



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

“Συγκριτική αξιολόγηση παραγωγικών χαρακτηριστικών 150
συλλογών κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.)”

ΤΣΑΜΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ



Επιβλέπουσα: Ουρανία Παυλή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2023

**“Συγκριτική αξιολόγηση παραγωγικών χαρακτηριστικών 150
συλλογών κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.)”**

ΤΣΑΜΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ουρανία Παυλή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος, ΠΘ

Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος, ΠΘ

Ιωάννης Μυλωνάς, Ερευνητής, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών
Πόρων, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακή Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Η καλλιέργεια και η σημασία του κριθαριού	1
1.2 Η καλλιέργεια κριθαριού στην Ελλάδα	3
1.3 Ταξινόμηση	4
1.4 Βοτανική περιγραφή	7
1.5 Στάδια ανάπτυξης	10
1.6 Διατροφική αξία και υγεία	12
1.7 Χρήσεις	14
1.8 Βελτίωση του κριθαριού	16
1.8.1 Βελτιωτικοί στόχοι	17
1.8.2 Μέθοδοι βελτίωσης του κριθαριού	20
1.8.2.1 Κλασικές μέθοδοι βελτίωσης	20
1.8.2.2 Μοριακές μέθοδοι βελτίωσης	23
1.8.3 Πηγές γενετικού υλικού	24
1.9 Σκοπός	28
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	29
2.1 Φυτικό υλικό	29
2.2 Σχεδιασμός και εγκατάσταση του πειράματος	30
2.3 Χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν	32
2.4 Στατιστική ανάλυση	35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	36
3.1 Απόδοση	36
3.2 Ύψος φυτού	37
3.3 Βάρος στάχυ	38
3.4 Μήκος στάχυ	39
3.5 Μήκος στάχυ με άγανα	40
3.6 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ	41
3.7 Συσχέτιση	46
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	48
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του ΠΘ, κα. Ουρανία Παυλή, επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας για την προθυμία, τις εύστοχες υποδείξεις, τις ποικίλες διευκολύνσεις και την στήριξη της.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Ερευνητή του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, κ. Ιωάννη Μυλωνά, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω το πείραμα της πτυχιακής μου διατριβής στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου. Η καθοδήγησή του ήταν πολύτιμη καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματός μου.

Ακόμη, οφείλω ένα μεγάλο «ευχαριστώ» στην αδελφή μου Κατερίνα και στους γονείς μου, Μίνα και Δημήτρη, οι οποίοι βρίσκονται στο πλευρό μου σε κάθε βήμα της προσπάθειάς μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την στήριξή τους όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κριθάρι αποτελεί ένα φυτικό είδος που υπερτερεί έναντι των υπολοίπων σιτηρών στα Μεσογειακά-ξηροθερμικά περιβάλλοντα, εμφανίζοντας παράλληλα καλή προσαρμοστικότητα στις ελληνικές συνθήκες καλλιέργειας. Τα πλεονεκτήματα του είδους συνοψίζονται: α) στην ευρεία προσαρμοστικότητα σε ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες, β) στην επίτευξη ικανοποιητικής απόδοσης, ακόμη και σε καλλιεργητικές περιόδους με πολύ χαμηλό ύψος βροχόπτωσης, γ) στις χαμηλές απαιτήσεις για αζωτούχο λίπανση και δ) στην υψηλή ανταγωνιστικότητα έναντι ζιζανίων, γεγονός που συμβάλλει στην ευχερή προσαρμοστικότητά του σε βιολογικά αγροκτήματα. Η αλματώδης πρόοδος που σημειώθηκε στον τομέα της γενετικής βελτίωσης κατά τον 20^ο αιώνα είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση των αποδόσεων, καθώς και την αντιμετώπιση ασθενειών που στο παρελθόν προκαλούσαν σημαντικές απώλειες στην καλλιέργεια κριθαριού. Είναι ωστόσο ευρέως αποδεκτό ότι η βελτιωτική διαδικασία σταδιακά επέφερε γενετική στενωπό, με αποτέλεσμα την σταδιακή εξαφάνιση άγριων ειδών και τοπικών ποικιλιών κριθαριού που, λόγω της κατοχής επιθυμητών γνωρισμάτων, αποτελούν πολύτιμο γενετικό υλικό. Τα τελευταία χρόνια, η διεύρυνση της ολοένα και στενότερης γενετικής βάσης του κριθαριού αποτέλεσε έναν από τους βασικούς στόχους των βελτιωτών. Μια σημαντική πηγή γενετικού υλικού έναρξης σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα είναι οι συλλογές που υπάρχουν στις τράπεζες γενετικού υλικού. Αντικείμενο της εργασίας αποτέλεσε η αξιολόγηση των παραγωγικών χαρακτηριστικών 150 διαφορετικών γενοτύπων κριθαριού ως προς την απόδοση και σημαντικά παραγωγικά χαρακτηριστικά. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ-Δήμητρα, στη Θέρμη Θεσσαλονίκης, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2021-22. Η στατιστική ανάλυση αφορούσε σε ανάλυση παραλλακτικότητας με στόχο την επιλογή παραγωγικών γενοτύπων, που εμφανίζουν γενετική ανομοιότητα, προς αξιοποίησή τους σε διασταυρώσεις και επιλογή των πλέον ετερωτικών συνδυασμών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η καλλιέργεια και η σημασία του κριθαριού

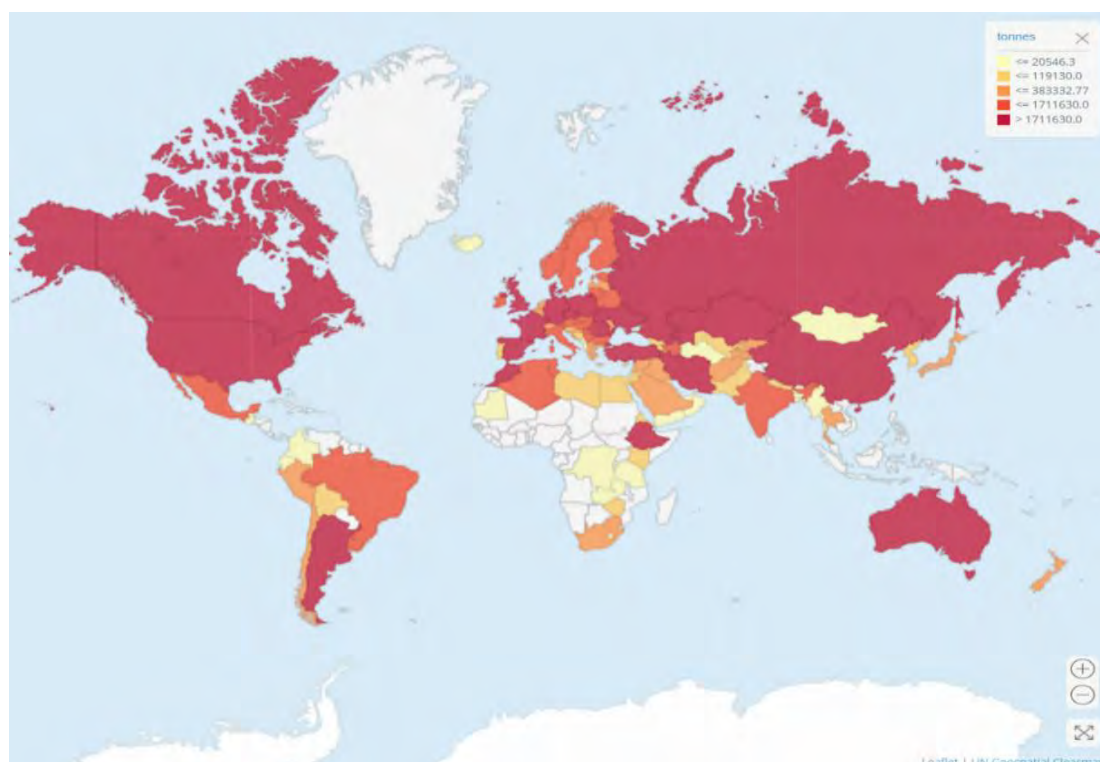
Το κριθάρι (*Hordeum vulgare L.*) είναι φυτικό είδος που ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών (Poaceae) και αποτελεί μια από τις σημαντικότερες καλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο. Θεωρείται σιτηρό των εύκρατων κλιμάτων, το οποίο, λόγω της προσαρμοστικότητάς του σε ποικιλία κλιματικών συνθηκών, μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές όπου είναι πρακτικά αδύνατη η καλλιέργεια άλλων σιτηρών, όπως το καλαμπόκι και το ρύζι.

Σύμφωνα με αναφορές, το κριθάρι πρωτοεμφανίστηκε στην Νοτιοδυτική Ασία πριν από περίπου 12 εκατομμύρια χρόνια και στη συνέχεια εξαπλώθηκε στην Ευρώπη, την Ασία, την Αμερική και τη Νότια Αφρική (Blattner, 2006). Αρχικά καλλιεργήθηκε το δίστοιχο κριθάρι, περί το 8000 π.Χ., και αργότερα το εξάστοιχο, περίπου το 6.000 π.Χ. (Wendorf et al., 1979, Zohary and Hopf, 2000). Το παλαιότερο δείγμα κριθαριού που έχει βρεθεί σε αρχαιολογική περιοχή χρονολογείται περί το 8000 π.Χ.

Οι γραπτές αναφορές που έχουν διασωθεί από τα αρχαία χρόνια μαρτυρούν την σημασία του κριθαριού, τόσο στον Ελληνικό όσο και στον Ρωμαϊκό πολιτισμό. Στην αρχαία Ελλάδα, αποτελούσε το κύριο συστατικό για την παραγωγή άζυμου ψωμιού και χυλού. Το κρίθινο ψωμί θεωρούνταν ανέκαθεν κατώτερο από το σταρένιο και καταναλωνόταν κυρίως από τους δούλους και τους φτωχούς. Ο Ηρόδοτος κατέγραψε την χρήση του κριθαριού από τους Αιγύπτιους για την παραγωγή μύρας (Newman and Newman, 2008). Κατά τη διάρκεια των επισκέψεών του στην Αίγυπτο, ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος παρατήρησε ότι το κριθάρι χρησιμοποιούταν για τη θεραπεία του στομαχικού έλκους και μετέφερε αυτές τις γνώσεις του στην Ελλάδα, ενώ στο γεγονός αυτό αναφέρθηκε και ο Ιπποκράτης (Newman and Newman, 2006, Newman and Newman 2008). Στη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία, το κριθάρι τύγγανε υψηλής εκτίμησης σε πολλές από τις κατακτημένες περιοχές. Αποτελούσε την κυριότερη πηγή τροφής για τους στρατιώτες, οι οποίοι πίστευαν ότι το κρίθινο ψωμί τους έδινε δύναμη και αντοχή. Μεταγενέστερα, το κρίθινο ψωμί κατέληξε να θεωρείται «μερίδα τιμωρίας». Είναι

γεγονός ότι το κριθίνο ψωμί συνέχισε να καταναλώνεται από ένα μεγάλο ποσοστό Ευρωπαίων μέχρι και το 16^ο αιώνα, οπότε και αντικαταστάθηκε σταδιακά από το σιτάρι (Zhou, 2009).

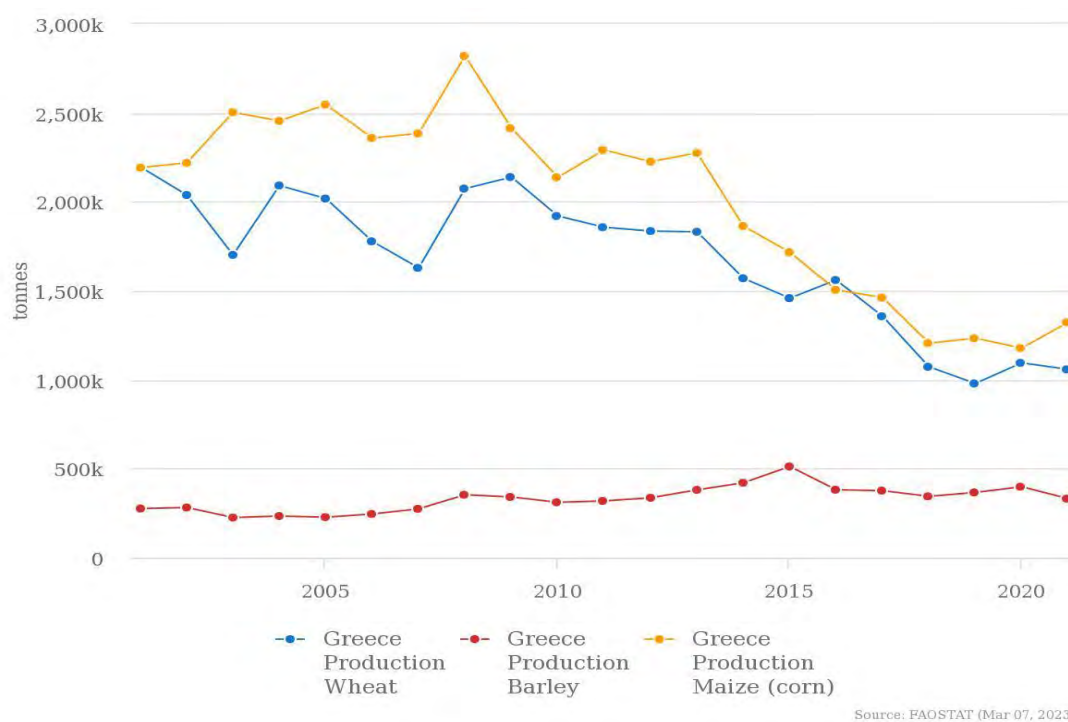
Σήμερα, το κριθάρι αποτελεί το τέταρτο σιτηρό στον κόσμο όσον αφορά τις καλλιεργούμενες ποσότητες αλλά και τις εκτάσεις καλλιέργειας σιτηρών, μετά το σιτάρι, το καλαμπόκι και το ρύζι (Zhou, 2009). Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO, η παγκόσμια παραγωγή το 2021 ανήλθε στους 145 εκατομμύρια τόνους, ενώ η παγκόσμια απόδοση ήταν κατά μέσο όρο 3 τόνοι/εκτάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις στις αποδόσεις μεταξύ των χωρών, οι οποίες αποδίδονται στις κλιματικές και εδαφολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, στις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται και στην εντατικοποίηση των καλλιεργειών. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής παγκοσμίως είναι η Ρωσία, η Αυστραλία, η Ουκρανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, ο Καναδάς και χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Γερμανία, η Γαλλία και η Ισπανία (FAOSTAT 2022) (Διάγραμμα 1.1).



Διάγραμμα 1.1 Κατανομή της παραγωγής κριθαριού για το έτος 2021 σε παγκόσμιο χάρτη (FAOSTAT 2022).

1.2 Η καλλιέργεια κριθαριού στην Ελλάδα

Στη χώρα μας, το κριθάρι αποτελεί σταθερά το τρίτο σε σπουδαιότητα σιτηρό, μετά το σκληρό σιτάρι και το καλαμπόκι, με 1.270.000 στρέμματα καλλιεργούμενης έκτασης και ετήσια παραγωγή που ανέρχεται στους 373.000 τόνους, σύμφωνα με την Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα του ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2019. Η μέση απόδοση είναι 293 kg/στρέμμα. Οι κυριότερες περιοχές καλλιέργειας στη χώρα μας είναι η Μακεδονία, η Θεσσαλία, η Στερεά Ελλάδα και η Θράκη (ΕΛΣΤΑΤ 2021) (Διάγραμμα 1.2). Τα τελευταία χρόνια, το κριθάρι καλλιεργείται κυρίως σε πιο φτωχά, ορεινά ή ημιορεινά εδάφη, εξαιτίας της προσαρμοστικότητάς του σε μεγάλο εύρος συνθηκών αλλά και της τάσης για καλλιέργεια πιο προσοδοφόρων καλλιεργειών στα γονιμότερα πεδινά εδάφη (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).



Διάγραμμα 1.2 Μεταβολή της παραγόμενης ποσότητας κριθαριού (κόκκινο), σιταριού (μπλε) και καλαμποκιού (κίτρινο) στην Ελλάδα τα τελευταία 20 χρόνια (2001-2021) (FAOSTAT 2022).

Η καλλιέργεια του κριθαριού προτιμάται έναντι άλλων σιτηρών σε πολλές περιοχές παγκοσμίως, διότι παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων:

- Παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα, προσφέροντας δυνατότητες καλλιέργειας σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη συγκριτικά με άλλα σιτηρά. Παρουσιάζει αξιοσημείωτη αντοχή σε ξηροθερμικές συνθήκες, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για καλλιέργεια σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα και του δίνει την δυνατότητα να επιβιώνει ακόμα και κοντά σε ερήμους, όπως σε περιοχές της Βόρειας Αφρικής.
- Διαθέτει πρώιμους βιότυπους. Υπάρχουν ποικιλίες κριθαριού που ωριμάζουν σε 60-70 ημέρες. Χάρη στην πρωιμότητά του, το κριθάρι αξιοποιεί την εδαφική υγρασία πιο αποτελεσματικά κατά την κρίσιμη περίοδο ωρίμανσης, αποφεύγοντας τις δυσάρεστες επιπτώσεις που προκαλεί η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας και η ελλιπής βροχόπτωση. Συνεπώς, είναι δυνατό να καλλιεργηθεί σε περιοχές με ξηροθερμικό κλίμα και μικρή βλαστική περίοδο με ανοιξιάτικη σπορά.
- Εμφανίζει ικανοποιητική ανταγωνιστική ικανότητα έναντι των ζιζανίων, χάρη στη γρήγορη εγκατάσταση της καλλιέργειας στον αγρό αλλά και στο πλούσιο αδέλφωμα (Overland, 1966).
- Είναι το χειμερινό σιτηρό με την μεγαλύτερη αντοχή στην αλατότητα, γεγονός που καθιστά εφικτή την καλλιέργειά του σε περιοχές με αλατούχα εδάφη, όπως η Αίγυπτος και η Αυστραλία. Ως προς την απόκριση των ποικιλιών στην υψηλή αλατότητα, οι εξάστοιχες ποικιλίες είναι πιο ανθεκτικές από τις δίστοιχες, οι ποικιλίες χωρίς περίβλημα είναι ανθεκτικότερες από τις ποικιλίες με περίβλημα, οι ψηλές ποικιλίες είναι ανθεκτικότερες από τις ημι-νάνες και οι χειμερινοί τύποι είναι ανθεκτικότεροι από τους ανοιξιάτικους (von Bothmer and Jacobsen, 1985, Lacolla and Cucci, 2008, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

1.3 Ταξινόμηση

Το κριθάρι ανήκει στο γένος *Hordeum* της οικογένειας *Poaceae* (*Graminae*) και στην φυλή *Triticae*.

Το γένος *Hordeum* περιλαμβάνει 33 άγρια και καλλιεργούμενα είδη, καθώς και 45 τάξα, που συναντώνται σε Ευρώπη, Ασία, Αμερική και Αφρική (Blattner 2009). Ο μεγαλύτερος αριθμός από τάξα εντοπίζεται στην νοτιοδυτική Ασία και τη Νότια

Αμερική. Συνεπώς, οι περιοχές αυτές μπορούν να θεωρηθούν κέντρα γενετικής ποικιλότητας (von Bothmer and Jacobsen, 1985).

Τα περισσότερα είδη είναι διπλοειδή, με χρωμοσωμικό αριθμό $2n = 14$. Υπάρχουν όμως και είδη άγριου κριθαριού τα οποία είναι τετραπλοειδή και εξαπλοειδή (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012, Blattner 2018).

Η ταξινόμηση του κριθαριού έχει υποστεί πολλές αλλαγές στην πάροδο του χρόνου και αποτελεί μέχρι και σήμερα αντικείμενο συζήτησης μεταξύ πολλών επιστημόνων. Ο πρώτος που περιέγραψε και δημοσίευσε τα βοτανικά χαρακτηριστικά του κριθαριού ήταν ο Κάρολος Λινναίος, στο *Species Plantarum* (1753). Ο Λινναίος αναγνώρισε 6 είδη του γένους *Hordeum*, εκ των οποίων τα 4 αντιπροσωπεύουν καλλιεργούμενους τύπους (*viz.* *H. vulgare*, *H. distichum*, *H. hexastichum*, *H. zeocrithon*) (von Bothmer and Jacobsen, 1985). Οι περιγραφές του Λινναίου τροποποιήθηκαν αρκετά στην πάροδο του χρόνου (Newman and Newman, 2008). Σύμφωνα με μια πρόσφατη ταξινόμηση (Blattner, 2009), το γένος *Hordeum* διαιρείται στα υπογένη *Hordeum* και *Hordeastrum*. Καθένα από αυτά διαιρείται περαιτέρω σε υποενότητες-ομάδες φυτών (*sections*) που έχουν παρόμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά, ομοιότητες στην οικολογία και στην περιοχή προέλευσης τους. Οι υποενότητες του υπογένους *Hordeum* καθώς και τα είδη που περιλαμβάνονται σε αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1 Υποενότητες του υπογένους *Hordeum* και είδη που περιλαμβάνονται σε αυτές.

Hordeum	Section <i>Hordeum</i>	<i>H. vulgare</i> L. subsp. <i>vulgare</i>
		<i>H. vulgare</i> L. subsp. <i>spontaneum</i> (K. Koch) Thell.
		<i>H. bulbosum</i> L.
	Section <i>Trichostachys</i> Dum.	<i>H. murinum</i> L. subsp. <i>glaucum</i> (Steud.) Tzvel.
		<i>H. murinum</i> L. subsp. <i>murinum</i>
		<i>H. murinum</i> L. subsp. <i>leporinum</i> (Link) Arc

Όλοι οι καλλιεργούμενοι τύποι κριθαριού ανήκουν στο είδος *H. vulgare L. subsp. vulgare* (Blattner, 2018). Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα ανήκουν στο δίστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare L. subsp. vulgare var. distichon*, συν. *Hordeum distichon L.*) και στο εξάστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare L. subsp. vulgare var. hexastichon*, συν. *Hordeum hexastichon L.*) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Παρόλο που από τις απαρχές της καλλιέργειας του κριθαριού προτιμήθηκε ο εξάστοιχος τύπος, λόγω της ικανότητας παραγωγής τριπλάσιου αριθμού κόκκων από τον δίστοιχο, η προέλευση του εξάστοιχου τύπου ήταν μέχρι πρόσφατα άγνωστη. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, το εξάστοιχο κριθάρι προέκυψε από μια μετάλλαξη στο γονίδιο *Vrs1* του δίστοιχου κριθαριού. Το άγριου τύπου αλληλόμορφο του γονιδίου *Vrs1* καταστέλλει την ανάπτυξη των πλευρικών σταχυδίων, ενώ ο μεταλλαγμένος τύπος μετατρέπει τα άγονα πλαϊνά σταχύδια του δίστοιχου κριθαριού σε πλήρως ανεπτυγμένα και γόνιμα σταχύδια που απαντώνται στους εξάστοιχους τύπους. Η φυλογενετική ανάλυση έδειξε ότι ο εξάστοιχος φαινότυπος προήλθε από επανειλημμένες και ανεξάρτητες μεταλλάξεις του γονιδίου *Vrs1* στην πορεία του χρόνου και σε διαφορετικές περιοχές (Tanno et al., 2002, Komatsuda et al., 2007).

Άμεσος πρόγονος του καλλιεργούμενου κριθαριού είναι το *Hordeum vulgare L. subsp. spontaneum* (K. Koch) Thell. (συν. *Hordeum spontaneum* K. Koch), ένα άγριο είδος κριθαριού που προήλθε από τη Νοτιοδυτική Ασία και φύεται μέχρι και σήμερα σε περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, των Βαλκανίων, της Βόρειας Αφρικής, της Κεντρικής Ασίας και του Θιβέτ (von Bothmer et al., 1995, Zohary and Hopf, 2000, Nevo, 2013). Ο Harlan (1979) υποστήριξε ότι ο πραγματικός πρόγονος του καλλιεργούμενου κριθαριού ήταν πρόγονος του *H. Spontaneum* και έχει πλέον εξαφανιστεί. Θεωρείται ότι το *H. vulgare ssp. vulgare* (καλλιεργούμενο κριθάρι) και το *H. vulgare ssp. spontaneum* (άγριο κριθάρι) ανήκουν στο ίδιο είδος, έχουν πανομοιότυπο γονιδίωμα και μπορούν να διασταυρωθούν μεταξύ τους (Fedak, 1985, Russell et al., 2011, Jakob et al., 2014, Mascher et al., 2016, Blattner, 2018). Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο υποειδών είναι η σκληρή ράχη του καλλιεργούμενου κριθαριού σε αντίθεση με την εύθραυστη ράχη του άγριου κριθαριού (Newman and Newman, 2008). Διαπιστώθηκε ότι τα αιχμηρά σταχύδια του άγριου κριθαριού, τα οποία μοιάζουν με βέλη, αποτελούν προϊόν εξελικτικής προσαρμογής στην ευθραυστότητα της ράχης. Αυτή η φυσική προσαρμογή, η οποία εξασφαλίζει τη βέλτιστη διασπορά των σπόρων, έδωσε εξελικτικό πλεονέκτημα στους δίστοιχους

τύπους άγριου κριθαριού, έναντι των εξάστιχων που προέκυψαν από τυχαίες μεταλλάξεις στη φύση και τελικά εξαλείφθηκαν (Zohary, 1963). Συνεπώς, οι εξάστοιχοι τύποι συναντώνται κατά κύριο λόγο σε καλλιεργούμενες ποικιλίες (von Bothmer et al., 1995).

1.4 Βοτανική περιγραφή

Το κριθάρι είναι ετήσιο, ποώδες, μονοκότυλο φυτό το οποίο είναι κατά κύριο λόγο αυτογονιμοποιούμενο (Μπίλαλης κ.α., 2019).

Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του κριθαριού περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό θυσσανώδων ριζών, καλυπτόμενες από πολυάριθμα ριζικά τριχίδια (Δαλιάνης, 1983). Διακρίνεται σε εμβρυακό ριζικό σύστημα και σε μόνιμες ή δευτερογενείς ρίζες:

- 1.** Το εμβρυακό ριζικό σύστημα μπορεί να επιζήσει σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού. Αποτελείται από την κύρια ρίζα (ριζίδιο) και από τις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες (συνήθως 5-9). Διαθέτει ριζικά τριχίδια που εφοδιάζουν το φυτό με νερό και θρεπτικά συστατικά, κυρίως στα πρώτα στάδια ανάπτυξής του, ενώ στη συνέχεια η λειτουργία του περιορίζεται με την ανάπτυξη των μόνιμων ριζών.
- 2.** Οι μόνιμες ή δευτερογενείς ρίζες εμφανίζονται στους πρώτους κόμβους του στελέχους κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και είναι παχύτερες από τις εμβρυακές. Αρχικά έχουν οριζόντια ανάπτυξη και στη συνέχεια κατευθύνονται προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, το βάθος τους κυμαίνεται από 1,8 έως 2,1 μέτρα (Newman and Newman, 2008, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Στέλεχος

Το στέλεχος του κριθαριού έχει κυλινδρικό σχήμα και αποτελείται από 5 έως 7 γόνατα ή κόμβους και ισάριθμα μεσογονάτια διαστήματα, το μήκος οποίων αυξάνεται προοδευτικά από τη βάση προς την κορυφή του στελέχους. Το μήκος του κυμαίνεται από 60 έως 120 εκατοστά και η διάμετρός του από 2 έως 10 χιλιοστά. Τα μορφολογικά

και ανατομικά χαρακτηριστικά του στελέχους σχετίζονται με την αντοχή στο πλάγιασμα. Στη βάση του στελέχους βρίσκεται η μεταβατική ζώνη μεριστωματικών ιστών, η οποία ονομάζεται σταυρός ή στεφάνη και έχει την ικανότητα να παράγει ρίζες και βλαστητικά όργανα. Ο σταυρός είναι το πιο ευαίσθητο τμήμα του φυτού και η θέση του σχετίζεται με την αντοχή του φυτού στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα.

Από οφθαλμούς των κόμβων του στελέχους που βρίσκονται κοντά και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους εκφύονται δευτερεύοντα στελέχη που ονομάζονται αδέρφια. Τα αδέρφια αποκτούν δικό τους μόνιμο ριζικό σύστημα ανεξάρτητο από το μητρικό φυτό. Συνήθως, οι δίστοιχες ποικιλίες αδελφώνουν εντονότερα από τις εξάστοιχες (Newman and Newman, 2008, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Φύλλα

Τα φύλλα του κριθαριού αποτελούνται από δύο μέρη, τον κολεό και το έλασμα. Από κάθε κόμβο του στελέχους εκφύεται ένα φύλλο. Ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο που βρίσκεται αμέσως επάνω από τον κόμβο έκφυσής του και έτσι ισχυροποιεί το στέλεχος. Το έλασμα είναι γραμμικό, επίμηκες και κωνικό, με ένα κεντρικό νεύρο που πλαισιώνεται από 10 έως 12 πλευρικά και παράλληλα νεύρα (Newman and Newman, 2008).

Στο σημείο που ενώνεται ο κολεός με το έλασμα υπάρχει μια μικρή μεμβρανώδης εκβλάστηση που ονομάζεται γλωσσίδα. Η γλωσσίδα είναι λεπτή, διαφανής, και παίζει προστατευτικό ρόλο, καθώς περιβάλλει μερικώς το στέλεχος και εμποδίζει την είσοδο νερού στον χώρο μεταξύ κολεού και ελάσματος, προστατεύοντας έτσι το στέλεχος από το σάπισμα. Στο ίδιο σημείο, υπάρχουν δύο προεκτάσεις που ονομάζονται ωτία ή ωτίδια, τα οποία αποτελούν σημαντικό ταξινομικό χαρακτηριστικό του κριθαριού λόγω του μεγάλου μεγέθους τους (Newman and Newman, 2008). Τα ωτία περιβάλλουν τελείως το στέλεχος και στερούνται τριχών (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Ταξιανθία - Άνθη

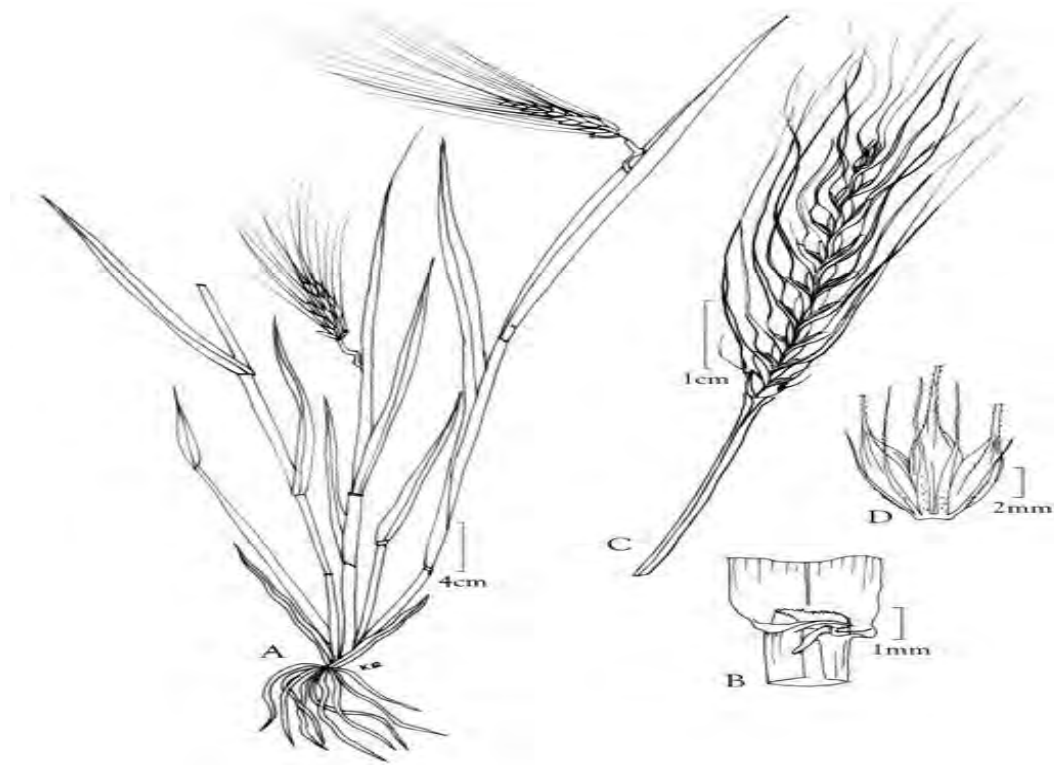
Η ταξιανθία του κριθαριού είναι στάχης και αποτελεί το κύριο ταξινομικό χαρακτηριστικό του φυτού. Απαρτίζεται από τριάδες σταχυδίων, οι οποίες είναι τοποθετημένες στους κόμβους ενός άξονα που ονομάζεται ράχη (Blattner, 2018). Οι τριάδες των σταχυδίων είναι τοποθετημένες απέναντι σε διαδοχικούς κόμβους. Υπάρχουν δύο πλευρικά και δύο κεντρικά σταχύδια και η ράχη μπορεί να έχει 10-30

κόμβους στο κάθε επίπεδο. Μπορεί να είναι γόνιμα και τα τρία σταχύδια (εξάστιχα) ή μόνο το κεντρικό (δίστοιχο) (Komatsuda et al., 2007). Εξωτερικά, κάθε σταχύδιο φέρει 2 επιμήκη λέπυρα που καταλήγουν σε μια λεπτή προεξοχή που ονομάζεται άγανο, ενώ το εσωτερικό του περιέχει ένα άνθος, που αποτελείται από τρεις στήμονες και τον ύπερο με την ωοθήκη. Το άνθος περιβάλλεται από 2 εσωτερικά λέπυρα, από τα οποία το κάτω ονομάζεται λεπίδα και το άνω χιτώνας.

Καρπός

Ο καρπός του κριθαριού είναι καρύωση και αποτελείται από το περικάρπιο, το περίβλημα, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το περίβλημα του σπόρου είναι ενωμένο με το περικάρπιο σε όλη την έκτασή του, δημιουργώντας μια δομή, τον κόκκο (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012). Το μέγεθος του σπόρου ποικίλλει και το βάρος των χιλίων σπόρων κυμαίνεται από 35 έως 55 γραμμάρια. Το ενδοσπέρμιο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του κόκκου, σε ποσοστό 77,2 % του συνολικού βάρους του και είναι πλούσιο σε άμυλο και πρωτεΐνες. Περιέχει αποταμιευτικές ουσίες που χρησιμεύουν στη βλάστηση του σπόρου κατά το φύτεμα και στην ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου.

Οι δύο καλλιεργούμενοι τύποι κριθαριού έχουν παρόμοιο συντελεστή απόδοσης καθώς το δίστοιχο κριθάρι φέρει σαφώς λιγότερους κόκκους ανά στάχυ, συγκριτικά με το εξάστιχο, αλλά οι σπόροι του είναι μεγαλύτερου βάρους. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι οι κόκκοι στις εξάστιχες ποικιλίες μπορεί να είναι λιγότερο ομοιόμορφοι σε μέγεθος σε σχέση με αυτούς των δίστοιχων. Η ανομοιομορφία αυτή αποδίδεται στο γεγονός ότι οι εξωτερικοί κόκκοι των εξάστιχων ποικιλιών συστρέφονται καθώς αναπτύσσονται (Newman and Newman, 2008). Ωστόσο, η ανομοιομορφία μεγέθους των σπόρων έχει αντιμετωπιστεί στις σύγχρονες ποικιλίες (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Μπίλαλης κ.α., 2019).



Εικόνα 1.1 Φυτό κριθαριού με εμφανή την μορφολογία του κολεού, της γλωσσίδας και των ωτίων, καθώς και του στάχτους και του σταχυδίου (Ibrahim-Peterson, 2014).

1.5 Στάδια ανάπτυξης

Η ανάπτυξη και η αύξηση του φυτού ξεκινά με τη γονιμοποίηση του σπόρου (Newman and Newman, 2008). Οι Moral et al. (2002) διέκριναν την αύξηση και ανάπτυξη του κριθαριού σε τρία βασικά στάδια:

- Βλαστική ανάπτυξη
- Αναπαραγωγική ανάπτυξη
- Γέμισμα καρπού

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται από το γονότυπο, την εποχή σποράς και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι, οι περισσότερες ποικιλίες έχουν διάρκεια ζωής 150-200 ημέρες, όμως υπάρχουν και ποικιλίες που ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο σε 60-70 ημέρες (Μπίλαλης κ.α., 2019).

Η βλαστική ανάπτυξη ξεκινάει με τη γονιμοποίηση και ακολούθως με την ανάπτυξη του βλαστού και των φύλλων. Η εμφάνιση των πρώτων φύλλων ακολουθείται από την

ανάπτυξη των αδελφιών. Το τελικό ύψος του φυτού είναι σύνθετο αποτέλεσμα του αριθμού και του μήκους των μεσογονάτιων, γνωρίσματα που επηρεάζονται κυρίως από τις υδατικές συνθήκες και τη θερμοκρασία. Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 3-4 °C και η άριστη 20 °C. Σε γενικές γραμμές, το κριθάρι παρουσιάζει μικρότερη αντοχή στο ψύχος σε σχέση με το σιτάρι, αλλά αντέχει περισσότερο σε υψηλές θερμοκρασίες.

Υπάρχουν χειμερινές και εαρινές ποικιλίες κριθαριού. Οι χειμερινοί τύποι είναι πιο ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες και δίνουν μεγαλύτερες αποδόσεις από τους ανοιξιάτικους. Παρόλο που αποδίδει καλά σε ξηροθερμικές συνθήκες καλλιέργειας, λόγω της πρωιμότητας του, το κριθάρι δεν αντέχει πολύ στην ξηρασία. Μάλιστα, η υδατική ανεπάρκεια κατά τις περιόδους του αδελφώματος και του ξεσταχυάσματος οδηγεί σε μείωση των παραγόμενων κόκκων, καθώς και σε μείωση του βάρους τους εφόσον η έλλειψη νερού συνεχιστεί και μετά το ξεστάχυασμα. Αξιοσημείωτη είναι η αποδοτικότητα της χρήσης νερού σε περιοχές με περιορισμένες βροχοπτώσεις, αφού μπορεί να επιτευχθεί μέχρι και διπλασιασμός των αποδόσεων.

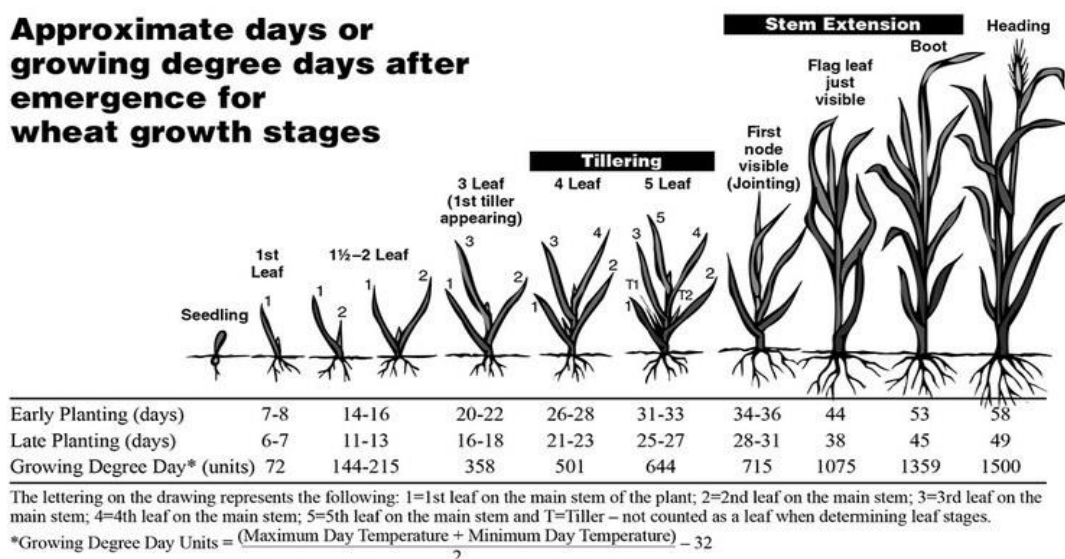
Καταλληλότερα για την καλλιέργεια κριθαριού θεωρούνται τα βαθιά, πηλώδη εδάφη, με καλή αποστράγγιση και pH 6-8. Αντιθέτως, η υψηλή εδαφική γονιμότητα θεωρείται ως επιζήμια για την καλλιέργεια καθώς προκαλεί πλάγιασμα των φυτών. Το κριθάρι παρουσιάζει ευαισθησία στην οξύτητα του εδάφους, καθώς παρατηρείται τοξικότητα αλουμινίου (Delorit et al., 1984).

Η αναπαραγωγική ανάπτυξη ξεκινάει με τη δημιουργία των σταχυδίων και ολοκληρώνεται με τη γονιμοποίηση των ωοθηκών στα σταχύδια. Η άνθηση διαρκεί 3-4 ημέρες από την εμφάνιση της ταξιανθίας, ξεκινά πρώτα στα σταχύδια του μέσου του στάχυος και συνεχίζεται προς την κορυφή και τη βάση του. Στο κριθάρι παρατηρείται ιδιαίτερα έντονα το φαινόμενο της κλειστογαμίας, η οποία σε συνδυασμό με τη μικρή διάρκεια ανοίγματος των ανθέων ημερησίως ώστε να απελευθερωθεί η γύρη, οδηγεί σε υψηλό ποσοστό αυτεπικονίασης (Μπίλαλης κ.α., 2019).

Η φάση του γεμίσματος του σπόρου ξεκινάει μετά την επικονίαση με την αύξηση του ενδοσπερμίου και του αριθμού των εμβρυικών κυττάρων. Μετά τη γονιμοποίηση, ο κόκκος αναπτύσσεται σχηματίζοντας αρχικά ένα γαλακτώδες υγρό πλούσιο σε ζάχαρα που μετατρέπεται σε άμυλο, σε διάστημα 15 ημερών, και στη συνέχεια αφυδατώνεται

και σκληραίνει. Στη χώρα μας, η συγκομιδή του κριθαριού πραγματοποιείται με υγρασία κόκκων περίπου 13-14 % (Γαλανπούλου και Σενδουκά, 2003).

Η διάρκεια κάθε φάσης ποικίλει ανάλογα με το γενότυπο του φυτού, τη γεωγραφική περιοχή και τους αγρονομικούς και κλιματικούς παράγοντες (Newman and Newman, 2008).



Διάγραμμα 1.3 Στάδια ανάπτυξης κριθαριού (Gregoire et al., 2007).

1.6 Διατροφική αξία

Η διατροφική αξία του κριθαριού είναι μεγάλη, όπως έχει αποδειχθεί από ιστορικά στοιχεία που μαρτυρούν τη σημασία του ως σταθερή διατροφική πηγή κατά την εξελικτική πορεία του ανθρώπου, αλλά και από σύγχρονες έρευνες. Περιέχει μεγάλη ποσότητα υδατανθράκων (άμυλο, σάκχαρα και ινώδεις ουσίες), σε ποσοστό έως και 80 % του ξηρού βάρους του καρπού, οι οποίοι είναι αποθηκευμένοι στα κύτταρα του ιστού του ενδοσπερμίου. Το κυριότερο στοιχείο της ομάδας των υδατανθράκων είναι το άμυλο, ένας υδατοδιαλυτός πολυσακχαρίτης που περιέχεται σε ποσοστό 45-65 % και αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας για την ανάπτυξη του νέου φυτού. Το άμυλο συντίθεται από δύο δομικά είδη, την αμυλοπηκτίνη και την αμυλόζη, σε αναλογίες 3:1. Συνήθως, η αμυλοπηκτίνη αποτελεί το 72-78 %, ενώ η αμυλόζη το 22-28 %. Επιπλέον, το κριθάρι αποτελεί πλούσια πηγή βιταμινών Β, μεταλλικών στοιχείων και φυτικών

ινών, με κυριότερες τις β-γλυκάνες. Εκτός από υδατάνθρακες, το κριθάρι περιέχει σημαντική ποσότητα πρωτεϊνών, σε ποσοστό 12-15 % (Newman and Newman, 2008). Σε σύγκριση με τους ανοιζιάτικους τύπους, το χειμερινό κριθάρι έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ακατέργαστες ίνες (Batal and Dale, 2009) και υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικά λιπαρά οξέα (Robert, 1975) (Πίνακας 1.2).

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρήθηκε αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση του κριθαριού στην ανθρώπινη διατροφή (Griffey et al., 2010), καθώς μια σειρά από κλινικές μελέτες κατέδειξαν τις ευεργετικές ιδιότητές του στην υγεία του ανθρώπου. Έρευνες έδειξαν ότι περιέχει μεγάλες ποσότητες β-γλυκάνης, η οποία συντελεί στην μείωση της χοληστερόλης στο αίμα και ρυθμίζει το σάκχαρο αίματος (DeMartino and Cockburn, 2020). Επίσης, όντας τροφή με υψηλή περιεκτικότητα υδατανθράκων, συμβάλλει στον έλεγχο της παραγωγής γλυκόζης και ινσουλίνης κατά την πρόσληψη των τροφών και στην ενεργοποίηση του μεταβολισμού, ενώ οι ποικιλίες κριθαριού που περιέχουν υψηλό λόγο αμυλόζης προς αμυλοπηκτίνη βοηθούν στην καλύτερη αφομοίωση των θρεπτικών ουσιών (Akerberg et al., 1998). Το κριθάρι αποτελεί επίσης καλή πηγή τοκοφερολών και τοκοτριενολών, λιποδιαλυτών ουσιών με αντιοξειδωτική δράση (Tsochatzis et al., 2012, Obadi et al., 2021), οι οποίες θεωρείται ότι ευεργετούν την υγεία, κυρίως λόγω της αντικαρκινικής και αντιοξειδωτικής τους δράσης (Martínez-Villaluenga and Peñas, 2017), της ικανότητας επαγωγής της ανοσολογικής λειτουργίας (Becker, 2013) και μείωσης του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων και εγκεφαλικού επεισοδίου (Xie et al., 2019).

Πίνακας 1.2 Περιεκτικότητα σπόρων κριθαριού σε θρεπτικά στοιχεία, ίχνη μετάλλων και βιταμίνες.

Θρεπτικό στοιχείο	Αξία ανά 100 g εδώδιμου τμήματος	Μονάδα μέτρησης
Νερό	9.44	g
Θερμίδες	354	kcal
Ενέργεια	1480	kJ
Πρωτεΐνες	12.5	g
Λιπαρά	2.3	g
Υδατάνθρακες	73.5	g
Ίνες	17.3	g

Σάκχαρα	0.8	g
Υγνη μετάλλων		
Ασβέστιο (Ca)	33	mg
Σίδηρος (Fe)	3.6	mg
Μαγνήσιο (Mg)	133	mg
Φωσφόρος (P)	264	mg
Κάλιο (K)	452	mg
Νάτριο (Na)	12	mg
Ψευδάργυρος (Zn)	2.77	mg
Χαλκός (Cu)	0.498	mg
Μαγγάνιο (Mn)	1.94	mg
Σελήνιο (Se)	37.7	μg
Βιταμίνες		
Θειαμίνη (B1)	0.646	mg
Ριβοφλαβίνη (B2)	0.285	mg
Νιασίνη (B3)	4.6	mg
Παντοθενικό οξύ (B5)	0.282	mg
Βιταμίνη B6	0.318	mg
Φυλλικό οξύ (B9)	19	μg
Βιταμίνη A	1	μg
Βιταμίνη E	0.57	mg

**Πηγή: USDA, National Nutrient Database for Standard Reference, 2019).*

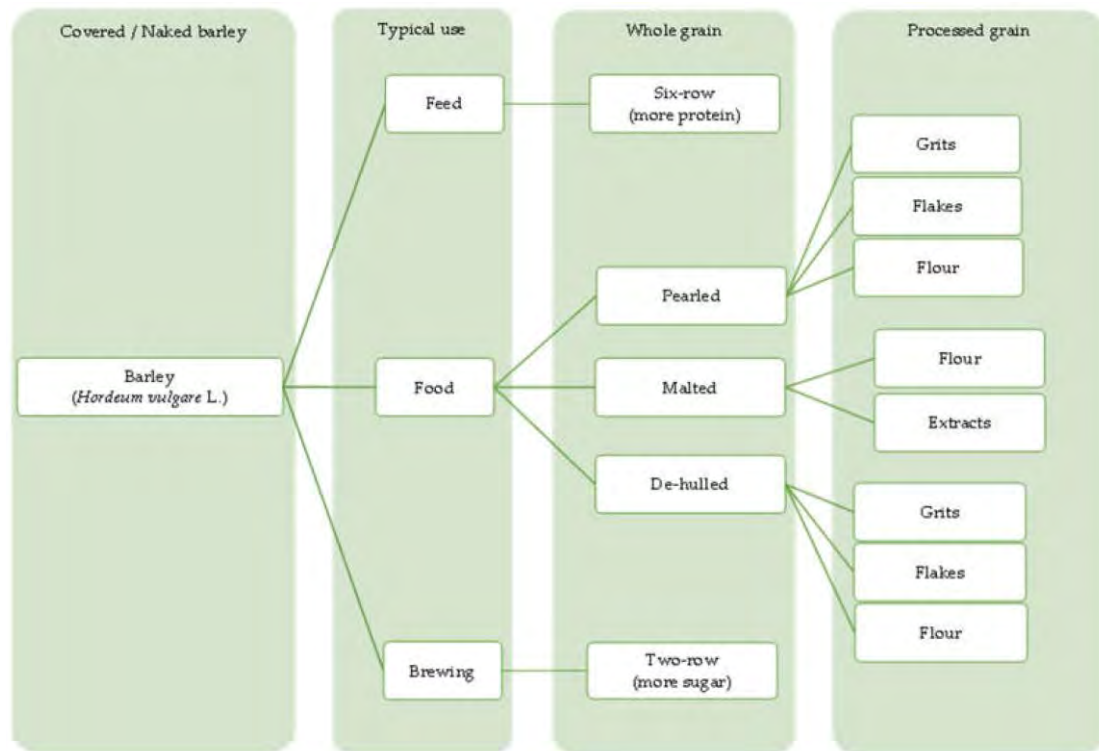
1.7 Χρήσεις

Ο καρπός του κριθαριού βρίσκει πολλές χρήσεις στη σημερινή εποχή. Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ως ζωοτροφή, εξαιτίας της σχετικά υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη (10-15 %) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012, Lukinac and Jukić, 2022). Αναφέρεται ότι στις Η.Π.Α χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή περισσότερο από το 50 % της παραγωγής. Προτιμάται το δίστοιχο κριθάρι έναντι του εξάστοιχου, καθώς έχει μεγαλύτερο βάρος και καλύτερη ποιότητα κόκκου (Zhou, 2009). Χορηγείται στα ζώα κατόπιν σπασίματος ή αλέσματος του κόκκου (Zhou, 2009, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Μπορεί όμως να καλλιεργηθεί και σαν χορτοδοτικό, για παραγωγή σανού ή ενσιρωμένου χόρτου. Συνηθισμένη πρακτική αποτελεί και η χρήση του αχύρου που

μένει από τη συγκομιδή, όπως και των υποπροϊόντων της ζυθοποιίας (Zhou, 2009, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Έχει διαπιστωθεί ότι οι ξηροθερμικές συνθήκες την άνοιξη, κατά τις οποίες σημειώνεται προοδευτική μείωση της εδαφικής υγρασίας, συντελούν στην αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και συνεπώς σε βελτίωση της ποιότητας του κριθαριού ζωοτροφής (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Ακόμα, το κριθάρι χρησιμοποιείται ευρύτατα στη ζυθοποιία για την παραγωγή βύνης. Σύμφωνα με τον Zhou, το 25 % της παραγωγής κριθαριού στις Η.Π.Α χρησιμοποιείται σε διαδικασίες βυνοποίησης, με το 80 % να αξιοποιείται για την παραγωγή μύρας. Υποστηρίζει, μάλιστα, ότι το κριθάρι υπερτερεί έναντι άλλων σιτηρών, όπως η σίκαλη και το σιτάρι, χάρη στα ισχυρά προσκολλημένα εσωτερικά του λέπυρα, τα οποία προστατεύουν το έμβρυο κατά τη μεταχείριση των κόκκων καθώς και το κολεόπτυλο στη διαδικασία της βυνοποίησης, με αποτέλεσμα την πιο ομοιόμορφη εκβλάστηση των σπόρων. Επιπλέον, τα εξαρτήματα αυτά συμβάλλουν στο φιλτράρισμα του πολτού ζυθοποιίας (Zhou, 2009). Προκειμένου να παραχθεί καλής ποιότητας κριθάρι ζυθοποιίας, απαιτούνται μέτριες θερμοκρασίες και αρκετή υγρασία εδάφους κατά την περίοδο γεμίματος του κόκκου (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Για τη διατροφή του ανθρώπου, εξαιρουμένου του τομέα των ποτών, αξιοποιείται μόλις το 6 % της παραγόμενης ποσότητας κριθαριού, το οποίο αποτελεί ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή θρεπτική του αξία. Τα τελευταία χρόνια, έχει ενταθεί το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση του κριθαριού στη διατροφή, κυρίως στον ανεπτυγμένο κόσμο, λόγω της υψηλής διαιτητικής αξίας των πρώτων υλών ολικής αλέσεως σε διατροφικά προϊόντα (Newman and Newman, 2008). Στη βιομηχανία τροφίμων, το κριθάρι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσθετικό σε διάφορα προϊόντα, ώστε να βελτιωθεί η υφή, η γεύση, το άρωμα και η θρεπτική τους αξία (Shewry and Ullrich, 2014). Κατόπιν επεξεργασίας, οι κόκκοι του χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα ως πλιγούρι, νιφάδες ή αλεύρι. Στις δυτικές χώρες, χρησιμοποιείται σε δημητριακά, βραστά, σούπες, χυλό, μείγματα αλευριού ψησίματος και παιδικές τροφές. Στις χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, χρησιμοποιείται συνήθως σε σούπες, πίτες και χυλό (Domon et al., 1993).



Εικόνα 1.2 Οι σημαντικότερες χρήσεις του κριθαριού, ο βέλτιστος τύπος κριθαριού για κάθε μία από αυτές και τα προϊόντα που παράγονται (Lukinac and Jukić ,2022).

1.8 Βελτίωση του Κριθαριού

Η πρόοδος που σημειώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες στον τομέα της βελτίωσης των αναπαραγωγικών και αγροκομικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών συντέλεσε στη γραμμική αύξηση της παραγόμενης ποσότητας τροφίμων παγκοσμίως, με μέσο ρυθμό αύξησής περί τους 32 εκατομμύρια τόνους ανά έτος (Alston et al., 2009). Παράλληλα όμως, η εκθετική αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού οδήγησε σε μείωση της κατά κεφαλήν διαθεσιμότητας τροφίμων, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθιστώντας πιο επιτακτική από ποτέ την ανάγκη για αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO, 2009), η κάλυψη των διατροφικών αναγκών του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού απαιτεί μία ραγδαία αύξηση της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής κατά 70 % έως το 2050. Είναι γεγονός ότι μια αύξηση αυτής της τάξης προϋποθέτει περαιτέρω αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, μέσω βελτίωσης, αλλά και ουσιαστικές μεταβολές στις καλλιεργητικές πρακτικές (Tester and Langridge, 2010). Είναι ωστόσο ευρέως αποδεκτό ότι σημαντική τροχοπέδη στην

επίτευξη του ανωτέρου στόχου αποτελούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η συνεχής μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, σε συνδυασμό με την ξηρασία και την εξάντληση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων απειλούν ολοένα και περισσότερο την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων.

Συγκεκριμένα στην καλλιέργεια κριθαριού, εκτιμάται ότι οι επιπτώσεις της ξηρασίας και της αλατότητας μπορούν να προκαλέσουν απώλειες απόδοσης της τάξης του 20-50 %, ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και την ένταση των καταπονήσεων (Shrivastava and Kumar, 2015). Επιπλέον, η αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στη γεωργία οδήγησε σε δραματική αύξηση της νιτρορύπανσης του νερού, καθώς και σε ανεξέλεγκτη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, με κυριότερο το υποξείδιο του αζώτου. Οι νομοθεσίες που τέθηκαν σε ισχύ για τη διαχείριση των εισροών αζώτου περιόρισαν σημαντικά τη χρήση λιπασμάτων στην αγροτική παραγωγή, ενώ την ίδια περίοδο, τα λιπάσματα έγιναν η πιο δαπανηρή εισροή για τους παραγωγούς, εξαιτίας της κατακόρυφης αύξησης των τιμών (Tester and Langridge, 2010).

Εν όψει των παραπάνω εξελίξεων, είναι αναγκαία η δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών κριθαριού με ενισχυμένη αντοχή στις καταπονήσεις ξηρασίας και υψηλής αλατότητας. Μέχρι πρόσφατα, οι βελτιωτικές προσεγγίσεις εστίαζαν στην ανάπτυξη σύγχρονων ποικιλιών με γεωγραφικά ευρεία προσαρμογή σε βέλτιστα (σχετικά χαμηλό στρες και ομοιόμορφα) περιβάλλοντα καλλιέργειας και υψηλή απόδοση σε αυτά τα περιβάλλοντα (Evans 1993, Fischer 1996). Τα τελευταία χρόνια, η έμφαση δίνεται στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού και αζώτου, ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση και ικανοποιητική ποιότητα ακόμη και σε συστήματα χαμηλών εισροών.

1.8.1 Βελτιωτικοί στόχοι

Οι στόχοι ενός βελτιωτικού προγράμματος κριθαριού εξαρτώνται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και από την περιοχή καλλιέργειας. Η σύγχρονη βελτίωση στοχεύει στην ανάπτυξη ποικιλιών με υψηλή προσαρμοστικότητα και πλαστικότητα, ώστε να καθίσταται εφικτή η καλλιέργειά τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Friedt et al., 2011).

Αύξηση της απόδοσης

Η γενετική βελτίωση συνέβαλε σημαντικά στην αύξηση της απόδοσης του κριθαριού, κυρίως στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα (Tester and Langridge, 2010), επιφέροντας ωστόσο περιορισμένες αλλαγές στη σταθερότητα της απόδοσης (Calderini and Slafer, 1999) αλλά και αρνητικές επιδράσεις σε περιβάλλοντα καλλιέργειας όπου επικρατούν αντίξοες συνθήκες, κυρίως αναφορικά με την ανεπάρκεια νερού (Ceccarelli, 1989). Η βελτίωση των ποικιλιών του κριθαριού βασίστηκε κυρίως σε τρεις στρατηγικές (Cattivelli et al., 1994).

- Η πρώτη επικεντρώθηκε κυρίως στην αύξηση της απόδοσης σε σπόρο *per se*, μέσω επιλογών. Τα συστατικά της απόδοσης στο κριθάρι είναι ο αριθμός στάχων ανά μονάδα επιφάνειας, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ και το βάρος των σπόρων (Knapp and Knapp, 1978; Garcia del Moral et al., 1991; Marocco et al., 1992; Shah κ.α., 1994). Ο Rasmusson (1987) επισήμανε ότι η απόδοση δύναται να παραμείνει σταθερή παρά την αύξηση του αριθμού των στάχων/m², διότι παράλληλα μειώνεται ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ και το μέσο βάρος του σπόρου. Επιπρόσθετα, το ύψος φυτού παίζει έμμεσο ρόλο στην απόδοση, καθώς επηρεάζει τον βαθμό πλαγιάσματος (Bladenopoulos, 2003). Οι συνεχείς επιλογές φυτών με κοντό στέλεχος συντέλεσαν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας στο πλάγιασμα και στην καλύτερη αξιοποίηση των αυξημένων εισροών αζώτου (Ali et al., 1978). Αποτέλεσμα των παραπάνω βελτιωτικών προσπαθειών ήταν η σταδιακή μείωση του ύψους των νέων ποικιλιών, το οποίο θεωρείται ότι έχει πλέον φτάσει στα βέλτιστα επίπεδα (Richards, 1992).
- Η δεύτερη βασίστηκε στην υπόθεση ότι η παραγωγικότητα των ποικιλιών μπορεί να αυξηθεί έμμεσα, μέσω της αντιμετώπισης των περιοριστικών παραγόντων για την απόδοση. Οι σχετικές προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην ενσωμάτωση γνωρισμάτων ανθεκτικότητας έναντι βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης, αντοχής στο πλάγιασμα, πρωίμισης της παραγωγής. Μεταξύ των βιοτικών καταπονήσεων, οι ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνους μύκητες συνιστούν τους πλέον επιζήμιους παράγοντες μείωσης της απόδοσης, με κυριότερες το ωίδιο και την κίτρινη σκωρίαση. Επιπλέον, σημαντικό περιοριστικό παράγοντα αποτελεί και η ασθένεια που προκαλείται από τον ιό του μωσαϊκού (Friedt et al. 2011). Η αντιμετώπιση των εν λόγω ασθενειών βασίζεται στην

ανάπτυξη ποικιλιών που φέρουν γονίδια ανθεκτικότητας, προερχόμενα από τοπικές ποικιλίες και άγρια συγγενή είδη (Zhou, 2009). Αναφορικά με τις αβιοτικές καταπονήσεις, οι πλέον επιζήμιες για την καλλιέργεια κριθαριού είναι η ξηρασία και η αλατότητα. Είναι γνωστό ότι η ανθεκτικότητα στο αβιοτικό στρες αποτελεί ποσοτικό γνώρισμα και καθορίζεται από γονίδια, πολλά από τα οποία εξαλείφθηκαν από τους πληθυσμούς κριθαριού κατά την πορεία της εξημέρωσής του (Ivandić et al., 2000; Cattivelli et al., 2002). Με δεδομένο ότι το κριθάρι καλλιεργείται κυρίως σε μη βέλτιστα περιβάλλοντα, όπου επικρατούν συνθήκες καταπόνησης, βασική επιδίωξη των βελτιωτών αποτελεί η διατήρηση και αξιοποίηση των άγριων ειδών κριθαριού ως πηγή πολύτιμων γονιδίων ανθεκτικότητας προς ενσωμάτωση στις σύγχρονες εμπορικές ποικιλίες.

- Η τρίτη στρατηγική προτάθηκε από τον Donald (1968), ο οποίος προσέγγισε τη βελτίωση της απόδοσης, μέσω επιλογής για σχετιζόμενα μορφολογικά γνωρίσματα, με σημαντικότερα το αδελφωμα, τη διάταξη των φύλλων και τη μορφολογία του στάχους. Η δημιουργία και ο αριθμός αδελφιών συνιστούν χαρακτηριστικά που ελέγχονται από συγκεκριμένα γονίδια (Bossinger et al., 1992) και επηρεάζονται από την πυκνότητα φύτευσης, τη διαθεσιμότητα αζώτου, τη φωτοπερίοδο και τη θερμοπερίοδο (Μυλωνάς, 2012). Αντιστοίχως, η κάθετη διάταξη των φύλλων ως προς το στέλεχος αποτελεί γνώρισμα που ελέγχεται από υπολειπόμενο αλληλλόμορφο και, μέσω της εξασφάλισης καλύτερων συνθηκών φωτισμού, συμβάλλει στην ενίσχυση της φωτοσύνθεσης (Tungland et al., 1987). Όσον αφορά τη μορφολογία του στάχους, έχουν εντοπιστεί τα γονίδια που ελέγχουν τον αριθμό σειρών (δίστοιχο ή εξάστοιχο), την ύπαρξη και το μήκος των αγάνων καθώς και το μήκος στάχους. Έχει αποδειχθεί από πειράματα αγρού ότι οι ποικιλίες με μεγάλα άγανα επιτυγχάνουν υψηλότερες αποδόσεις (Shannon and Reid, 1976).

Βελτίωση ποιότητας

Εκτός από την απόδοση, βασικό βελτιωτικό στόχο αποτελεί η ενίσχυση της ποιότητας του κριθαριού. Η βελτιωμένη ποιότητα αφορά σε χαρακτηριστικά του σπόρου, όπως το χρώμα και το μέγεθος του κόκκου (Li et al., 2003), η ομοιομορφία μεγέθους και σχήματός τους (Hlinka and Bushuk, 1959), καθώς και η θρεπτική αξία των σπόρων

(π.χ. περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και β-γλυκάνες) (Baik and Ullrich, 2008). Τα τελευταία χρόνια, οι προσπάθειες των βελτιωτών στράφηκαν προς τη δημιουργία ποικιλιών κατάλληλων για βυνοποίηση. Η βελτίωση της ποιότητας του βυνοποιήσιμου κριθαριού αφορά σε χαρακτηριστικά όπως η περιεκτικότητα των κόκκων σε πρωτεΐνη, η πληρότητα του πυρήνα, η ενζυματική δραστηριότητα, η πρωτεΐνη του μούστου, η σύσταση των υδατανθράκων (περιεκτικότητα σε β-γλυκάνες και ιξώδες μούστου) και η τροποποίηση πρωτεϊνών (δείκτης Kohlbach) στη βύνη (Kunze, 2004).

1.8.2 Μέθοδοι Βελτίωσης του Κριθαριού

Από την περίοδο της εξημέρωσης των άγριων φυτών, πριν από περίπου 12.000 χρόνια, οι καλλιεργητές-βελτιωτές φυτών ήταν υπεύθυνοι για την ανάπτυξη χιλιάδων ποικιλιών σε εκατοντάδες καλλιεργούμενα είδη (Harlan, 1992). Σύμφωνα με τον Allard (1999), *«Η επικρατούσα άποψη είναι ότι ακόμη και οι πρώτοι αγρότες ήταν ικανοί βιολόγοι που επέλεξαν προσεκτικά ως γονείς αυτά τα άτομα... με δυνατότητα επιβίωσης και αναπαραγωγής στο τοπικό περιβάλλον, καθώς και με ανώτερη χρησιμότητα για τους τοπικούς καταναλωτές»*. Η βελτίωση των φυτών ως εξειδικευμένη δραστηριότητα ξεκίνησε πριν από περίπου 200 χρόνια στα κέντρα της βιομηχανικής επανάστασης (Simmonds 1979). Η σύγχρονη, επαγγελματική βελτίωση φυτών αναπτύχθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, με βάση τη θεωρία του Δαρβίνου για την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής και των γενετικών μηχανισμών της εξέλιξης που αναπτύχθηκαν από τους Mendel, Johannsen, Nilsson-Ehle, East και άλλους (Simmonds 1979, Allard, 1999).

1.8.2.1 Κλασικές μέθοδοι βελτίωσης

Γενεαλογική μέθοδος επιλογής

Η γενεαλογική μέθοδος χρησιμοποιείται κατά τη συγγενική αναπαραγωγή πληθυσμών αυτογονιμοποιούμενων και σταυρογονιμοποιούμενων ειδών με στόχο την επιλογή των υπέρτερων φυτών για τη δημιουργία των επιθυμητών ομογενών σειρών. Με αφετηρία ένα διασπώμενο πληθυσμό F₂, πραγματοποιείται επιλογή των ατομικών φυτών με επιθυμητά γνωρίσματα και δημιουργούνται οικογένειες που σπέρνονται σε χωριστή γραμμή. Στόχος είναι ο εντοπισμός των υπέρτερων γενοτύπων, οι οποίοι αξιολογούνται

με διαδοχικές απογονικές αξιολογήσεις (Τοκατλίδης, 2007). Η αξιολόγηση γίνεται διαδοχικά, παρέχοντας τη δυνατότητα ανάδειξης της γενετικής παραλλακτικότητας ως προς τα προς επιλογή χαρακτηριστικά, δίνοντας έμφαση στη χρήση περιβαλλόντων που επιτρέπουν της έκφραση της παραλλακτικότητας των προς βελτίωση χαρακτηριστικών (Ρουπακιάς, 2016). Η συγκεκριμένη μέθοδος οδήγησε στη δημιουργία της πλειοψηφίας των καλλιεργούμενων ποικιλιών κριθαριού (Verstegen et al., 2014). Έχει αποδειχθεί ότι είναι περισσότερο αποτελεσματική στον εντοπισμό επιθυμητών γενοτύπων που συνδυάζουν μεγάλη προσαρμοστική ικανότητα, όταν η επιλογή στην F3 γενεά γίνεται σε διαφορετικές περιοχές (Anderson and Reinbergs, 1985).

Μαζική μέθοδος επιλογής

Η μαζική επιλογή θεωρείται η παλαιότερη και απλούστερη μέθοδος βελτίωσης, κατά την οποία οι καλλιεργητές επέλεξαν τον σπόρο των καλύτερων φυτών για να σπείρουν την επόμενη χρονιά, γεγονός που οδήγησε στην δημιουργία των τοπικών ποικιλιών. Πραγματοποιείται επιλογή ατομικών φυτών από ετερογενείς πληθυσμούς με αποκλειστικό κριτήριο το φαινότυπο, χωρίς να ακολουθεί αξιολόγηση των απογόνων τους. Η απουσία απογονικής αξιολόγησης καθιστά τη μαζική επιλογή τη συντομότερη μέθοδο βελτίωσης, η οποία ωστόσο αποτελεί και τη μεγαλύτερη αδυναμία της (Τοκατλίδης, 2007).

Στη μαζική επιλογή, συλλέγεται μαζικά η F2 και σπέρνεται ένα τυχαίο δείγμα για την επόμενη γενιά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται στην F3 και στις επόμενες γενιές. Η επιλογή γίνεται σε μεταγενέστερες γενιές (συνήθως F4), όπου έχει πλέον επιτευχθεί υψηλό επίπεδο ομοζυγωτίας (Verstegen et al., 2014).

Καταγωγή από μεμονωμένους σπόρους (SSD)

Η μέθοδος SSD προτάθηκε ως ένας τρόπος διατήρησης της μέγιστης γενετικής παραλλακτικότητας σε αυτογονιμοποιούμενα είδη, επιτυγχάνοντας παράλληλα υψηλό επίπεδο ομοζυγωτίας. Η μέθοδος αναπτύχθηκε για τη βελτίωση γνωρισμάτων με χαμηλό h^2 . Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των γονέων, η οποία

επιτυγχάνεται με την αξιολόγηση ομοζύγωτων σειρών που προέρχονται από διάφορες διασταυρώσεις (Newman and Newman, 2008). Κατά την εφαρμογή της, γίνεται συγκομιδή ενός σπόρου από κάθε φυτό του πληθυσμού, ανάμειξη όλων των σπόρων και σπορά του δείγματος για δημιουργία της επόμενης γενεάς. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ομοζυγωτίας, οπότε συγκομίζονται ατομικά φυτά και οι σειρές που προκύπτουν αξιολογούνται ως προς τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος (Ρουπακιάς, 2016).

Αναδιασταύρωση

Η αναδιασταύρωση είναι μια μέθοδος που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τους Harlan και Pope (1922) και χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση μονογονιδιακών ή ολιγονιδιακών γνωρίσματος (Wiebe 1978), όπως αυτό του κόκκου χωρίς φλοιό. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη διενέργεια επαναλαμβανόμενων αναδιασταυρώσεων των απογόνων μιας αρχικής διασταύρωσης με έναν γονέα δότη -που εκφράζει το/τα χαρακτηριστικό/ά ενδιαφέροντος, με την ποικιλία δέκτη. Στόχο αποτελεί η ανάκτηση του γονιδιώματος του δέκτη με την ταυτόχρονη προσθήκη των γνωρισμάτων που προέρχονται από το δότη (Newman and Newman, 2008).

Διαπλοειδής επιλογή

Η εφαρμογή της διαπλοειδούς μεθόδου επιλογής (DH) αποτέλεσε σημαντική εξέλιξη στη βελτίωση του κριθαριού, καθώς επέτρεψε την δημιουργία καθαρών σειρών σε μία μόνο γενιά, ξεκινώντας από την F1. Όλοι οι υποψήφιοι DH είναι υποψήφιες ποικιλίες καθαρών σειρών, ενώ στόχο αποτελεί ο εντοπισμός της καλύτερης σειράς DH. Μόλις επιτευχθεί το επαρκές επίπεδο ομοζυγωτίας, διενεργούνται διατοπικές και διαχρονικές αξιολογήσεις ως προς την απόδοση και την σταθερότητά της. Ως πλέον αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος για τη δημιουργία διαπλοειδών σειρών θεωρείται η εμβρυογενής γυρεοκαλλιέργεια *in vitro*. Για την εφαρμογή της μεθόδου, γίνεται αναστολή της διαδικασίας φυσιολογικής ανάπτυξης της ανώριμης γύρης προς το σχηματισμό αρσενικών γαμετών και εκτροπή σε μια νέα αναπτυξιακή οδό. Η τελευταία, περιλαμβάνει διαδοχικές σωματικές κυτταροδιαίρέσεις που οδηγούν σε σχηματισμό ιστών κάλλου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία απλοειδών φυτών. Κατά τη

διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα δύο τρίτα έως τα τρία τέταρτα των νεαρών φυτών διπλασιάζουν το γονιδιώμα τους. Το αποτέλεσμα είναι ένα "διπλό απλοειδές" φυτό (DH) (Kasha and Kao 1970). Το κυριότερο πλεονέκτημα της επιλογής DH είναι η επιτάχυνση της βελτιωτικής διαδικασίας (Logue et al. 1993, Verstegen et al. 2014), καθώς η διάρκειά της μπορεί να μειωθεί κατά 2-4 χρόνια (Friedt et al., 2011).

Υβρίδια

Αν και οι περισσότερες ποικιλίες κριθαριού εξακολουθούν να είναι συμβατικές καθарές σειρές, υπάρχουν προοπτικές για πιο εκτεταμένη χρήση ποικιλιών υβριδίων. Ο πρωτοπόρος στην δημιουργία υβριδίων κριθαριού ήταν η εταιρία Syngenta, η οποία παρουσίασε τις πρώτες εμπορικές ποικιλίες-υβρίδια χειμερινού, εξάστοιχου κριθαριού το 2000 στο Ηνωμένο Βασίλειο. Την τελευταία δεκαετία, έχουν κερδίσει ένα μικρό αλλά σημαντικό μερίδιο της αγοράς στη Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γαλλία (Longin et al., 2012). Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της παραγωγής υβριδίων κριθαριού είναι η κλειστογαμία που εμφανίζει το κριθάρι, ως αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Όπως και στο σιτάρι, το επίπεδο ετέρωσης που μπορεί να επιτευχθεί στο κριθάρι δεν είναι τόσο αισθητό όσο σε σταυρογονιμοποιούμενα σιτηρά, όπως ο αραβόσιτος (Al-Khayti et al., 2019).

1.8.2.2 Μοριακές μέθοδοι βελτίωσης

Μοριακοί δείκτες

Σύμφωνα με την μέθοδο της υποβοηθούμενης από μοριακούς δείκτες επιλογής (MAS), η επιλογή βασίζεται στην παρουσία ή απουσία ενός μοριακού δείκτη, μιας συγκεκριμένης αλληλουχίας DNA, η οποία είναι στενά συνδεδεμένη με ένα επιθυμητό δομικό γονίδιο, υπεύθυνο για τον έλεγχο ενός ποιοτικού χαρακτηριστικού, ή τις γονιδιακές θέσεις που ελέγχουν ποσοτικά γνωρίσματα (QTL) (Ρουπακιάς, 2016).

Η αποτελεσματική χρήση της εν λόγω προσέγγισης προϋποθέτει την κατασκευή χρωμοσωμικών χαρτών και τη συσχέτιση μοναδικών βιοχημικών δεικτών που σχετίζονται με διαφορετικά αλληλόμορφα σε αυτές τις θέσεις. Η μοριακή χαρτογράφηση του γονιδιώματος του κριθαριού ξεκίνησε τη δεκαετία του 80'

(Kleinhofs et al., 1988) και έκτοτε, έχουν δημιουργηθεί εκτεταμένα δεδομένα από πολυάριθμες έρευνες που επέτρεψαν την ανάπτυξη λεπτομερών χαρτών σύνδεσης χρωμοσωμάτων κριθαριού.

Αν και είναι αδιαμφισβήτητο ότι η χρήση μοριακών δεικτών και η κατασκευή γενετικών χαρτών δε μπορούν να υποκαταστήσουν τις συμβατικές βελτιωτικές μεθόδους, είναι γεγονός ότι σύγχρονες προσεγγίσεις αποτελούν προέκταση των ήδη υπάρχοντων, συμβάλλοντας στην ταυτοποίηση των γονιδίων, της θέσης και του ρόλου τους στην έκφραση γνωρισμάτων (Rao et al., 2007).

Γενετική μηχανική

Με τον όρο γενετική μηχανική περιγράφεται ένα σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπουν την απομόνωση γονιδίων οποιασδήποτε προέλευσης και την εισαγωγή τους στον ίδιο ή σε άλλο οργανισμό (Newman and Newman, 2008). Το επιθυμητό γονίδιο εισάγεται σε έναν οργανισμό με την τεχνολογία ανασυνδυασμένου DNA. Το γονίδιο ενσωματώνεται σε κατάλληλους φορείς έκφρασης σε φυτά και στη συνέχεια εισάγεται στο φυτικό γονιδίωμα, έπειτα από συγκαλλιέργεια των φυτικών κυτάρων με βακτηριακά κύτταρα (*Agrobacterium*), ή με επιταχυντή σωματιδίων (Singh and Singh, 2015). Τα φυτά που εκφράζουν τέτοια γονίδια ονομάζονται διαγονιδιακά φυτά. Το πρώτο σταθερό διαγονιδιακό φυτό κριθαριού δημιουργήθηκε από τους Tingay et al. (1997), χρησιμοποιώντας συγκαλλιέργεια ανώριμων εμβρύων με το *Agrobacterium tumefaciens*. Ακολούθησε η δημιουργία πολλών διαγονιδιακών φυτών κριθαριού με επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως αυξημένη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες, ξηρασία και αλατότητα, ανθεκτικότητα έναντι μυκητολογικών ασθενειών καθώς και ενίσχυση της απόδοσης (Al-Khayri et al., 2019).

1.8.3 Πηγές γενετικού υλικού

Οι κυριότερες πηγές παραλλακτικότητας σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα κριθαριού είναι (Zhou, 2009):

Εμπορικές ποικιλίες

Σε αυτές συγκαταλέγονται οι σύγχρονες εμπορικές ποικιλίες, καθώς και ποικιλίες που έχουν αποσυρθεί από την καλλιέργεια. Οι σύγχρονες εμπορικές ποικιλίες, οι οποίες

μπορεί να αφορούν είτε σε εγχώριο είτε σε εισαγόμενο γενετικό υλικό, αντιπροσωπεύουν τους πιο πρόσφατους και επιτυχημένους γενοτύπους που προέκυψαν από βελτιωτικά προγράμματα. Η εμπορική τους επιτυχία πιστοποιεί ότι διαθέτουν πολύ καλούς συνδυασμούς γονιδίων, συγκεντρώνοντας πληθώρα επιθυμητών χαρακτηριστικών (Stoskopf et al., 1999). Ιδιαίτερα στην Ευρώπη, οι εμπορικές ποικιλίες συνιστούν πηγή άντλησης γονιδίων ανθεκτικότητας έναντι ασθενειών (Jorgensen, 1992). Επιπρόσθετα, έχουν εντοπιστεί εμπορικές ποικιλίες κριθαριού που έχουν στην κατοχή τους σχεδόν όλα τα γονίδια που απαιτούνται για την παραγωγή καλής ποιότητας κριθαριού για τη ζυθοποιία (Marquez-Cedillo et al., 2000). Η εισαγωγή γενετικού υλικού είναι περισσότερο επιτυχημένη όταν το υλικό προέρχεται από χώρες με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες (Stoskopf et al., 1999). Ένα παράδειγμα άντλησης γενετικού υλικού από ποικιλία του εξωτερικού είναι η ποικιλία ‘Θέρμη’, η οποία δημιουργήθηκε έπειτα από επιλογή στην αυστραλιανή ποικιλία ‘Clipper’ (Μυλωνάς, 2012).

Αναφορικά με τις ποικιλίες που έχουν αποσυρθεί, αν και ενδεχομένως υστερούν σε μεμονωμένα χαρακτηριστικά, μπορεί να έχουν στην κατοχή τους ορισμένα επιθυμητά γνωρίσματα. Συνεπώς, μπορούν να αποτελέσουν εξαιρετικό γενετικό υλικό σε διασταυρώσεις με κατάλληλα επιλεγμένες σύγχρονες ποικιλίες, για την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών που υπερτερούν ή για την βελτίωσή τους ως προς το γνώρισμα στο οποίο υστερούν (Ρουπακιάς, 2016). Οι Stoskopf et al. (1999) υποστηρίζουν ότι οι ποικιλίες που έχουν αποσυρθεί συμβάλλουν τα μέγιστα στη δημιουργία γενετικής παραλλακτικότητας.

Τοπικές ποικιλίες

Σύμφωνα με τον ορισμό που προτάθηκε από τους Camacho Villa et al. (2005), «*Τοπική ποικιλία ονομάζεται ένας δυναμικός πληθυσμός ενός καλλιεργούμενου φυτικού είδους, ο οποίος έχει ιστορική προέλευση, ευδιάκριτη ταυτότητα και στερείται επίσημης γενετικής βελτίωσης, ενώ συχνά ποικίλει γενετικά, προσαρμόζεται τοπικά και σχετίζεται με παραδοσιακά συστήματα καλλιέργειας*». Σημειώνουν ότι, παρόλο που τα παραπάνω χαρακτηριστικά εμφανίζονται συχνά, δεν είναι δεσμευτικό να είναι παρόντα για κάθε μεμονωμένη τοπική ποικιλία.

Με την έναρξη και την διάδοση της συστηματικής βελτίωσης των φυτών, οι νέες βελτιωμένες ποικιλίες κριθαριού αντικατέστησαν σταδιακά τις τοπικές, καθώς

περιείχαν περισσότερα από τα χαρακτηριστικά που ήταν επιθυμητά στην εντατική γεωργική παραγωγή, όπως υψηλότερη απόδοση (Harlan, 1975, Nevo, 1992). Η μετάβαση αυτή οδήγησε σε βαθμιαία γενετική διάβρωση, κυρίως αναφορικά με γονίδια που προσέδιδαν οικολογική ανθεκτικότητα στις τοπικές ποικιλίες (Kumar et al., 2020). Παρά τη μαζική στροφή προς βελτιωμένες ποικιλίες, αρκετοί παραγωγοί εξακολούθησαν να διατηρούν το ενδιαφέρον για τις τοπικές ποικιλίες κριθαριού, λόγω της καλύτερης προσαρμογής τους στις τοπικές συνθήκες καλλιέργειας (Cleveland et al., 2000). Δεδομένου ότι διατηρούνται παραδοσιακά από τους αγρότες, οι τοπικές ποικιλίες σπάνια υπόκεινται σε γενετική βελτίωση για την απόδοση και τα χαρακτηριστικά ποιότητας (Scholten et al., 2009). Έχουν μια εγγενή ικανότητα να δίνουν σταθερές αποδόσεις σε αγροοικοσυστήματα χαμηλών εισροών και έντονου βιοτικού και αβιοτικού στρες (Zeven, 1998).

Ο Ceccarelli (1996a) διαπίστωσε ότι, κάτω από δυσμενείς συνθήκες καλλιέργειας, οι τοπικές ποικιλίες κριθαριού έδιναν έως και 61 % μεγαλύτερη απόδοση από τις βελτιωμένες ποικιλίες. Συγκριτικά, σε βέλτιστες συνθήκες καλλιέργειας, οι αποδόσεις των βελτιωμένων ποικιλιών ήταν μόλις 6-18 % υψηλότερες από αυτές των τοπικών ποικιλιών. Αυτός είναι και ο λόγος που, σε περιοχές με υποβαθμισμένα εδάφη, οι τοπικές ποικιλίες συνεχίζουν να αποτελούν το ένα πέμπτο της παγκόσμιας παραγωγής σπόρων που προορίζονται για την διατροφή του ανθρώπου (Veteto, 2008).

Σύμφωνα με πρόσφατες αναφορές που προέρχονται από βελτιωτές κριθαριού, η διαθέσιμη γενετική παραλλακτικότητα στην εξημερωμένη γονιδιακή δεξαμενή έχει φτάσει σε ένα πλατό, ενώ την ίδια στιγμή πολλές καλλιέργειες παραμένουν ιδιαίτερα ευάλωτες σε βιοτικές καταπονήσεις, όπως βακτηριακές ή μυκητολογικές ασθένειες, χωρίς να έχουν βρεθεί πηγές γενετικής ανθεκτικότητας (Dempewolf et al., 2017). Δεδομένου ότι οι τοπικές ποικιλίες είναι ετερογενείς πληθυσμοί με υψηλή παραλλακτικότητα για μεγάλο εύρος χαρακτηριστικών, θεωρούνται ως πολύτιμες δεξαμενές γονιδίων ανθεκτικότητας.

Μέχρι σήμερα, στην Εθνική Τράπεζα Γενετικού Υλικού έχουν ενταχθεί 111 τοπικές ποικιλίες κριθαριού (Scholten et al. 2009).

Άγρια συγγενή είδη

Η εντατική καλλιέργεια έχει οδηγήσει σε σημαντική μείωση της γενετικής ποικιλότητας σε σχέση με τις άγριες μορφές των φυτών. Εκτός από τις τοπικές ποικιλίες, η απαιτούμενη γενετική ποικιλότητα μπορεί να αναζητηθεί σε μεγαλύτερο εύρος στα άγρια συγγενή είδη, που εμφανίζουν γενετική συγγένεια με τα καλλιεργούμενα είδη. Στην περίπτωση του κριθαριού, άγρια είδη όπως τα *H. spontaneum*, *H. agriocrithon* και *H. paradoxon* μπορούν να διαδραματίσουν καίριο ρόλο στη βελτίωση των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Τα εν λόγω άγρια είδη μπορούν να λειτουργήσουν ως πηγή γενετικού υλικού για τη βελτίωση ως προς την αντοχή έναντι αβιοτικών καταπονήσεων, όπως η ξηρασία, η αλατότητα και οι χαμηλές θερμοκρασίες (Nevo, 1992), η ανθεκτικότητα έναντι βιοτικών παραγόντων καταπόνησης (Steffenson et al., 2007) καθώς και άλλων γνωρισμάτων, όπως η αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου (Corke et al., 1988), η ωρίμανση, ο αριθμός αδελφιών και η βλαστική περίοδος (Shakhatreh et al., 2010). Τις τελευταίες δεκαετίες, η αξιοποίηση άγριων ειδών έχει εφαρμοστεί επιτυχώς για τη δημιουργία εμπορικών ποικιλιών κριθαριού κατάλληλων για ζυθοποιία, για ζωοτροφή, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, καθώς και ποικιλίες με βελτιωμένη παραγωγικότητα (Sun and Gong, 2009).

Μεταλλάξεις

Μια καθαρή σειρά μπορεί να παραμείνει γενετικά σταθερή μόνο για μικρό χρονικό διάστημα, καθώς στο πέρασμα του χρόνου δημιουργείται γενετική παραλλακτικότητα εξαιτίας των αυθόρμητων μεταλλάξεων. Μεταλλάξεις ονομάζονται οι κληρονομήσιμες αλλαγές στο γενετικό υλικό και είναι ένα φυσικό φαινόμενο της ζωής (Ρουπακιάς, 2016). Οποιαδήποτε αλλαγή στην αλληλουχία των νουκλεοτιδίων σε ένα γονιδίωμα μπορεί να θεωρηθεί ως μετάλλαξη με την ευρεία έννοια (Saitou, 2013). Οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν φυσικά αυξάνουν την γενετική παραλλακτικότητα των πληθυσμών, η οποία αποτελεί την βάση για την περεταίρω βελτίωση ενός πληθυσμού (Ρουπακιάς, 2016). Η ανάπτυξη ημι-νάνων μεταλλαγμένων ποικιλιών στο κριθάρι (*Hordeum vulgare*), όπως η Golden Promise και η Diamant στις αρχές της δεκαετίας του 1970, είναι εξέχοντα παραδείγματα αξιοποίησης των μεταλλάξεων στην βελτίωση του κριθαριού (Spencer-Lopes et al. 2018).

1.9 Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση των παραγωγικών χαρακτηριστικών 150 γενοτύπων κριθαριού στις ελληνικές συνθήκες καλλιέργειας, καθώς και της γενετικής παραλλακτικότητας που εμφανίζει ο συγκεκριμένος πληθυσμός. Στόχο του πειράματος αποτέλεσε ο εντοπισμός των γενοτύπων με επιθυμητά μορφολογικά χαρακτηριστικά, οι οποίοι θα αποτελέσουν ένα ιδανικό γενετικό υλικό για την δημιουργία νέων εμπορικών ποικιλιών κριθαριού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Φυτικό υλικό

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 150 ευρωπαϊκές συλλογές κριθαριού του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, του εργαστηρίου Σιτηρών, ενώ ως μάρτυρας αξιοποιήθηκε η εμπορική ποικιλία ‘Θεσσαλονίκη’ (Πίνακας 1). Η εν λόγω δίστοιχη ποικιλία δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Σιτηρών το 1999 και αποτελεί προϊόν διασταύρωσης των ποικιλιών ‘Hera’ και ‘Atomir’ (Μυλωνάς, 2012). Πρόκειται για μεσοπρώμη ποικιλία, μετρίου ύψους (90-100 εκ.) και πολύ καλής προσαρμοστικότητας, η οποία παρουσιάζει πλούσιο αδελφωμα και αντοχή στο πλάγιασμα, στους χειμερινούς και ανοιξιάτικους παγετούς, καθώς και σε πλήθος ασθενειών. Το βάρος χιλίων κόκκων της ανέρχεται στα 36-42 g και η περιεκτικότητά της σε πρωτεΐνη είναι 12-13 %. Προορίζεται κυρίως για κτηνοτροφική χρήση (ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, 2016).

Πίνακας 2.1 Γενότυποι κριθαριού που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Hv_1	Hv_26	Hv_51	Hv_76	Hv_101	Hv_126
Hv_2	Hv_27	Hv_52	Hv_77	Hv_102	Hv_127
Hv_3	Hv_28	Hv_53	Hv_78	Hv_103	Hv_128
Hv_4	Hv_29	Hv_54	Hv_79	Hv_104	Hv_129
Hv_5	Hv_30	Hv_55	Hv_80	Hv_105	Hv_130
Hv_6	Hv_31	Hv_56	Hv_81	Hv_106	Hv_131
Hv_7	Hv_32	Hv_57	Hv_82	Hv_107	Hv_132
Hv_8	Hv_33	Hv_58	Hv_83	Hv_108	Hv_133
Hv_9	Hv_34	Hv_59	Hv_84	Hv_109	Hv_134
Hv_10	Hv_35	Hv_60	Hv_85	Hv_110	Hv_135
Hv_11	Hv_36	Hv_61	Hv_86	Hv_111	Hv_136
Hv_12	Hv_37	Hv_62	Hv_87	Hv_112	Hv_137
Hv_13	Hv_38	Hv_63	Hv_88	Hv_113	Hv_138
Hv_14	Hv_39	Hv_64	Hv_89	Hv_114	Hv_139
Hv_15	Hv_40	Hv_65	Hv_90	Hv_115	Hv_140
Hv_16	Hv_41	Hv_66	Hv_91	Hv_116	Hv_141
Hv_17	Hv_42	Hv_67	Hv_92	Hv_117	Hv_142
Hv_18	Hv_43	Hv_68	Hv_93	Hv_118	Hv_143
Hv_19	Hv_44	Hv_69	Hv_94	Hv_119	Hv_144
Hv_20	Hv_45	Hv_70	Hv_95	Hv_120	Hv_145
Hv_21	Hv_46	Hv_71	Hv_96	Hv_121	Hv_146
Hv_22	Hv_47	Hv_72	Hv_97	Hv_122	Hv_147

Hv_23	Hv_48	Hv_73	Hv_98	Hv_123	Hv_148
Hv_24	Hv_49	Hv_74	Hv_99	Hv_124	Hv_149
Hv_25	Hv_50	Hv_75	Hv_100	Hv_125	Hv_150
					Θεσσαλονίκη

2.2 Σχεδιασμός και εγκατάσταση πειράματος

Οι 150 γενότυποι κριθαριού αξιολογήθηκαν σε πειραματικό σχέδιο των πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 2 επαναλήψεις. Το πειραματικό τεμάχιο αποτελούνταν από μία γραμμή 2 μέτρων, ενώ οι γραμμές απέιχαν 0,25 m μεταξύ τους (Εικόνα 2.1).





Εικόνα 2.1 Εγκατάσταση πειράματος αξιολόγησης των ευρωπαϊκών συλλογών κριθαριού.

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο 2021-2022 στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, στην Θεσσαλονίκη, σε συνεργασία με το Εργαστήριο Σιτηρών.

Η σπορά του κριθαριού πραγματοποιήθηκε στις 13 Δεκεμβρίου του 2021 με σπαρτική μηχανή σιτηρών. Η λίπανση χωρίστηκε σε βασική και επιφανειακή. Η βασική λίπανση έγινε πριν την σπορά, με 15 kg/στρ. φωσφορική αμμωνία (20-10-10+6SO₃). Η επιφανειακή λίπανση πραγματοποιήθηκε στις 1 Μαρτίου του 2022 με 8 kg/στρ νιτρική αμμωνία (33,5-0-0).

Για την καταπολέμηση των ζιζανίων χρησιμοποιήθηκε το Axial (6% pinoxaden+1,55% clonquintocet-mexyl). Πρόκειται για εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο που εφαρμόζεται στην καταπολέμηση αγρωστώδων και πλατύφυλλων ζιζανίων.

Στις 7/7/2022, πραγματοποιήθηκε συγκομιδή με τα χέρια και αλωνισμός των δειγμάτων σε σταθερή πειραματική μηχανή (Wintersteiger) (Εικόνα 2.2).

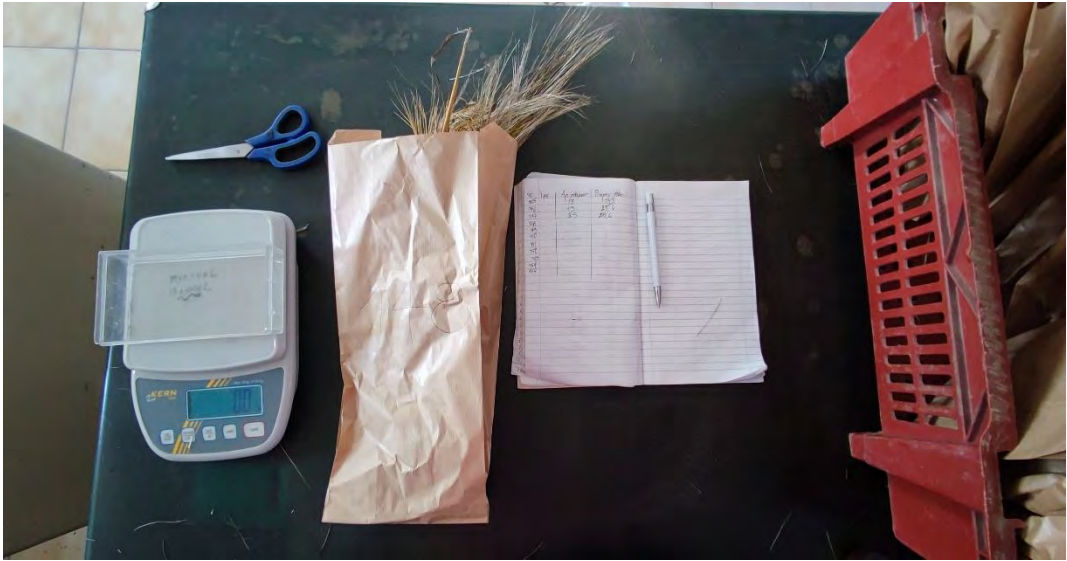


Εικόνα 2.2 Αλωνισμός των δειγμάτων σε σταθερή πειραματική μηχανή.

2.3 Χαρακτηριστικά που αξιοποιήθηκαν ως παράμετροι αξιολόγησης

- **Απόδοση και συστατικά αυτής:** Η απόδοση κάθε πειραματικού τεμαχίου εκφράστηκε σε kg/στρ.

- **Ύψος φυτών:** Καταγράφηκε στον πειραματικό αγρό λίγες μέρες πριν την ωρίμανση και υπολογίστηκε ο μέσος όρος του ύψους για κάθε πειραματικό τεμάχιο. Προκειμένου να υπολογιστεί ο μέσος όρος ύψους, μετρήθηκε το ύψος από πέντε αντιπροσωπευτικά φυτά σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.
- **Βάρος στάχου:** Ζυγίστηκαν πέντε αντιπροσωπευτικά δείγματα από κάθε πειραματικό τεμάχιο με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας ενός δεκαδικού και υπολογίστηκε ο μέσος όρος βάρους του ενός στάχου (Εικόνα 2.3).
- **Μήκος στάχου χωρίς τα άγανα:** Μετρήθηκε το μήκος πέντε αντιπροσωπευτικών στάχων από κάθε πειραματικό τεμάχιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος μήκους του ενός στάχου.
- **Μήκος στάχου μαζί με τα άγανα:** Μετρήθηκε το μήκος πέντε αντιπροσωπευτικών στάχων, συμπεριλαμβανομένων των αγάνων, από κάθε πειραματικό τεμάχιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος μήκους του ενός στάχου.
- **Αριθμός σπόρων στον στάχου:** Μετρήθηκε ο αριθμός σπόρων πέντε αντιπροσωπευτικών στάχων από κάθε πειραματικό τεμάχιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος αριθμού σπόρων σε έναν στάχου.





Εικόνα 2.3 Ζύγιση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από κάθε πειραματικό τεμάχιο με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας για τον υπολογισμό του μέσου όρου βάρους του ενός στάχυ.

2.4 Στατιστική ανάλυση

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS ver. 16.0. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της παραλλακτικότητας για όλα τα χαρακτηριστικά στα οποία αξιολογήθηκαν οι γενότυποι του πειράματος. Οι συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης και των συστατικών του παραγωγικού δυναμικού έγιναν με τη βοήθεια του συντελεστή συσχέτισης Pearson. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η δοκιμή Tukey HSD, προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των διακυμάνσεων αποκάλυψε σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενότυπων για όλους τους χαρακτήρες που μελετήθηκαν, υποδεικνύοντας την παρουσία επαρκούς γενετικής παραλλακτικότητας μεταξύ των γενότυπων. Τα μέσα τετράγωνα του γενότυπου ήταν σημαντικά για όλα τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν. Επομένως, ο γενότυπος είχε μεγάλη επίδραση σε όλα τα χαρακτηριστικά. Στις επόμενες υποενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά οι αναλύσεις παραλλακτικότητας για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.

3.1 Απόδοση ανά στρέμμα

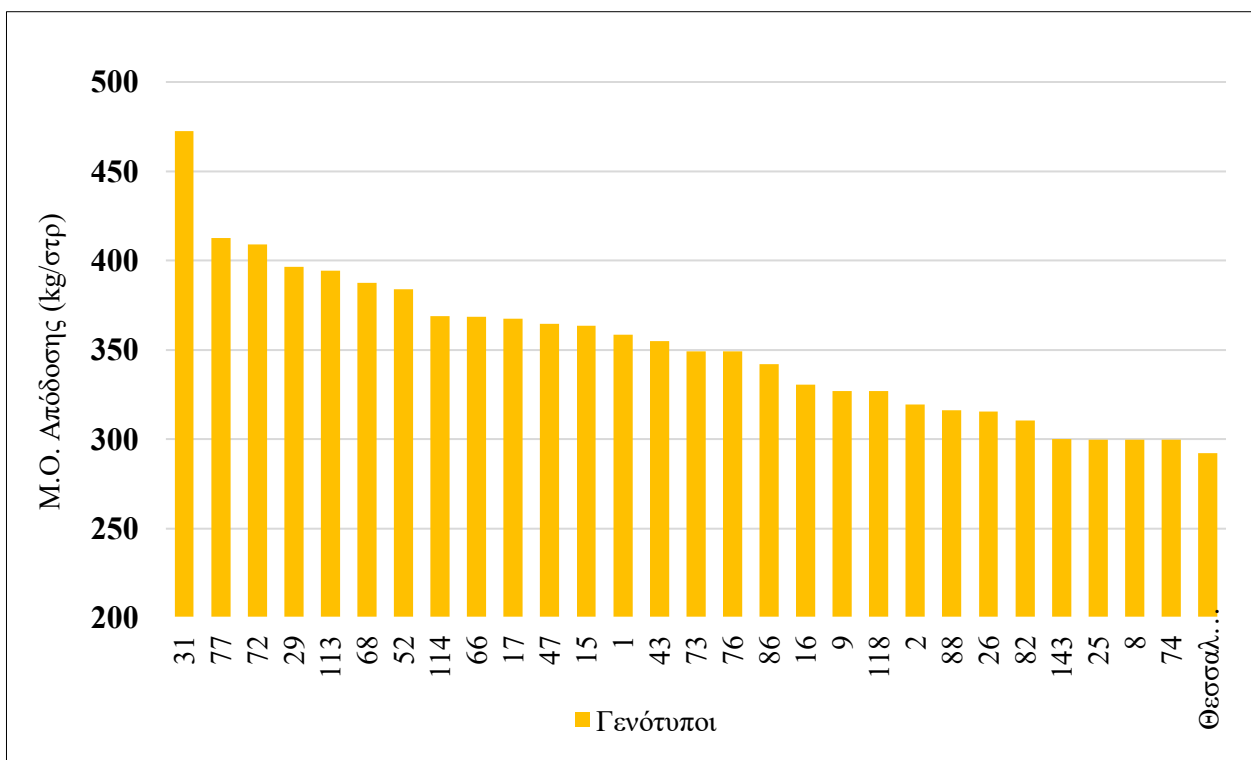
Ο γενικός μέσος όρος για την απόδοση ανά στρέμμα ήταν 203,420 Kg/στρ. και συνεπώς σημαντικά μικρότερος από το μέσο όρο απόδοσης του μάρτυρα (292 kg/στρ.). Επιπλέον, εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διακύμανση στις αποδόσεις των εξεταζόμενων γενότυπων (Πίνακας 3.1). Η τιμή του συντελεστή παραλλακτικότητας του πειράματος ως προς την απόδοση ήταν $CV = 33 \%$, γεγονός που υποδηλώνει έντονη διαφοροποίηση των τιμών της μεταβλητής σε σχέση με το μέσο όρο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, παρόλο που αρκετοί γενότυποι έδωσαν σημαντικά μικρότερες αποδόσεις από τον μάρτυρα, υπήρξαν ορισμένοι γενότυποι που ξεχώρισαν για τις πολύ υψηλές τους αποδόσεις. Για παράδειγμα, η μικρότερη απόδοση που μετρήθηκε ήταν 49 kg/στρ. (γενότυποι με κωδικό: Hv_85, Hv_92), ενώ η υψηλότερη ήταν 472,5 kg/στρ. (γενότυπος με κωδικό: Hv_31) (Πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.1 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την απόδοση ανά στρέμμα των γενότυπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F
Γενότυποι	2796753,5	150	18645,0	4,06**
Ομάδα	26114,4	1	26114,4	5,69*
Σφάλμα	688927,8	150	4592,9	0,00**

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$.

Διάγραμμα 3.1 Κατάταξη των γενοτύπων που υπερτερούσαν του μάρτυρα στην στρεμματική απόδοση, κατά φθίνουσα σειρά.



3.2 Ύψος φυτού

Το μέσο ύψος φυτού ήταν 108,6 cm, σημαντικά μεγαλύτερο από το μέσο ύψος του μάρτυρα (87 cm). Είναι ενδεικτικό ότι μόνο δύο από τους 150 εξεταζόμενους γενοτύπους είχαν μικρότερο μέσο ύψος από τον μάρτυρα. Το εύρος τιμών μεταξύ των γενοτύπων ήταν μεγάλο για το χαρακτηριστικό αυτό, καθώς το ύψος φυτού κυμάνθηκε από 63 cm (Hv_22) έως 141 cm (Hv_109).

Στον εξεταζόμενο πληθυσμό υπήρχαν αρκετοί γενότυποι που ξεχώρισαν για το μικρό ύψος φυτού. Εκτός από τον Hv_22 που είχε εξαιρετικά μικρό ύψος, γενότυποι όπως οι Hv_134, Hv_68, Hv_90, Hv_125, Hv_28, Hv_32, Hv_61, Hv_24, Hv_30, Hv_130 ξεχώρισαν για το μικρό τους ύψος, το οποίο συμβάδιζε με το επιθυμητό ύψος αρκετών καλλιεργούμενων εμπορικών ποικιλιών. Αντιθέτως, φυτά των οποίων το ύψος ξεπερνούσε τα 125 cm εμφάνισαν οι γενότυποι Hv_5, Hv_9, Hv_11, Hv_106, Hv_107, Hv_108, Hv_109, Hv_110, Hv_111, Hv_113, Hv_114, Hv_115, Hv_120, Hv_122, Hv_126, Hv_127.

Πίνακας 3.2 Ανάλυση παραλλακτικότητας για το ύψος φυτού των γενοτύπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F
Γενότυποι	43449,7	150	289,7	49,45**
Ομάδα	3147,8	1	3147,8	537,32**
Σφάλμα	878,7	150	5.858 ^b	0,00**

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$.

3.3 Βάρος στάχυ

Το μέσο βάρος στάχυ ήταν 1,36 g και συνεπώς δε διέφερε σημαντικά από το μέσο βάρος στάχυ του μάρτυρα (1,37 g). Παρατηρήθηκε μεγάλο εύρος τιμών για το χαρακτηριστικό αυτό. Το βάρος του στάχυ κυμάνθηκε από 0,460 g (Hv_103), έως 2,565 g (Hv_12). Οι 59 από τους 150 γενοτύπους που αξιολογήθηκαν εμφάνισαν μεγαλύτερο μέσο βάρος στάχυ από τον μάρτυρα. Εντοπίστηκαν γενότυποι με βάρος στάχυ μεγαλύτερο από 2,0 g (Hv_12, Hv_14, Hv_7, Hv_119, Hv_118, Hv_143, Hv_3, Hv_120, Hv_5, Hv_1, Hv_41, Hv_51, Hv_94), καθώς και γενότυποι με βάρος στάχυ μικρότερο από 0,8 g (Hv_103, Hv_125, Hv_116, Hv_137, Hv_93, Hv_130, Hv_18, Hv_8).

Πίνακας 3.3 Η ανάλυση παραλλακτικότητας για το βάρος στάχυ των γενοτύπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F
Γενότυποι	53,8	150	0,4	1609,440**
Ομάδα	0,3	1	0,3	1514,782**
Σφάλμα	0,0	150	.000b	0,00**

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$.

Πίνακας 3.4 Γενότυποι που υπερτερούσαν του μάρτυρα ως προς το βάρος του στάχυ.

α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.	α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.
1	Hv_12	2,565	31	Hv_65	1,660
2	Hv_14	2,491	32	Hv_105	1,659
3	Hv_7	2,460	33	Hv_81	1,652

4	Hv_119	2,460
5	Hv_118	2,452
6	Hv_143	2,371
7	Hv_3	2,360
8	Hv_120	2,287
9	Hv_5	2,237
10	Hv_1	2,158
11	Hv_41	2,128
12	Hv_51	2,041
13	Hv_94	2,019
14	Hv_44	1,990
15	Hv_102	1,950
16	Hv_75	1,950
17	Hv_63	1,921
18	Hv_2	1,914
19	Hv_87	1,895
20	Hv_37	1,873
21	Hv_57	1,825
22	Hv_122	1,768
23	Hv_113	1,765
24	Hv_6	1,745
25	Hv_147	1,745
26	Hv_127	1,707
27	Hv_10	1,679
28	Hv_9	1,678
29	Hv_4	1,672
30	Hv_86	1,661

34	Hv_69	1,640
35	Hv_85	1,640
36	Hv_88	1,629
37	Hv_54	1,592
38	Hv_115	1,590
39	Hv_80	1,573
40	Hv_96	1,552
41	Hv_46	1,551
42	Hv_40	1,544
43	Hv_39	1,542
44	Hv_38	1,531
45	Hv_49	1,515
46	Hv_82	1,513
47	Hv_25	1,512
48	Hv_107	1,505
49	Hv_64	1,485
50	Hv_79	1,473
51	Hv_101	1,467
52	Hv_61	1,467
53	Hv_52	1,454
54	Hv_109	1,425
55	Hv_126	1,404
56	Hv_144	1,396
57	Hv_92	1,389
58	Hv_108	1,389
59	Hv_77	1,379
60	Θεσσαλονίκη	1,375

3.4 Μήκος στάχυ

Το μέσο μήκος στάχυ ήταν 8,7 cm, σημαντικά μικρότερο από το μέσο μήκος στάχυ του μάρτυρα. Το εύρος των τιμών για το χαρακτηριστικό αυτό κυμαινόταν από 5,040 cm (Hv_103), έως 12,915 cm (Hv_28). Μόνο ένας γενότυπος (Hv_28) είχε μεγαλύτερο μέσο μήκος στάχυ από του μάρτυρα. Εντοπίστηκαν γενότυποι με μήκος στάχυ που ξεπερνούσε τα 11 cm (Hv_28, Hv_8, Hv_18, Hv_30, Hv_31, Hv_32, Hv_40, Hv_49, Hv_65, Hv_66, Hv_134, Hv_150), καθώς και γενότυποι των οποίων ο στάχυς είχε μήκος μικρότερο από 6 cm (Hv_3, Hv_14, Hv_34, Hv_37, Hv_38, Hv_76, Hv_90, Hv_91, Hv_103, Hv_120).

Πίνακας 3.5 Ανάλυση παραλλακτικότητας για το μήκος στάχυ των γενοτύπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F
Γενότυποι	751,1	150	5,0	441,00**
Ομάδα	51,8	1	51,8	4558,76**
Σφάλμα	1,7	150	.011 ^b	0,00**

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$.

3.5 Μήκος στάχυ με άγανα

Το μέσο μήκος στάχυ μαζί με τα άγανα ήταν 17,4 cm και συνεπώς λίγο μικρότερο από το μέσο μήκος του μάρτυρα (18,6 cm). Παρατηρήθηκε μεγάλο εύρος τιμών μεταξύ των γενοτύπων ως προς το χαρακτηριστικό αυτό. Το μήκος κυμάνθηκε από 7,140 cm (Hv_103) έως 24,675 cm (Hv_18). Βρέθηκε ότι 64 από τους εξεταζόμενους γενοτύπους είχαν μεγαλύτερο μέσο μήκος στάχυ με άγανα από του μάρτυρα (Πίνακας 3.7). Εντοπίστηκαν γενότυποι των οποίων το μήκος στάχυ με άγανα ξεπερνούσε τα 22 cm (Hv_18, Hv_8, Hv_65, Hv_83, Hv_150, Hv_5, Hv_31, Hv_89, Hv_60, Hv_1, Hv_85, Hv_112), καθώς και γενότυποι των οποίων το μήκος στάχυ με άγανα ήταν μικρότερο από 10 cm (Hv_103, Hv_3, Hv_41, Hv_125, Hv_110, Hv_90).

Πίνακας 3.6 Ανάλυση παραλλακτικότητας για μήκος στάχυ με άγανα των γενοτύπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F
Γενότυποι	3243,4	150	21,6	371,72**
Ομάδα	205,1	1	205,1	3525,42**
Σφάλμα	8,7	150	.058 ^b	0,00**

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$.

Πίνακας 3.7 Γενότυποι που υπερτερούσαν του μάρτυρα ως προς το μήκος στάχυ μαζί με τα άγανα.

α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.
1	Hv_18	24,675
2	Hv_8	24,255
3	Hv_65	23,730
4	Hv_83	23,730

α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.
33	Hv_139	19,750
34	Hv_105	19,740
35	Hv_63	19,740
36	Hv_30	19,635

5	Hv_150	23,730
6	Hv_5	23,625
7	Hv_31	23,100
8	Hv_89	22,890
9	Hv_60	22,785
10	Hv_1	22,680
11	Hv_85	22,575
12	Hv_112	22,155
13	Hv_143	21,630
14	Hv_32	21,525
15	Hv_16	21,525
16	Hv_71	21,525
17	Hv_20	21,315
18	Hv_64	21,315
19	Hv_136	21,315
20	Hv_55	21,105
21	Hv_78	21,000
22	Hv_33	20,790
23	Hv_2	20,475
24	Hv_21	20,475
25	Hv_86	20,475
26	Hv_119	20,475
27	Hv_135	20,160
28	Hv_40	20,055
29	Hv_109	20,055
30	Hv_148	20,055
31	Hv_53	19,950
32	Hv_77	19,950

37	Hv_145	19,635
38	Hv_79	19,530
39	Hv_7	19,425
40	Hv_25	19,320
41	Hv_127	19,320
42	Hv_134	19,320
43	Hv_107	19,215
44	Hv_58	19,215
45	Hv_113	19,110
46	Hv_13	18,900
47	Hv_49	18,900
48	Hv_48	18,900
49	Hv_11	18,795
50	Hv_76	18,795
51	Hv_137	18,795
52	Hv_147	18,690
53	Hv_92	18,585
54	Hv_96	18,585
55	Hv_144	18,585
56	Hv_87	18,585
57	Hv_39	18,480
58	Hv_54	18,480
59	Hv_149	18,480
60	Hv_61	18,375
61	Hv_94	18,375
62	Hv_117	18,270
63	Hv_115	18,165
64	Hv_141	18,165
	Θεσσαλονίκη	18,165

3.6 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ

Ο μέσος αριθμός σπόρων ανά στάχυ ήταν 50 και συνεπώς σημαντικά μεγαλύτερος από τον αριθμό σπόρων του μάρτυρα (34). Το εύρος τιμών για αυτό το χαρακτηριστικό ήταν μεγάλο, με τον αριθμό σπόρων να κυμαίνεται από 22 (Hv_15, Hv_136, Hv_146), έως 94 (Hv_14). Βρέθηκε ότι οι περισσότεροι (106) από τους εξεταζόμενους γενότυπους είχαν ίσο ή μεγαλύτερο αριθμό σπόρων από τον μάρτυρα (Πίνακας 3.9). Εντοπίστηκαν γενότυποι με περισσότερους από 70 σπόρων στον στάχυ (Hv_14, Hv_4, Hv_12, Hv_41, Hv_120, Hv_37, Hv_44, Hv_68, Hv_95), καθώς και γενότυποι με λιγότερους από 25 σπόρους στον στάχυ (Hv_146, Hv_136, Hv_15, Hv_23, Hv_26, Hv_58, Hv_60).

Πίνακας 3.8 Η ανάλυση παραλλακτικότητας για το ύψος φυτού των γενοτύπων κριθαριού.

Πηγή παραλλ/τας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F	Sig.
Γενότυποι	87470,8	150	583,1	11006,75**	0,000
Ομάδα	1192,1	1	1192,1	22500,00**	0,000
Σφάλμα	7,9	150	0,1	0,00**	0,000

*Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,05$, **Σημαντικές διαφορές για $\alpha=0,01$

Πίνακας 3.9 Γενότυποι με μεγαλύτερο ή ίσο αριθμό σπόρων/στάχυ με τον μάρτυρα.

α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.	α/α	Γενότυπος	Μ.Ο.
1	Hv_14	94,0	54	Hv_80	58,0
2	Hv_4	82,0	55	Hv_82	58,0
3	Hv_12	82,0	56	Hv_83	58,0
4	Hv_41	82,0	57	Hv_84	58,0
5	Hv_120	82,0	58	Hv_85	58,0
6	Hv_37	76,0	59	Hv_86	58,0
7	Hv_44	76,0	60	Hv_88	58,0
8	Hv_68	76,0	61	Hv_91	58,0
9	Hv_95	70,0	62	Hv_92	58,0
10	Hv_1	70,0	63	Hv_97	58,0
11	Hv_42	70,0	64	Hv_98	58,0
12	Hv_46	70,0	65	Hv_102	58,0
13	Hv_61	70,0	66	Hv_104	58,0
14	Hv_90	70,0	67	Hv_105	58,0
15	Hv_54	70,0	68	Hv_117	58,0
16	Hv_113	70,0	69	Hv_122	58,0
17	Hv_116	70,0	70	Hv_124	58,0
18	Hv_119	70,0	71	Hv_126	58,0
19	Hv_3	64,0	72	Hv_127	58,0
20	Hv_11	64,0	73	Hv_130	58,0
21	Hv_24	64,0	74	Hv_139	58,0
22	Hv_25	64,0	75	Hv_144	58,0
23	Hv_33	64,0	76	Hv_145	58,0
24	Hv_34	64,0	77	Hv_148	58,0
25	Hv_38	64,0	78	Hv_6	52,0
26	Hv_45	64,0	79	Hv_9	52,0
27	Hv_81	64,0	80	Hv_52	52,0
28	Hv_96	64,0	81	Hv_77	52,0
29	Hv_99	64,0	82	Hv_78	52,0
30	Hv_101	64,0	83	Hv_89	52,0

31	Hv_107	64,0
32	Hv_108	64,0
33	Hv_109	64,0
34	Hv_112	64,0
35	Hv_149	64,0
36	Hv_57	64,0
37	Hv_64	64,0
38	Hv_71	64,0
39	Hv_87	64,0
40	Hv_118	64,0
41	Hv_121	64,0
42	Hv_128	64,0
43	Hv_140	64,0
44	Hv_141	64,0
45	Hv_143	64,0
46	Hv_22	58,0
47	Hv_35	58,0
48	Hv_39	58,0
49	Hv_50	58,0
50	Hv_51	58,0
51	Hv_63	58,0
52	Hv_70	58,0
53	Hv_75	58,0

84	Hv_94	52,0
85	Hv_147	52,0
86	Hv_67	52,0
87	Hv_73	52,0
88	Hv_74	52,0
89	Hv_79	52,0
90	Hv_115	52,0
91	Hv_100	46,0
92	Hv_5	46,0
93	Hv_7	46,0
94	Hv_8	46,0
95	Hv_10	46,0
96	Hv_106	46,0
97	Hv_114	46,0
98	Hv_72	40,0
99	Hv_110	40,0
100	Hv_111	40,0
101	Hv_131	40,0
102	Hv_18	34,0
103	Hv_28	34,0
104	Hv_30	34,0
105	Hv_125	34,0
106	Hv_134	34,0
107	Θεσσαλονίκη	34,0

Πίνακας 3.10 Οι μέσοι όροι των χαρακτηριστικών που εξετάστηκαν σε κάθε γενότυπο.

Γενότυποι	Μ.Ο. Απόδοσης (kg/ στρ)	Μ.Ο. Ύψους φυτού (cm)	Μ.Ο. Βάρους στάχυ (g)	Μ.Ο. Μήκος στάχυ (cm)	Μ.Ο. Μήκους στάχυ με άγανα (cm)	Μ.Ο. Αριθμ ού σπόρων/στ άχυ
Hv_1	358,5 ^{abcdefghijk}	115,000 ^{klmnopqrstuvwxyz}	2,158 ^e	9,975 ^{lmno}	22,680 ^{bcde}	70,0 ^d
Hv_2	319,5 ^{abcdefghijk}	103,500 ^{yz...ak}	1,914 ^{hi}	10,080 ^{klmn}	20,475 ^{ijklm}	30,0 ^l
Hv_3	170,0 ^{abcdefghijk}	113,500 ^{lmnopqrstuvwxyzaa}	2,360 ^c	5,355 ^{aqar}	8,295 ^{bb}	64,0 ^e
Hv_4	235,0 ^{abcdefghijk}	112,000 ^{mnopqrstuvwxyz...ab}	1,672 ^{no}	6,615 ^{ak...am}	15,855 ^{aj...ap}	82,0 ^b
Hv_5	299,5 ^{abcdefghijk}	126,500 ^{bedefghi}	2,237 ^d	8,190 ^{x...ab}	23,625 ^{abc}	46,0 ^h
Hv_6	191,0 ^{abcdefghijk}	119,500 ^{ghijklmnopq}	1,745 ^{lm}	7,560 ^{ad...ah}	15,855 ^{aj...ap}	52,0 ^g
Hv_7	254,0 ^{abcdefghijk}	118,000 ^{ghijklmnopqrs}	2,460 ^b	7,350 ^{af...aj}	19,425 ^{mnopqrs}	46,0 ^h
Hv_8	299,5 ^{abcdefghijk}	96,000 ^{ah...ap}	,790 ^{aiajak}	11,025 ^{cdefg}	24,255 ^a	46,0 ^h
Hv_9	327,0 ^{abcdefghijk}	127,500 ^{bedefgh}	1,678 ^{mno}	6,510 ^{al...an}	18,060 ^{vwxyz...ad}	52,0 ^g
Hv_10	173,5 ^{abcdefghijk}	123,000 ^{efghijklm}	1,679 ^{mno}	7,665 ^{ac...ag}	16,800 ^{af...ak}	46,0 ^h
Hv_11	135,0 ^{bedefghijk}	133,000 ^{abcde}	1,212	7,875 ^{aa...ae}	18,795 ^{pqrstuvw}	64,0 ^e
Hv_12	160,0 ^{bedefghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	2,565 ^a	7,980 ^{z...ad}	17,850 ^{wxyz...af}	82,0 ^b
Hv_13	159,0 ^{bedefghijk}	117,500 ^{ghijklmnopqrst}	1,350 ^{ab...af}	9,765 ^{mnop}	18,900 ^{opqrstuvw}	28,0 ^m

Hv_14	244,5	abcdefghijk	113,500	lmnopqrstuvwxyzaa	2,491 ^b	5,460 ^{aqar}	17,535 ^{yz...ag}	94,0 ^a
Hv_15	363,5	abcdefghij	124,000	efghijkl	,968	7,245 ^{ag...aj}	15,645 ^{al...ar}	22,0 ^p
Hv_16	330,5	abcdefghijk	119,500	fghijklmnopq	,929	8,085 ^{y...ac}	21,525 ^{fghi}	26,0 ⁿ
Hv_17	367,5	abcdefghi	102,000	ab...an	1,111	9,030 ^{stu}	15,855 ^{aj...ap}	28,0 ^m
Hv_18	167,0	abcdefghijk	102,500	aa...am	,774 ^{ajak}	11,550 ^b	24,675 ^a	34,0 ^j
Hv_19	90,0	defghijk	113,000	lmnopqrstuvwxyz...ab	1,045	10,290 ^{ijkl}	15,015 ^{ao...au}	26,0 ⁿ
Hv_20	75,5	fghijk	106,500	tuvwxyz...ai	1,192	9,240 ^{qrst}	21,315 ^{ghi}	26,0 ⁿ
Hv_21	105,5	bcdefghijk	97,000	ag...ap	,996	8,925 ^{tuv}	20,475 ^{ijklm}	26,0 ⁿ
Hv_22	131,5	bcdefghijk	63,000	ar	1,202	7,875 ^{aa...ae}	14,700 ^{aq...au}	58,0 ^f
Hv_23	159,5	bcdefghijk	107,500	stuvwxyz...ag	,869 ^{ah}	8,505 ^{vwxy}	14,805 ^{ap...au}	24,0 ^o
Hv_24	126,0	bcdefghijk	92,000	am...aq	1,358 ^{aa...ad}	8,505 ^{vwxy}	16,380 ^{ah...an}	64,0 ^e
Hv_25	211,5	abcdefghijk	103,000	z...al	1,512 ^{tuvw}	8,085 ^{y...ac}	19,320 ^{nopqrst}	64,0 ^e
Hv_26	315,5	abcdefghijk	104,500	wxyz...ai	1,229	8,190 ^{x...ab}	15,960 ^{ai...ao}	24,0 ^o
Hv_27	174,5	abcdefghijk	100,000	ac...ao	1,142	10,815 ^{efgh}	14,910 ^{ao...au}	30,0 ^l
Hv_28	279,5	abcdefghijk	91,000	an...aq	,968	12,915 ^a	18,060 ^{vwxyz...ad}	34,0 ^j
Hv_29	396,5	abcd	108,500	qrstuvwxyz...af	,897 ^{ah}	9,765 ^{mnop}	17,640 ^{xyz...ag}	28,0 ^m
Hv_30	243,5	abcdefghijk	92,000	am...aq	1,073	11,130 ^{bcdef}	19,635 ^{mnopq}	34,0 ^j
Hv_31	472,5 ^a		100,000	ac...ao	1,279 ^{ag}	11,235 ^{bcde}	23,100 ^{bcd}	28,0 ^m
Hv_32	158,5	bcdefghijk	91,000	an...aq	1,211	11,340 ^{bcd}	21,525 ^{fghi}	30,0 ^l
Hv_33	203,0	abcdefghijk	96,000	ah...ap	1,339 ^{ab...ag}	10,500 ^{hijk}	20,790 ^{hijkl}	64,0 ^e
Hv_34	140,0	bcdefghijk	117,500	ghijklmnopqrst	1,193	5,460 ^{aqar}	16,905 ^{ac...aj}	64,0 ^e
Hv_35	224,5	abcdefghijk	102,000	ab...an	1,153	8,295 ^{x...aa}	15,225 ^{ao...at}	58,0 ^f
Hv_36	74,0	fghijk	104,500	wxyz...ai	,860 ^{ah}	10,500 ^{hijk}	17,115 ^{ac...ah}	30,0 ^l
Hv_37	172,0	abcdefghijk	118,000	fghijklmnopqrs	1,873 ^{ij}	5,670 ^{apaq}	15,750 ^{ak...aq}	76,0 ^c
Hv_38	82,0	efghijk	105,500	vwxyz...ah	1,531 ^{stuv}	5,775 ^{apaq}	12,495 ^{ax...az}	64,0 ^e
Hv_39	105,0	bcdefghijk	108,000	rstuvwxyz...ag	1,542 ^{stu}	8,190 ^{x...ab}	18,480 ^{rstuvwxyz}	58,0 ^f
Hv_40	135,5	bcdefghijk	112,000	mnopqrstuvwxyz...ab	1,544 ^{stu}	11,235 ^{bcde}	20,055 ^{klmno}	32,0 ^k
Hv_41	111,0	bcdefghijk	110,000	opqrstuvwxyz...ac	2,128 ^e	5,355 ^{aqar}	8,295 ^{bb}	82,0 ^b
Hv_42	134,0	bcdefghijk	98,500	ad...ao	1,317 ^{ad...ag}	8,505 ^{vwxy}	16,590 ^{ag...am}	70,0 ^d
Hv_43	355,0	abcdefghijk	117,500	ghijklmnopqrst	1,082	9,765 ^{mnop}	17,325 ^{aa...ah}	30,0 ^l
Hv_44	215,0	abcdefghijk	102,000	ab...an	1,990 ^{fg}	8,400 ^{wxyz}	15,015 ^{ao...au}	76,0 ^c
Hv_45	94,5	defghijk	111,000	nopqrstuvwxyz...ac	1,262	6,300 ^{am...ao}	15,645 ^{al...ar}	64,0 ^e
Hv_46	178,5	abcdefghijk	117,500	ghijklmnopqrst	1,551 ^{stu}	8,925 ^{tuv}	15,960 ^{ai...ao}	70,0 ^d
Hv_47	364,5	abcdefghij	110,000	opqrstuvwxyz...ac	1,249	9,450 ^{pqrs}	15,330 ^{an...as}	26,0 ⁿ
Hv_48	245,5	abcdefghijk	109,500	opqrstuvwxyz...ad	1,277	10,815 ^{efgh}	18,900 ^{opqrstuvwxyz}	28,0 ^m
Hv_49	78,0	efghijk	115,500	ijklmnopqrstuvw	1,515 ^{tuvw}	11,025 ^{cdefg}	18,900 ^{opqrstuvwxyz}	30,0 ^l
Hv_50	287,5	abcdefghijk	104,000	xyz...aj	1,335 ^{ab...ag}	8,295 ^{x...aa}	14,280 ^{as...aw}	58,0 ^f
Hv_51	247,5	abcdefghijk	97,500	af...ap	2,041 ^f	8,505 ^{vwxy}	17,955 ^{wxyz...ae}	58,0 ^f
Hv_52	384,0	abcdef	107,000	stuvwxyz...ah	1,454 ^{wxyz}	7,665 ^{ac...ag}	14,175 ^{at...aw}	52,0 ^g
Hv_53	51,5 ^k		107,500	stuvwxyz...ag	1,053	9,975 ^{lmno}	19,950 ^{klmno}	26,0 ⁿ
Hv_54	175,0	abcdefghijk	112,000	mnopqrstuvwxyz...ab	1,592 ^{qprs}	8,085 ^{y...ac}	18,480 ^{rstuvwxyz}	70,0 ^d
Hv_55	53,0 ^{jk}		102,000	ab...an	1,356 ^{aa...ae}	9,765 ^{mnop}	21,105 ^{ghij}	26,0 ⁿ
Hv_56	166,5	abcdefghijk	103,500	yz...ak	1,219	8,400 ^{wxyz}	14,805 ^{ap...au}	26,0 ⁿ
Hv_57	185,0	abcdefghijk	102,000	ab...an	1,825 ^{jk}	9,240 ^{qrst}	16,695 ^{ag...al}	64,0 ^e
Hv_58	255,0	abcdefghijk	103,000	z...al	1,016	8,295 ^{x...aa}	19,215 ^{nopqrstu}	24,0 ^o
Hv_59	165,0	abcdefghijk	102,500	aa...am	,906 ^{ah}	10,080 ^{klmn}	15,750 ^{ak...aq}	30,0 ^l
Hv_60	198,5	abcdefghijk	97,000	ag...ap	1,338 ^{ab...ag}	9,555 ^{opqr}	22,785 ^{bcd}	24,0 ^o
Hv_61	189,0	abcdefghijk	91,000	an...aq	1,467 ^{vwxy}	9,135 ^{rst}	18,375 ^{stuvwxyzaa}	70,0 ^d

Hv_62	60,5 ^{ghijk}	102,500 ^{aa...am}	1,267	10,605 ^{ghij}	17,325 ^{aa...ah}	28,0 ^m
Hv_63	232,5 ^{abcdefgghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,921 ^{hi}	8,820 ^{tuvw}	19,740 ^{lmnop}	58,0 ^f
Hv_64	60,0 ^{ghijk}	98,000 ^{ae...ap}	1,485 ^{uvwxy}	8,400 ^{wxyz}	21,315 ^{ghi}	64,0 ^e
Hv_65	160,0 ^{bcdefgghijk}	116,000 ^{ijklmnopqrstuv}	1,660 ^{nop}	11,235 ^{bcde}	23,730 ^{ab}	32,0 ^k
Hv_66	368,5 ^{abcdefggh}	89,000 ^{ao...aq}	1,199	11,340 ^{bcd}	17,850 ^{wxyz...af}	32,0 ^k
Hv_67	182,5 ^{abcdefgghijk}	95,500 ^{ai...ap}	1,057	8,085 ^{y...ac}	14,595 ^{ar...av}	52,0 ^g
Hv_68	387,5 ^{abcde}	87,000 ^{apaq}	1,289 ^{ae...ag}	9,660 ^{nopq}	17,955 ^{wxyz...ae}	76,0 ^c
Hv_69	232,0 ^{abcdefgghijk}	93,500 ^{aj...ap}	1,640 ^{nopqr}	10,185 ^{ijklm}	17,010 ^{ad...ai}	26,0 ⁿ
Hv_70	277,0 ^{abcdefgghijk}	104,000 ^{xyz...aj}	1,182	9,870 ^{lmnop}	15,750 ^{ak...aq}	58,0 ^f
Hv_71	255,0 ^{abcdefgghijk}	119,500 ^{fghijklmnopq}	1,037	8,925 ^{tuv}	21,525 ^{fghi}	64,0 ^e
Hv_72	409,0 ^{abc}	106,000 ^{uvwxyz...ah}	1,025	6,510 ^{al...an}	15,435 ^{an...ar}	40,0 ⁱ
Hv_73	349,0 ^{abcdefgghijk}	112,000 ^{mnpqrstuvwxyz...ab}	,889 ^{ah}	6,930 ^{aj...al}	15,015 ^{ao...au}	52,0 ^g
Hv_74	299,5 ^{abcdefgghijk}	110,000 ^{opqrstuvwxyz...ac}	1,357 ^{aa...ae}	7,140 ^{ah...aj}	15,120 ^{ao...au}	52,0 ^g
Hv_75	275,5 ^{abcdefgghijk}	107,500 ^{stuvwxyz...ag}	1,950 ^{gh}	8,925 ^{tuv}	17,850 ^{wxyz...af}	58,0 ^f
Hv_76	349,0 ^{abcdefgghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,162	5,985 ^{aoap}	18,795 ^{pqrstuvw}	28,0 ^m
Hv_77	412,5 ^{ab}	106,000 ^{uvwxyz...ah}	1,379 ^{aa...ad}	7,980 ^{z...ad}	19,950 ^{klmno}	52,0 ^g
Hv_78	203,1 ^{abcdefgghijk}	107,500 ^{stuvwxyz...ag}	1,327 ^{ac...ag}	9,030 ^{stu}	21,000 ^{hijk}	52,0 ^g
Hv_79	100,5 ^{cdefgghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,473 ^{vwxy}	7,770 ^{ab...af}	19,530 ^{mnpqr}	52,0 ^g
Hv_80	117,5 ^{bcdefgghijk}	113,000 ^{lmnopqrstuvwxyz...ab}	1,573 ^{rst}	8,400 ^{wxyz}	17,115 ^{ac...ah}	58,0 ^f
Hv_81	60,0 ^{ghijk}	112,500 ^{mnpqrstuvwxyz...ab}	1,652 ^{nopq}	9,660 ^{nopq}	17,325 ^{aa...ah}	64,0 ^e
Hv_82	310,5 ^{abcdefgghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,513 ^{tuvw}	8,400 ^{wxyz}	16,695 ^{ag...al}	58,0 ^f
Hv_83	243,0 ^{abcdefgghijk}	111,000 ^{nopqrstuvwxyz...ac}	1,347 ^{ab...ag}	9,660 ^{nopq}	23,730 ^{ab}	58,0 ^f
Hv_84	196,0 ^{abcdefgghijk}	107,500 ^{stuvwxyz...ag}	1,318 ^{ad...ag}	7,665 ^{ac...ag}	16,380 ^{ah...an}	58,0 ^f
Hv_85	49,0 ^k	112,000 ^{mnpqrstuvwxyz...ab}	1,640 ^{nopqr}	8,610 ^{uvwxy}	22,575 ^{cdef}	58,0 ^f
Hv_86	342,0 ^{abcdefgghijk}	108,000 ^{rstuvwxyz...ag}	1,661 ^{no}	8,610 ^{uvwxy}	20,475 ^{ijklm}	58,0 ^f
Hv_87	134,5 ^{bcdefgghijk}	116,000 ^{ijklmnopqrstuv}	1,895 ^{hi}	8,505 ^{vwxy}	18,585 ^{qrstvwxy}	64,0 ^e
Hv_88	316,0 ^{abcdefgghijk}	109,000 ^{pqrstuvwxyz...ae}	1,629 ^{opqr}	8,925 ^{tuv}	17,850 ^{wxyz...af}	58,0 ^f
Hv_89	57,0 ^{hijk}	113,500 ^{lmnopqrstvwxyzaa}	1,180	10,920 ^{defgh}	22,890 ^{bcd}	52,0 ^g
Hv_90	101,5 ^{bcdefgghijk}	87,000 ^{apaq}	1,085	5,670 ^{apaq}	9,660 ^{ba}	70,0 ^d
Hv_91	174,0 ^{abcdefgghijk}	108,500 ^{qrstuvwxyz...af}	1,335 ^{ab...ag}	5,355 ^{aqar}	13,545 ^{av...ax}	58,0 ^f
Hv_92	49,0 ^k	114,000 ^{lmnopqrstvwxyz}	1,389 ^{z...ac}	8,295 ^{x...aa}	18,585 ^{qrstvwxy}	58,0 ^f
Hv_93	66,0 ^{ghijk}	105,500 ^{vwxyz...ah}	,732 ^{akal}	10,080 ^{klmn}	17,000 ^{ad...ai}	30,0 ^l
Hv_94	174,5 ^{abcdefgghijk}	118,000 ^{fghijklmnopqrs}	2,019 ^{fg}	9,660 ^{nopq}	18,375 ^{stuvwxyzaa}	52,0 ^g
Hv_95	59,0 ^{ghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,262	9,450 ^{pqrs}	14,805 ^{ap...au}	70,0 ^d
Hv_96	167,0 ^{abcdefgghijk}	111,000 ^{nopqrstuvwxyz...ac}	1,552 ^{stu}	9,030 ^{stu}	18,585 ^{qrstvwxy}	64,0 ^e
Hv_97	267,0 ^{abcdefgghijk}	115,500 ^{ijklmnopqrstuvw}	,929	9,135 ^{rst}	12,915 ^{axay}	58,0 ^f
Hv_98	133,5 ^{bcdefgghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,211	8,505 ^{vwxy}	16,380 ^{ah...an}	58,0 ^f
Hv_99	290,0 ^{abcdefgghijk}	102,000 ^{ab...an}	1,367 ^{aa...ad}	7,875 ^{aa...ae}	17,850 ^{wxyz...af}	64,0 ^e
Hv_100	206,5 ^{abcdefgghijk}	107,500 ^{stuvwxyz...ag}	1,316 ^{ad...ag}	7,560 ^{ad...ah}	14,070 ^{au...aw}	46,0 ^h
Hv_101	109,0 ^{bcdefgghijk}	94,000 ^{aj...ap}	1,467 ^{vwxy}	7,875 ^{aa...ae}	13,335 ^{awax}	64,0 ^e
Hv_102	141,5 ^{bcdefgghijk}	103,000 ^{z...al}	1,950 ^{gh}	8,505 ^{vwxy}	17,430 ^{z...ah}	58,0 ^f
Hv_103	232,5 ^{abcdefgghijk}	92,500 ^{al...aq}	,460 ^{an}	5,040 ^{ar}	7,140 ^{...bc}	28,0 ^m
Hv_104	106,0 ^{bcdefgghijk}	106,000 ^{uvwxyz...ah}	,958	8,295 ^{x...aa}	13,230 ^{aw...ay}	58,0 ^f
Hv_105	137,5 ^{bcdefgghijk}	111,000 ^{nopqrstuvwxyz...ac}	1,659 ^{nopq}	7,665 ^{ac...ag}	19,740 ^{lmnop}	58,0 ^f
Hv_106	254,0 ^{abcdefgghijk}	125,500 ^{defgghijk}	1,239	7,560 ^{ad...ah}	14,700 ^{aq...au}	46,0 ^h
Hv_107	230,5 ^{abcdefgghijk}	132,000 ^{abcde}	1,505 ^{tuvw}	7,875 ^{aa...ae}	19,215 ^{nopqrstu}	64,0 ^e
Hv_108	200,0 ^{abcdefgghijk}	136,000 ^{abcd}	1,389 ^{z...ac}	9,450 ^{pqrs}	15,855 ^{aj...ap}	64,0 ^e
Hv_109	155,5 ^{bcdefgghijk}	141,000 ^a	1,425 ^{xyzaa}	9,450 ^{pqrs}	20,055 ^{ijklmn}	64,0 ^e

Hv_110	188,0 ^{abcdefghijk}	129,000 ^{bcdef}	,898 ^{ah}	6,510 ^{al...an}	9,450 ^{ba}	40,0 ⁱ
Hv_111	136,5 ^{bcdefghijk}	126,500 ^{bcdefghi}	,867 ^{ah}	7,875 ^{aa...ae}	15,015 ^{ao...au}	40,0 ⁱ
Hv_112	271,0 ^{abcdefghijk}	119,000 ^{fghijklmnopqr}	1,182	6,930 ^{aj...al}	22,155 ^{defg}	64,0 ^e
Hv_113	394,5 ^{abcd}	137,500 ^{ab}	1,765 ^{kl}	10,080 ^{klmn}	19,110 ^{nopqrstuv}	70,0 ^d
Hv_114	369,0 ^{bcdefg}	126,000 ^{cdefghij}	1,238	7,455 ^{ae...ai}	14,700 ^{aq...au}	46,0 ^h
Hv_115	77,5 ^{efghijk}	128,500 ^{bcdefg}	1,590 ^{prs}	8,610 ^{uvwxy}	18,165 ^{uvwxyz...ac}	52,0 ^g
Hv_116	62,0 ^{ghijk}	106,000 ^{uvwxyz...ah}	,672 ^{alam}	8,295 ^{x...aa}	15,540 ^{am...ar}	70,0 ^d
Hv_117	244,0 ^{abcdefghijk}	122,000 ^{efghijklmn}	,841 ^{ahaiaj}	8,610 ^{uvwxy}	18,270 ^{tuvwxyz...ab}	58,0 ^f
Hv_118	327,0 ^{abcdefghijk}	120,000 ^{fghijklmnop}	2,452 ^b	9,030 ^{stu}	17,220 ^{ab...ah}	64,0 ^e
Hv_119	274,5 ^{abcdefghijk}	117,500 ^{ghijklmnopqrst}	2,460 ^b	8,610 ^{uvwxy}	20,475 ^{ijklm}	70,0 ^d
Hv_120	236,0 ^{abcdefghijk}	137,000 ^{abc}	2,287 ^d	5,355 ^{aqar}	14,280 ^{as...aw}	82,0 ^b
Hv_121	157,0 ^{bcdefghijk}	96,000 ^{ah...ap}	,994	8,085 ^{y...ac}	14,175 ^{at...aw}	64,0 ^e
Hv_122	110,0 ^{bcdefghijk}	127,500 ^{bcdefgh}	1,768 ^{kl}	8,400 ^{wxyz}	16,800 ^{af...ak}	58,0 ^f
Hv_123	103,5 ^{bcdefghijk}	107,000 ^{stuvwxyz...ah}	1,134	9,660 ^{nopq}	14,595 ^{ar...av}	30,0 ^l
Hv_124	67,5 ^{ghijk}	115,000 ^{ijklmnopqrstuvw}	,909 ^{ah}	6,615 ^{ak...am}	14,070 ^{au...aw}	58,0 ^f
Hv_125	140,0 ^{bcdefghijk}	90,500 ^{ao...aq}	,615 ^{am}	6,090 ^{an...ap}	8,820 ^{babb}	34,0 ^j
Hv_126	140,5 ^{bcdefghijk}	132,000 ^{abcde}	1,404 ^{yz...ab}	8,505 ^{vwxy}	14,175 ^{at...aw}	58,0 ^f
Hv_127	271,5 ^{abcdefghijk}	129,000 ^{bedef}	1,707 ^{lmn}	8,085 ^{y...ac}	19,320 ^{nopqrst}	58,0 ^f
Hv_128	70,8 ^{ghijk}	102,500 ^{aa...am}	1,063	8,295 ^{x...aa}	13,545 ^{av...ax}	64,0 ^e
Hv_129	261,5 ^{abcdefghijk}	97,000 ^{ag...ap}	,859 ^{ah}	10,290 ^{ijkl}	14,595 ^{ar...av}	26,0 ⁿ
Hv_130	238,0 ^{abcdefghijk}	92,000 ^{am...aq}	,744 ^{ak}	8,820 ^{tuvw}	11,760 ^{az}	58,0 ^f
Hv_131	141,5 ^{bcdefghijk}	107,000 ^{stuvwxyzah}	,847 ^{ahai}	7,665 ^{ac...ag}	12,180 ^{ayaz}	40,0 ⁱ
Hv_132	268,5 ^{abcdefghijk}	119,000 ^{fghijklmnopqr}	,988	10,080 ^{klmn}	16,380 ^{ah...an}	30,0 ^l
Hv_133	116,0 ^{bcdefghijk}	120,500 ^{fghijklmno}	,977	10,605 ^{ghij}	17,115 ^{ac...ah}	30,0 ^l
Hv_134	149,0 ^{bcdefghijk}	82,000 ^{aq}	,899 ^{ah}	11,445 ^{bc}	19,320 ^{nopqrst}	34,0 ^j
Hv_135	168,5 ^{abcdefghijk}	105,500 ^{uvwxyzah}	1,034	10,710 ^{fghi}	20,160 ^{ijklmn}	30,0 ^l
Hv_136	86,0 ^{defghijk}	116,000 ^{ijklmnopqrstuv}	,957	8,610 ^{uvwxy}	21,315 ^{ghi}	22,0 ^p
Hv_137	56,0 ^{ijk}	114,500 ^{klmnopqrstuvwxy}	,731 ^{akal}	9,555 ^{opqr}	18,795 ^{pqrstuvw}	26,0 ⁿ
Hv_138	158,0 ^{bcdefghijk}	102,000 ^{ab...an}	,994	9,765 ^{mnop}	14,280 ^{as...aw}	28,0 ^m
Hv_139	253,5 ^{abcdefghijk}	117,000 ^{hijklmnopqrstu}	1,277	8,925 ^{tuv}	19,750 ^{lmnop}	58,0 ^f
Hv_140	118,5 ^{bcdefghijk}	93,000 ^{ak...aq}	1,326 ^{ac...ag}	8,295 ^{x...aa}	17,850 ^{wxyz...af}	64,0 ^e
Hv_141	203,0 ^{abcdefghijk}	92,500 ^{al...aq}	1,271	7,980 ^{z...ad}	18,165 ^{uvwxyz...ac}	64,0 ^e
Hv_142	193,0 ^{abcdefghijk}	93,000 ^{ak...aq}	1,052	10,710 ^{fghi}	17,535 ^{yz...ag}	30,0 ^l
Hv_143	300,0 ^{abcdefghijk}	115,000 ^{ijklmnopqrstuvw}	2,371 ^c	9,240 ^{qrst}	21,630 ^{efgh}	64,0 ^e
Hv_144	287,0 ^{abcdefghijk}	113,500 ^{lmnopqrstuvwxyzaa}	1,396 ^{z...ab}	7,035 ^{ai...ak}	18,585 ^{qrstuvwxy}	58,0 ^f
Hv_145	249,5 ^{abcdefghijk}	110,000 ^{opqrstuvwxyzac}	1,258	8,085 ^{y...ac}	19,635 ^{mnopq}	58,0 ^f
Hv_146	212,0 ^{abcdefghijk}	103,000 ^{z...al}	,994	9,450 ^{pqrs}	14,910 ^{ao...au}	22,0 ^p
Hv_147	188,0 ^{abcdefghijk}	111,000 ^{nopqrstuvwxyzac}	1,745 ^{lm}	8,190 ^{x...ab}	18,690 ^{pqrstuvwxy}	52,0 ^g
Hv_148	230,0 ^{abcdefghijk}	104,000 ^{xyz...aj}	1,287 ^{afag}	8,610 ^{uvwxy}	20,055 ^{ijklmn}	58,0 ^f
Hv_149	216,5 ^{abcdefghijk}	102,500 ^{aa...am}	1,357 ^{aa...ae}	8,085 ^{y...ac}	18,480 ^{rstuvwxyz}	64,0 ^e
Hv_150	232,0 ^{abcdefghijk}	103,000 ^{z...al}	1,095	12,495 ^a	23,730 ^{ab}	32,0 ^k
Θεσσαλο- νίκη	292,0^{abcdefghijk}	87,000^{apaq}	1,375^{aa...ad}	12,705^a	18,165^{uvwxyz...ac}	34,0^j

Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά με τη δοκιμή Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

3.7 Συσχέτιση

Μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ των παρακάτω συστατικών του παραγωγικού δυναμικού: 1) Απόδοση, 2) Ύψος φυτού, 3) Βάρος στάχυ, 4) Μήκος στάχυ, 5) Μήκος στάχυ με άγανα, 6) Αριθμός σπόρων στον στάχυ. Παρατηρώντας τον Πίνακα 3.11, φαίνεται ότι η απόδοση δεν είχε κάποια σημαντική συσχέτιση με κάποιο από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Το ύψος φυτού έδωσε μικρή θετική συσχέτιση με το βάρος του στάχυ και τον αριθμό σπόρων, ενώ είχε μικρή αρνητική συσχέτιση με το μήκος του στάχυ. Μέτρια θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του αριθμού σπόρων στον στάχυ και του βάρους του, ενώ μικρή αρνητική ήταν η συσχέτιση του βάρους στάχυ με το μήκος του. Τέλος, βρέθηκε μέτρια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του μήκους στάχυ και του αριθμού σπόρων σε αυτόν, καθώς και μικρή θετική συσχέτιση μεταξύ του μήκους στάχυ και του μήκους στάχυ με άγανα.

Πίνακας 1.11 Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν.

	Απόδοση	Ύψος φυτού	Βάρος στάχυ	Μήκος στάχυ	Μήκος στάχυ με άγανα	Αριθμός σπόρων/στάχυ
Απόδοση	1	,021	,092	-,010	,063	-,037
Ύψος φυτού	,021	1	.290**	-.151**	,087	.129*
Βάρος στάχυ	,092	.290**	1	-.168**	,038	.511**
Μήκος στάχυ	-,010	-.151**	-.168**	1	.127*	-.474**
Μήκος στάχυ με άγανα	,063	,087	,038	.127*	1	,015
Αριθμός σπόρων	-,037	.129*	.511**	-.474**	,015	1

* Σημαντική συσχέτιση για $\alpha=0,05$, ** Σημαντική συσχέτιση για $\alpha=0,01$.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επιλογή γενοτύπων με προοπτικές σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα βασίζεται σε διάφορα κριτήρια, με κυριότερα την τελική απόδοση της καλλιέργειας και την ποιότητά της. Οι σχέσεις μεταξύ της απόδοσης και των χαρακτηριστικών που αποτελούν συστατικά αυτής διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο (Mohammadi et al., 2003; Rabiei et al., 2004). Μια γενική αρχή σε βελτιωτικά προγράμματα είναι η επιλογή υπέρτερων γενετικών υλικών για το προς βελτίωση χαρακτηριστικό, τα οποία απέχουν γενετικά με σκοπό τη δημιουργία ποικιλιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Stoskopf et al., 1999). Ο συντελεστής παραλλακτικότητας αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του μεγέθους της παραλλακτικότητας που υπάρχει σε έναν πληθυσμό. Οι χαμηλές τιμές του συντελεστή υποδηλώνουν έλλειψη γενετικής ποικιλότητας ως προς τα χαρακτηριστικά στα οποία αξιολογείται το γενετικό υλικό, ενώ οι υψηλές τιμές του συντελεστή δείχνουν ότι η επιλογή είναι αποτελεσματική για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό λόγω της ευρύτερης γενετικής παραλλακτικότητας. Με άλλα λόγια, η επιτυχία της επιλογής γενοτύπων με υψηλό δυναμικό σε ένα πρόγραμμα βελτίωσης φυτών εξαρτάται από την έκταση και τη φύση της παραλλακτικότητας για τα διάφορα αγροκομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού (Ghimire and Mahat, 2019).

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων ανέδειξε την ύπαρξη σημαντικών διαφορών μεταξύ των 150 γενοτύπων για όλα τα ποσοτικά χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας για την στρεμματική απόδοση ήταν μεγάλος ($CV=33,3\%$), γεγονός που υποδεικνύει μια ισχυρή γενετική παραλλακτικότητα εντός του εξεταζόμενου γενετικού υλικού, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω της επιλογής για περεταίρω βελτίωση. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Addisu and Sumet (2015) και ο Akgun (2016).

Η μελέτη της συσχέτισης έδειξε ότι τα χαρακτηριστικά για τα οποία αξιολογήθηκαν οι γενότυποι του πειράματος παρουσίασαν μικρή έως μέτρια συσχέτιση μεταξύ τους. Διαπιστώθηκε ότι η απόδοση είχε πολύ μικρή συσχέτιση με όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Ο μεγαλύτερος βαθμός συσχέτισής της ήταν με το βάρος στάχυ και το μήκος στάχυ με άγανα. Η συσχέτιση του ύψους του φυτού με την απόδοση σε άλλες εργασίες αναφέρεται ως θετική και σε άλλες ως αρνητική, ανάλογα με το εξεταζόμενο γενετικό υλικό, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και τα έτη πειραματισμού.

Ο Hadjichristodoulou (1987) ανέφερε ότι για τις μεσογειακές συνθήκες και για τα περιβάλλοντα με απρόβλεπτες βροχοπτώσεις, στο κριθάρι η σταθερότητα του ύψους του φυτού περιορίζει το πλάγιασμα, μια από τις σπουδαιότερες πηγές παραλλακτικότητας της απόδοσης. Από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, η μεγαλύτερη συσχέτιση εντοπίστηκε μεταξύ του βάρους του στάχου και του αριθμού σπόρων στον στάχου. Ο αριθμός σπόρων στον στάχου καθορίζεται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Έχει βρεθεί ότι η υδατική καταπόνηση σε διάφορα στάδια, ιδιαίτερα πριν από την άνθηση, μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση του αριθμού των σπόρων στον στάχου (Guttieri et al., 2001). Βρέθηκε επίσης, ότι το ύψος φυτού είχε μικρή αλλά σημαντική θετική συσχέτιση με το βάρος στάχου και τον αριθμό σπόρων του στάχου. Με τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούσαν οι έρευνες των Ramazani and Abdipour (2019) και του Μυλωνά (2012). Οι πρώτοι βρήκαν μέτρια, σημαντική θετική συσχέτιση του ύψους φυτού και του αριθμού σπόρων, ενώ ο δεύτερος βρήκε θετική, αλλά μη σημαντική συσχέτιση για τα ίδια χαρακτηριστικά. Σε αντίθεση με τα ευρήματα των Verma and Verma (2011) και Singh et al. (2014), οι οποίοι υποστήριζαν ότι το ύψος φυτού δεν επηρέαζε τον αριθμό των σπόρων στον στάχου, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ανέδειξαν ότι οι γενότυποι με μεγαλύτερο ύψος είχαν μεγαλύτερο αριθμό σπόρων. Αυτό πιθανώς οφείλεται στο γεγονός ότι τα μεγαλύτερα σε ύψος φυτά τείνουν να πλαγιαίνουν περισσότερο, καλύπτοντας τα χαμηλότερα φυτά, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα. Μικρή, αλλά σημαντική θετική συσχέτιση εντοπίστηκε και μεταξύ του μήκους στάχου με άγανα και χωρίς αυτά, αποτέλεσμα που συναδει με τα ευρήματα των Singh et al. (2014), οι οποίοι όμως βρήκαν μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Αντιθέτως, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση του μήκους στάχου με το ύψος φυτού και τον αριθμό σπόρων στον στάχου. Η συσχέτιση του μήκους στάχου με το ύψος ήταν μικρή και σημαντική, ενώ με τον αριθμό σπόρων στον στάχου ήταν μέτρια και σημαντική. Τα ευρήματα αυτά συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα των Ebrahim et al. (2015), οι οποίοι βρήκαν μεγάλη αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ανωτέρω χαρακτηριστικών, καθώς και με τα ευρήματα του Μυλωνά (2012), ο οποίος αναφέρει μέτρια αλλά μη σημαντική αρνητική συσχέτιση για τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Οι Verma and Verma (2011) βρήκαν μικρή και μη σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του μήκους στάχου και του αριθμού σπόρων στον στάχου, ενώ οι Khan et al. (2003) και

οι Markova Ruzdik et al. (2015) βρήκαν μη σημαντική, αρνητική συσχέτιση μεταξύ του μήκους στάχυ και του ύψους φυτού. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να εξηγηθεί λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο ανάπτυξης των σπόρων στον στάχυ. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, ο στάχυς απορροφά θρεπτικά συστατικά από το φυτό για να αυξήσει το μήκος του. Όσο μεγαλώνει ο στάχυς, οι πόροι που διατίθενται για τη δημιουργία νέων σπόρων μπορεί να περιορίζονται. Ως αποτέλεσμα, ο αριθμός των σπόρων μπορεί να μειώνεται όταν ο στάχυς γίνεται μεγαλύτερος.

Σε γενικές γραμμές, εντοπίστηκε μεγάλο εύρος μέσων τιμών για όλα τα χαρακτηριστικά στα οποία αξιολογήθηκαν οι γενότυποι. Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των χαρακτηριστικών που μελετήθηκαν με τα αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών, διαπιστώθηκε ότι οι εξεταζόμενοι γενότυποι ήταν ανταγωνιστικοί για πολλά από τα συστατικά της απόδοσης. Βρέθηκε ότι το μέσο ύψος φυτού συμβάδιζε με τα ευρήματα άλλων βελτιωτών. Συγκεκριμένα, ήταν κατά 8,6 cm μεγαλύτερο από αυτό που βρήκαν οι Verma and Verma (2011) και 8,7 cm μικρότερο από αυτό που βρήκε ο Akgun (2016). Οι εξεταζόμενοι γενότυποι ήταν εξίσου ανταγωνιστικοί και ως προς το μήκος του στάχυ, εφόσον ο μέσος όρος μήκους ήταν κατά 0,67 cm μεγαλύτερος από αυτόν που βρήκαν οι Verma and Verma (2011) και 0,86 cm μικρότερος από αυτόν που βρήκε ο Akgun (2016). Οι πιο αξιοσημείωτες διαφορές σε σχέση με τα ευρήματα των παραπάνω ερευνών εντοπίστηκαν στον αριθμό σπόρων στον στάχυ. Η μέση τιμή αυτού του χαρακτηριστικού στην παρούσα έρευνα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη, καθώς διέφερε κατά 21,57 από αυτή που βρήκε ο Akgun και κατά 12,08 από των Verma and Verma. Μικρότερη διαφορά εντοπίστηκε κατά την σύγκριση με την έρευνα των Khajavi et al. (2014), όπου και πάλι οι γενότυποι της παρούσας μελέτης υπερτερούσαν κατά 8,65.

Διαπιστώθηκε ότι στον πληθυσμό που μελετήθηκε υπήρχαν αρκετοί γενότυποι με πολύ ικανοποιητικές τιμές για ένα ή περισσότερα από τα έξι χαρακτηριστικά στα οποία αξιολογήθηκαν. Ωστόσο, δεδομένου ότι ο πληθυσμός που εξετάστηκε ήταν πολύ μεγάλος και συνεπώς η διάκριση των γενοτύπων που διέθεταν συνδυασμό όλων των επιθυμητών χαρακτηριστικών ήταν δύσκολη, η επιλογή των καλύτερων γενοτύπων καθορίζεται από τον σκοπό του εκάστοτε βελτιωτικού προγράμματος. Για παράδειγμα, εάν ο σκοπός του πειράματος ήταν η εύρεση γενοτύπων με τις υψηλότερες αποδόσεις σε kg/στρ, ο καλύτερος γενότυπος θα ήταν ο Hv_31, καθώς η απόδοσή του ήταν σχεδόν 200 kg μεγαλύτερη από του μάρτυρα, παρόλο που υστερούσε σε χαρακτηριστικά όπως

το βάρος στάχυ και ο αριθμός σπόρων στον στάχυ. Αντίστοιχα, εάν ο στόχος του πειράματος ήταν η εύρεση γενοτύπων με μεγάλο μήκος στάχυ με και χωρίς άγανα, θα ξεχώριζε ο γενότυπος Hv_18, παρόλο που υστερούσε σε απόδοση και βάρος στάχυ. Προκειμένου, λοιπόν, να εντοπιστούν γενότυποι με συνδυασμό επιθυμητών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιήθηκε ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών ως κριτήριο προτεραιότητας για τα χαρακτηριστικά που έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στην επιλογή. Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.11, τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή γενοτύπων στην παρούσα έρευνα ήταν ο μεγάλος αριθμός σπόρων στον στάχυ, το μεγάλο βάρος στάχυ, το μεγάλο ύψος φυτού και το μικρό μήκος στάχυ. Γενότυποι που συνδύαζαν τα παραπάνω χαρακτηριστικά ήταν οι: Hv_1, Hv_3, Hv_12, Hv_14, Hv_41, Hv_44, Hv_118, Hv_119, Hv_120, Hv_143.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης ανέδειξαν την παρουσία επαρκούς γενετικής παραλλακτικότητας για τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν. Εντοπίστηκαν μεγάλες διακυμάνσεις τιμών μεταξύ των γενοτύπων. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών παρατηρήθηκε στην στρεμματική απόδοση, όπου η απόδοση του γενοτύπου Hv_31 (472 kg/στρ.) ήταν σχεδόν δεκαπλάσια από την απόδοση των γενοτύπων Hv_85 και Hv_92 (49 kg/στρ.). Μεγάλο εύρος τιμών βρέθηκε και στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ, ο οποίος κυμάνθηκε από 22 (Hv_15, Hv_136, Hv_146), έως 94 (Hv_14). Για το ύψος φυτού, οι τιμές κυμάνθηκαν από 63 cm (Hv_22) έως 141 cm (Hv_109). Ακολούθησαν τα χαρακτηριστικά: μήκος στάχυ με άγανα και μήκος στάχυ χωρίς άγανα, όπου οι τιμές κυμάνθηκαν από 7,140 cm (Hv_103) και 5,040 cm (Hv_103), έως 24,675 cm (Hv_18) και 12,915 cm (Hv_28) αντίστοιχα. Μικρότερο ήταν το εύρος τιμών στο βάρος στάχυ, καθώς κυμάνθηκε από 0,460 g (Hv_103) έως 2,565 g (Hv_12). Πολλοί από τους 150 γενοτύπους που εξετάστηκαν υπερτερούσαν του μάρτυρα 'Θεσσαλονίκη' σε πολλά από τα χαρακτηριστικά στα οποία αξιολογήθηκαν και συνεπώς προσφέρονται προοπτικές για περαιτέρω αξιοποίησή τους σε βελτιωτικά προγράμματα για την δημιουργία νέων ποικιλιών. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επιλεγούν, ως υλικό έναρξης για δίκτυο διασταυρώσεων, γενότυποι με χαρακτηριστικά αντίστοιχα με τους στόχους του βελτιωτικού προγράμματός. Εάν ο στόχος είναι η εύρεση γενοτύπων με χαμηλό ύψος φυτού και υψηλή απόδοση, θα επιλεγθούν οι γενότυποι Hv_68 και Hv_31, αντίστοιχα. Για υψηλή παραγωγικότητα και μεγάλο ύψος φυτού, όταν το βελτιωτικό πρόγραμμα στοχεύει σε υψηλή βιομάζα, θα επιλεγθούν οι γενότυποι Hv_13 και Hv_109, αντίστοιχα. Για μεγάλο στάχυ, υπερτερούν οι γενότυποι Hv_150 και Hv_18, ενώ για βάρος στάχυ και αριθμό σπόρων στο στάχυ ξεχωρίζουν οι γενότυποι Hv_12 και Hv_14.

Εντοπίστηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των χαρακτηριστικών: βάρος στάχυ, αριθμός σπόρων στον στάχυ, μήκος στάχυ, ύψος φυτού, γεγονός που υπογραμμίζει ότι μπορεί να γίνει ταυτόχρονη αποτελεσματική επιλογή και ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα κριθαριού. Στην παρούσα έρευνα, ο προσδιορισμός των καλύτερων γενοτύπων έγινε με βάση τον συνδυασμό επιθυμητών χαρακτηριστικών που συσχετίζονταν σε σημαντικό βαθμό. Οι 10 καλύτεροι γενότυποι

ήταν οι: Hv_1, Hv_3, Hv_12, Hv_14, Hv_41, Hv_44, Hv_118, Hv_119, Hv_120, Hv_143.

Συμπερασματικά, οι παραδοσιακές ποικιλίες και οι γενότυποι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αποτελούν μια σημαντική πηγή γενετικού υλικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό εκκίνησης ή σε δίκτυο διασταυρώσεων σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα και να συμβάλλει στη διεύρυνση της στενής γενετικής βάσης του καλλιεργούμενου κριθαριού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία:

Addisu, F., Shumet, T., 2015. Variability, Heritability and Genetic Advance for Some Yield and Yield Related Traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Landraces in Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 9: pp. 68-76.

Akerberg A., Liljeberg H., Bjorck I., 1998. Effects of amylose/amylopectin ratio and baking conditions on resistant starch formation and glycaemic indices. *J. Cereal Science*, 20: 71–80

Akgun, N., 2016. Genetic Variability and Correlation Studies in Yield and Yield Related Characters of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 30(2): 88-95.

Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., & Johnson, D. V. (Eds.), 2019. *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals.*

Allard, R. W., 1999. *Principles of plant breeding*, Second Edition. John Wiley & Sons, New York.

Alston JM, Beddow JM, Pardey PG., 2009. Agriculture. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*. Sep 4;325(5945):1209-10.

Anderson M.K., Reinbergs E., 1985. Barley breeding. In: Rasmusson D.C. (ed.), *Barley*. Agronomy Monograph No. 26, ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 231- 268.

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

Batal, A., Dale, N., 2009. Ingredient analysis table. *Feedstuffs* 2009 ed.

Becker, F., 2013. Tocopherols in Wheat and Rye: A Review of Research within the Subject. *Inst. Livsmed*, pp. 1–32.

Bladenopoulos, K., 2003. Evaluation of barley cultivars for resistance to lodging and tolerance in mildew. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 9: 219-224.

Blattner, F., 2006. Multiple intercontinental dispersals shaped the distribution area of *Hordeum* (Poaceae). *New Phytologist* 169: 603–614.

Blattner, F., 2009. Progress in phylogenetic analysis and a new infrageneric classification of the barley genus *Hordeum* (Poaceae: Triticeae). *Breeding Science* - 59. pp. 471-480.

Blattner, F., 2018. Taxonomy of the Genus *Hordeum* and Barley (*Hordeum vulgare*).

Bossinger G., Rohde W., Lundqvist U., Salamini F., 1992. Genetics of barley development: mutant phenotypes and molecular aspects. In: Shewry P.R. (ed.) *Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology*, C.A.B. International, Wallingford, U.K., pp. 231-268.

Calderini D.F., Slafer G.A., 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica* 107: 51-59.

Camacho-Villa, T. C., Maxted, N., Scholten, M., Ford-Lloyd, B., 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 3. pp. 373 - 384.

Cattivelli, L., Baldi, P., Crosatti, C., Fonzo, N. D., Faccioli, P., Grossi, M., Mastrangelo, A. M., Pecchioni, N., Stanca, A.M., 2002. Chromosome Regions and Stress-related Sequences Involved in Resistance to Abiotic Stress in Triticeae. *Plant Molecular Biology*, 48: pp. 649-665

Ceccarelli S., 1989. Wide adaptation: How wide? *Euphytica* 40: pp. 197-205f

Ceccarelli S., 1996a. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica* 92: pp. 203-214.

Cleveland, D.A., Soleri, D., Smith, S.E., 2000. A biological framework for understanding farmers' plant breeding. *Economic Botany*, 54 (3), pp. 377-394.

Corke, H., Nevo, E., Atsmon, D., 1988. Variation in vegetative parameters related to the nitrogen economy of wild barley, (*Hordeum spontaneum*), in Israel. *Euphytica* 39: pp. 227-232.

Delorit, R.J., Greub L.J., Ahlgren H.L., 1984. *Crop production*, fifth edition. Prentice – Hall, Inc, New Jersey. pp. 768.

- DeMartino, P., Cockburn, D.W., 2020.** Resistant Starch: Impact on the Gut Microbiome and Health. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, pp. 66–71
- Dempewolf, H., Baute, G., Anderson, J., Kilian, B., Smith, C., Guarino, L., (2017).** Past and Future Use of Wild Relatives in Crop Breeding. *Crop Science*. 57. pp. 1070-1082.
- Domon, E., Saito, A., Takeda, K., 1993.** Nonmalting Uses of Barley. In *Barley: Chemistry and Technology*; MacGregor, A., Bhatti, R.S., Eds.; AACC: St. Paul, MN, USA; Volume 77, pp. 355–417
- Donald, C.M., 1968.** The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 77: pp. 385-403
- Ebrahim, S.Z., Shiferaw, E., Hailu, F., 2015.** Evaluation of genetic diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.) from Wollo high land areas using agro-morphological traits and hordein. *African Journal of Biotechnology*, 14, pp. 1886-1896.
- Evans, L. T., 1993.** Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press., Cambridge.
- FAOSTAT (2022)** ‘Food and Agricultural Organization of the United Nations: Food and Agricultural Data - FAOSTAT’. Διαθέσιμο στο: [FAOSTAT](#)
- Fedak, G., 1985.** Wide crosses in *Hordeum*. Barley. *Agronomy Monograph* 26. D. C. Rasmusson, ed. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 155–186.
- Fischer, K. S., 1996.** Research approaches for variable rainfed systems--thinking globally, acting locally. M. Cooper and G. L. Hammer, eds., *Plant adaptation and crop improvement*. CAB International in association with IRRI and ICRISAT, Wallingford, Oxford, UK. pp 25-35.
- Food and Agriculture Organisation (FAO)** of the United Nations, Declaration of the World Summit on Food Security, Rome, 16–18 November 2009 (www.fao.org/wsfs/world-summit/en/).
- Friedt, W., Horsley, R., Harvey, B., Poulsen, D. L. R., Ceccarelli, S., Grando, S., Capettini, F., 2011.** Barley Breeding History, Progress, Objectives, and Technology.

- Ghimire, N. H., Mahat, P. M., 2019.** Variability, Heritability and Genetic Advance of Advanced Breeding Lines of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Under Mountain Environment of Nepal. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 6(11): pp. 34-42.
- Gregoire, T., Endres, G. and Zollinger, R., 2007.** Identifying leaf stages in small grain. North Dakota State University.
- Griffey, C.; Brooks, W.; Kurantz, M.; Thomason, W.; Taylor, F.; Obert, D.; Moreau, R.; Flores, R.; Sohn, M.; Hicks, K., 2010.** Grain Composition of Virginia Winter Barley and Implications for Use in Feed, Food, and Biofuels Production. *J. Cereal Sci.*, 51, pp. 41–49.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., O'Brien, K., Souza, E., 2001.** Relative Sensitivity of Spring Wheat Grain Yield and Quality Parameters to Moisture Deficit. *Crop Sci.*, 41: pp. 327-335.
- Hadjichristodoulou A., 1987.** An analytical approach to breed for consistency of performance of barley under variable environments. *Barley Genetics V*: pp. 711-717.
- Harlan, H. V., Pope, M. N., 1922.** The use and value of back-crosses in small-grain breeding. *Journal of Heredity* 7: pp. 319–322.
- Harlan, J.R., 1975.** Our vanishing genetic resources. *Science* 188: pp. 618 – 621.
- Harlan, J.R., 1979.** On the origin of barley. *Barley: Origin, Botany, Culture, Winter-Hardiness, Genetics, Utilization, Pests*. USDA Agriculture Handbook No 388. pp. 10-36.
- Harlan, J.R., 1992.** *Crops and man*. 2nd edition. Madison, WI: American Society of Agronomy and Crop Science Society of America.
- Hlinka, I., Bushuk, W., 1959.** The weight per bushel. *Cereal Science*. Today 4: pp. 239
- Ibrahim, K., Peterson, P., 2014.** *Grasses of Washington, D.C.* Smithsonian Contributions to Botany. pp. 1-128.

- Ivandic, V., Hackett, C. A., Zhang, Z. J., Staub, J. E., Nevo, E., Thomas, W. T. B., Forster, B. P., 2000.** Phenotypic Responses of Wild Barley to Experimentally Imposed Water Stress. *Journal of Experimental Botany*, 51: pp. 2021-2029.
- Jakob, S.S., Rödder, D., Engler, J.O., Shaaf, S., Özkan, H., Blattner, F., Kilian, B., 2014.** Evolutionary history of wild barley (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) analyzed using multilocus sequence data and paleodistribution modeling. *Genome Biology and Evolution* 6: pp. 685–687.
- Jorgensen, J.H., 1992.** Sources and genetics of resistance to fungal pathogens In: Shewry P.R (ed) *Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 441-457.
- Kasha, K., Kao, K., 1970.** High Frequency Haploid Production in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Nature* 225, pp. 874–876.
- Khan, A.S., Ashfaq, M., Asad, M.A., 2003.** A correlation and path coefficient analysis for some yield components in bread wheat. *Asian J. of Plant Sci.*, 2(8): pp. 582-584.
- Kleinhofs, A., Chao, S., Sharp, P.J., 1988.** Mapping of nitrate reductase genes in barley and wheat. In: Miller TE, Koebner RMD (eds) *Proceedings of 7th International Wheat Genetics Symposium*, vol 1. Institute of Plant Science Research, Cambridge, pp 541-546
- Komatsuda, T., Pourkheirandish, M., He, C., Azhaguvel, P., Kanamori, H., Perovic, D., Stein, N., Graner, A., Wicker, T., Tagiri, A., Lundqvist, U., Fujimura, T., Matsuoka, M., Matsumoto, T., Yano, M., 2007.** Six-rowed barley originated from a mutation in a homeodomain-leucine zipper I-class homeobox gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104: pp. 1424–1429.
- 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*, Volume 6.
- Kunze, W., 2004.** *Technology Brewing and Malting*, 3rd international ed.—in English. VLB, Berlin.
- Lacolla, G., Cucci, G., 2008.** Reclamation of Sodic-Saline Soils. *Barley Crop Response*, *Ital. J. Agron. / Riv. Agron.*, 3 (4), pp. 279-286.

Li, C. D., Lance, R. C. M., Collins, H. M., Tarr, A., Roumeliotis, S., Harasymow, S., Cakir, M., Fox, G. P., Grime, C. R., Broughton, S., Young, K. J., Raman, H., Barr, A. R., Moody, D. B., Read, B. J., 2003. Quantitative trait loci controlling kernel discoloration in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* **54**, pp. 1251-1259.

Logue, S.J., Giles, L.C., Lance R.C.M., Sparrow D.H.B., 1993. The application of anther culture technology to barley improvement. pp. 61–64. Proceedings. 6th Australian Barley Technichal. Symposium., Launceston, Tasmania, 1993.

Longin, C.F.H., Muehleisen, J., Maurer, H.P., Zhang, H., Gowda, M., Reif, J.C., 2012. Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics* **125**: pp.1087–1096.

Lukinac, J., Jukić, M., 2022. “Barley in the Production of Cereal-Based Products” *Plants* **11**, no.24: 3519.

Markova Ruzdik, N., Valcheva, D., Valchev, D., Mihajlov, L., Karov, I., & Ilieva, V., 2015. Correlation between grain yield and yield components in winter barley varieties. *Agricultural science and technology*, **7**(1), pp. 40-44.

Marquez-Cedillo, L.A., Hayes, P.M., Jones, B.L., Kleinhofs, A., Legge, W.G., Rossnagel, B.G., Sato, K., Ullrich, E., Wesenberg, D.M., 2000. The North American Barley QTL analysis of malting quality in barley based on the doubled-haploid progeny of two elite North American varieties representing different germplasm groups. *Theoretical and Applied Genetics* **101**: pp. 173–184.

Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., 2017. Health Benefits of Oat: Current Evidence and Molecular Mechanisms. *Current Opinion in Food Science*. **14**, pp. 26–31.

Mascher, M., Schuenemann, V.J., Davidovich, U., Marom, N., Himmelbach, A., Hübner, S., Korol, A., David, M., Reiter, E., Riehl, S., Schreiber, M., Vohr, S.H., Green, R.E., Dawson, I.K., Russell, J., Kilian, B., Muehlbauer, G.J., Waugh, R., Fahima, T., Krause, J., Weiss, E., Stein, N., 2016. Genomic analysis of 6,000-year-old cultivated grain illuminates the domestication history of barley. *Natural Genetics*. **48**(9): pp. 1089-1093.

- Mohammadi, S. A., Prasanna, B. M., Singh, N. N., 2003.** Sequential Ppath model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Science* 43, pp. 1690–1697.
- Moral, L. F. G. del, Miralles, D. J., Slafer, G. A. 2002.** Initiation and appearance of vegetative and reproductive structures throughout barley development. *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. G. A. Slafer, J. L. Molina-Cano, R. Savin, J. L. Araus, and I. Romagosa, eds. Haworth Press, Binghamton, NY. pp. 243–268
- Muehleisen, J., Maurer, H.P., Stiewe, G., Bury, P., Reif, J.C., 2013.** Hybrid breeding in barley. *Crop Sci* 53: pp. 819–824
- Nevo, E., 2013.** Evolution of Wild Barley and Barley Improvement.
- Newman, C.W., Newman, R.K., (2006.** ‘A Brief History of Barley Foods’, *Cereal Foods World* 51(1): pp. 4-7.
- Newman C.W., Newman R.K., 2008.** Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ.
- Obadi, M.; Sun, J.; Xu, B., 2021.** Highland Barley: Chemical Composition, Bioactive Compounds, Health Effects, and Applications. *Food Res. Int.* 140, 110065.
- Olsen, K. M. and Gross, B. L., 2008.** Detecting multiple origins of domesticated crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: pp. 13701–13702.
- Overland L., 1966.** The role of allelopathic substances in the ‘smother’ crop barley. *Am. J. Botany* 35: pp. 423-432.
- Rabiei, B., Valizadeh, M., Ghareyazie, B. & Moghaddam, M., 2004.** Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research* 89, pp. 359–367.
- Ramazani, S.H.R., Abdipour, M., 2019.** Statistical Analysis of Grain Yield in Iranian Cultivars of Barley (*Hordeum vulgare*). *Agricultural Research* 8, pp. 239–246.
- Rao, H. S., Basha, O. P., Singh, N. K., Sato, K., and Dhaliwal, H. S. 2007.** Frequency distributions and composite interval mapping for QTL analysis in ‘Steptoe’ × ‘Morex’

barley mapping population. *Barley Genet. Newsl.* 37:520. Published online at <http://www.wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn>.

Robert, W.W., 1975. Fatty acid composition of grain from winter and spring sown oats, barley and wheat. *J. Sci. Food Agric.* 26, pp. 429–435.

Russell, J., Dawson, I. K., Flavell, A. J., Steffenson, B., Weltzien, E., Booth, A., Ceccarelli, S., Grando, S., & Waugh, R., 2011. Analysis of >1000 single nucleotide polymorphisms in geographically matched samples of landrace and wild barley indicates secondary contact and chromosome-level differences in diversity around domestication genes. *The New phytologist*, 191(2), pp. 564–578.

Saitou N., 2013. Introduction to evolutionary genomics, computational biology. Springer, London

Scholten, M., Green, N., Campbell, G., Maxted, N., Ford-Lloyd, B., Ambrose, M., Spoor, B., 2009. 15. Landrace inventory of the uK. *European landraces on-farm conservation, management and use*, (15), pp. 161.

Shakhatreh, Y., Haddad, N., Alrababah, M., Grando, S., Ceccarelli, S., 2010. Phenotypic diversity in wild barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum* (C. Koch) Thell.) accessions collected in Jordan. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57: pp. 131-146.

Shannon J.G., Reid D.A., 1976. Awned vs. awnless isogenic winter barley grown at three environments. *Crop Science.* 76: pp. 347-349.

Shewry, P.R.; Ullrich, S.E, 2014. Barley: Chemistry and Technology, 2nd ed.; Elsevier: St. Paul, MN, USA.

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), pp. 123-131.

Simmonds, N. W. 1979. Principles of crop improvement. Longman Group Ltd, London, UK

Singh, B.D., Singh, A.K., 2015. Marker-assisted plant breeding: principles and practices.

- Singh, J., Prasad, L. C., Madakemohekar, A. H., & Bornare, S. S., 2014.** Genetic variability and character association in diverse genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *The Bioscan*, 9(2 Supplement), pp. 759-761.
- Spencer-Lopes, M.M, Forster, B.P., Jankuloski, L. 2018.** Manual on mutation breeding, 3rd ed. FAO/IAEA, Vienna.
- Steffenson, B.J., Olivera, P., Roy, J.K., Jin, Y., Smith, K.P., Muehlbauer, G.J. 2007.** A Walk on the Wild Side: Mining Wild Wheat and Barley Collections for Rust Resistance Genes. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: pp. 532-544.
- Stoskopf N.C., Tomes D.T., Christie B.R., 1999.** Plant Breeding-Theory and Practice. Scientific Publ. (India)
- Sun D.F., Gong X., 2009.** Barley Germplasm Utilization. In: Zhang G., Li C. (eds) Genetics and Improvement of Barley Malt Quality. Springer, Zhejiang University Press. pp. 18-62.
- Tester, M., Langridge, P., 2010.** Breeding Technologies to Increase Crop Production in a Changing World. Science (New York, N.Y.). 327. pp. 818-822.
- Tingay, S., Mcelroy, D., Kalla, R., Fieg, S.J., Wang, M., Thornton, S., Brettell, R.I., (1997).** Agrobacterium tumefaciens-mediated barley transformation. *Plant Journal*, 11, pp. 1369-1376.
- Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., Rana, R., 2018.** Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses.
- Tsochatzis, E.D., Bladenopoulos, K., Papageorgiou, M., 2012.** Determination of tocopherol and tocotrienol content of Greek barley varieties under conventional and organic cultivation techniques using validated reverse phase high-performance liquid chromatography method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Article first published online: 6 JAN2012.
- Tungland, L., Chapko, L.B., Wiersma, J.V., Rasmusson, D.C., 1987.** Effect of erect leaf angle on grain yield in barley. *Crop Science*. 27: pp. 37-40.
- USDA, National Nutrient Database for Standard Reference, 2019** [FoodData Central \(usda.gov\)](https://www.ars.usda.gov/nutrition/nutrient-database/)

Verma I, Verma S.R., 2011. Genotypic variability and correlations among morpho-physiological traits affecting grain yield in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Wheat Research* 3(1): pp. 37-42.

Verstegen, H., Köneke, O., Korzun, V., von Broock, R., 2014. The World Importance of Barley and Challenges to Further Improvements. In: Kumlehn, J., Stein, N. (eds) *Biotechnological Approaches to Barley Improvement*. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, vol 69. Springer, Berlin, Heidelberg.

Veteto, J., 2008. The History and Survival of Traditional Heirloom Vegetable Varieties in the Southern Appalachian Mountains of Western North Carolina. *Agriculture and Human Values*. 25. pp.121-134.

von Bothmer, R., Jacobsen, N., 1985. Origin, Taxonomy, and Related Species. In *Barley*, D.C. Rasmusson (Ed.).

Von Bothmer, R., Jacobsen, N., Baden, C., Jørgensen, R. B., Linde-Laursen, I., 1995. Systematic and ecogeographic studies on crop genepools 7. *An ecogeographical study of the genus Hordeum*. *International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy*.

Wendorf, F., Schild, R., El Hadidi, N., Close, A. E., Kobusiewicz, M., Wieckowska, H., Issawi, B., Haas, H., 1979. Use of barley in the Egyptian late Paleolithic. *Science* 205: pp. 1341-1347

Wiebe, G. A., 1978. Introduction of barley into the New World. *Barley: Origin, Botany, Culture, Winter Hardness, Genetics, Utilization, Pests*. *Agriculture Handbook* 338. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. pp. 1–9.

Xie, M., Liu, J., Tsao, R., Wang, Z., Sun, B., Wang, J., 2019. Whole Grain Consumption for the Prevention and Treatment of Breast Cancer. *Nutrients*, 11, pp. 1769.

Zeven, A.C., 1998. Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: pp. 127 – 139.

Zohary, D, Hopf, M., 2000. *Domestication of Plants in the Old World*. New York: Oxford University Press. 316pp.

Zohary, D., 1963. (Pudoc Centre for Agricultural Publications and Documentations, Wageningen, The Netherlands), pp. 27–31.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

Γαλανοπούλου-Σενδοκά, Σ., 2003. Ειδική Γεωργία 1 [Πανεπιστημιακές Παραδόσεις]. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Δαλιάνης, Κ., 1983. Χειμερινά Σιτηρά. Ιδιωτική έκδοση.

ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, 2016. Ο ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ στην παραγωγή σπόρων Σιτηρών. Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων, Αθήνα. Σελ. 24.

ΕΛΣΤΑΤ, 2021. ‘Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα , Έτος 2019’, Ελληνική Στατιστική Αρχή, Ελληνική Δημοκρατία, Πειραιάς. σελ. 10.

Μπιλάλης, Δ., Παπαστυλιανού, Π., Τραυλός, Η., 2019. Γεωργία, Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας. Εκδόσεις Πεδίο.

Μυλωνάς, Ι., 2012. ‘Διερεύνηση των παραγόντων μεγιστοποίησης του παραγωγικού δυναμικού σε ποικιλίες κρίθης (*Hordeum vulgare L.*), Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών Α.Π.Θ.

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. 2012. Ειδική Γεωργία - Σιτηρά & ψυχανθή, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Ρουπακιάς, Δ., 2016. Βελτίωση Φυτών. UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη.

Τοκατλίδης, Ι., Σ., 2007. Βελτίωση Φυτών Αρχές & Μεθοδολογία, Ορεστιάδα.