, την υπομονή και την συναισθηματική στήριξη της κατά την διάρκεια της μελέτης.

Ευχαριστώ την κυρία Πηνελόπη Μπεμπέλη και τον κ. Βασίλειο Παπασωτηρόπουλο για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή της παρούσας μελέτης, καθώς και τον κ Αναστάσιο Κατσιλέρο για τη βοήθεια σχετικά με την ανάλυση των περιγραφητών.

Είμαι βαθύτατα ευγνώμων απέναντι στην κυρία Τάνη και την κυρία Γκούφα για όλη τη δύναμη και το σθένος που μου έδωσαν για να μπορέσω να πάρω τις πολύτιμες γνώσεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και την φίλη μου την Όλγα για την υπομονή, την κατανόηση, αλλά και την υποστήριξή τους όλο αυτό το δισταγμα.

Σας χρωσταω πολλά και το ευχαριστώ είναι λίγο.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	7
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία	7
1.2 Σημασία της καλλιέργειας	11
1.3 Εχθροί της καλλιέργειας του κριθαριού	13
1.3.1 Ασθένειες	13
1.4 Αβιοτικές καταπονήσεις	14
1.4.1 Ξηρασία	14
1.4.2 Θερμική καταπόνηση	17
1.4.3 Τοξικότητα από βαρέα μέταλλα	18
1.5 Περιγραφητές στο κριθάρι	20
1.6 Βιοποικιλότητα στο κριθάρι και σύγχρονες προκλήσεις	22
1.7. Σημασία άγριων ειδών και τοπικών ποικιλιών στη βελτίωση	23
1.8. Σκοπός εργασίας	26
Κεφάλαιο 2: Υλικά και μέθοδοι	27
2.1 Σύνοψη πειράματος	27
2.2 Επεμβάσεις και πειραματικό σχέδιο	27
2.3 Περιγραφητές	31
2.4 Μετρήσεις	31
2.5 Στατιστική ανάλυση	32
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα	33
3.1 Πειραματικό σχέδιο	33
3.2 Περιγραφητές ποιοτικών χαρακτηριστικών	33
3.2.1 Μορφολογία αγάνων	33
3.2.2 Τρόπος ανάπτυξης	34
3.2.3 Χρωματισμός βλαστού	35
3.2.4 Πυκνότητα στάχυ	35
3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	36
3.3.1 Ύψος φυτού	36
3.3.2 Βάρος φυτού	37
3.3.3 Μήκος στάχυ	39
3.3.4 Βάρος στάχυ	40

3.3.5	Αριθμός συνολικός αδελφιών	41
3.3.6	Αριθμός γόνιμων αδελφιών	43
3.3.7	Πυκνότητα σπόρων.....	44
3.3.9	Δείκτης συγκομιδής	46
4.	Κεφάλαιο 4: Συζήτηση - Συμπεράσματα	48
5.	Κεφάλαιο 5: Επίλογος	51
6.	Βιβλιογραφία	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Το κριθάρι, *Hordeum vulgare* L. ανήκει στα σιτηρά και έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ζωή του ανθρώπου από την αρχαιότητα. Διάφορα είδη κριθαριού φύονταν στη Μεσοποταμία, στο Αφγανιστάν, στο Θιβέτ ενώ έχουν γίνει αναφορές ότι από διάφορες περιοχές της Εγγύς Ανατολής όπως Συρία, Παλαιστίνη, Αίγυπτο και Ιορδανία προέρχεται ο πρόγονος του καλλιεργήσιμου κριθαριού, το *Hordeum spontaneum* (Ovesna et al. 2023).

Η καταγωγή του κριθαριού προέρχεται από την Εύφορη Ημισέληνο που είναι μια περιοχή με μεσογειακό κλίμα όπως η Ελλάδα και εκτείνεται από την κοιλάδα του Νείλου μέχρι τον Λίβανο τη Ιορδανία και τη Συρία και επεκτείνεται στον Τίγρη και τον Ευφράτη ποταμό (Badr et al 2000).

Η ονομασία κριθάρι αναφέρεται στο δημητριακό *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare* αλλά και γενικότερα στο γένος *Hordeum* που, εκτός από το καλλιεργούμενο κριθάρι, περιλαμβάνει περισσότερα από 30 άγρια είδη, ενδημικά σε εύκρατες και άνυδρες περιοχές του κόσμου. Όπως το σιτάρι και η σίκαλη, έτσι και το κριθάρι ανήκει στη φυλή Triticeae και χαρακτηρίζονται εμφανώς από την ταξιανθία τους που είναι ένας στάχυς (spike) αντί για τη φόβη (panicle) που εμφανίζεται στα περισσότερα άλλα αγροστώδη. Ο άγριος πρόγονος του καλλιεργούμενου κριθαριού είναι ο *H. vulgare* subsp. *spontaneum* από τη Νοτιοδυτική Ασία. Μαζί με το βολβώδες κριθάρι (*Hordeum bulbosum*), τον πλησιέστερο άγριο συγγενή της καλλιέργειας, και το είδος *Hordeum murinum* ομαδοποιούνται εντός του υπογένους *Hordeum*, ενώ όλα τα άλλα είδη ανήκουν στο υπογένος *Hordeastrum* (Von Bothmer and Komatsuda 2011, Blattner 2018).

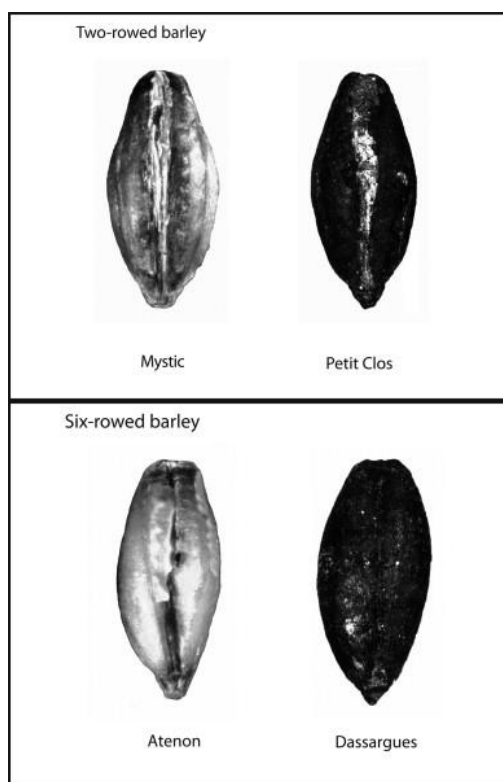
Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) είναι ένα αυτογονιμοποιημένο διπλοειδές φυτό με $2n = 2x = 14$ χρωμοσώματα και είναι μια αυστηρά αυτο-γονιμοποιημένη καλλιέργεια με ποσοστό φυσικής σταυρογονιμοποίησης μικρότερο του 2% (Lakew et al. 2022). Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις εξάστοιχες (*Hordeum hexastichum* L.) και τις δίστοιχες (*Hordeum sativum* ssp. *distichum*). Οι ποικιλίες που ανήκουν στο *Hordeum hexastichum* L., σχηματίζουν σπόρους σε όλα τα άνθη, δηλαδή και οι τρεις σειρές σταχυιδίων είναι γόνιμες (Hamada et al. 2008). Προορίζονται, καθαρά, για τη διατροφή των ζώων. Στις ποικιλίες που ανήκουν στο *Hordeum sativum* ssp. *distichum* L., σχηματίζονται γόνιμα άνθη που δημιουργούν σπόρους μόνο στα κεντρικά σταχίδια, ενώ τα πλευρικά άνθη είναι άγονα (Κοναčević, et al 2018) (Εικόνα 1). Επίσης διακρίνεται και η ποικιλία *Hordeum vulgare* var. *nudum* στην οποία αποκολλάται εύκολα ο φλοιός από τον σπόρο κατά τη διάρκεια του αλωνίσματος και του κοσκινίσματος (Manjunatha et al., 2011). Οι “γυμνές” ποικιλίες προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και παραγωγή αλευριού.

Τα προϊόντα που παράγονται από το κριθάρι εξακολουθούν να υπάρχουν σήμερα σε διαφορετικούς πολιτισμούς σε όλο τον κόσμο, ειδικά στη Μέση

Ανατολή, τη Βόρεια Αφρική και τη Βόρεια και Ανατολική Ευρώπη (Ιράν, Μαρόκο, Αιθιοπία, Φινλανδία, Αγγλία, Δανία), Ουκρανία και Πολωνία και στην Ασία (Ινδία, Θιβέτ).

Το μαργαριταρένιο κριθάρι παράγεται αφαιρώντας σταδιακά το φλοιό, το πίτουρο και το φύτρο με λείανση σε πέτρινο μύλο με τη διαδικασία άλεσης. Μπορεί να παραχθεί από καλυμμένο κριθάρι ή γυμνό κριθάρι. Στην περίπτωση καλυμμένης κριθής, οι κόκκοι λαμβάνονται με αφαίρεση του φλοιού και του φύτρου από τους κόκκους. Στο γυμνό κριθάρι, πρέπει να αφαιρεθεί για να ληφθεί ένας λευκός κόκκος. Αυτή είναι η πιο κοινή μορφή προϊόντος από το κριθάρι (Baik and Ullrich 2008).

A



B



Εικόνα 1Α: Σπόροι δίστοιχου και εξάστοιχου κριθαριού (πηγή Ros et al 2014). **Εικόνα 1Β.** Εξάστοιχο (πάνω εικόνα) και Δίστοιχο (κάτω εικόνα) κριθάρι κατά το στάδιο του γεμίσματος του σπόρου (πηγή Lakew et al. 2022)

Επίσης η καλλιέργεια του κριθαριού είναι σημαντική για την παραγωγή αλκοόλης στη ζυθοποιία (Tricase et al., 2018). Η βύνη κριθαριού χρησιμοποιείται συνήθως για ζυθοποιία και απόσταξη. Η βύνη είναι ένας βλαστημένος κόκκος που έχει ξηρανθεί στη διαδικασία βυνοποίησης και χρησιμοποιείται στην παραγωγή μπύρας, ούισκι και άλλα αλκοολούχα ποτά και ο τύπος και το χρώμα της βύνης διακρίνεται σε κίτρινο, κρύσταλλο, καφέ, σοκολάτα, μαύρο κ.λπ.(Εικόνα 2).

Το κριθάρι είναι ένα δημητριακό το οποίο, εκτός από της υψηλής ποιότητας αλκοόλης για την παρασκευή μπύρας και την διατροφή του ανθρώπου, είναι πολύ σημαντικό καθώς παρουσιάζει αντοχή σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις. Η προσαρμογή του κριθαριού σε διαφορετικά υψόμετρα όπως στα Ιμαλάια και τις ορεινές περιοχές της Αβησσυνίας, το καθιστά ένα φυτό με μεγάλη προσαρμογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Στο Νεπάλ και κυρίως στα μεγάλα υψόμετρα, το κριθάρι εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία και αποτελεί κέντρο γενετικής παραλλακτικότητας (Witcombe και Gillani 1979).



Εικόνα 2: Προϊόντα από κριθάρι στην Αιθιοπία (Πηγή Shewayrga and Sopade, 2011)



Εικόνα 3: Διάφορα τοπικά Αιθιοπικά πιάτα με βάση το κριθάρι (Mohammed et al. 2016)

Το κριθάρι μπορεί να μην εμφανίζει μεγάλη αντοχή σε συνθήκες ψύχους αλλά υπάρχουν ποικιλίες που ωριμάζουν σε 60 – 70 μέρες και έτσι μπορεί να καλλιεργηθεί ψυχρότερες περιοχές με μικρή βλαστική περίοδο. Επίσης, είναι ευαίσθητο στην υπερβολική υγρασία και στις ανοξικές συνθήκες, αλλά έχει πολύ μεγάλη αντοχή στην ξηρασία γιατί, εκτός το ότι έχει μικρό συντελεστή διαπνοής, έχει την ικανότητα να διαφεύγει την αβιοτική καταπόνηση που προκαλείται από την ξηρασία στα κρίσιμα στάδια της ανάπτυξής του. Για αυτό το λόγο το κριθάρι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ορεινές, σχεδόν ερημικές περιοχές. Επιπρόσθετα, ορισμένες ποικιλίες, παρουσιάζουν αντοχή σε ασβεστώδη και αλκαλικά εδάφη (Dang et al. 2016).

Το κριθάρι είναι μια φθινοπωρινή καλλιέργεια που προσαρμόζεται σε μεγάλα υψόμετρα. Καλλιεργείται σε ευρύ φάσμα αγροκλιματικών συνθηκών υπό διάφορα συστήματα παραγωγής. Σε υψόμετρα περίπου 3000 μέτρων ή παραπάνω, μπορεί να είναι η μόνη καλλιέργεια που καλλιεργείται και παρέχει τροφή, ποτά και άλλα είδη πρώτης ανάγκης σε πολλά εκατομμύρια ανθρώπους (Hadado et al. 2010).

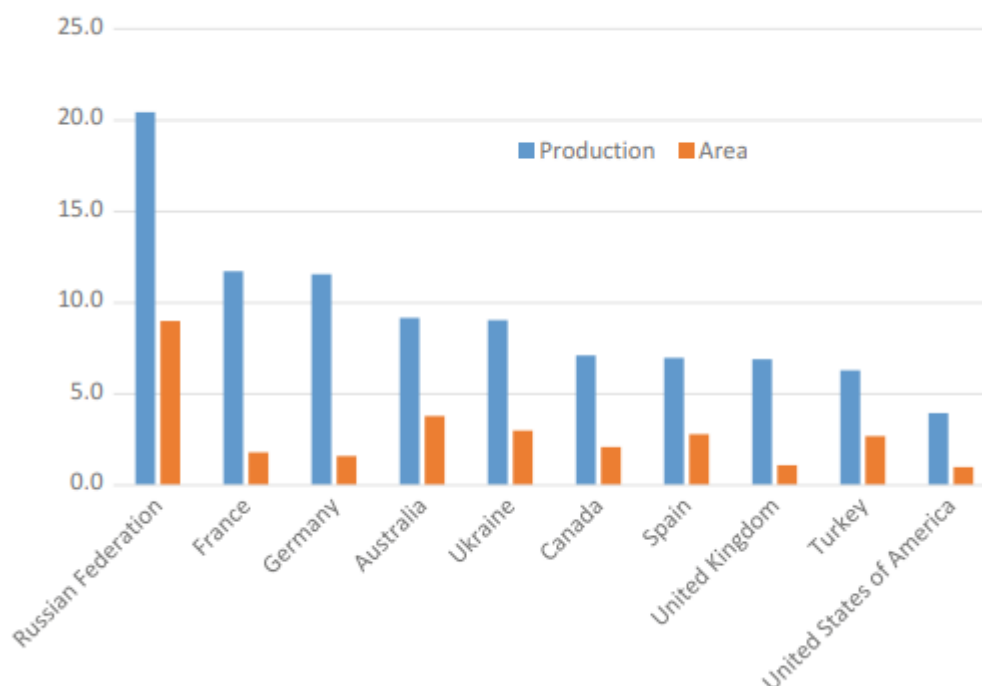
Συμπερασματικά το κριθάρι αναντίρρητα αποτελεί ένα αγρωστώδες το οποίο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ορεινές καθώς και αρκετά απομακρυσμένες και με υψηλά υψόμετρα περιοχές στον Ελλαδικό χώρο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε υποβαθμισμένες περιοχές της χώρας μας.

1.2 Σημασία της καλλιέργειας

Όπως το σιτάρι, το ρύζι, ο αραβόσιτος και ο ηλίανθος, το κριθάρι είναι μια καλλιέργεια με μεγάλη σημασία. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή σε τόνους κριθαριού παγκοσμίως είναι σύμφωνα με δεδομένα από FAOSTAT 2017/2018 και FAOSTAT 2021/22 η Ρωσία, η Αυστραλία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ουκρανία και ο Καναδάς (Εικόνα 4). Όμως ο καταστροφικός πόλεμος της Ρωσίας στην Ουκρανία έχει φέρει μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο στην καλλιέργεια των σιτηρών και συνεπώς και στο κριθάρι. Η ανάγκη για κάλυψη της έλλειψης των σιτηρών, έχει οδηγήσει στην ανάγκη για εισαγωγές σιτηρών από διάφορες χώρες της Αφρικής και από άλλες χώρες του κόσμου. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας κατέγραψε μια άνευ προηγουμένου αύξηση του δείκτη τιμών τροφίμων (FPI) κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου άνω του 17,1%. Λόγω της σύγκρουσης στην Ουκρανία, η επισιτιστική ασφάλεια διατρέχει μεγάλο κίνδυνο (Aliu et al 2023).

Η παγκόσμια παραγωγή κριθαριού παρέμεινε σταθερή από τη δεκαετία του 1970 και ήταν περίπου 160 εκατομμύρια τόνοι το 2014 (Langridge 2018). Η κατανάλωση έχει παραμείνει επίσης σταθερή. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 η καλλιεργούμενη έκταση που σπέρνεται με κριθάρι μειώνεται. Αυτό πιθανώς να σχετίζεται με την αυξανόμενη επιτυχία των νέων υβριδίων αραβοσίτου και των ποικιλιών σόγιας στις ΗΠΑ, καθώς και στην υψηλότερη αξία του σιταριού σε πολλές περιοχές.

Επιπρόσθετα, η καλλιέργεια ελαιοκράμβης τείνει επίσης να αντικαταστήσει το κριθάρι ως εναλλακτική λύση στο σιτάρι σε πολλές περιοχές. Ένας δεύτερος παράγοντας είναι η μείωση του κριθαριού ως βασική καλλιέργεια. Το κριθάρι ωθείται έξω από τις πιο παραγωγικές περιοχές καλλιέργειας και καλλιεργείται κυρίως σε δυσμενή περιβάλλοντα με χαμηλές βροχοπτώσεις, όπου μπορεί να ξεπεράσει το σιτάρι σε αποδόσεις (Langridge, 2018).



Εικόνα 4: Οι δέκα χώρες που αποτελούν τους μεγαλύτερους παραγωγούς κριθαριού στον κόσμο για το 2014. Πηγή FAOSTAT (2017)

Επομένως από όλα τα παραπάνω εξάγουμε το συμπέρασμα ότι η βελτίωση του κριθαριού και μάλιστα η βελτίωση ποικιλιών που είναι ήδη προσαρμοσμένες σε δυσμενή περιβάλλοντα είναι η μόνη λύση για να ξεπεραστεί η κατάσταση περιβαλλοντικής κρίσης και του επισιτιστικού προβλήματος. Η καλλιέργεια κριθαριού αποτελεί σημαντική συνιστώσα της στρατηγικής οικονομικής ανάπτυξης όχι μόνο της χώρας μας αλλά και παγκοσμίως. Το κριθάρι είναι η κύρια καλλιέργεια ζωοτροφών, χάρη στην οποία ικανοποιούνται κυρίως οι ανάγκες των ζώων σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές καθώς και χρήση στην παραγωγή εξαιρετικής ποιότητας αλκοόλης και ζύθου.

Μπορεί να συνταχθεί το συμπέρασμα ότι η σημασία του κριθαριού ως πολύτιμη χορτονομή, βιομηχανική και διατροφική καλλιέργεια απαιτεί κύριο ζήτημα για τους βελτιωτές ώστε να γίνει η αξιολόγηση και χρήση μη χρησιμοποιούμενων έως τώρα ποικιλιών σε ευρεία κλίμακα.

1.3 Εχθροί της καλλιέργειας του κριθαριού

1.3.1 Ασθένειες

Οι ασθένειες των φύλλων του κριθαριού που προκαλούνται από τους μύκητες *Blumeria graminis*; *Pyrenophora teres*; *Rhynchosporium commune*; *Cochliobolus sativus*; *Pyrenophora graminea*; και *Puccinia hordei* προκαλούν σημαντικές μειώσεις της απόδοσης σε όλες τις περιοχές όπου καλλιεργείται το κριθάρι και ταυτόχρονα μειώνουν την ποιότητα του. Η χρήση μυκητοκτόνων ή γονότυπων κριθαριού ανθεκτικών στις ασθένειες είναι αποτελεσματική στον έλεγχο των ασθενειών, αλλά το εξελικτικό δυναμικό των παθογόνων ενέχει τον κίνδυνο να ξεπεραστούν τα γονίδια αντοχής του φυτού και να μην είναι αποτελεσματικές οι εφαρμογές μυκητοκτόνων (Celik and Karakaya 2021).

Οι νηματώδεις των σιτηρών (Cereal cyst nematodes (CCNs)) δημιουργούν κύστες στις ρίζες με αποτέλεσμα τη μη σωστή λειτουργία της ρίζας και έτσι τη μείωση της παραγωγής. Οι πιο επιθετικοί νηματώδεις για το κριθάρι είναι του γένους *Heterodera* και *Pratylenchus*. Η προσβολή είναι πιο σοβαρή σε χωράφια που καλλιεργούνται εντατικά με σιτηρά και σε περιόδους ξηρασίας. Οι νηματώδεις εκτιμάται ότι μειώνουν την παραγωγή των καλλιεργειών σιταριού και κριθαριού κατά 10% παγκοσμίως (Ali et al 2019). Η χρήση βιοτεχνολογικών εργαλείων μέσω της εφαρμογής διαφόρων διαγονιδιακών στρατηγικών για την ενίσχυση της αντοχής των νηματωδών σε διάφορες καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένων του σιταριού και του κριθαριού, είναι ένας σημαντικός τομέας έρευνας. Επιπλέον, οι τεχνολογίες επεξεργασίας γονιδιώματος, συμπεριλαμβανομένης της CRISPR-Cas9, θα μπορούσαν επίσης να είναι χρήσιμες για τη βελτίωση της αντοχής εναντίον των CCN στο σιτάρι και το κριθάρι (Ali et al. 2019).

Άλλος ένας σοβαρός εχθρός είναι οι αφίδες (*Diuraphis noxia* Mordvilko). Προκαλούν καταστροφικές απώλειες στην απόδοση του κριθαριού και ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με ακραία περιβάλλοντα όπου επικρατεί ξηρασία (Feres et al., 1988). Τέλος, κατά την αποθήκευση, οι σπόροι του κριθαριού και γενικά των σιτηρών καταστρέφονται και από την προσβολή διάφορων εντόμων όπως *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* κ.α (Al Antary and Thalji 2015).

Γενικά, η διαχείριση των παθογόνων που προσβάλλουν την καλλιέργεια του κριθαριού επιτυγχάνεται καλύτερα με τη γνώση των εμπλεκόμενων παθογόνων και τον χειρισμό των παραγόντων που αλληλεπιδρούν (Gangwar 2018).

Οι μελλοντικές ερευνητικές εργασίες θα πρέπει να επικεντρωθούν στην αύξηση της απόδοσης των λιγότερο ευαίσθητων ποικιλιών μέσω προγραμμάτων βελτίωσης (Gangwar et al. 2018). Με άλλα λόγια, για να αντιμετωπιστεί η απειλή που θέτουν τυχόν νέες πιο μολυσματικές φυλές, οι παθότυποι/φυλές που δημιουργούν παραλλαγές πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η αυστηρή εφαρμογή μέτρων καραντίνας για παθογόνα που μεταδίδονται από σπόρους και η ενσωμάτωση ανθεκτικού στα

παθογόνα γενετικού υλικού κριθαριού, όπως ορίζεται από διεθνή βελτιωτικά προγράμματα (Çelik and Karakaya 2021).

1.4 Αβιοτικές καταπονήσεις

1.4.1. Ξηρασία

Η υδατική καταπόνηση στα φυτά είναι μια σημαντική αβιοτική καταπόνηση που οφείλεται στην έλλειψη νερού στο υπόγειο μέρος του φυτού που οδηγεί στην μειωμένη παραγωγή (Salekdeh et al. 2009).

Το φυτό του κριθαριού παρουσιάζει υψηλή γενετική παραλλακτικότητα σχετικά με την απόκριση στην υδατική καταπόνηση, γεγονός που το καθιστά ένα εξαιρετικό φυτό-μοντέλο για τη μελέτη της γενετικής ρύθμισης της προσαρμογής στην έλλειψη νερού (Elakhdar et al. 2022). Επιπλέον το κριθάρι είναι μια πολλά υποσχόμενη δεξαμενή γονιδίων για αντοχή στην υδατική καταπόνηση (Ahmed et. al 2013).

Για παράδειγμα, το άγριο κριθάρι (*H. spontaneum*), είναι ένα ετήσιο φυτό που φύεται από τα ερημικά εδάφη της Ανατολής έως της Μεσογείου και σε χαμηλές θερμοκρασίες στα μεγάλα υψόμετρα του Θιβέτ. Σύμφωνα με την μελέτη του Nevo and Chen το 2010, ένα μεγάλο ποσοστό φυτών αγρίου κριθαριού που βρέθηκε στο Θιβέτ είχε σπόρους με σκούρο μαύρο χρώμα και έδειξε ότι αυτά τα φυτά είχαν εξαιρετική αντοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις όπως η ξηρασία.

Αρκετά γονίδια που σχετίζονται με την αντοχή του κριθαριού στην υδατική καταπόνηση έχουν χαρακτηριστεί χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους κλωνοποίησης γονιδίων και επεκτάθηκαν σε μεγάλης κλίμακας μελέτες έκφρασης γονιδίων και αναλύσεις μεγάλης κλίμακας μορίων όπως το μεταγράφημα, η μεταβολομική και η πρωτεομική, οι οποίες επιταχύνουν την κατανόηση των αποκρίσεων (Harb et al., 2020; Javadi κ.ά., 2021).

Το *Hsdr4*, ένα γονίδιο που βρέθηκε στο άγριο κριθάρι συνδέεται με την αντοχή του στην ξηρασία καθώς σε πειράματα υδατικής καταπόνησης που έγιναν, η έκφραση του γονιδίου *Hsdr4* ήταν αυξημένη με αποτέλεσμα το γονίδιο *Hsdr4* να αποτελεί ένα γονίδιο που πιθανώς να επιτελεί ένα σημαντικό ρόλο στην απόκριση του καλλιεργούμενου κριθαριού ενάντια στην υδατική καταπόνηση (Suprunova et. al. 2007). Επιπλέον τα γονίδια (*Dhn 1*, *3*, *5*, *6* και *Dhn9*) υπερεκφράστηκαν στο άγριο κριθάρι (Suprunova et al. 2004).

Σε άλλη έρευνα μελετήθηκε ξανά ο ρόλος των δειδρυνών (DHNs, Lea D-11) οι οποίες υπερεκφράστηκαν στο άγριο κριθάρι σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης υπογραμμίζοντας τον σημαντικό τους ρόλο (Choi and Close 2000).

Μια πρόσφατη έρευνα απαριθμεί αρκετά γονίδια που έχουν βρεθεί να συμμετέχουν στην επιτυχημένη απόκριση του κριθαριού στην υδατική

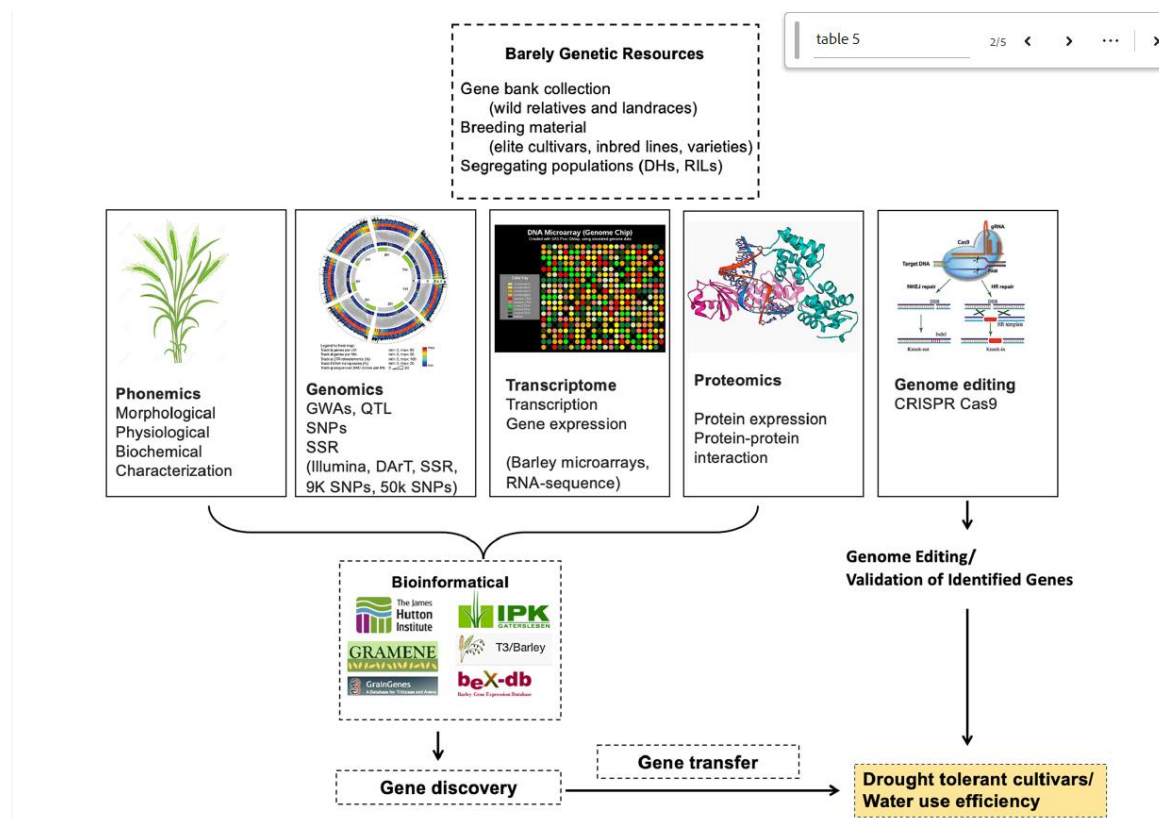
καταπόνηση, καθώς και τον λειτουργικό τους ρόλο (Elakhdar et al. 2022) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Γονίδια που ρυθμίζουν τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αντοχή στην ξηρασία.

Gene	Functional	Reference
<i>HvMYB1</i>	Mediates the action of abscisic acid in the vegetative plant to protect the plant from drought	(Alexander et al., 2019)
<i>HvSNAC1</i>	Improve water status, photosynthetic activity	(Furihata et al., 2006)
<i>HvAKT2</i> and <i>HAK1</i>	Enhancing K ⁺ uptake and H ⁺	(Feng et al., 2020)
<i>DHNs</i>	Dehydration tolerance of plant membranes	(Karami et al., 2013)
<i>HvEXPB7</i>	Improves root hair growth of Tibetan wild barley under drought conditions	(He et al., 2015)
<i>Dhn3</i> , <i>Dhn9</i>	Enhancement of chlorophyll a, b, OA, stomatal conductance, and grain yields	(Karami et al., 2013)
<i>HvSAMS3</i>	Regulates drought and salinity tolerance	(Ahmed et al., 2020)
<i>Hsdr4</i>	Osmotic adaptation	(Suprunova et al., 2007)
<i>Hv-WRKY38</i>	Regulatory role in cold- and drought-response	(Mare et al., 2004)
<i>LEA</i> (<i>HvHVA1</i>)	LEA overaccumulation, increases drought tolerance	(Liang et al., 2011)
<i>ERA1</i>	Photosynthesis efficiency	(Daszkowska Golec et al., 2018)
<i>HvNACs</i>	Leaf senescence, root development	(Christiansen et al., 2011)
<i>MYB</i>	Growth and development	(Tombuloglu et al., 2013)
<i>CBF/DREB</i>	Damage and desiccation protection for cells	(Morran et al., 2011)
<i>Vrn-H1</i> and <i>Vrn-H2</i>	Improved yield stability	(Rollins et al., 2013)
<i>HvTX1</i>	Seed development	(Papaefthimiou and Tsafaris, 2012)
<i>HvDME</i>	Seed development under drought	(Kapazoglou et al., 2013)
<i>HVSRG6</i>	Improves cellular water absorption and retention	(Romanek et al., 2011)
<i>HvWRKY38</i>	Enhance survival and biomass accumulation after drought stress	(Xiong et al., 2009)
<i>Hsdr4</i>	Osmotic adaptation in barley	(Suprunova et al., 2007)
<i>eibi1</i>	Leaf water conservation	(Chen et al., 2011a)
<i>HvDWARF</i> (<i>uzu1</i>)	Involved in brassinosteroid biosynthesis; increase the activity of antioxidant enzymes, increase proline levels and photosynthetic pigment content	(Janeczko et al., 2016)
<i>HvCPI-2</i> and <i>HvCPI-4</i>	Enhancing tolerance to drought	(Velasco-Arroyo et al., 2018)

Σε σχέση με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, μελέτες έχουν αποκαλύψει μια θετική συσχέτιση μεταξύ της αρχιτεκτονικής του ριζικού συστήματος και της απόδοσης των καλλιεργειών και συγκεκριμένα των σιτηρών υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Siddiqui et al. 2021).

Μεταξύ των ανόργανων θρεπτικών συστατικών, το κάλιο είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό συστατικό υπεύθυνο για τη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης, της κυτταρικής ανάπτυξης και της ενεργοποίησης των ενζύμων στα φυτά. Στην αντοχή στην έλλειψη νερού, τα φυτά συσσωρεύουν νερό και K⁺. Το κάλιο και το χλώριο (Cl⁻) είναι πολύ σημαντικά στοιχεία για να ξεπεράσει το φυτό την καταπόνηση στην ξηρασία. Ένα μακρύ και πυκνό ριζικό σύστημα είναι επιθυμητό, καθώς οι λειτουργίες στο φυτό που βοηθούν στην μεταφορά του K⁺ και Cl⁻ επιτρέπουν επίσης στα κύτταρα των φύλλων να προσαρμόσουν το ωσμωτικό δυναμικό τους, το οποίο είναι κρίσιμο για τη συγκράτηση νερού μέσα στο κύτταρο (Nieves-Cordones et al., 2019).



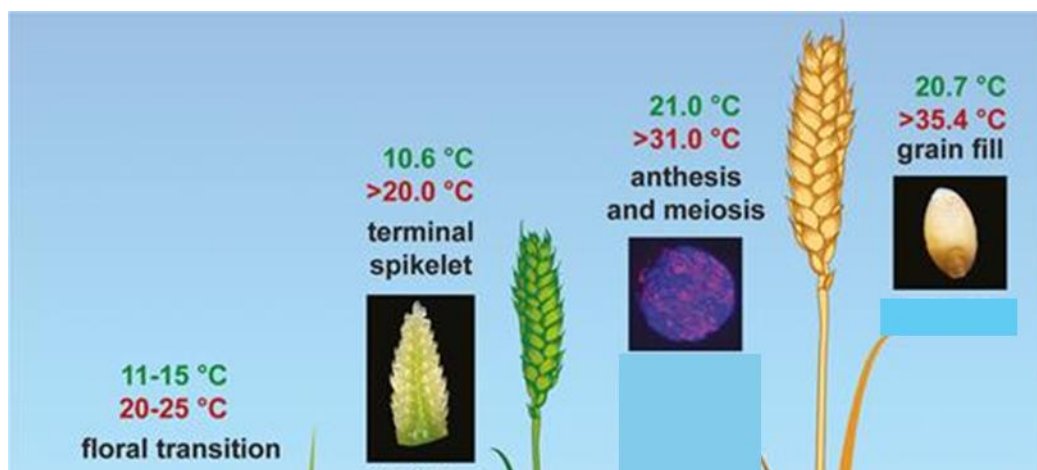
Εικόνα 5. Σχήμα για την ενσωμάτωση της φυσιολογίας, της γονιδιωματικής και των προσεγγίσεων της μοριακής βελτίωσης με βάση το γονιδίωμα για αντοχή στην ξηρασία στο κριθάρι (Elakhdar et al. 2022).

Συμπερασματικά, η βελτίωση κριθαριού ανθεκτικού στην ξηρασία περιλαμβάνει τη χρήση γενετικού υλικού που διαθέτει έναν αριθμό γονιδίων για την απόκτηση της επιθυμητή αντοχής στην καταπόνηση. Η οπτική επιλογή, η κατάλληλη ανάλυση για ανοχή στην ξηρασία, η μελέτη των γονιδίων και οι τεχνικές γρήγορης βελτίωσης θα μειώσουν τον απαιτούμενο χρόνο για την ανάπτυξη ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία, αποδεκτές από τους αγρότες και τους καταναλωτές.

Είναι απαραίτητο να συνδυαστούν οι σύγχρονες τεχνικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της βελτίωσης, φυσιολογίας, γονιδιωματικής και γονιδιακής επεξεργασίας σύνθετων χαρακτηριστικών ανοχής στην ξηρασία για την ανάπτυξη καλλιεργειών επόμενης γενιάς προσαρμοσμένων στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες διευκρινίζοντας τη μοριακή βάση αυτής της αντοχής.

1.4.2 Θερμική καταπόνηση

Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μια αβιοτική καταπόνηση που έχει αντίκτυπο στις καλλιέργειες και φυσικά στο κριθάρι. Η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει τον κύκλο ζωής των φυτών προκαλώντας πρόωρη γήρανση και μαρασμό και μειώνεται δραστικά και το γέμισμα των κόκκων (Awasthi et al., 2015). Οι βέλτιστες θερμοκρασίες μέχρι τη διάρκεια πλήρωσης του σπόρου φαίνονται στην εικόνα 6.



Εικόνα 6. Βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες για τα στάδια αναπαραγωγικής ανάπτυξης στο σιτάρι και το κριθάρι. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες είναι με πράσινο χρώμα και οι μέγιστες θερμοκρασίες (θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που είναι επιζήμιες) είναι με κόκκινο χρώμα για βασικά αναπτυξιακά στάδια του σιταριού και του κριθαριού που είναι ευάλωτα σε υψηλές θερμοκρασίες (Jacot and Boden, 2020).

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει γίνει αισθητή στην περιοχή του Νείλου, περιοχή που η καλλιέργεια του κριθαριού είναι αρδευόμενη με το νερό του ποταμού και καθώς και σε όλη τη ζώνη της Μεσογείου.

Ένα από τα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα βελτίωσης για την αντοχή του κριθαριού στην καταπόνηση λόγω αυξημένων θερμοκρασιών είναι η μελέτη της ικανότητας του κριθαριού να αναπνέει πιο γρήγορα την νύχτα και έτσι να γίνεται το γέμισμα των κόκκων και έτσι την αύξηση της παραγωγής (Jacott and Boden 2020).

Επίσης, τα γονίδια που παίζουν κρίσιμο ρόλο στην αντοχή του κριθαριού ενάντια στην θερμική καταπόνηση είναι τα γονίδια που έχουν σχέση με τον

μεταβολισμό των ενεργών μορφών οξυγόνου (Reactive Oxygen Species-ROS scavengers), όπως η δισμουτάση, superoxide dismutase (SOD), η περοξειδάση, ascorbate peroxidase (APX), η καταλάση catalase (CAT), και η ρεδουκτάση της γλουταθειονης glutathione reductase (Mei et al 2010) (GR), και όταν το κριθάρι είναι εκτεθειμένο σε έντονη υδατική καταπόνηση, καθώς και γονίδια που συμβάλλουν στη συσσώρευση των δευτερευόντων μεταβολιτών αφού διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο να ξεπεράσει το κριθάρι την οξειδωτική καταπόνηση που προκαλείται από τις υψηλές θερμοκρασίες (Piasecka et al 2017).

Η ξηρασία και η θερμική καταπόνηση επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των φυτών. Η εμφάνιση αυτών των δύο καταπονήσεων μαζί εντείνει τις αρνητικές επιπτώσεις τους. Η αποκάλυψη/αναγνώριση των μοριακών μηχανισμών που ελέγχουν τις αποκρίσεις στη συνδυασμένη αβιοτική καταπόνηση είναι απαραίτητη για την βελτίωση καλλιεργειών ανθεκτικών στην κλιματική μεταβλητότητα. Σε αντίθεση με την μεμονωμένη καταπόνηση από ξηρασία ή από αυξημένες θερμοκρασίες, ο συνδυασμός υδατικής και θερμικής καταπόνησης προκαλεί έναν πολύ εκτεταμένο μεταγραφικό επαναπρογραμματισμό. Ο συνδυασμός αυτός έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί τέτοιες μαζικές μεταγραφικές αντιδράσεις και σε άλλα φυτά. Αρκετά γνωστά γονίδια όπως το *Multiprotein Bridging Factor (MBF1)* που ελέγχουν την απόκριση στις δύο αυτές σημαντικές αβιοτικές καταπονήσεις και μεταβολικοί οδοί που σχετίζονται με την απόκριση βρέθηκαν να υπερ-εκφράζονται σε ανθεκτικές ποικιλίες κριθαριού (Mahalingam et al 2022). Παρόμοιες μελέτες που χρησιμοποιούν εμπορικές ποικιλίες (για βυνοποίηση και ζωοτροφή) καθώς και προηγμένες βελτιωμένες σειρές με ανοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις συμφωνούν με τα ευρήματα αυτής της μελέτης. Μια τέτοια παν-μεταγραφομική προσέγγιση θα επιτρέψει τον εντοπισμό ομάδων γονιδίων που προσδίδουν ανοχή στις συγκεκριμένες καταπονήσεις και εκφράζονται εγγενώς σε υψηλότερα επίπεδα. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αξιοποιηθούν για την επιλογή γονοτύπων για προγράμματα βελτίωσης που επικεντρώνονται στην ανάπτυξη ποικιλιών κριθαριού βυνοποίησης και ζωοτροφών με βελτιωμένη ανοχή στο συνδυασμό καταπονήσεων.

1.4.3. Τοξικότητα από βαρέα μέταλλα

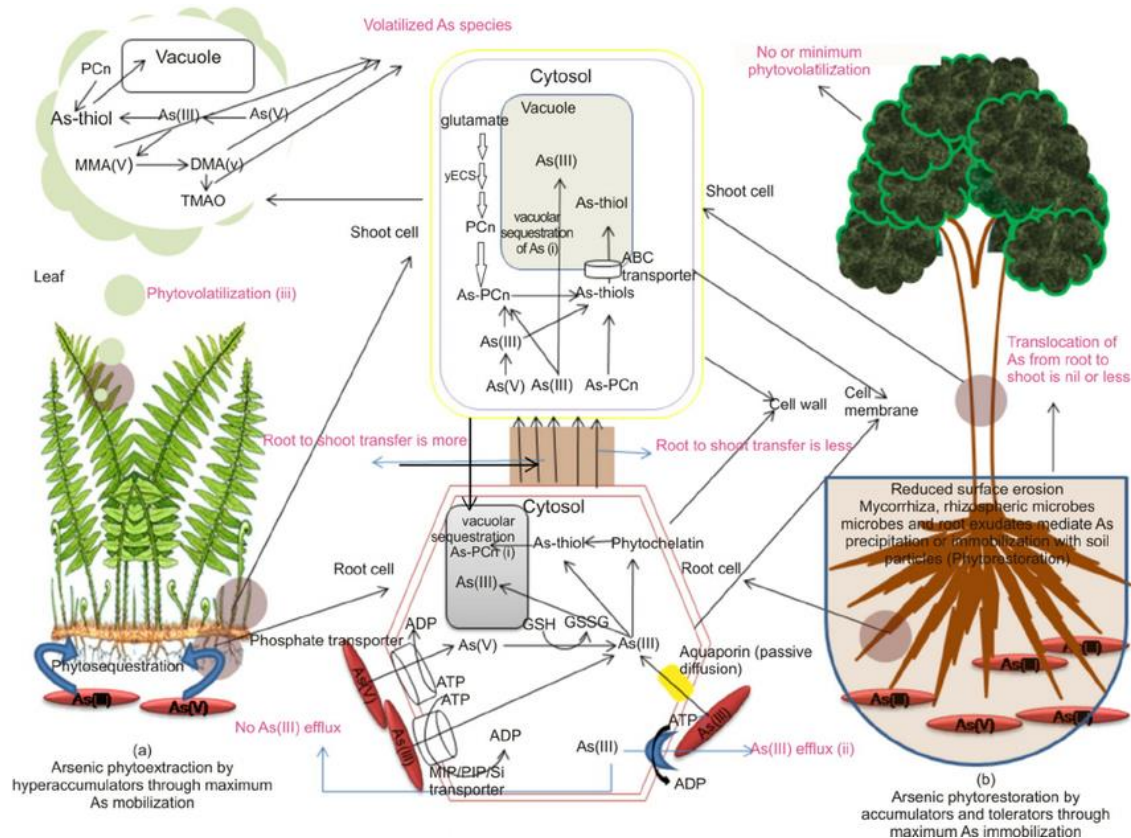
Το αρσενικό (As) βρίσκεται στο έδαφος ως αρσενικό τρισθενές (As^{3+}) ή πεντασθενές (As^{5+}) και η δεύτερη μορφή είναι η πιο τοξική για τα φυτά. Στα φυτά, το AsV ανταγωνίζεται το φώσφορο και εισέρχεται στο φυτικό κύτταρο μέσω ανόργανου φωσφόρου. Η αφομοίωση του As κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών σε τοξικά εδάφη οδηγεί στη συσσώρευση του στους ιστούς. Το εύρος της συγκέντρωσης As στους υπέργειους ιστούς των κοινών φυτών είναι μεταξύ 0,01 και 5 mg/kg DW, ενώ ο συντελεστής μετατόπισης (Translocation factor-TF) από το υπόγειο στο υπέργειο τμήμα είναι < 1 για τα περισσότερα φυτά και > 1 για τους υπερσυσσωρευτές As (Znobia et al 2018).

Το (As^{5+}) μετατρέπεται σε (As^{3+}) στο φυτικό κύτταρο προκαλώντας οξειδωτική καταπόνηση. Η καταπόνηση από το αρσενικό περιορίζει την ανάπτυξη και φύτρωμα των σπόρων, παρεμποδίζει την βλάστηση, μειώνει την απόδοση λόγω των επιδράσεων στο μεταβολισμό και στη φυσιολογία του φυτού (Nouri et al. 2019). Ακόμα και όταν η βλάστηση είναι υψηλή, οι συγκεντρώσεις μπορούν να περιορίσουν σημαντικές παραγωγικές λειτουργίες (Mireles-Arriaga et al. 2021).

Αρκετά QTLs συνδέονται με φυσιολογικά χαρακτηριστικά του κριθαριού κάτω από το έντονο στρες της τοξικότητας από βαρέα μέταλλα και κυρίως από As, όπως μας έδειξαν οι μελέτες που έγιναν με τη διασταύρωση μεταξύ δύο ποικιλιών εξάστιχου κριθαριού Morex και Steptoe (Mousavi, 2014). Μηχανισμοί ανθεκτικότητας ενάντια στην καταπόνηση από αρσενικό είναι γονίδια που σχετίζονται με μηχανισμούς αποτοξίνωσης από ενεργές μορφές οξυγόνου (Zvobgo et al. 2019).

Το κάδμιο είναι ένα βαρέο μέταλλο με υψηλή τοξικότητα που επηρεάζει αρνητικά την βλάστηση και την ανάπτυξη των φυτών. Σύμφωνα με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, βρέθηκαν γονίδια που σχετίζονται με την οξειδωτική καταπόνηση και την απόκριση στην καταπόνηση στο κάδμιο. Ένα από τα πιο σημαντικά γονίδια είναι το *PLANT CADMIUM RESISTANCE 2* (*HvPCR2*) που είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπισή της τοξικότητας από κάδμιο στα φυτά. Στη μεταγραφωμική ανάλυση εντοπίστηκαν τέσσερα διαφορετικά αντίγραφα του γονιδίου *HvPCR2* (Kintlova et al 2021).

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την καταπόνηση των φυτών του κριθαριού στα βαρέα μέταλλα είναι η ικανότητα βλάστησης των σπόρων κάτω από υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (Senaviratne et al. 2019) Σε μια πρόσφατη μελέτη αξιολογήθηκαν 7 φυτικοβιοχημικοί δείκτες (πρόσληψη νερού των σπόρων (WU), περιεκτικότητα σε προλίνη (PC), συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλες (TPC), αντιοξειδωτική δράση (AC), περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα (SSC), περιεκτικότητα σε καταλάση (CAT), δραστηριότητα υπεροξειδάσης γουαϊακόλης (GPA) και υπεροξειδωση λιπιδίων (LP)) σε σκοπό την αποτελεσματική κατάταξη γενετικού υλικού κριθαριού (59 γονοτύπων) σε ευαίσθητο ή ανθεκτικό στο κάδμιο. Ο μόνος δείκτης για τον προσδιορισμό τριών ομάδων ανοχής υπό όλες τις συνθήκες καταπόνησης Cd ήταν η πρόσληψη νερού των σπόρων (WU). Επομένως οι μηχανισμοί που ρυθμίζουν την πρόσληψη, τη μεταφορά και τη συσσώρευση καδμίου δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητοί (Tahir et al 2023).



Εικόνα 7: Καταπόνηση φυτών από βαρέα μέταλλα και φυτοαποκατάσταση. Μηχανισμός φυτοαποκατάστασης αρσενικού (α) και φυτά ιδανικά για φυτοαποκατάσταση (β). Οι περισσότεροι μηχανισμοί είναι κοινοί ενώ οι διαφορετικοί επισημαίνονται με κόκκινο. Οι τρεις κύριες οδοί αποτοξίνωσης του αρσενικού έχουν παρουσιαστεί ως (i), (ii) και (iii). (Roy 2015)

1.5. Περιγραφητές κριθαριού

Σε μια προσπάθεια προώθησης της αξιολόγησης και της διαλογής των συλλογών γενετικού υλικού, το Διεθνές Συμβούλιο για τους φυτογενετικούς πόρους (International Board for Plant Genetic Resources -IBPGR) παρήγαγε μια σειρά από «λίστες περιγραφητών» που ενθαρρύνουν ένα ενοποιημένο σύστημα τεκμηρίωσης, επιτρέποντας έτσι μέσω μιας τυποποιημένης μορφής, την ευκολότερη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ερευνητών και επιμελητών συλλογών (Gotor et al. 2008). Συνήθως, οι κατάλογοι περιγραφητών περιλαμβάνουν τέσσερα τμήματα: (διαβατήριο, χαρακτηρισμό, προκαταρκτική αξιολόγηση και περαιτέρω χαρακτηρισμό και αξιολόγηση. Στους περιγραφητές ανήκουν το χρώμα του βλαστού, η ύπαρξη ή όχι αγάνων, ο τρόπος ανάπτυξης, το χρώμα του φύλλου, η πυκνότητα του σπάδικα κ.α. (Cross et al. 1992).

Οι περιγραφητές του κριθαριού είναι όλα εκείνα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν όχι μόνο την ποικιλία αλλά μας δείχνουν και πως αναπτύσσεται το κριθάρι σε διάφορες περιοχές του κόσμου και ιδιαίτερα σε περιοχές με ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Όλα αυτά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά είναι πολύ σημαντικά στην μελέτη των τοπικών και άγριων ειδών κριθαριού, τα

οποία μπορούν να παίξουν ρόλο και σε μελλοντικά προγράμματα βελτίωσης με αξιολόγηση τους με βάση τους περιγραφητές.

Πολυάριθμες μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία της γεωγραφικής προέλευσης ως σημαντικού καθοριστικού παράγοντα για τον προσδιορισμό περιοχών σημαντικής γενετικής ποικιλότητας καθώς η γεωγραφική προέλευση είναι ο κύριος και καθοριστικός παράγοντας συλλογής που θέτει το IBPGR για τους φυτογενετικούς πόρους (Williams 1988). Σύμφωνα με πολλά πειράματα που έχουν γίνει ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή της Αιθιοπίας (et. al. 2022), η μελέτη των περιγραφητών έχει συσχετιστεί με ενδιαφέροντα αγρονομικά χαρακτηριστικά όπως η αντοχή σε αβιοτικές/βιοτικές καταπονήσεις. Για παράδειγμα στον ποταμό Τίγρη, οι ποικιλίες είχαν σε μεγάλο ποσοστό ανοιχτό πράσινο και σκούρο πράσινο στην περιοχή της Amhara. Οι ποικιλίες με αυτό το μορφολογικό χαρακτηριστικό του ανοιχτού πράσινου φύλλου έδειξαν μεγάλη αντοχή στην ξηρασία και καλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.

Επίσης οι περισσότερες ποικιλίες είχαν άγανα και η αντοχή στην ξηρασία καθώς και στις ασθένειες ήταν υψηλότερη. Σχετικά με την πυκνότητα του σπάδικα, υπήρχε παραλλακτικότητα. Στην περιοχή του Τίγρη και της Amhara παρουσιάστηκαν σε ποσοστό 67% και 40% αντίστοιχα, ποικιλίες με όχι σχηματισμένο πυκνό στάχυ. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι στις ορεινές και άνυδρες περιοχές οι ποικιλίες αυτές είχαν μεγάλη αντοχή ενώ οι ποικιλίες με πυκνό στάχυ ήταν κατάλληλες για ανοξικά περιβάλλοντα με υψηλή βροχόπτωση.

Τέλος άλλο ένα αγρονομικό χαρακτηριστικό που παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του σπόρου είναι το χρώμα και το σχήμα και αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την βυνοποίηση και για την ανθρώπινη χρήση (Nielsen 2003). Οι περισσότερες ποικιλίες είχαν λευκό χρώμα σπόρου στις περιοχές της Amhara και του Τίγρη. Επίσης υπήρχαν και ποικιλίες σε αυτές τις περιοχές με μωβ και μάυρο φλοιό στο σπόρο Εικόνα 7. Άρα το χρώμα και το σχήμα του σπόρου παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα και παίζουν ρόλο στην ποιότητα και στην χρήση του παραγόμενου κριθαριού (Demissie and Bjørnstad, 1996).



Εικόνα 8: Παραλλακτικότητα σπόρου κριθαριού στην Αιθιοπία (Yirgu et al. 2022).

1.6. Βιοποικιλότητα στο κριθάρι και σύγχρονες προκλήσεις

Η εξημέρωση του σιταριού και του κριθαριού έγινε πριν από το 7000 π.Χ. στην Εύφορη Ημισέληνο, που περιλαμβάνει τμήματα της Ιορδανίας, του Λιβάνου, της Παλαιστίνης, της Συρίας, της νοτιοανατολικής Τουρκίας, του Ιράκ και δυτικό Ιράν. Τα στοιχεία δείχνουν ότι το πιο σημαντικό από τα σιτηρά που καλλιεργήθηκαν σε αυτές τις περιοχές είναι το κριθάρι (Harlan and Zohary, 1966).

Το άγριο είδος του κριθαριού που φυόταν στην Εύφορη Ημισέληνο ανάμεσα σε ποικιλίες καλλιεργήσιμου κριθαριού μας έπαιξε σημαντικό ρόλο στις τοπικές ποικιλίες και την εξέλιξη τους εξαιτίας του υβριδισμού με αυτές (Harlan and Zohary, 1966).

Οι τοπικές ποικιλίες κριθαριού καλλιεργούνται σε πάρα πολλές χώρες όπως η Αιθιοπία (Alemayehu and Parlevliet, 1997), το Ιράν (Brown and Munday, 1982), η Ιορδανία (Jaradat et al., 1986), η Σαρδηνία (Papa κ.ά., 1998), καθώς και τη Συρία (Ceccarelli et al., 1987) και την Τουρκία (Brush, 1995).

Το κριθάρι αποτελεί μία καλλιέργεια με πολλές χρήσεις όπως στην ζυθοποιία, την διατροφή των ζώων και την ανθρώπινη κατανάλωση. Η αύξηση των αποδόσεων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την καλλιέργεια του κριθαριού στην Μεσογειακή Ευρώπη εξαιτίας της ολοένα εμφάνισης ακραίων κλιματικών συνθηκών και καταπονήσεων.

Οι ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως οι πλημμύρες, η ξηρασία και η επιβάρυνση των εδαφών με αυξημένη αλατότητα από την υπερβολική χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων, μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλη μείωση της καλλιέργειας του κριθαριού (Shrivastava and Kumar, 2015). Το καλλιεργήσιμο κριθάρι, σε περιοχές με υπερβολική ξηρασία αναπτύσσεται δύσκολα (Passioura, 1994) και αυτό έρχεται σε μεγάλη αντίθεση με τον άγριο συγγενή, που σε άνυδρες και άγονες περιοχές της Ιορδανίας, αναπτύσσεται και προσαρμόζεται με μεγάλη ευκολία (Jaradat et al., 1986).

Η σημερινή αγροτική παραγωγή αντιμετωπίζει προκλήσεις, μερικά από τα οποία δεν έχουν προηγούμενο στην ανθρώπινη ιστορία. Ανάμεσα τους, θα πρέπει να τονίσουμε τη συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η οποία απαιτεί σημαντική αύξηση της παραγωγής βασικών προϊόντων διατροφής. Μια άλλη απειλή είναι η αυξημένη θερμοκρασία αέρα και η συγκέντρωση CO₂ που προκαλεί διακυμάνσεις στους μετεωρολογικούς παράγοντες και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της απόδοσης ή ακόμα και σε εδάφη τα οποία βαθμιαία γίνονται μη καλλιεργήσιμα (Ramonet et al., 2020). Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των καλλιεργειών θα επιδεινωθεί.

Με όλα τα παραπάνω, τονίζεται η ανάγκη διατήρησης της βιοποικιλότητας των άγριων ειδών σε φυσικές συνθήκες, καθώς και η ύπαρξη της μεγαλύτερης δυνατής ποικιλομορφίας στα αγροοικοσυστήματα. Το κριθάρι διαθέτει εκτεταμένη φαινοτυπική και γενετική ποικιλομορφία, λόγω της μακράς ιστορίας της καλλιέργειας και προσαρμογής σε ποικίλα περιβάλλοντα παγκοσμίως, η οποία διατηρείται σε κυβερνητικές ή διεθνείς τράπεζες γονιδίων και συλλογές

γενετικού υλικού σε ερευνητικά ιδρύματα, πανεπιστήμια, εταιρείες βελτίωσης και γεωργικούς οργανισμούς σε όλο τον κόσμο (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Μορφολογικές παραλλαγές στους τύπους στάχων κριθαριού: (α) παραδείγματα δίστοιχων και (β) παραδείγματα εξάστοιχων ποικιλιών (πηγή Visioni et al. 2023).

Από την άλλη πλευρά στις μέρες μας παρατηρούμε μια μείωση της γενετικής ποικιλότητας των καλλιεργούμενων ποικιλιών λόγω της εντατικοποίησης της γεωργικής παραγωγής και την χρήση περιορισμένου αριθμού ποικιλιών, φαινόμενο το οποίο ονομάζεται γενετική διάβρωση. Αυτό συνέβη από την αντικατάσταση των τοπικών ποικιλιών από εμπορικές ποικιλίες.

Ο συνδυασμός της γονοτυπικής με μια φαινοτυπική αξιολόγηση των συλλογών της τράπεζας γονιδίων θα είναι το επόμενο κρίσιμο βήμα προς την αξιοποίηση της τεράστιας ανεκμετάλλευτης βιοποικιλότητας των φυτογενετικών πόρων του κριθαριού. Συνδέοντας στενά τη διατήρηση με την αξιοποίηση των φυτογενετικών πόρων, μπορούμε να αξιοποιήσουμε αποτελεσματικά το δυναμικό των τοπικών αβελτίωτων ποικιλιών και των άγριων συγγενών ώστε να αναπτυχθούν ποικιλίες κριθαριού ανθεκτικές στην κλιματική μεταβλητότητα και διατροφικά ανώτερες (Visioni et al. 2023).

1.7. Σημασία άγριων ειδών και τοπικών ποικιλιών στη βελτίωση

Τα τελευταία χρόνια η κλιματική αλλαγή επηρεάζει ραγδαία και τις αγροτικές και αροτριάες καλλιέργειες με αποτέλεσμα να επιδεινώνεται ακόμα περισσότερο το πρόβλημα της επισιτιστικής κρίσης και της διατροφής. Με την εξέλιξη της επιστήμης στην βελτίωση των φυτών, οι επιστήμονες σε συνδυασμό με τους καλλιεργητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις τοπικές ποικιλίες σε προγράμματα βελτίωσης καθώς οι τοπικές ποικιλίες και τα άγρια είδη παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε βιολογικές και αβιοτικές καταπονήσεις, έχουν αναπτύξει άμυνα ενάντια σε ασθένειες και ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές γονιδίων για την βελτίωση της ποιότητας του σπόρου, την αύξηση της απόδοσης, την αντοχή σε ασθένειες και αβιοτικές καταπονήσεις.

Οι τοπικές ποικιλίες παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε περιβάλλοντα με ακραίες καταπονήσεις καθώς επίσης και η παραγωγικότητα τους υπερέχει κατά πολύ σε σύγκριση με τις καλλιεργούμενες ποικιλίες με πειράματα στο Ιράν και την Ισπανία (Mohammadi, R. et al. 2014, Yahiaoui, S. et al. 2014).

Έτσι λοιπόν μετά από πείραμα που έγινε στις έρημες και άγονες γραμμές της Εύφορης Ημισέληνου, μας δίνει ένα πολύ σημαντικό στίγμα ότι οι τοπικές ποικιλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βελτίωση των φυτών και είναι ανεκτίμητης αξίας όχι μόνο επειδή παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή και ανοχή σε σκληρά περιβάλλοντα αλλά και μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της επισιτιστικής κρίσης που γίνεται ακόμα πιο κρίσιμη με την κλιματική αλλαγή. Είναι ζωτικής σημασίας λοιπόν οι επιστήμονες – βελτιωτές σε συνδυασμό με τους καλλιεργητές που καλλιεργούν αυτές τις τοπικές ποικιλίες χιλιετίες στο χωράφι τους να διατηρήσουν σπόρους και φυτικό υλικό από αυτές τις ποικιλίες που αποτελούν έναν θησαυρό γονιδίων (Dwivedi et. al. 2016).

Η δύναμη και η σημαντικότητα των τοπικών ποικιλιών βασίζεται στην γενετική παραλλακτικότητα που έχουν και της αντοχής που παρουσιάζουν σε ακραία περιβάλλοντα. Μία έρευνα (George 2014) μας δείχνει ότι εκτός από τις τοπικές ποικιλίες και τα άγρια είδη κριθαριού στη Εύφορη Ημισέληνο, ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι τοπικές ποικιλίες που υπάρχουν στη Βόρεια Ευρώπη εξαιτίας της μεγάλης αντοχής τους στην έλλειψη μαγγανίου.

Η επισκόπηση των Martin et al. 2023 αναφέρεται στην έρευνα για την αντοχή τοπικών ποικιλιών κριθαριού που καλλιεργήθηκαν για πάρα πολλά χρόνια στην Αγγλία και τις Σκανδιναβικές χώρες στην έλλειψη μαγγανίου, προσθέτοντας ευρήματα που αφορούν τη μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά περιβάλλοντα των άγριων ειδών και τοπικών ποικιλιών.

Μια έρευνα που έγινε σε καλλιεργήσιμες ποικιλίες κριθαριού και σε τοπικές ποικιλίες από το Θιβέτ, κάτω από συνθήκες έντονης ξηρασίας για την ποιότητα του σπόρου στην βυνοποίηση, μας έδειξε ότι οι τοπικές ποικιλίες του Θιβέτ έδειξαν υψηλότερα επίπεδα σακχάρων (φρουκτόζη) και οργανικών οξέων (μηλικό οξύ) σε σύγκριση με τις καλλιεργήσιμες ποικιλίες υπό τις ίδιες ακραίες συνθήκες ξηρασίας.



Εικόνα 10: Αποθηκευμένο κριθάρι στην περιοχή του Θιβέτ (Haubruege et al. 2003)

Έχει αναφερθεί πρόσφατα, με την αλληλουχισή του γονιδιώματος του *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* και του *Hordeum vulgare* ssp. *Spontaneum*, ότι ταυτοποιήθηκαν 8177 και 7913 μοριακοί δείκτες από άγρια κριθάρια (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) της Εγγύς Ανατολής και του Θιβέτ αντίστοιχα ενώ από καλλιεργήσιμες ποικιλίες βρέθηκαν μόλις 430 μοριακοί δείκτες (Lakew et al 2013)

Από γενετική άποψη οι εμπορικές ποικιλίες υπερέχουν σε απόδοση αλλά παρουσιάζουν μειωμένη προσαρμοστικότητα και στενή γενετική παραλλακτικότητα. Σε οριακές περιοχές (π.χ. άγονες εκτάσεις), οι καλλιέργειες συχνά εκτίθενται σε παραπάνω από μία αβιοτικές καταπονήσεις με αποτέλεσμα χαμηλότερες αποδόσεις (Savin et. al 1996). Οι τοπικές ποικιλίες αντίθετα υπερέχουν έναντι των καλλιεργούμενων ποικιλιών στις αντίξοες αυτές συνθήκες.

Παρά την έντονη εμφάνιση του κριθαριού στις εύκρατες περιοχές και στις περιοχές μεγάλου υψομέτρου όπως στο Νεπάλ, οι τοπικές ποικιλίες και τα άγρια είδη φύονται όχι μόνο σε αυτές τις περιοχές αλλά και σε τροπικές και

υποτροπικές ζώνες αλλά προσαρμόζονται και σε περιοχές με σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες (Nevo, 1992).

Οι αγρότες εξαιτίας κοινωνικοοικονομικών συνθηκών οδηγούνται στην αντικατάσταση των τοπικών ποικιλιών με σύγχρονες βελτιωμένες ποικιλίες. Η εκτεταμένη καλλιέργεια εμπορικών ποικιλιών καθώς και η εντατικοποίηση τους καταστρέφει μέρα με τη μέρα την αγροβιοποικιλότητα που δημιουργούν τα άγρια είδη (Gonthier, 2014). Με την εγκατάλειψη των άγριων και τοπικών ειδών η αγροποικιλότητα χάνεται όχι μόνο στις ανεπτυγμένες αλλά και στις αναπτυσσόμενες χώρες όπως τονίζει ο Rennard 2016. Οι τοπικές ποικιλίες και η καλλιέργεια τους κυριαρχούν σε οικογένειες που η επιβίωσή τους εξαρτάται από την συγκεκριμένη καλλιέργεια. (ICBA, 2000).

Οι τοπικές ποικιλίες και τα άγρια είδη του κριθαριού παρουσιάζουν μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα και ευρεία προσαρμοστικότητα, από περιοχές με μεγάλα υψόμετρα όπως στα Ιμαλάια έως και στις άγονες και έρημες περιοχές της Συρίας, της Ιορδανίας και των ερημικών χωριών της Μεσογείου, κι έπομένως αποτελούν μέσο αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών καταπονήσεων, καθώς και πολύτιμο γενετικό υλικό για την βελτίωση και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Al-Maskri et. al. 2006). Σε πειράματα που έχουν γίνει στην ποικιλία χειμερινού κριθαριού "Nure" μαζί με διασταύρωση της ποικιλίας "Tremois" έχουν απομονωθεί γονίδια και QTLs που παίζουν ρόλο στην εαρινοποίηση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των ποικιλιών κριθαριού (Tondelli et al. 2014).

Οι άγριες και εξωτικές ποικιλίες κριθαριού καθώς και οι τοπικές ποικιλίες έχουν αντέξει περισσότερο από μια χιλιετία σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Η κλιματική αλλαγή ενέχει κινδύνους για την καλλιέργεια κριθαριού παγκοσμίως και ειδικότερα για τη λεκάνη της Μεσογείου (Cammarano et al. 2019).

Η σύγχρονη γεωργική παραγωγή πρέπει να βασίζεται στην αξιοποίηση των τοπικών ποικιλιών που αναπτύσσονται σε ακραία περιβάλλοντα με σκοπό την εξασφάλιση υψηλής παραγωγικότητας της καλλιέργειας υπό αντίξοες συνθήκες, αναδεικνύοντας το γενετικό δυναμικό των τοπικών ποικιλιών (Pixley et al. 2023).

Η χρήση των τοπικών ποικιλιών και των άγριων συγγενών του κριθαριού στα βελτιωτικά προγράμματα αποτελεί προϋπόθεση για την βελτίωση της προσαρμοστικότητας και έπομένως και την αντοχή του σε αβιοτικές καταπονήσεις για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας επισιτιστικής κρίσης.

1.7 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη έξι τοπικών ποικιλιών κριθαριού και μιας εμπορικής ποικιλίας μέσω περιγραφητών και μορφολογικών χαρακτηριστικών καθώς και συστατικών απόδοσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Σύνοψη πειράματος

Στο πείραμα μελετήθηκαν χαρακτηριστικά της ανάπτυξης και φαινολογίας (τρόπος βλάστησης, χρώμα βλαστού) και χαρακτηριστικά της απόδοσης (βάρος χιλίων σπόρων, αριθμός γόνιμων σπόρων, πυκνότητα στάχυ, μήκος στάχυ), έξι ποικιλιών του είδους *Hordeum vulgare* και οι πέντε από αυτές ήταν τοπικές ποικιλίες κριθαριού και η μία ήταν εμπορική ποικιλία.

2.2 Επεμβάσεις και πειραματικό σχέδιο

Οι ποικιλίες κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 5 τοπικές ποικιλίες από τις οποίες οι 3 τοπικές ποικιλίες ήταν από την περιοχή της Αρκαδίας, 1 τοπική ποικιλία από την Λήμνο και 1 από την Αμοργό καθώς και 1 εμπορική ποικιλία (Μάρτυρας). Οι ποικιλίες που μελετήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα, οι περιοχές συλλογής φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

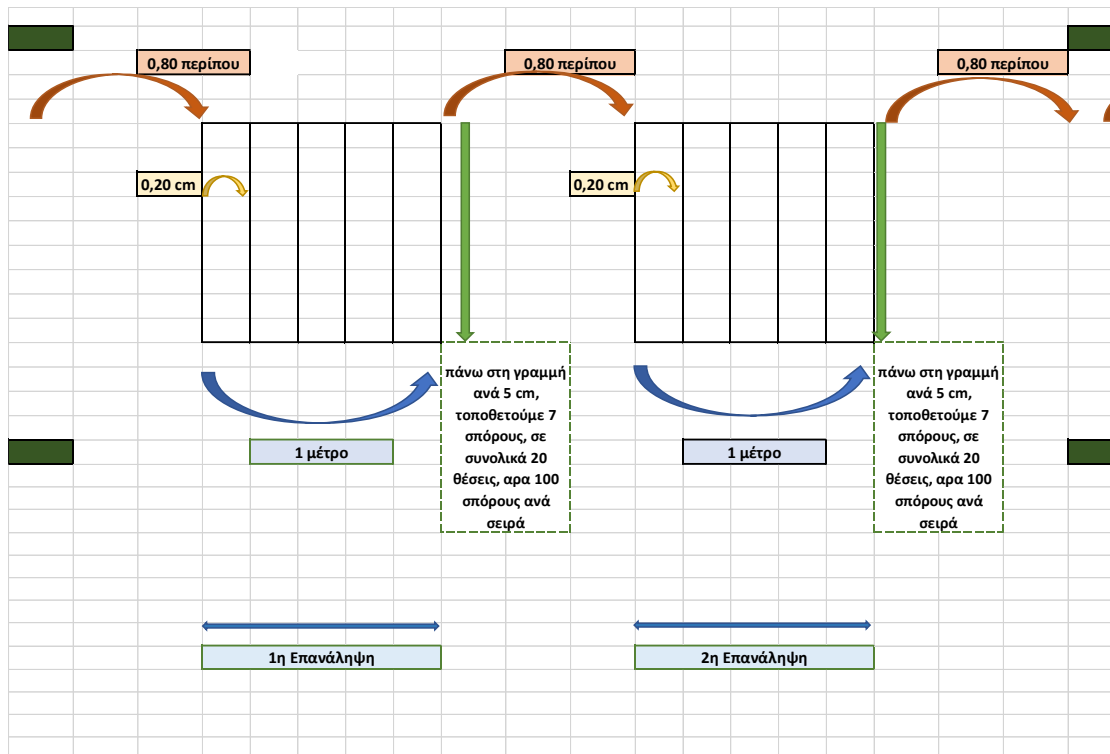
Πίνακας 2.1: Οι ποικιλίες του είδους *Hordeum vulgare* που μελετήθηκαν.

Αριθμός	Συλλογή	Περιοχή συλλογής
1	COMMERCIAL	
2	ARKAD061	Αρκαδία
3	ARKAD009	Αρκαδία
4	ARKAD065	Αρκαδία
5	AMORG014	Αμοργός
6	LIMNOS365	Λήμνος

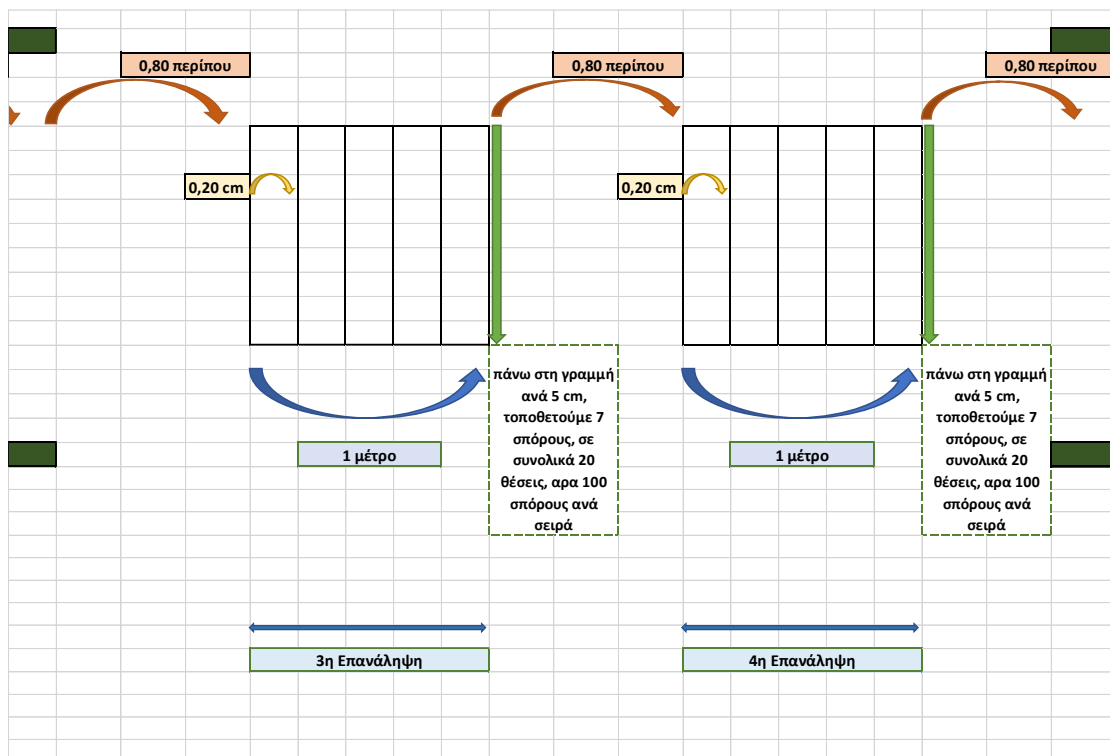
Η ημερομηνία που έγινε η σπορά είναι 7 Νοεμβρίου 2021 στην περιοχή Διχάλια Κεφαλαρίου με συντεταγμένες 37.58377593987385, 22.689081747013383. Το πειραματικό σχέδιο ήταν τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με 6 ποικιλίες κριθαριού με τέσσερις επαναλήψεις. Οι διαστάσεις του συνολικού πειραματικού ήταν 4m x 4m. Πιο αναλυτικά:

- Διαστάσεις τεμαχίου: 1m x 1m
- Μήκος διαδρόμου: 50cm
- Αριθμός γραμμών εντός τεμαχίου: 6 γραμμές
- Αποστάσεις μεταξύ των γραμμών: 40cm
- Αποστάσεις μεταξύ των θέσεων σποράς: 5cm
- Αριθμός θέσεων σποράς ανά ποικιλία σε κάθε πειραματικό τεμάχιο: 20 φυτά σε κάθε γραμμή
- Σπόροι ανά θέση: 7

Το πειραματικό σχέδιο μας το δείχνουν οι εικόνες 2.1. και 2.2. και το πως τοποθετήθηκαν οι ποικιλίες, η εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.1: Σχέδιο 1^{ης} και 2^{ης} επανάληψης στον αγρό.



Εικόνα 2.2: Σχέδιο 3^{ης} και 4^{ης} επανάληψης στον αγρό.

ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΙΚΙΛΩΝ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

1^η επανάληψη, 1^η γραμμή, ποικιλία.....6
1^η επανάληψη, 2^η γραμμή, ποικιλία.....2
1^η επανάληψη, 3^η γραμμή, ποικιλία.....4
1^η επανάληψη, 4^η γραμμή, ποικιλία.....3
1^η επανάληψη, 5^η γραμμή, ποικιλία.....1
1^η επανάληψη, 6^η γραμμή, ποικιλία.....5

2^η επανάληψη, 1^η γραμμή, ποικιλία.....3
2^η επανάληψη, 2^η γραμμή, ποικιλία.....1
2^η επανάληψη, 3^η γραμμή, ποικιλία.....6
2^η επανάληψη, 4^η γραμμή, ποικιλία.....4
2^η επανάληψη, 5^η γραμμή, ποικιλία.....2
1^η επανάληψη, 6^η γραμμή, ποικιλία.....5

3^η επανάληψη, 1^η γραμμή, ποικιλία.....2
3^η επανάληψη, 2^η γραμμή, ποικιλία.....1
3^η επανάληψη, 3^η γραμμή, ποικιλία.....5
3^η επανάληψη, 4^η γραμμή, ποικιλία.....3
3^η επανάληψη, 5^η γραμμή, ποικιλία.....4
1^η επανάληψη, 6^η γραμμή, ποικιλία.....6

4^η επανάληψη, 1^η γραμμή, ποικιλία.....3
4^η επανάληψη, 2^η γραμμή, ποικιλία.....4
4^η επανάληψη, 3^η γραμμή, ποικιλία.....2
4^η επανάληψη, 4^η γραμμή, ποικιλία.....6
4^η επανάληψη, 5^η γραμμή, ποικιλία.....5
1^η επανάληψη, 6^η γραμμή, ποικιλία.....1

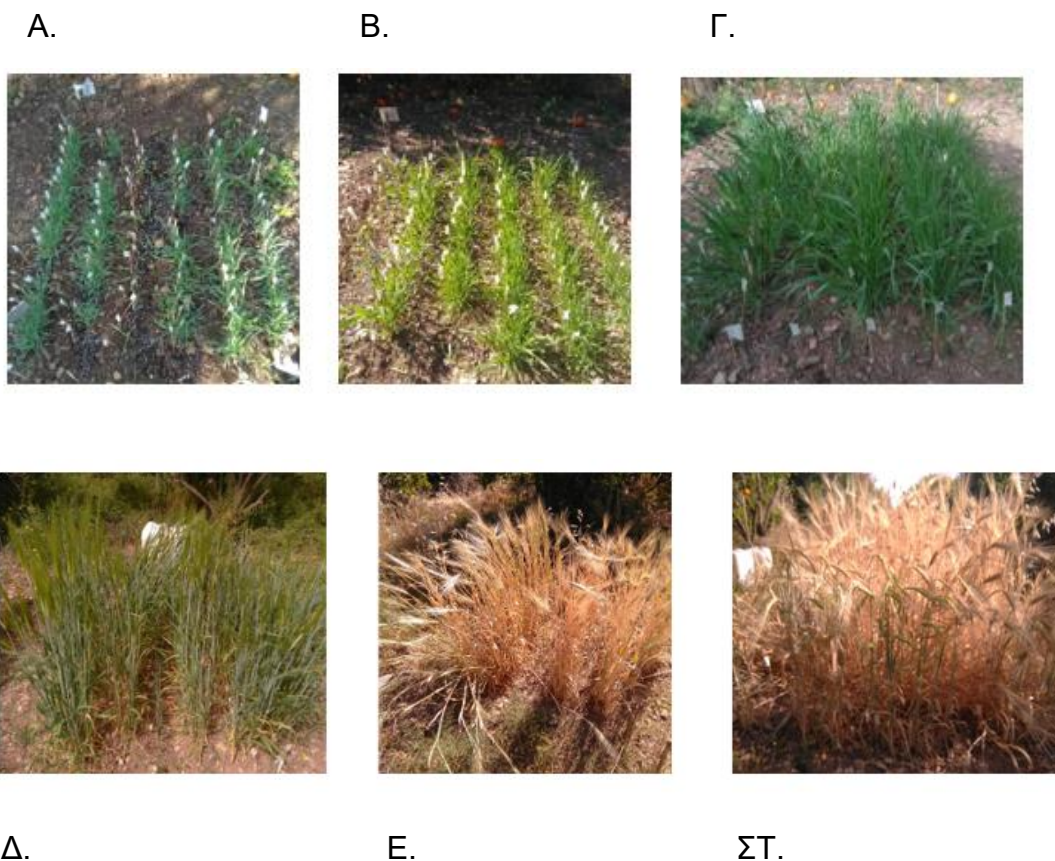
Εικόνα 2.3: Η σειρά με την οποία τοποθετήθηκαν οι ποικιλίες σε κάθε επανάληψη στο πειραματικό μας σχέδιο.

Η χάραξη του πειράματος έγινε στις 07/11/2021 (εικόνα 2.4). Έγινε καλό όργωμα του χωραφιού με μικρό άροτρο και στην συνέχεια σχεδιάστηκε με τη χρήση μέτρου, σιδερένιων πασσάλων και χαρτιού, το όριο των πειραματικών τεμαχίων όπως δείχνουν οι εικόνες 2.4., 2.5., 2.6. Η σπορά του κριθαριού έγινε στις 07/11/2021 με το χέρι και έγινε μία εφαρμογή με προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο με Pendimethalin (Stomp Aqua) με δόση 1,7 κ.εκ. για το πειραματικό τεμάχιο και μια δεύτερη επέμβαση με ζιζανιοκτόνο, μεταφυτρωτικά κατά την περίοδο του αδελφώματος, για πλατύφυλλα με MCPA (Renox 40SL) σε δόση 1,7 κ.εκ για το πειραματικό μας τεμάχιο. Δεν έγινε λίπανση και τα φυτά αναπτύχθηκαν με τα διαθέσιμα στοιχεία που βρίσκονταν στο έδαφος. Έγινε ένα πότισμα στην αρχή της σποράς, ένα πότισμα στις 07/12/2021 και μετά το τέλος του Φεβρουαρίου μέχρι την συγκομιδή γινόταν άρδευση μία φορά κάθε εβδομάδα.



Εικόνα 2.4: Σχεδίαση του πειράματος στον αγρό με χειροποίητο quadrat.

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζεται το χωράφι στα διάφορα αναπτυξιακά στάδια της καλλιέργειας (Εικόνα 2.5)



Εικόνα 2.5. Φωτογραφίες από την συνολική πορεία του πειράματος. Α. Ανάπτυξη φυτών στις 17 Φεβρουαρίου. Β. Ανάπτυξη φυτών στις 27 Φεβρουαρίου. Γ. Ανάπτυξη φυτών στις 27 Μαρτίου. Δ. Ανάπτυξη φυτών στις 27 Απριλίου. Ε. Ανάπτυξη φυτών στις 26 Μαΐου. ΣΤ. Ανάπτυξη φυτών στις 29 Μαΐου.

Τέλος, στις 17 Μαΐου 2022 παρατηρήθηκε έντονο πλάγιασμα από το μύκητα ελμινθοσπορίασης για αυτό έγινε και η έγκαιρη επέμβαση με κατάλληλο μυκητοκτόνο με δραστική Chlorothalonil (Daconil) με ψεκασμό καλύψεως φυλλώματος με 1,7 κ.εκ. για το πειραματικό μας τεμάχιο καταπολεμήθηκε το παθογόνο σε σημαντικό βαθμό με αποτέλεσμα να μην υπάρχει απώλεια στα φυτά και κατ' επέκταση στις μετρήσεις.

Ο θερισμός και η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 7 Ιουνίου με γεωργικό εργαλείο (δρεπάνι) (εικόνα 2.6 Α και Β) .



Εικόνα 2.6: Α. Στάδιο θερισμού, Β. Γεωργικό εργαλείο συλλογής (δρεπάνι).

2.3 Περιγραφητές

Οι περιγραφητές που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν στο βιβλίο με τίτλο Descriptors for barley (*Hordeum vulgare* L.) του International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

2.4 Μετρήσεις

Τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν τα παρακάτω:

1. Ύψος φυτού (cm)
2. Ύψος στο στάδιο συλλογής (cm)
3. Βάρος φυτού (Συνολικό g)
4. Βάρος στάχυ (g)
5. Μήκος φυτού (Από τη ρίζα-cm)
6. Μήκος στάχυ (cm)
7. Αριθμός αδελφιών
8. Αριθμός γόνιμων αδελφιών
9. Βάρος 1000 κόκκων (g)

Τέλος στις μετρήσεις που έγιναν χρησιμοποιήθηκε χάρακας για τα μήκη (Εικόνα 2.7Α) και για τα ζυγίσματα χρησιμοποιήθηκε πρώτα ο ζυγός ακριβείας

triple beam balance lab scale OHAUS 700 series (Εικόνα 2.7B) και η δεύτερη ζύγιση έγινε με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας εργαστηρίου.



Εικόνα 2.7. Α και Β: Μετρήσεις στάχων με χάρακα και ζυγό ακριβείας

2.5 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τις μετρήσεις έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα STATGRAPHICS 18. Έγινε ανάλυση διακύμανσης για καθένα μελετώμενο γνώρισμα και επίσης έγιναν συγκρίσεις και συσχετίσεις μεταξύ των τιμών των γνωρισμάτων που μετρήθηκαν (Steel and Torrie, 1960).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Πειραματικό σχέδιο

Πέντε τοπικοί πληθυσμοί και μία εμπορική ποικιλία κριθαριού (Πίνακας 3.1) αξιολογήθηκαν σε πειραματικό αγρό, σύμφωνα με το εντελώς τυχαίοποιημένο πειραματικό σχέδιο, σε περιοχή του Νομού Αργολίδος (37°40'N και 22°50'E) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2022-2023. Οι πληθυσμοί αξιολογήθηκαν με τη χρήση περιγραφητών ποιοτικών χαρακτηριστικών και μορφολογικών γνωρισμάτων. Οι ποιοτικοί περιγραφητές περιλάμβαναν τη μορφολογία των αγάνων, τον τρόπο ανάπτυξης των φυτών, το χρώμα του βλαστού και την πυκνότητα του στάχυ. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά περιλάμβαναν το βάρος και το ύψος του φυτού, το μήκος και το βάρος του στάχυ, τον αριθμό των συνολικών και γόνιμων αδελφιών, καθώς και την πυκνότητα του σπόρου.

Πίνακας 3.1 Η κωδικοποίηση και η προέλευση του γενετικού υλικού

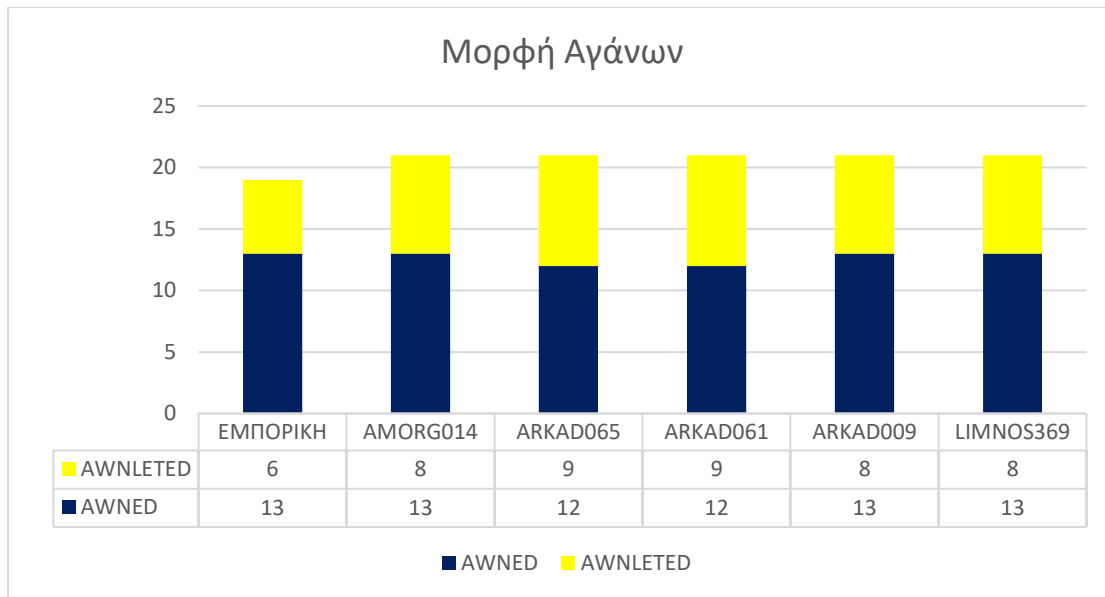
ΑΑ	Κωδικός επέμβασης	Προέλευση
1	Commercial	Εμπορική ποικιλία
2	ARKAD061	Αρκαδία
3	ARKAD009	Αρκαδία
4	ARKAD065	Αρκαδία
5	AMORG014	Αμοργός
6	LIMNOS369	Λήμνος

Για την αξιολόγηση των ποιοτικών περιγραφητών, χρησιμοποιήθηκαν πίνακες συχνοτήτων και γραφήματα (στήλες συχνοτήτων). Η στατιστική ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), αφού προηγουμένως ελέγχθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοιογένειας διακυμάνσεων. Ακολούθως, εφαρμόστηκαν πολλαπλές συγκρίσεις μέσων τιμών με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) για την εκτίμηση των στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων.

3.2 Περιγραφητές Ποιοτικών Χαρακτηριστικών

3.2.1 Μορφολογία αγάνων

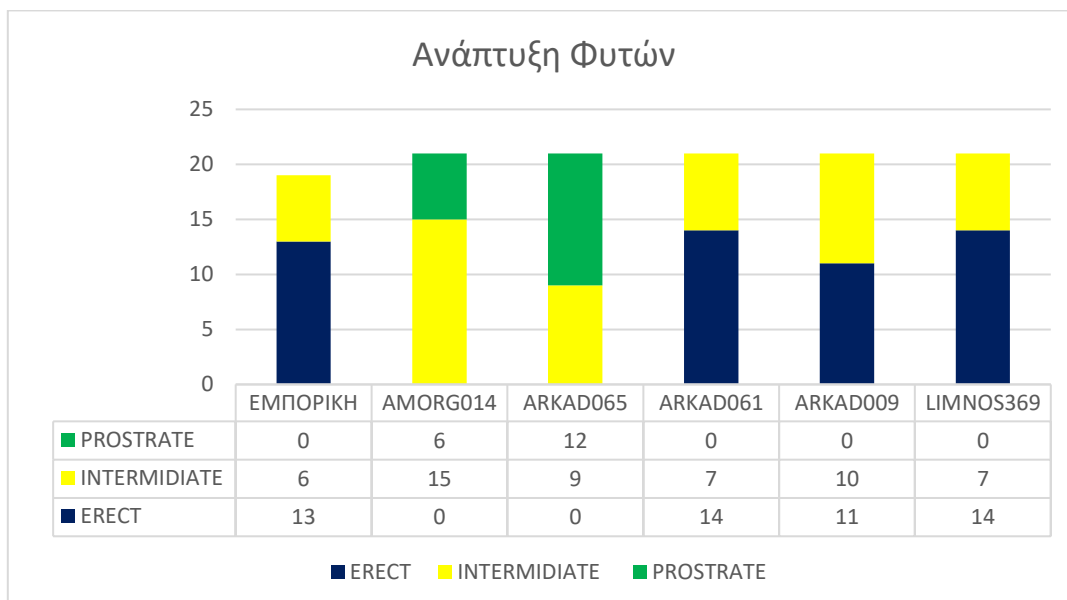
Όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 3.1, παρατηρείτε ότι στην περίπτωση των αγάνων, τόσο οι τοπικοί πληθυσμοί όσο και η εμπορική ποικιλία παρουσίασαν σημαντικά υψηλό ποσοστό εμφάνισης αγανοφόρων στάχων σε σύγκριση με τους μη αγανοφόρους στάχους.



Διάγραμμα 3.1 Η μορφολογία των αγάνων ανά πληθυσμό. (awned=με άγανα, awnleted=χωρίς άγανα).

3.2.2 Τρόπος ανάπτυξης

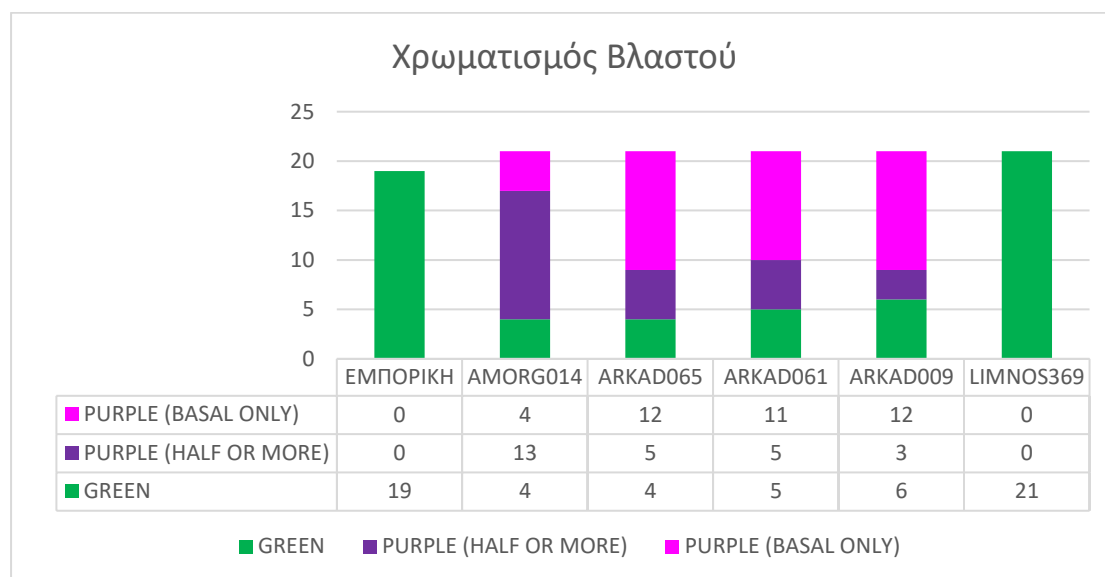
Ο τρόπος ανάπτυξης των φυτών απεικονίζεται στο Διάγραμμα 3.2. Σύμφωνα με τα δεδομένα, η εμπορική ποικιλία και οι τοπικοί πληθυσμοί ARKAD061, ARKAD009 και LIMNOS369 παρουσίασαν ψηλό και ενδιάμεσο τρόπο ανάπτυξης, ενώ οι τοπικοί πληθυσμοί AMORG014 και ARKAD065 παρουσίασαν ενδιάμεσο και χαμηλό τρόπο ανάπτυξης.



Διάγραμμα 3.2 Τρόπος ανάπτυξης φυτών ανά πληθυσμό. (erect=οριζόντιας ανάπτυξης, intermediate =ενδιάμεσης, prostrate=έρπον).

3.2.3 Χρωματισμός βλαστού

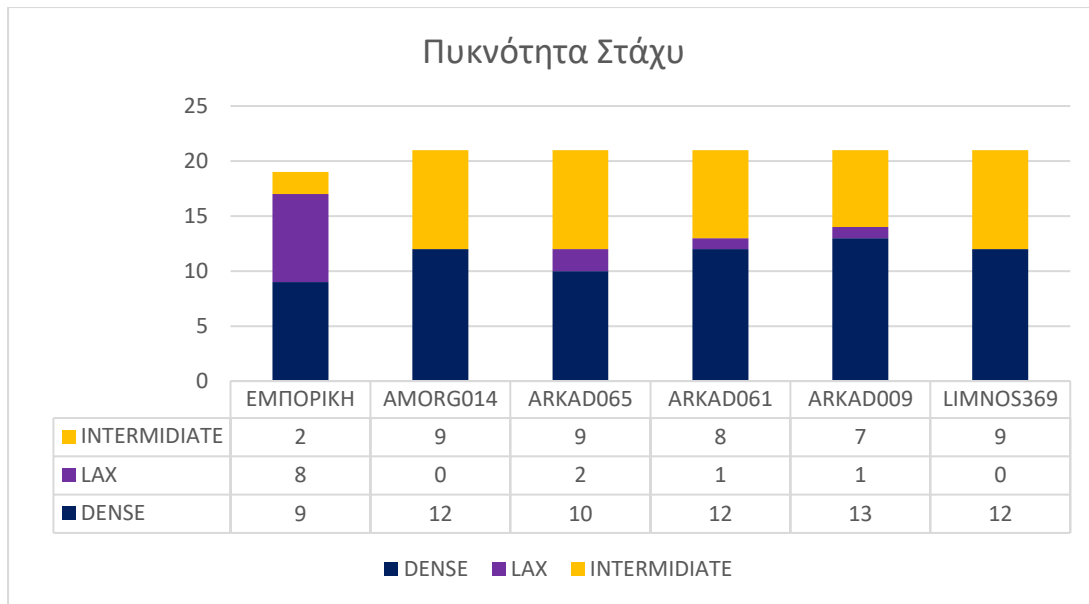
Ο χρωματισμός του βλαστού που απεικονίζεται στο Διάγραμμα 3.3 αποτέλεσε σημαντικό περιγραφητή κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών. Στην εμπορική ποικιλία και στην τοπική ποικιλία LIMNOS369, όλα τα φυτά παρουσίασαν πράσινο χρώμα βλαστού. Αντίθετα, στις ποικιλίες ARKAD065, ARKAD061 και ARKAD009 παρατηρήθηκαν φυτά με πράσινο, πράσινο σε συνδυασμό με μωβ, καθώς και φυτά με υψηλό ποσοστό μωβ χρώματος. Στην τοπική ποικιλία AMORG014, το μεγαλύτερο ποσοστό των φυτών εμφάνιζε μωβ χρώμα βλαστού.



Διάγραμμα 3.3 Χρωματισμός βλαστού.

3.2.4 Πυκνότητα στάχυ

Το Διάγραμμα 3.4 απεικονίζει την πυκνότητα των στάχων. Οι ποικιλίες AMORG014 και LIMNOS369 παρουσίασαν φυτά με μέτριο και πολύ πυκνό στάχυ. Αντίθετα, η εμπορική ποικιλία εμφάνισε φυτά με μέτρια, πυκνή και μικρή πυκνότητα στάχυ, όπως και οι τοπικές ποικιλίες ARKAD065, ARKAD061 και ARKAD009. Ωστόσο, οι τοπικοί πληθυσμοί παρουσίασαν ομοιογένεια μεταξύ τους σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία.

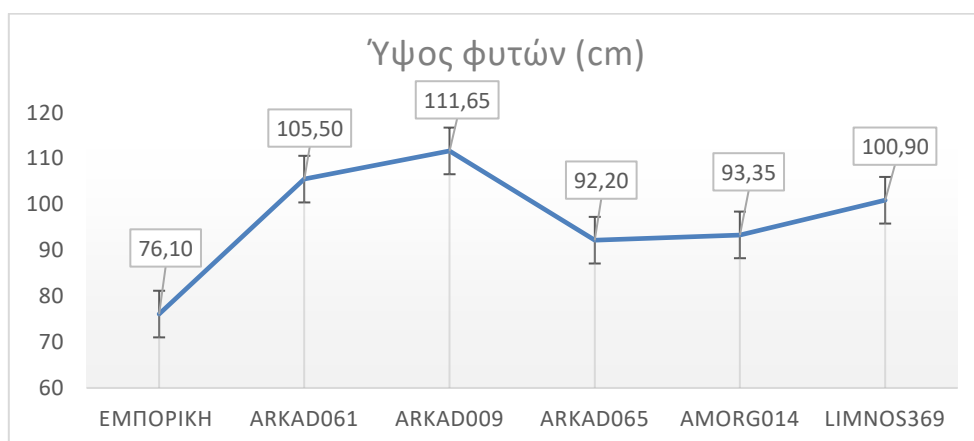


Διάγραμμα 3.4 Πυκνότητα στάχυ.

3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

3.3.1 Ύψος φυτού

Στο Διάγραμμα 3.5 απεικονίζεται το μέσο ύψος των φυτών και οι τυπικές αποκλίσεις ανά είδος επέμβασης. Για τη διερεύνηση της επίδρασης των επεμβάσεων στη μεταβλητή του ύψους, διεξήχθη ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), αφού πρώτα ελέγχθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων με τις δοκιμασίες Shapiro-Wilk (p -value = 0,2942) και Levene (p -value = 0,2942) αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.5 Το μέσο ύψος των φυτών (cm) και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.2 παρατίθεται η ανάλυση της διακύμανσης για τη μεταβλητή του ύψους των φυτών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δείχνουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις που

οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στο μέσο ύψος των φυτών.

Πίνακας 3.2 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	7808,2	1561,64	20,00	0,0000
Σφάλμα	60	4684,71	78,0785		
Σύνολο	65	12492,9			

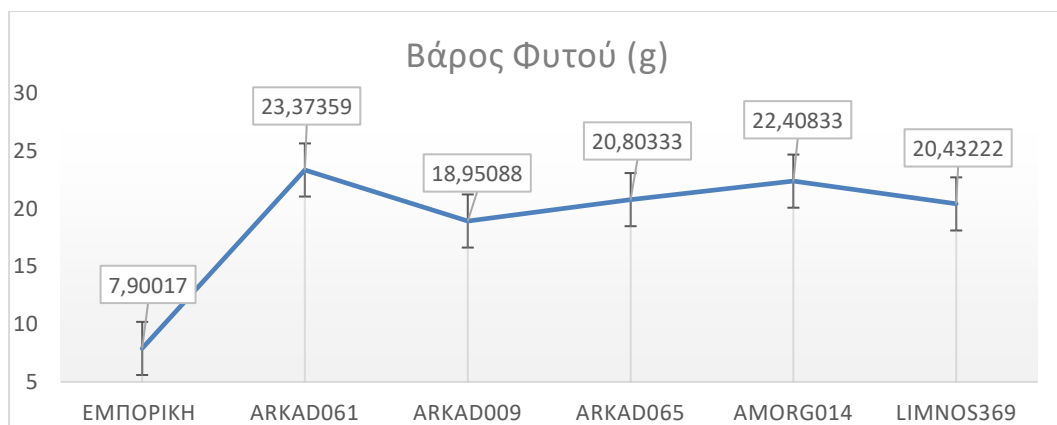
Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) (Πίνακας 3.3), διαπιστώθηκε ότι ο πληθυσμός ARKAD009 διαφέρει στατιστικά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς, εκτός από τον πληθυσμό ARKAD061, παρουσιάζοντας το μεγαλύτερο μέσο ύψος. Αντίθετα, η εμπορική ποικιλία διαφέρει στατιστικά από όλους τους πληθυσμούς, διατηρώντας το μικρότερο μέσο ύψος φυτού.

Πίνακας 3.3 Συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο LSD.

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική ποικιλία	10	76,1	a
ARKAD065	10	92,2	b
AMORG014	12	93,3	b
LIMNOS369	12	100,9	b
ARKAD061	13	105,5	bc
ARKAD009	9	111,6	c

3.3.2. Βάρος φυτού

Το μέσο ύψος των φυτών και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.6. Για την αξιολόγηση της επίδρασης των επεμβάσεων στη μεταβλητή του βάρους των φυτών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης, αφού πρώτα εξετάστηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων με τις δοκιμασίες Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0,4534$) και Levene ($p\text{-value} = 0,18$) αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.6 Το μέσο βάρος των φυτών (g) και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επένδυση.

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του βάρους των φυτών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στο μέσο βάρος των φυτών.

Πίνακας 3.4 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επένδυση	5	166,57	333,315	11,21	0,0000
Σφάλμα	60	178,45	29,7408		
Σύνολο	65	345,02			

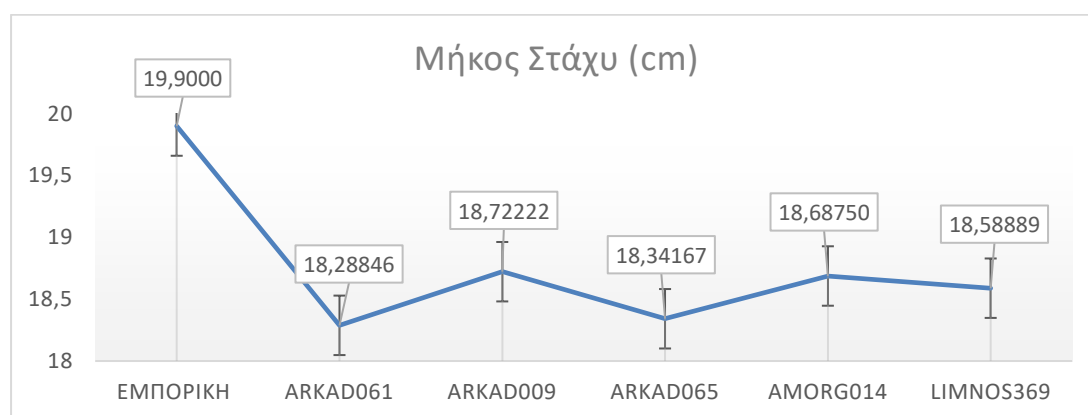
Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.5), παρατηρούμε ότι όλοι οι τοπικοί πληθυσμοί δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, διατηρώντας τα μεγαλύτερα μέσα βάρη φυτού. Αντίθετα, η εμπορική ποικιλία διαφέρει στατιστικά από όλους τους τοπικούς πληθυσμούς, εμφανίζοντας το μικρότερο μέσο βάρος φυτού.

Πίνακας 3.5 Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική ποικιλία	10	7,92	a
ARKAD009	9	18,9444	b
LIMNOS369	12	20,4417	b
ARKAD065	10	20,81	b
AMORG014	12	22,4083	b
ARKAD061	13	23,3769	b

3.3.3. Μήκος Στάχου

Το Διάγραμμα 3.7 παρουσιάζει το μέσο μήκος του στάχου των φυτών και τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε είδος επέμβασης που εξετάστηκε. Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στη μεταβλητή του ύψους, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης. Ωστόσο, πριν από την εφαρμογή της ANOVA, ελέγχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων, χρησιμοποιώντας τις δοκιμασίες Shapiro-Wilk (p-value = 0,098) και Levene (p-value = 0,3294) αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.7 Το μέσο μήκος του στάχου των φυτών (cm) και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.6 παρατίθεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του μήκους του στάχου των φυτών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στο μέσο μήκος του στάχου.

Πίνακας 3.6 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	17,843	3,568	5,27	0,0089
Σφάλμα	60	41,383	0,681		
Σύνολο	65	59,226			

Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.7), παρατηρούμε ότι οι πληθυσμοί ARKAD061, ARKAD065, LIMNOS369, AMORG014 και ARKAD009 συνιστούν μια ομάδα που δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Παρομοίως, οι πληθυσμοί LIMNOS369, AMORG014 και

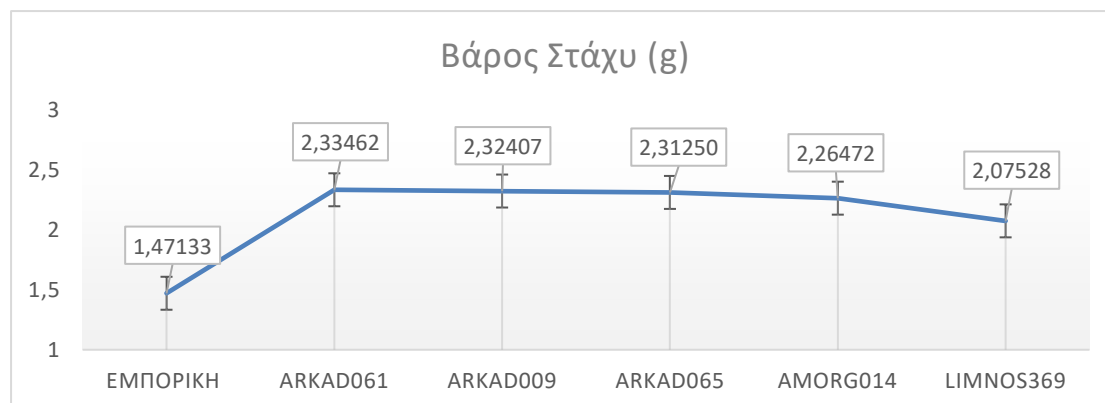
ARKAD009, καθώς και η εμπορική ποικιλία, δεν διαφέρουν στατιστικά. Σημαντικές διαφορές στο μέσο μήκος του στάχυ παρατηρούνται στην εμπορική ποικιλία σε σύγκριση με τους πληθυσμούς ARKAD061 και ARKAD065, οι οποίοι διατηρούν το μεγαλύτερο μέσο μήκος στάχυ.

Πίνακας 3.7. Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική ποικιλία	13	18,29	a
ARKAD009	10	18,35	a
LIMNOS369	12	18,6	ab
ARKAD065	12	18,69	ab
AMORG014	9	18,73	ab
ARKAD061	10	19,9	b

3.3.4. Βάρος Στάχυ

Το μέσο βάρος του στάχυ των φυτών και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε τύπο παρέμβασης απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.8. Για να εκτιμηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στη μεταβλητή του ύψους, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης αφού πρώτα ελέγχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων, μέσω των δοκιμασιών Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0,2941$) και Levene ($p\text{-value} = 0,3291$).



Διάγραμμα 3.8 Το μέσο βάρος του στάχυ των φυτών (g) και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.8 παρατίθεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του βάρους του στάχυ των φυτών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές

ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στο μέσο βάρος του στάχυ.

Πίνακας 3.8 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Αθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	5,6641	1,13282	4,67	0,0011
Σφάλμα	60	14,5407	0,242346		
Σύνολο	65	20,2048			

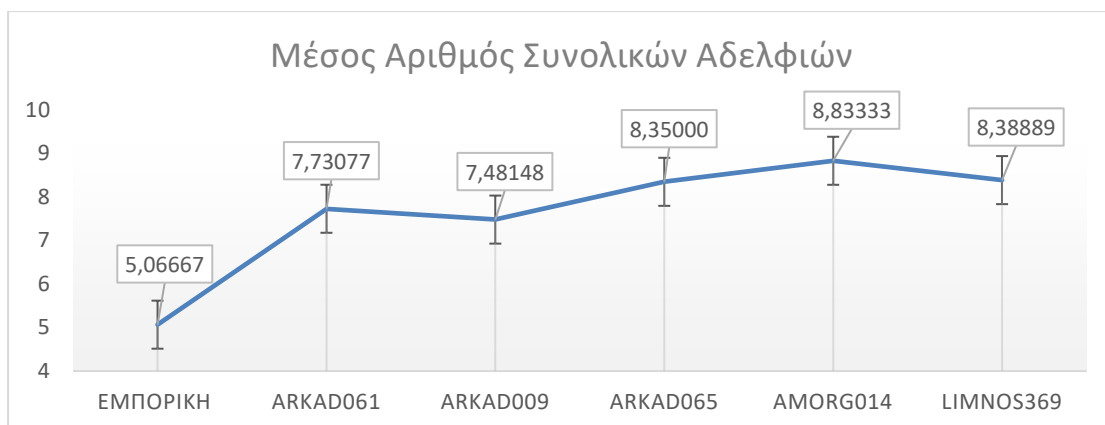
Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.9), παρατηρούμε ότι όλοι οι τοπικοί πληθυσμοί LIMNOS369, AMORG014, ARKAD065, ARKAD061 και ARKAD009 σχηματίζουν μια ενιαία ομάδα και δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, διατηρώντας κατά μέσο όρο μεγαλύτερο βάρος στάχυ σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία.

Πίνακας 3.9 Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική	10	1,49	a
LIMNOS369	12	2,09167	b
AMORG014	12	2,28333	b
ARKAD065	10	2,32	b
ARKAD061	13	2,33077	b
ARKAD009	9	2,34444	b

3.3.5 Αριθμός συνολικών αδελφιών

Ο συνολικός αριθμός αδελφιών των φυτών και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε τύπο παρέμβασης απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.9. Για να εκτιμηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στη μεταβλητή του συνολικού αριθμού αδελφιών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης αφού πρώτα ελέγχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων, μέσω των δοκιμασιών Shapiro-Wilk (p -value = 0,055) και Levene (p -value = 0,6511).



Διάγραμμα 3.9 Ο συνολικός αριθμός αδελφιών και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.10 παρατίθεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του συνολικού αριθμού αδελφιών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στο συνολικό αριθμό αδελφιών.

Πίνακας 3.10 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	7808,2	1561,64	20,00	0,0000
Σφάλμα	60	4684,71	78,0785		
Σύνολο	65	12492,9			

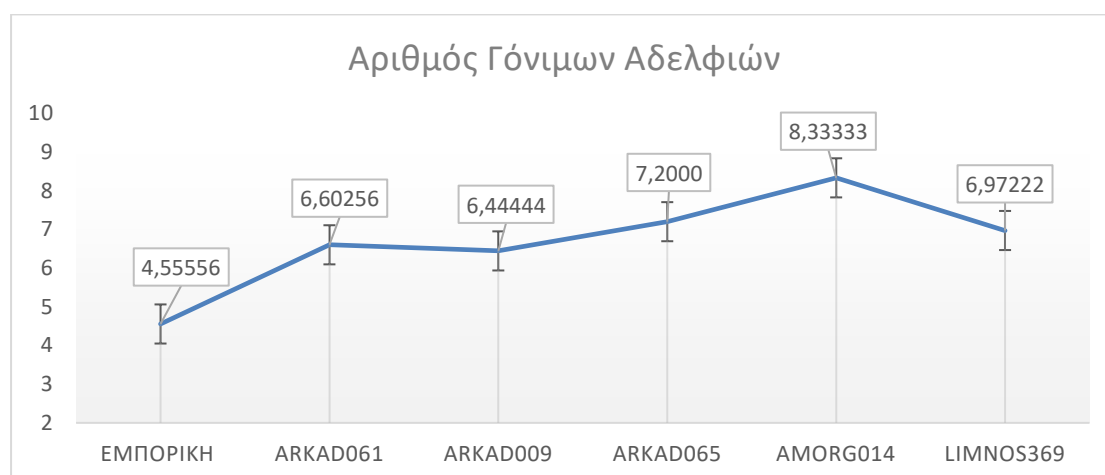
Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.11), παρατηρούμε ότι εμπορική ποικιλία παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές από όλους τους πληθυσμούς, διατηρώντας τον μικρότερο κατά μέσο όρο αριθμό αδελφιών. Οι πληθυσμοί ARKAD009, ARKAD061, ARKAD065 και LIMNOS369 σχηματίζουν μια ενιαία ομάδα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Παρομοίως, οι πληθυσμοί ARKAD061, ARKAD065, LIMNOS369 και AMORG014 αποτελούν μια ομάδα που διατηρεί τον μεγαλύτερο αριθμό αδελφιών. Επιπλέον, ο πληθυσμός AMORG014 διαφέρει στατιστικά σημαντικά στον μέσο αριθμό αδελφιών από τον πληθυσμό ARKAD009 και την εμπορική ποικιλία, διατηρώντας τον μεγαλύτερο μέσο αριθμό αδελφιών.

Πίνακας 3.11 Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική	10	5,07	a
LIMNOS369	9	7,47778	b
AMORG014	13	7,73077	bc
ARKAD065	10	8,35	bc
ARKAD061	12	8,39167	bc
ARKAD009	12	8,83333	c

3.3.6. Αριθμός γόνιμων αδελφιών

Ο αριθμός γόνιμων αδελφιών των φυτών και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε τύπο παρέμβασης απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.10. Για να εκτιμηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στη μεταβλητή του συνολικού αριθμού αδελφιών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης αφού πρώτα ελέγχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων, μέσω των δοκιμασιών Shapiro-Wilk (p -value = 0,1692) και Levene (p -value = 0,3233).



Διάγραμμα 3.10 Ο αριθμός γόνιμων αδελφιών και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.12 παρατίθεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του αριθμού των γόνιμων αδελφιών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στον αριθμό των γόνιμων αδελφιών.

Πίνακας 3.12 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	80,0442	16,0088	9,69	0,0000
Σφάλμα	60	99,1406	1,65234		
Σύνολο	65	179,185			

Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.13), παρατηρούμε ότι η εμπορική ποικιλία διαφέρει στατιστικά από όλους τους πληθυσμούς, διατηρώντας τον μικρότερο κατά μέσο όρο αριθμό γόνιμων αδελφιών. Οι πληθυσμοί ARKAD009, ARKAD061, LIMNOS369 και ARKAD065 σχηματίζουν μια ενιαία ομάδα και δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Ο πληθυσμός AMORG014, από την άλλη, διαφέρει στατιστικά σημαντικά στον μέσο αριθμό γόνιμων αδελφιών από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς, συμπεριλαμβανομένης της εμπορικής ποικιλίας, διατηρώντας τον μεγαλύτερο κατά μέσο όρο αριθμό γόνιμων αδελφιών.

Πίνακας 3.13 Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
Εμπορική ποικιλία	10	4,6	a
ARKAD009	9	6,44444	b
ARKAD061	13	6,60769	b
LIMNOS369	12	6,975	b
ARKAD065	10	7,2	b
AMORG014	12	8,33333	c

3.3.7. Πυκνότητα Σπόρων

Στο Διάγραμμα 3.11 παρουσιάζεται η πυκνότητα των σπόρων καθώς και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε τύπο επέμβασης. Για την εκτίμηση της επίδρασης των επεμβάσεων στη μεταβλητή του συνολικού αριθμού αδελφιών, εφαρμόστηκε η μη παραμετρική δοκιμασία Kruskal-Wallis, καθώς δεν πληρούνταν η προϋπόθεση της κανονικότητας.



Διάγραμμα 3.11 Η πυκνότητα των στάχων και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

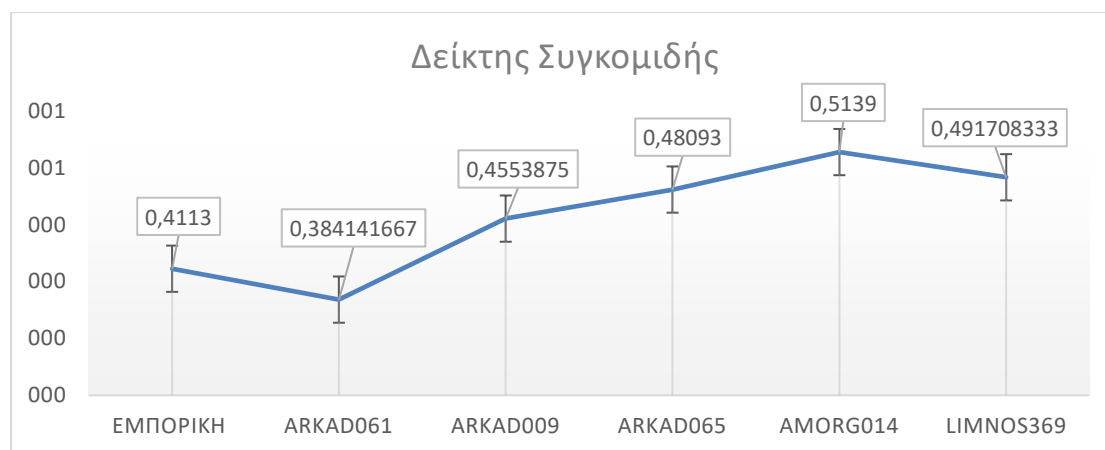
Λόγω της απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης από τη μη παραμετρική δοκιμασία Kruskal-Wallis ($p\text{-value} = 0,000073$), πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές συγκρίσεις με τη μέθοδο Bonferroni (Πίνακας 3.14). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εμπορική ποικιλία διαφέρει στατιστικά από όλους τους πληθυσμούς, διατηρώντας τη μεγαλύτερη κατά μέσο όρο πυκνότητα σπόρου. Οι πληθυσμοί ARKAD009, ARKAD061, LIMNOS369 και ARKAD065 σχηματίζουν μια ενιαία ομάδα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Πίνακας 3.14 Συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο Bonferroni

Συγκρίσεις μέσων	Σημαντικότητα
AMORG014 - ARKAD009	ns
AMORG014 - ARKAD061	ns
AMORG014 - ARKAD065	ns
AMORG014 - Εμπορική	*
AMORG014 - LIMNOS369	ns
ARKAD009 - ARKAD061	ns
ARKAD009 - ARKAD065	ns
ARKAD009 - Εμπορική	*
ARKAD009 - LIMNOS369	ns
ARKAD061 - ARKAD065	ns
ARKAD061 - Εμπορική	*
ARKAD061 - LIMNOS369	ns
ARKAD065 - Εμπορική	*
ARKAD065 - LIMNOS369	ns
Εμπορική - LIMNOS369	*

3.3.8. Δείκτης συγκομιδής

Στο Διάγραμμα 3.12 παρουσιάζεται ο δείκτης συγκομιδής καθώς και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις για κάθε τύπο επέμβασης. Για να εκτιμηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στη μεταβλητή, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης αφού πρώτα ελέγχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων, μέσω των δοκιμασιών Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0,1397$) και Levene ($p\text{-value} = 0,1554$).



Διάγραμμα 3.12 Ο δείκτης συγκομιδής και οι τυπικές αποκλίσεις ανά επέμβαση.

Στον Πίνακα 3.15 παρατίθεται η ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή του αριθμού των γόνιμων αδελφιών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα πειραματικά δεδομένα παρέχουν στατιστικά σημαντικές ενδείξεις, οι οποίες οδηγούν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, σχετικά με την επίδραση των επεμβάσεων στον δείκτη συγκομιδής.

Πίνακας 3.15 Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης

Πηγή Παρ/τας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	Μέσο τετράγωνο	F value	P value
Επέμβαση	5	0,247713	0,0495427	4,66	0,0012
Σφάλμα	60	0,616662	0,0106321		
Σύνολο	65	0,864375			

Μέσω των πολλαπλών συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Πίνακα 3.13), παρατηρούμε ότι οι πληθυσμοί ARKAD061 και η εμπορική ποικιλία σχηματίζουν μια ομάδα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Παρομοίως, οι πληθυσμοί ARKAD065, LIMNOS369, ARKAD009 και AMORG014 δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Ωστόσο, οι πληθυσμοί LIMNOS369, ARKAD009 και AMORG014 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από

την εμπορική ποικιλία και τον πληθυσμό ARKAD061, διατηρώντας τον μεγαλύτερο κατά μέσο όρο δείκτη συγκομιδής σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.

Πίνακας 3.16 Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων με τη μέθοδο ΕΣΔ

Επεμβάσεις	N	Μέσος	
ARKAD061	11	0,35	a
Commercial	10	0,41	ab
ARKAD065	10	0,49	ab
LIMNOS369	12	0,5	c
ARKAD009	9	0,511	c
AMORG014	12	0,525	c

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν διάφορα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τοπικών και εμπορικών ποικιλιών κριθαριού, με στόχο την αξιολόγηση της απόδοσής τους και της δυνατότητας χρήσης τους σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι οι τοπικές ποικιλίες υπερέχουν σε αρκετά χαρακτηριστικά συγκριτικά με τις εμπορικές καλλιεργούμενες ποικιλίες.

Οι περιγραφητές είναι σημαντικοί για τη γενετική βελτίωση των ποικιλιών του κριθαριού, καθώς επιτρέπουν την αξιολόγηση και σύγκριση ποικιλιών με βάση μορφολογικά, φυσιολογικά και γενετικά χαρακτηριστικά. Μέσω της αξιολόγησης αυτών των χαρακτηριστικών, οι βελτιωτές μπορούν να επιλέξουν και να βελτιώσουν ποικιλίες με στόχο την αύξηση της απόδοσης και την ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Hagenblad et al. 2019, Carponi et al. 2023). Στην παρούσα μελέτη οι τοπικές ποικιλίες εμφάνισαν μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν μέσω περιγραφητών. Η συσχέτιση αυτών των χαρακτηριστικών με την εμφάνιση άλλων χαρακτήρων αγροκομικού ενδιαφέροντος θα είχε πολύ μεγάλη αξία για τη βελτίωση του κριθαριού.

Σχετικά με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, το ύψος του φυτού αποτελεί ένα πολυγονιδιακό, κληρονομικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του κριθαριού, όπως αναφέρουν οι Asfaw and Bothmer (1990). Οι ποικιλίες με μικρότερο ύψος παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή στο πλάγιασμα, ένα φαινόμενο που μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση στην τελική απόδοση. Από τα αποτελέσματα του πειράματος προκύπτει ότι οι ποικιλίες με ύψος 75-95 cm εμφανίζουν αυξημένη ανθεκτικότητα στο πλάγιασμα και σταθερά υψηλές αποδόσεις. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρονται και από τον Martintello et al. (1987), ο οποίος επισήμανε ότι οι ποικιλίες με ανάλογο ύψος επιδεικνύουν ανθεκτικότητα στο πλάγιασμα και καλή απόδοση.

Σχετικά με το βάρος του φυτού, παρατηρήθηκε ότι οι τοπικές ποικιλίες είχαν το μεγαλύτερο βάρος και δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ η εμπορική ποικιλία εμφάνισε το μικρότερο βάρος φυτού. Αυτή η διαφορά τονίζει την ανθεκτικότητα και την προσαρμοστικότητα των τοπικών ποικιλιών. Αντίστοιχα, όσον αφορά το βάρος και το μήκος του στάχυ, οι τοπικές ποικιλίες δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους, ενώ η εμπορική ποικιλία παρουσίασε χαμηλότερες τιμές. Το μήκος του στάχυ συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ και το ύψος φυτού, όπως αναφέρουν οι Kahlowh et al. 2009. Επίσης, το βάρος του στάχυ επηρεάζεται από την πυκνότητα των σταχυδίων, κάτι που επιβεβαιώνεται από τη βιβλιογραφία (Gupta et al 2009). Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι τοπικές ποικιλίες έχουν μεγαλύτερη ικανότητα απόδοσης λόγω της αυξημένης πυκνότητας των σταχυδίων.

Ο αριθμός των αδελφιών και των γόνιμων αδελφιών ήταν μεγαλύτερος στις τοπικές ποικιλίες σε σχέση με την εμπορική, γεγονός που συνδέεται θετικά με την απόδοση, όπως επιβεβαιώνεται από τους Yip και Harvey (1971). Στην περιοχή της Μεσογείου, ο αριθμός των στάχων ανά φυτό αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την παραγωγή σπόρων, όπως αναφέρεται από τους Garcia del Moral et al. (1991).

Ο δείκτης συγκομιδής (Harvest Index), ο οποίος θεωρείται ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την αξιολόγηση της απόδοσης του κριθαριού, ήταν υψηλότερος στις τοπικές ποικιλίες LIMNOS369, ARKAD009 και AMORG014 σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία. Ο δείκτης συγκομιδής, σύμφωνα με τους Al-Sayaydeh et al. 2019, συνδέεται στενά με το βάρος του φυτού, το μήκος και το βάρος του στάχυ, και τα αποτελέσματα του πειράματός μας επιβεβαιώνουν ότι οι τοπικές ποικιλίες υπερέχουν σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Η σημασία του δείκτη συγκομιδής για την απόδοση του κριθαριού είχε επίσης τονιστεί από τους Weltzien and Fischbeck, 1990, επιβεβαιώνοντας την αξία των συγκεκριμένων τοπικών ποικιλιών.

Οι τοπικές ποικιλίες κριθαριού επιβιώνουν για περισσότερο από μια χιλιετία εξελικτικής ιστορίας και είναι καλά προσαρμοσμένες σε δυσμενείς αγρο-κλιματικές συνθήκες. Η φυσική και η τεχνητή επιλογή σε συνδυασμό με αυθόρμητες/τυχαίες μεταλλάξεις που εμφανίστηκαν σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν συμβάλει στην εξέλιξη των γνωρισμάτων προσαρμογής σε βιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις στις τοπικές ποικιλίες κριθαριού. Συγκεκριμένα, μια μελέτη των Abay και Bjørnstad (2009) που διεξάχθηκε στην Αιθιοπία, τονίζει τη σημασία χρήσης των τοπικών ποικιλιών κριθαριού σε προγράμματα βελτίωσης της αντοχής είτε στην περίσσεια είτε στην έλλειψη νερού καλλιεργώντας τις στα συγκεκριμένα περιβάλλοντα-στόχους.

Επίσης η πρόοδος που έχει σημειωθεί στον τομέα της γονιδιωματικής επιτρέπει την στόχευση συγκεκριμένων γονιδίων από τις παραδοσιακές ποικιλίες ώστε να δωθούν πιο συγκεκριμένες, εντοπισμένες απαντήσεις στην κλιματική μεταβλητότητα μέσω της ανθεκτικότητας, διατηρώντας και ενισχύοντας την παραγωγικότητα και την ποιότητα, και διευκολύνοντας την καλύτερη ανάπτυξη υφιστάμενων ποικιλιών σε ένα τροποποιημένο κλιματικό περιβάλλον (Dawson et al. 2015). Τα χαρακτηριστικά των τοπικών ποικιλιών, όπως η αντοχή σε καταπονήσεις, και η προσαρμοστικότητά τους σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, τις καθιστούν κατάλληλες για χρήση σε υποβαθμισμένες περιοχές.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύουν ότι οι τοπικές ποικιλίες διαθέτουν χαρακτηριστικά που τις καθιστούν ανώτερες σε σχέση με τις εμπορικές καλλιεργούμενες ποικιλίες. Οι ποικιλίες LIMNOS369, ARKAD009 και AMORG014 ξεχωρίζουν για τις αποδόσεις τους και μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμο γενετικό υλικό σε μελλοντικά προγράμματα βελτίωσης.

Η παρούσα μελέτη δεν περιορίζεται στη σύγκριση των τοπικών με τις εμπορικές ποικιλίες, αλλά αναδεικνύει την πλούσια γενετική παραλλακτικότητα των τοπικών ποικιλιών, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για τη βελτίωση της παραγωγής κριθαριού στο μέλλον. Τα αποτελέσματα προσφέρουν σημαντικά δεδομένα για τη συνέχιση της έρευνας και την ανάπτυξη νέων βελτιωμένων ποικιλιών που θα είναι ανθεκτικές στις προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή και οι μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες.

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η σημερινή αγροτική παραγωγή αντιμετωπίζει δύσκολες προκλήσεις. Η συνεχή αύξηση του παγκόσμιου, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή με τα ακραία περιβάλλοντα που δημιουργεί εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα, οι πόλεμοι και η μόλυνση του περιβάλλοντος έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση της απόδοσης ή στην πλήρη αδυναμία παραγωγής ορισμένων γεωργικών προϊόντων με μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο όπως το κριθάρι.

Άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η έντονη εμφάνιση του φαινομένου της γενετικής στενωπού λόγω της απομάκρυνσης από τις τοπικές ποικιλίες και σττροφή σε εμπορικές ποικιλίες (μονοκαλλιέργειες) .

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) είναι μια από τις πιο σημαντικές γεωργικές καλλιέργειες που ικανοποιούν τις διάφορες ανάγκες της ανθρωπότητας. Η γενετική ποικιλότητα του κριθαριού είναι πολύ μεγάλη (Hill et al., 2021).

Γι' αυτό είναι κρίσιμο οι ερευνητές και οι βελτιωτές να χρησιμοποιήσουν όλες τις μεθόδους της συμβατικής και της μοριακής βελτίωσης ώστε οι τοπικές ποικιλίες και τα άγρια είδη να αποτελέσουν τον κύριο "κόμβο" που θα επιτρέψει την αρμονική σχέση μεταξύ του ανθρώπου και της φύσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Serinay et al. (2013). Response of Three Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) to Various Nitrogen Rates In The Mesoria Plain. International Agriculture Congress, 26-29 September 2013, *Antalya*.

Degirmenci, R., Varoglu, H., & Tahtacioglu, L. (2017). Determination of some barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties suitable for Cyprus ecological conditions. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 63(1), 105.

Gómez-Álvarez, E. M., Tondelli, A., Nghi, K. N., Voloboeva, V., Giordano, G., Valè, G., ... & Pucciariello, C. (2023). The inability of barley to germinate after submergence depends on hypoxia-induced secondary dormancy. *Journal of Experimental Botany*, 74(14), 4277-4289.

Dbira, S., Al Hassan, M., Gramazio, P., Ferchichi, A., Vicente, O., Prohens, J., & Boscaiu, M. (2018). Variable levels of tolerance to water stress (drought) and associated biochemical markers in Tunisian barley landraces. *Molecules*, 23(3), 613.

Jaradat, A. A., Shahid, M., & Al-Maskri, A. (2004). Genetic diversity in the Batini barley landrace from Oman: II. Response to salinity stress. *Crop Science*, 44(3), 997-1007.

Chikha, M. B., Hessini, K., Ourteni, R. N., Ghorbel, A., & Zoghalmi, N. (2016). Identification of barley landrace genotypes with contrasting salinity tolerance at vegetative growth stage. *Plant Biotechnology*, 33(4), 287-295.

Sheedy, J. G., & Thompson, J. P. (2009). Resistance to the root-lesion nematode *Pratylenchus thornei* of Iranian landrace wheat. *Australasian Plant Pathology*, 38, 478-489.

Horsley, R. D., Franckowiak, J. D., & Schwarz, P. B. (2009). Barley. *Cereals*, 227-250.

Kumar, A., Verma, R. P. S., Singh, A., Sharma, H. K., & Devi, G. (2020). Barley landraces: Ecological heritage for edaphic stress adaptations and sustainable production. *Environmental and Sustainability Indicators*, 6, 100035.

Yirgu, M., Kebede, M., Feyissa, T., Lakew, B., & Woldeyohannes, A. B. (2022). Morphological variations of qualitative traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions in Ethiopia. *Heliyon*, 8(10).

Ana M. Poets, Zhou Fang, Michael T. Clegg and Peter L. Morrell. (2015). Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origins. Poets et al. *Genome Biology* 16:173. DOI 10.1186/s13059-015-0712-3

Mireles-Arriaga, A. I., Saldaña-Robles, A., Hernández-Ruiz, J., Díaz-Cervantes, E., Zárate-Castrejón, J. L., & Ruiz-Nieto, J. E. (2021). Response of Barley Seedlings to the Toxicity by Arsenic V. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(6).

Capasso, G., Santini, G., Petraretti, M., Esposito, S., Landi, S. (2011). Wild and Traditional Barley Genomic Resources as a Tool for Abiotic Stress Tolerance and Biotic Relations. *Agriculture* 11, 1102. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111102>

Kaur V, Aravind J, Manju, Jacob SR, Kumari J, Panwar BS, Pal N, Rana JC, Pandey A and Kumar A (2022) Phenotypic Characterization, Genetic Diversity Assessment in 6,778 Accessions of Barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) Germplasm Conserved

in National Genebank of India and Development of a Core Set. *Front. Plant Sci.* 13:771920. doi:10.3389/fpls.2022.771920

Rohde RA (1965) The nature of resistance in plants to nematodes. *Phytopathology* 55:1159-1162.

Yadav, R. K., Gautam, S., Palikhey, E., Joshi, B. K., Ghimire, K. H., Gurung, R., ... & Dhakal, R. (2018). Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. *Agriculture & Food Security*, 7, 1-12.

Tondelli A. (2014). QTLs for barley yield adaptation to Mediterranean environments in the 'Nure' × 'Tremois' biparental population. *Euphytica* 197:73–86 DOI 10.1007/s10681-013-1053-5

Nouri, M., El Rasafi, T., & Haddioui, A. (2019). Responses of Two Barley Subspecies to Induced Heavy Metal Stress: Seeds Germination, Seedlings Growth and Cytotoxicity Assay. *Agriculture* 65(3), 107-118.

Rani S, A Chaudhary and K Rani. 2018. Management strategies for abiotic stresses in barley. *Wheat and Barley Research* 10(3): 151-165. doi.org/10.25174/2249-4065/2018-85229

Al Lawati, A. H., Nadaf, S. K., AlSaady, N. A., Al Hinai, S. A., Almamari, A. R., & Al Maawali, A. A. (2021). Genetic diversity of Omani barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm. *Open Agriculture*, 6(1), 628-639.

Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., & Rana, R. L. (2018). Economic analysis of the barley market and related uses. *Grasses as food and feed*, 10, 25-46.

Gamayunova, V., & Panfilova, A. (2020). The productivity of spring barley varieties depending on the optimization of nutrition in the southern steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 9(1).

Tarja, L. A. A. N. I. N. E. N. (2022). Russia's war on Ukraine: EU food policy implications.

Ghomi, K., Rabiei, B., Sabouri, H., & Gholamalipour Alamdari, E. (2021). Association analysis, genetic diversity and population structure of barley (*Hordeum vulgare* L.) under heat stress conditions using SSR and ISSR markers linked to primary and secondary metabolites. *Molecular Biology Reports*, 48, 6673-6694.

Gavrilescu, C. (2022). Ukraine—A View of Agricultural Production and International Trade. *Agricultural Economics and Rural Development*, 19(1), 31-40.

Suprunova, T., Krugman, T., Fahima, T., Chen, G., Shams, I., Korol, A., & Nevo, E. (2004). Differential expression of dehydrin genes in wild barley, *Hordeum spontaneum*, associated with resistance to water deficit. *Plant, cell & environment*, 27(10), 1297-1308.

Fleury, D., Jefferies, S., Kuchel, H., & Langridge, P. (2010). Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of experimental botany*, 61(12), 3211-3222.

Ovesna J, Chrpova J, Kolarikova L, Svoboda P, Hanzalova A, Palicova J, Holubec V. Exploring Wild *Hordeum spontaneum* and *Hordeum marinum* Accessions as Genetic

Resources for Fungal Resistance. *Plants*. 2023; 12(18):3258. <https://doi.org/10.3390/plants12183258>

Badr, A., K. M, R. Sch, H. El Rabey, S. Effgen, H. H. Ibrahim, C. Pozzi, W. Rohde, F. Salamini, On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*), *Molecular Biology and Evolution*, Volume 17, Issue 4, April 2000, Pages 499–510, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330>

Von Bothmer, R., & Komatsuda, T. (2011). Barley origin and related species. *Barley: production, improvement and uses*, 14-62.

Blattner, F.R. (2018). Taxonomy of the Genus *Hordeum* and Barley (*Hordeum vulgare*). In: Stein, N., Muehlbauer, G. (eds) *The Barley Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92528-8_2

Hamada, A. A., Kalaf, R. M., & Khalifa, M. A. (2008). Evaluation and characterization of barley germplasm in national gene bank genetic resources in Egypt. *Journal of Plant Production*, 33(3), 1703-1719.

Kovačević, I., Hajder, Đ., Kondić, D., Mandić, D., & Knežević, D. (2018). Morphological Characteristics of Two-rowed Barley (*Hordeum sativum* ssp. *distichum* L.) Landraces Originating from Herzegovina. *Agro-knowledge Journal*, 19(4), 287-298.

Lakew, B., Haile, M., & Tadesse, T. 2022. *Variety Maintenance and Breeder Seed Production in Self-Pollinated Small Cereals (Technical Guideline)*.

Ros, J., Evin, A., Bouby, L., & Ruas, M. P. (2014). Geometric morphometric analysis of grain shape and the identification of two-rowed barley (*Hordeum vulgare* subsp. *distichum* L.) in southern France. *Journal of Archaeological Science*, 41, 568-575.

Shewayrga, H., Sopade, P.A. Ethnobotany, diverse food uses, claimed health benefits and implications on conservation of barley landraces in North Eastern Ethiopia highlands. *J Ethnobiology Ethnomedicine* 7, 19 (2011). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-7-19>

Mohammed, J., Seleshe, S., Nega, F., & Lee, M. (2016). Revisit to Ethiopian traditional barley-based food. *Journal of Ethnic Foods*, 3(2), 135-141.

Dang, Y. P., Christopher, J. T., & Dalal, R. C. (2016). Genetic diversity in barley and wheat for tolerance to soil constraints. *Agronomy*, 6(4), 55.

Hadado, T., Rau, D., Bitocchi, E. et al. Adaptation and diversity along an altitudinal gradient in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces revealed by molecular analysis. *BMC Plant Biol* 10, 121 (2010). <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-121>

Aliu F, Kučera J, Hašková S. Agricultural Commodities in the Context of the Russia-Ukraine War: Evidence from Corn, Wheat, Barley, and Sunflower Oil. *Forecasting*. 2023; 5(1):351-373. <https://doi.org/10.3390/forecast5010019> βιβλιογραφία.

Langridge, P. (2018). Economic and Academic Importance of Barley. In: Stein, N., Muehlbauer, G. (eds) *The Barley Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92528-8_1

Çelik O.A, Karakaya A. Genetic Diversity of Barley Foliar Fungal Pathogens. *Agronomy*. 2021; 11(3):434. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030434>

Ali MA, Shahzadi M, Zahoor A, Dababat AA, Toktay H, Bakhsh A, Nawaz MA, Li H. Resistance to Cereal Cyst Nematodes in Wheat and Barley: An Emphasis on Classical and Modern Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20(2):432. <https://doi.org/10.3390/ijms20020432>

Al Antary, T. M., & Thalji, A. (2015). Effect of stored product insects on viability of farmer's barley seeds stored for planting in Jordan. *Advances in Environmental Biology*, 9(23), 338-344.

Gangwar, O. P., Bhardwaj, S. C., Singh, G. P., Prasad, P., & Kumar, S. (2018). Barley disease and their management: An Indian perspective. *Wheat and Barley Research*, 10(3), 138-150.

Elakhdar, A., Solanki, S., Kubo, T., Abed, A., Elakhdar, I., Khedr, R., ... & Qualset, C. O. (2022). Barley with improved drought tolerance: Challenges and perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, 201, 104965.

Nevo, E. and Chen, G. (2010), Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant, Cell & Environment*, 33: 670-685. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02107.x>

Jacott, C. N., & Boden, S. A. (2020). Feeling the heat: developmental and molecular responses of wheat and barley to high ambient temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 71(19), 5740-5751.

Mei, Yq., Song, Sq. Response to temperature stress of reactive oxygen species scavenging enzymes in the cross-tolerance of barley seed germination. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 11, 965–972 (2010). <https://doi.org/10.1631/jzus.B1000147>

Piasecka, A., Sawikowska, A., Kuczyńska, A., Ogrodowicz, P., Mikołajczak, K., Krystkowiak, K., Gudyś, K., Guzy-Wróbelska, J., Krajewski, P. and Kachlicki, P. (2017), Drought-related secondary metabolites of barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves and their metabolomic quantitative trait loci. *Plant J*, 89: 898-913. <https://doi.org/10.1111/tpj.13430>

Zvobgo, G., Lwalaba, J. L. W., Sehar, S., Mapodzeke, J. M., Shamsi, I. H., & Zhang, G. (2018). The tolerance index and translocation factor were used to identify the barley genotypes with high arsenic stress tolerance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(1), 50-62.

Kintlová M, Vrána J, Hobza R, Blavet N, Hudzieczek V. Transcriptome Response to Cadmium Exposure in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Front Plant Sci*. 2021 Jul 15;12:629089. doi: 10.3389/fpls.2021.629089. PMID: 34335638; PMCID: PMC8321094.

Cross, R.J., Fautrier, A.G. & McNeil, D.L. IBPGR morphological descriptors — their relevance in determining patterns within a diverse spring barley germplasm collection. *Theoret. Appl. Genetics* 85, 489–495 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00222331>

Williams JT (1988) Recent changes in emphasis in international genetic resources. In: Suzuki S (ed) *Crop genetic resources of East Asia*. Proc Int Workshop Crop Genet Resources East Asia. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, pp 1-6

Visioni A, Basile B, Amri A, Sanchez-Garcia M, Corrado G. Advancing the Conservation and Utilization of Barley Genetic Resources: Insights into Germplasm Management and Breeding for Sustainable Agriculture. *Plants*. 2023; 12(18):3186. <https://doi.org/10.3390/plants12183186>

Nielsen, J. P. (2003). Evaluation of malting barley quality using exploratory data analysis. II. The use of kernel hardness and image analysis as screening methods. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 247-255.

Haubruge, E., Chasseur, C., Suetens, C., Mathieu, F., Begaux, F., & Malaisse, F. (2003). Mycotoxins in stored barley (*Hordeum vulgare*) in Tibet autonomous region (People's Republic of China). *Mountain Research and Development*, 23(3), 284-287.

Lakew, B., Henry, R. J., Eglinton, J., Baum, M., Ceccarelli, S., & Grando, S. (2013). SSR analysis of introgression of drought tolerance from the genome of *Hordeum spontaneum* into cultivated barley (*Hordeum vulgare* ssp *vulgare*). *Euphytica*, 191, 231-243.

Hagenblad, J., Leino, M.W., Hernández Afonso, G. et al. Morphologic , and genetic characterization of barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in the Canary Islands. *Genet Resour Crop Evol* 66, 465–480 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0726-2>

Baik, B. K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233-242.

Manjunatha, T., Bisht, I. S., & Bhat, K. V. (2011). Genetic structure of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*) landrace populations from North-western Indian Himalayas.

Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., & Rana, R. L. (2018). Economic analysis of the barley market and related uses. *Grasses as food and feed*, 10, 25-46.

Witcombe, J. R., & Gilani, M. M. (1979). Variation in cereals from the Himalayas and the optimum strategy for sampling plant germplasm. *Journal of Applied Ecology*, 633-640.

Fereres, A., Lister, R. M., Araya, J. E., & Foster, J. E. (1989). Development and reproduction of the English grain aphid (Homoptera: Aphididae) on wheat cultivars infected with barley yellow dwarf virus. *Environmental Entomology*, 18(3), 388-393.

Salekdeh, G. H., Reynolds, M., Bennett, J., & Boyer, J. (2009). Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. *Trends in plant science*, 14(9), 488-496.

Ahmed, I. M., Dai, H., Zheng, W., Cao, F., Zhang, G., Sun, D., & Wu, F. (2013). Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiology and Biochemistry*, 63, 49-60.

Harb, A., Simpson, C., Guo, W., Govindan, G., Kakani, V.G., & Sunkar, R. (2020). The effect of drought on transcriptome and hormonal profiles in barley genotypes with contrasting drought tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 11, 618491.

Javadi, S. M., Shobbar, Z. S., Ebrahimi, A., & Shahbazi, M. (2021). New insights on key genes involved in drought stress response of barley: gene networks reconstruction, hub, and promoter analysis. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 2.

Suprunova, T., Krugman, T., Distelfeld, A., Fahima, T., Nevo, E., & Korol, A. (2007). Identification of a novel gene (*Hsd4*) involved in water-stress tolerance in wild barley. *Plant Molecular Biology*, 64, 17-34.

Choi, D. W., & Close, T. J. (2000). A newly identified barley gene, *Dhn12*, encoding a YSK2 DHN, is located on chromosome 6H and has embryo-specific expression. *Theoretical and Applied Genetics*, 100, 1274-1278.

Siddiqui, M. N., Léon, J., Naz, A. A., & Ballvora, A. (2021). Genetics and genomics of root system variation in adaptation to drought stress in cereal crops. *Journal of Experimental Botany*, 72(4), 1007-1019.

Nieves-Cordones, M., García-Sánchez, F., Pérez-Pérez, J. G., Colmenero-Flores, J. M., Rubio, F., & Rosales, M. A. (2019). Coping with water shortage: an update on the role of K⁺, Cl⁻, and water membrane transport mechanisms on drought resistance. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1619.

Awasthi, R., Bhandari, K., & Nayyar, H. (2015). Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Frontiers in Environmental Science*, 3, 11.

Mousavi, F. (2014). QTL Analysis of Morphological and Physiological Traits of Barley under Arsenic Stress in Hydroponic Culture (Doctoral dissertation, University of Zabol).

Zvobgo, G., Lwalaba, J. L. W., Sagonda, T., Mapodzeke, J. M., Muhammad, N., Shamsi, I. H., & Zhang, G. P. (2019). Alleviation of arsenic toxicity by phosphate is associated with its regulation of detoxification, defense, and transport gene expression in barley. *Journal of integrative agriculture*, 18(2), 381-394.

Seneviratne, M., Rajakaruna, N., Rizwan, M., Madawala, H. M. S. P., Ok, Y. S., & Vithanage, M. (2019). Heavy metal-induced oxidative stress on seed germination and seedling development: a critical review. *Environmental geochemistry and health*, 41, 1813-1831.

Roy, M., Giri, A. K., Dutta, S., & Mukherjee, P. (2015). Integrated phytobial remediation for sustainable management of arsenic in soil and water. *Environment international*, 75, 180-198.

Demissie, A., & Bjørnstad, Å. (1996). Phenotypic diversity of Ethiopian barleys in relation to geographical regions, altitudinal range, and agro-ecological zones: as an aid to germplasm collection and conservation strategy. *Hereditas*, 124(1), 17-29.

Alemayehu, F., & Parlevliet, J. E. (1997). Variation between and within Ethiopian barley landraces. *Euphytica*, 94, 183-189.

Brown, A. H. D., & Munday, J. (1982). Population-genetic structure and optimal sampling of land races of barley from Iran. *Genetica*, 58(2), 85-96.

Jaradat, A. A. (1986). Diversity for quantitative characters in Jordanian landraces of barley [investigation of the morphological variation structure in 10 quantitative

characters; amount of genetic variability in agronomically useful characters: relationship; recommendation for optimum sampling strategies].

Ceccarelli, S., Grando, S., & Van Leur, J. A. G. (1987). Genetic diversity in barley landraces from Syria and Jordan. *Euphytica*, 36, 389-405.

Brush SB (1995). In situ conservation of landraces in centre of crop diversity. *Crop Science*, 35: 346-354.

Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123-131.

Passioura, J. B. (1994). The yield of crops in relation to drought. *Physiology and determination of crop yield*, 343-359.

Ramonet, M., Ciais, P., Apadula, F., Bartyzel, J., Bastos, A., Bergamaschi, P., ... & Yver Kwok, C. (2020). The fingerprint of the summer 2018 drought in Europe on ground-based atmospheric CO₂ measurements. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1810), 20190513.

Yahiaoui, S., Cuesta-Marcos, A., Gracia, M. P., Medina, B., Lasa, J. M., Casas, A. M., ... & Igartua, E. (2014). Spanish barley landraces outperform modern cultivars at low-productivity sites. *Plant breeding*, 133(2), 218-226.

Dwivedi, S. L., Ceccarelli, S., Blair, M. W., Upadhyaya, H. D., Are, A. K., & Ortiz, R. (2016). Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends in plant science*, 21(1), 31-42.

George, T. S., French, A. S., Brown, L. K., Karley, A. J., White, P. J., Ramsay, L., & Daniell, T. J. (2014). Genotypic variation in the ability of landraces and commercial cereal varieties to avoid manganese deficiency in soils with limited manganese availability: is there a role for root-exuded phytases?. *Physiologia plantarum*, 151(3), 243-256.

Martin, P., Russell, J., Wishart, J., Brown, L. K., Wallace, M., Iannetta, P. P., & George, T. S. (2023). Back to the future: Using ancient Bere barley landraces for a sustainable future. *Plants, People, Planet*.

Savin, R., & Nicolas, M. E. (1996). Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Functional Plant Biology*, 23(2), 201-210.

Nevo, E., Ordentlich, A., Beiles, A., & Raskin, I. (1992). Genetic divergence of wheat production within and between the wild progenitors of wheat and barley: evolutionary and agronomical implications. *Theoretical and Applied Genetics*, 84, 958-962.

Gonthier, D. J., Ennis, K. K., Farinas, S., Hsieh, H. Y., Iverson, A. L., Batáry, P., ... & Perfecto, I. (2014). Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1791), 20141358.

Al-Maskri, A. Y., Shahid, M., & Jaradat, A. A. (2006). Multivariate phenotypic structures in the Batini barley landrace from Oman.

Tondelli, A., Francia, E., Visioni, A. et al. QTLs for barley yield adaptation to Mediterranean environments in the 'Nure' × 'Tremois' biparental population. *Euphytica* 197, 73–86 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10681-013-1053-5>

Pixley, K. V., Cairns, J. E., Lopez-Ridaura, S., Ojiewo, C. O., Dawud, M. A., Drabo, I., ... & Zepeda-Villarreal, E. A. (2023). Redesigning crop varieties to win the race between climate change and food security. *Molecular Plant*. 1590-1611.

Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1960). *Principles and procedures of statistics*. xvi+481.

Asfaw, Z., & Bothmer, R. V. (1990). Hybridization between landrace varieties of Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) and the progenitor of barley (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*). *Hereditas*, 112(1), 57-64.

Yap, T. C., & Harvey, B. L. (1971). Heterosis and combining ability of barley hybrids in densely and widely seeded conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, 51(2), 115-122.

Kahlowan, M. A., Akram, M., Soomro, Z. A., & Kemper, W. D. (2009). Prospectus of growing barley and mustard with saline groundwater irrigation in fine-and coarse-textured soils of Cholistan desert. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 58(4), 469-481.

Martintello, P., Delocu, G., Boggini, G., Odoardi, M., & Stanca, A. M. (1987). Breeding progress in grain yield and selected agronomic characters of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) over the last quarter of a century. *Plant Breeding*, 99(4), 289-294.

Gupta, S. R., Upadhyay, M. P., & Shah, U. S. (2009). Agro-morphological variability study of barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in Jumla, Nepal. *Nepal Agriculture Research Journal*, 9, 1-11.

Garcia del Moral, L. F., Ramos, J. M., Garcia del Moral, M. B., & Jiménez-Tejada, M. P. (1991). Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Science*, 31(5), 1179-1185.

Al-Sayaydeh, R., Al-Bawalize, A., Al-Ajlouni, Z., Akash, M. W., Abu-Elenein, J., & Al-Abdallat, A. M. (2019). Agronomic evaluation and yield performance of selected barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces from Jordan. *international Journal of Agronomy*, 2019(1), 9575081.

Weltzien, E., & Fischbeck, G. (1990). Performance and variability of local barley landraces in near-eastern environments. *Plant Breeding*, 104(1), 58-67.



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΑΘΗΝΑ
2025**