

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ
ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»

Αξιολόγηση Διαλογών 1ης Γενιάς Τοπικού Πληθυσμού Φασολιού
Τύπου Γίγαντα σε Κυψελωτή Διάταξη

Μεταπτυχιακή Διατριβή

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας του
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

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

Λιανά Ανδριάννα

Φλώρινα, Σεπτέμβριος 2024

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

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

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

1. Φωκίων Παπαθανασίου (Επιβλέπων)
Καθηγητής
Τμήμα Γεωπονίας
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

2. Θεανώ Λαζαρίδου (Μέλος)
Καθηγήτρια
Τμήμα Γεωπονίας
Πανεπιστήμιο Δυτικής
Μακεδονίας

3. Χρυσάνθη Πάνκου (Μέλος)
Εντεταλμένη ερευνήτρια
Ινστιτούτο Βιομηχανικών και
Κτηνοτροφικών Φυτών
Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός
«ΔΗΜΗΤΡΑ»

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής από το Τμήμα Γεωπονίας (Φλώρινα) του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και την εκτίμηση μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Παπαθανασίου Φωκίων. Η καθοδήγηση του, οι υποδείξεις του και η συνολική επιμέλεια του κειμένου της πτυχιακής μου διατριβής κατά την διαδικασία της συγγραφής και η υποστήριξη του ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση της.

Ευχαριστώ θερμά τον αφυπηρητήσαντα αναπληρωτή καθηγητή Δρ. Παπαδόπουλο Ιωάννη ο οποίος με την παρουσία του και την επίβλεψη καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας στον αγρό συνέβαλε σημαντικά παρέχοντας πολύτιμες συμβουλές για την εκπόνηση της πτυχιακής διατριβής.

Επίσης, ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής για τις συμβουλές, τις υποδείξεις τους και για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την ανάγνωση και την εποικοδομητική κριτική της επιστημονικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες, στην διευθύντρια του μεταπτυχιακού προγράμματος Δρ. Λαζαρίδου Θεανώ, για την παρακολούθηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος από το οποίο αποκόμισα σημαντικές επιστημονικές γνώσεις. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, οι οποίοι συνέβαλαν στην επιστημονική μου κατάρτιση και εμπειρία. Τέλος, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Δρ. Μέλφου Αικατερίνη για την ηθική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήταν παράβλεψη να μην ευχαριστήσω τους προπτυχιακούς φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας του τμήματος γεωπονίας για την βοήθεια τους κατά την συγκομιδή των καρπών.

Τέλος, ευχαριστώ ολόψυχα την οικογένεια μου για την κατανόηση, την ηθική συμπαράσταση και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	10
2.1. Η Καλλιέργεια των οσπρίων	10
Το φασόλι γίγαντας.....	12
2.2. Η διατροφική αξία των οσπρίων	14
2.3. Η έννοια της απόδοσης -παραγωγικότητας	17
2.4.1. Η Θερμοκρασία στα στάδια ανάπτυξης των οσπρίων	18
2.4.2. Επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών – ξηρασίας στην απόδοση	20
2.5. Γενετική βελτίωση των οσπρίων	24
2.5.1. Στόχοι και μέθοδοι Γενετικής Βελτίωσης.....	24
2.5.2. Εφαρμογές βελτίωσης φασολιού με κύριο κριτήριο την απόδοση	25
2.5.3. Τοπικοί πληθυσμοί και απόδοση	33
2.5.4. Το κυψελωτό πειραματικό σχέδιο	35
2.5.5. Χαρακτηριστικά κυψελωτής μεθοδολογίας	37
2.5.6. Βασικές αρχές κυψελωτής μεθοδολογίας.....	39
2.5.7. Ο ρόλος της επιλογής για τη βελτίωση της απόδοσης στην κυψελωτή μεθοδολογία.....	43
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	51
3.1.1. Εγκατάσταση πειραματικού.....	51
Σπορά	51
3.1.2. Καλλιεργητικές φροντίδες	54
3.1.3. Συγκομιδή – Εργαστηριακές μετρήσεις.....	59
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	61
4.1. Φύτρωμα.....	61
4.2. Απόδοση σε σχέση με τον μάρτυρα	62
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	65
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	69
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φασόλι είναι φυτό με μεγάλη παραγωγικότητα και υψηλή θρεπτική αξία με σημαντικά οφέλη για την ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας και την ανθρώπινη υγεία. Το φασόλι συνδέεται με την προστασία και την πρόληψη καρδιοαγγειακών παθήσεων, διάφορων καρκινικών τύπων, με τη διατήρηση του σωματικού βάρους και την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και του διαβήτη. Σήμερα στον Ελλαδικό χώρο καλλιεργούνται δυο είδη κυρίως: το κοινό φασόλι ή *Phaseolus vulgaris* και οι γίγαντες ή *Phaseolus coccineus* με την κοινή φασολιά να είναι το σημαντικότερο από οικονομική άποψη είδος του γένους. Τα μεγαλόσπερμα φασόλια γίγαντες και ελέφαντες καλλιεργούνται ως ξερά φασόλια παραδοσιακά σε διάφορες περιοχές της χώρας μας και κυρίως στην Δυτική Μακεδονία χωρίς όμως να αποκλείονται και πιο ορεινές περιοχές της υπόλοιπης Ελλάδας. Στην σύγχρονη γενετική βελτίωση επιδιώκεται η αύξηση της απόδοσης αλλά με διατήρηση της παραγωγικής σταθερότητας της γενετικής συμπεριφοράς και της γενετικής ταυτότητας των φυτών. Η Κυψελωτή μεθοδολογία με τη χρήση προσαρμοσμένων στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής τοπικών πληθυσμών (ως γενετικό υλικό) και με εφαρμογή κυψελωτών σχεδίων σε περιβάλλον μηδενικού ανταγωνισμού έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα στην ενδοποικιλιακή επιλογή. Σκοπός της παρούσας ερευνητικής διπλωματικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση διαλογών 1ης γενιάς τριών (3) υψηλοαποδοτικών και τριών (3) με υψηλή σταθερότητα απόδοσης. Προήλθαν από τοπικό πληθυσμό φασολιού τύπου Γίγαντα σε κυψελωτή διάταξη κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019 – 2020. Αυτός ο τοπικός πληθυσμός δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ στην Λάρισα και αποτέλεσε και τον μάρτυρα της έρευνας. Κατά την πραγματοποίηση του πειράματος εφαρμόστηκε κυψελωτό σχέδιο R – 7 και το κύριο κριτήριο για την επιλογή των διαλογών ήταν η απόδοση. Στις υπό μελέτη διαλογές καταγράφηκαν αγροκομικοί παράμετροι όπως το ποσοστό φυτρώματος, η έναρξη της άνθισης, η συγκράτηση ανθέων και λοβών ενώ, κατά την συγκομιδή των ατομικών φυτών μετρήθηκαν ο συνολικός αριθμός λοβών ανά φυτό, ο αριθμός ξερών λοβών, και η απόδοση σε σπόρο ανά ατομικό φυτό. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι επιτεύχθηκε υψηλή παραγωγικότητα με αύξηση των σχηματισμένων και ξερών λοβών έως 27% και 64% αντίστοιχα και η μέγιστη διαφορά στην απόδοση που καταγράφηκε σε σχέση με το μάρτυρα έφθανε το 54%. Επίσης στην παράμετρο των παραγόμενων λοβών, των ξηρών λοβών της συνολικής απόδοσης και της απόδοσης των ώριμων σπόρων επιτεύχθηκε βελτίωση έως και

27%, 64%, 53% και 74% αντίστοιχα. Τα δεδομένα αυτά θα αξιοποιηθούν για μελλοντικό πειραματισμό και αξιολόγηση των πιο υψηλοποδοτικών διαλογών σε κανονικές συνθήκες σποράς και διαφορετικά περιβάλλοντα.

Λέξεις κλειδιά: 1. Φασόλι Γίγαντας 2. Απόδοση 3. Σταθερότητα 4. Τοπικοί Πληθυσμοί 5. Διαλογές 6. Κυψελωτή Μεθοδολογία

ABSTRACT

Bean is a crop with high productivity and nutritional value with significant benefits for the development of the agricultural economy and human health. Beans are associated with the protection and prevention of cardiovascular diseases, various types of cancer, with the maintenance of body weight and the treatment of obesity and diabetes.

Nowadays, two main species are cultivated in Greece: The common bean or *Phaseolus vulgaris* and the giant bean or *Phaseolus coccineus* with the common bean being the most economically important species of the genus. The large-seeded giant and elephant beans are traditionally grown as dry beans in various regions of our country and mainly in Western Macedonia without excluding more mountainous regions of the rest of Greece.

In modern genetic improvement, the aim is to increase the yield by maintaining the production stability, the genetic behavior and the genetic identity of the plants. Honeycomb methodology uses local populations adapted to the soil-climatic conditions of the area (as genetic material) and applies honeycomb designs in a zero-competition environment.

The purpose of this research thesis was to evaluate 1st generation lines of three (3) high and three (3) high stability. These lines derived from a local population of giant bean in a honeycomb arrangement during the 2019 – 2020 growing season. This local population was created by the Institute of Industrial and Forage Crops of ELGO-DIMITRA in Larissa. The main criterion for the selection of the lines was the yield and the original local population was the research control.

In the under-study lines, agronomic parameters such as germination rate, flowering initiation, retention of flowers and pods were recorded, while during the harvest of the individual plants, the total number of pods per plant, the number of dry pods, and the seed yield per individual plant were measured.

The results of the research demonstrated that high productivity was achieved with an increase in formed and dry pods up to 27% and 64% and the maximum difference in yield recorded compared to the control reached 54%. Furthermore, in produced pods, dry pods total yield and mature seed yield measurements, an improvement of 27%, 64%, 53% and 74% was accomplished

respectively. This data will be used for further experimentation and evaluation of the most efficient lines in normal seeding conditions and different environments.

Keywords: **1.** Giant bean (*Phaseolus coccineous*) **2.** Yield **3.** Stability
4. Local population – Landraces **5.** Lines **6.** Honeycomb Methodology

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φασόλι – *Phaseolus vulgaris* (κοινό) ή *Phaseolus coccineus* (γίγαντας) καλλιεργείται κυρίως στις περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα στις περιοχές της Πρέσπας και της Καστοριάς και αποτελεί προϊόν ΠΟΠ. Το φασόλι καλλιεργείται είτε ως καθιστό, είτε ως ξηρό. Στον πλακέ τύπο περιλαμβάνονται οι μικρόσπερμες ποικιλίες Ραψάνη, Μυρσίνη, Λήδα και Αριδαία και οι μετριόσπερμες Πυργετός, Ηρώ και Σεμέλη. Αντίστοιχα τον ξηρό τύπο αντιπροσωπεύουν οι μεγαλόσπερμες ποικιλίες, Μεγαλόσπερμα γίγαντες και ελέφαντες Πρεσπών, Ορεστίδα Κέλετρο και Καστελόριζο Καστοριάς (Βλαχοστέργιος, 2012). Το φασόλι σπέρνεται μετά το τέλος των παγετών, συνήθως από τον Απρίλιο (μέσα) έως τον Μάιο. Η σπορά του φασολιού πραγματοποιείται με το χέρι ή μηχανικά (κυρίως) κατά γραμμές (νάνες ποικιλίες) ή όρχους (4-6 σπόροι ανα όρχο) και εφαρμόζονται αποστάσεις 90 -120 cm μεταξύ των γραμμών και 15-30 cm μεταξύ των φυτών και 90-120 x 90-120 ή 100 x 100 cm. Οι κυριότερες ασθένειες που προσβάλλουν την καλλιέργεια είναι η σκωρίαση, η ανθράκωση, το ωίδιο, ο βοτρυτής, ο περονόσπορος, τα βακτήρια *Xanthomonas phaseoli* και *Pseudomonas phaseolicola* και ο ιός του μωσαικού του φασολιού. Επίσης στους εχθρούς της καλλιέργειας που αποτελούν πρόβλημα περιλαμβάνονται τα έντομα βρούχος (*Acanthoscelides odectus*), τετράνυχος (*Tetranychus urticae*), θρίπες (*Frankliniella spp*), άφιδες (*Aphis fabae – Acythosuphum pisum*), τα αλευρώδη (*Trialeurodes vaporariorum*). και ο κρεμμυδοφάγος (*Gryllotalpa vulgaris*) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013, Ολύμπιος, 2015, Πάσσαμ, 2015).

Σκοπός της συγκεκριμένης πειραματικής εργασίας, ήταν η αξιολόγηση διαλογών πρώτης (1^{ης}) γενιάς από τοπικό πληθυσμό φασολιού τύπου Γίγαντα από την περιοχή της ορεινής Θεσσαλίας με τη χρησιμοποίηση της κυψελωτής μεθόδου.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Η Καλλιέργεια των οσπρίων

Το φασόλι – *Phaseolus vulgaris* L. περιλαμβάνεται στην ομάδα των Ψυχανθών, κατατάσσεται στην τάξη Fabales και ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και στο γένος *Phaseolus*, το οποίο αποτελείται από περίπου τετρακόσια (400) είδη (Kole, 2011). Τα σημαντικότερα καλλιεργούμενα είδη είναι το *Phaseolus vulgaris* (κοινό φασόλι, Common Bean), *Phaseolus coccineus* (Γίγαντες, Runner Bean), *Phaseolus lunatus* (φασόλι λίμα ή βουτύρου, Lima Bean), το *Phaseolus acutifolius* (Tepary Bean) και το *Phaseolus dumosus* (Year Bean) (Locqueville, κ.α., 2022). Ακόμη το φασόλι ως οργανισμός ανήκει στους διπλοειδείς οργανισμούς (2n) με αριθμό χρωμοσωμάτων 2n=22 (Gepts, 1988).

Το φασόλι, προέρχεται από την Αμερική και συγκεκριμένα από δυο κύρια κέντρα καταγωγής-εξάπλωσης της Μεσοαμερικής (Κεντρική και Βόρεια Αμερική) και των Άνδεων (Νότια Αμερική). Στις περιοχές του κέντρου της Μεσοαμερικής συγκαταλέγονται, το Μεξικό, η Γουατεμάλα, η Ονδούρα και η Κόστα Ρίκα. Στις περιοχές του κέντρου των Άνδεων περιλαμβάνονται το Περού, το Εκουαδόρ (*Phaseolus vulgaris*), η Βολιβία, η Κολομβία και η Νουέβα Γρανάδα (Nueva Granada). Σύμφωνα με διάφορες μελέτες των επιστημόνων η προέλευση του *Phaseolus coccineus* είναι από το Μεξικό, τη Γουατεμάλα και την Ονδούρα (Spataro, κ.α., 2011, Avila, κ.α., 2012, Hernández-Delgado, κ.α., 2015, Bitocchi, κ.α., 2017, Guerra-García, κ.α., 2017).

Στο φασόλι διακρίνονται τέσσερις τύποι ανάπτυξης (Growth habit), ο τύπος I και II, που αντιπροσωπεύει τις νάνες (dwarf) και III, που περιλαμβάνει τις ημι-αναρριχώμενες ποικιλίες με μέτρια ικανότητα αναρρίχησης καθιστού τύπου (snap bean). Ο τύπος IV, περιλαμβάνει τις αναρριχώμενες ποικιλίες με ισχυρή ικανότητα αναρρίχησης του αναρριχώμενου τύπου (climbing bean). Επιπλέον ο τύπος I, φέρει ακραίο ανθοφόρο οφθαλμό, σχηματίζει επτά έως δέκα (7 – 10) και έντεκα έως δεκαπέντε (11 – 15) κόμβους και το στέλεχος είναι νάνο, είτε ισχυρό και όρθιο (Iα), είτε αδύναμο και έρπον (Iβ). Ο τύπος II, φέρει βλαστοφόρο οφθαλμό, σχηματίζει επτά έως εικοσιτρείς (7 – 23) κόμβους και το στέλεχος είναι ισχυρό και όρθιο με ύψος είκοσι έως εβδομήντα εκατοστά (20 – 70 cm). Ο τύπος III, φέρει βλαστοφόρο οφθαλμό, σχηματίζει έντεκα έως τριάντα (11 – 30) κόμβους, τα κλαδιά είναι σχετικά αδύναμα, ανοιχτά και ημι-πεσμένα και το στέλεχος

είναι αδύναμο και έρπον με ύψος τριάντα έως εκατόν ενενήντα εκατοστά (30 – 190 cm). Το φορτίο του καρπού συγκεντρώνεται στην βάση του φυτού. Ο τύπος IV, φέρει βλαστοφόρο οφθαλμό, σχηματίζει δεκατρείς έως δεκαπέντε (13 – 15) κόμβους και το στέλεχος είναι πολύ αδύναμο και εξαιρετικά μακρύ με ύψος εβδομήντα έως τριακόσια εκατοστά (70 – 300 cm). Η καρποφορία κατανέμεται είτε ομοιόμορφα σε όλο το φυτό (IVα), είτε στο επάνω τμήμα του φυτού (IVβ).

Επιπλέον οι τρεις πρώτοι τύποι (I,II,III), αφορούν το κέντρο της Μεσοαμερικής (Mesoamerican, Durango) και σε αυτόν περιλαμβάνονται οι ποικιλίες *Navy Bean* (λευκά και μικρού μεγέθους ωσειδή έως ελλειπσειδή), *Black Bean* (μαύρα μικρά), *Pinto* (καφέ με μπεζ στίγματα μεσαίου μεγέθους επιμήκη), *Pink Bean* (ροζ παλ μεσαίου μεγέθους οβάλ), *Jalisco* (κρεμ μεσαίου μεγέθους) και *Carioca* (λευκά με ραβδώσεις μικρού μεγέθους). Ο τύπος IV αντιπροσωπεύει το κέντρο των Άνδεων, στον οποίο ανήκουν οι ποικιλίες, *Red kidney* (κόκκινα ανοικτά ή σκούρα και κόκκινα με στίγματα μεγάλου μεγέθους επιμήκη και κυλινδρικά), *White Kidney* (λευκά-κρεμ μεγάλα) και *Cranberry* (λευκά – κρεμ με κόκκινα στίγματα μεσαίου – μεγάλου μεγέθους οβάλ ή στρόγγυλα) (Singh, 1981, Singh, κ.α., 1991, Voysset και Dessert, 1991, Kelly, 2001, Beebe, 2012, Pérez de la Vega, κ.α., 2017, Uebersax και Siddiq, 2022).

Τα άνθη στο φασόλι είναι ζυγόμορφα και φέρουν το τυπικό σχήμα και χρώμα των ανθέων των ψυχανθών. Τα άνθη των ψυχανθών αποτελούνται, από τον πέτασο, ένα εξωτερικό μεγαλύτερο οβάλ με προστατευτικό ρόλο πέταλο. Δυο πλευρικά πεπλατυσμένα πέταλα τις πτέρυγες (wings), τα οποία περικλείουν άλλα δυο πέταλα που σχηματίζουν την τρόπιδα (keel), στην οποία, εμπεριέχονται οι στήμονες και ο ύπερος (Westerkamp και Weber, 1999, Palmer, 2009, Córdoba και Cocucci, 2011). Το χρώμα των ανθέων εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία και ποικίλει από λευκό, πορτοκαλί, ροζ, κόκκινο, έως λιλά, μοβ (Hegay, κ.α., 2014, Acosta-Diaz, κ.α., 2015, Nkhata, κ.α., 2020, Savić, κ.α., 2020). Το χρώμα που κυριαρχεί στα άνθη του *Phaseolus coccineus* είναι το λευκό και το κόκκινο (Rodriguez, κ.α., 2013, Mercati, κ.α., 2015, Sinkovič, κ.α., 2019, Arriagada, κ.α., 2021).

Ο καρπός είναι λοβός, πράσινος, κυλινδρικός ή πεπλατυσμένος και περιέχει τέσσερις έως εννέα (4 – 9) σπόρους. Το χρώμα του ενδοσπερμίου ποικίλει από λευκό, κρεμ, κίτρινο, καφέ, μωβ (ιώδες), μαύρο, διαφόρων άλλων χρωμάτων ή έχει ανάμικτα χρώματα π.χ. λευκή βάση με κοκκινωπές ραβδώσεις. Τα φασόλια καλλιεργούνται ως νωπά, μαγειρευτά και αξιοποιούνται και από την βιομηχανία τροφίμων ως μεταποιησίμα.

Οι ποικιλίες των φασολιών αποτελούνται από τοπικούς πληθυσμούς και διακρίνονται, ως προς την ωρίμανση, σε πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες. Ως προς τον τρόπο ανάπτυξης (growth habit), σε νάνες και αναρριχώμενες. Τέλος ως προς το μέγεθος, σε μικρόσπερμες, με βάρος χιλίων (1000), σπόρων εκατόν πενήντα έως τριακόσια γραμμάρια (150-300 gr), σε μετρίοσπερμες, με βάρος χιλίων (1000), σπόρων τριακόσια έως τετρακόσια πενήντα 300-450gr και μεγαλόσπερμες, με βάρος χιλίων (1000), σπόρων τετρακόσια πενήντα έως επτακόσια γραμμάρια (450-700 gr) (Βλαχοστέργιος, 2012). Στην Ελλάδα οι πιο σημαντικές από αυτές είναι οι ποικιλίες Πρέσπας ΗΡΩ και ΠΥΡΓΕΤΟΣ (Βλαχοστέργιος, 2016).

Το φασόλι ευδοκimeί σε όλα τα εδάφη, αλλά προτιμά τα Αμμοπηλώδη (sandy loam), που στραγγίζουν καλά (Amir-Ahmadi, κ.α., 2017). Το επιθυμητό pH κυμαίνεται μεταξύ 5.4 – 6.0, αλλά αντέχει μέχρι και 7.0 (Fageria, 2008, Fageria και Filho, 2008, Salinas-Ramírez, κ.α., 2011, Chauhan, κ.α., 2021).

Χαρακτηρίζεται θερμοαπαιτητικό, καθώς τα φυτά είναι ευαίσθητα στο ψυχός, δεν αντέχουν στον παγετό και το φύτρωμα παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα, όταν η θερμοκρασία σποράς είναι τουλάχιστον 15 °C. Ιδανικά αναπτύσσεται, όταν η θερμοκρασία αντιστοιχεί στους 20 – 25 °C την ημέρα και στους 15 – 18 °C την νύχτα. Σε θερμοκρασίες περίπου 30 °C εμφανίζονται προβλήματα στα φυτά (Daraah, κ.α., 1999, Rodiño, κ.α., 2007, Albertine και Manning, 2009, De Ron, κ.α., 2016, Ramirez-Cabral, κ.α., 2016, Silva, κ.α., 2020, Bortolheiro και Silva, 2021, Plūduma-Pauniņa, κ.α., 2021, Heinemann, κ.α., 2022).

Το φασόλι γίγαντας

Το φασόλι Γίγαντας (Runner Bean), είναι φυτό κυρίως αναρριχώμενο, αλλά καλλιεργούνται και νάνες ποικιλίες. Το ριζικό σύστημα του φασολιού, περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας κύριας, κυρίαρχης ρίζας, που μεγαλώνοντας δημιουργεί έναν κύριο άξονα και μικρές πλευρικές ρίζες δεύτερου και τρίτου βαθμού (πασσαλώδες ριζικό σύστημα). Επιπλέον το φασόλι γίγαντας, είναι βαθύρριζο με υπόγειες κονδυλώδεις και σαρκώδεις (χοντρές αποθηκευτικές ρίζες) ρίζες. Ο αναρριχώμενος τύπος, είναι συνήθως γρήγορης ανάπτυξης,

χαρακτηρίζεται από μεγάλη ικανότητα αναρρίχησης και φθάνει τα τρία μέτρα (3m). Ακόμη αποτελείται από είκοσι έως τριάντα (20-30) γόνατα (nodes).

Με βάση, την περιοχή καλλιέργειας, την ποικιλία ή τον πληθυσμό, το φασόλι γίγαντας παρουσιάζει την εξής μορφολογία και τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Τα πρώτα φύλλα του, είναι απλά και τα επόμενα σύνθετα, αποτελούμενα από τρία φυλλάρια. Τα φύλλα του, μπορεί να είναι τριγωνικά, τριγωνικά και κυκλικά, καρδιόσχημα και ρομβοειδή, πράσινα ανοικτά, μέτρια σκούρα, ή σκούρα πράσινα έντονου χρώματος και κιτρινοπράσινα. Η ταξιανθία του, έχει τη μορφή βότρυ. Κάθε βότρυς, φέρει τέσσερα – πέντε (4-5) άνθη μεγαλύτερα σε σχέση με το κοινό φασόλι, χρώματος άσπρου, κόκκινου και ροζ. Τα περιβλήματα των λοβών είναι στρόγγυλα κίτρινα εκρού.

Ο λοβός, ο οποίος σχηματίζεται μετά την επικονίαση και την γονιμοποίηση, μοιάζει με μικροσκοπικό πράσινο φασολάκι, το οποίο εξελίσσεται (αλλάζει μορφή και μέγεθος), σε κάθε αναπτυξιακό στάδιο μέχρι την ολοκλήρωση της καρπόδεσης και την πλήρη ωρίμανση. Αυτό αποτελεί και κριτήριο για την πραγματοποίηση της ξήρανσης και της συγκομιδής. Σε προχωρημένα έως τα τελικά στάδια της εξέλιξης του ο λοβός είναι πράσινος, μακρύς, χνουδωτός, κυρτός, κοίλος, και σε σχήμα ζικ-ζακ με μυτερή ή σχεδόν αιχμηρή και στρογγυλή βάση. Το ράμφος (bean beak), έχει μικρή έως πάρα πολύ έντονη τάση, να σχηματίζει γωνία ή να είναι λοξό ή καμπυλωτό. Τον τελικό καρπό αποτελεί το γνωστό φασόλι με ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος (Πελεκάνος, 2023).

Τέλος, ο σπόρος του φυτού μπορεί να είναι κυκλικός, σχεδόν κυκλικός, ωοειδής και νεφροειδής, είτε χωρίς, είτε με μια ή περισσότερες εγχοπές-εσοχές από την πτώση του υποκοτυλίου. Ο σπόρος είναι, είτε μονόχρωμος, είτε με στίγματα (spots) ή και ραβδώσεις (ζωνώσεις), είτε ποικιλόχρωμος (mottled) π.χ. μαύρος και κόκκινος ή πορτοκαλί, μαύρος και ροζ-μωβ. Το βάρος 1000 σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 1000 – 1800 gr (UPOV, 2003, Βλαχοστέργιος, 2012).

2.2. Η διατροφική αξία των οσπρίων

Η μεσογειακή διατροφή, είναι ένα παραδοσιακό διατροφικό μοντέλο, που βασίζεται στην κατανάλωση υγιεινών τροφίμων υψηλής βιολογικής αξίας πλούσιων σε πρωτεΐνες, σε υδατάνθρακες, φυτικές ίνες, αντιοξειδωτικά, και μεταλλικά στοιχεία, με χαμηλά (κορεσμένα) λιπαρά. Η μεσογειακή διατροφή, αποτελείται πρωτίστως, από φρούτα και λαχανικά και δευτερευόντως από ψάρι και γαλακτοκομικά. Τα φρούτα και τα λαχανικά και το ελαιόλαδο συνιστάται να καταναλώνονται καθημερινά και το ψάρι εβδομαδιαίως, ενώ αποφεύγεται το κρέας του οποίου η πρόσληψη είναι επιτρεπτή ελάχιστες (μια – δυο) φορές τον μήνα (Haddad, 2003, Guasch-Ferré και Willett, 2021).

Τα όσπρια, ανήκουν στην κορυφή της μεσογειακή πυραμίδας (Vlassopoulos, κ.α., 2022). Έχουν υψηλή διατροφική αξία λόγω της περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνη, δηλαδή αμινοξέα τα οποία δεν μπορεί ο οργανισμός να τα παράγει από μόνος του αλλά θα πρέπει να τα προσλάβει μέσω των τροφών. Διατροφικά μπορούν να αντικαταστήσουν την ζωική πρωτεΐνη (φυτική πρωτεΐνη φασεολίνη), δηλαδή το κρέας (Semba, κ.α., 2021). Η συμπερίληψη τους στο εβδομαδιαίο διαιτολόγιο, οδηγεί σε πολλαπλά οφέλη για την υγεία. Τα όσπρια έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά που για αυτό και συστήνεται να εντάσσονται στην διατροφή ως συστατικά μείωσης της χοληστερίνης. Επιπροσθέτως, διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση ενός φλιτζανιού την ημέρα, μπορεί να μειώσει τη χοληστερόλη έως και δέκα τοις εκατό (10%) σε έξι με οχτώ (6-8) εβδομάδες (Abeysekara, κ.α., 2012).

Εκτός από τον έλεγχο του επιπέδου της χοληστερόλης, ρυθμίζουν και την αναλογία του σακχάρου του αίματος, διότι ο γλυκαιμικός τους δείκτης είναι χαμηλός. Επομένως συμβάλλουν και στην αντιμετώπιση του διαβήτη (Hutchins, κ.α., 2012). Επίσης, είναι πλούσια σε φυτικές ίνες και αυτό βοηθάει στην καλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος και σε συνδυασμό με τα χαμηλά λιπαρά, συμβάλλουν στην διατήρηση του σωματικού βάρους με την αίσθηση κορεσμού που δημιουργούν και στην αποτελεσματική καταπολέμηση της παχυσαρκίας (Thompson, κ.α., 2017). Είναι σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών, όπως ο φώσφορος, ο σίδηρος, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, το ασβέστιο και ο ψευδάργυρος (USDA, 2023). Ο σίδηρος, αποτελεί στοιχείο που συμβάλλει στην λειτουργία της αιμοποίησης, με τον σχηματισμό της αιμοσφαιρίνης και για αυτό

μαζί με την φακή, αποτελούν ιδανική διατροφή για ηλικιωμένους, για ενίσχυση του ανοσοποιητικού τους συστήματος ή για άτομα που πάσχουν από αναιμία. Επιπλέον η αιμοσφαιρίνη, μεταφέρει οξυγόνο στους πνεύμονες και σε όλα τα κύτταρα του σώματος και συμβάλει σε βασικές λειτουργίες για την παραγωγή ενέργειας και για τον μεταβολισμό (Wikipedia, 2023). Τέλος το μαγνήσιο παίζει ρόλο στην λειτουργία των νευρικών μυών και στην διαχείριση της αρτηριακής πίεσης και το μαγγάνιο μαζί με το ασβέστιο, συμβάλλουν στην ανάπτυξη των οστών και στην πρόληψη της οστεοπόρωσης (Duyff και Κοϊδου, 2014, National Institutes of Health (NIH), 2022).

Τα όσπρια, έχουν αποτελέσει το αντικείμενο πολλών επιστημονικών ερευνών. Έχει βρεθεί ότι η κατανάλωση μια κούπας 400 gr οσπρίων σε συνδυασμό με άλλα καίριας σημασίας μεσογειακά τρόφιμα, όπως το ελαιόλαδο ή και με ένα ποτήρι κρασί, θεωρείται ότι μπορούν να συμβάλλουν στην γενικότερη υγεία του ανθρώπου. Το κρασί είναι προϊόν βιολογικής προέλευσης που παράγεται με φυσικό τρόπο από το σταφύλι. Επιπλέον σε πολυάριθμες έρευνες έχειδειχθεί ότι η πρόσληψη τους οδηγεί σε μακροζωία με την καλή λειτουργία της καρδιάς (Ruidavets, κ.α., 2000, Sampson, 2004, Covas, κ.α., 2006).

Τα όσπρια, συνδέονται με την πρόληψη (προληπτική ιατρική), κυρίως καρδιαγγειακών νοσημάτων, αλλά και για πληθώρα πλεονεκτημάτων που παρέχουν γενικά στην υγεία του ανθρώπου (Papanikolaou και Fulgoni, 2008, Vieira, κ.α., 2023). Η φαρμακευτική τους ιδιότητα, αποδίδεται στην δράση αντιοξειδωτικών ουσιών, που βρίσκονται κυρίως στο εξωτερικό περίβλημα των σπόρων τους (Onyilagha και Islam, 2009), όπως τα φλαβονοειδή. Συγκεκριμένα της καμπεφερόλης, μυρικετίνης, της κουερσετίνης, της ισοραμνετίνης (φλαβονόλες), της απιγενίνης λουτεολίνης (φλαβόνες) κατεχίνης, επικατεχίνης (Flavan-3-ols), κυανιδίνης, δελφινιδίνης, πελαργονιδίνης, μαλβιδίνης, πετουνιδίνης (ανθοκυανίνες) (Haytowitz, κ.α., 2018). Επίσης, σε πολλές ποικιλίες φασολιών, βιταμίνες του συμπλέγματος Β, όπως η θειαμίνη, νιασίνη, ριβοφλαβίνη, βιταμίνη Β6, και το φυλλικό οξύ - ασκούν αντιφλεγμονώδη δράση. Ακόμη το φυλλικό οξύ και η πυριδοξίνη (Β6), συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου (Duyff και Κοϊδου, 2014). Επιπροσθέτως, έχειδειχθεί ότι τα όσπρια έχουν αντικαρκινικές ιδιότητες και είναι αποτελεσματικά ενάντια σε ορισμένους τύπους καρκίνου (Καρκίνος του παχέος εντέρου, Καρκίνος του μαστού, Καρκίνος του προστάτη) (NBGA, 2023). Τα όσπρια, διαθέτουν τους μηχανισμούς, που μεταβολίζουν τις καρκινικές ουσίες και αναστέλλουν την δράση

τους (Luna Vital, κ.α., 2014, Baxter, κ.α., 2019). Επιπλέον, πρόσφατη έρευνα, για τον καρκίνο του παχέος εντέρου, έδειξε ότι τα φασόλια επίδρασαν στην ισορροπία της μικροχλωρίδας του εντέρου, με την αύξηση των ευεργετικών για τον οργανισμό μικροοργανισμών, έναντι των παθογόνων βακτηρίων και οδήγησε και σε μείωση της πιθανότητας εμφάνισης του καρκίνου (Zhang, κ.α., 2023).

Όσον αφορά την ποιότητα, τα φασόλια της Δυτικής Μακεδονίας και ιδιαίτερα των Πρεσπών, έχουν αναδειχθεί για την γεύση τους και την βραστικότητα, τους. Επιπλέον η ποιότητα τους αποδίδεται στο γενετικό τους δυναμικό, στην εδαφολογική σύσταση που ευνοεί τη διαμόρφωση των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων και στο μικροκλίμα της περιοχής και αποτρέπουν την σκλήρυνση τους. Η διατήρηση της κατάλληλης υφής, οφείλεται στο ίδιο το περιβάλλον και σε καλλιεργητικές τεχνικές, καθώς εδάφη πλούσια σε ασβέστιο (Ca) και μαγνήσιο (Mg), επηρεάζουν τις μαγειρικές του ιδιότητες. Επίσης, η μετασυλλεκτική τους μεταχείριση σε ελεγχόμενο περιβάλλον με προσδιορισμένη θερμοκρασία και υγρασία, είναι ένας ακόμη πάρα πολύ σημαντικός παράγοντας, καθώς επηρεάζει την απορροφητικότητα του νερού, την διαπερατότητα του περιβλήματος του σπόρου (μεταβολή του πάχους), που αλλάζουν την σύσταση του σπόρου αυξάνοντας τον χρόνο μαγειρέματος (ζελατινοποίηση του αμύλου, λιγνοποίηση, φυτάση, αναστολές τριψίνης και ενώσεις που επηρεάζουν το άρωμα όπως το HCN) (Deshpande, κ.α., 1984). Ο χρόνος βρασμού που απαιτείται για τους γίγαντες και για τα πλακέ κυμαίνεται από εβδομήντα πέντε έως ενενήντα (75-90) λεπτά και σαράντα πέντε έως εξήντα (45-60) λεπτά αντίστοιχα. Όμως ειδικά για τα πλακέ, πρόσφατη συγκριτική μελέτη μεταξύ των οσπρίων των Πρεσπών και άλλων περιοχών της Δυτικής Μακεδονίας έδειξε ότι ο ελάχιστος χρόνος βρασμού ήταν μόλις τριάντα πέντε (35) λεπτά (Deshpande, κ.α., 1984, Reyes-Moreno και Paredes-López, 1993, Vakali, κ.α., 2017, Άροσις, 2023).

2.3. Η έννοια της απόδοσης -παραγωγικότητας

Η απόδοση των φυτών, επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Η απόδοση των φυτών, εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, από το έδαφος και την θρέψη των φυτών, από την φωτοπερίοδο και την φωτοσύνθεση για το σχηματισμό βιομάζας, από την άνθιση, την επικονίαση, την γονιμοποίηση την καρπόδεσης και την ωρίμανση του τελικού καρπού. Επίσης επηρεάζεται από γενετικούς παράγοντες, από το είδος και την ποικιλία. Τέλος, εξαρτάται από τα ζιζάνια, τους εχθρούς και τις ασθένειες και από τις καλλιεργητικές τεχνικές. Στην βελτίωση των φυτών έχει αποδειχθεί ότι η απόδοση και η επίτευξη γενετικού κέρδους, καθορίζεται από την τελική επιλογή των γενότυπων, λόγω της κληρονομικότητας (γενετικού φορτίου), που επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση των γενότυπων με το περιβάλλον και την γενετική παραλλακτικότητα. Για αυτό σε πολλές εργασίες αποδόθηκε η αύξηση του γενετικού κέρδους (genetic gain), στην επιλογή με το βελτιωτικό πρόγραμμα για την πρόβλεψη της κληρονομικότητας.

Επιπλέον η επίτευξη των έμμεσων στόχων ή των παραγόντων της απόδοσης, όπως ο χρόνος της άνθισης και ο αριθμός των σχηματισμένων ανθέων (1), ο αριθμός των βλαστών (2), το ποσοστό της παραγόμενης βιομάζας (3), το ποσοστό των γονιμοποιημένων ανθέων και το ποσοστό καρπόδεσης (4), οδηγεί επίσης στην αύξηση της απόδοσης (Φανουράκης, 2005, Δόρδας, 2018, Keller, κ.α., 2022).

2.4.1. Η Θερμοκρασία στα στάδια ανάπτυξης των οσπρίων

Ανάλογα, με το στάδιο ανάπτυξης, που βρίσκονται και δέχονται την επίδραση της καταπόνησης, τα φυτά παρουσιάζουν προβλήματα. Σε θερμοκρασίες 30 °C και άνω, τα φυτά παρουσιάζουν μείωση της απόδοσης, ανθόπτωση, ανάπτυξη παρθενοκαρπικών λοβών και μειωμένο μέγεθος σπόρων. Το μέγεθος της θερμοευαισθησίας, εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης, στο οποίο τα φυτά δέχονται την επίδραση των δυσμενών θερμοκρασιών. Παρατηρήθηκε ότι στα στάδια πριν τη γονιμοποίηση (pre-fertilization), οι υψηλές θερμοκρασίες (σε επίπεδο καταπόνησης), είναι περισσότερο επιζήμιες, για την ανάπτυξη των γυρεόκκοκων (ανωμαλίες) και το σχηματισμό της γύρης και για την διάρρηξη του ανθήρα. Επίσης αναφέρθηκε ευαισθησία των φυτών στην θερμική καταπόνηση (heat stress), κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών και του σχηματισμού των ανθοφόρων οφθαλμών.

Επιπλέον στις εργασίες των (Silva, κ.α., 2020) και των (Bomers, κ.α., 2022), οι οποίοι διερεύνησαν την γενετική παραλλακτικότητα πληθυσμών οσπρίων με σκοπό την διάκριση των γενότυπων με ευπάθεια στην ξηρασία και των υψηλοαποδοτικών (αξιολόγηση με βάση το παραγωγικό δυναμικό). Αναλυτικότερα στην εργασία των (Silva, κ.α., 2020), τα φυτά αναπτύχθηκαν μέσα σε κλιματικό θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες από το στάδιο της βλάστησης μέχρι το τέλος της ωρίμανσης. Εφαρμόστηκαν δυο μεταχειρίσεις. Στην πρώτη η θερμοκρασία ήταν ρυθμισμένη στους 37 °C την ημέρα και στους 26 °C την νύχτα και στην δεύτερη στους 25 °C την ημέρα και στους 20 °C την νύχτα. Επίσης για την πραγματοποίηση του πείραματος χρησιμοποιήθηκε παραγοντικό σχέδιο (factorial design) 2 x 12 με έξη (6) επαναλήψεις (τρεις επαναλήψεις ανα μεταχείριση). Του παράγοντες του σχεδίου αποτέλεσαν τα φυτά υπο συνθήκες ξηρασίας και οι γενότυποι. Επιπλέον η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των λοβών, αριθμού των ώριμων σπόρων και του βάρους των 100 σπόρων κατά 25.36% – 44%, 41% και 30% – 49% αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, καταγράφηκε καρπόπτωση 40% (Silva, κ.α., 2020). Αντίστοιχα στην εργασία των (Bomers, κ.α., 2022), το πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2018 – 2020 και περιλάμβανε την εφαρμογή δυο μεταχειρίσεων όπου 264 φυτά αναπτύχθηκαν σε γλαστράκια μέσα στο θερμοκήπιο. Στην πρώτη το 2018, εφαρμόστηκε τεχνητή θέρμανση με σκοπό τη δοκιμή των φυτών σε συνθήκες καταπόνησης. Αρχικά η θερμοκρασία αυξανόταν σταδιακά μέχρι να φθάσει στους 35 °C για πάνω από τρεις (3) ημέρες. Στη συνέχεια καθημερινά και για 4-5 ώρες την ημέρα, η θερμοκρασία ήταν

ρυθμισμένη (με τεχνητό τρόπο) στους 35 °C για περίπου ένα (1) μήνα. Στην δεύτερη, το 2020 τα φυτά αναπτύχθηκαν υπό κανονικές συνθήκες και η θερμοκρασία του θερμοκηπίου έφθασε φυσιολογικά τους 32 °C. Η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών που προκάλεσε την καταπόνηση των φυτών οδήγησε στην ελάττωση του αριθμού των λοβών κατά 55.5% (Bomers, κ.α., 2022). Η συνολική απόδοση και στις δυο μελέτες ήταν σημαντικά μειωμένη σε ποσοστό πάνω από πενήντα τοις εκατό (> 50%).

Επιπλέον στις έρευνες των (Beshir, κ.α., 2016) και των (Vargas, κ.α., 2021), που μελέτησαν γενότυπους σε κανονικές συνθήκες ή υπό καταπόνηση και την επίδραση τους κατά την ανάπτυξη των οσπρίων ανά στάδιο (βλαστικό, αναπαραγωγικό, γέμισμα).

Αναλυτικότερα στην έρευνα των (Beshir, κ.α., 2016), το πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2011 – 2012 με ελεγχόμενη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στους 24 °C και στο 65% αντίστοιχα. Η ιδατοικανότητα του εδάφους (του θερμοκηπίου), ήταν στο 50% με σκοπό να δημιουργηθούν συνθήκες καταπόνησης. Χρησιμοποιήθηκε πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο (CRD) με τρεις (3) επαναλήψεις, όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν σε γλαστράκια σε περιβάλλον θερμοκηπίου και δοκιμάστηκαν σε τρία (3) παραγωγικά στάδια. Στο στάδιο της εμφάνισης των τεσσάρων (4) φύλλων, στο στάδιο της εμφάνισης των ανθέων και στο στάδιο του σχηματισμού και του γεμίσματος των λοβών, στο 50% των φυτών (σε όλα τα στάδια). Η υγρασία του μάρτυρα που αποτελούσε και την τέταρτη μεταχείριση διατηρήθηκε καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος σε ποσοστό άνω του ενενήντα τοις εκατό (>90). Αντίστοιχα στην έρευνα των (Vargas, κ.α., 2021) Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2016 – 2017. Εγκαταστάθηκαν σε δυο τοποθεσίες δυο πειραματικοί αγροί στους οποίους εφαρμόστηκαν δυο δικτυωτά σχέδια (lattice design), με τρεις (3) επαναλήψεις. Την πρώτη χρονιά (2016) το δικτυωτό 10 x 12, το οποίο περιλάμβανε τη δοκιμή των φυτών σε συνθήκες ξηρασίας και την δεύτερη (2017) το δικτυωτό 14 x 8, όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν σε κανονικές συνθήκες. Επιπροσθέτως και στις δυο μελέτες παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ των χαρακτηριστικών των λοβών (διάμετρος, μήκος, καμπυλότητα), του αριθμού των καλά ή εν μέρη σχηματισμένων λοβών, του αριθμού των λοβών, του, αριθμού των ώριμων σπόρων, του βάρους των 100 σπόρων και του δείκτη συγκομιδής των λοβών (PHI), ενώ αυξήθηκαν ο αριθμός των στείων λοβών (αποβολή εμβρύων) και των κενών λοβών. Η συνολική απόδοση ήταν ελαττωμένη κατά 40% και 30% αντίστοιχα.

2.4.2. Επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών – ξηρασίας στην απόδοση

Η καταπόνηση των φυτών από την ξηρασία αποτελεί πρόβλημα για την απόδοση, το οποίο λόγω της κλιμακούμενης κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης έχει τα τελευταία χρόνια διογκωθεί για αυτό και η ξηρασία αποτελεί αντικείμενο γενετικής βελτίωσης σε πολλές εργασίες. Η ξηρασία, συνδέεται με την πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες και με την αφομοίωση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Η αφομοίωση αυτών των στοιχείων επηρεάζεται από την αρχιτεκτονική την κατασκευή του ριζικού συστήματος με τις μεταβολές που προκαλούνται στη μορφή, στην επιφάνεια, στην πυκνότητα και στο μήκος των ριζών. Σε πολυάριθμες μελέτες, αποδείχθηκε ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης και του μήκους των ριζών (cm), της πυκνότητας και της διαμέτρου των ριζών, του βάθους των ριζών, του αριθμού των κύριων, κεντρικών ριζών και των αρχέγονων βασικών ριζών, του συνολικού αριθμού των σχηματισμένων ριζών, της συνολικής ριζικής επιφάνειας και της βιομάζας των ριζών (ξηρά ουσία, gr) (Abenavoli, κ.α., 2016, Sofi και Saba, 2016, Polania, κ.α., 2017, Stroock, κ.α., 2019, Teixeira, κ.α., 2019, Camilo, κ.α., 2021).

Στο πείραμα των (Sofi, κ.α., 2018), τρεις (3) από τους επτά (7) γενότυπους που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες ξηρασίας (τουλάχιστον 30%), παρουσίασαν διπλάσια μείωση δηλαδή περίπου 50 % στο μήκος των ριζών και στην επιφάνεια του ριζικού συστήματος έναντι των γενότυπων του μάρτυρα που καλλιεργήθηκαν υπό κανονικές συνθήκες. Το βάθος του ριζικού συστήματος των γενότυπων Matterhorn, Bluster, και Lariat ήταν σχεδόν το υποδιπλάσιο, 65cm 95cm και 105cm για τα φασόλια σε συνθήκες καταπόνησης και 110cm, 105cm και 130cm για τα φασόλια σε φυσιολογικές συνθήκες αντίστοιχα. Η επίδραση της ξηρασίας ήταν καθοριστική στο στάδιο της γέμισης των λοβών. Η καρπόδεση και το τελικό βάρος των λοβών των ξηρών γενότυπων σε σύγκριση με των γενότυπων του μάρτυρα κυμαίνονταν από 30 – 50% και 1.5 – 3 gr και 65-90% και 2-6 gr αντίστοιχα. Η πλειοψηφία των κανονικών γενότυπων ήταν κοντά στο 80% και στα 6 gr. Η αναμενόμενη απόδοση των ξηρών γενότυπων ήταν μόλις το 30% της παραγωγής σε σχέση με τους γενότυπους των περιβαλλοντικών συνθηκών που αναμενόταν να φθάσει το 70-90% (Sofi, κ.α., 2018).

Επιπλέον στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί θέματα που σχετίζονται με την λειτουργία της φωτοσύνθεσης από την επίδραση των ακραίων θερμικών θερμοκρασιών. Οι ακραίες θερμοκρασίες, οδηγούν στο κλείσιμο των στομάτων και στη μείωση της φυλλικής επιφάνειας και της παραγόμενης βιομάζας. Επίσης επιδρούν σε παράγοντες που οδηγούν σε εμπλοκή της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης, όπως η μείωση της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη, η μεταβολή στην συγκέντρωση των αερίων του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και η έκκριση φωτοσυνθετικών ορμονών που παίζουν ρόλο στη ρύθμιση των φωτοσυστημάτων της φωτοσύνθεσης (Qi, κ.α., 1998, Zlatev, 2013, Kiyamaz και Beyaz, 2019, Zadražnik και Šuštar-Vozliè, 2020).

2.4.3. Άνθιση –Επικονίαση – Καρπόδεση

Ο χρόνος άνθισης είναι σημαντικός για την απόδοση. Ο ακριβής προσδιορισμός του, είναι απαραίτητος για την αποφυγή του κινδύνου των παγετών και για την διευκόλυνση της επικονίασης και την μεγιστοποίηση της παραγωγής. Σύμφωνα με τις φαινολογικές μελέτες ο μηχανισμός της λειτουργίας της άνθισης στα όσπρια ενεργοποιείται, από περιβαλλοντικές αποκρίσεις (θερμοκρασία, παγετός), από το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος από τις απαιτήσεις (γενετικά προσδιορισμένες) των οργανισμών π.χ. κάποιοι φυτικοί οργανισμοί είναι περισσότερο ευαίσθητοι στην θερμοκρασία από άλλους και σε συγκεκριμένο υψόμετρο όπου το επίπεδο της θερμοκρασίας είναι καθοριστικό για την ανάπτυξη του εκάστοτε, συγκεκριμένου οργανισμού. Παρομοίως το ίδιο συμβαίνει και με την φωτοπερίοδο. Όσον αφορά την Φωτοπερίοδο το φασόλι κατατάσσεται στα φυτά βραχείας ημέρας (Qi, κ.α., 1998, Begon, Howarth, και Townsend, 2015; Taiz , Zeiger , Max Møller και Murphy, 2017, Δόρδας, 2018, Michelangeli, 2019, Nicoletto, κ.α., 2019).

Η εμφάνιση των ανθέων παρατηρείται στα φασόλια 29 – 53 ημέρες μετά την σπορά. Με βάση την βιβλιογραφία οι ποικιλίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, σε πρώιμες (Early), που ανθίζουν από 26–39 μετά την σπορά σε μέσης 40–53 (Medium), μετά την σπορά, σε όψιμες 51–58 (Late) μετά την σπορά και σε πολύ όψιμες 59–70 (Very Late). Επιπλέον το *Phaseolus coccineus* ανθίζει 45–70 ημέρες μετά την σπορά και ο χρόνος ωρίμανσης κυμαίνεται από 60–90 και από 90–170 ημέρες (Labuda, 2010, Sinkovič, κ.α., 2019, Locqueville, κ.α., 2022).

Στο φασόλι τύπου γίγαντα σε αντίθεση με το κοινό φασόλι η ριζοβολία των φυταρίων επιτυγχάνεται με τον σχηματισμό κοτυληδόνων οι οποίες παραμένουν στο έδαφος, δηλαδή υπόγεια. Είναι φυτό σταυρογονιμοποιούμενο και η επικονίαση πραγματοποιείται από τις μέλισσες, έντομα του γένους *Xylocopa* όπως η μέλισσα ξυλοκόπος (Carpenter bee), έντομα του γένους *Bombus* (Bumblebees), Συρφίδες (Hoverflies) και Πεταλούδες (Butterflies) (Negi, κ.α., 2020).

Η επικονίαση και ακολούθως η γονιμοποίηση εξαρτάται από: (1) Τους παράγοντες της αλληλεπίδρασης του επικονιαστή με το άνθος, όπως το βάρος των εντόμων σε συνάρτηση με το μέγεθος των πετάλων, τη στεφάνη των ανθέων, την ανταμοιβή / το αντάλλαγμα δηλαδή του νέκταρος, τη συμβατότητα η οποία επιτυγχάνεται από τον τύπο π.χ. αγγειόσπερμο και το σχήμα του άνθους (symmetry), την ελκυστικότητα του άνθους, ιδιότητα που προσδίδεται από το χρώμα, το μέγεθος, το άρωμα και το ποσοστό του νέκταρος, το οποίο ανάλογα με τη συγκέντρωση της γλυκόζης (γλυκύτητα) προσφέρει την ανάλογη ευχαρίστηση και την πιθανή προτίμηση. (2) Τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά και την επίδοση των επικονιαστών. Σε μελέτες παρατηρήθηκε ότι σε περιοχές που σημειώθηκαν ακατάλληλες θερμοκρασίες ή και βροχόπτωση το ποσοστό των πτήσεων και η επισκεψιμότητα των ανθέων μειώθηκε λόγω της αλλαγής της αντιληπτικής τους ικανότητας (μήκος φωτός) εξαιτίας των περιβαλλοντικών αποκρίσεων για την διάκριση των ανθέων και λόγω της απαιτούμενης ενέργειας που χρειάζεται να δαπανήσουν για την προσαρμογή του οργανισμού τους στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες (Rands και Whitney, 2008, Harrap, κ.α., 2017, Lawson και Rands, 2019, Harrap, κ.α., 2020). Επιπλέον οι υψηλές θερμοκρασίες μετέβαλλαν τη μάζα του σώματος των επικονιαστών με αποτέλεσμα την ασυμβατότητα (Herrera, κ.α., 2023). (3) Τους φυσιολογικούς παράγοντες, που επηρεάζουν τη λειτουργία της άνθισης η οποία μπορεί να μη συμπίπτει με τον κύκλο ζωής των εντόμων επομένως και με τον τύπο ή την εποχή επισκεψιμότητας των επικονιαστών. επίσης, τους μηχανισμούς που καθορίζουν τη βιωσιμότητα και την ποιότητα της παραγόμενης γύρης, και επομένως το μέγεθος και την ποσότητα των καρπών (Jumrani, κ.α., 2018, Jumrani, κ.α., 2022). Η βιωσιμότητα και η ποιότητα της γύρης εκτιμάται από τη μορφολογία της γύρης π.χ. σχηματισμός ανώμαλων γυρεόκοκκων (Porch και Jahn, 2001), το μήκος των στυλών των γυρεοσωλήνων, τη βλάστηση των ώριμων γυρεόκοκκων και τον αριθμό των γονιμοποιημένων κόκκων (Glover, 2007, Willmer, 2011, Lankinen, κ.α., 2018, Tunç, κ.α., 2020).

Σε πολυάριθμες μελέτες η δραστηριότητα των επικονιαστών οδήγησε σε αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης και του αγροτικού εισοδήματος. Η απόδοση από την επίδραση των επικονιαστών στο φασόλι ήταν 1,478 (Kg Ha⁻¹) και το κέρδος 1,020 δολάρια (\$) (Elisante, κ.α., 2020). Ακόμη καταγράφηκε κέρδος 1,431,599.4 δολάρια (\$) και 81,145.1 δολάρια (\$) στη φάβα και στη σόγια αντίστοιχα (Fikadu, 2019). Επιπλέον το ποσοστό επιρροής της επικονίασης από τα έντομα το οποίο συνέβαλλε στην καρπόδεση ήταν >30% για το *Phaseolus coccineus* (Otiemo, κ.α., 2020).

2.5. Γενετική βελτίωση των οσπρίων

2.5.1. Στόχοι και μέθοδοι Γενετικής Βελτίωσης

Ένας από τους στόχους της βελτίωσης των φυτών, είναι η εύρεση καλλιεργειών, των οποίων, το γενετικό τους δυναμικό, επιτρέπει την πλήρη αξιοποίηση του παραγωγικού τους δυναμικού, μέσω της ρύθμισης της αναλογίας επιθυμητών αλληλόμορφων γονιδίων και θανατηφόρων γονιδίων. Η αντικατάσταση ή μεταφορά αυτών των γονιδίων, επιτυγχάνεται μέσω της γενετικής μηχανικής και των σύγχρονων μεθόδων βελτίωσης, όπως οι γενετικοί και οι μοριακοί δείκτες, η γενετική χαρτογράφηση QTL. Η γενετική χαρτογράφηση QTL, συμβάλλει μέσω της μελέτης του γονιδιώματος των φυτών στον εντοπισμό συγκεκριμένων γονιδίων. Η ενσωμάτωση αυτών των γονιδίων στον φυτικό οργανισμό, επιτρέπει τη δημιουργία νέων γενότυπων και την εκδήλωση των επιθυμητών χαρακτηριστικών – γνωρισμάτων στα φυτά απογόνους. Έτσι, επιδιώκεται οι γενότυποι των βελτιωμένων καλλιεργειών, να φέρουν μόνο τα επιθυμητά αλληλόμορφα γονίδια, για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης. Επίσης, η δημιουργία ανθεκτικότερων και αποδοτικότερων φυτών, επιτυγχάνεται μέσω μακροχρόνιων προγραμμάτων γενετικής βελτίωσης, που περιλαμβάνουν την δοκιμή καλλιεργειών στο χωράφι, για τη βελτίωση της προσαρμοστικότητας τους σε ποικίλα περιβάλλοντα και υπό την επίδραση καταπονήσεων και παραγόντων της κλιματικής αλλαγής.

Άλλοι στόχοι της βελτίωσης των οσπρίων, σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της παραγωγικότητας, της ελκυστικότητας και της εμποριματικότητας των οσπρίων όπως το μέγεθος και το βάρος των λοβών, η πρωίμιση της παραγωγής (earliness). Ακόμη παίζουν ρόλο και έμμεσοι παράγοντες που με την επίδραση τους ευνοούν την ποιότητα όπως η χημική σύσταση των καρπών για παράδειγμα η αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης (βραστικότητα) και των υδατανθράκων (σάκχαρα, οξύτητα).

Ανεξάρτητα από την επιλεγόμενη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσει ο βελτιωτής, στο πρώτο στάδιο κάθε βελτιωτικού προγράμματος εκτιμάται, το γενετικό δυναμικό (γονίδια και γενετικό κέρδος) των φυτών, ώστε ο επιστήμονας να γνωρίζει όσο γίνεται τις παραγωγικές τους δυνατότητες και την ανθεκτικότητα που μπορούν να επιδείξουν απέναντι σε αβιοτικούς (ξηρασία, θερμοκρασιακό στρες από πολύ υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία, αλατότητα, τοξικότητα π.χ. από βαρέα μέταλλα όπως το Κάδμιο - Cd) και βιοτικούς (έντομα, μύκητες, βακτήρια, ιοί) παράγοντες. Επιπλέον, τα φυτά αξιολογούνται για την ιδιαιτερότητα των γνωρισμάτων που φέρουν, ώστε τελικά να επιλεγούν τα καλύτερα που θα αποτελέσουν τους γονείς για τις διασταυρώσεις που θα ακολουθήσουν και για να επαληθευτούν τα αναμενόμενα αποτελέσματα για τους απογόνους που θα παραχθούν στις επόμενες γενεές (Ξυνιάς, 2014).

2.5.2. Εφαρμογές βελτίωσης φασολιού με κύριο κριτήριο την απόδοση

Οι μέθοδοι που έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς για την βελτίωση του κοινού φασολιού και του φασολιού γίγαντα είναι ποικίλες. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν άφθονες αναφορές για επίτευξη της βελτίωσης μέσω διασταυρώσεων (γενικά) και με την χρήση τοπικών πληθυσμών. Την μέθοδο καταγωγής από μεμονωμένο σπόρο σε συνδυασμό με την μαζική επιλογή (bulk). Οι πιο πρόσφατες μοριακές τεχνικές όπως οι ισογονιδιακές σειρές (NIL), οι επαναλαμβανόμενες σειρές (RIL) και οι μοριακές τεχνικές ταυτοποίησης γονιδιακών θέσεων και επιλογής υπέρτερων γενότυπων τύπου GWAS. Οι ισογονιδιακές σειρές περιλαμβάνουν την εφαρμογή της αναδιασταύρωσης και οι επαναλαμβανόμενες RIL την απλή ή αμοιβαία επαναλαμβανόμενη επιλογή.

Τα σύγχρονα βελτιωτικά προγράμματα, αποβλέπουν στην τροποποίηση των γενότυπων των φυτών, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μεταβάλλουν περισσότερα του ενός γνωρίσματα. Αναλυτικότερα, σε πολυάριθμες έρευνες, με την μέθοδο της μαζικής επιλογής, της γενεαλογικής ή της καταγωγής από μεμονωμένο σπόρο, πραγματοποιήθηκε μια σειρά βελτιώσεων που οδήγησε στην ανάπτυξη τοπικών πληθυσμών με αυξημένο το παραγωγικό τους δυναμικό και καλύτερη απόκριση στις ασθένειες. Σε όλες τις έρευνες, ο σκοπός ήταν, η εμφάνιση μεγαλύτερης ανθεκτικότητας στις ασθένειες (άμεσος στόχος), ταυτόχρονα με την μεγιστοποίηση της παραγωγής (έμμεσος στόχος).

Αρχικά, για την βελτίωση του φασολιού (καθιστού και αναρριχόμενου τύπου), εφαρμόστηκαν κατά καιρούς διάφορα βελτιωτικά προγράμματα π.χ. ISAR, CIAT, όπου σε συνεργασία με ομάδες αγροτών αναπτύχθηκαν νέες ποικιλίες. Αυτές οι νέες ποικιλίες, χρησιμοποιήθηκαν ως γονείς σε επόμενα προγράμματα από διάφορες επιλογές, με κριτήρια, τον χρόνο ωρίμανσης, την αντίδραση (ερεθίσματα) των φυτών απέναντι σε εχθρούς και ασθένειες, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως η γεύση και η υφή (βραστικότητα). Επίσης, η διατήρηση της γενετικής καθαρότητας (ταυτότητας) της ποικιλίας και το γενετικό δυναμικό (υπάρχοντα και κληρονομήσιμα γονίδια) των νέων φυτών, που θα αποτελέσουν την νέα ποικιλία, αποτέλεσαν παράγοντες θεμελιώδους σημασίας, για την διαμόρφωση μελλοντικών προγραμμάτων. Μελλοντικών προγραμμάτων, όπως π.χ. η δυνατότητα εφαρμογής και δοκιμής της νέας ποικιλίας σε πολυάριθμες τοποθεσίες με ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες (κλίμα και διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων) που καθορίζουν εκτός των άλλων και την απόδοση, την σταθερότητα και την οικονομικότητα της παραγωγής (Cheptoo, κ.α., 2014).

Την περίοδο 1998-2002 για τη βελτίωση καθιστών φασολιών των ποικιλιών *Monel* διασταυρώθηκαν οι καλύτεροι γονείς (CPST) μεταξύ τους και συγκεκριμένα ο γονέας Α με κυρίαρχα χαρακτηριστικά την ανθεκτικότητα και την απόδοση και ο γονέας Β με κυρίαρχα χαρακτηριστικά την ποιότητα και την απόδοση. Από την F_2 έως την F_4 γενεά με βάση τον φαινότυπο επιλέχθηκαν τα φυτά που εκδήλωσαν περισσότερο τα στοχευμένα γνωρίσματα του βελτιωτικού προγράμματος και λήφθηκε ο σπόρος από τα καλύτερα φυτά του πληθυσμού και ανακατεύτηκε για να αποτελέσει τον πληθυσμό της επόμενης γενεάς. Στην F_4 εφαρμόστηκε και η γενεαλογική επιλογή, σε συνδυασμό με την μέθοδο καταγωγής από μεμονωμένο σπόρο. Έγινε επιλογή συγκεκριμένων απογόνων και με κύριο κριτήριο την αντοχή – ανοχή στις ασθένειες. Στην μέθοδο καταγωγής από μεμονωμένο σπόρο (SSD), συντομεύεται ο χρόνος βελτίωσης που απαιτείται, επιτυγχάνοντας νωρίτερα και σε μικρότερο αριθμό γενεών (συνήθως, μέσα σε 3-4 γενεές), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες (μαζική και γενεαλογική), την επιθυμητή ομοζυγωτία (Singh, κ.α., 2023). Στην $F_{4.1}$ τα φυτά από την προηγούμενη φάση αυτογονιμοποιήθηκαν. Στην $F_{4.2}$ λήφθηκε ένας σπόρος από κάθε απόγονο της $F_{4.1}$ ώστε να αντιπροσωπεύεται στην επόμενη γενεά και σπάρθηκε. Επίσης ένα μέρος αυτού του σπόρου διατηρήθηκε για την περίπτωση απώλειας χωρίς να χρησιμοποιηθεί. Στην επόμενη στην $F_{4.3}$ πάλι ο σπόρος από κάθε φυτό συγκομίστηκε και σπάρθηκε για να αποτελέσει τα φυτά της επόμενης γενεάς. Στην γενεά αυτή πάλι δεν πραγματοποιήθηκε κάποια επιλογή και ένα μέρος του σπόρου αποθηκεύτηκε. Η

διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε έως την $F_{4.6}$ όπου έγινε επιλογή των φυτών με βάση την αντοχή τους στις ασθένειες (Disease screening). Στη συνέχεια, όταν ο αριθμός των φυτών μειώθηκε σημαντικά οι απόγονοι σπάρθηκαν αραιά σε δοκιμαστικές σειρές. Στην F_5 γενεά ο κάθε σπόρος από τα τελικά επιλεγόμενα φυτά τοποθετήθηκε σε ξεχωριστή γραμμή για προκαταρτικές δοκιμές. Αμέσως μετά ακολούθησε έλεγχος των επιλεγμένων φυτών για την αντοχή τους στις ασθένειες και πραγματοποιήθηκε μια τελευταία επιλογή φυτών. Στην τελευταία γενεά (F_6) του βελτιωτικού προγράμματος εφαρμόστηκε η μαζική μέθοδος (Bulk). Μετά το τέλος του βελτιωτικού προγράμματος ακολούθησε αξιολόγηση που αφορούσε την παραγωγικότητα (λοβοί) και τις ασθένειες (ανθράκωση, σκωρίαση και ιός του Μωσαϊκού). Τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη για την παραγωγικότητα ήταν το σχήμα, το μέγεθος, το μήκος, το χρώμα των λοβών. Ακόμη και στις δυο περιπτώσεις έγινε σύγκριση με την ποικιλία του μάρτυρα. Εν τέλει αναπτύχθηκε μια ανώτερη ποικιλία (συνθετική ποικιλία), που συγκέντρωνε και τα τρία επιθυμητά χαρακτηριστικά (ανθεκτικότητα, απόδοση και ποιότητα) (Van Rheenen, κ.α., 2003, Kimani, 2006). Η ποικιλία αυτή, χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω πειραματισμό με στόχο την δημιουργία καθαρών σειρών και την καλλιέργεια αυτών σε ποικίλα περιβάλλοντα, για την ανάπτυξη τοπικών ποικιλιών (τοπικών πληθυσμών) και την δοκιμή και αξιολόγηση αυτών (Kimani, κ.α., 2008, Mulanya και Kimani, 2014, Kimani, κ.α., 2016, Kimani, κ.α., 2019).

Μέσα στην δεκαετία του 90 ανακαλύφθηκαν σειρές που εμφάνισαν ανθεκτικότητα ενάντια σε παθογόνα (ανθράκωση, σκωρίαση, το βακτήριο *Xanthomonas* και τον μύκητα *Phaeoisariopsis griseola* (Angular Leaf Spot)) που αναπτύχθηκαν με γενεαλογική επιλογή, την μέθοδο της αναδιασταύρωσης (κυρίως) και έπειτα την εφαρμογή της μαζικής επιλογής. Συγκεκριμένα η σειρά *BelDakMi* στην οποία εμπεριέχονται τα γονίδια *ur*, προήλθε από την διασταύρωση της B-190 (Pinto Φασόλι) x GN 1140 (Κοινό Φασόλι) (F_1), οι απόγονοι της οποίας ελέγχθηκαν για την αντίσταση τους στην δράση της σκωρίασης (*Uromyces phaseoli*) και του Ιού του Μωσαϊκού. Τα φυτά της GN F_2 γενεάς ήταν ο επαναλαμβανόμενος γονέας (θηλυκός) σε όλες τις διασταυρώσεις που ακολούθησαν μετέπειτα. Αρχικά διασταυρώθηκε μια φορά με την GN1140 και την Pinto *Olathe (ur-6)* (Beerbower, 2020) και τρεις φορές με την *Harris (ur-3)* (Hurtado-Gonzales, Valentini, Gilio και Martins, 2017), ώστε τα νέα φυτά να ενσωματώσουν στο γονιδίωμα τους τα ανθεκτικά ως προς τον Ιο του Μωσαϊκού γονίδια. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η μαζική επιλογή (Bulk), όπου τα φυτά της επόμενης F_4 γενεάς αποτέλεσαν αυτά που ξεχώρισαν για την αντοχή τους στην σκωρίαση και στην βακτηριακή κηλίδωση του φασολιού (Common blight). Τέλος τα

φυτά της F5 γενεάς καλλιεργήθηκαν και προσαρμόστηκαν σε μια συγκεκριμένη περιοχή (Nebraska), για δυο χρόνια με σκοπό τη δημιουργία νέων σειρών για περαιτέρω δοκιμές. Από τις επιλογές με τα περισσότερα γονίδια στα επιθυμητά γνωρίσματα αναπτύχθηκαν οι σειρές *BelDakMi RR1* και *BelDakMi RR2*. Οι τελικές σειρές *BelDakmi* αναπτύχθηκαν ομοίως με την μέθοδο της αναδιασταύρωσης και την μαζική (Bulk) (Stavelly και Grafton, 1989, Stavelly, κ.α., 1994, Pastor-Corrales, 2003).

Το καθιστό φασόλι (snap bean) έχει μελετηθεί και έχει αποτελέσει βάση για την βελτίωση άλλων τύπων (αναρριχώμενο) και την δημιουργία ενισχυμένων, “ανώτερων” σειρών και υβριδίων με αυξημένη απόδοση ή για βελτίωση των παραγωγικών χαρακτηριστικών όπως το μέγεθος των λοβών. Για αυτό τον σκοπό στο πείραμα των (Wahome, κ.α., 2013), διασταυρώθηκαν οι ανθεκτικές σε παθογόνα σειρές *BelDakMi*, *L227*, *Beltigrade RR2*, *Awash 1*, *G2333*, *BelMiNeb* και *Roba-1* και οι εμπορικές ποικιλίες *Amy* (French Bean), *Paulista* (French Bean), *Morelli*, *Morgan*, *Julia*, *Foskelly*, *Teresa*, *Vernandon*, *Kutulless (J12)* και *Alexandria* και το προϊόν αυτών των διασταυρώσεων ήταν οι βελτιωμένες, με καρπούς υψηλότερης ποιότητας (καλύτερη καρπόδεση), αναρριχώμενες σειρές *HAV – HAB* (ημιαναρριχώμενες σειρές *HAB 423*, *HAB 433*). Οι αναρριχώμενες σειρές λόγω της ικανότητας αναρρίχησης τους προσφέρουν καλύτερη διαχείριση στις ασθένειες (οι καρποί αποφεύγουν το έδαφος οπότε προστατεύονται από την υγρασία και δεν προσβάλλονται από μύκητες). Οι *F1* απόγονοι αναπτύχθηκαν έως την *F5* στην οποία επιλέχθηκαν τα φυτά της τελικής γενεάς με λεπτότερους, μεγαλύτερους, μακρύτερους λοβούς με χαρακτηριστικά πιο εύκολα διαχειρίσιμα στην συγκομιδή (αποφυγή θραύσης) που ευνοούν την απόδοση.

Το αναρριχώμενο φασόλι, θεωρείται ότι έχει χαρακτηριστικά περισσότερο ελκυστικά για την βιομηχανία και προτιμάται περισσότερο από τον καταναλωτή. Ενώ το καθιστό φασόλι μακράς ημέρας (snap runner bean), θεωρείται ιδανικό γενετικό υλικό για τη δημιουργία νέων γενότυπων με πρωίμιση της παραγωγής για αυτό και χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε βελτιωτικά προγράμματα. Επιπλέον την περίοδο 2005-2008 ως εξέλιξη των προηγούμενων ερευνών, χρησιμοποιήθηκαν σε διασταυρώσεις φυτά τύπου καθιστού μακράς ημέρας (snap bean – long day) και αναρριχώμενου βραχείας ημέρας (runner bean – climbing – short day) και αναπτύχθηκαν πέντε (5) τοπικοί πληθυσμοί (landraces). Αναλυτικότερα στην έρευνα των (Kimani, κ.α., 2008). Στην *F1* γενεά διασταυρώθηκαν οι ποικιλίες *Paulista*, *Amy*, *Julia*, *Teresa*, *Vernadon*, *Morgan*, *Alexandria*,

Kutules and Morelli με τις ανθεκτικές γραμμές Beldakmi, Beltglade και L227 και τα φυτά αναπτύχθηκαν μέχρι την *F2* με σκοπό την κληρονομήση γονιδίων που σχετίζονται με την κερκοσπορίωση, βακτηριακή κηλίδωση και την σκωρίαση. Στην επόμενη στην *F3* γενεά με εφαρμογή της μαζικής επιλέχθηκαν τα φυτά με κριτήριο τον λοβό και ιδιαίτερα αυτά με την καλύτερη καρπόδεση και αναπτύχθηκαν οι πληθυσμοί ως την *F5* γενεά όπου δοκιμάστηκαν σε διάφορα περιβάλλοντα (Kabete, Kinangor, Nyeri, Ol-Jorok). Συγκεκριμένα στην περίπτωση του Ol-Jorok Laikipia τα φυτά αναπτύχθηκαν σε συνθήκες βραχείας ημέρας για βελτίωση της προσαρμοστικότητας τους και για την δημιουργία τοπικών πληθυσμών με το χαρακτηριστικό της πρωιμότητας ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αποφυγής των παγετών ή και της συντόμευσης ή του συγχρονισμού της παραγωγής (π.χ. με προγραμματισμένη μαζική άνθιση των φυτών) και ενδεχομένως και αύξησης αυτής με την ύπαρξη περισσότερων καλλιεργητικών κύκλων. Γενικά για τη συγκρότηση των τοπικών πληθυσμών πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα βήματα :

- Επιλογή των καλύτερων επιθυμητών φυτών για τη παραγωγή καθαρών σειρών. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε τεχνητή επικονίαση με γύρη από το ίδιο το φυτό ώστε να επιτευχθεί ελεγχόμενη αυτογονιμοποίηση (*F1*) και να αποφευχθεί η γενετική επιμόλυνση.
- Τα *F2* φυτά διασταυρώθηκαν μεταξύ τους επτά φορές για επτά γενεές (*F2-F7*) και από αυτές προέκυψαν οι ομοζύγωτοι γενότυποι (γενετικά όμοιοι γενότυποι) και δημιουργήθηκαν οι καθαρές σειρές οι οποίες αποτέλεσαν τους γονείς για τις επόμενες διασταυρώσεις για την δημιουργία των απλών *F1* υβριδίων.

Αναλυτικότερα :

1. Στις πρώτες γενεές τα φυτά αξιολογήθηκαν και ο σπόρος των επιλεγόμενων φυτών σπάρθηκε σε νέες γραμμές.
2. Πραγματοποιήθηκε ελεγχόμενη αυτογονιμοποίηση
3. Στην *F4 – F5* γενεά ο σπόρος των επιλεγόμενων φυτών σπάρθηκε στις τελικές δοκιμαστικές σειρές.
4. Πραγματοποιήθηκε ελεγχόμενη αυτογονιμοποίηση
5. Στην *F7* γενεά οι σπόροι των τελικών επιλεγμένων σειρών αποτέλεσαν τις καθαρές σειρές.

- Έλεγχος της συνδυαστικής ικανότητας των σειρών ή των καθαρών σειρών με διασταύρωση και δοκιμή άλλων ποικιλιών ή άλλων εγκεκριμένων καθαρών σειρών που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες.

Στην έρευνα των (Kimani, κ.α., 2016), τα φυτά δοκιμάστηκαν σε περιοχές με σκοπό την εξέταση της αντοχής τους υπό αντίξοες συνθήκες και την ανάπτυξη σειρών με παραγωγικά κριτήρια που να αποδίδουν και σε συνθήκες καταπόνησης. Έτσι καλλιεργήθηκαν σε συνθήκες με έντονες βροχοπτώσεις και με χαμηλές θερμοκρασίες και για ακόμη 1 έτος σε τοποθέσεις με ελάχιστες βροχοπτώσεις. Οι 427 σειρές από το πρώτο έτος επανασπάρθηκαν στις περιοχές Kabete και Thika σε συνθήκες υπο άρδευση και με βροχοπτώσεις. Οι δοκιμαστικές γραμμές υποβλήθηκαν υπό έλεγχο από ομάδες παραγωγών. Τα κριτήρια των παραγωγών περιλάμβαναν στοιχεία που σχετίζονται με την απόδοση και συγκεκριμένα η απόδοση του κάθε φυτού, ο τύπος αύξησης (π.χ. αναρριχώμενος ή καθιστός), η αποφυγή πλαγιάσματος, το άνοιγμα των λοβών, η αντοχή στην ξηρασία και γενικότερα στις αντίξοες συνθήκες, ο κύκλος ωρίμανσης του φυτού (πρώιμες, μεσοπρώιμες, και όψιμες) με προτίμηση φυσικά στις πρώιμες. Ακόμη χαρακτηριστικό ενδιαφέροντος αποτέλεσε το φύλλωμα / η φυλλική επιφάνεια για χαρακτηριστικά οπτικά πρώτα όπως το πάχος, το πράσινο χρώμα και το ποσοστό ξήρανσης. Επιπλέον, οι ειδικοί έλαβαν υπόψη τα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά, την εδαφολογική ανάλυση, τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), την ξηρή βιομάζα, την αναλογία άνθρακα / αζώτου (C/N) και την αναλογία αζώτου / φωσφόρου (N/P). Σε δεύτερο βαθμό το ενδιαφέρον των ομάδων ελέγχου επικεντρώθηκε στην εμφάνιση και στην εμπορικότητα της υποψήφιας τοπικής ποικιλίας η οποία πρέπει να είναι σύμφωνα με τα πρότυπα της βιομηχανίας τροφίμων και τις μαγειρικές ιδιότητες όπως η βραστικότητα για γρήγορο μαγείρεμα αλλά με διατήρηση των θρεπτικών συστατικών και της γεύσης. Οι επιλογές από το πρώτο έτος εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν και με μάρτυρα την ποικιλία Mexican 142 στις τοποθεσίες Kabete, Nakuru, Thika και Tigoní ώστε τα φυτά να προσαρμοστούν στις συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και από γενετική άποψη, για να αποκτήσουν τα ανάλογα γονίδια. Εν τέλη 29 σειρές επιλέχθηκαν για το τελικό δοκιμαστικό στάδιο παρουσία μάρτυρα την ποικιλία Mexican 142 για την ανεύρεση της ποικιλίας με τους

γενότυπους που παρουσιάζουν ιδιαίτερα αγρονομικά - παραγωγικά χαρακτηριστικά (Kimani, κ.α., 2013, Kimani, κ.α., 2016).

- Από τις τελικές καθарές σειρές μπορούν να προκύψουν είτε οι νέες ποικιλίες είτε να αποτελέσουν τους νέους γονείς για τις επόμενες διασταυρώσεις για την παραγωγή των υβριδίων. Επίσης η διασταύρωση μεταξύ δυο απλών υβριδίων οδηγεί στον σχηματισμό των διπλών υβριδίων.
- Από τις νέες ποικιλίες μπορούν να αναπτυχθούν με μακροχρόνιες δοκιμές σε περιβάλλοντα με συγκεκριμένες συνθήκες οι τοπικοί πληθυσμοί.

Προχωρώντας ακόμη παραπέρα, διασταυρώθηκε μια (1) ποικιλία μακράς ημέρας με επτά (7) τοπικούς πληθυσμούς για την ανάπτυξη πολλαπλών σειρών και τη δημιουργία ανώτερων υβριδίων υψηλής απόδοσης και προσαρμοστικότητας. Αναλυτικότερα στην έρευνα των (Mulanya κ.α., 2019), το γενετικό υλικό αποτέλεσαν τοπικοί πληθυσμοί αναρριχώμενου τύπου (Kin 1, Kin 2, Kin 3, Nyeri) και νάνου τύπου με κάποια ικανότητα αναρρίχησης (dwarf 1, dwarf 2), οι οποίοι αναπτύχθηκαν σε συνθήκες βραχείας ημέρας και για αυτό και τα φυτά έφεραν και τα ανάλογα γονίδια. Η ποικιλία μακράς ημέρας White Emergo είχε τον ρόλο του θηλυκού γονέα. Ο κάθε τοπικός πληθυσμός (δότης), διασταυρώθηκε μια φορά με την ποικιλία White Emergo (επαναλαμβανόμενος γονέας) (Kin1 x White Emergo κτλ.). Οι απόγονοι, διασταυρώθηκαν οι μισοί με τον επαναλαμβανόμενο γονέα (White Emergo – Γονέας P1) για την μεταφορά γονιδίων και την απόκτηση ανώτερων αγρονομικών χαρακτηριστικών (π.χ. αύξηση του αριθμού των παραγόμενων λοβών), στα φυτά της επόμενης γενεάς και οι υπόλοιποι με τους τοπικούς πληθυσμούς (Γονέας P2), για την μεταφορά γονιδίων και την απόκτηση σχετικών χαρακτηριστικών που βελτιώνουν την πρωιμότητα (Mulanya, κ.α., 2019).

Το συγκεκριμένο βελτιωτικό πρόγραμμα έδωσε τη δυνατότητα της μεταφοράς των επωφελών γονιδίων στο ευαίσθητο και υπολειπόμενο ως προς τα μελετούμενα χαρακτηριστικά φασόλι γίγαντα (runner bean). Επίσης μέσω της κληρονομησης καθιστά τη δυνατότητα μεταφοράς χαρακτηριστικών από τον καθιστό (growth habit I) τύπο αύξησης στον αναρριχώμενο (growth habit III - Indeterminate), ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γονέας σε μελλοντικά προγράμματα συντελώντας στην εξέλιξη των γενετικών ερευνών. Τέλος συνδυάζοντας τις κλασσικές μεθόδους με τη σύγχρονη μοριακή γενετική οι επιστήμονες κατόρθωσαν με τη δημιουργία μοριακών δεικτών και την χρήση ανασυνδυασμένων ομόμικτων σειρών

(Recombinant Inbred Lines), οι οποίες προέκυψαν από τη διασταύρωση δυο καθαρών σειρών, τον εντοπισμό γενετικών θέσεων ποσοτικών χαρακτηριστικών (QTL). Σε άλλες έρευνες (Ochoa, κ.α., 2006, Checa και Blair, 2008, Ramaekers, κ.α., 2012), η διασταύρωση των *G2333*×*G19839*, από την οποία η *G2333* αποτελεί αναρριχώμενη τοπική ποικιλία τύπου IV και το *G19839* περουβιανή τύπου III, οδήγησε στην δημιουργία ομόμεικτων σειρών και επέτρεψε μέσω της επιτυχημένης απομόνωσης του DNA (εντοπισμός αλληλουχίας του DNA) και την εκτίμηση και τον υπολογισμό των συχνοτήτων ανασυνδυασμού των συνδεδεμένων γονιδίων, τον εντοπισμό QTL που σχετίζονταν με τη λειτουργία της αζωτοδέσμευσης και την συμβιωτική σχέση των μικροοργανισμών και QTL που σχετίζονταν με την λίπανση και την εδαφική διαθεσιμότητα του φωσφόρου και την αρχιτεκτονική της ρίζας (επίκτητες ρίζες). Οι νέες ομόμεικτες σειρές δημιουργήθηκαν με την μέθοδο καταγωγής από μεμονωμένο σπόρο.

2.5.3. Τοπικοί πληθυσμοί και απόδοση

Οι τοπικοί πληθυσμοί προκύπτουν από φυτά με επιθυμητά χαρακτηριστικά μετά από συστηματική καλλιέργεια όπου ο σπόρος από αυτά τα φυτά αποθηκεύτηκε και χρησιμοποιήθηκε για τις επόμενες γενεές για πολλά χρόνια και αναπαραγωγή μεταξύ των φυτών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες για αρκετά χρόνια (Zeven, 1998, Camacho-Villa, κ.α., 2006, Azeez, κ.α., 2018). Οι τοπικοί πληθυσμοί διακρίνονται στους εξής τύπους :

A. Σε ιθαγενή φυτά ή αυτοφυή που προέρχονται από μια συγκεκριμένη περιοχή ή από άγρια είδη που μελετήθηκαν, παρείχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα και χρησιμοποιήθηκαν ως γενετικό υλικό με τη μέθοδο της μετανάστευσης σε μια καινούρια τοποθεσία για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση. Και στις δυο περιπτώσεις πρόκειται για φυτά (γενότυπους) που φέρουν επιθυμητά χαρακτηριστικά (γονίδια) και αναπτύχθηκαν σε καθορισμένες περιοχές που σε συνδυασμό με την ολοκληρωμένη γεωργία, δηλαδή την εφαρμογή καλλιεργητικών τεχνικών με ορθολογιστικό τρόπο, με την ελάχιστη ενδεδειγμένη δυνατή ποσότητα εισροών (λιπασμάτων, σκευασμάτων) για την ικανοποίηση των θρεπτικών αναγκών των φυτών και την κάλυψη των απαιτητικών προϋποθέσεων για την φυτοπροστασία τους, την επιβίωση και εξέλιξη τους. Οι παραπάνω μακροχρόνιες μέθοδοι που υλοποιήθηκαν είχαν ως αποτέλεσμα την προσαρμογή των καλλιεργειών σε καθορισμένες τοποθεσίες με την πάροδο του χρόνου (ως την F7 γενεά). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα φυτά αποδίδουν καλύτερα από οποιαδήποτε άλλη εμβολιασμένη ποικιλία ή καλλιεργούμενο είδος. Έτσι με αυτό τον τρόπο οι τοπικοί πληθυσμοί αξιοποιούνται ως μέθοδος εξασφάλισης της βιοποικιλότητας και προστασίας σπάνιων ειδών τα οποία διατηρούν την γενετική τους ταυτότητα (γονιδιακή δεξαμενή).

Επιπλέον εκτός των άλλων οι παράγοντες που συνέβαλαν σε μεγάλο βαθμό στην προσαρμογή ήταν η χρόνια έκθεση, η σκληραγώγηση των φυτών στις κλιματολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, η αλληλεπίδραση γενότυπου με το περιβάλλον (GxE), οι αποκρίσεις των φυτών στην πρόκληση του περιβάλλοντος, ο τρόπος αντιμετώπισης δηλαδή, η χρόνια αντίδραση των φυτών, οι μηχανισμοί άμυνας των φυτών απέναντι στην δράση των εχθρών, των ασθενειών και των ζιζανίων. Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα τα φυτά να αποκτήσουν ιδιότητες (γονίδια) που τα καθιστούν ιδανικά για την περιοχή εκείνη.

B. Σε φυτά επιλεγμένων ποικιλιών ή τοπικών πληθυσμών (autochthonous landraces), που εισήχθησαν στις περιοχές για βελτίωση με σκοπό τα φυτά που θα δημιουργηθούν (οι απόγονοι από την διασταύρωση της επιλεγμένης ποικιλίας και του άγριου είδους, variety x wild species) να έχουν τα χαρακτηριστικά των άγριων ειδών ή της τοπικής καλλιέργειας (heirloom cultivars – varieties) αλλά να έχουν βελτιωθεί τουλάχιστον ως προς ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό το οποίο προσδίδεται από τον δωρητή γονέα (donor) που εξαρχής διέθετε εκείνο το χαρακτηριστικό και επιλέχθηκε για το σκοπό αυτό ως γονέας. Τα φυτά και σε αυτήν την περίπτωση προσαρμόστηκαν και εξαπλώθηκαν στην περιοχή και δημιουργήθηκε ένας νέος τοπικός πληθυσμός ή ποικιλία.

Χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ των τοπικών πληθυσμών και των ποικιλιών είναι ότι δημιουργούνται με φυσικό τρόπο, με απλή αναπαραγωγή και κληρονόμηση των γονιδίων και πιθανόν να υπάρχει ετερογένεια, δηλαδή τα φυτά των πληθυσμών πιθανόν να διαφέρουν σε κάθε έδαφος και μικροκλίμα και μεταξύ τους. Τα φυτά δεν έχουν τις ίδιες ιδιότητες π.χ. κάποια φυτά ξεχωρίζουν για τα παραγωγικά τους χαρακτηριστικά ή για την αποκτηθείσα ανθεκτικότητα τους. Ακόμη οι τοπικοί πληθυσμοί σε σύγκριση με τις ποικιλίες παρουσιάζουν σταθερή παραγωγή και με αυτήν την βελτιωτική μέθοδο διασφαλίζεται ότι τα φυτά πλην φυσικών καταστροφών δύνανται να παράγουν υπό οποιοσδήποτε συνθήκες στα περιβάλλοντα εκείνα που προσαρμόστηκαν (Zeven, 1998, Camacho-Villa, κ.α., 2006, Azeez, κ.α., 2018, Byrne , Richards και Volk , 2020).

Οι εδαφικές ιδιότητες σε συνδυασμό με το μικροκλίμα επηρεάζουν την σύνθεση της εδαφικής μικροχλωρίδας (επιβίωση μικροοργανισμών και μεταβολή των αναλογιών των μικροοργανισμών), τον σχηματισμό των ριζικών φυματίων (nodulation) και την λειτουργία της αζωτοδέσμευσης, την θρέψη και την ισορροπία του οικοσυστήματος και εν τέλη και τους παράγοντες ανάπτυξης (θρεπτικά στοιχεία) και ποιότητας (πρωτεΐνη) των καρπών των φυτών (σόγια, φάβα, φασόλι) (Abdelhamid, κ.α., 2004, Stefan, κ.α., 2013, Muñoz-Azcarate, κ.α., 2017, Moretti, κ.α., 2020, Kumar Yadav και P. Raverkar, 2022).

Επιπλέον οι (Manromatis, κ.α., 2010), που συνέκριναν τους τοπικούς πληθυσμούς με τις εμπορικές ποικιλίες ανέφεραν ότι οι καρποί του τοπικού πληθυσμού Kastoria περιείχαν υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεΐνης σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες γεγονός που τονίζουν την διατροφική τους αξία και καθιστά τους καρπούς τους προϊόντα υψηλής βιολογικής αξίας. Επίσης σε αντίθεση με τις προηγούμενες μελέτες που αναφέρουν ότι οι τοπικοί πληθυσμοί είναι

λιγότερο παραγωγικοί από τις εμπορικές ποικιλίες οι ερευνητές ανέφεραν ότι επιτεύχθηκε αύξηση της απόδοσης και ότι η απόδοση του πληθυσμού ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες. Η αύξηση αποδόθηκε στην αύξηση του μεγέθους και του βάρους των καρπών η οποία οφειλόταν σε αλλαγή της χημικής σύστασης των καρπών και πιθανόν λόγω του ότι αναπτύχθηκαν σε ποικίλα εδάφη με διαφορετική διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων (Manjomas, κ.α., 2010).

Σε πολυάριθμες έρευνες με χρήση μοριακών δεικτών οι τοπικοί πληθυσμοί αποτέλεσαν κρίσιμο γενετικό υλικό για τον εντοπισμό γονιδίων ή και γονιδιακούς τόπους ποσοτικών γνωρισμάτων (QTL) που συνδέονται με αγρονομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά σε ποικίλα είδη. Σύμφωνα με αυτές, γονιδιακός τόπος ποσοτικών γνωρισμάτων (QTL) αποτελεί το *QSt.nftec-2BL*, που εντοπίστηκε στη χρωμοσωμική θέση 2B και συνδέθηκε με την απόδοση και συγκεκριμένα με την μείωση των απωλειών της παραγωγής από την τοξικότητα των αλάτων στο σιτάρι (Zhang, κ.α., 2023). Το *Phvul.003G128800* που συνδέθηκε με το μέγεθος του λοβού στο καθιστό φασόλι (Li, κ.α., 2023). Το *Phvul.010G130000* συνδέθηκε με την διάμετρο του σπόρου και γενικότερα με την ανάπτυξη του σπόρου στο φασόλι (Ugwuanayi, κ.α., 2022). Το *PvPdh1* σχετίστηκε με τον θρυμματισμό του καρπού στο φασόλι (Parker, κ.α., 2020). Το *Phvul.007G* σχετίστηκε με το βάρος των 100 σπόρων υπό ξηρασία (συνθήκες καταπόνησης) στο φασόλι (Valdisser, κ.α., 2020). Το *qGmBa1* σχετίστηκε με την μορφολογία του φυτού (γωνία κόμβου), στη σόγια (Clark, κ.α., 2022). Το *TraesCS2D01G246600* που συνδέθηκε με τα άγανα (μήκος) και τους κόκκους στο σιτάρι (López-Fernández, κ.α., 2023). Τέλος το *QTGW.saas-2D* το οποίο συνδέθηκε με το βάρος των 1000 κόκκων στο σιτάρι (Li, κ.α., 2020). Όσον αφορά τα γονίδια φυσιολογίας βρέθηκε το *GmPRR3b* το οποίο σχετίστηκε με τη λειτουργία της άνθισης στην σόγια (Li, κ.α., 2020).

2.5.4. Το κυψελωτό πειραματικό σχέδιο

Στο κυψελωτό πειραματικό σε κάθε εξεταζόμενη περιοχή σχηματίζεται ένα εξάγωνο αποτελούμενο από έξι ισόπλευρα τρίγωνα (ETL) και δημιουργείται και ένας νοητός κινούμενος δακτύλιος που αποτελείται από επτά με συγκεκριμένη θέση (7) φυτά (R-7). Η κάθε εξεταζόμενη περιοχή καταχωρείται και ταυτοποιείται σε ένα σύστημα. Ο αριθμός που τοποθετείται στο κέντρο του κάθε εξαγώνου αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη καταχωρημένη περιοχή. Επίσης δείχνει και

τη θέση των φυτών του οικοπέδου. Αντίστοιχα ο αριθμός στο κέντρο του κάθε δακτυλίου αντιπροσωπεύει τη θέση του αποδοτικότερου φυτού από όλα τα φυτά (γενότυποι) του δακτυλίου που αξιολογούνται. Τέλος στο σχέδιο R-7, οι σειρές της οριζόντιας κατεύθυνσης, έχουν τους αριθμούς καταχώρισης 1 έως 7 που επαναλαμβάνονται με αύξουσα αριθμητική σειρά από αριστερά προς τα δεξιά.

Η κυψελωτή διάταξη έχει ως στόχο την εξάλειψη του ανταγωνισμού για αυτό και τα φυτά τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν οι κατάλληλες αποστάσεις, να αξιοποιείται το παραγωγικό τους δυναμικό (yield potential) και να μην ασκεί επίδραση το ένα στο άλλο. Η απόσταση d μεταξύ των φυτών σε κάθε ισόπλευρο τρίγωνο είναι ίδια.

Στην κυψελωτή διάταξη για να μπορέσει ο ερευνητής να εκτιμήσει την ατομική απόδοση του κάθε φυτού θα πρέπει να εξετάσει πρώτα ξεχωριστά όλους τους επιμέρους παράγοντες που συνδέονται με την παραγωγικότητα και την επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά, όπως το κλίμα, η θρέψη, η πυκνότητα, οι εχθροί, οι ασθένειες και τα ζιζάνια. Στη συνέχεια μέσα στο ιδιαίτερο περιβάλλον της κυψελωτής διάταξης θα πρέπει να αξιολογήσει, συνυπολογίζοντας και την επίδραση του συγκεκριμένου κυψελωτού περιβάλλοντος, τα αποτελέσματα των παραπάνω παραγόντων ώστε να καταλήξει σε ασφαλή συμπεράσματα. Στόχος του επιστήμονα είναι να επιτευχθεί ομοιομορφία στα παραγωγικά χαρακτηριστικά των φυτών και τα φυτά να αντιδρούν με τον ίδιο φυσιολογικό τρόπο σε κάθε ερέθισμα. Η έλλειψη αυτής της ομοιομορφίας μεταφράζεται ως παραλλακτικότητα που σύμφωνα με τον Φασούλα οφείλεται στην παρουσία ανεπιθύμητων για την απόδοση γονιδίων.

Η επιλογή του υπέρτερου γενοτύπου προκύπτει από την σύγκριση της ατομικής απόδοσης του φυτού με την απόδοση όλων των ατομικών φυτών του νοητού κύκλου, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα. Επιπλέον στο κυψελωτό περιβάλλον εξασφαλίζεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων από την μέτρηση κάποιου χαρακτηριστικού (όπως εδώ που το μελετώμενο χαρακτηριστικό είναι η απόδοση), καθώς τα φασόλια κατανέμονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό όλη η πειραματική επιφάνεια. Τα φυτά τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις (εδαφική ετερογένεια με διαφορετικό βαθμό γονιμότητας) και όχι μόνο σε ένα συγκεκριμένο σημείο (Fasoulas και Fasoula, 1995, Τοκατλίδης, 2023).

2.5.5. Χαρακτηριστικά κυψελωτής μεθοδολογίας

Η Κυψελωτή μεθοδολογία διαφέρει από τις συμβατικές μεθόδους βελτίωσης ως προς τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- 1) Βασίζεται στην χρήση μονογενοτυπικών ποικιλιών οι οποίες είναι γενετικά ομοιογενείς
- 2) Ο ανταγωνισμός καθορίζεται από την μέτρηση της τιμής του CV
- 3) Εφαρμόζεται αποτελεσματικά σε περιβάλλον μηδενικού ανταγωνισμού στο οποίο, όταν οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών μεγαλώνουν, αποφεύγεται η γενετική επιμόλυνση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) μειώνεται. Καθώς υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ παραγωγικότητας και γενετικής παραλλακτικότητας.
- 4) Τα φυτά επιλέγονται με βάση την τιμή του συντελεστή παραλλακτικότητας ο οποίος δείχνει και την σταθερότητα καθώς ο συντελεστής ομοιόστασης (CH) είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον συντελεστή παραλλακτικότητας
- 5) Το ατομικό φυτό αποτελεί κριτήριο αξιολόγησης και όχι το πειραματικό τεμάχιο, αφού υπολογίζεται η απόδοση του κάθε φυτού που βρίσκεται μέσα σε έναν δακτύλιο
- 6) Η εφαρμογή των κυψελωτών σχεδίων δίνει την δυνατότητα αξιολόγησης μεγάλου αριθμού απογονικών σειρών
- 7) Επιτυγχάνεται η διάκριση των φυτών σε υψηλοαποδοτικά και σε χαμηλοαποδοτικά
- 8) Επιτυγχάνεται ο συνδυασμός διατοπικής και διαχρονικής βελτίωσης
- 9) Επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη επιλογή με την αύξηση της απόδοσης παράλληλα με την διατήρηση της σταθερότητας
- 10) Γίνεται επιλογή των απογονικών σειρών και των ατομικών φυτών με βάση το παραγωγικό δυναμικό το οποίο εκτιμάται από :
 - a) Το δυναμικό απόδοσης που ορίζεται από την μέση απόδοση των απογόνων του γενοτύπου (x)
 - b) Τον τυποποιημένο μέσο όρο (x / s)
 - c) Το διαφορικό επιλογής των απογόνων του γενοτύπου $(x_{sel} - x)/s$.

Επιπλέον το παραγωγικό δυναμικό αναλύεται σε :

- Γονίδια που ελέγχουν το δυναμικό απόδοσης του γενοτύπου
- Γονίδια που ελέγχουν την αντοχή στις αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις
- Γονίδια που ελέγχουν την ανταπόκριση στις εισροές

Η ταυτόχρονη επιλογή και για τα τρία συστατικά του παραγωγικού δυναμικού οδηγεί σε αξιολόγηση του γενοτύπου στο σύνολό του και στη δημιουργία ποικιλιών που εξασφαλίζουν άριστη απόδοση σε ένα μεγάλο εύρος πυκνοτήτων. Έτσι, Οι βελτιωτές κατορθώνουν να προσδιορίζουν με ακρίβεια και να επιλέγουν την απόσταση που μεγιστοποιεί την πρόοδο. Η επίτευξη της μέγιστης στρεμματικής απόδοσης σε μεγάλο εύρος πυκνοτήτων επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση της πρώτης κατηγορίας γονιδίων τα οποία διευρύνουν τα όρια της άριστης πυκνότητας σποράς προς τα κάτω, ενώ με την ενσωμάτωση της δεύτερης κατηγορίας γονιδίων, τα όρια της άριστης πυκνότητας σποράς διευρύνονται προς τα πάνω. Ως αποτέλεσμα ο παραγωγός μπορεί με την υλοποίηση ενός φυτοπροστατευτικού προγράμματος όπου θα επιτυγχάνεται η αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων να μεγιστοποιήσει τη στρεμματική απόδοση της καλλιέργειάς του σε πολλές πυκνότητες (Φασούλας, 2002).

Το γένωμα διαθέτει μηχανισμούς που μετατρέπουν τα ερεθίσματα του συνεχώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος σε θετική εξέλιξη και προσαρμογή. Αυτό επιβάλλει την αδιάκοπη επιλογή ως προς τα τρία συστατικά του παραγωγικού δυναμικού και την ποιότητα σε μεγάλο εύρος περιβαλλόντων. Εφαρμόζοντας αδιάκοπη επιλογή μέσα στην ποικιλία και μετά την διάδοσή της, επιτυγχάνεται η συνεχής βελτίωσή της με την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων μεταλλάξεων και την αξιοποίηση των επιθυμητών (Φασούλας, 2002).

Τέλος νεότερες μελέτες αναφέρουν την εφαρμογή μιας νέας εξίσωσης με την οποία επιτυγχάνεται ο υπολογισμός της απόδοσης του χωραφιού επί τη ομοιόσταση.

$$\text{Plant Y} * \text{H} = \text{CPY} * \text{CH} = (\text{x} / \text{μέσο xr})^2 * (\text{μέσο x} / \text{s})^2$$

$$\text{CPY} = (\text{x} / \text{μέσο xr})^2$$

$$\text{CH} = (\text{μέσο x} / \text{s})^2$$

Όπου :

Το CPY είναι ο συντελεστής της απόδοσης του φυτού

Το X είναι η απόδοση της απογονικής σειράς

Το X_i είναι η μέση απόδοση των φυτών του δακτυλίου

Το CH είναι ο συντελεστής ομοιόστασης

Το μέσο X είναι η μέση απόδοση της σειράς που ανήκει το φυτό

Το S είναι η τυπική απόκλιση

Το CH στην δεύτερη εξίσωση είναι ο συντελεστής ομοιόστασης της απογονικής σειράς που ανήκει το φυτό (Φασούλα, 2006)

2.5.6. Βασικές αρχές κυψελωτής μεθοδολογίας

Η Κυψελωτή μεθοδολογία η οποία δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε πρώτη φορά από τον Φασούλα βασίζεται στις ακόλουθες αρχές :

- **1:** Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις που μειώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) της απόδοσης των ατομικών φυτών, επιτυγχάνεται η καλύτερη αντιστοιχία ανάμεσα στον φαινότυπο και στον γενότυπο.

Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις, που μειώνεται ο συντελεστής παραλλακτικότητας υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, που διέπουν το περιβάλλον ανταγωνισμού. Σύμφωνα με την κυψελωτή μεθοδολογία, ο ανταγωνισμός όπως και ο συντελεστής παραλλακτικότητας επηρεάζεται από την πυκνότητα των ατομικών φυτών, που καθορίζεται από την απόσταση σποράς, που εφαρμόζεται σε ένα πειραματικό σχέδιο και από την ετερογένεια του εδάφους. Από αυτό, είναι φανερό ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ του συντελεστή παραλλακτικότητας και του ανταγωνισμού. Μάλιστα στην απόσταση, που ελαχιστοποιείται ο συντελεστή παραλλακτικότητας, επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απόδοση από φυτό και ανάλογα με το ποσοστό ή βαθμό μείωσης του συντελεστή παραλλακτικότητας, αυξάνεται η φαινοτυπική διαφοροποίηση, αρά και η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φαινοτυπικής επιλογής. Επίσης, ο συντελεστής παραλλακτικότητας, μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των φυτών δηλαδή μειώνεται ο ανταγωνισμός, αποφεύγεται η γενετική επιμόλυνση και παράλληλα αυξάνεται

και ο μέσος όρος της απόδοσης των φυτών. Έτσι όσο μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ των φυτών, τόσο περισσότερο είναι δυνατή και με αξιόπιστα αποτελέσματα, η σύγκριση μεταξύ των μέσων όρων. Αντίθετα όταν το CV αυξάνεται εξαιτίας του ανταγωνισμού, τότε ο μέσος όρος (\bar{X}) και το CV συσχετίζονται αρνητικά. Η αρνητική συσχέτιση σε συνθήκες ανταγωνισμού, σημαίνει ότι κάθε φορά, που επιλέγεται σταθερότητα συμπεριφοράς (μειωμένο CV), επιλέγεται την ίδια στιγμή και για υψηλή μέση απόδοση ανά φυτό. Οπότε το κριτήριο για την αξιοπιστία του μέσου όρου είναι το μικρό CV και πρέπει να αποτελεί γνώρισμα τόσο των μεγάλων όσο και των μικρών μέσων όρων. Όμως για να συμβεί αυτό, η επιλογή θα πρέπει να γίνεται, όταν ο μέσος όρος και το CV παύουν να συσχετίζονται και αυτό είναι δυνατό μόνο στο περιβάλλον της παντελής έλλειψης ανταγωνισμού.

- **2:** Ο ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών, η αρνητική παρέμβαση στο άνισο μοίρασμα των πόρων ανάπτυξης, που συμβαίνει εξαιτίας των γενετικών και επίκτητων επιδράσεων του ανταγωνισμού, επηρεάζει αρνητικά τόσο την πρόοδο με επιλογή, όσο και τη στρεμματική απόδοση.

Ο ανταγωνισμός διακρίνεται σε γενετικό, που οφείλεται σε γενετικές διαφορές του γονιδιώματος και της γενετικής ταυτότητας των φυτών και σε επίκτητο, που προκαλείται από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις. Η μέτρηση του ανταγωνισμού, πραγματοποιείται με τον υπολογισμό του συντελεστή παραλλακτικότητας. Η ανταγωνιστική ικανότητα, που είναι αντιστρόφως ανάλογη με την παραγωγική ικανότητα και δρα αρνητικά, καθιστά αδύνατη την απομόνωση αποδοτικών φυτών, γεγονός που εξηγεί την αναποτελεσματικότητα της επιλογής για απόδοση στην F_2 και στην F_3 γενεά

Ο ανταγωνισμός επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες :

- I. Την ανομοιομορφία
- II. Την πυκνότητα σποράς
- III. Την έλλειψη πόρων ανάπτυξης και την άνιση κατανομή αυτών στον αγρό
- IV. Το μη σύγχρονο φύτεμα και
- V. Την ανομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών
- VI. Την ελαττωμένη ομοιότητα των φυτών.

Ο ανταγωνισμός επηρεάζεται από την τιμή του συντελεστή παραλλακτικότητας, ο οποίος όσο μεγαλώνει, τόσο αυξάνεται και ο ανταγωνισμός από την πυκνότητα σποράς και από την άνιση κατανομή των πόρων ανάπτυξης στον αγρό, που δημιουργούνται από την παρέμβαση του κάθε φυτού στον χώρο ανάπτυξης του άλλου ή από περιβαλλοντικές επιδράσεις που προκαλούν πλάγιασμα και ανομοιομορφη ανάπτυξη (επίκτητος ανταγωνισμός από αβιοτικούς παράγοντες). Επιπλέον οι αβιοτικοί παράγοντες, μπορεί να έχουν επίδραση και στην εσωτερική θερμοκρασία του οργανισμού των φυτών, με αποτέλεσμα την ελαττωμένη ομοιοστάση των φυτών. Ακόμη ο ανταγωνισμός αυξάνεται από το μη σύγχρονο φύτευμα, που μπορεί να οφείλεται σε γενετικές διαφορές των φυτών (γενετικός ανταγωνισμός). Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω, είναι ότι για να μπορέσει να γίνει αποτελεσματική επιλογή για υψηλή και σταθερή απόδοση θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί ο ανταγωνισμός και αυτό μπορεί να συμβεί με την εφαρμογή αποστάσεων, στις οποίες ο συντελεστής παραλλακτικότητας μειώνεται και φθάνει στο μηδέν. Αυτό πραγματοποιείται στην απόσταση στην οποία ο συντελεστής παραλλακτικότητας και ο μέσος όρος (\bar{x}) παύουν να συσχετίζονται.

Επιπροσθέτως, προκειμένου να επιτευχθεί ο περιορισμός του ανταγωνισμού σε συνθήκες πυκνής σποράς θα πρέπει να πληρούνται δυο προϋποθέσεις :

- 1) Να εξαλειφθεί ο γενετικός ανταγωνισμός και για να γίνει αυτό εφικτό, είναι απαραίτητο στην βελτίωση, να χρησιμοποιούνται μονογενοτυπικές ποικιλίες, όπως οι καθαρές σειρές.
 - 2) Να περιοριστεί η επίδραση του επίκτητου ανταγωνισμού και αυτό μπορεί να γίνει κατορθωτό με την ανάπτυξη γενότυπων με υψηλή ομοιότητα.
- **3:** Η στρεμματική απόδοση φθάνει στο μέγιστο δυνατό επίπεδο, όταν το CV της απόδοσης των ατομικών φυτών (ανταγωνισμός) ελαχιστοποιείται. Αυτό προϋποθέτει τη χρήση μονογενοτυπικών ποικιλιών, για την εξάλειψη του γενετικού ανταγωνισμού και την ενσωμάτωση γονιδίων, που αυξάνουν την ατομική ομοιότητα, για τη μείωση του επίκτητου ανταγωνισμού. Ένας από τους παράγοντες που αυξάνει τον συντελεστή παραλλακτικότητας (CV) είναι η εδαφική ετερογένεια (αγρός). Οι αποστάσεις να μην δύνανται να μηδενίσουν τον ανταγωνισμό, αλλά αυξάνουν το CV εξαιτίας της ετερογένειας του αγρού. Έτσι, επειδή χρειάζεται να γίνει σύγκριση και αξιολόγηση

μεγάλου αριθμού προγονικών σειρών, αλλά και ατομικών φυτών, μέσα σε κάθε απογονική σειρά μεγαλώνει το μέγεθος του χωραφιού και παράλληλα αυξάνεται και η αρνητική επίδραση της ετερογένειας του χωραφιού, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης κατάλληλων σχεδίων αγρού.

- **4:** Η εξουδετέρωση της αρνητικής επίδρασης της ετερογένειας του χωραφιού στην επιλογή, προϋποθέτει την ανάπτυξη και εφαρμογή κυψελωτών σχεδίων αγρού, τα οποία δειγματίζουν αποτελεσματικά την ετερογένεια του χωραφιού και επιτρέπουν την αξιολόγηση και την επιλογή μεγάλου αριθμού απογονικών σειρών και ανώτερων φυτών εντός των σειρών. Ακόμη, με την χρήση αυτών των σχεδίων είναι δυνατή η εφαρμογή μεγάλων εντάσεων επιλογής και επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη επιλογή για τοπική και γενική προσαρμογή.

Η εφαρμογή των κυψελωτών σχεδίων παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα :

- I. Εγκαθίστανται εύκολα και γρήγορα στον αγρό καθώς σε κάθε γραμμή σποράς, οι απογονικές σειρές σπέρνονται με μια αύξουσα σειρά.
- II. Τα φυτά της κάθε απογονικής σειράς τοποθετούνται σε γωνίες πλέγματος ισόπλευρων τριγώνων, με αποτέλεσμα να δειγματίζουν αποτελεσματικά την ετερογένεια του αγρού και να επιτυγχάνεται αξιόπιστη επιλογή και αξιολόγηση μεταξύ μεγάλου αριθμού απογονικών σειρών.
- III. Εξασφαλίζουν κοινό πολυγενοτυπικό μάρτυρα για όλα τα φυτά κάθε απογονικής σειράς, επιτρέποντας αξιόπιστη επιλογή ατομικών φυτών μέσα στη σειρά.

Η ανάπτυξη των κυψελωτών σχεδίων, έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της νέας μεθοδολογίας, καθώς επιτρέπουν την εφαρμογή μεγάλων εντάσεων επιλογής. Έτσι, δεν επαληθεύθηκε η θεωρία ότι η εφαρμογή μεγάλων εντάσεων επιλογής, οδηγεί σε μείωση της προόδου με την επιλογή, εξαιτίας του ομοζυγωτικού εκφυλισμού, αλλά επιβεβαιώθηκε η γενική εξίσωση της προόδου με την επιλογή που θέλει την πρόοδο να είναι ανάλογη με την ένταση επιλογής. Τέλος, από την εφαρμογή των κυψελωτών σχεδίων, καθορίστηκε η έννοια του ανταγωνισμού και δόθηκε έμφαση στην αρνητική του επίδραση, στη στρεμματική απόδοση και στην αποτελεσματικότητα της επιλογής κάθε ατομικού φυτού.

- **5:** Πρόοδος με την επιλογή, επιτυγχάνεται μόνο όταν έρθουν σε ομόζυγη κατάσταση αλληλόμορφα γονίδια, με αυξημένη αθροιστική δράση. Αυτό προεξοφλεί την υπεροχή της ομοζυγωτικής ευρωστίας, έναντι της ετερωτικής ευρωστίας και επομένως και την υπεροχή των καθαρών σειρών έναντι των υβριδίων (Φασούλας, 2002, Φασούλα Δ., 2002).

2.5.7. Ο ρόλος της επιλογής για τη βελτίωση της απόδοσης στην κυψελωτή μεθοδολογία

Στην Κυψελωτή μεθοδολογία προκειμένου οι βελτιωτές να αυξήσουν την απόδοση θα πρέπει να ακολουθήσουν μια σειρά από επιλογές όπως:

A. Επιλογή με χρήση μάρτυρα και με κατηγοριοποίηση των υψηλοαποδοτικών γενότυπων και των χαμηλοαποδοτικών γενότυπων και την αντίδραση των φυτών στις ασθένειες. Επομένως ένα ακόμη κριτήριο επιλογής είναι η σταθερότητα (σταθερότητα παραγωγής), (Lungu, κ.α., 1987). Αναλυτικότερα στην έρευνα των (Lungu, κ.α., 1987), στο σιτάρι με σκοπό τη διερεύνηση του δυναμικού απόδοσης και της προσαρμοστικότητας των φυτών στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, πραγματοποιήθηκαν δυο διασταυρώσεις 1) Glenlea x NB131 και 2) Glenlea x Era. Στην F2 γενεά τα φυτά αναπτύχθηκαν σε κυψελωτή διάταξη με απόσταση μεταξύ των φυτών 50cm και με κριτήριο την απόδοση τους κατηγοριοποιήθηκαν σε υψηλοαποδοτικά (εφόσον η απόδοση ενός φυτού ήταν ανώτερη από τα 6 φυτά του δακτυλίου) και σε χαμηλοαποδοτικά (εφόσον η απόδοση του φυτού ήταν μικρότερη από τα 6 φυτά του δακτυλίου). Στη συνέχεια, τα φυτά επιλέχθηκαν με βάση την εξέλιξη της ανάπτυξης τους (εμφάνιση πλαγιάσματος) και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά (ωριμότητα) και την αλληλεπίδραση του γενότυπου με το περιβάλλον (αντίδραση των φυτών στις ασθένειες). 47 F3 επιλογές χρησιμοποιήθηκαν για περαιτέρω κυψελωτό πειραματισμό και στην F4 γενεά έγιναν οι τελικές δοκιμές απόδοσης με χρήση μάρτυρα. Στην έρευνα διαπιστώθηκε ότι η αποτελεσματικότητα της επιλογής της κυψελωτής μεθοδολογίας έδωσε τη δυνατότητα της διάκρισης των υψηλοαποδοτικών και των χαμηλοαποδοτικών γενότυπων από τις πρώτες γενεές.

Στην έρευνα των (Onenanyoli και Fasoulas, 1989), στο καλαμπόκι με κριτήριο τον φαινότυπο (το μήκος του σπάδικα) και την παραγωγικότητα και με σταθερή υψηλή ένταση

επιλογής σε κάθε κύκλο έγινε επιλογή μεταξύ πληθυσμών και αναπτύχθηκαν ετερογενείς πληθυσμοί με γενετική ετερογένεια. Αναλυτικότερα τον μάρτυρα ο οποίος επιλέχθηκε λόγω του γενετικού του φορτίου και του αναμενόμενου γενετικού κέρδους αποτέλεσε το υβρίδιο *PR 3183*. Στο πείραμα εφαρμόστηκε απόσταση 125 cm και πραγματοποιήθηκαν τρεις επιλογές. Στην πρώτη από 869 (736 F2 (C0)), φυτά επιλέχθηκαν 7 (C1) και με ένταση επιλογής 1.4% στην δεύτερη από 504 φυτά των 7 ετερογενών πληθυσμών της F3 γενεάς επιλέχθηκαν 7 (C2) και με ένταση επιλογής 1.4% και στην τρίτη από 504 φυτά των ετερογενών πληθυσμών της F4 γενεάς επιλέχθηκαν 7 (C3) με ένταση επιλογής 1.2%. Εν τέλη από την εφαρμογή της κυψελωτής μεθοδολογίας η απόδοση βελτιώθηκε τόσο στο σύνολο όσο και στα επιμέρους παραγωγικά χαρακτηριστικά και σε όλους τους κύκλους και τους πληθυσμούς (η αύξηση της απόδοσης ήταν δυνατή και στους διασπόμενους πληθυσμούς). Επιπλέον οι επιστήμονες όπως αναμενόταν παρατήρησαν την μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης στις πρώτες γενεές και οι νέοι γενότυποι έδιναν το πλεονέκτημα της πρωίμισης της παραγωγής αφού εισέρχονταν στην παραγωγή δυο με τρεις ημέρες νωρίτερα (C3 και C2) σε σχέση με τον μάρτυρα (Onenanyoli και Fasoulas, 1989).

Σε μια άλλη έρευνα ο (Tokatlidis, 2001), αξιοποιώντας την γενετική παραλλακτικότητα ενός πληθυσμού καλαμποκιού σύγκρινε και αξιολόγησε την απόδοση των καθαρών σειρών *B13* και *Mo17* και των απογόνων τους σε σχέση με το υβρίδιο μάρτυρα *PR* σε περιβάλλον έλλειψης ανταγωνισμού και σε συνθήκες υπέρπυκνης σποράς. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Αρχικά στο πρώτο εγκαταστάθηκαν 2 πειραματικοί αγροί στους οποίους φυτεύτηκαν 800 φυτά στον καθένα και χρησιμοποιήθηκε κυψελωτό σχέδιο (NR-0) με απόσταση μεταξύ των φυτών 125cm. Τον μάρτυρα του πρώτου πειραματικού αγρού (Π1) αποτέλεσαν οι καθαρές σειρές *B73* και του δεύτερου (Π2) οι καθαρές σειρές *Mo17*. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν δώδεκα υψηλοαποδοτικά (12 HxH) και δώδεκα χαμηλοαποδοτικά (12 LxL) φυτά για το κάθε πείραμα από τις αντίστοιχες καθαρές σειρές. Είκοσι τέσσερις (24) επιλογές από τις καθαρές σειρές *B73* και *Mo17* αντίστοιχα, χρησιμοποιήθηκαν σε δυο νέους κυψελωτούς πειραματισμούς κυψελωτής διάταξης R-25, με μάρτυρες τις καθαρές σειρές *B73* (Π1) και *Mo17* (Π2). Από αυτούς τους πειραματισμούς προέκυψαν εικοσιένα υψηλοαποδοτικά (21 HxH) και εικοσιένα χαμηλοαποδοτικά (21 LxL) και εφαρμόστηκε εκ νέου κυψελωτός πειραματισμός (R-43) με πενήντα (50) επαναλήψεις και με μάρτυρα το υβρίδιο *B73* χ *Mo17*. Στην επόμενη φάση χρησιμοποιήθηκαν S4 γραμμές που δημιουργήθηκαν από την F2 γενεά του υβριδίου *PR 3183*. Η F2 γενεά του υβριδίου προέκυψε από μονοδιασταύρωση δηλαδή *PR3183* X *PR3183* και

σηματίστηκαν διπλά υβρίδια. Επιπλέον οι S4 κορυφαίες γραμμές (από άποψη απόδοσης), που επιλέχθηκαν προέρχονταν, είτε από αβελτίωτο πληθυσμό (A), είτε από βελτιωμένο πληθυσμό από κυψελωτή επιλογή (B). Έξη (6) S4 γραμμές δοκιμάστηκαν ως προς την απόδοση τους με κριτήριο το παραγωγικό δυναμικό και έγινε επιλογή των καλύτερων. Έντεκα (11) S5A γραμμές και δώδεκα (12) S5B γραμμές φυτεύτηκαν διπλά δίπλα. Αυτό έγινε σκόπιμα ώστε με τις ελεγχόμενες διασταυρώσεις να δημιουργηθεί υβριδιόσπορος, αλλά και για να διατηρηθεί ο αρχικός σπόρος των γονέων. Έτσι από τις παραπάνω διασταυρώσεις προέκυψαν 40 νέα S6 τριπλά υβρίδια τα οποία αξιολογήθηκαν με μάρτυρα το υβρίδιο 3183. Στην έρευνα πραγματοποιήθηκε με επιτυχία η δημιουργία νέων αναδομημένων υβριδίων με υψηλότερη απόδοση που υπερείχαν του μάρτυρα (Tokatlidis, 2001).

Επιπροσθέτως ο Χριστάκης και ο Φασούλας, μελέτησαν την βελτίωση της απόδοσης σε τρία εμπορικά υβρίδια τομάτας με την εφαρμογή της κυψελωτής επιλογής σε περιβάλλον καλλιέργειας και θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα στον αγρό αναπτύχθηκαν εξ ολοκλήρου η *Dombo* (F2-F8). Η *Caruso* από την F2-F4 στον αγρό και από την F5-F6 στο θερμοκήπιο. Τέλος η *Vision* από την F2-F6 στον αγρό και από την F7-F8 στο θερμοκήπιο. Οι μελετητές κατέληξαν στην δημιουργία ανασυνδυασμένων ομομεικτικών σειρών (RIL), στις οποίες πραγματοποιήθηκε επιλογή των φυτών που παρουσίαζαν επιθυμητά παραγωγικά χαρακτηριστικά. Η έρευνα έδειξε ότι την μεγαλύτερη βελτίωση είχε η *Vision*. Αυτό φαίνεται από την ένταση επιλογής που κυμαινόταν από 1.2 – 3.3. Επίσης η απόδοση των ανασυνδυασμένων απογόνων (των κορυφαίων γραμμών), ξεπέρασε τον μάρτυρα στην *Dombo* μετά την F4, στην *Caruso* μετά την F3 και στην *Vision* στην F6. Επιπλέον στην *Dombo* η μεγαλύτερη αύξηση καταγράφηκε στην F5 γενεά. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι στην *Vision* η απόδοση που επιτεύχθηκε στο θερμοκήπιο στην F7 γενεά ήταν καλύτερη σε σχέση με αυτή της *Dombo* που αναπτύχθηκε αποκλειστικά στον αγρό και αυτό υποδεικνύει το θερμοκήπιο ως καταλληλότερο περιβάλλον για παραγωγή διότι μπορεί να εξασφαλίσει τον αποτελεσματικότερο έλεγχο των αβιοτικών παραγόντων και να περιορίσει την αρνητική επίδραση της αλληλεπίδρασης γενοτύπου και περιβάλλοντος (Christakis και Fasoulas, 2002). Ακόμη συγκρίνοντας αποκλειστικά την απόδοση (γενικά) των απογόνων των αναδομημένων υβριδίων παρατηρείται ότι ο αριθμός των τελικών παραγόμενων φυτών της F7 γενεάς είναι μεγαλύτερος από αυτόν της F1 και ότι σχεδόν σε κάθε γενεά ήταν αυξημένος κατά 5% και αυτό υποδηλώνει την ύπαρξη γενετικού κέρδους σε κάθε γενεά (Christakis και Fasoulas, 2002).

Αντίστοιχα οι (Avdikos, κ.α., 2021), σε μεταγενέστερο πείραμα στη τομάτα με τη χρησιμοποίηση δυο συστημάτων καλλιέργειας με χαμηλή ή υψηλή συγκέντρωση εισροών και την εφαρμογή των μεθόδων της μαζικής επιλογής, της ημισυγγενικής επιλογής και της κυψελωτής επιλογής που αποσκοπούσαν στην δημιουργία νέων βελτιωμένων (ανασυνδυασμένων) καθαρών σειρών και την απόκτηση αναδομημένων υβριδίων (Iron και Sahara). Το αναδομημένο υβρίδιο τομάτας Ελπίδα παρουσίασε καλύτερη απόδοση στο σύστημα καλλιέργειας με την υψηλή συγκέντρωση εισροών. Επιπλέον το βάρος των καρπών του αναδομημένου υβριδίου Elpida ήταν 195,37gr με απόδοση 6685,53gr, στην υψηλή και 174,97gr με απόδοση 1023,58gr, στην χαμηλή, ξεπερνώντας το αρχικό υβρίδιο και τον μάρτυρα (Makedonia) κατά 1,2% και 7,3% και 24,3% και 60% αντίστοιχα, στην υψηλή και 21,17% και 8,5%. και 21,28% και 10,6% αντίστοιχα, στην χαμηλή. Επίσης από άποψη εμπορικής αξίας, η ποιότητα των καρπών (νωποί) και του επεξεργασμένου τοματοχυμού (μεταποιημένοι καρποί) ήταν καλύτερη λόγω της αύξησης των ολικών διαλυτών στερεών στην *Formula* στις γραμμές 1 (F5-1) και 7 (F5-7) κατά 1,3 και 0,47 Brix αντίστοιχα και στην *Iron* HS6-3 κατά 0.14 Brix (Avdikos, κ.α., 2021). Στη συγκεκριμένη μελέτη έγινε σύγκριση ανάμεσα στην οργανική και την συμβατική γεωργία. Η αποτελεσματικότητα της επιλογής που επιτεύχθηκε καθιστά τους παραγόμενους γενότυπους από το σύστημα των υψηλών εισροών κατάλληλους για να χρησιμοποιηθούν για βιολογική καλλιέργεια ή μπορούν να αποτελέσουν τους γονείς σε ένα νέο βελτιωτικό πρόγραμμα.

Όσον αφορά τις ασθένειες οι Kargiotidou, κ.α., (2014), μελέτησαν τη γενετική παραλλακτικότητα ενός τοπικού πληθυσμού φακής με σκοπό την διάκριση των φυτών που εμφάνιζαν αποτελεσματική απόκριση απέναντι σε σπορομεταδοτικούς ιούς και στον ιό του Μωσαικού σε υπαίθρια καλλιέργεια και στο θερμοκήπιο. Οι ερευνητές εφάρμοσαν συνεχή κυψελωτή επιλογή τεσσάρων κύκλων όπου χρησιμοποιήθηκε ένα εύρος πυκνοτήτων και στην συνέχεια το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων σε συνθήκες ανταγωνισμού. Τα φυτά εξετάστηκαν με σκοπό τον εντοπισμό παθογόνων και ως προς την υγιεινή τους κατάσταση (ύπαρξη τυχόν προσβολών) και αξιολογήθηκαν με βάση το παραγωγικό δυναμικό (CYP). Η έρευνα κατέληξε στην δημιουργία νέων καθαρών σειρών – ποικιλιών απαλλαγμένων από παθογόνα και στην παραγωγή βελτιωμένων ανθεκτικών - ανεκτικών γενότυπων. Η απόδοση των φυτών των νέων σειρών (των τριών κορυφαίων) ήταν βελτιωμένη κατά 23% (Kargiotidou, κ.α., 2014).

Επιπλέον οι (Vlachostergios και Roupakias, 2017), πραγματοποίησαν μελέτη της παραγωγής σε συνδυασμό με την αντιμετώπιση ασθενειών (Φουζαρίωση) μέσα στο ιδιαίτερο κυψελωτό περιβάλλον, στην φακή. Χρησιμοποιήθηκαν αποστάσεις μεταξύ των φυτών 60 (PDI), 30 (PDII) και 15 (PDIII) cm και τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε πυκνότητα 3,2, 12,8, 25,6 m⁻² αντίστοιχα. Προκειμένου, οι επιστήμονες να αξιολογήσουν και να χαρακτηρίσουν τις μελετώμενες ποικιλίες ταξινόμησαν τα φυτά στις ακόλουθες ομάδες: α) Πολύ ανθεκτικά, β) Ανθεκτικά, γ) Μετρίως ανθεκτικά, δ) Μετρίως ευπαθή, ε) Ευπαθή και ζ) Πολύ ευπαθή. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι η εφαρμογή του κυψελωτού σχεδίου οδήγησε στην καλύτερη διαχείριση της ασθένειας και απέτρεψε τον μαρασμό σημαντικού ποσοστού φυτών λόγω της αλληλεπίδρασης του γενότυπου με το περιβάλλον. Σύμφωνα με τους ερευνητές συνολικά στην PDIII (2009-2010) μαράθηκαν 226 φυτά από τα 1260 και διασώθηκαν τα 1034 και στην PDII (2005-2010) μαράθηκαν 560 φυτά από τα 1260 και επιβίωσαν τα 700. Επομένως η απώλεια των φυτών σε βάθος τετραετίας ήταν μικρότερη κατά 83% και 56% και μεταφράζεται ως κέρδος στην παραγωγή και στο εισόδημα (Vlachostergios και Roupakias, 2017).

Ακόμη σύγκριση της γενεαλογικής μεθόδου με την κυψελωτή σε συνδυασμό με την εφαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών με έμφαση στην λίπανση για βελτίωση της απόδοσης, έδειξε ότι η απόδοση σε σχέση με το αρχικό γενετικό υλικό ήταν ελαφρώς βελτιωμένη στις παραγόμενες ποικιλίες και ότι η λίπανση επηρέασε τόσο την απόδοση όσο και τα επιμέρους συστατικά του παραγωγικού δυναμικού (Δείκτης Συγκομιδής (HI), Βιομάζα (BY)) και στις τρεις εφαρμογές νιτρικής λίπανσης (N). Η μεγαλύτερη τιμή της μέσης απόδοσης σε σχέση με τους μάρτυρες που επιτεύχθηκε από τις ποικιλίες που προέρχονταν από κυψελωτή μεθοδολογία ήταν διαφορετική για κάθε παραγωγικό χαρακτηριστικό και σε κάθε εφαρμογή λίπανσης. Έτσι για την απόδοση ανά ατομικό φυτό (GY), για την παραγωγή βιομάζας (BY), για τον δείκτη συγκομιδής (HI) και για το βάρος των 1000 κόκκων (Kwg), η μεγαλύτερη απόδοση επιτεύχθηκε στην εφαρμογή λίπανσης 0 KgN ha⁻¹ και 180 KgN ha⁻¹, 0 KgN ha⁻¹, 90 KgN ha⁻¹ και 180 KgN ha⁻¹ αντίστοιχα (Stratilakis και Goulas, 2003). Επίσης η απόδοση ήταν μεγαλύτερη στην απλή κλασική μέθοδο από αυτή της κυψελωτής αλλά χρησιμοποιήθηκαν οι απόγονοι που προήλθαν από κυψελωτό πειραματισμό (honeycomb discarded). Τέλος σύμφωνα με τους ερευνητές, επιτεύχθηκε η επιλογή γενότυπων υψηλής αξίας, για την παραγωγή βιομάζας (Stratilakis και Goulas, 2003).

B. Επιλογή με ζητούμενο τον συνδυασμό πρωιμότητας με σταθερότητα και σταθερότητας με ποιότητα. Στο πείραμα των (Traka-Mavrona, κ.α., 2004), στο φασόλι Ζαργάνα Χρυσούπολης, εφαρμόστηκαν έξι (6) κύκλοι επιλογής. Στους πρώτους κύκλους έγινε η επιλογή για την εξουδετέρωση των θανατηφόρων γονιδίων και την αποτροπή επίκτητων γενετικών αλλαγών. Από τον πρώτο (1^ο) έως τον τρίτο (3^ο) κύκλο εξετάστηκαν τα φυτά πρώτον ως προς την απόδοση τους και διακρίθηκαν σε χαμηλοαποδοτικά ή υψηλοαποδοτικά και δεύτερον ως προς τον φαινότυπο και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και συγκεκριμένα, εμφάνιση, ένταση χρώματος και ύπαρξη τυχόν ανωμαλιών, υφή και αναλύσεις (πρωτεΐνη) για τον προσδιορισμό της ωρίμανσης και της ποιότητας. Στον τρίτο (3^ο) κύκλο ενδιέφερε κυρίως τους ερευνητές η ομοιομορφία για αυτό και δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην λεπτομέρεια και στην ακρίβεια (κυρτότητα, ευθύγραμμο, καμπυλόγραμμο σχήμα) της κατασκευής και του σχηματισμού των καρπών. Από τον τέταρτο (4^ο) έως τον έκτο κύκλο (6^ο) τα φυτά επιλέχθηκαν σε κάθε κύκλο με βάση την ατομική τους απόδοση και την ημερομηνία σχηματισμού των λοβών τους (πρωιμότητα). Σε κάθε κύκλο επιλέχθηκαν εικοσιένα (21) φυτά. Στα αποτελέσματα του πειράματος οι ερευνητές μεταξύ της δεύτερης (2^{ης}) και της έκτης (6^{ης}) γενεάς κατέγραψαν αύξηση των σχηματισμένων λοβών, που κυμαινόταν μεταξύ 21,4 – 25 λοβούς ανά φυτό και κατόρθωσαν βελτίωση της πρωιμότητας σε όλες τις μεταχειρίσεις και άνω του 50% και σταθερότητα στην παραγωγή. Όσον αφορά τον συντελεστή παραλλακτικότητας (CV) ήταν σημαντικά μειωμένος τόσο στην πρωιμότητα όσο και στην απόδοση με τιμή 27,3 – 47,9% και 8,0 – 11,8% αντίστοιχα. Επιπλέον η βελτίωση του συντελεστή παραλλακτικότητας και επομένως και σταθερότητας από όλες τις μεταχειρίσεις κυμαινόταν από 49-70% και 27-35% αντίστοιχα (Traka-Mavrona, κ.α., 2004).

Οι Traka-Mavrona και Koutsika-Sotiriou (2002), αρχικά με την εφαρμογή ενδοπληθυσμιακής επιλογής σε τοπικούς πληθυσμούς (Θράκη και Αμύνταιο) στο πεπόνι (αυτογονομοποιούμενο είδος), με κριτήριο τον φαινότυπο και στην συνέχεια με την διεξαγωγή πειράματος κυψελωτού σχεδιασμού δυο κύκλων για την αξιολόγηση της απόδοσης κατόρθωσαν βελτίωση της παραγωγικότητας και της σταθερότητας σε συνδυασμό με την ποιότητα των καρπών με την μείωση του δείκτη παραλλακτικότητας CV στον δεύτερο κύκλο. Επιπροσθέτως παρατηρήθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του CV και της απόδοσης (παραγωγή σε Kg/φυτό, αριθμός παραγόμενων φυτών). Το μέγεθος του καρπού ήταν καλύτερο στον πληθυσμό της Θράκης. Ειδικά στην μέτρηση της απόδοσης το βελτιωμένο γενετικό υλικό σε σχέση με το υλικό εκκίνησης διέφερε κατά 24% και 16% αντίστοιχα στον πληθυσμό της Θράκης και 4% και 10%

αντίστοιχα στον πληθυσμό του Αμύνταιου. Επίσης υπήρξε θετική συσχέτιση μεταξύ του CV και των παραμέτρων της ποιότητας (σχήμα του καρπού, ποσοστό διαλυτών στερεών, οξύτητα του pH, γεύση (Θράκη)). Ακόμη επιτεύχθηκε παραγωγή γευστικότερων ποιοτικών καρπών αφού το ποσοστό των ολικών διαλυτών ουσιών (σάκχαρα) βρισκόταν στα επιθυμητά επίπεδα (πιθανόν λόγω μεταβολής της χημικής σύστασης των καρπών). Τέλος τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά και οδήγησαν στην δημιουργία και εγγραφή δυο νέων ποικιλιών.

Γ. Επιλογή με βάση την πυκνότητα και την επίδραση αυτής στην ανάπτυξη των φυτών (ανταγωνισμός) και την αντιμετώπιση της αλληλεπίδρασης του γενότυπου με το περιβάλλον (Kyriakou και Fasoulas, 1985). Σε πολυάριθμες έρευνες η ακρίβεια στις αποστάσεις σποράς και η πυκνότητα είναι σημαντικά στοιχεία για την καλή ανάπτυξη των φυτών και για την αποφυγή προβλημάτων όπως το πλάγιασμα. Επίσης φαίνεται να παίζουν καίριο ρόλο στην ρύθμιση του ανταγωνισμού και στην αποτελεσματικότητα των κυψελωτών σχεδίων, συμβάλλοντας σημαντικά στην απόδοση. Επιπλέον στο κυψελωτό περιβάλλον της έλλειψης ή του μηδενικού ανταγωνισμού, που εξασφαλίζεται με την κατάλληλη πυκνότητα, τα φυτά δέχονται τις ακτίνες του φωτός χωρίς να αλληλοκαλύπτονται και να μην επηρεάζεται ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός.

Οι Lopes, κ.α. (2020), διερεύνησαν τη γενετική παραλλακτικότητα σε ποικιλίες στο σιτάρι σε δυο τοποθεσίες με εφαρμογή ενδοποικιλιακής επιλογής (100 cm απόσταση μεταξύ των φυτών) σε κυψελωτή διάταξη για 2 κύκλους σε περιβάλλον μηδενικού ανταγωνισμού. Στον πρώτο κύκλο οι ερευνητές κατέληξαν σε είκοσι (20) επιλογές που αποτελούσαν από 420 ατομικά φυτά που διακρίθηκαν για το παραγωγικό τους δυναμικό και χρησιμοποιήθηκαν στον δεύτερο κύκλο για μετέπειτα πειραματισμό σε δοκιμές με την εμπορική ποικιλία *BRS 284* πάλι σε συνθήκες έλλειψης ανταγωνισμού. Επιλέχθηκαν οι τέσσερις (4) κορυφαίες σειρές. Στη συνέχεια εφαρμόζοντας μεθόδους κλασσικής βελτίωσης οι σπόροι από τους τέσσερις (4) καλύτερους γενότυπους του δεύτερου (2^{ου}) κύκλου μαζί με την εμπορική ποικιλία *BRS 284* σπάρθηκαν στον αγρό σε σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (συμβατικό) με ανταγωνισμό (απόσταση 50cm και πυκνότητα 320.000 φυτά / ha⁻¹) σε δυο (2) τοποθεσίες για τις τελικές δοκιμές απόδοσης πριν την αξιολόγηση τους σε ποικίλα περιβάλλοντα (δεκατέσσερις (14) τοποθεσίες) ώστε να διαπιστωθεί η προσαρμοστικότητα τους στις εδαφοκλιματικές συνθήκες σε συνδυασμό με την εκτίμηση της απόδοσης (αλληλεπίδραση του γενότυπου με το περιβάλλον). Εν τέλη η έρευνα κατέληξε στην παραγωγή ατομικών φυτών υψηλής παραγωγικότητας που ως προς την απόδοση υπερείχαν σε

σχέση με τον μάρτυρα και στις δυο τοποθεσίες. Αλλά και τα αποτελέσματα της απόδοσης από τις δεκατέσσερις (14) τοποθεσίες ήταν ενθαρρυντικά. Επίσης επιτεύχθηκε βελτίωση της ποιότητας και οι απόγονοι παρουσίαζαν και αξιολογα φυσιολογικά χαρακτηριστικά (βλάστηση σπόρου).

Διάφορες έρευνες που εφάρμοσαν την κυψελωτή επιλογή έδειξαν ότι για να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή μείωση του ανταγωνισμού και η αύξηση της απόδοσης θα πρέπει να εφαρμόζεται διαφορετική πυκνότητα και να χρησιμοποιείται απόσταση σποράς μεταξύ των φυτών μικρότερη ή μεγαλύτερη των 100cm ανάλογα με το είδος (Tokatlidis, 2001a, Tokatlidis, 2001b, Abdul Rasool και Annon, 2016).

Οι Νίνου, κ.α., (2022), χρησιμοποίησαν την κυψελωτή μεθοδολογία για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα της επιλογής για βελτίωση της απόδοσης σε εμπορικές ποικιλίες σιταριού σε ποικίλα περιβάλλοντα (με ανταγωνισμό και χωρίς ανταγωνισμό). Εφαρμόστηκαν δυο βελτιωτικά σχέδια και για τις δυο ποικιλίες. Αρχικά σχέδιο κυψελωτής διάταξης (περιβάλλον μηδενικού ανταγωνισμού) με απόσταση μεταξύ των φυτών 100cm αποτελούμενο από 540 φυτά για την ποικιλία *Sveco* και 525 φυτά για την *Maestrale*, για ενδοποικιλιακή επιλογή με βάση την απόδοση. Ανάλογα με την απόδοση και την περιεκτικότητα των φυτών σε πρωτεΐνη πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση των φυτών σε φυτά υψηλής, μέσης και χαμηλής απόδοσης και πρωτεΐνης. Το πρώτο έτος επιλέχθηκαν δέκα (10) και τρεις (3) σειρές που αποτελούσαν τις υψηλοαποδοτικές και τις χαμηλοαποδοτικές οικογένειες για την κάθε ποικιλία. Το δεύτερο έτος τα φυτά από τις είκοσι (20) οικογένειες χρησιμοποιήθηκαν για πειραματισμό με την εφαρμογή του σχεδίου των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (περιβάλλον ανταγωνισμού), με τρεις επαναλήψεις και με απόσταση μεταξύ των φυτών 50 cm για αξιολόγηση της απόδοσης με μάρτυρες τις αρχικές ποικιλίες *Sveco* και *Maestrale*. Η έρευνα έδειξε ότι και οι δυο ποικιλίες ήταν περισσότερο παραγωγικές στο κυψελωτό περιβάλλον γεγονός που καθιστά κατάλληλη την κυψελωτή μεθοδολογία (σε συνθήκες απουσίας ανταγωνισμού) για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής.

Τέλος στην μελέτη των Papathanasiou, κ.α., (2019), πραγματοποιήθηκε βελτίωση του καθιστού φασολιού σε συνθήκες κανονικής άρδευσης και υδατικής καταπόνησης με κυψελωτή επιλογή και επιτεύχθηκε η απομόνωση ατομικών φυτών που παρουσίαζαν υψηλή απόδοση σε συνδυασμό με ανοχή - αντοχή στην έλλειψη νερού. Η απόδοση των καλύτερων γραμμών σε σύγκριση με εκείνη του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερη κατά 40,2% (46,4gr περισσότερα) με

συντελεστή παραλλακτικότητας 40,5% στην *IRI* στην κανονική άρδευση και 40% (34,4gr περισσότερα) με συντελεστή παραλλακτικότητας 45,5% στην μειωμένη και 43,5% (51gr) με συντελεστή παραλλακτικότητας 44,4% στην κανονική και 28% (26,4gr) με συντελεστή παραλλακτικότητας 52,6% στην *PIR 5*.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συγκεκριμένη πειραματική εργασία που διενεργήθηκε στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας είχε ως σκοπό την αξιολόγηση διαλογών 1ης γενιάς από τοπικό πληθυσμό φασολιού τύπου γίγαντα από την περιοχή της ορεινής Θεσσαλίας σε κυψελωτή διάταξη. Η αρχική επιλογή των διαλογών έγινε σε προηγούμενο πειραματισμό (καλλιεργητική περίοδος 2020) σε κυψελωτή διάταξη με κυρίαρχο κριτήριο την απόδοση από το Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ στην Λάρισα. Σε πειραματικό κυψελωτό σχέδιο R7 και αξιολογήθηκαν πέντε διαλογές 1ης γενιάς τρεις (3) υψηλοαποδοτικές και δυο (2) με υψηλή σταθερότητα απόδοσης, σε σύγκριση με τον μάρτυρα που ήταν ο αρχικός πληθυσμός. Οι διαλογές κωδικοποιήθηκαν με τους γενότυπους 1,2,4,5,6 και την αρχική ποικιλία ως μάρτυρα του πειράματος αποτέλεσαν οι γενότυποι 3 και 7.

3.1.1. Εγκατάσταση πειραματικού

Σπορά

Την άνοιξη, στα μέσα του Μαΐου (13/05/2021), στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας έγινε εγκατάσταση του πειραματικού αγρού κυψελωτής διάταξης R-7 με χάραξη των πειραματικών γραμμών και σπορά. Το κυψελωτό σχέδιο περιλάμβανε 25 γραμμές και η κάθε μια αποτελούταν από 22 φυτά και η απόσταση σποράς ήταν 100 cm από θέση σε θέση και τοποθετήθηκαν δυο σπόροι σε κάθε σημείο. (Εικόνα 3.1.1.).

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί προετοιμασία του αγρού για την εγκατάσταση του πειραματικού κυψελωτής διάταξης προηγήθηκε μηχανική κατεργασία του εδάφους η οποία περιλάμβανε, ισοπέδωση, όργωμα όταν το έδαφος ήταν στον ρώγο του και η υγρασία βρισκόταν

στα επιθυμητά επίπεδα, εργασίες με καλλιεργητή και επεμβάσεις με δισκοσβάρνα για τη διαμόρφωση της σποροκλίνης ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Επιπλέον κατά την κατεργασία του εδάφους τα λεπτότερα σωματίδια του εδάφους εναποτέθηκαν στο χαμηλότερο επίπεδο της κλίσης για να προωθήσουν την ταχεία και ομοιόμορφη βλάστηση και επίσης για να αποτρέψουν την απώλεια υγρασίας. Γενικά το έδαφος έπρεπε να είναι αφράτο να θερμαίνεται και να αερίζεται επαρκώς διατηρώντας την υγρασία του ακόμα και τους θερμούς μήνες για την επιτυχία του φυτρώματος και την ομαλή ανάπτυξη της καλλιέργειας (Εικόνες 3.1.2. – 3.1.4.).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΦΑΣΟΛΙ ΓΙΓΑΝΤΑΣ ΜΑΙΟΣ 2021																									
ΓΡΑΜΜΗ	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I	K	Λ	M	N	Ξ	Ο	Π	P	Σ	T	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	ΩΑ
22		5		7		2		4		6		1		3		5		7		2		4		6	
	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3
21	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2
20	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1
19	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7
18	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6
17	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5
16	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4
15	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3
14	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2
13	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1
12	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7
11	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6
10	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5
9	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4
8	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3
7	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2
6	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1
5	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7
4	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6
3	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5
2	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4	1	6	3	1	5	3	7	5	2	7	4	2	6	4
1	7		2		4		6		1		3		5		7		2		4		6		1		3
ΓΡΑΜΜΗ	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I	K	Λ	M	N	Ξ	Ο	Π	P	Σ	T	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	ΩΑ

Εικόνα 3.1.1. Σχηματική απεικόνιση Πειραματικού Σχεδίου Κυψελωτού Αναρριχώμενου φασολιού του έτους 2021 Αξιολόγησης της απόδοσης με την Κυψελωτή Μεθοδολογία



Εικόνες 3.1.2., 3.1.3. και 3.1.4. Χάραξη και σπορά κυψελωτού πειράματος αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων (επιλεγμένων σειρών και της αρχικής ποικιλίας) τον Μάϊο 2021.

3.1.2. Καλλιεργητικές φροντίδες

Μετά την σπορά ακολούθησαν τέσσερα ελαφριά ποτίσματα φυτρώματος ανά δυο ημέρες περίπου για την μέγιστη δυνατή επιτυχία του φυτρώματος. Επίσης προκειμένου να καλυφθούν τα κενά των φυτών που παρουσίασαν αδυναμία φυτρώματος πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένη επανασπορά των φυτών σε γλαστράκια στο θερμοκήπιο και στις 02/06/2021 όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν, μεταφυτεύτηκαν στον πειραματικό αγρό (Εικόνα 3.1.2.1).



Εικόνα 3.1.2.1. Συμπλήρωση κενών στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων (επιλεγμένων σειρών και της αρχικής ποικιλίας).

Όσον αφορά τα ζιζάνια προκειμένου να είναι καθαρός ο αγρός ώστε να μην υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών (φως, νερό, θρεπτικά στοιχεία) και να εξασφαλίζεται ίσος καταμερισμός των εδαφικών πόρων, το βοτάνισμα εφαρμοζόταν σε καθημερινή βάση και συνεχίστηκε μέχρι την ξήρανση των φυτών. Παράλληλα με την καταπολέμηση των ζιζανίων γινόταν έλεγχος για τον εντοπισμό εχθρών ή ασθενειών. Επιπλέον τα ζιζάνια που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος απομακρύνθηκαν με σκαλιστήρι και μερικές φορές χρησιμοποιήθηκε και φρέζα (φρεζάρισμα γραμμών). Το 1^ο βοτάνισμα εφαρμόστηκε την πρώτη εβδομάδα, στις 07/06/2021 με αφαίρεση των ζιζανίων γύρω από κάθε φυτό και μεταξύ των

γραμμών. Επίσης στο στάδιο των 2-3 φύλλων έγινε ψεκασμός με το εκλεκτικό μεταφωσφορικό ζιζανιοκτόνο CORUM 125ml/l + προσκολλητικό λάδι. (Παναγοπούλου, 2015 , BASF, 2024).

Η λίπανση πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Αρχικά τον Μάιο κατά την προετοιμασία του αγρού για την εγκατάσταση του πειραματικού εφαρμόστηκε βασική λίπανση με 5 μονάδες μονάδες/στρέμμα άζωτο (N), 10 μονάδες/στρέμμα φώσφορο (P) και 12 μονάδες/στρέμμα κάλιο (K). Το δεύτερο στάδιο έλαβε χώρα τον Ιούνιο (24/06/2021), στο κατάλληλο στάδιο της ανάπτυξης των φυτών, όπου εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση με προσθήκη λιπάσματος N, με 10 μονάδες αζώτου (N) ανά στρέμμα με ασβεστούχο νιτρική αμμωνία (30 γραμμάρια ανά θέση ανάμεσα από τα φυτά) για την αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων (Εικόνες 3.1.2.2 και 3.1.2.3).



Εικόνες 3.1.2.2 και 3.1.2.3 Βοτάνισμα, επιφανειακή λίπανση, στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων (επιλεγμένων σειρών και της αρχικής ποικιλίας) στο αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Η άρδευση έγινε με σύστημα στάγδην άρδευσης και η σύνδεση του συστήματος άρδευσης ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο. Το σύστημα αυτό αποτελούταν από την υδροληψία, την μονάδα ελέγχου και τον αγωγό τροφοδοσίας, έναν κεντρικό σταλακτοφόρο σωλήνα που έφερε ανά 40 cm σταλάκτη σταθερής παροχής 5 λίτρα/ώρα. Στην αρχή του δικτύου τοποθετήθηκαν ειδικά φίλτρα που παρεμπόδιζαν την είσοδο υλικών που μπορούν να προκαλέσουν το φράξιμο των σταλακτήρων. Η εφαρμογή του συστήματος στάγδην επέτρεψε την πλήρη αξιοποίηση της εδαφικής επιφάνειας (άνω του 70%) καθώς τα φυτά δέχονταν το νερό σε συγκεκριμένο σημείο στην περιοχή της ριζόσφαιρας με αποτέλεσμα και τον περιορισμό της ανάπτυξης των ζιζανίων και του ανταγωνισμού αφού δεν ποτιζόταν η περιοχή του αγρού μεταξύ των φυτών. Τέλος επιτεύχθηκε ομοιομορφία άρδευσης και παραγωγής σε όλο τον αγρό με συγκεκριμένη δοσολογία που οδήγησε στην εξοικονόμηση του νερού, των εισροών (λίπασμα) και στην μείωση του κόστους.

Στις 10/06/2021 πραγματοποιήθηκαν εργασίες για την μετέπειτα υποστύλωση των φυτών με σιδερένιες βέργες και στο στάδιο των 4 – 6 φύλλων έγινε αραίωμα έτσι ώστε σε κάθε θέση να παραμείνει ένα φυτό. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε δέσιμο - τύλιγμα των φασολιών στα στηρίγματα για την ορθή ανάπτυξη των φυτών (Εικόνα 3.1.2.4).



Εικόνα 3.1.2.4. Στάγδην άρδευση και ατομική υποστύλωση των ατομικών φυτών στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων.

Η άνθιση ξεκίνησε στα τέλη Ιουνίου με την εμφάνιση των πρώτων ανθέων, αλλά οι υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες επικράτησαν για μεγάλα χρονικά διαστήματα όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.2 είχαν ως αποτέλεσμα την έντονη ανθόρροια και καρπόρροια (Εικόνες 3.1.2.5 και 3.1.2.6) ώστε να μην είναι δυνατή η παραμονή των λοβών επάνω στα φυτά ή να μην υπάρχει σωστή ανάπτυξη των σπόρων των φυτών που κατόρθωσαν να διατηρήσουν τους λοβούς τους. Τα φυτά συνέχισαν τον σχηματισμό ανθέων (ως φυτά συνεχούς άνθισης), σε όλη την διάρκεια της ανάπτυξης τους (Εικόνα 4.11), το οποίο βέβαια είχε ως αποτέλεσμα στα τέλη Σεπτεμβρίου να υπάρχει μεγάλος αριθμός πράσινων λοβών που δεν πρόλαβαν να σχηματίσουν σπέρματα ή αν και σχημάτισαν σπέρματα αυτά δεν έφθασαν σε στάδιο ωριμότητας λόγω τέλους της βλαστικής περιόδου και των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών που κατέστρεψαν τα φυτά όπως φαίνεται και στην αντίστοιχη εικόνα (Εικόνα 3.1.2.7.), μετά την συγκομιδή και το μέτρημα των λοβών ανά φυτό.

Πίνακας 3.1.2. Μετεωρολογικά δεδομένα ανά μήνα κατά την καλλιεργητική περίοδο του πειραματισμού.

ΜΗΝΑΣ 2021	Θερμ. Αέρα [°C]			Ηλ. Ακτιν. [W/m ²]	Σχ. Υγ. Αέρα [%]	Βροχή [mm]	Ταχ. Αν. [m/s]	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΤ (mm)
	Μέση τιμή	μέγιστη	ελάχιστη	Μέση τιμή	Μέση τιμή		Μέση τιμή	
ΜΑΙΟΣ	15.97	31.09	3.66	243	62.61	28.2	0.7	116.8
ΙΟΥΝΙΟΣ	18.86	36.08	4.61	261	67.6	57.2	0.4	124.8
ΙΟΥΛΙΟΣ	22.54	36.94	10.94	262	61.08	70.2	0.3	138.2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	22.94	37.3	7.62	260	51.16	3.4	0.4	129.9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	16.74	31.79	1	178	63.43	32.6	0.4	77.8
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9	23.8	-1.8	93	88.18	252.8	0.2	32.6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7.83	24.41	-5.54	63	85.04	95.2	0.3	22.3



Εικόνες 3.1.2.5 και 3.1.2.6. Έντονη ανθόρροια και καρπόρροια λόγω των συνεχιζόμενων υψηλών θερμοκρασιών στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων.



Εικόνα 3.1.2.7. Συνεχής άνθιση των ατομικών φυτών στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων.

3.1.3. Συγκομιδή – Εργαστηριακές μετρήσεις

Κατά την πειραματική διαδικασία καταγράφηκε ο αριθμός των φυτών, η έναρξη της άνθισης και έγινε παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών σε κάθε στάδιο. Συγκεκριμένα για το στάδιο και προσδιορισμό της καρπόδεσης των φυτών ελήφθησαν σχετικές παρατηρήσεις. Ακόμη μετρήθηκε το ποσοστό φυτρώματος των φυτών πριν και μετά την μεταφύτευση των φυτών στο χωράφι (Πίνακας 4.1.).

Λόγω της καθυστερημένης καρπόδεσης και για να δοθεί χρόνος στα φυτά να γεμίσουν σωστά τους λοβούς και να ωριμάσουν όσο το δυνατόν περισσότεροι λοβοί η συγκομιδή παρατάθηκε σημαντικά. Στα τέλη Οκτωβρίου έγινε η κοπή των ατομικών φυτών στην βάση για να ολοκληρωθεί η ξήρανση τους πριν την τελική συγκομιδή ανά φυτό. Η συγκομιδή των ατομικών φυτών πραγματοποιήθηκε από τις 11 έως τις 14/11/2021 και τα δείγματα (λοβοί) από συνολικά 452 φυτά τοποθετήθηκαν σε σάκους και μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο όπου έγινε καταμέτρηση των πράσινων κενών και ανώριμων λοβών και των ξηρών γεμάτων λοβών και ξεσπόριασμα, δηλαδή διαχωρισμός των σπόρων από τους λοβούς (Εικόνες 3.1.3.1 και 3.1.3.2). Στην συνέχεια έγινε διαλογή των ανομοιόμορφων (σχήμα και μέγεθος) σπόρων ή των κατεστραμμένων από την επίδραση των δυσμενών καιρικών συνθηκών όπως αναφέρθηκε και των υγιεινών τέλειων σπόρων. Ακολούθως τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου ζυγίστηκαν με ζυγαριά ακριβείας των 0.01gr, η απόδοση ανά ατομικό φυτό και καταγράφηκαν τα δεδομένα στα φυλλάδια των εργαστηριακών μετρήσεων. Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν στο excel και στην συνέχεια επεξεργάστηκαν με το στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα SPSS v.25.



Εικόνες 3.1.3.1 και 3.1.3.2. Συγκομιδή των ατομικών φυτών στο κυψελωτό πείραμα αξιολόγησης R-7 επτά γενοτύπων.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά την έναρξη της άνθισης, στη διάρκεια των υψηλών θερμοκρασιών είδαμε ότι υπήρχαν φυτά που μπόρεσαν και σχημάτισαν λοβούς αμέσως μετά την γονιμοποίηση. Στις επόμενες παρόμοιες παρατηρήσεις ο αριθμός των φυτών που σχημάτισαν λοβούς αυξήθηκε και στην τελευταία παρατήρηση. Όλα τα φυτά σχεδόν είχαν συγκρατήσει λοβούς με διαφορετικό αριθμό όπως φάνηκε και στα αποτελέσματα απόδοσης ανά φυτό.

4.1. Φύτρωμα

Μετά την μεταφύτευση των φυτών στο χωράφι επιτεύχθηκε ποσοστό φυτρώματος, που κυμαινόταν από 87 – 99 % με εξαίρεση τους γενότυπους 4 και 6, που καταγράφηκαν και οι περισσότερες απώλειες. Το καλύτερο φύτρωμα, παρατηρήθηκε στον γενότυπο 5, με ποσοστό 94,9%. Οι γενότυποι 1,2,4 και 6 παρουσίασαν επιτυχία φυτρώματος, που αντιστοιχούσε σε ποσοστό 88,5 , 87,2 , 60,3 και 59,0%. Ο μέσος όρος του φυτρώματος του πειράματος ήταν 83,5% (Πίνακας 4.1.).

Πίνακας 4.1. Ποσοστά φυτρώματος των επτά γενοτύπων του κυψελωτού πειράματος αξιολόγησης R-7 τον Μάιο 2021.

ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	Ποσοστό φυτρώματος (%)
1	88.5
2	87.2
3	96.2
4	60.3
5	94.9
6	59.0
7	98.7
M.O	83.5

4.2. Απόδοση σε σχέση με τον μάρτυρα

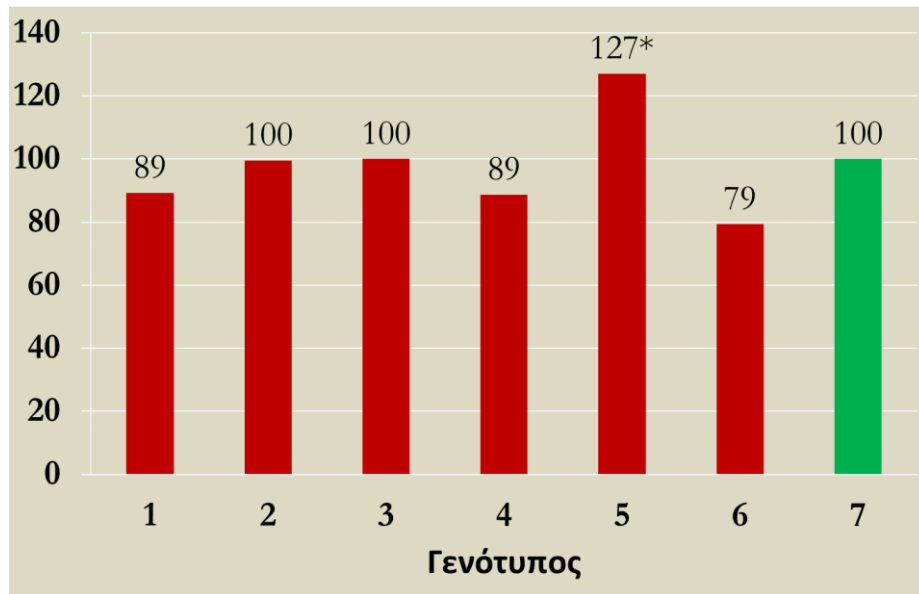
Ο αριθμός λοβών και ο αριθμός ξηρών λοβών ανά φυτό, φαίνονται στον πίνακα 4.2.1. Σύμφωνα με τα δεδομένα, ο αριθμός των παραγόμενων λοβών, που σχηματίστηκε, ήταν αισθητά μεγάλος και κυμαινόταν από 84,09 – 134,75 λοβούς ανά φυτό. Προκειμένου να είναι ευκολότερη η σύγκριση μεταξύ των γενοτύπων, υπολογίστηκε η μέση τιμή των δύο μαρτύρων του πειράματος (κωδικοί 3 και 7) και οι μέσες τιμές όλων των κωδικών εκφράστηκαν ως ποσοστό της μέσης τιμής των μαρτύρων. Η διαλογή 5, διακρίθηκε από τις υπόλοιπες και καταγράφηκε μέση τιμή 134,75 λοβούς ανά φυτό, που αντιστοιχούσε στο 127% του μάρτυρα. Όμως, η σταθερότητα της διαλογής 5 ήταν μικρότερη (2,56 και 88,95%) από αυτή της διαλογής 1, που έφθανε το 2,88 με ποσοστό 100%. Η μικρότερη μέση τιμή, παρατηρήθηκε στη διαλογή 6 με ποσοστό 79% και αμέσως μετά ακολουθούσαν οι διαλογές 4 και 1 με αντίστοιχες τιμές 94,02 και 94,62 και ποσοστό 89% (και για τις δυο). Ωστόσο, ως προς την σταθερότητα ο μάρτυρας με κωδικό 3, παρουσίασε το πιο μικρό ποσοστό που έφθανε το 75,83%. Τέλος, για τον κωδικό 2, η μέση τιμή που εκτιμήθηκε ήταν 105,56 (100%). Όσον αφορά τη σταθερότητα συμπεριφοράς, ήταν μεταξύ 2 και στο 3 (2,18 – 2,88) και το αντίστοιχο ποσοστό άνω του 70% (75,83 – 100%). Επιπλέον, η σταθερότητα των υπόλοιπων διαλογών, ήταν 2,29 με ποσοστό 79,58% για την διαλογή 6, 2,32 με ποσοστό 80,56% για την διαλογή 4 και 2,42 με ποσοστό 84,03% για τη διαλογή 2.

Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα για τους ξηρούς λοβούς, των οποίων ο αριθμός των ξηρών λοβών κυμαινόταν μεταξύ 46,07 – 110,11 λοβούς ανά φυτό. Η διαλογή 5, ξεχώρισε από τις άλλες και καταγράφηκε μέση τιμή 110,11 με ποσοστό 164% σε σύγκριση με την αντίστοιχη μέση τιμή των δύο μαρτύρων του πειράματος, υψηλότερη από αυτή των πράσινων λοβών και σταθερότητα 1,92 με ποσοστό 99,44%. Επίσης, για τη διαλογή 2, εκτιμήθηκε ποσοστό 97% σε σχέση με τους μάρτυρες. Ως προς την σταθερότητα, επίσης και σε αυτή την περίπτωση, η σταθερότητα της διαλογής 1, ήταν η μεγαλύτερη με τιμή 1,93 και ποσοστό 100%. Επιπλέον, σε αντίθεση με την προηγούμενη μέτρηση, η διαλογή 4, ήταν η λιγότερο σταθερή, σε σύγκριση με τις άλλες, με τιμή 1,33 και ποσοστό 68,59%. Γενικά, η σταθερότητα συμπεριφοράς, ήταν περίπου 2 και το ποσοστό τουλάχιστον 68% (68,59 – 100). Η σταθερότητα των υπόλοιπων διαλογών ήταν 1,36 με ποσοστό 70,48% για την διαλογή 2, 1,53 με ποσοστό 79,16% για τη διαλογή 6.

Πίνακας 4.2.1 Μέση τιμή και σταθερότητα συμπεριφοράς για τις μετρήσεις του αριθμού λοβών ανά φυτό και των ξηρών ώριμων λοβών και το αντίστοιχο ποσοστό σε σχέση με τη μέση τιμή των μαρτύρων.

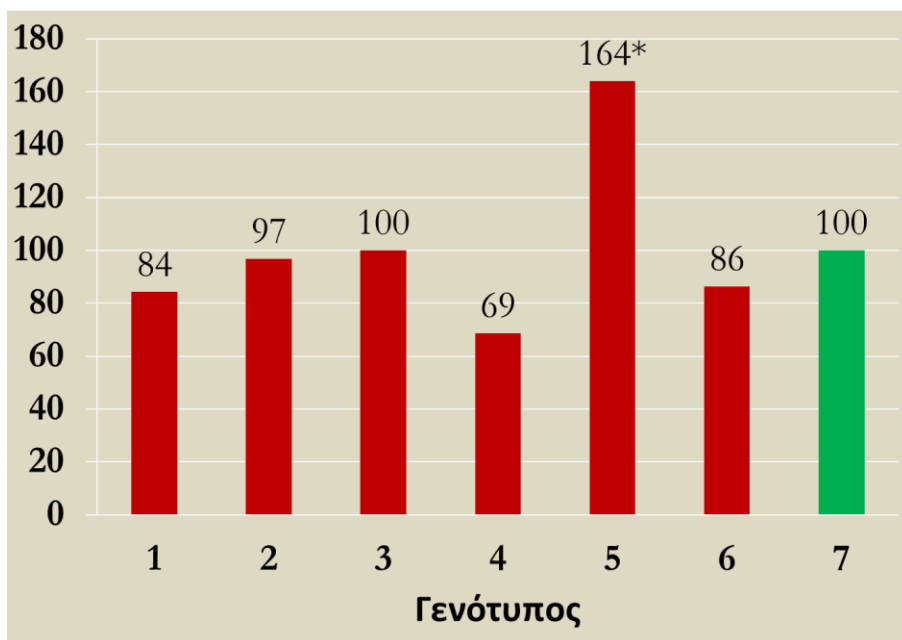
Κωδικός Γενότυπου	Μέση τιμή αριθμού λοβών φυτό ⁻¹	Ποσοστό σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων (%)	Σταθερότητα	Σταθερότητα (%)
1	94.62	89	2.88	100.00
2	105.56	100	2.42	84.03
3 (Μάρτυρας)	103.57	100	2.18	75.83
4	94.02	89	2.32	80.56
5	134.75	127	2.56	88.95
6	84.09	79	2.29	79.58
7 (Μάρτυρας)	108.37	100	2.19	76.20
Κωδικός Γενότυπου	Μέση τιμή αριθμού ξηρών λοβών φυτό ⁻¹	Ποσοστό σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων (%)	Σταθερότητα	Σταθερότητα (%)
1	56.51	84	1.93	100.00
2	64.96	97	1.36	70.48
3 (Μάρτυρας)	62.16	100	1.34	69.35
4	46.07	69	1.33	68.59
5	110.11	164	1.92	99.44
6	57.93	86	1.53	79.16
7 (Μάρτυρας)	71.82	100	1.56	80.48

Στο γράφημα 4.2.1 απεικονίζεται ο συνολικός αριθμός λοβών ανά φυτό σε σχέση με τη μέση τιμή των μαρτύρων (κωδικός 3,7). Το ποσοστό των πράσινων λοβών των γενότυπων 5 και 2 ήταν 127% και 100% αντίστοιχα. Ο γενότυπος 6 είχε το μικρότερο ποσοστό και έφθανε το 79%. Σε σύγκριση με την αρχική ποικιλία (μάρτυρες 3 και 7) το ποσοστό μεταβολής των γενότυπων 6, 1 και 4 ήταν χαμηλότερο με μοναδικό τον γενότυπο 5 που κατάφερε να ξεπεράσει και τους δυο μάρτυρες. Τέλος, οι γενότυποι 1, 4 και 6 βρίσκονταν όλοι περίπου στο ίδιο επίπεδο με ποσοστό 89% για τους δυο πρώτους και 79% για τον γενότυπο 6.



Γράφημα 4.2.1. Σύγκριση του συνολικού αριθμού λοβών ανά φυτό με τη μέση τιμή των μαρτύρων του πειράματος (κωδικοί 3 και 7) Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται ως ποσοστά.

Στο γράφημα 4.2 απεικονίζεται ο αριθμός ξηρών λοβών ανά φυτό σε σχέση με τη μέση τιμή των μαρτύρων (κωδικός 3,7). Το ποσοστό των ξηρών λοβών του γενότυπου 5 ήταν 164% . σε σύγκριση με την αρχική ποικιλία (μάρτυρες 3 και 7), ενώ το ποσοστό μεταβολής των γενότυπων 4, 1, 6 και 2 ήταν χαμηλότερο με μοναδικό τον γενότυπο 5 που κατάφερε να ξεπεράσει και τους δυο μάρτυρες. Σε αντίθεση με την προηγούμενη παράμετρο (σύνολο λοβών), στους ξηρούς λοβούς ο γενότυπος 2 έφθασε το 97%. Επίσης ο γενότυπος 4 είχε το μικρότερο ποσοστό και έφθανε το 69%. Επιπλέον οι γενότυποι 1, 6 και 2 βρίσκονταν όλοι περίπου στο ίδιο επίπεδο με ποσοστό 84% και 86% για τους δυο πρώτους και 97% για τον γενότυπο 2.



Γράφημα 4.2.2 Σύγκριση του αριθμού ξηρών λοβών ανά φυτό με τη μέση τιμή των μαρτύρων του πειράματος (κωδικοί 3 και 7) Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται ως ποσοστά.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν υψηλή παραγωγικότητα, καθώς η μέση συνολική απόδοση και η μέση απόδοση των ώριμων σπόρων κυμαίνονταν μεταξύ 136,04g – 310,34 και 95,06 – 213,71 g ανά φυτό αντίστοιχα (Πίνακας 4.2.2).

Όσον αφορά την συνολική απόδοση η διαλογή 5, παρουσίασε την υψηλότερη απόδοση 310,34 g ανά φυτό, με ποσοστό 153% και σταθερότητα 1,96 με αντίστοιχο ποσοστό 95,88%. Την χαμηλότερη απόδοση κατέγραψε η διαλογή 4 με παραγωγή 136,04 g ανά φυτό με ποσοστό 67% και σταθερότητα 1,18 με ποσοστό 60,32%. Οι υπόλοιπες διαλογές παρουσίασαν ελάχιστες διαφορές (161,41 g φυτό⁻¹ για τη διαλογή 1 και 166,54 g φυτό⁻¹ για τη διαλογή 2), με εξαίρεση την διαλογή 6 που είχε καλύτερη απόδοση με τιμή 173,80 g φυτό⁻¹ και σταθερότητα 1,42 με ποσοστό 72,68%.

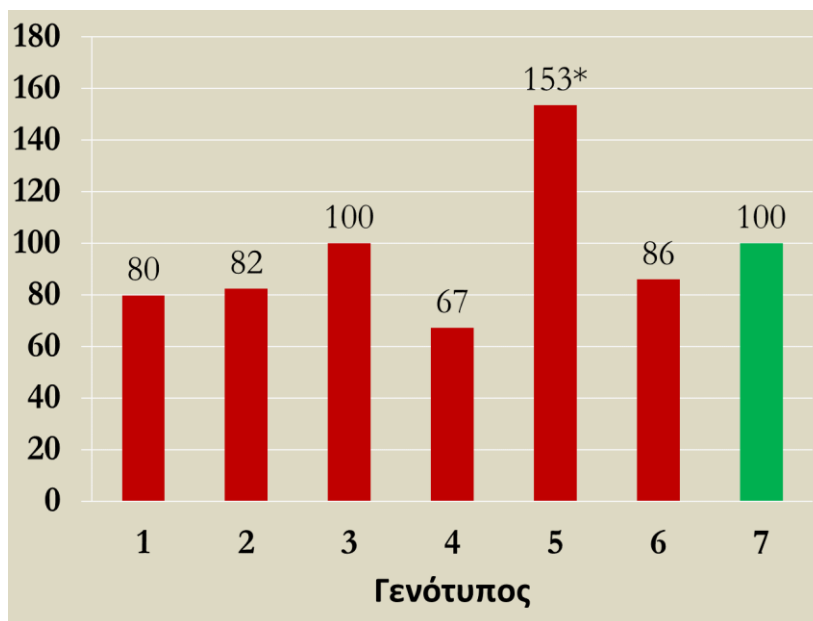
Γενικά όλες οι διαλογές, παρουσίασαν σταθερότητα, που κυμαινόταν μεταξύ 60,32 – 100%, αλλά μόνο η διαλογή 5 έφθασε το 100% και ακολουθούσε η διαλογή 1 με σταθερότητα 1,88 και αντίστοιχο ποσοστό 95,88%. Ο μάρτυρας (3,7) παρουσίασε σταθερότητα, μεταξύ του 69 – 77. Οι διαλογές 2, 4, 6 βρίσκονταν περίπου στο ίδιο επίπεδο, με μέση ως υψηλή σταθερότητα συμπεριφοράς. Αναλυτικότερα, η σταθερότητα της διαλογής 2, ήταν 1,30 της 4, 1,18 και της 6, 1,42.

Ως προς την απόδοση των ώριμων σπόρων, η απόδοση που επιτεύχθηκε, ήταν υψηλή, αλλά όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μικρότερη διότι δεν μπόρεσαν όλα τα φυτά να φτάσουν στο στάδιο της ωρίμανσης ή να ολοκληρώσουν την ωρίμανση τους. Οπότε, η μέγιστη παραγωγή έφθανε τα 213,71 g φυτό⁻¹ (διαλογή 5). Από εκεί και πέρα καταγράφηκαν τιμές κοντά στο 110 – 130 g φυτό⁻¹. Επίσης, οι μικρότερες αποδόσεις, παρατηρήθηκαν στις διαλογές 4 και 1 (70,48 g φυτό⁻¹ και 95,06 g φυτό⁻¹ αντίστοιχα). Οι υπόλοιπες διαλογές, βρίσκονταν όλες στο ίδιο επίπεδο, με τιμή 100-110 g φυτό⁻¹. Αναλυτικότερα, η παραγωγικότητα των διαλογών 2 και 6 ήταν 103,28, και 109,83 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.2.2 Μέση συνολική απόδοση ανά φυτό, μέση απόδοση ώριμων σπόρων, το αντίστοιχο ποσοστό σε σχέση με τη μέση τιμή των μαρτύρων και σταθερότητα για κάθε μια από τις διαλογές δεύτερης γενεάς.

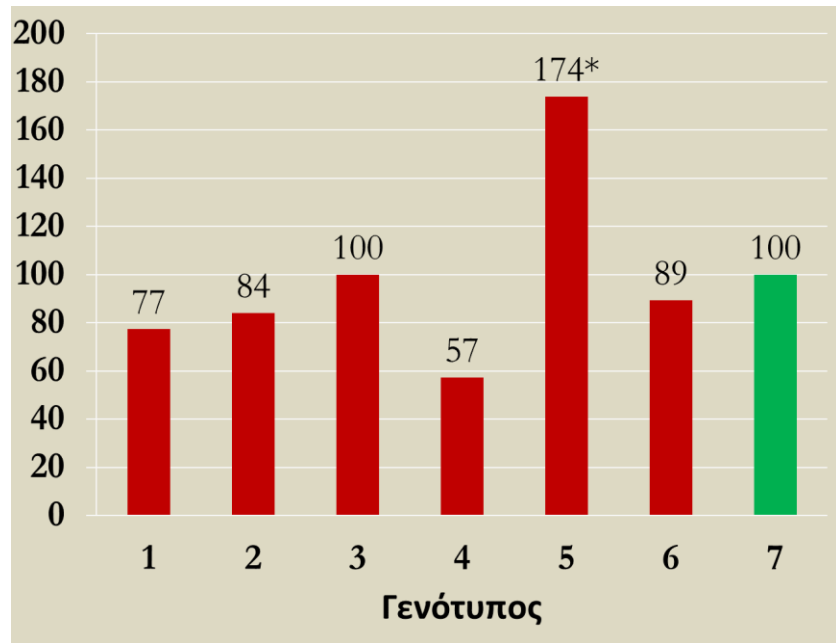
Κωδικός Γενότυπου	Μέση συνολική Απόδοση g φυτό ⁻¹	Ποσοστό σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων (%)	Σταθερότητα	Σταθερότητα (%)
1	161.41	80	1.88	95.88
2	166.54	82	1.30	66.33
3 (Μάρτυρας)	188.44	100	1.36	69.24
4	136.04	67	1.18	60.32
5	310.34	153	1.96	100.00
6	173.80	56	1.42	72.68
7 (Μάρτυρας)	215.29	100	1.50	76.52
Κωδικός Γενότυπου	Μέση απόδοση ώριμων σπόρων g φυτό ⁻¹	Ποσοστό σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων (%)		
1	95.06	77		
2	103.28	84		
3 (Μάρτυρας)	107.36	100		
4	70.48	57		
5	213.71	174		
6	109.83	89		
7 (Μάρτυρας)	137.56	100		

Στο γράφημα 4.3.1 το ποσοστό του γενότυπου 5 ήταν 153% σε σύγκριση με τη μέση τιμή των δύο μαρτύρων (100%). Ο γενότυπος 4 παρουσίασε το μικρότερο ποσοστό (67%) σε σύγκριση με την αρχική ποικιλία (μάρτυρες 3 και 7), ενώ το ποσοστό των γενοτύπων 4, 1, 2 και 6 ήταν σημαντικά χαμηλότερο (67, 80, 82 και 86% αντίστοιχα).



Γράφημα 4.3.1. Σύγκριση της συνολικής απόδοσης σε σπόρο ανά φυτό με τη μέση τιμή των μαρτύρων του πειράματος (κωδικοί 3 και 7) Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται ως ποσοστά.

Στο γράφημα 4.3.2 παρουσιάζεται το ποσοστό της απόδοσης των ώριμων σπόρων του γενότυπου 5 που παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη μέση τιμή των μαρτύρων και ήταν 174%. Σε σύγκριση με την αρχική ποικιλία (μάρτυρες 3 και 7) το ποσοστό μεταβολής των γενοτύπων 4, 1, 6 και 2 ήταν σημαντικά χαμηλότερο. Τέλος, το ποσοστό που εκτιμήθηκε για τους γενοτύπους 1, 2 και 6 ήταν 77%, 84% και 89% αντίστοιχα, ενώ ο γενότυπος 4 είχε το μικρότερο ποσοστό (57%) για τη συγκεκριμένη μέτρηση.



Γράφημα 4.3.2. Σύγκριση της συνολικής απόδοσης ώριμων σπόρων ανά φυτό με τη μέση τιμή των μαρτύρων του πειράματος (κωδικοί 3 και 7) Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται ως ποσοστά.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε ένα σύγχρονο βελτιωτικό πρόγραμμα στο οποίο επιλέγεται, υλοποιείται και αξιολογείται ένα σύνολο φυτών με την κυψελωτή μεθοδολογία, επιδιώκεται η επίτευξη υψηλών αποδόσεων με τη δημιουργία υψηλοαποδοτικών γενότυπων επιτυγχάνοντας παράλληλα υψηλή σταθερότητα.

Οι παράγοντες που σχετίζονται με την επιτυχία του φυτρώματος είναι πολυποίκιλοι. Το φύτευμα των σπόρων των οσπρίων επηρεάζεται σημαντικά από φυσιολογικούς παράγοντες που σχετίζονται με τη ζωτικότητα (seed vigor), την ηλικία (seed age), (Liu και Spira, 2001) και τη μακροβιότητα των σπόρων (seed viability, longevity), όπως η θερμοκρασία (White και Rojas, 1993, Nleya, κ.α., 2005). Ιδιαίτερα στις υψηλές θερμοκρασίες (30<), πρόσφατα παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του ποσοστού του φυτρώματος (Germination rate) (Maqueira-López, κ.α., 2021). Το φως, (Ziegler, 2020), τη βροχόπτωση, το έδαφος (υψόμετρο), τη θρεπτική κατάσταση του σπόρου και το pH (Gilbert, 2023). Ο τύπος του εδάφους επηρεάζει τη δημιουργία κρούστας (Darby, 2016, Lamichhane, κ.α., 2020,). Επιπλέον επηρεάζεται από τον λήθαργο (Soltani, κ.α., 2021), την ακεραιότητα και το μέγεθος των σπόρων (seed integrity & size) (Saighani, κ.α., 2021, Alngiemshy, κ.α., 2020), το βάθος φύτευσης (seed depth) (Baye, κ.α., 2020, Bisht, κ.α., 2024), την υγρασία και τις συνθήκες μετασυλλεκτικής διατήρησης των σπόρων, που σχετίζονται και με την ηλικία των σπόρων (seed age) (Sanhewe και Ellis, 1996, López-Herrera, κ.α., 2001, Nahar, κ.α., 2009). Ακόμη, εξαρτάται από άλλους παράγοντες που αναστέλλουν το φύτευμα (seed inhibitors), όπως οι πρωτεΐνες (Wilson, 1980). Τέλος, πολύ σπουδαίο ρόλο παίζουν, το πολλαπλασιαστικό υλικό, το οποίο, είναι απαραίτητο να είναι απαλλαγμένο (υγιεινή του σπόρου), από παθογόνα (κυρίως ιώσεις) (Kargiotidou, κ.α., 2014) και οι γενετικοί παράγοντες (γενότυπους) (Morales-Santos, κ.α., 2017). Το φύτευμα των σπόρων του πειράματος που επιτεύχθηκε ήταν ικανοποιητικό με μέσο όρο φυτρώματος 83,5% και συγκεκριμένα για τον γενότυπο 5 το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 94,9%.

Ως προς τον αριθμό των παραγόμενων λοβών, ο αριθμός των λοβών που σχηματίστηκε ήταν υψηλός και κυμαινόταν από 84,09 – 134,75 λοβούς φυτό⁻¹. Υπήρξε σημαντική αύξηση κυρίως στην διαλογή 5, η οποία υπερτερούσε από τη μέση τιμή των δυο μαρτύρων (3 και 7) κατά 27%, ενώ η διαλογή 2 δεν διέφερε από τη μέση τιμή των δυο μαρτύρων. Γενικά η παραγωγή είχε θετικό πρόσημο, καθώς οι τιμές όλων των διαλογών δεν διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τους

μάρτυρες. Τον μικρότερο αριθμό παραγόμενων λοβών, είχε ο κωδικός 6 και το ποσοστό σε σύγκριση με αυτή των δυο μαρτύρων (3,7), ήταν 26%. Τέλος η διαλογή 5 σε σύγκριση με τις υπόλοιπες αυξήθηκε σημαντικά κατά 42% σε σχέση με τη διαλογή 1, 28% σε σχέση με τη διαλογή 2, 43% σε σχέση με τη διαλογή 4 και 60% σε σχέση με τη διαλογή 6.

Επιπλέον, παρά τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, μεγάλος ήταν ο αριθμός των λοβών που ωρίμασε και ξηράθηκε και κυμαινόταν από 46.07 – 110.11 λοβούς φυτό⁻¹. Ωστόσο στην συγκεκριμένη μέτρηση ο αριθμός των διαλογών (1,2,4,5,6) των λοβών που ξηράθηκε ήταν μικρότερος από αυτών που παρήχθη και η διαφορά τους ήταν 177,46 λοβοί ανά φυτό και αντιστοιχούσε σε ποσοστό στο 35%. Παρομοίως η μέγιστη αύξηση που παρατηρήθηκε (διαλογή 5) ξεπέρασε κατά 64% τη μέση τιμή των δυο μαρτύρων (3,7), ενώ η διαλογή 2 δεν διέφερε σημαντικά από την μέση τιμή των δυο μαρτύρων (3,7). Σε αντίθεση με τους σχηματισμένους λοβούς το μικρότερο ποσοστό ανήκε στην διαλογή 4 και αντιστοιχούσε στο 31%, σε σχέση με τους μάρτυρες. Τέλος η διαλογή 5 σε σύγκριση με τις υπόλοιπες αυξήθηκε σημαντικά κατά 95% σε σχέση με τη διαλογή 1, 70% σε σχέση με τη διαλογή 2, 139% σε σχέση με τη διαλογή 4 και 90% σε σχέση με τη διαλογή 6.

Όπως παρατηρήθηκε και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (ανθόρροιας και καρπόρροιας), ο αριθμός των λοβών που σχηματίστηκε ήταν μεγαλύτερος από αυτόν που ωρίμασε και με λιγότερο βάρος. Οι ακραίες θερμοκρασίες (ειδικά η θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα), είχαν επίδραση, στην ανάπτυξη και στο γέμισμα των λοβών, με την ανεπιτυχή συγκράτηση τους, λόγω της διάρρηξης των ανθών (προκαλώντας στειρότητα). Επίσης επηρέασαν την ωρίμανση, με αποτέλεσμα την ανεπιτυχή ωρίμανση των σπόρων τους μειώνοντας τον ρυθμό της καρπόδεσης με αποτέλεσμα την παραγωγή λιγότερων και μικρότερου μεγέθους καρπών με μειωμένο αριθμό σπόρων και βάρους (Gross και Kigel, 1994).

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων σε συνδυασμό με τη διατήρηση της σταθερότητας της συμπεριφοράς. Επιπλέον η ανάλυση των αποτελεσμάτων από την απόδοση και το ποσοστό φυτρώματος έδειξε ότι τα φυτά ορισμένων διαλογών που μελετήθηκαν είχαν καλή προσαρμοστικότητα και ισχυρή παραγωγική δυνατότητα για την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Η μέση συνολική απόδοση και η μέση απόδοση των ώριμων σπόρων κυμαίνονταν μεταξύ 136,04 – 310,34 g φυτό⁻¹ και 95,06 – 213,71 g φυτό⁻¹ αντίστοιχα. Επίσης η διαφορά των διαλογών (1,2,4,5,6) μεταξύ της συνολικής απόδοσης και της απόδοσης των ώριμων σπόρων ήταν 355,77 g φυτό⁻¹ και αντιστοιχούσε σε ποσοστό στο 38%

Επιπλέον η απόδοση των φυτών της διαλογής 5 ήταν η υψηλότερη σε σχέση με όλες τις άλλες και υπερτερούσε σε σχέση με την μέση τιμή των μαρτύρων (3,7), κατά 108,475 g φυτό⁻¹ και ποσοστό 54% στην συνολική απόδοση. Αντίστοιχα στην παράμετρο της απόδοσης των ώριμων σπόρων η διαλογή 5 ξεπερνούσε τους μάρτυρες (3,7) κατά 91,25 g φυτό⁻¹ με ποσοστό 75%. Επιπλέον και σε αυτές τις δυο παραμέτρους (συνολική απόδοση, απόδοση ώριμων σπόρων) η διαλογή 5 είχε την μεγαλύτερη βελτίωση και σε σύγκριση με τις υπόλοιπες διέφερε κατά 92% και 125% σε σχέση με τη διαλογή 1, 86% και 107% σε σχέση με τη διαλογή 2, 128% και 203% σε σχέση με τη διαλογή 4 και 79% και 95% σε σχέση με τη διαλογή 6. Τέλος την μικρότερη απόδοση και σε αυτήν την περίπτωση παρουσίασε ο κωδικός 4, που σε σύγκριση με τους δυο μάρτυρες (3,7) υστερούσε κατά 31%. Ακόμη, ο κωδικός 6, στην μέτρηση των ώριμων σπόρων δεν διέφερε σημαντικά από την μέση τιμή των δυο μαρτύρων (3,7). Όσον αφορά τη σταθερότητα, όλες οι διαλογές ήταν σταθερές σε ποσοστό άνω του 60% και ειδικά η διαλογή 5 σε σύγκριση με τους μάρτυρες ήταν ανώτερη και τα φυτά της παρουσίασαν σταθερότητα 100% ενώ η σταθερότητα της διαλογής 1 ήταν περίπου 5% χαμηλότερη. Τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούν με τα αποτελέσματα των (Tokatlidis κ.α. 2010), όπου επιτεύχθηκε σταθερότητα σε συνδυασμό με υψηλή απόδοση σε συνθήκες αγρού και θερμοκηπίου παρόλο που τα φυτά είχαν εκτεθεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (heat stress), γεγονός που υποδεικνύει την απόκτηση ανεκτικότητας των φυτών κατά τη διάρκεια της προσαρμογής τους και με την κυψελωτή μεθοδολογία.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας στο σύνολο τους είναι θετικά και ενθαρρυντικά και επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της κυψελωτής μεθοδολογίας στην επιλογή υψηλοποδοτικών φυτών απουσία ανταγωνισμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η διαλογή 5 παρουσίασε υψηλή παραγωγικότητα και η διαλογή 1 υψηλή σταθερότητα για αυτό και προτείνονται για να χρησιμοποιηθούν ως γενότυποι για μετέπειτα πειραματισμό ώστε να δοκιμαστούν σε ποικίλα περιβάλλοντα σε διάφορες συνθήκες π.χ. σε περιβάλλον θερμοκηπίου ή σε συνθήκες καταπόνησης από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες.

Επίσης χρειάζεται να δίνεται προσοχή, στην επιλογή του πολλαπλασιαστικού υλικού. Ο σπόρος που χρησιμοποιείται πρέπει πάντα να είναι πιστοποιημένος και απαλλαγμένος από παθογόνα. Επίσης χρειάζεται μέριμνα για την σωστή εφαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών και για τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του φυτρώματος που προαναφέρθηκαν.

Τέλος με βάση τις αρχές και τα χαρακτηριστικά της κυψελωτής μεθοδολογίας συμπεραίνουμε ότι το κυριότερο πρόβλημα είναι η γενετική επιμόλυνση, ο ανταγωνισμός και τα ζιζάνια. Επομένως εφόσον υπάρχει έλεγχος των αβιοτικών παραγόντων, με τη χρησιμοποίηση προσαρμοσμένων μονογενετικών ποικιλιών και με την υλοποίηση ενός αποτελεσματικού φυτοπροστατευτικού προγράμματος για την καταπολέμηση των ζιζανίων και των εχθρών μπορεί να επιτευχθεί μια υψηλή και σταθερή απόδοση, πλην φυσικών καταστροφών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdelhamid, M. T., Horiuchi, T. και Oba, S., 2004. Composting of Rice Straw with Oilseed Rape cake and Poultry Manure and its Effects on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Growth and Soil Properties. *Bioresource Technology*, 93(2), pp. 183-189.
- Abdul Rasool, I. J. και Annon, A., 2016. Effect of Three Honeycomb Interplant Distances on Growth and Flowering of Two Cultivars of Bean. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa και Latin America*, 47(1), pp. 13-16.
- Abenavoli, M. κ.α., 2016. Root Phenotyping For Drought Tolerance in Bean Landraces From Calabria (Italy). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202(1).
- Abeyssekara, S., Chilibeck, P. D., Vatanparast, H. και Zello, G. A., 2012. A Pulse-Based Diet is Effective for Reducing Total and LDL-Cholesterol in Older Adults. *British Journal of Nutrition*, 108(1), p. 103–110.
- Acosta-Diaz, E. κ.α., 2015. Collection and Characterization of Wild Species of Phaseolus (Fabaceae) in Northeastern Mexico for Ex Situ Conservation. *Plant Ecology and Evolution*, 148(1), pp. 119-127.
- Albertine, J. και Manning, W., 2009. Elevated Night Soil Temperatures Result in Earlier Incidence and Increased Extent of Foliar Ozone Injury to Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental Pollution*, 157(3), pp. 711-713.
- Alcázar-Valle, M. κ.α., 2020. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Antinutritional Content of Legumes: A Comparison between Four *Phaseolus* Species. *Molecules*, 25(15).
- Ali, A. M., 2018. Irrigated Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Performance on Calcareous Alkaline Soils as Influenced by Previous Crops in North of Sudan. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(3), pp. 257-260.
- Alngiemshy, N. F., Alkharafi, J. S., Alharbi, N. S. και Al-Sowayan, N. S., 2020. Effect of Seeds Size on Germination of Faba Bean Plant. *Agricultural Sciences*, 11(5).
- Amir-Ahmadi, N., Moosavi, M. και Moafpourian, G., 2017. Effect of Soil Texture and its Organic Content on the Efficacy of *Trichoderma harzianum* (MIAU 145 C) in Controlling *Meloidogyne javanica* and Stimulating the Growth of Kidney Beans. *Biocontrol Science and Technology*, 27(1), pp. 115-127.
- Arriagada, O. κ.α., 2021. Morphological and Molecular Characterization of Selected Chilean Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) Genotypes Shows Moderate Agronomic and Genetic Variability. *Plants*, 10(8).

Avdikos, I. κ.α., 2021. Assessment of Tomato Recombinant Lines in Conventional and Organic Farming Systems for Productivity and Fruit Quality Traits. *Agronomy*, Volume 11.

Avila, T., Blair, M., Reyes, X. και Bertin, P., 2012. Genetic Diversity of Bean (*Phaseolus*) Landraces and Wild Relatives from the Primary Centre of Origin of the Southern Andes. *Plant Genetic Resources*, 10(1), pp. 83-92.

Azeez, M. A., Adubi, A. O. και Durodola, F. A., 2018. Landraces and Crop Genetic Improvement. In: *Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future*. s.l.:Intechopen.

Baez-Gonzalez, A. κ.α., 2020. High Sowing Densities in Rainfed Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mexican Semi-Arid Highlands under Future Climate Change. *Agronomy*, 10(3).

BASF, 2024. *Corum-SL*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://www.agro.basf.gr/el/Products/Overview/Corum-SL.html> [Προσπελάστηκε στις 20 03 2024].

Baxter, B. A., Oppel, R. C. και Ryan, E. P., 2019. Navy Beans Impact the Stool Metabolome and Metabolic Pathways for Colon Health in Cancer Survivors. *Nutrients*, 11(1).

Baye, E. κ.α., 2020. Effects of Planting Depth on Germination and Growth of Faba Bean (*Vicia faba* L.) at Fitcha, Oromia National Regional State, Central Ethiopia. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 8(3), pp. 58-63.

Beebe, S. E., 2012. Common Bean Breeding in the Tropics. In: *Plant Breeding Reviews*. s.l.:s.n., pp. 357-426.

Begon, M., Howarth, R. W. και Townsend, C. R., 2015. *Οικολογία*. 1η ed. Αθήνα : Utopia.

Beerbower, P. E., 2020. *Mapping Ur-6, A Bean Rust Resistance Gene in Common Bean*, Fargo: North Dakota State University, pp. 18. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα : <https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/32278/Mapping%20Ur-6%2C%20a%20Bean%20Rust%20Resistance%20Gene%20in%20Common%20Bean.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Berny Mier Y Teran, J. C. κ.α., 2019. Root and Shoot Variation in Relation to Potential Intermittent Drought Adaptation of Mesoamerican Wild Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany*, 124(6), pp. 917-932.

Beshir, H., Bueckert, R. και Tar'an, B., 2016. Effect of Temporary Drought at Different Growth Stages on Snap Bean Pod Quality and Yield. *African Crop Science Journal*, 24(3).

Bishop, J., Jones, H. E., Lukac, M. και Potts, S. G., 2016. Insect Pollination Reduces Yield Loss Following Heat Stress in Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Agriculture Ecosystems και Environment*, Volume 220, pp. 89-96.

Bisht, J. S., Joshi, P., Kumar, S. και Singh, S. N., 2024. Impact of Sowing Depth on Emergence and Seedling Height of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Kuma on Region of Uttarakhand. *Agri Express*, 2(1).

- Bitocchi, E. κ.α., 2012. Mesoamerican Origin of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is Revealed by Sequence Data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(14), pp. 788-796.
- Bitocchi, E. κ.α., 2017. Beans (*Phaseolus* ssp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Frontiers in Plant Science*, Volume 8.
- Bomers, S. κ.α., 2022. Towards Heat Tolerant Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) by Utilizing Plant Genetic Resources. *Agronomy*, 12(3).
- Bortolheiro, F. και Silva, M., 2021. Low Doses of Glyphosate can Affect the Nutrient Composition of Common Beans Depending on the Sowing Season. *Science of The Total Environment*, 794(3).
- Byrne , P., Richards , C και Volk , G. M., 2020. From Wild Species to Landraces and Cultivars 2020. In: *Crop Wild Relatives and their Use in Plant Breeding*. s.l.:Colorado State University.
- Camacho-Villa, T. C., Maxted, N., Scholten, M. και Ford-Lloyd, B., 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3(3), pp. 373 - 384.
- Camilo, S., Odindo, A., Kondwakwenda, A. και Sibiyi, J., 2021. Root Traits Related with Drought and Phosphorus Tolerance in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomy*, 11(3).
- Celik, G. και Turhan, E., 2011. Genotypic Variation in Growth and Physiological Responses of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings to Flooding. *African Journal of Biotechnology*, 10(38).
- Celmeli, T. κ.α., 2018. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*, 8(9).
- Chauhan, G. κ.α., 2021. Critical Limits of Sulfur in Relation to the Growth and Development of French-bean and Cauliflower in Acidic Soils of Northwestern Himalayas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(19), pp. 2280-2288.
- Checa, O. και Blair, M., 2008. Mapping QTL for Climbing Ability and Component Traits in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding*, 22(2), pp. 201-215.
- Cheptoo, J. J., Kimani, P. M. και Narla, R. D., 2014. *Selection for Pod Quality, Pod Yield and Disease Resistance in Climbing Snap Beans*. Kenya, RUFORUM.
- Christakis, P. και Fasoulas, A., 2002. The Effects of the Genotype by Environmental Interaction on the Fixation of Heterosis in Tomato. *The Journal of Agricultural Science*, 139(1), pp. 55-60.
- Clark, C. κ.α., 2022. Identification and Molecular Mapping of a Major Quantitative Trait Locus Underlying Branch Angle in Soybean. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(3), pp. 777-784.
- Clavijo Michelangeli, J. κ.α., 2019. Influence of Plant Density and Growth Habit of Common Bean on Leaf Area Development and N Accumulation. *Journal of Crop Improvement*, 33(5), pp. 620-632.

- Córdoba, S. A. και Cocucci, A.A., 2011. Flower Power: Its Association with Bee Power and Floral Functional Morphology in Papilionate Legumes. *Annals of Botany*, 108(5), pp. 919-931.
- Covas, M. I. κ.α., 2006. The Effect of Polyphenols in Olive Oil on Heart Disease Risk Factors: A Randomized Trial. *Annals of Internal Medicine*, 145(5), pp. 333-341.
- Dalchiavon, F. κ.α., 2011. Spatial Variability of the Bean Yield Correlated with Chemical Attributes of a a Typic Acrustox under No-Tillage System. *Bragantia* , 70(4), pp. 908-916.
- Dapaah, H., McKenzie, B. και Hill, G., 1999. Effects of Irrigation and Sowing Date on Phenology and Yield of Pinto Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27(4), pp. 297-305.
- Darby, H., 2016. Dry Bean Seeding Rate Trial. *University of Vermont Extension*. Northwest Crops και Soils Program. 123.
 Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://scholarworks.uvm.edu/nwcsp/123/>
- De Ron, A. κ.α., 2016. Seedling Emergence and Phenotypic Response of Common Bean Germplasm to Different Temperatures under Controlled Conditions and in Open Field. *Frontiers in Plant Science*, Volume 7.
- Desiderio, F. κ.α., 2013. Chloroplast Microsatellite Diversity in *Phaseolus vulgaris*. *Frontiers in Plant Science*, Volume 3.
- Deshpande, S. S., Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. και Rackis, J. J., 1984. Dry Beans of *Phaseolus*: A Review. Part 3.. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* : CRC, 21(2), p. 137–195.
- Duyff, R. L. και Κοϊδου, E., 2014. *Εγχειρίδιο Τροφίμων και Διατροφής, Προσαρμοσμένο στον Ελληνικό Τρόπο Διατροφής*. 1η ed. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σοφία.
- Elisante, F. κ.α., 2020. Insect Pollination is Important in a Smallholder Bean Farming System. *PeerJ*, Volume 8.
- Ellis, C. κ.α., 2017. Seasonal Complementary in Pollinators of Soft-Fruit Crops. *Basic and Applied Ecology*, Volume 19, pp. 45-55.
- Fageria, N., 2008. Optimum Soil Acidity Indices for Dry Bean Production on an Oxisol in No-Tillage System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(5-6), pp. 845-857.
- Fageria, N. και Filho, M., 2008. Influence of pH on Productivity, Nutrient Use Efficiency by Dry Bean, and Soil Phosphorus Availability in a No-Tillage System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(7-8), pp. 1016-1025.
- Fageria, N., Santos, A. και Moreira, A., 2010. Yield, Nutrient Uptake, and Changes in Soil Chemical Properties as Influenced by Liming and Iron Application in Common Bean in a No-Tillage System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(14), pp. 1740-1749.
- Fasoulas, A. και Fasoula, V., 1995. Honeycomb Selection Designs. In: J. Janick, ed. *Plant Breeding Reviews*. s.l.:Wiley, pp. 87 - 139.

- Fasoulas, A. και Zaragotas, D., 1990. *New Developments in the Honeycomb Selection Designs*. 12 ed. Thessaloniki: Aristoteleion University of Thessaloniki - Department of Genetics and Plant Breeding.
- Fikadu, Z., 2019. The Contribution of Managed Honey Bees to Crop Pollination, Food Security, and Economic Stability: Case of Ethiopia. *The Open Agriculture Journal*, 13(1), pp. 175-181.
- Franceschinelli, E. κ.α., 2022. Importance of Biotic Pollination Varies Across Common Bean Cultivars. *Journal of Applied Entomology*, 146(1-2), pp. 32-43.
- Garzón, L., Ligarreto, G. και Blair, M., 2008. Molecular Marker-Assisted Backcrossing of Anthracnose Resistance into Andean Climbing Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Science*, 48(2), pp. 562-570.
- Gepts, P., ed., 1988. *Genetic Resources of Phaseolus Beans - Their Maintenance, Domestication, Evolution and Utilization*. 1st ed. Dordrecht: Springer Dordrecht.
- Gilbert, M., 2023. *The Effect of Acid Rain on Bean Germination and Growth*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: https://www.sd81.bc.ca/aspire/?page_id=294
- Giurca, D., 2009. Morphological and Phenological Differences Between the Two Species of the Phaseolus Genus (*Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus coccineus*). *Bank of Plant Genetic Resources*, 138(2).
- Glover, B., 2007. *Understanding Flowers and Flowering : An integrated approach*. 1 ed. Oxford: Oxford University Press.
- Gonçalves da Silva, A. κ.α., 2019. Common Bean Resistance Expression to Whitefly in Winter and Rainy Seasons in Brazil. *Scientia Agricola*, 76(5), pp. 389-397.
- Gross, Y. και Kigel, J., 1994. Differential Sensitivity to High Temperature of Stages in the Reproductive Development of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 36(3), pp. 201-212.
- Guasch-Ferré, M. και Willett, W., 2021. The Mediterranean Diet and Health: A Comprehensive Overview. *Journal of Internal Medicine*, 290(3), pp. 549-566.
- Guerra-García, A. κ.α., 2017. Domestication Genomics of the Open-Pollinated Scarlet Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Frontiers in Plant Science*, Volume 8.
- Haddad, E. T. J., 2003. What Do Vegetarians in the United States Eat?. *Journal of the American College of Nutrition*, 78(3), pp. 626-632.
- Harrap, M. J. M., Hempel de Ibarra, N., Whitney, H. M. και Rands, S. A., 2020. Floral Temperature Patterns Can Function as Floral Guides. *Arthropod-Plant Interactions*, 14(2), pp. 193-206.
- Harrap, M. J., Rands, S. A., Hempel de Ibarra, N. και Whitney, H. M., 2017. The Diversity of Floral Temperature Patterns, and Their Use by Pollinators. *eLife*, Volume 6.

- Harvey, C. κ.α., 2018. Climate Change Impacts and Adaptation Among Smallholder Farmers in Central America. *Agriculture και Food Security*, 7(57).
- Haytowitz, D. B., Wu, X. και Bhagwat, S., 2018. *USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://fdc.nal.usda.gov/resources.html#bkmk-1> [Προσπελάστηκε στις 04 02 2022].
- Hegay, S. κ.α., 2014. Genetic diversity analysis in *Phaseolus vulgaris* L. using morphological traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(3), p. 555–566.
- Heinemann, A. κ.α., 2022. Enviromic Prediction is Useful to Define the Limits of Climate Adaptation: A case Study of Common Bean in Brazil. *Field Crops Research*, Volume 286.
- Hernández-Delgado, S. κ.α., 2015. Advances in Genetic Diversity Analysis of *Phaseolus* in Mexico. In: M. Caliskan, G. Oz, I. Kavakli και B. Ozcan, eds. *Molecular Approaches to Genetic Diversity*. s.l.:IntechOpen.
- Herrera, C. M., Núñez, A., Valverde, J. και Alonso, C., 2023. Body Mass Decline in a Mediterranean Community of Solitary Bees Supports The Size Shrinking Effect of Climatic Warming. *Ecology*, 104(9).
- Holubowicz, R. και Dickson, M., 1989. Cold Tolerance in Beans (*Phaseolus spp.*) as Analyzed by Their Exotherms. *Euphytica*, 41(1), pp. 31-37.
- Hurtado-Gonzales, O. P., Valentini, G., Gilio, T. A., και Martins, A. M. (2017). ine Mapping of Ur-3, a Historically Important Rust Resistance Locus in Common Bean. *G3:Genes-Genomes-Genetics*, 7(2), 557–569.
- Hutchins, A. M., Winham, D. M. και Thompson, S. V., 2012. *Phaseolus* Beans: Impact on Glycaemic Response and Chronic Disease Risk in Human Subjects. *British Journal of Nutrition*, 108(1), pp. 52-65.
- Hutchinson, L. κ.α., 2022. Stability of Crop pollinator Occurrence is Influenced by Bee Community Composition. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Volume 6.
- Jumrani, K., Bhatia, V., Kataria, S. και Landi, M., 2022. Screening Soybean Genotypes for High-Temperature Tolerance by Maximin-Minimax Method Based on Yield Potential and Loss. *Agronomy*, 12(11).
- Jumrani, K., Bhatia, V. S. και Pandey, G., 2018. Screening Soybean Genotypes for High Temperature Tolerance by in Vitro Pollen Germination, Pollen Tube Length, Reproductive Efficiency and Seed Yield. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23(1), p. 77–90.
- Kabay, T., 2018. Effects of Low Temperatures on Enzyme Activity, Chlorophyll and Ion Contents in Common Bean Genotypes. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(5), pp. 7271-7287.

- Kabay, T., Ekincialp, A. και Sensoy, S., 2022. The Impact of High Temperatures on Some Plant Growth Parameters in Some Common Bean Genotypes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2).
- Kargiotidou, A. κ.α., 2014. Selection at Ultra-Low Density Identifies Plants Escaping Virus Infection and Leads Towards High-Performing Lentil (*Lens culinaris* L.) Varieties. *he Journal of Agricultural Science*, 152(5), p. 749–758.
- Kashta, F., Canko, A., Harizaj, P. και Bano, V., 2012. The Growth Characters in Different Types of Dry Bean Cultivars. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10(3-4), pp. 323-327.
- Keller, B. κ.α., 2022. Improving Association Studies and Genomic Predictions for Climbing Beans with Data from Bush Bean Populations. *Frontiers in Plant Science*, Volume 13.
- Kelly, J. D., 2001. Remaking Bean Plant Architecture for Efficient Production. *Advances in Agronomy*, 71(109), pp. 109-143.
- Kennedy, C. κ.α., 2013. A Global Quantitative Synthesis of Local and Landscape Effects on Wild Bee Pollinators in Agroecosystems. *Ecology Letters*, 16(5), pp. 584-599.
- Kimani, P. κ.α., 2008. Progress in Development of Snap and Runner Beans for Smallholder Production in East and Central Africa. *Improved Beans for the Developing World. Annual Report SBA-1*, pp. 208-212.
- Kimani, P. M., 2006. Snap Beans for Income Generation by Small Farmers in East Africa. *CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical*, Volume 31.
- Kimani, P. M., Mulanya, M. M. και Njau, S. N. R. D., 2016. Breeding Runner Bean for Grain Yield, Disease Resistance and Shortday. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Volume 59, pp. 207-208.
- Kimani, P. κ.α., 2013. *Advances in Breeding Bean for Drought Tolerance and Canning Quality in Kenya*. Addis ababa, s.n.
- Kimani, P. και Warsame, A., 2016. Advances in Breeding Stress Tolerant, Market Demanded Canning Beans in Kenya. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Volume 59, pp. 205-206.
- Kimani, P., Njau, S., Mulanya, M. και Narla, R., 2019. Breeding Runner Bean for Short-Day Adaptation, Grain Yield, and Disease Resistance in Eastern Africa. *Food and Energy Security*, 8(5).
- Kiyamaz, S. και Beyaz, R., 2019. Morpho-Physiological Responses of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars to Drought Stress. *Legume Research*, 42(4), pp. 505-511.
- Klein, A. κ.α., 2007. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608):303-13, 274(1608), pp. 303-313.

- Kolasinska, K., Szyrmer, J. και Dul, S., 2000. Relationship Between Laboratory Seed Quality Tests and Field Emergence of Common Bean Seed. *Crop Science*, 40(2), pp. 470-475.
- Kole, C., ed., 2011. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. 1 ed. Berlin, Heidelberg: Springer .
- Kumar Yadav, S. και P. Raverkar, K., 2022. Characterization of Rhizobium and Plant Growth Promoting Rhizobacteria from French Bean Rhizosphere and Their Effect on French Bean Productivity. In: *Agricultural Development in Asia - Potential Use of Nano-Materials and Nano-Technology*. s.l.:s.n.
- Kumar, A. και Omae, H., 2008. Estimation of Seed Yield and Yield Attributes by Cumulative Temperature in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 78(2), pp. 127-130.
- Kyriakou, D. και Fasoulas, A.C., 1985. Effects of Competition and Selection Pressure on Yield Response in Winter Rye (*Secale cereale* L.). *Euphytica*, Volume 34, pp. 883-885.
- Łabuda, H., 2010. Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) – Biology and Use. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 9(3).
- Lamichhane, J. R. κ.α., 2020. Analysis of Soybean Germination, Emergence, and Prediction of a Possible Northward Establishment of the Crop under Climate Change. *European Journal of Agronomy*, Volume 113
- Lankinen, Å., Lindström, S. A. M. και D'Hertefeldt, T., 2018. Variable Pollen Viability and Effects of Pollen Load Size on Components of Seed Set in Cultivars and Feral Populations of Oilseed rape. *PLoS ONE*, 13(9).
- Lawson, D. και Rands, S., 2019. The Effects of Rainfall on Plant–Pollinator Interactions. *Arthropod-Plant Interactions*, Volume 13, p. 561–569.
- Li, C. κ.α., 2020. A Domestication-Associated Gene GmPRR3b Regulates the Circadian Clock and Flowering Time in Soybean. *Molecular Plant*, 13(5).
- Ligarreto-Moreno, G. και Pimentel Ladino, C., 2022. Grain Yield and Genotype x Environment Interaction in Bean Cultivars with Different Growth Habits. *Plant Production Science*, 25(2), pp. 223-241.
- Li, M. κ.α., 2023. Genome-Wide Association Analysis Reveals The Optimal Genomic Regions for Pod Size in Bean. *Frontiers in Plant Science*, Volume 14.
- Li, Y. κ.α., 2020. Identification of New QTL for Yield-Related Traits in Chinese Landrace and Elite Wheat Varieties through a Genome-Wide Linkage Mapping. *Euphytica*, 216(124).
- Liu, H. και Spira, T. P., 2001. Influence of Seed Age and Inbreeding on Germination and Seedling Growth in Hibiscus Moscheutos (Malvaceae). *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 128(1), pp. 16-24.

- Locqueville, J. κ.α., 2022. Semi-Domesticated Crops Have Unique Functional Roles in Agroecosystems: Perennial Beans (*Phaseolus dumosus* and *P. coccineus*) and Landscape Ethnoecology in the Colombian Andes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 42(2), pp. 198-216.
- Lopes, K. B. κ.α., 2020. Intracultivar Selection for Seed Quality of Soybeans in an Ultra-Low-Density Selection Model (Honeycomb Selection Designs). *Acta Scientiarum Agronomy*, 42(1).
- López-Fernández, M. κ.α., 2023. Genome Wide association in Spanish Bread Wheat Landraces Identifies six key genomic regions that constitute potential targets for improving grain yield related traits. *Theoretical and applied Genetics (TAG)*, 136(12).
- López-Herrera, M., Rivera, J., Trejo, C. και Peña, C., 2001. Differences in Seed Germination of Wild and Domesticated Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Response to Storage. *South African Journal of Botany*, 67(4), pp. 620-628.
- López, J., Baille, A., Bonachela, S. και Pérez-Parra, J., 2008. Analysis and Prediction of Greenhouse Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production in a Mediterranean Climate. *Biosystems Engineering*, 100(1), pp. 86-95.
- Luna Vital, D.A., κ.α., 2014. Peptides in Common Bean Fractions Inhibit Human Colorectal Cancer Cells. *Food Chemistry*, Volume 157, pp. 347-355.
- Lungu, D., Kaltsikes, P. και Larter, E., 1987. Honeycomb Selection for Yield in Early Generations of Spring Wheat. *Euphytica*, Volume 36, pp. 831-839.
- Lynch, J. και Van Beem, J., 1993. Growth and Architecture of Seedling Roots of Common Bean Genotypes. *Crop Science*, 33(6), pp. 1253-1257.
- Mainkete, S. κ.α., 2019. Foraging and Pollination Behaviour of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Doyaba (Sarh, Tchad). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(1), pp. 645-651.
- Mallinger, R. κ.α., 2021. Importance of Insect Pollinators for Florida Agriculture: A Systematic Review of the Literature. *Florida Entomologist*, 104(3), pp. 222-229.
- Maqueira-López, L. A., Roján-Herrera, O., Solano-Flores, J. και Milagros-Santana, I., 2021. Germination of Bean Seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) at Different Temperatures. *Cultivos Tropicales*, 42(2).
- Marsh, L. και Davis, D., 1985. Influence of High Temperature on the Performance of Some *Phaseolus* Species at Different Developmental Stages. *Euphytica*, 34(2), pp. 431-439.
- Mavromatis, A. G. κ.α., 2010. Genetic Diversity Among Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Greek Landraces and Commercial Cultivars: Nutritional Components, RAPD and Morphological Markers. *Biodiversity and Genetic Resources*, 8(4), pp. 986-994.
- Mercati, F. κ.α., 2015. Genetic Diversity and Population Structure of an Italian Landrace of Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.): Inferences for its Safeguard and on-Farm Conservation. *Genetica*, 143(4), p. 473-485.

- Meza, N., Rosas, J. C., Martín, J. P. και Ortiz, J. M., 2013. Biodiversity of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Honduras, Evidenced by Morphological Characterization. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(4), pp. 1329-1336.
- Michelangeli, J. A. C. κ.α., 2019. Influence of Plant Density and Growth Habit of Common Bean on Leaf Area Development and N Accumulation. *Journal of Crop Improvement*, 33(5), pp. 620-632.
- Mina-Vargas, A. M. κ.α., 2016. Origin of Year-Long Bean (*Phaseolus dumosus* Macfady, Fabaceae) from Reticulated Hybridization Events Between Multiple *Phaseolus* Species. *Annals of Botany*, 118(5), pp. 957-969.
- Missaoui, A., Fasoula, V. και Bouton, J., 2005. The Effect of Low Plant Density on Response to Selection for Biomass Production in Switchgrass. *Euphytica*, Volume 142, pp. 1-12.
- Mohammed, A. και Feleke, E., 2022. Future Climate Change Impacts on Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Phenology and Yield with Crop Management Options in Amhara Region, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience*, 3(29).
- Morales-Santos, M. E. κ.α., 2017. Seed and Seedlings Physical Characteristics and Seeds Germination of Wild and Domesticated Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Progeny. *Agrociencia*, 51(1), pp. 43-62.
- Moretti, L. G. κ.α., 2020. Bacterial Consortium and Microbial Metabolites Increase Grain Quality and Soybean Yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(4), p. 1923–1934.
- Mulanya, M. M. και Kimani, P. M., 2014. *Selection for Short Day Adaptation in Vegetable Runner Bean in Kenya*. Kenya, RUFORUM, pp. 571-572.
- Mulanya, M. M., Kimani, P. M., Narla, R. D. και Ojwang, P. O., 2019. Genetic Inheritance of Photoperiod Sensitivity in Runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 13(9), pp. 1511-1519.
- Muñoz-Azcarate, O., González, A. M. και Santalla, M., 2017. Natural Rhizobial Diversity Helps to Reveal Genes and QTLs Associated with Biological Nitrogen Fixation in common bean. *AIMS Microbiology*, 3(3), p. 435–466.
- Muñoz, L. κ.α., 2021. Heat Stress-Induced Changes in Shoot and Root Characteristics of Genotypes of Tepary Bean ('*Phaseolus acutifolius*' A. Gray), Common Bean ('*Phaseolus vulgaris*' L.) and their Interspecific Lines. *Australian Journal of Crop Science*, 15(9), pp. 50-58.
- Musana, F., Rucamumihigo, F., Nirere, D. και Mbaraka, S., 2020. Growth and Yield Performance of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as Influenced by Plant Density at Nyagatare, East Rwanda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 20(4), pp. 16249-16261.

Nahar, K., Ali, M. H., Ruhul-Amin, A. K. και Hasanuzzaman, M., 2009. Moisture Content and Germination of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Different Storage Conditions. *Academic Journal of Plant Sciences*, 2(4).

National Institutes of Health (NIH), 2022. *Magnesium*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/#ref> [Προσπελάστηκε στις 02 04 2023].

NBGA, 2023. *Beans και Cancer*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://beaninstitute.com/beans-cancer/> [Προσπελάστηκε στις 04 04 2023].

Negi, N. κ.α., 2020. Role of Pollinators in Vegetable Seed Production. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), pp. 417-422.

Nicoletto, C., Zanin, G., Sambo, P. & Costa, L., 2019. Quality Assessment of Typical Common Bean Genotypes Cultivated in Temperate Climate Conditions and Different Growth Locations. *Scientia Horticulturae*, 256(357).

Ninou, E. κ.α., 2022. Utilization of Intra-Cultivar Variation for Grain Yield and Protein Content within Durum Wheat Cultivars. *Agriculture*, 12(5).

Nkhata, W. κ.α., 2020. Population Structure and Genetic Diversity Analyses of Common Bean Germplasm Collections of East and Southern Africa Using Morphological Traits and High-Density SNP Markers. *PloS One*, 15(12).

Nleya, T., Ball, R. και Vandenberg, A., 2005. Germination of Common Bean under Constant and Alternating Cool Temperatures. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(3), pp. 577-585.

Ochoa, I., Blair, M. και Lynch, J., 2006. QTL Analysis of Adventitious Root Formation in Common Bean under Contrasting Phosphorus Availability. *Crop Science*, 46(4), pp. 1609-1621.

Onenanyoli, A. και Fasoulas, A., 1989. Yield Response to Honeycomb Selection in Maize. *Euphytica*, Volume 40, pp. 43-48.

Onyilagha, J. C. και Islam, S., 2009. Flavonoids and other Polyphenols of the Cultivated Species of the Genus *Phaseolus*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3), pp. 1560-8530.

Otieno, M. κ.α., 2020. Enhancing Legume Crop Pollination and Natural Pest Regulation for Improved Food Security in Changing African Landscapes. *Global Food Security*, Volume 26.

Palmer, R. G. κ.α., 2009. The Role of Crop-Pollinator Relationships in Breeding for Pollinator-Friendly Legumes: From a Breeding Perspective. *Euphytica*, 170(1), pp. 35-52.

Pando, J., Fohouo, F.-N. και Tamesse, J. L., 2011. Foraging and Pollination Behaviour of *Xylocopa calens* Lepelletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) Flowers at Yaounde (Cameroon). *Entomological Research* 41(5), 41(5), pp. 185-193.

Papanikolaou, Y. και Fulgoni, V. L., 2008. Bean Consumption Is Associated with Greater Nutrient Intake, Reduced Systolic Blood Pressure, Lower Body Weight, and a Smaller Waist

- Circumference in Adults: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(5), pp. 569-576.
- Papathanasiou, F. κ.α., 2019. Single-Plant Selection at Ultra-Low Density of First Generation Lines of Three Bean Cultivars Under Water Stress. *Agriculture και Forestry*, 65(4), pp. 27-34.
- Parker, T. κ.α., 2020. Toward the Introgression of PvPdh1 for Increased Resistance to Pod Shattering in Common Bean. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(1), pp. 313-325.
- Pastor-Corrales, M., 2003. Sources, genes for resistance, and pedigrees of 52 rust and mosaic resistant dry bean germplasm lines released by the USDA Beltsville Bean Project in collaboration with the Michigan, Nebraska and North Dakota Agricultural Experiment Station. *USDA*, pp. 235-241.
- Pérez de la Vega, M., Santalla, M., Marsolais, F. και Kole, C. eds., 2017. *Compendium of Plant Genomes - The Common Bean Genome*. 1 ed. s.l.:Springer Cham.
- Plūduma-Pauniņa, I., Gaile, Z. και Bimšteine, G., 2021. Sowing Time Effect on Yield and Quality of Field Beans in a Changing Meteorological Situation in the Baltic Region. *Agronomy Research*, 19(4), p. 1873–1887.
- Polania, J., Poschenrieder, C., Rao, I. και Beebe, S., 2017. Root Traits and Their Potential Links to Plant Ideotypes to Improve Drought Resistance in Common Bean. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 29(3), p. 143–154.
- Porch, T. κ.α., 2013. Use of Wild Relatives and Closely Related Species to Adapt Common Bean to Climate Change. *Agronomy*, 3(2), pp. 433-461.
- Porch, T. και Jahn, M., 2001. Effects of High-Temperature Stress on Microsporogenesis in Heat-Sensitive and Heat-Tolerant Genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Cell and Environment*, 24(7), pp. 723-731.
- Portilla, A. E. κ.α., 2021. Climbing Bean Breeding for Disease Resistance and Grain Quality Traits. *Legume Science*, 4(2).
- Qi, A., Smithson, J. B. και Summerfield, R. J., 1998. Adaptation to Climate in Common Bean *Phaseolus vulgaris* L. Photothermal Flowering Responses in the Eastern Southern and Great Lakes Regions of Africa. *Experimental Agriculture*, 34(2), p. 153–170.
- Rainey, K. και Griffiths, P., 2005. Differential Response of Common Bean Genotypes to High Temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(1), pp. 18-23.
- Rainey, K. και Griffiths, P., 2005. Inheritance of Heat Tolerance during Reproductive Development in Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(5), pp. 700-706.
- Ramaekers, L. κ.α., 2012. Identifying Quantitative Trait Loci for Symbiotic Nitrogen Fixation Capacity and Related Traits in common bean. *Molecular Breeding*, Volume 31, p. 163–180.

- Ramirez-Cabral, N., Kumar, L. και Taylor, S., 2016. Crop Niche Modeling Projects Major Shifts in Common Bean Growing Areas. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 218-219, pp. 102-113.
- Rands, S. A. και Whitney, H. M., 2008. Floral Temperature and Optimal Foraging: is Heat a Feasible Floral Reward for Pollinators?. *PLoS One*, 3(4).
- Raveneau, M. κ.α., 2011. Pea and Bean Germination and Seedling Responses to Temperature and Water Potential. *Seed Science Research*, 21(3), pp. 205-213.
- Reyes-Moreno, C. και Paredes-López, O., 1993. Hard-To-Cook Phenomenon in Common Beans--A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(3), pp. 227-286.
- Ribeiro, T. κ.α., 2019. Evaluation of Common Bean Genotypes for Drought Tolerance. *Bragantia*, 78(1).
- Rodiño, P. κ.α., 2007. Assessment of Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) Germplasm for Tolerance to Low Temperature During Early Seedling Growth. *Euphytica*, 155(1), pp. 63-70.
- Rodriguez, M. κ.α., 2013. European *Phaseolus coccineus* L. Landraces: Population Structure and Adaptation, as Revealed by cpSSRs and Phenotypic Analyses. *PLOS ONE*, 8(2).
- Román-Avilés, B. και Beaver, J., 2003. Inheritance of Heat Tolerance in Common Bean of Andean Origin. *Journal of Agriculture- University of Puerto Rico*, 87(3-4), pp. 113-121.
- Rosales, M. A. κ.α., 2013. Physiological Traits Related to Terminal Drought Resistance in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), pp. 324-331.
- Ruidavets, J. κ.α., 2000. Catechin in the Mediterranean Diet: Vegetable, Fruit or Wine?. *Atherosclerosis*, 153(1), pp. 107-117.
- Saighani, K. κ.α., 2021. Correlation between Seed Longevity and RNA Integrity in the Embryos of Rice Seeds. *Plant biotechnology*, 38(2), p. 277–283.
- Salinas-Ramírez, N., Escalante-Estrada, J., Rodríguez-González, M. και Sosa-Montes, E., 2011. Yield and Nutritional Quality of Snap Bean in Terms of Biofertilization. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3), p. 347 – 355.
- Sampson, M. T., 2004. *Best Sources of Food Antioxidants : Top 20 Fruits, Vegetables and Nuts (as measured by total antioxidant capacity per serving size)*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://www.eurekalert.org/news-releases/516674> [Προσπελάστηκε στις 04 04 2023].
- Sanhewe, A. και Ellis, R., 1996. Seed Development and Maturation in *Phaseolus vulgaris*: II. Post-Harvest Longevity in Air-Dry Storage. *Journal of Experimental Botany*, 47(7).
- Savić, A. κ.α., 2020. Origin and Diversity Study of Local Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Germplasm from Serbia: Phaseolin and Phenotyping Approach. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(8), pp. 2195-2212.

- Seidel, S. κ.α., 2019. The influence of Climate Variability, Soil and Sowing Date on Simulation-Based Crop Coefficient Curves and Irrigation Water Demand. *Agricultural Water Management*, 221(6), pp. 73-83.
- Seidel, S., Rachmilevitch, S., Schütze, N. και Lazarovitch, N., 2016. Modelling the Impact of Drought and Heat Stress on Common Bean with Two Different Photosynthesis Model Approaches. *Environmental Modelling και Software*, Volume 81, pp. 111-121.
- Semba, R. D. κ.α., 2021. Legumes as a Sustainable Source of Protein in Human Diets. *Global Food Security*, Volume 28.
- Silva, D. A. κ.α., 2020. Influence of High Temperature on the Reproductive Biology of Dry Edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Agricola*, 77(3).
- Singh, A., Singh, A. και Mahama, A. A., 2023. Breeding Methods. In: Suza, W. P. και Lamkey, K. R. eds. *Crop Improvement*. Iowa State University Digital Press
- Singh, S., Gepts, P. και Debouck, D., 1991. Races of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45(3), pp. 379-396.
- Singh, S. P., 1981. A Key for Identification of Different Growth Habits of *Phaseolus vulgaris* L. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, p. 4.
- Sinkovič, I. κ.α., 2019. Morpho-Agronomic Characterisation of Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) from South-Eastern Europe. *Sustainability*, 11(21), pp. 1-16.
- Sofi, P., Iram, S., Ara, A. και Rehman, K., 2022. Comparative Efficiency of GY*T Approach Over GT Approach in Genotypic Selection in Multiple Trait Evaluations: Case Study of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Grown Under Temperate Himalayan Conditions. *Agricultural Research*, 11(1), p. 373–381.
- Sofi, P., Maduraimuthu, D., Siddique, K. και Prasad, P. V. V., 2018. Reproductive Fitness in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Drought Stress is Associated with Root Length and Volume. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23(4), p. 796–809.
- Sofi, P. και Saba, D. I., 2016. Natural Variation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for Root Traits and Biomass Partitioning under Drought. *Indian Journal of Agricultural Research*, 50(6), pp. 604-608.
- Soltani, A. κ.α., 2021. The Genetics and Physiology of Seed Dormancy, a Crucial Trait in Common Bean Domestication. *BMC Plant Biology*, 21(58).
- Soltani, N. κ.α., 2018. Potential Yield Loss in Dry Bean Crops Due to Weeds in the United States and Canada. *Weed Technology*, 32(3), pp. 342-346.
- Spataro, G. κ.α., 2011. Genetic Diversity and Structure of a Worldwide Collection of *Phaseolus coccineus* L. *Theoretical and Applied Genetics: TAG*, 122(7), p. 1281–1291.

- Stavely, J. και Grafton, K., 1989. Registration of Beldak-Rust Resistant -1 and -2 Pinto Dry Bean Germplasm. *Crop Science*, Volume 29, pp. 834-835.
- Stavely, J., Kelly, J. και Grafton, K., 1994. BelMiDak-Rust-Resistant Navy Dry Beans Germplasm Lines. *HortScience*, 29(6), pp. 709-711.
- Stefan, M. κ.α., 2013. Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria Enhances Photosynthesis and Yield of Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Scientia Horticulturae*, Volume 151, pp. 22-29.
- Stratilakis, S. και Goulas, C., 2003. Yield Performance at Three Nitrogen Rates of a Set of Honeycomb vs Traditional Pedigree Selected Bread Wheat Varieties. *European Journal of Agronomy*, 19(1), pp. 65-76.
- Strock, C. κ.α., 2019. Seedling Root Architecture and its Relationship with Seed Yield Across Diverse Environments in *Phaseolus vulgaris*. *Field Crops Research*, Volume 237, pp. 53-64.
- Suárez, J. C. κ.α., 2021. Influence of Nitrogen Supply on Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Breeding Lines of Common Bean Evaluated in the Amazon Region of Colombia. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43(4).
- Suárez, J. κ.α., 2020. Adaptation of Common Bean Lines to High Temperature Conditions: Genotypic Differences in Phenological and Agronomic Performance. *Euphytica*, 216(28).
- Suárez, J. κ.α., 2021. Adaptation of Interspecific Mesoamerican Common Bean Lines to Acid Soils and High Temperature in the Amazon Region of Colombia. *Plants*, 10(11).
- Taiz, L., Zeiger, E., Max Møller, I. και Murphy, A., 2017. Φυσιολογία και Ανάπτυξη Φυτών. 2η ed. Αθήνα: Utopia.
- Teixeira, A. κ.α., 2019. Research Article Root characterization of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) under drought stress. *Genetics and Molecular Research*, 18(1).
- Thompson, H., McGinley, J., Neil, E. και Brick, M., 2017. Beneficial Effects of Common Bean on Adiposity and Lipid Metabolism. *Nutrients*, 9(9).
- Tokatlidis, I., 2001. The Effect of Improved Potential Yield per Plant on Crop Yield Potential and Optimum Plant Density in Maize Hybrids. *Journal of Agricultural Science*, 137(3), pp. 299-305.
- Tokatlidis, I., 2001. Variation within Maize Lines and Hybrids in the Absence of Competition and Relation Between Hybrid Potential Yield per Plant with Line Traits. *The Journal of Agricultural Science*, 134(4), pp. 391-398.
- Tokatlidis, I., Papadopoulos, I., Baxevanos, D. και Koutita, O., 2010. Genotype × Environment Effects on Single-Plant Selection at Low Density for Yield and Stability in Climbing Dry Bean Populations. *Crop Science*, Volume 50, pp. 755-783.
- Traka-Mavrona, E., Georgakis, D. και Koutsika-Sotiriou, M., 2004. Improvement in the Stability and Yield Performance of a Snap Bean Cultivar. *Journal of Vegetable Crop Production*, 9(2).

- Traka-Mavrona, E. και Koutsika-Sotiriou, M., 2002. Breeding the Landraces of Winter Melons “Thraki” and “Amynteo”. *Acta Horticulturae*, Volume 579, pp. 133-138.
- Traub, J. κ.α., 2018. Screening for Heat Tolerance in *Phaseolus spp.* Using Multiple Methods. *Crop Science*, 58(6), pp. 2459-2469.
- Tunç, M., Biçer, B. και Turk, Z., 2020. Cultivation Possibilities of Some Common Beans Varieties under Second Crop Conditions. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 2(182), pp. 144-151.
- Uebersax, M. και Siddiq, M. eds., 2022. *Dry Beans and Pulses Production, Processing and Nutrition*. 2 ed. s.l.:Wiley-Blackwell.
- Ugwuanyi, S., Udengwu, O. S., Snowdon, R. J. και Obermeier, C., 2022. Novel Candidate Loci for Morpho-Agronomic and Seed Quality Traits Detected by Targeted Genotyping-by-Sequencing in Common Bean. *Frontiers in Plant Science*, Volume 13.
- UPOV, 2003. Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) - Guidelines For The Conduct Tests for Distinctness, Uniformity and Stability. *International Union for The Protection of New Varieties of Plants*.
- USDA, 2023. *USDA - Food Data Central*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=bean> [Προσπελάστηκε στις 04 04 2023].
- Vakali, C. κ.α., 2017. Genetic Characterization of Agronomic, Physiochemical, and Quality Parameters of Dry Bean Landraces under Low-Input Farming. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(4), pp. 957-967.
- Valdisser, P. S. F. κ.α., 2020. Genome-Wide Association Studies Detect Multiple QTLs for Productivity in Mesoamerican Diversity Panel of Common Bean Under Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, Volume 11.
- Valenciano, J., Casquero, P. και Boto, J., 2004. Influence of Sowing Techniques and Pesticide Application on the Emergence and the Establishment of Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomie*, 24(2), pp. 113-118.
- Van Rheenen, H., Odindo, A. και Iruria, D., 2003. *Anticipated Promises and Problems for Snap Bean Seed Production in Kenya*. Juja, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, JKUAT, pp. 107-113.
- Vargas, Y. κ.α., 2021. Physiological and Genetic Characterization of Heat Stress Effects in a Common Bean RIL Population. *PLoS One*, 16(4).
- Vieira, N. M. κ.α., 2023. Beans Consumption Can Contribute to the Prevention of Cardiovascular Disease. *Clinical nutrition ESPEN*, Volume 54, pp. 73-80.
- Vlachostergios, D. και Roupakias, D., 2017. Screening under Low Plant Density Reinforces the Identification of Lentil Plants with Resistance to Fusarium Wilt. *Crop Science*, Volume 57, pp. 1285-1294.

- Vlassopoulos, A., Katidi, A., Savvidou, T. και Kapsokefalou, M., 2022. Alignment of Nutri-Score with Mediterranean Diet Pyramid: A Food Level Analysis. *Nutrients*, 14(23).
- Voysest, O. και Dessert, M. eds., 1991. *Bean cultivars: Classes and Commercial Seed Types*. s.l.:CAB International.
- Wahome, S., Kimani, P., Muthomi, J. και Narla, R., 2013. Quality and Yield of Snap Bean Lines Locally Developed in Kenya. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research : IJAAR*, 3(7), pp. 1-10.
- Westerkamp, C. και Weber, A., 1999. Keel Flowers of the Polygalaceae and Fabaceae: A Functional Comparison. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 129(3), pp. 207-211.
- White, J., Kornegay, J. και Cajiao, C., 1996. Inheritance of Temperature Sensitivity of the Photoperiod Response in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, 91(1), pp. 5-8.
- White, J. και Rojas, C., 1993. The Influence of Temperature on Seed Germination in Cultivars of Common Bean. *Journal of Experimental Botany*, 44(12), pp. 1795-1800.
- Wikipedia, 2023. *Hemoglobin*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin> [Προσπελάστηκε στις 04 04 2023].
- Willmer, P., 2011. *Pollination and Floral Ecology*. Oxford: Princeton University Press.
- Wilson, K. A., 1980. The Release of Proteinase Inhibitors from Legume Seeds During Germination. *Phytochemistry*, 19(12), pp. 2517-2519.
- Wolfe, D. W., 1991. Low Temperature Effects on Early Vegetative Growth, Leaf Gas Exchange and Water Potential of Chilling-sensitive and Chilling-tolerant Crop Species. *Annals of Botany*, 67(3), pp. 205-212.
- Zadražnik, T. και Šuštar-Vozlišè, J., 2020. Impact of Drought Stress on Physiological Characteristics and Isolation of Chloroplasts in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Research*, 43(1), pp. 50-55.
- Zeven, A., 1998. Landraces: A Review of Definition and Classification. *Euphytica*, 104(2), pp. 127-139.
- Zhang, X. κ.α., 2023. Modulating a Prebiotic Food Source Influences Inflammation and Immune-Regulating Gut Microbes and Metabolites: Insights from the BE GONE Trial. *EBioMedicine*, Volume 98.
- Zhang, X. κ.α., 2023. Identification of QTL for Reducing Loss of Grain Yield under Salt Stress Conditions in bi-Parental Populations Derived from Wheat Landrace Hongmangmai. *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*, Volume 136.
- Ziegler, A., 2020. Comparison of Violet, Red, and Green Light on Early-Stage Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Development. *The Ohio journal of science*, 120(2), p. 49.

- Zlatev, Z., 2013. Drought-Induced Changes and Recovery of Photosynthesis in Two Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(1), pp. 1014-1023.
- Αροσις, 2023. *Ελληνικά Οσπρια: Προετοιμασία και Χρόνος Μαγειρέματος*. [Online] [Προσπελάστηκε στις 02 04 2023].
- Βλαχοστέργιος, Δ., 2012. Ελληνικές Ποικιλίες Οσπρίων. *Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών Λάρισας (ΙΚΦ και Β)*.
- Βλαχοστέργιος, Δ., ed., 2016. *Οσπρια. Γεωργία και Κτηνοτροφία*, Volume 1, p. 52.
- Δόρδας, Χ., 2018. *Γενική Γεωργία*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία.
- Ξυνιάς, Ι., 2014. *Βελτίωση Φυτών*. Αθήνα: Έμβρυο.
- Ολύμπιος, Χ. Μ., 2015. *Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Υπαίθριων Κηπευτικών*. 1st ed. Αθήνα: Σταμούλης.
- Ουζούνης, Δ. Θ., 2002. *Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης Άρδευση με Σταγόνες και Μικροεκτοξευτήρες*. Θεσσαλονίκη : Γαρταγάνης.
- Παναγοπούλου, Χ., 2015. *CORUM-SL*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.minagric.gr/greek/data/CORUM-SL-70116.pdf> [Προσπελάστηκε στις 20 03 2024].
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ., 2013. *Σιτηρά Και Ψυχανθή*. 1st ed. Αθήνα: Σύγχρονη Παιδεία.
- Πάσσαμ, Χ., 2015. *Σποροπαραγωγή Κηπευτικών*. 2nd ed. Αθήνα: Έμβρυο.
- Πελεκάνος, 2023. *Συνεταιρισμός Πρέσπας Πελεκάνος*. [Online] Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://www.prespabeans.gr/index.php/e-shop> [Προσπελάστηκε στις Φεβρουάριος 2023].
- Τοκατλίδης, Ι., 2023. *Γενετική Βελτίωση Φυτών – Αρχές και Μέθοδοι*. 1η ed. s.l.:Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Φανουράκης, Ν., 2005. *Γενετική Βελτίωση Φυτών*. 2η ed. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Φασούλα, Β. (2006). Καινοτόμος Εξίσωση Ανοίγει το Δρόμο Για μια Πράσινη Επανάσταση Διαρκείας με Ποικιλίες που Χαρακτηρίζονται από Υψηλή και Σταθερή Παραγωγικότητα και Ποιότητα. *11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών*. Ορεστιάδα: Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Γενετικής Βελτίωσης Φυτών (Ε.Ε.Ε.Γ.Β.Φ.). Ανακτήθηκε από https://www.plantbreeding.gr/assets/pdf/11o_PROCEEDINGS.pdf

Φασούλα, Δ. (2002). Σύγκριση της Αποτελεσματικότητας ανάμεσα στην Κυψελωτή, τη Συμβατική και τη Μοριακή Βελτίωση. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών* (pp. 117-123). Θεσσαλονίκη: Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Γενετικής Βελτίωσης Φυτών (Ε.Ε.Ε.Γ.Β.Φ.). Ανακτήθηκε από https://www.plantbreeding.gr/assets/pdf/9o_PROCEEDINGS.pdf.

Φασούλας, Α. (2002). Πως και Γιατί η Κυψελωτή Βελτίωση Εξασφαλίζει Γεωργία Αειφορική και Αεί-Ποιοτική. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών* (pp. 53-60). Θεσσαλονίκη: Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Γενετικής Βελτίωσης Φυτών (Ε.Ε.Ε.Γ.Β.Φ.). Ανακτήθηκε από https://www.plantbreeding.gr/assets/pdf/9o_PROCEEDINGS.pdf