

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Γενετική Βελτίωση του Ρεβιθιού για Αντοχή στις Ξηροθερμικές Συνθήκες  
για Απόδοση και Χαρακτηριστικά Ποιότητας του Σπόρου»**



**ΑΒΡΑΑΜ ΚΟΣΚΟΣΙΔΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2021**



**Γενετική Βελτίωση του Ρεβιθιού για Αντοχή στις Ξηροθερμικές Συνθήκες  
για Απόδοση και Χαρακτηριστικά Ποιότητας του Σπόρου**

**Αβραάμ Κοσκοσίδης**

## **Συμβουλευτική Επιτροπή:**

**Χα Ιμπραχίμ Αβραάμ:** Καθηγητής ΠΘ, Παραγωγή, Βελτίωση σπόρου και τεχνολογία πολ/κού υλικού κηπευτικών και φυτών μεγάλης καλλιέργειας (Επιβλέπων)

**Μαυρομάτης Αθανάσιος:** Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Γενετική και Βελτίωση Φυτών (Μέλος)

**Βλαχοστέργιος Δημήτριος:** Κύριος Ερευνητής Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ (Μέλος)

## **Εξεταστική Επιτροπή:**

**Χα Ιμπραχίμ Αβραάμ:** Καθηγητής ΠΘ, Παραγωγή, Βελτίωση σπόρου και τεχνολογία πολ/κού υλικού κηπευτικών και φυτών μεγάλης καλλιέργειας

**Μαυρομάτης Αθανάσιος:** Αναπ. Καθηγητής ΑΠΘ, Γενετική και Βελτίωση Φυτών

**Βλαχοστέργιος Δημήτριος:** Κύριος Ερευνητής Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Γενετική Βελτίωση Κτηνοτροφικών Φυτών & Οσπρίων και Αγροκομία

**Δαναλάτος Νικόλαος:** Καθηγητής ΠΘ, Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας

**Τοκατλίδης Ιωάννης:** Καθηγητής ΔΠΘ, Γενετική και Βελτίωση Φυτών

**Ηρακλή Μαρία:** Κύρια Ερευνήτρια Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Χημική Ανάλυση και Τεχνολογία Προϊόντων Φυτικής Προέλευσης

**Παυλή Ουρανία:** Επικ. Καθηγήτρια ΠΘ, Γενετική Βελτίωση Φυτών

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χα Ιμπραχίμ Αβράαμ, Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Π.Θ. για την ευκαιρία που μου παρείχε να εκπονήσω τη διδακτορική μου διατριβή, για τη διαρκή καθοδήγηση και αμέριστη υποστήριξη στην ολοκλήρωση αυτής αλλά και για όλη τη συνεργασία μας, η οποία ξεκίνησε από τα προπτυχιακά μου χρόνια. Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο ερευνητή του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ και μέλος της τριμελούς επιτροπής, κ. Βλαχοστέργιο Δημήτριο, αρχικά, γιατί δέχτηκε τα πειράματα της διδακτορικής μου διατριβής να πραγματοποιηθούν στον αγρό του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, για την απaráμιλλη υποστήριξη και καθοδήγηση που μου πρόσφερε, τις εξέχουσες σημασίας γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσε καθώς και για την ευκαιρία να συνεργαστούμε περαιτέρω στο ερευνητικό πρόγραμμα ‘Legumes4Protein’. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Μαυρομάτη Αθανάσιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Α.Π.Θ., μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την άμεση και πρόθυμη βοήθεια του όλα αυτά τα χρόνια και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του καθ’ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επταμελούς επιτροπής και συγκεκριμένα, τον κ. Τοκατλίδη Ιωάννη, Καθηγητή του Δ.Π.Θ., και τον κ. Δαναλάτο Νικόλαο, Καθηγητή του Π.Θ., για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις τους. Επιπλέον, την κα. Παυλή Ουρανία, Επίκουρο Καθηγήτρια του Π.Θ., για όλη τη βοήθεια που μου πρόσφερε και τη συνεργασία που υπήρξε μεταξύ μας. Τέλος, την κα. Ηρακλή Μαρία, κύρια ερευνήτρια του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων, αρχικά, για τη διεξαγωγή των εργαστηριακών αναλύσεων στο Ινστιτούτο Γενετική Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων και, εν συνεχεία, για τις πολύτιμες διορθώσεις και υποδείξεις της.

Τέλος, αφιερώνω αυτή την εργασία στην οικογένειά μου και τους δικούς μου ανθρώπους για τη κατανόηση, την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου πρόσφεραν καθ’ όλη τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

*Στην οικογένειά μου*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Περίληψη	1
	Summary	4
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	Γενική Εισαγωγή	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	Επιλογή Ατομικών Φυτών με Σκοπό τη Δημιουργία Ποικιλιών Ανεκτικών στις Ξηροθερμικές Συνθήκες	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	Επίδραση του Γενοτύπου και της Εποχής Σποράς στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά, στα Βιοενεργά Συστατικά και στην Αντιοξειδωτική Ικανότητα του Ρεβιθιού	107
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	Επίδραση της Υδατικής Καταπόνησης με τη Χρήση Πολυαιθυλενικής Γλυκόλης στη Βλαστική Ικανότητα 10 Γενοτύπων Ρεβιθιού ( <i>Cicer arietinum</i> L.)	211
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	Συμπεράσματα	256

## Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αποτελέσει τον κυριότερο περιοριστικό παράγοντα για τις καλλιέργειες, καθώς θα οδηγήσει σε αύξηση της ξηρασίας και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την ανάπτυξη της κατάλληλης μεθοδολογίας βελτίωσης με σκοπό τη δημιουργία νέων ποικιλιών με υψηλή απόδοση και ικανότητα ανοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες, που λόγω της εξελισσόμενης κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει μεγάλο διεθνές ερευνητικό ενδιαφέρον. Παράλληλα, διερευνήθηκε η γενετική βάση και η δυνατότητα βελτίωσης σε πειράματα αγρού για βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου. Στο πρώτο πείραμα έγινε προσπάθεια ανάπτυξης γενοτύπων, μέσα από πληθυσμούς, ανεκτικών στις ξηροθερμικές συνθήκες. Για την προσομοίωση των ξηροθερμικών συνθηκών έγινε σπορά εκτός εποχής (off-season). Την 1<sup>η</sup> χρονιά έγινε σπορά 13 αρχικών πληθυσμών σε κυψελωτή διάταξη (R-13) σε δύο εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης για τα δεδομένα της Ελλάδας και μία εκτός εποχής, με σκοπό την επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών κατά τα κρίσιμα στάδια της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, και σε δύο αποστάσεις σποράς, μία στα 30 cm (μέτριος ανταγωνισμός) απόσταση μεταξύ των φυτών και μία στα 100 cm απόσταση (μηδενικός ανταγωνισμός) φυτό από φυτό. Ακολούθησε επιλογή του καλύτερου φυτού από τον κάθε αρχικό πληθυσμό για το κάθε ένα από τα 4 κυψελωτά πειράματα. Την 2<sup>η</sup> χρονιά του πειράματος έγινε σπορά και πάλι κυψελωτών πειραμάτων (R-16) (δύο περίοδοι σποράς και δύο αποστάσεις σποράς), όπου χρησιμοποιήθηκαν τα επιλέγοντα φυτά της 1<sup>ης</sup> χρονιάς. Σε αυτά προστέθηκαν ακόμα 3 αρχικοί πληθυσμοί. Ακολούθησε επιλογή των 5 πέντε καλύτερων ατομικών φυτών από τον κάθε πληθυσμό για το κάθε ένα από τα 4 κυψελωτά πειράματα. Την 3<sup>η</sup> χρονιά του πειράματος έγινε σπορά 4 RCBD πειραμάτων (ένα για τον κάθε συνδυασμό εποχή σποράς x απόσταση σποράς). Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών (εκτός εποχής σπορά) οδήγησε σε σημαντική μείωση της απόδοσης. Με βάση την απόδοση των σειρών και με τη χρήση ορισμένων δεικτών έγινε εκτίμηση της ανοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες. Η σειρά 14, η οποία προέκυψε από τον πληθυσμό Λήμνος, επέδειξε την μεγαλύτερη ανεκτικότητα, γεγονός που την καθιστά ως ένα πολύ αξιόλογο γενετικό υλικό για τις μελλοντικές δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες. Παράλληλα, μελετήθηκε και το τελικό ύψος των φυτών, το οποίο επηρεάστηκε αρνητικά από τις ξηροθερμικές συνθήκες.

Στόχος του δεύτερου πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης της εποχής σποράς στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα βιοενεργά συστατικά και στην αντιοξειδωτική ικανότητα. Σαν γενετικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν οι σειρές που προέκυψαν από το προηγούμενο πείραμα και οι οποίες προέρχονται από δύο διαφορετικές εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης και μία εκτός εποχής για την προσομοίωση ξηροθερμικών συνθηκών κατά τα κρίσιμα, για το ρεβίθι, στάδια



της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, και από δύο πυκνότητες στις οποίες έγιναν οι επιλογές. Οι ξηροθερμικές συνθήκες οδήγησαν σε μείωση ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως το μέγεθος του σπόρου (βάρους 1000 σπόρων) και την ικανότητα ενυδάτωσης. Παράλληλα, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι ξηροθερμικές συνθήκες οδήγησαν σε μειωμένο χρόνο βρασμού. Αντίθετα, οδήγησαν σε αύξηση του ποσοστού του περιβλήματος, της αύξησης ενυδάτωσης και του ποσοστού των πρωτεϊνών. Η εκτός εποχής σπορά επηρέασε σημαντικά τα βιοενεργά συστατικά, αυξάνοντας τις ολικές φαινόλες και τις ολικές ταννίνες. Παράλληλα, η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση των ολικών φλαβονοειδών, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση, όταν αυτή εκτιμήθηκε με βάση τη δοκιμή ABTS δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της εποχής σποράς, ενώ όταν εκτιμήθηκε με βάση τη δοκιμή DPPH η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση. Επιπλέον, η επίδραση του γενοτύπου ήταν σημαντική για όλα τα υπό μελέτη χαρακτηριστικά. Με στόχο τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εικόνας όσον αφορά τη διατροφική αξία των σειρών, έπειτα από τη διενέργεια PCA (Principal Component Analysis) και Cluster analysis διαπιστώθηκε ότι η σειρά 11, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, είναι η καταλληλότερη για σπορά εντός της ενδεδειγμένης εποχής και οι σειρές M-1, M-2, 5, 9 και 13, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, είναι οι καταλληλότερες για εκτός εποχή σπορά, καθώς συνδύασαν αποτελεσματικότερα υψηλές ολικές φαινόλες και υψηλές ολικές ταννίνες με χαμηλό χρόνο βρασμού. Παράλληλα, είχαν σχετικά υψηλές τιμές ολικών φλαβονοειδών και ποσοστού πρωτεϊνών.

Η παραγωγή του ρεβιθιού απειλείται σοβαρότατα από τις αβιοτικές καταπονήσεις, εκ των οποίων η ξηρασία παίζει τον πιο καταλυτικό ρόλο στην αναχαίτηση της βλάστησης και στις απώλειες της παραγωγής. Δεδομένου ότι η βλάστηση είναι ένα πολύ κρίσιμο στάδιο το οποίο επηρεάζεται αρνητικά από την ξηρασία, σκοπός του τρίτου πειράματος ήταν η εκτίμηση της γενετικής παραλλακτικότητας μεταξύ 10 γενοτύπων ρεβιθιού και ο προσδιορισμός της ικανότητας βλάστησης και ανάπτυξης των σπόρων σε συνθήκες ξηρασίας. Οι σπόροι υποβλήθηκαν σε υδατική καταπόνηση με τη χρήση πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG-6000) σε πέντε διαφορετικά επίπεδα (0, 5, 10, 20, 30 και 50% PEG). Η ξηρασία επηρέασε σημαντικά την βλάστηση και όλα τα σχετιζόμενα με αυτήν χαρακτηριστικά, με την επίδρασή της να είναι ανάλογη με το επίπεδο της καταπόνησης. Με βάση τα αποτελέσματα, ο Δείκτης Ευρωστίας του Σπόρου φάνηκε ότι αποτελεί ένα κατάλληλο κριτήριο επιλογής για αντοχή στην ξηρασία, καθώς με βάση αυτόν τον δείκτη οι γενότυποι κατατάχθηκαν σε ανθεκτικούς, μετρίως ανθεκτικούς, μετρίως ευαίσθητους και ευαίσθητους. Συνολικά, οι γενότυποι M-10544 και E-

229 χαρακτηρίστηκαν ως ανθεκτικές στην ξηρασία. Παράλληλα, η τοπική ποικιλία Λήμος εμφάνισε υψηλό ποσοστό βλαστικότητας σε υψηλό επίπεδο καταπόνησης. Συνεπώς, αποτελούν πολύτιμα γενετικά υλικά, με την χρήση τους σε βελτιωτικά προγράμματα να κρίνεται επιβεβλημένη.

## Summary

Climate change is expected to be a major constraint for chickpea as it increases the frequency of drought and temperature extremes. This study's aim was the development of an appropriate breeding strategy, in order to develop new, high yielding, chickpea varieties with tolerance to drought and heat stress conditions, which due to the, ongoing, climate change appears to be of great interest for all the researchers, worldwide. The aim of the first study, was the development of new chickpea genotypes, with tolerance to drought and heat stress conditions. All the genotypes were sown in two different periods, one normal, according to Greece's climatic conditions, and one off-season, in order to simulate the dominance of drought and heat stress conditions during flowering and pod-filling stages, which are the most important stages for chickpeas' yield. During the 1<sup>st</sup> year 13 parental lines were sown, using honeycomb design (R-13), in two different sowing periods, as described above, and in two different plant densities, one in 12,8 plants/m<sup>2</sup>, which represents the condition of medium competition between plants, and one in 1,15 plants/m<sup>2</sup>, which represents the condition of zero competition between plants. The best plant of every parental line was selected, in each one of the, totally, four honeycomb design experiments. The 13 plants selected during the previous year, plus 3 new genotypes, were used in the 2<sup>nd</sup> year's honeycomb design (R-16) experiments, which included the same two sowing periods and the same two plant densities. At the end of the 2<sup>nd</sup> year the five best single plants within each genotype were selected and were used for the 3<sup>rd</sup> year's RCBD experiments, which were 4 in total (one for each sowing period x plant density combination). Drought and heat stress (off-season sowing) conditions resulted in significant yield reduction. Five drought resistance indices including mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (TOL), susceptible stress index (SSI) and stress tolerance index (STI) were applied on the basis of grain yield in normal and drought-heat conditions. Line 14, which was developed from genotype 'Lemnos', exhibited high stress tolerance, making this line a very promising genetic material for sowing under the future drought and heat stress conditions.

The aim of the second study was to investigate the effect of drought and heat stress conditions on chickpeas' quality and bioactive traits, along with antioxidant activity of the lines developed during the previous study, which were sown in normal and late sowing period, in order to achieve dry-heat conditions during the chickpea's critical stages, and came from single plant selection in low and high plant density. Late sowing significantly affected quality traits, resulted in decreased 1000 seed weight, hydration capacity and cooking time. On the other hand, drought and heat stress conditions, resulted in increased seed coat percentage, hydration

increase and proteins percentage. Concerning bioactive traits, late sowing resulted in increased total phenols content and total tannins content. However, total flavonoids content decreased, in late sowing period. Sowing period did not affect significantly antioxidant activity based on ABTS. Antioxidant activity based on DPPH increased in late sowing period. Genotype's effect was significant for all the traits studied. In order to have a complete image of the lines' nutritive value, PCA (Principal Component Analysis) and Cluster analysis were conducted. Based on these two analysis, line 11, which came from single plant selection in low plant density, found to be the most suitable line for sowing in normal period. Additionally, lines M-1, M-2, 5, 9 and 13, which came from single plant selections in low plant density, are the most suitable for off-season sowing. All the abovementioned lines, which belonged in the same cluster, combined high total phenols, total tannins, total flavonoids and proteins percentage, along with low cooking time.

Chickpea productivity is strictly threatened by abiotic stresses, of which drought exerts the most crucial role in terms of growth inhibition and yield losses encountered. Given that germination is a critical stage that is negatively affected by drought, the aim of this study was to estimate the genotypic variability among ten chickpea genotypes and to determine the seed germination and seedling growth ability under drought stress conditions. Seeds were subjected to water stress by polyethylene glycol (PEG-6000) at five stress levels (0, 5, 10, 20, 30 and 50% PEG). Germination percentage, seed water content, seed water absorbance, root and shoot development and seedling vigour index were evaluated. The analyses revealed significant genetic variability in relation to genotypic performance under drought stress. Drought significantly affected germination as well as all other associated traits, with the effects of stress being analogous to the stress level applied. Findings point to the fact that seedling vigour index is a suitable selection criterion for drought tolerance as it allowed the classification of genotypes as tolerant, moderately tolerant, moderately susceptible and susceptible. Taken together, the commercial varieties 'Thiva', 'Keryneia' and 'Gavdos' as well as the landrace 'Lemnos' showed an increased drought tolerance at high stress level, indicating their possible exploitation as valuable genetic material for breeding programs or for commercial use.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## Γενική Εισαγωγή

### Η καλλιέργεια του ρεβιθιού

Το ρεβίθι (*Cicer arietinum* L.) είναι μία μονοετής καλλιέργεια που ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών (family Leguminosae, subfamily Papilionoideae) και χρησιμοποιείται τόσο στην ανθρώπινη διατροφή όσο και ως ζωοτροφή. Η προέλευση του τοποθετείται στην νοτιοδυτική Ασία - ανατολική Μεσόγειο σε χώρες όπως το Αφγανιστάν, το Ιράν και ο Λίβανος (Aykroid & Daughy, 1964; Pearman, 2005). Το ρεβίθι ήταν από τα πρώτα ψυχανθή που εξημερώθηκαν, μαζί με άλλες καλλιέργειες όπως το σιτάρι, τη βρόμη, το μπιζέλι, τη φακή και το βίκο, σε μία περιορισμένη περιοχή της νοτιοανατολική Τουρκίας (Ladizinsky & Adler, 1976; Abbo et al., 2003). Η εξημέρωση του καλλιεργούμενου ρεβιθιού φαίνεται να προέκυψε από το προγονικό άγριο είδος *Cicer reticulatum* (sin. *C. arietinum* subsp. *reticulatum*) (Moreno & Cubero, 1978). Στις αρχές του 5<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ., το ρεβίθι πλέον μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία καθιερωμένη καλλιέργεια στην Εγγύς Ανατολή. Λίγοι σπόροι οι οποίοι χρονολογούνται στο 6000 π.Χ. βρέθηκαν στην Βουλγαρία και κάποιοι, οι οποίοι χρονολογούνται δύο χιλιετίες αργότερα, βρέθηκαν στην Ελλάδα. Συνεπώς, φαίνεται ότι το ρεβίθι άνηκε στο πρώτο καλλιεργητικό σύμπλεγμα που έφτασε στην Ευρώπη μέσω της Μαύρης θάλασσας (Zohary et al., 2012). Έπειτα, μεταφέρθηκε στην Ινδία από τις Άριες φυλές (Ινδο-Πακιστανικής καταγωγής) τη 2<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ., οι οποίες πιθανότατα πήραν το ρεβίθι από τις φυλές που κατοικούσαν στο Ιράν. Επιπλέον, διαδόθηκε στην Μεσογειακή λεκάνη και μέσω του ποταμού Νείλου διαδόθηκε στην ανατολική Αφρική. Το ρεβίθι έφτασε στο Νέο Κόσμο το 1492 με τους Ισπανούς αποικιοκράτες, ενώ πέρασε τον Ατλαντικό ωκεανό στο πρώτο ταξίδι του Κολόμβου.

Μεταξύ των ποικιλιών του ρεβιθιού παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση ως προς το μέγεθος του σπόρου. Σύμφωνα με τους Millan et al. (2015), με βάση το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα του σπόρου οι ποικιλίες παγκοσμίως διακρίνονται στις κατηγορίες «kabuli» και «desi». Χαρακτηριστικά των ποικιλιών που ανήκουν στην κατηγορία «kabuli» είναι το άσπρο χρώμα των ανθών, το λεπτό περίβλημα, το μεγάλο βάρος 1000 σπόρων > από 260g, και οι στρογγυλεμένοι σπόροι ανοιχτού χρώματος. Στην κατηγορία «desi» ανήκουν οι ποικιλίες με χρώμα ανθών ροζ, πιο παχύ περίβλημα, βάρος 1000 σπόρων < από 260g, με σπόρους ακανόνιστου σχήματος και διαφόρων χρωμάτων (Fageria, 1992). Οι ποικιλίες της κατηγορίας «desi» καλλιεργούνται, ως επί το πλείστον, στην Ινδία, το Πακιστάν και την ανατολική Αφρική καλύπτοντας το 85% της παγκόσμιας καλλιεργούμενης έκτασης. Οι ποικιλίες της κατηγορίας «kabuli» καλλιεργούνται στη Μεσογειακή λεκάνη, την κεντρική Ασία και την Αμερική.

Μεταξύ των δύο κατηγοριών υπάρχουν διαφορές και όσον αφορά τα αγροκομικά χαρακτηριστικά. Η κατηγορία «kabuli» χαρακτηρίζεται από αντοχή στην ασκοχύτωση (*Ascochyta blight*) και στις χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ η κατηγορία «desi» χαρακτηρίζεται από αντοχή στο φουζάριο (*Fusarium wilt*), στην ξηρασία και στις υψηλές θερμοκρασίες (Singh, 1987). Επιπλέον, η κατηγορία «kabuli» θεωρείται ανώτερη όσον αφορά χαρακτηριστικά όπως ο χρόνος βρασμού και η διατροφική αξία.

Το 65% της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από την Ινδία (περίπου  $41 \times 10^6$  τόνοι) και ακολουθούν χώρες όπως η Αυστραλία (δεύτερη σε παγκόσμια παραγωγή), το Πακιστάν, η Τουρκία, το Ιράν, ο Καναδάς, το Μεξικό και οι ΗΠΑ (FAO, 2019). Συνολικά, το ρεβίθι σε σχέση με τα υπόλοιπα ψυχανθή κατατάσσεται δεύτερο όσον αφορά την συνολική καλλιεργούμενη έκταση (15,3% του συνόλου) και τρίτο όσον αφορά την συνολική παραγωγή (15,42% του συνόλου) (Merga & Haji, 2019). Στην Ελλάδα η παραγωγή ακόμα είναι πολύ μικρή, μόλις 42.000 τόνοι (FAO, 2019), μολονότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία συνεχής αύξηση της συνολικής έκτασης της καλλιέργειας, η οποία εντοπίζεται κυρίως στους Νομούς Βοιωτίας (Θήβα), Λάρισας (Φάρσαλα), Φθιώτιδας (Δομοκός), Γρεβενών, Σερρών (Αλιστράτη).

Σύμφωνα με του Wood και Grusak (2007) το ρεβίθι είναι πολύ καλή πηγή ενέργειας, πρωτεϊνών, υδατανθράκων και ευεργετικών φυτοχημικών για την υγεία του ανθρώπου. Η πλούσια διατροφική του αξία και η προσιτή του τιμή το καθιστούν ως μία τροφή ευρέως διαδεδομένη στις αναπτυσσόμενες χώρες (Malunga et al., 2014). Η συγκέντρωση του ξηρού σπόρου σε πρωτεΐνη είναι περίπου 21,5% (Chavan et al., 1989), ωστόσο το ποσοστό αυτό μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το έδαφος και τις κλιματολογικές συνθήκες.

### **Οικολογικές απαιτήσεις**

Από αγροκομικής πλευράς, το ρεβίθι χαρακτηρίζεται ως το πλέον ανθεκτικό όσπριο στην ξηρασία (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012), ενώ είναι καλλιέργεια των θερμών ημίξηρων κλιμάτων. Στην Ελλάδα η σπορά του πραγματοποιείται τον Φεβρουάριο μέχρι και τα μέσα του Μαρτίου (Ηλιάδης, 1998). Για την βλάστηση του σπόρου χρειάζονται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 5°C, ενώ τα νεαρά φυτά μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες μέχρι και -10°C. Για την άνθιση, την επικονίαση και την καρπόδεση ως ελάχιστες θεωρούνται οι θερμοκρασίες 10-14°C και ως μέγιστες οι 25-31°C (Fageria, 1992). Όταν η θερμοκρασία υπερβεί τις μέγιστες τιμές περιορίζεται η απόδοση, καθώς επιταχύνεται η ωρίμανση και μειώνεται το μέγεθος και το βάρος των σπόρων (Nielsen, 2001). Οι εδαφικές του απαιτήσεις είναι περιορισμένες και έτσι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών. Ωστόσο, φαίνεται να προσαρμόζεται

καλύτερα στα ελαφρότερα εδάφη, τα οποία δεν συγκρατούν υπερβολική υγρασία. Όσον αφορά την λίπανση, το ρεβίθι δεν χρειάζεται αζωτούχο λίπανση παρά μόνο σε ιδιαίτερα ακραίες περιπτώσεις άγονων εδαφών. Απαιτεί 6-9 μονάδες φωσφόρου για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων ανάλογα με την περιεκτικότητα σε φώσφορο του εδάφους. Όσον αφορά τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό, καθώς το ρεβίθι θεωρείται μία καλλιέργεια σχετικά ανθεκτική στη ξηρασία, αυτές κυμαίνονται από 152mm έως 254mm (Margheim et al., 2004).

Με κριτήριο το μέγεθος του σπόρου, οι ποικιλίες ρεβιθιών διακρίνονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες (Βλαχοστέργιος, 2016): 1) μικρόσπερμα ρεβίθια, με βάρος 1000 σπόρων μικρότερο από 350g ή διάμετρο σπόρων 5,5-7,5mm 2) μεσόσπερμα ρεβίθια, με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 350 και 450g ή διάμετρο σπόρων 7,5-8,5mm και 3) μεγαλόσπερμα ρεβίθια με βάρος 1000 σπόρων μεγαλύτερο από 450g ή διάμετρο μεγαλύτερη από 8,5mm. Στην Ελλάδα οι βελτιωτικές προσπάθειες στο ρεβίθι πραγματοποιούνται κατά κύριο λόγο στο Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών στη Λάρισα (Ηλιάδης, 1998; Βλαχοστέργιος, 2016). Χαρακτηριστικά παραδείγματα των επιτευγμάτων των προσπαθειών αυτών είναι: α) η μεσόσπερμη ποικιλία Αμοργός (βάρος 1000 σπόρων 350-380g.), η οποία είναι προϊόν επιλογής από τοπικό πληθυσμό. Η ποικιλία Αμοργός είναι μία ποικιλία με αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες (έως -10°C), που παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην ξηρασία και σε όλες τις φυλές της ασκοχύτωσης (*Ascochyta rabiei*) που υπάρχουν στην Ελλάδα, β) η μεγαλόσπερμη ποικιλία Θήβα (βάρος 1000 σπόρων 470-510g), η οποία είναι προϊόν επιλογής από πληθυσμό που εισήχθη από το Αλγέρι. Είναι μία ποικιλία πολύ ανθεκτική στην ξηρασία, αλλά ευαίσθητη στην ασκοχύτωση (*Aschochyta rabiei*), γ) η μεγαλόσπερμη ποικιλία Γαύδος (βάρος 1000 σπόρων 470-530g), η οποία είναι προϊόν επιλογής από τοπικό πληθυσμό. Η Γαύδος είναι ανθεκτική στην ξηρασία και ευαίσθητη έως ανεκτική στην ασκοχύτωση, δ) η μεγαλόσπερμη ποικιλία Κερόνεια (βάρος 1000 σπόρων 460-500g), η οποία είναι προϊόν επιλογής από τοπικό πληθυσμό. Η Κερόνεια είναι μία ποικιλία ανθεκτική στην ξηρασία και ευαίσθητη έως ανεκτική στην ασκοχύτωση.

### **Κλιματική αλλαγή**

Η παραγωγή στο ρεβίθι αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις κυρίως λόγω των αβιοτικών καταπονήσεων όπως η ξηρασία, οι υψηλές και οι χαμηλές θερμοκρασίες (Mantri et al., 2010; Garg et al., 2015). Η κλιματική αλλαγή αποτελεί τον πιο σημαντικό περιοριστικό παράγοντα στη παραγωγή του ρεβιθιού καθώς επιφέρει αύξηση της συχνότητας της ξηρασίας και των ακραίων υψηλών (>30°C) και χαμηλών (<15°C) θερμοκρασιών, συνθήκες οι οποίες οδηγούν σε σημαντική μείωση της παραγωγής (Kadiyala et al., 2016).



Η ξηρασία, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής και του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού, αποτελεί μία πολύ σοβαρή κατάσταση για την γεωργία (Farooq et al., 2009; Tardieu et al., 2018). Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις της ξηρασίας σε χαρακτηριστικά του ρεβιθιού όπως η πρωιμότητα, τα χαρακτηριστικά της ρίζας και του βλαστού (Kashiwagi et al., 2005; Krishnamurthy et al., 2010; Upardhyaya et al., 2012; Purushothaman et al., 2016), τα μορφολογικά χαρακτηριστικά (Sabaghpour et al., 2006), φυσιολογικά χαρακτηριστικά (Turner et al., 2007; Rahbarian et al., 2011) και βιοχημικά χαρακτηριστικά (Gunes et al., 2006; Mafakheri et al., 2010).

Οι ακραίες θερμοκρασίες, είτε αυτές είναι υψηλές είτε είναι χαμηλές, κατά το αναπαραγωγικό στάδιο οδηγούν σε μειωμένη ζωτικότητα και γονιμότητα της γύρης, επηρεάζοντας το σχηματισμό των λοβών (Wang et al., 2006; Kumar et al., 2013; Kaushal et al., 2016). Στην Ελλάδα, λόγω της περιόδου που γίνεται η σπορά του ρεβιθιού, οι υψηλές θερμοκρασίες αποτελούν σοβαρότερο πρόβλημα, καθώς το κατώτερο όριο των θερμοκρασιών αυτής της εποχής δεν είναι τόσο χαμηλό ώστε να επηρεάσει την αναπαραγωγή των φυτών. Η καταπόνηση των υψηλών θερμοκρασιών οδηγεί σε πτώση των ανθών και των λοβών και τελικά σε μείωση του μεγέθους των σπόρων και της απόδοσης. Θερμοκρασίες  $>35^{\circ}\text{C}$ , τόσο κατά το στάδιο της άνθισης όσο και κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, θεωρούνται καταστροφικές (Siddique et al., 1999; Wang et al., 2006; Basu et al., 2009), ενώ θερμοκρασίες  $>30^{\circ}\text{C}$  μειώνουν το βάρος και τον αριθμό των σπόρων (Kobraee et al., 2010).

Συνεπώς, λόγω των συνεπειών που επιφέρει η, εν εξελίξει, κλιματική αλλαγή, οι έρευνες θα πρέπει να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη ποικιλιών ρεβιθιού που θα χαρακτηρίζονται από ανθεκτικότητα σε περιβάλλοντα που συνδυάζουν καταπονήσεις όπως η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες.

## **Βελτίωση στο ρεβίθι**

### **Κλασσική βελτίωση**

Ένα βελτιωτικό πρόγραμμα στο ρεβίθι περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα στάδια όπως περιγράφονται από τους Salimath et al. (2007):

1. Δημιουργία νέας γενετικής παραλλακτικότητας η οποία αποτελεί τη βάση κάθε βελτιωτικού προγράμματος,
2. Εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων επιλογής εντός της υπάρχουσας παραλλακτικότητας,
3. Αξιολόγηση των επιλεγμένων σειρών,

#### 4. Σταθεροποίηση και απελευθέρωση της ποικιλίας.

Η μέθοδος βελτίωσης που επιλέγεται σε κάθε βελτιωτικό πρόγραμμα εξαρτάται από το στόχο του προγράμματος και τη διάρκειά του, το διαθέσιμο αρχικό γενετικό υλικό και άλλους οικονομικούς και πρακτικούς παράγοντες. Για την επίτευξη των ανωτέρω σταδίων έχουν εφαρμοστεί οι ακόλουθες βελτιωτικές μέθοδοι:

##### 1. Γενεαλογική

Η γενεαλογική μέθοδος επιλογής (Pedigree Selection) συνίσταται τόσο στη φαινοτυπική επιλογή ατομικών φυτών όσο και στην αξιολόγηση της συμπεριφοράς των απογόνων τους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας στις βιοτικές καταπονήσεις (Singh, 1987). Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από τη διατήρηση γενεαλογικών στοιχείων κάθε επιλεγόμενου φυτού, ώστε σε οποιοδήποτε στάδιο της βελτιωτικής διαδικασίας και αν βρισκόμαστε να γνωρίζουμε τους προγόνους του. Το αρχικό γενετικό υλικό αφήνεται να αναπτυχθεί και επιλέγονται φαινοτυπικά τα φυτά που έχουν το επιθυμητό γνώρισμα. Η επιλογή συνεχίζεται στις επόμενες γενεές εντός των καλύτερων γραμμών μέχρι να σταθεροποιηθούν οι γενότυποι. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η φαινοτυπική επιλογή και η τήρηση δύσχρηστων γενεαλογικών βιβλίων. Η γενεαλογική μέθοδος δεν χρησιμοποιούνται συχνά λόγω του γεγονότος ότι αυτή η προσέγγιση περιορίζει το βελτιωτικό πρόγραμμα μόνο σε λίγες διασταυρώσεις.

##### 2. Μαζική

Η μέθοδος της μαζικής αναπαραγωγής δημιουργήθηκε για να αποφευχθεί η επίπονη διαδικασία της τήρησης γενεαλογικών βιβλίων, που είναι απαραίτητο στη γενεαλογική μέθοδο. Στη μαζική αναπαραγωγή γίνεται συγκομιδή όλων των φυτών μιας γενιάς και στην επόμενη γενιά σπέρνεται ένα τυχαίο δείγμα από αυτούς τους σπόρους (Meena & Kumar, 2012). Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η απλότητα και η ευκολία στην εφαρμογή της. Ο συνδυασμός της μεθόδου μαζικής αναπαραγωγής με την γενεαλογική μέθοδο χρησιμοποιείται ευρέως στα βελτιωτικά προγράμματα του ρεβιθιού (Gaur et al., 2012).

##### 3. Καταγωγή από μεμονωμένο σπόρο

Η καταγωγή από μεμονωμένο σπόρο (Single Seed Descent) αποτελεί τροποποίηση της γενεαλογικής μεθόδου (Goulden, 1941; Grafius, 1965; Brim, 1966). Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται συγκομιδή και σπορά ενός μόνο σπόρου από κάθε φυτό του πειραματικού για τη δημιουργία της επόμενης γενιάς. Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι ο αριθμός των σειρών δεν

αυξάνεται (Meena & Kumar, 2012). Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η πιθανότητα να μην φυτρώσουν κάποιοι σπόροι και συνεπώς να απωλεστούν ορισμένες οικογένειες.

#### 4. Επιλογή καθαρών σειρών

Η επιλογή καθαρών σειρών αποτελείται από εξής 4 βήματα: α) επιλογή ατομικών φυτών που ταιριάζουν καλύτερα στον φαινότυπο-στόχο, β) αναπαραγωγή μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ομοζυγωτίας, γ) αναπολλαπλασιασμός του σπόρου και δ) διατοπικά πειράματα για 2 με 3 χρόνια. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή επιθυμητών γονέων και την συμμετοχή τους σε βελτιωτικά προγράμματα ή ακόμα και την πρόβλεψη των αποδόσεων των ποικιλιών, για εμπορική χρήση (Stefaniak & McPhee, 2017).

Ο Singh (1987) συνόψισε την αποτελεσματικότητα και την εξειδίκευση διάφορων βελτιωτικών μεθόδων σε σχέση με το επιθυμητό προς βελτίωση χαρακτηριστικό και ανέφερε ότι: 1) η γενεαλογική μέθοδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας στις βιοτικές καταπονήσεις, 2) η μέθοδος της μαζικής αναπαραγωγής (bulk method) σε συνδυασμό με τη γενεαλογική θα μπορούσαν να επιφέρουν θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη αντοχής στην ξηρασία, 3) η τροποποιημένη μέθοδος μαζικής αναπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αντοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις και για βελτίωση του μεγέθους του σπόρου και της πρωιμότητας και 4) η μέθοδος της αναδιασταύρωσης για διειδικό υβριδισμό. Οι γενεαλογικές μέθοδοι δεν χρησιμοποιούνται συχνά λόγω του γεγονότος ότι αυτή η προσέγγιση περιορίζει το βελτιωτικό πρόγραμμα μόνο σε λίγες διασταυρώσεις. Ο συνδυασμός της μεθόδου μαζικής αναπαραγωγής με την γενεαλογική μέθοδο χρησιμοποιείται ευρέως στα βελτιωτικά προγράμματα του ρεβιθιού (Gaur et al., 2012). Η μέθοδος της αναδιασταύρωσης γενικά εφαρμόζεται για την ενσωμάτωση ενός χαρακτηριστικού σε μία υπέρτερη ποικιλία (Ρουπακιάς, 2010). Επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως η ανθεκτικότητα στο ψύχος και η αντοχή στη σήψη των ριζών και το βοτρυτή (*Botrytis*) ενσωματώθηκαν στο καλλιεργούμενο ρεβίθι από τα είδη *C. reticulatum* και *C. echinospermum* (Singh et al., 2005; Ramgopal et al., 2012). Επιπλέον, η καθαρή σειρά ILWC 119 (*C. reticulatum*) εντάχθηκε σε πρόγραμμα διασταυρώσεων και έδωσε τα ρεβίθια ILC 10765 και ILC 10766 τα οποία είναι ανθεκτικά στους νηματώδεις (Malhotra et al., 2002).

#### **Βελτίωση υποβοηθούμενη από μοριακούς δείκτες (marker assisted breeding)**

Οι μοριακοί δείκτες οι οποίοι συνδέονται, σε μεγάλο βαθμό, με ένα συγκεκριμένο αγρονομικό χαρακτηριστικό, διευκολύνουν την ανίχνευση επιθυμητών αλληλόμορφων γονιδίων στα βελτιωτικά προγράμματα. Η βελτίωση υποβοηθούμενη από μοριακούς δείκτες

είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε βελτιωτικά προγράμματα που αφορούν την αντοχή σε ασθένειες, καθώς με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι πολύπλοκες και χρονοβόρες εκτιμήσεις (Collard & Mackill, 2008).

Παρά τις προσπάθειες των προηγούμενων χρόνων για την χαρτογράφηση του γονιδιώματος του ρεβιθιού και την ταυτοποίηση δεικτών οι οποίοι συνδέονται με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, η υιοθέτηση της βελτίωσης υποβοηθούμενης από μοριακούς δείκτες στο ρεβίθι δεν έχει ευρεία εφαρμογή. Οι περισσότερες ποικιλίες ρεβιθιού είναι αποτελέσματα συμβατικών βελτιωτικών προγραμμάτων, όπου η εκτίμηση των χαρακτηριστικών και η φαινοτυπική επιλογή αποτελούν διαδικασίες ρουτίνας. Με την έλευση των μοριακών δεικτών και των γενετικών χαρτών, παρατηρήθηκε αυξημένο ενδιαφέρον για τη χρήση της τεχνολογίας των δεικτών προς διευκόλυνση της βελτίωσης της καλλιέργειας του ρεβιθιού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι μοριακοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση γονιδίων και QTL που συνδέονται με σημαντικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, το εύρος στο οποίο έχουν χρησιμοποιηθεί οι μοριακοί δείκτες στα βελτιωτικά προγράμματα που αφορούν το ρεβίθι, δεν έχει καθοριστεί πλήρως. Πολύ λίγες μελέτες αναφέρουν την χρήση των μοριακών δεικτών σε συμβατικά βελτιωτικά προγράμματα που αφορούν το ρεβίθι (Taran et al., 2013; Varshney et al., 2014a). Οι δείκτες SCAR (Sequence Characterized Amplified Region) SCY17<sub>590</sub> και SCAE19<sub>336</sub> οι οποίοι συνδέονται με το QTL<sub>AR2</sub> χρησιμοποιήθηκαν για την επισήμανση πηγών αντοχής στην ασκοχύτωση (*Ascochyta blight*) σε μία συλλογή γενοτύπων ρεβιθιού (Imtiaz et al., 2008). Οι Madrid et al. (2013) ανέπτυξαν τον μοριακό δείκτη CaETR, ο οποίος συνδέεται στενά με το QTL<sub>AR1</sub>. Διερευνήθηκε ενδελεχώς η χρήση των δεικτών SCY17<sub>590</sub> και CaETR για τον διαχωρισμό μεταξύ ανθεκτικών και ευαίσθητων ποικιλιών ρεβιθιού. Οι παραπάνω δύο δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί και σε άλλες έρευνες (Bouhadida et al., 2013; Castro et al., 2013) με σκοπό την εκτίμηση της αποτελεσματικότητάς της χρήσης τους σε βελτιωτικά προγράμματα που αφορούν την αντοχή στην ασκοχύτωση. Η ενσωμάτωση χαρακτηριστικών όπως η αντοχή στην ασκοχύτωση (*Aschochyta blight*) και οι διπλοί λοβοί επιτεύχθηκε στα υλικά CDC Xena, CDC Leader και FLIP98-135C με τη χρήση δεικτών που συνδέονται με τους γονιδιακούς τόπους (QTLs) και των δύο χαρακτηριστικών (Taran et al., 2013).

Η εξερεύνηση των γονιδιωματικών αποθεμάτων όπως των δεικτών SSR (Simple Sequence Repeat) και SNP (Single Nucleotide Polymorphism) είναι πολύ σημαντική για τη χαρτογράφηση γονιδίων/QTL και την ταυτοποίηση γονιδίων που σχετίζονται με την αντοχή σε ξηροθερμικές συνθήκες (Rani et al., 2020). Την τελευταία δεκαετία η πρωτοφανής πρόοδος στην ανάπτυξη μοριακών δεικτών και στην κατασκευή συνδεδεμένων χαρτών υψηλής

πυκνότητας, έχουν συνδράμει στην χαρτογράφηση πολλών χαρακτηριστικών που εμπίπτουν στο ενδιαφέρον των βελτιωτών (Thudi et al., 2011; Jha et al., 2018b).

Η ακριβής χαρτογράφηση των QTLs που σχετίζονται με την αντοχή στην ξηρασία αποτελεί μία πρόκληση καθώς η αντοχή στην ξηρασία ελέγχεται από πολλά «μικρής επίδρασης» QTLs και παραμένει ασταθής σε διαφορετικές περιοχές κυρίως λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασης Γενοτύπου x Περιβάλλοντος (Fleury et al., 2010). Η γενοτύπιση υψηλής πυκνότητας με τη χρήση μεγάλου αριθμού SSR δεικτών και η ακριβής φαινοτύπιση δύο πληθυσμών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ξηρασία, σε διάφορες τοποθεσίες και εποχές επέτρεψε στους Varshney et al. (2014) την ταυτοποίηση 13 QTLs «μείζονος επίδρασης» που σχετίζονται με 12 χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με την ξηρασία. Η παραπάνω ταυτοποίηση βοήθησε στην εξήγηση του 58% της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας του γενοτύπου GaLG4. Ακολούθως, με την υιοθέτηση της αναδιασταύρωσης με τη χρήση μοριακών δεικτών η γονιδιωματική περιοχή που αναφέρθηκε προηγουμένως εισήχθη από τον γενότυπο ICCA958 στην ποικιλία ρεβιθιού JG11, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο βάθος, πυκνότητα και ξηρό βάρος ριζικού συστήματος (Varshney et al., 2016). Σύγχρονες προσπάθειες (Varshney et al., 2019) οδήγησαν στην ταυτοποίηση πολλών γονιδιωματικών περιοχών που ελέγχουν χαρακτηριστικά άμεσα σχετιζόμενα με την καταπόνηση της ξηρασίας (χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος, φαινολογικά χαρακτηριστικά, βάρος 100 σπόρων), συμπεριλαμβανομένου και του πολλά υποσχόμενου γονιδίου REF6, το οποίο σχετίζεται με την πρωιμότητα. Η μεταφορά αυτού του γονιδίου μέσω της χρήσης μοριακών δεικτών θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάπτυξη ποικιλιών ρεβιθιού ανθεκτικών στην ξηρασία, των οποίων η ανθεκτικότητα θα βασίζεται στην αποφυγή της ξηρασίας. Ο λειτουργικός χαρακτηρισμός τέτοιων γονιδιωματικών περιοχών θα μπορούσε να αποκαλύψει την λειτουργία υποκείμενων γονιδίων και συνεπώς να διευκολύνει την ανάπτυξη γενοτύπων ρεβιθιού ανθεκτικών στις ξηροθερμικές συνθήκες.

### **Βελτιωτικοί στόχοι**

Το ρεβίθι αποτελεί αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Συνεπώς, η ανάπτυξη καθαρών σειρών είναι ο κύριος βελτιωτικός στόχος. Η επιλογή καθαρών σειρών από τοπικούς πληθυσμούς αποτελεί την πιο απλή μέθοδο, ενώ αργότερα αναπτύχθηκαν προγράμματα με διασταυρώσεις και αναδιασταυρώσεις για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (Gaur et al., 2012).

Τα χαρακτηριστικά της ανθεκτικότητας στις 1) βιοτικές (ασθένειες, παράσιτα), 2) αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, ακραίες θερμοκρασίες, αλατότητα), 3) της σταθερότητας

και της υψηλής απόδοσης και 4) της παραγωγής προϊόντος υψηλής διατροφικής και καταναλωτικής αξίας είναι εξέχουσας σημασίας.

## 1. Βιοτικές καταπονήσεις

### Ασθένειες

Η ασκοχύτωση που προκαλείται από το μύκητα *Ascochyta rabiei* είναι μία από τις πιο σοβαρές ασθένειες του ρεβιθιού, προκαλώντας μείωση της παραγωγής έως και 100%, όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ασθένεια (θερμοκρασία 5-15°C και υγρός καιρός) (Pande et al., 2005). Η χρήση ποικιλιών με αυξημένη ανθεκτικότητα θεωρείται η πιο οικονομική λύση για την μακροπρόθεσμη διαχείριση της ασθένειας αυτής. Συνεπώς έχουν γίνει πολλές προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση (Gaur et al., 2007; Taran et al., 2013). Οι βελτιωτές αναζητούν διάφορες πηγές ανθεκτικότητας με σκοπό την αύξηση τόσο των επιπέδων της ανθεκτικότητας όσο και της διάρκειάς της. Η αναζήτηση αυτή κατέληξε στην εύρεση και χρησιμοποίηση νέων πηγών ανθεκτικότητας/ανεκτικότητας, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός μεγάλου αριθμού ποικιλιών με αυξημένη ανθεκτικότητα στην ασκοχύτωση (Pande et al., 2010; Millan et al., 2013). Επιπλέον, πηγές ανθεκτικότητας έχουν βρεθεί και στα αγρία είδη *C. judaicum*, *C. pinnatifidum*, *C. echinospermum* και *C. reticulatum* (Pande et al., 2006b).

Η φουζαρίωση που προκαλείται από τον μύκητα *Fusarium oxysporum* είναι μία εξίσου σημαντική, με την ασκοχύτωση, ασθένεια. Ωστόσο, η ανάπτυξη ποικιλιών ανθεκτικών στη φουζαρίωση είναι δύσκολη λόγω της ύπαρξης πολλών και διαφορετικών γενών του μύκητα, συνεπώς η οποιαδήποτε ανθεκτικότητα συνδέεται με ένα συγκεκριμένο γένος του μύκητα (Gaur et al., 2007; Sharma & Muehlbauer, 2007; Castro et al., 2012a). Ο γενότυπος WR315, που ανήκει στον τύπο «desi» έχει αναγνωριστεί ως ανθεκτικός. Οι γενότυποι ICC 14194 και ICC 17109, που ανήκουν στον τύπο «kabuli» χαρακτηρίστηκαν ως ανθεκτικοί στην ασθένεια από τους Gaur et al. (2006). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί αρκετές ποικιλίες που είναι ανθεκτικές σε πολλά γένη του μύκητα (Malhotra et al., 2007; Singh et al., 2009).

Η ασθένεια τεφρά σήψη, που προκαλείται από τον μύκητα *Botrytis cinerea* είναι η δεύτερη πιο σοβαρή ασθένεια των φύλλων του ρεβιθιού μετά την ασκοχύτωση. Υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας έχουν βρεθεί στα αγρία είδη *C. judaicum*, *C. bijugum*, *C. echinospermum* and *C. pinnatifidum* (Pande et al., 2006c). Συνεπώς, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες μεταφοράς των γονιδίων ανθεκτικότητας, μέσω υβριδισμού, από τα αγρία είδη στις καλλιεργούμενες ποικιλίες.

## Παράσιτα

Η οροβάγχη (*Orobanche crenata* και *Orobanche foetida*) μπορεί να προκαλέσει σοβαρές απώλειες στη παραγωγή του ρεβιθιού (Rubiales et al., 1999; Roman et al., 2007).

Πηγές ανθεκτικότητας για το είδος *O. crenata* έχουν βρεθεί στην Ισπανία (Rubiales et al. 1999) ενώ για το είδος *O. foetida* έχουν βρεθεί στη Τυνησία. Η κουσκούτα (*Cuscuta* spp.) είναι ένα παράσιτο το οποίο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές απώλειες στην παραγωγή (Goldwasser et al., 2012a; Chen et al., 2014), οι οποίες μπορεί να φτάσουν και το 100% (Singh et al., 2007). Πηγές ανθεκτικότητας στο είδος *Cuscuta campestris* έχουν βρεθεί στο Ισραήλ, στους γενοτύπους ICCV 95333 και Hazera 4 (Goldwasser et al., 2012b).

Επιπλέον, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για εύρεση ανθεκτικότητας στο πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera* Hübner) και στο φυλλορόκτη (*Liriomyza cicerina* Rondani), σε πολλά καλλιεργούμενα αλλά και άγρια είδη στα Ινστιτούτα ICRISAT και ICARDA (Gaur et al., 2007).

## 2. Αβιοτικές καταπονήσεις

### Ξηροθερμικές συνθήκες

Περίπου το 90% της καλλιέργειας των ρεβιθιών πραγματοποιείται σε περιοχές δίχως δυνατότητα άρδευσης. Η υδατική καταπόνηση διαφόρων εντάσεων είναι, λοιπόν, ένας πρωτεύον περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγή (Kumar & Abbo, 2001). Παράλληλα, η μεταφορά της καλλιέργειας αυτής σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο και μικρότερο βροχομετρικό ύψος αυξάνει την πιθανότητα έκθεσης της καλλιέργειας σε εντονότερες συνθήκες υδατικής καταπόνησης και σε υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η ξηρή και θερμή ατμόσφαιρα (>30°C), οδηγούν σε πτώση των ανθών σύμφωνα με τον Sinha (1977), ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες (>35°C) κατά το αναπαραγωγικό στάδιο των φυτών οδηγούν σε δυσλειτουργία των αναπαραγωγικών ιστών των φυτών (Devasirvatham et al., 2012). Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά τη διαδικασία του γεμίσματος των λοβών, οδηγώντας σε μείωση του βάρους του κάθε σπόρου και τελικά της συνολικής παραγωγής. Η ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι ένας γενικότερος όρος για ένα εξαιρετικά περίπλοκο σύστημα αποκρίσεων του φυτού. Ουσιαστικά αποτελεί την ικανότητα της καλλιέργειας να παράγει επαρκή βιομάζα και παράλληλα να μεγιστοποιεί την παραγωγή υπό αυξανόμενες συνθήκες έλλειψης νερού, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Serraj & Sinclair, 2002). Τα τελευταία χρόνια οι βελτιωτές δημιούργησαν πρώιμες ποικιλίες, οι οποίες με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουν την τερματική ξηρασία (terminal drought) και την έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες, μειονεκτούν όμως στο γεγονός ότι οι καλλιεργητές δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν όλη τη διάρκεια της

καλλιεργητικής περιόδου (Blum, 1988; Ludlow & Muchow, 1990; Bolanos & Edmeades, 1996). Ως τερματική ξηρασία ορίζεται η ξηρασία η οποία κατά τα στάδια της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών μπορεί να προκαλέσει πολύ μεγάλη μείωση της παραγωγής ή ακόμα και ολοκληρωτική καταστροφή της καλλιέργειας (Krishnamurthy et al., 2010; Farooq et al., 2014; Farooq et al., 2017). Επιπλέον, οι βελτιωτές εστίασαν και σε άλλα χαρακτηριστικά -εκτός από την ανάπτυξη πρώιμων ποικιλιών- όπως η επιλογή για πλουσιότερο και βαθύτερο ριζικό σύστημα το οποίο αναμένεται να βελτιώσει την παραγωγικότητα σε περιβάλλοντα με χαμηλή διαθέσιμη υγρασία (Saxena et al., 1995; Singh et al., 1995; Kashiwagi et al., 2005; Gaur et al., 2008; Canci & Toker, 2009). Έτσι, για την επίτευξη υψηλών αλλά και σταθερών αποδόσεων σε ξηροθερμικές συνθήκες, είναι επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας ανεκτικών ποικιλιών, ικανών να χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα το διαθέσιμο νερό (Ludlow & Muchow, 1990; Johansen et al., 1997).

#### *Αλατότητα*

Η καταπόνηση της αλατότητας επιφέρει σοβαρούς περιορισμούς στην απόδοση επηρεάζοντας το ξηρό βάρος του βλαστού και της ρίζας, το σχηματισμό φυματίων και τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης (Manchanda & Garg, 2008). Έχει γίνει περιορισμένος αριθμός προσπαθειών, στο ρεβίθι, για την ανίχνευση ανθεκτικότητας στην αλατότητα. Συνεπώς, έχουν αναπτυχθεί πολύ λίγες ανθεκτικές ποικιλίες. Οι ανθεκτικές, στην αλατότητα, ποικιλίες Karnal Chana 1 και Genesis 836 έχουν αναπτυχθεί σε Ινδία και Αυστραλία, αντίστοιχα (Maliro et al., 2004). Επιπλέον, το ICRISAT ταυτοποίησε πολλές καθαρές σειρές οι οποίες είχαν μεγαλύτερη απόδοση από την ανθεκτική, στην αλατότητα, ποικιλία Karnal Chana 1 (Krishnamurthy et al., 2011; Gaur et al., 2012).

#### *Χαμηλές θερμοκρασίες*

Θερμοκρασίες από  $-1,5^{\circ}\text{C}$  έως  $15^{\circ}\text{C}$ , έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν το ρεβίθι σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, από τη βλάστηση μέχρι την ωρίμανση (Croser et al., 2003) και, συνεπώς, θα πρέπει να ενταχθούν σε βελτιωτικά προγράμματα που αφορούν τη χειμερινή σπορά στη Μεσόγειο. Οι ανθεκτικές στις χαμηλές θερμοκρασίες ποικιλίες 'Sonali' και 'Rupali' αναπτύχθηκαν στην Αυστραλία (Clarke et al., 2005). Επιπλέον, τα Ινστιτούτα ICARDA και ICRISAT, μέσω βελτιωτικών προγραμμάτων, ανέπτυξαν ποικιλίες με ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες ενδείκνυνται για χειμερινή σπορά (Gaur et al., 2007).



### **3. Σταθερότητα και υψηλή απόδοση**

Σύμφωνα με τις Fasoula και Fasoula (2000, 2002), με την κυψελωτή επιλογή μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματική επιλογή για την απόδοση και τη σταθερότητα απέναντι στις καταπονήσεις, χαρακτηριστικά που σύμφωνα με τον Evans (1980) αποτελούν τις παραμέτρους μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η πρόοδος στη βελτίωση των φυτών. Με βάση τα παραπάνω θα μπορούσε να υποθεθεί ότι η δυνατότητα για ταυτόχρονη επιλογή για τα δύο αυτά χαρακτηριστικά θα οδηγούσε στην επιλογή ποικιλιών κατάλληλων για περιβάλλοντα στα οποία επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες. Επιπλέον, οι ίδιες ερευνήτριες, αναφέρουν ότι η επιλογή σύμφωνα με τα παραπάνω συστατικά οδηγεί στη δημιουργία ποικιλιών που αποδίδουν άριστα ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς που θα καλλιεργηθούν. Οι Fasoula και Fasoula (2000) πρότειναν την ανάπτυξη ποικιλιών ανεξάρτητων από την πυκνότητα σποράς (density-independent varieties) ως μία εναλλακτική λύση για την επίτευξη υψηλής και σταθερής παραγωγικότητας. Σύμφωνα με τους Tokatlidis et al. (2001; 2005) αυτό επιτεύχθηκε με το διαχωρισμό της απόδοσης σε τρία στοιχεία, τα οποία εκτιμήθηκαν σε πολύ χαμηλές πυκνότητες. Το πρώτο στοιχείο, που είναι η απόδοση ανά φυτό, επεκτείνει το κατώτερο όριο του εύρους της άριστης πυκνότητας σποράς. Το δεύτερο στοιχείο, που είναι η αντοχή στις καταπονήσεις, επεκτείνει το ανώτερο όριο του εύρους της άριστης πυκνότητας σποράς. Το τρίτο στοιχείο, που είναι η ανταπόκριση στις εισροές, επιτρέπει την εκμετάλλευση των ευνοϊκών περιβαλλόντων. Ωστόσο, υπάρχουν εργασίες που επισημαίνουν την ύπαρξη μιας ενδιάμεσης - άριστης πυκνότητας σποράς (Piadis et al., 2003) που μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα.

### **4. Διατροφική και καταναλωτική αξία**

Εκτός από την απόδοση και τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτή, ένας ακόμη σημαντικός βελτιωτικός στόχος είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου του ρεβιθιού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεβίθι χρησιμοποιείται κυρίως για ανθρώπινη διατροφή, ο χρόνος βρασμού, το χρώμα και το μέγεθος του σπόρου, αλλά και διάφορα γνωρίσματα που αφορούν τη διατροφική αξία είναι από τους σύγχρονους βελτιωτικούς στόχους. Για να χαρακτηριστεί μια ποικιλία ρεβιθιού ότι παράγει προϊόν υψηλής ποιότητας θα πρέπει πρωτίστως να έχει μικρό χρόνο βρασμού, αποδεκτή γεύση και εμφάνιση (Bhatty, 1995). Κατά συνέπεια, με βάση τα καταναλωτικά κριτήρια της αγοράς, οι εμπορικές ποικιλίες που χρησιμοποιούνται επιλέγονται κυρίως για τον μικρό χρόνο βρασμού και το μεγάλο μέγεθος σπόρου. Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ποιότητας του σπόρου (ποσοστό του περιβλήματος, ικανότητα και αύξηση ενυδάτωσης) που παίζουν μεγάλο ρόλο στην εμπορευσιμότητά του έχουν ισχυρή αλληλεπίδραση με τον χρόνο βρασμού (Williams et al., 1983; Kaur et al., 2005).

Παράλληλα, στα χαρακτηριστικά της ποιότητας θα ήταν ορθό να προστεθούν και τα χαρακτηριστικά που αφορούν τη διατροφική αξία του προϊόντος, όπως οι πρωτεΐνες, και τα βιοενεργά συστατικά (φαινόλες, τανίνες, φλαβονοειδή) που συμβάλουν στην αντιοξειδωτική δράση. Παρόλο που υπάρχουν πολλές αναφορές σχετικές με την επίδραση της ξηρασίας και των υψηλών θερμοκρασιών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου και στη διατροφική του αξία, λίγες εργασίες που μελετούν συνδυαστικά τη δράση των δύο παραπάνω παραγόντων έχουν δημοσιευθεί. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η μελέτη της επίδρασης της συνδυαστικής δράσης των παραπάνω παραγόντων τόσο στην απόδοση όσο και στα ποιοτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, αναγκαία κρίνεται και η προσπάθεια ανάπτυξης ποικιλιών ανεκτικών στις ξηροθερμικές συνθήκες, που θα έχουν υψηλή απόδοση και κατάλληλα ποιοτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά σε αυτές τις δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες.

### **Η κυψελωτή μέθοδος βελτίωσης**

Η κυψελωτή μέθοδος επιλογής προτάθηκε από τον Fasoulas (1981, 1988, 1993) για να αντιμετωπίσει δυο σημαντικά προβλήματα για τη βελτίωση των φυτών. Την επίδραση του ανταγωνισμού στην αποτελεσματικότητα επιλογής και τον έλεγχο της ετερογένειας του εδάφους στο πειραματικό τεμάχιο. Το πρόβλημα αυτό ήταν αντιληπτό στους περισσότερους βελτιωτές. Οι Hamblin et al. (1978) παρατηρώντας την αδυναμία αποτελεσματικής επιλογής ατομικών φυτών ιδιαίτερα στις πρώτες γενεές, ισχυρίστηκαν ότι οι παράγοντες που επιδρούν και καθιστούν την επιλογή δύσκολη και αναποτελεσματική είναι: (α) ο γενότυπος κάθε ατομικού φυτού, (β) ο ανταγωνισμός με τα γειτονικά φυτά μέσα στο πειραματικό τεμάχιο, (γ) το μικροπεριβάλλον επιλογής και (δ) τυχαίοι παράγοντες. Έτσι, σύμφωνα με τον Τσαντάρη (1995) η κυψελωτή μέθοδος γίνεται αποτελεσματική γιατί εξηγεί διεξοδικά την επίδραση του ανταγωνισμού στο επίπεδο του ατομικού φυτού και προτείνει ένα συστηματικό πειραματικό σχέδιο για τον έλεγχο των αρνητικών επιδράσεων τόσο του εδαφικού περιβάλλοντος όσο και του ανταγωνισμού.

Ο έλεγχος της εδαφικής ετερογένειας επιτυγχάνεται με τη χρήση α) του κινητού δακτυλίου και β) της διάταξης των ισόπλευρων τριγώνων που σχηματίζονται μεταξύ των φυτών της ίδιας οικογένειας, λόγω του ότι η διάταξη είναι συστηματική (Τοκατλίδης, 2007). Στην κυψελωτή μεθοδολογία η σπορά των ατομικών φυτών γίνεται σε εξαγωνική διάταξη και σε αποστάσεις αρκετά μεγάλες (χαμηλή πυκνότητα σποράς) ώστε να εξασφαλίζεται η ανάπτυξη των φυτών απουσία ανταγωνισμού. Κάθε φυτό βρίσκεται στο κέντρο ενός εξαγώνου και η επιλογή των ατομικών φυτών γίνεται με διάφορες εντάσεις επιλογής μέσω μιας σειράς ομόκεντρων κύκλων/εξαγώνων. Η απόδοση του κεντρικού φυτού κάθε εξαγώνου συγκρίνεται με τις αποδόσεις των γειτονικών φυτών που το περιβάλλουν και απέχουν εξίσου από αυτό.

Ένα φυτό επιλέγεται μόνο αν έχει μεγαλύτερη απόδοση από την μέση απόδοση όλων των γειτονικών φυτών. Επομένως, συγκρίνοντας την απόδοση ενός ατομικού φυτού με τα γειτονικά του που απέχουν ίση περίπου απόσταση απ' αυτό και κατά συνέπεια σε μικρή και ομοιόμορφη έκταση εδάφους, εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή σύγκριση της γενετικής δυναμικότητας για απόδοση. Επιπλέον, η εξαγωνική διάταξη των φυτών εξασφαλίζει, την αξιολόγηση του μεγαλύτερου αριθμού φυτών που απέχουν εξ' ίσου, ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους. Λόγω του ομοιόμορφου και συστηματικού τρόπου διάταξης των ατομικών φυτών (κυψελωτή διάταξη) με την οποία αντιμετωπίζεται η επίδραση της χωρικής ετερογένειας, το εν λόγω σχέδιο αποδείχθηκε πιο ακριβές από το RCBD (Kargiotidou et al., 2016). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η ακρίβεια του πειράματος αυξάνεται με την αύξηση των επαναλήψεων παρότι αυξάνεται και η γενικότερη χωρική ετερογένεια (Kargiotidou et al., 2016).

Η μεθοδολογία αποβλέπει στην αναγνώριση των καλύτερων οικογενειών και συγχρόνως των καλύτερων φυτών μέσα στις επιλεγείσες οικογένειες. Η χρησιμοποίηση των ατομικών φυτών ως μονάδα επιλογής στις γενεές επιτρέπει την ταυτόχρονη αξιολόγηση σε πολλές τοποθεσίες και την εφαρμογή υψηλών εντάσεων επιλογής. Όταν η επιλογή γίνεται σε περιβάλλον απουσίας ανταγωνισμού, η πρόοδος είναι ανάλογη της έντασης επιλογής (Τοκατλίδης, 2007). Αυτό αυξάνει την αποτελεσματικότητα της επιλογής, ενώ διερευνά και την αλληλεπίδραση γενοτύπου x περιβάλλοντος.

Η κυψελωτή μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί α) για την αξιολόγηση και επιλογή μεταξύ διαφορετικών (από διαφορετικούς γονείς)  $F_1$  υβριδίων β) στην  $F_2$  γενεά όπου κάθε φυτό έχει διαφορετικό γενότυπο, γ) από την  $F_3$  γενεά που αρχίζει η αξιολόγηση οικογενειών και δ) σε πληθυσμούς όπως οι τοπικές ποικιλίες που είναι μίγματα διαφορετικών γενοτύπων. Η επιλογή ατομικών φυτών, με την χρήση της κυψελωτής μεθοδολογίας, ήταν αποτελεσματική ως προς την απόδοση, όταν εφαρμόστηκε στην  $F_2$  γενεά σε πληθυσμούς κουκιού (*Vicia faba*) (Roupakias et al., 1997), ενώ εξίσου αποτελεσματική ήταν η επιλογή ατομικών φυτών, σε απόσταση 100cm (μεταξύ των φυτών) σε πληθυσμούς βαμβακιού (Batzios et al., 2001). Οι Ntanos & Roupakias (2001) αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα δυο μεθόδων επιλογής σε δυο πληθυσμούς ρυζιού με επιλογή από τις πρώτες γενεές και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κυψελωτή μέθοδος επιλογής ήταν περισσότερο αποτελεσματική ως προς την απόδοση και ποιότητα σπόρου σε σχέση με την μέθοδο «σπάδικας και γραμμή» (panicle-to-row). Η αξιοποίηση της γενετικής παραλλακτικότητας που υπάρχει στους τοπικούς πληθυσμούς των αυτογονιμοποιούμενων φυτικών ειδών μέσω της κυψελωτής μεθοδολογίας αποτελεί μία επιστημονική προσέγγιση που επιτρέπει την άμεση απομόνωση ατομικών φυτών που θα οδηγήσουν στη δημιουργία καθαρών σειρών (Tokatlidis et al., 2010). Έτσι η χρησιμοποίηση

υποσχόμενων τοπικών πληθυσμών με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι ένα πολύ βασικό βήμα για την επίτευξη προόδου μέσω της επιλογής (Ninou et al., 2014).

Εντός των πληθυσμών υπάρχει παραλλακτικότητα από φυτό σε φυτό. Έτσι ένας πληθυσμός αποτελείται από φυτά με χαμηλή ανταγωνιστική ικανότητα και φυτά ισχυρούς ανταγωνιστές (Tokatlidis & Vlachostergios, 2016). Σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, όταν η βελτιωτική διαδικασία πραγματοποιείται σε συνθήκες μεγάλης πυκνότητας σποράς θα υπερισχύσουν τα φυτά με την υψηλότερη ανταγωνιστική ικανότητα. Αντίθετα, στην κυψελωτή μεθοδολογία τα φυτά σπέρνονται σε τέτοιες αποστάσεις ώστε να αποφεύγεται ο ανταγωνισμός μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μπορούν να αναγνωριστούν τα πιο υψηλοαποδοτικά φυτά. Επιπλέον, λόγω της αρνητικής συσχέτισης μεταξύ απόδοσης και ανταγωνιστικής ικανότητας (Chatzoglou & Tokatlidis, 2012; Ninou et al., 2014), τα πιο υψηλοαποδοτικά φυτά μπορούν να εκφράσουν πλήρως το παραγωγικό δυναμικό τους σε συνθήκες μηδενικού ανταγωνισμού. Κατ' αυτή την έννοια η επιλογή ατομικών φυτών εντός των πληθυσμών αυτογονιμοποιούμενων καλλιιεργειών, όπως είναι το ρεβίθι, σε συνθήκες μηδενικού ανταγωνισμού μπορεί να είναι εξαιρετικά αποτελεσματική και συνιστά ένα σύντομο δρόμο προς την ανάπτυξη νέων ποικιλιών (Vlachostergios et al., 2018).

Οι Fasoula (2006, 2008) και Fasoula και Tokatlidis (2012) πρότειναν μια εξίσωση η οποία εκτιμά το παραγωγικό δυναμικό ενός γενοτύπου ή μιας απογονικής σειράς σε συνθήκες έλλειψης ανταγωνισμού, συνδυάζοντας το παραγωγικό δυναμικό του ατομικού φυτού με το παραγωγικό δυναμικό όλου του πειράματος. Πιο αναλυτικά, το παραγωγικό δυναμικό κάθε φυτού (Plant Crop Yield Potential, PCYP) υπολογίζεται από την εξίσωση:  $PCYP = (x/\bar{x}_r)^2 \times (\bar{x}/s)^2$ , όπου  $(x/\bar{x}_r)^2$  είναι ο συντελεστής επίδοσης του φυτού στον δακτύλιο και αποδίδεται με το τετράγωνο του λόγου της απόδοσης  $x$  του ατομικού φυτού προς τη μέση απόδοση  $\bar{x}_r$  του δακτυλίου και  $(\bar{x}/s)^2$  είναι ο συντελεστής ομοιόστασης που υπολογίζεται ως το τετράγωνο του τυποποιημένου μέσου όρου της απόδοσης κάθε γενοτύπου. Επιπλέον, προτάθηκε και μία εξίσωση που εκτιμά το παραγωγικό δυναμικό κάθε γενοτύπου σε επίπεδο απογονικής σειράς ή ποικιλίας (Line Crop Yield Potential, LCYP):  $LCYP = (\bar{x}/\bar{x}_l)^2 \times (\bar{x}/s)^2$ , όπου  $(\bar{x}/\bar{x}_l)^2$  είναι ο συντελεστής απόδοσης της διαλογής και αποδίδεται με το τετράγωνο του λόγου της μέσης απόδοσης της διαλογής  $(\bar{x})$  προς τη μέση απόδοση όλου του πειράματος  $(\bar{x}_l)$ . Οι, προαναφερόμενες δύο εξισώσεις αξιολογούν τους γενοτύπους στο σύνολό τους με βάση τις αποδόσεις ατομικών φυτών, απουσία ανταγωνισμού και προβλέπουν τη συμπεριφορά τους σε συνθήκες καλλιιεργειας των παραγωγών. Με τις εξισώσεις προσδιορίζονται και επιλέγονται τα καλύτερα φυτά και οι καλύτερες απογονικές σειρές αντίστοιχα, καθώς είναι αυτές που

συγκεντρώνουν τις υψηλότερες τιμές. Σύμφωνα με τους Fasoula και Tokatlidis (2012) βασικό πλεονέκτημα των δυο εξισώσεων αποτελεί η δυνατότητα απομόνωσης, με βάση το παραγωγικό δυναμικό τους, (α) των καλύτερων οικογενειών, (β) των καλύτερων φυτών μέσα από τις επιλεγμένες οικογένειες, (γ) φυτών με μικρή εξάρτηση από την πυκνότητα και (δ) φυτών με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Ο συντελεστής ομοιόστασης υπολογίζει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα συμπεριφοράς όπως ανοχή σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις συμπεριλαμβανομένης και της καταπόνησης από την πυκνότητα, αλληλεπίδρασης γενοτύπου περιβάλλοντος, επιστατικής αλληλεπίδραση. Ο συνδυασμός και των δυο εξισώσεων επιτρέπει την αναγνώριση ατομικών φυτών και οικογενειών με υψηλή, σταθερή και ανεξαρτήτου πυκνότητας απόδοση χωρίς να απαιτείται διατοπική και διαχρονική επιλογή όπου αυτό δεν είναι δυνατό για οικονομικούς και πρακτικούς λόγους. Οι Vlachostergios et al. (2011) εφαρμόζοντας την κυβελωτή μεθοδολογία και με τη χρήση της δεύτερης εξίσωσης απομόνωσαν με επιτυχία σε περιβάλλον οργανικής γεωργίας υψηλοαποδοτικούς γενοτύπους φακής. Οι Tokatlidis et al. (2011) ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία, απομόνωσαν υβρίδια καλαμποκιού ανεξάρτητα της πυκνότητας σποράς που χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα τους διαθέσιμους πόρους τόσο σε άνυδρες, όσο και αρδευόμενες περιοχές. Οι Papadopoulos και Tokatlidis (2011) αξιολόγησαν την δεύτερη εξίσωση και διάφορες παραμετρικές και μη μεθόδους ως προς την αποτελεσματικότητα πρόβλεψης της απόδοσης και της σταθερότητας συμπεριφοράς σε συνθήκες καλλιέργειας του παραγωγού, και κατέληξαν ότι η εξίσωση προσφέρει αγροκομική σταθερότητα, δηλαδή οι εν δυνάμει γενότυποι προσαρμόζονται και αποδίδουν ανάλογα με τα περιβάλλοντα στα οποία αξιολογούνται.

Τα στοιχεία των ατομικών φυτών συλλέγονται και επεξεργάζονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό πρόγραμμα που επιτρέπει να επιλέξουμε για οποιαδήποτε ένταση επιλογής και για οποιοδήποτε σχέδιο επιλογής τις πιο υψηλοαποδοτικές οικογένειες και τα πιο υψηλοαποδοτικά φυτά (Batzios & Roupakias, 1997; Mauromoustakos et al., 2006; Mauromoustakos et al., 2018; Fasoula et al., 2019).

Η επιλογή ατομικών φυτών με τη κυβελωτή μέθοδο συνέβαλλε στην απομόνωση υπέρτερων ως προς την απόδοση ατομικών φυτών εντός τοπικών ή ξενικών πληθυσμών φακής από τους οποίους προέκυψαν αντίστοιχα οι ποικιλίες «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» (Kargiotidou et al., 2014) και «ΕΛΠΙΔΑ» (Βλαχοστέργιος 2016, Vlachostergios et al., 2018) και η ποικιλία βίκου «ΛΕΩΝΙΔΑΣ» (Βλαχοστέργιος, 2016). Μάλιστα η ποικιλία «ΕΛΠΙΔΑ» βρίσκεται στη σποροπαραγωγή από το 2017 και καλλιεργείται από τους αγρότες της χώρας μας.

## Η εφαρμογή της κυψελωτής μεθόδολογίας στο ρεβίθι

Η ανωτέρω μεθοδολογία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο ρεβίθι από τον Ηλιάδη (1998), ο οποίος μελέτησε την επίδραση της πυκνότητας σποράς (απουσία ανταγωνισμού, μέτριος αλλοανταγωνισμός, έντονος αλλοανταγωνισμός) στην επιλογή μεταξύ και εντός οικογενειών, την αποτελεσματικότητα των κριτηρίων επιλογής σε επίπεδο ατομικού φυτού σε σχέση με τις συνθήκες αξιολόγησης και το περιβάλλον (ευνοϊκό-δυσμενές) στο οποίο θα πρέπει να εγκαθίσταται το προς μελέτη γενετικό υλικό ώστε να μεγιστοποιείται η αποτελεσματικότητα της επιλογής. Σύμφωνα με τους Piadis et al. (2003), η αξιολόγηση ατομικών φυτών ή και ολόκληρων σειρών στο ρεβίθι είναι αποτελεσματική τόσο στη συνθήκη του «μέτριου ανταγωνισμού» (30cm φυτό από φυτό) όσο και «απουσία ανταγωνισμού» (100cm φυτό από φυτό) απόσταση, με την μεσαία απόσταση μεταξύ των φυτών να είναι αποτελεσματικότερη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Βλαχοστέργιος, Δ. (2016). Φακή «ΕΛΠΙΔΑ» και βίκος «ΛΕΩΝΙΔΑΣ». Δυο νέες ποικιλίες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κατάλληλες και για τη γεωργία μειωμένων εισροών. Βιβλίο πρακτικών 16ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρίας Γενετικής Βελτίωσης Φυτών. 28-30 Σεπτεμβρίου 2016, Φλώρινα, σελ. 96.

Ηλιάδης, Κ. (1998). Αξιολόγηση βελτιωτικής μεθοδολογίας για δημιουργία γενετικού υλικού ρεβιθιών (*Cicer arietinum* L.). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2012). Ειδική γεωργία. *Σιτηρά και Ψυχανθή*. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 551-567.

Ρουπακιάς, Δ.Γ. (2010). Βελτίωση φυτών. University Studio Press. ISBN 978-960-12-1.

Τοκατλίδης Ι. 2007. Βελτίωση Φυτών. *Αρχές & Μεθοδολογία*. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Τσαυτάρης, Α. (1995). Βελτίωση Φυτών Αρχές και Μέθοδοι. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## Διεθνής Βιβλιογραφία

Abbo, S., Shtienberg, D., Lichtenzveig, J. et al. (2003). The chickpea, summer cropping, and a new model for pulse domestication in the ancient near east. *The Quarterly Review of Biology*, 78: 435–448.

Aykroyd, W.K., Doughty, J. (1964). Legumes in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 125.

Basu, P.S., Ali, M., Chaturvedi, S.K. (2009). Terminal heat stress adversely affects chickpea productivity in Northern India—strategies to improve thermotolerance in the crop under climate change. In W3 Workshop Proceedings. *Impact Climate Change on Agriculture*, 189–193.

Batzios, D.P. and D.G. Roupakias. (1997). HONEY: A microcomputer program for honeycomb design analysis. *Crop Science*, 37: 744-747.

Batzios, D.P., D.G. Roupakias, U. Kechagia & S. Galanopoulou-Sendouca. (2001). Comparative efficiency of honeycomb and conventional pedigree methods of selection for yield and fiber quality in cotton (*Gossypium* spp.). *Euphytica*, 122: 203–211.

Bhatty, R.S. (1995). Comparisons of good and poor cooking lentils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68:489-496. doi:10.1002/jsfa.2740680413.

Blum, A. (1988). Plant Breeding for Stress environments. CRC Press Florida, p 212.

Bolanos, J., Edmeades, G.O., (1996). The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research*, 48: 65–80.

Bouhadida, M., Benjannet, R., Madrid, E. et al. (2013). Efficiency of marker-assisted selection in detection of *Ascochyta* blight resistance in Tunisian chickpea breeding lines. *Phytopathologia Mediterranea*, 52: 202–211.

Brim, C.A. (1966). A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Science*, 6: 220.

Canci, H., Toker, C. (2009). Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 19, 47–54. doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00345.x.

Castro, P., Rubio, J., Madrid, E. et al. (2013). Efficiency of marker-assisted selection for *Ascochyta* blight in chickpea. *Journal of Agricultural Science*, doi:10.1017/S0021859613000865.

- Castro, P., Rubio, J., Millán, T. et al. (2012a). Fusarium wilt in chickpea: general aspect and molecular breeding. In: Ferrari Rios T, Reyes E (eds) Fusarium epidemiology, environmental sources and prevention. *Nova Science*, Hauppauge, pp 101–122.
- Chatzoglou, T., Tokatlidis, I.S. (2012). Decision on germplasm choice to apply breeding within a local population of common vetch is affected by crowding. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10: 752–755.
- Chavan, J.K., Kadam, S.S., Beuchat, L.R. (1989). Nutritional Improvement of Cereals by Sprouting. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28: 401-437.
- Chen, W., Dugan, F.M., McGee, R. (2014). First report of dodder (*Cuscuta pentagona*) on chickpea (*Cicer arietinum*) in the United States. *Plant Disease Journal*, 98: 165.
- Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., Khan, T.N. (2005). Chickpea improvement in Southern Australia: breeding for tolerance to chilling at flowering. *Indian Journal of Pulses Research*, 18: 1–8.
- Collard, B.C.Y., Mackill, D.J. (2008). Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 557–572.
- Croser, J.S., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M. et al. (2003). Low temperature stress: implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22: 185–219.
- Devasirvatham, V., Gaur, P. M., Mallikarjuna, N., Tokachichu, R.N., Trethowan, R.M., Tan, D. K. (2012). Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments. *Functional Plant Biology*, 39: 1009–1018. doi: 10.1071/FP12033.
- Evans, L.T. (1980). The natural history of crop yield. *American Scientists*, 68: 388-397.
- Fageria, N.K. (1992). Maximizing crop yields. Marcel Dekker Inc., New York. pp. 274.
- Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S. S., et al. (2017). Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203: 81–102. doi: 10.1111/jac.12169
- Farooq, M., Hussain, M., Siddique, K.H.M. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33: 331–349. doi: 10.1080/07352689.2014.875291



- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 153–188.
- Fasoula V.A. (2006) Component analysis of the crop yield potential optimizes selection efficiency and unravels the evolution of the maize ideotype. Increasing efficiency of Maize Breeding in the Genomic Era: The A.C. Fasoulas International Symposium. C.E.R.T.H Conference Center. Thessaloniki Greece.
- Fasoula V.A. (2008) Two novel whole-plant field phenotyping equations maximize selection efficiency. Modern Variety Breeding for Present and Future Needs. *Editorial Universidad Politecnica de Valencia*, Spain p.361-365.
- Fasoula, V.A., Fasoula, D.A. (2000). Honeycomb breeding: principles and applications. *Plant Breeding Reviews*, 18: 177–250.
- Fasoula, V.A., Fasoula, D.A. (2002). Principles underlying genetic improvement for high and stable crop yield potential. *Field Crop Research*, 75: 191–209.
- Fasoula, V.A., Thomson, K.C., Mauromoustakos, A. (2019). The Prognostic Breeding Application JMP Add-In Program. *Agronomy*, 9: 25.
- Fasoula, V.A., Tokatlidis, I.S. (2012). Development of crop cultivars by honeycomb breeding. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 161– 180. doi:<https://doi.org/10.1007/s13593-011-0034-0>.
- Fasoulas, A. (1981). Principles and methods of plant breeding. Dept of genetics and Plant Breeding. Publ. No 11, Aristolellian University of Thessaloniki, Greece.
- Fasoulas, A.C. (1988). The honeycomb methodology of plant breeding. A.C. Fasoulas. P.O. Box 1555, GR-54006, Thessaloniki 17,Greece.
- Fasoulas, A.C. (1993). Principles of Crop Breeding. Thessaloniki. Greece.
- Fleury, D., Jefferies, S., Kuchel, H., Langridge, P. (2010). Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61: 3211–3222. doi: 10.1093/jxb/erq152.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). FAOSTAT Statistical Database of the United Nation Food and Agriculture Organization (FAO) statistical division. Rome.

- Garg, R., Bhattacharjee, A., Jain, M. (2015). Genome-scale transcriptomic insights into molecular aspects of abiotic stress responses in chickpea. *Plant Molecular Biology Reporter*, 33: 388–400.
- Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., Knights, E.J. et al. (2007). Breeding achievements. In: Yadav SS, Redden R, Chen W, Sharma B (eds) Chickpea breeding and management. CABI, Wallingford, pp 391–416.
- Gaur, P.M., Jukanti, A.K., Varshney, R.K. (2012). Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. *Agronomy Journal*, 2: 199–221.
- Gaur, P.M., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. (2008). Improving drought-avoidance root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.): current status of research at ICRISAT. *Plant Production Science*, 11: 3–11.
- Gaur, P.M., Pande, S., Upadhyaya, H.D. et al. (2006). Extra-large kabuli chickpea with high resistance to Fusarium wilt. *Chickpea Pigeonpea Newsletter*, 13: 5–7.
- Goldwasser, Y., Miranda Sazo, M.R., Lanini, W.T. (2012a). Control of field dodder (*Cuscuta campestris*) parasitizing tomato with ALS-inhibiting herbicides. *Weed Technology*, 26: 740–746.
- Goldwasser, Y., Miryamchik, H., Sibony, M. et al. (2012b) Detection of resistant chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to *Cuscuta campestris* (field dodder). *Weed Research*, 52: 122–130.
- Goulden, CH. (1941). Problem in plant selection. Proc. Seventh Int. Genetical Congress (1939). Edinburg. Pp 132-133.
- Grafius, J.E. (1965). Short cuts in plant breeding. *Crop Science*, 5: 377.
- Gunes, Aa, Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., Guzeldoru, T. (2006). Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and postanthesis stages and its relationship with nutrient uptake and efficiency. *Plant Soil and Environment*, 52: 368–376.
- Hamblin, J., Knight, R., Atkinson, M.J. (1978). The influence of systematic micro-environmental variation on individual plant yield within selection plots. *Euphytica*, 27:497–503.

- Iliadis, C.G., Roupakias, D.G., Goulas, C.K. (2003). Effectiveness of honeycomb selection for yield superiority at three interplant distances: a field simulation study using chickpea (*Cicer arietinum* L.) inbred lines. *Euphytica*, 133: 299–311.
- Intiaz, M., Materne, M., Hobson, K. et al. (2008) Molecular genetic diversity and linked resistance to *Ascochyta* blight in Australian chickpea breeding materials and their wild relatives. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59: 554–560.
- Jha, U. C., Jha, R., Bohra, A., Parida, S. K., Kole, P. C., Thakro, V., et al. (2018b). Population structure and association analysis of heat stress relevant traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Biotech*, 8(1): 43. doi: 10.1007/s1320.
- Kadiyala, M.D.M., Kumara Charyulu, D., Nedumaran, S., Shyam, D.M., Gumma, M. K., Bantilan, M.C.S. (2016). Agronomic management options for sustaining chickpea yield under climate change scenario. *Journal of Agrometeorology*, 18: 41–47.
- Kargiotidou A., Vlachostergios, D., Tzantarmas, C., Mylonas, I., Foti, C., Menexes, G., Polidoros, A., Tokatlidis, I. (2016). Addressing huge spatial heterogeneity induced by virus infections in lentil breeding trials. *Journal of Biological Research*, 23:2. <https://doi.org/10.1186/s40709-016-0039-6>.
- Kargiotidou, A., Chatzivassiliou, E., Sinapidou, E., Papageorgiou, A., Skaracis, G., Tokatlidis, I.S. (2014). Selection at ultra-low density highlights plants escaping virus infection and leads towards high-performing pure-line cultivars in lentil. *The Journal of Agricultural Science*, 152:749–758.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Upardhyaya, H. D., Krishna, H., Chandra, S., Vadez, V., et al. (2005). Genetic variability of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 146: 213–222. doi: 10.1007/s10681-005-9007-1.
- Kaur, M., Singh, N. and Sodhi, N.S. (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69: 511-517.
- Kaushal, N., Bhandari, K., Siddique, K. H., Nayyar, H. (2016). Food crops face rising temperatures: An overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. *Cogent Food & Agriculture*, 2: 1–42. doi: 10.1080/23311932.2015.1134380

- Kobraee, S., Shamsi, K., Rasekhi, B. (2010). Investigation of correlation analysis and relationships between grain yield and other quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9: 2342–2348.
- Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Basu, P.S. et al. (2011). Large genetic variation for heat tolerance in the reference collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources*, 9: 59–69.
- Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Gaur, P. M., Upadhyaya, H. D., and Vadez, V. (2010). Sources of tolerance to terminal drought in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) minicore germplasm. *Field Crops Research*, 119: 322–330. doi: 10.1016/j.fcr.2010.08.002.
- Kumar, J. and Abbo, S. (2001). Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. *Advances in Agronomy*, 72: 107–138. doi: 10.1016/S0065-2113(01)72012-3.
- Kumar, S., Thakur, P., Kaushal, N., Malik, J. A., Gaur, P., Nayyar, H. (2013). Effect of varying high temperatures during reproductive growth on reproductive function, oxidative stress and seed yield in chickpea genotypes differing in heat sensitivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59: 823–843. doi: 10.1080/03650340.2012.683424
- Ladizinsky, G., Adler, A. (1976). The origin of chickpea *Cicer arietinum*. *Euphytica*, 25: 211–217.
- Ludlow, M.M., Muchow, R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 43: 107–153.
- Madrid, E., Chen, W., Rajesh, P.N. et al. (2013). Allele-specific amplification for the detection of Ascochyta blight resistance in chickpea. *Euphytica*, 189: 183–190.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 580–585.
- Malhotra, R.S., Bejiga, G., Anbessa, Y. et al. (2007). Registration of ‘Ejere’: a Kabuli chickpea cultivar. *Crop Science*, 1: 112.
- Malhotra, R.S., Singh, K.B., Vito, M. et al. (2002). Registration of ILC 10765 and ILC 10766 chickpea germplasm lines resistant to cyst nematode. *Crop Science*, 42(5): 1756.

- Maliro, M.F.A., McNeil, D., Kollmorgen, J. et al. (2004). Screening chickpea (*Cicer arietinum* L.) and wild relatives germplasm from diverse country sources for salt tolerance. In: Proc of the international crop science congress, Brisbane, Australia, 26–1 October.
- Malunga, L.N., Bar-El, S.D., Zinal, E., Berkovich, Z., Abbo, S., Reifen, R. (2014). The potential use of chickpeas in development of infant follow-on formula. *Nutrition Journal*, 13(1): 8. doi:10.1186/1475-2891-13-8.
- Manchanda, G., Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 595–618.
- Margheim, J.F., Baltensperger, D., Wilson, R.G., et al. (2004). Chickpea Production in High Plains. University of Wyoming, Bulletin B1153. Mantri, N.L., Ford, R., Coram, T.E., Pang, E.C.K. (2010). Evidence of unique and shared responses to major biotic and abiotic stresses in chickpea. *Environmental and Experimental Botany*, 69: 286-292.
- Mauromoustakos, A., Fasoula, V.A., Thompson, K. (2006). Honeycomb designs computing and analysis. International Biometric Society, Eastern North American Region, Tampa, FL. 26– 29 Mar. 2006.
- Mauromoustakos, A.; Thompson, K.C.; Fasoula, V.A. Honeycomb Designs Addin; JMP Discovery Summit: Frankfurt, Germany, 2018.
- Meena, H.P. and Kumar, J. (2012). Relative efficiency of different breeding methods for improvement of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Legume*, 25(3): 165-170.
- Merga, B., Haji, J. (2019). Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1).
- Millan, T., Madrid, E., Cubero, J.I., Amri, M., Castro, P., Rubio, J. (2015). Chickpea In: De Ron, A.M. (ed) Grain Legumes. 10: 85-109.
- Millan, T., Madrid, E., Imtiaz, M. et al. (2013). Disease resistance in chickpea in translational genomics for crop breeding Volume 1-Biotic Stress. Wiley-Blackwell, Oxford, pp 201–209.
- Moreno, M.T., Cubero, J.I. (1978). Variation in *Cicer arietinum* L. *Euphytica*, 27: 465–485.
- Nielsen, D.C. (2001). Production functions for chickpea, field pea, and lentil in the Central Great Plains. *Agronomy Journal*, 93: 563–569.

- Ninou, E.G., Mylonas, I.G., Tsivelikas, A., Ralli, P., Dordas, C., Tokatlidis, I.S. (2014) Wheat landraces are better qualified as potential gene pools at ultraspaced rather than densely grown conditions. *The Scientific World Journal*.
- Ntanos, D. & D. Roupakias. (2001). Comparative efficiency of two breeding methods for yield and quality in rice. *Crop Science*, 41: 345– 350.
- Pande, S., Galloway, J., Gaur, P.M. et al. (2006c) Botrytis grey mould of chickpea: a review of biology, epidemiology, and disease management. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 1137–1150.
- Pande, S., Ramgopal, D., Kishore, G.K. et al. (2006b). Evaluation of wild *Cicer* species for resistance to Ascochyta blight and botrytis gray mold in controlled environment at ICRISAT, Patancheru, India. *ICRISAT 2*(1).
- Pande, S., Sharma, M., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L. (2010). Host plant resistance to ascochyta blight of chickpea. *ICRISAT Information Bulletin No. 82*.
- Pande, S., Siddique, K.H.M., Kishore, G.K. et al. (2005). Ascochyta blight of chickpea biology, pathogenicity and disease management. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 317–332.
- Papadopoulos, I.I., Tokatlidis, I.S. (2011). A novel statistic estimated in the absence of competition to foresee genotype performance at farming conditions parallels the agronomic concept of stability. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 822–830.
- Pearman, G. (2005). Prance, Ghilleen; Nesbitt, Mark (eds.). *The Cultural History of Plants*. Routledge. p. 143.
- Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upardhyaya, H.D., Vadez, V., Varshney, R.K. (2016). Shoot traits and their relevance in terminal drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Research*, 197: 10–27. doi:10.1016/j.fcr.2016.07.016
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F. (2011). Drought Stress Effects on Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence and Water Relations in Tolerant and Susceptible Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia*, 53(1): 47-56.
- Ramgopal, D., Srivastava, R.K., Pande, S. et al. (2012). Introgression of Botrytis gray mold resistance gene from *Cicer reticulatum* and *C. echinospermum* to chickpea. *Plant Genetic Resources*, 11: 212–216.

- Rani, A., Devi, P., Jha, U.C., Sharma, K.D., Siddique, K.H.M., Nayyar, H. (2020). Developing Climate-Resilient Chickpea Involving Physiological and Molecular Approaches With a Focus on Temperature and Drought Stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1759.
- Richards, R.A. (1978). Response in Rapeseed (*Brassica campestris* and *Br. napus*). I. Assesement of Environments for maximum selection response in grain yield. *Euphytica*, 27: 609-615.
- Roman, B., Satovicb, Z., Alfaro, C. et al. (2007) Host differentiation in *Orobanche foetida* Poir. *Flora*, 202: 201–208.
- Roupakias, D., Zesopoulou, A., Kazolea S., Dalkalitses, G., Mavromatis, A., Lazaridou, T. (1997). Effectiveness of early generation selection under two plant densities in faba bean (*Vicia faba* L.). *Euphytica*, 93: 63–70.
- Rubiales, D., Sillero, J.C., Moreno, M.T. (1999). Resistance to *Orobanche crenata* in chickpea. In: Cubero JI, Moreno MT, Rubiales D, Sillero JC (eds) Resistance to *orobanche*: the state of the art. Junta de Andalucia, Sevilla, pp 55–62.
- Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., Malhotra, R.S. (2006). Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition. *Indian Journal of Crop Science*, 1: 70–73.
- Salimath, P.M., Toker, C., Sandhu, J.S. et al. (2007). Conventional breeding methods In: Yadav SS, Redden R, Chen W, Sharma B (eds) Chickpea breeding and management. CABI, Wallingford, pp 369–390.
- Saxena, N.P., Sethi, S.C., Krishnamurthy, L., Johansen, C., Haware, M.P. (1995). Physiological approaches to genetic improvement of drought resistance in chickpea. In: Pages IXA: 1–6 in Proceedings of the InterDrought 95, Montpellier, France, Genetique et Amelioration des Plantes, INRA, 2 Place Viala, 34060 Montpellier cedex France.
- Serraj, R., Sinclair, T.R. (2002). Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant, Cell and Environment*, 25: 333–341.
- Sharma, K.D., Muehlbauer, F.J. (2007). Fusarium wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. *Euphytica*, 157: 1–14.
- Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Regan, K.L., Jettner, R.L. (1999). Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 375–388. doi: 10.1071/A98096

- Singh G., Chen W., Moore M., Sharma Y. R., Gan Y. (2007). Diseases and their management, in Chickpea Breeding and Management, eds Yadav S. S., Redden R. J., Chen W., Sharma B. (Wallingford: CAB International), 497–519.
- Singh, K. B., Malhotra, R. S., and Saxena, M. C. (1995). Additional sources of tolerance to cold in cultivated and wild Cicer species. *Crop Science*, 35: 1491–1497. doi:10.2135/cropsci1995.0011183X003500050037x.
- Singh, K.B. (1987). Chickpea breeding. In: Saxena MC, Singh KB (eds) The chickpea. CABI, Wallingford, pp 127–162.
- Singh, N.P., Shiv, S., Iquebal, M.A. et al. (2009). Improved varieties of chickpea in India. Technical Bulletin, IIPR, Kanpur.
- Singh, S., Gumber, R.K., Joshi, N. et al. (2005). Introgression from wild *Cicer reticulatum* to cultivated chickpea for productivity and disease resistance. *Plant Breeding*, 124: 477–480.
- Sinha, S. K. (1977). Food Legumes: Distribution, Adaptability and Biology of Yield. FAO Plant Production and Protection Paper Number 3. Rome: FAO.
- Stefaniak, T., McPhee, K. (2017). Comparison of hybridization techniques in chickpea. *Crop Science*, 57(2): 843-846.
- Taran, B., Warkentin, T.D., Vandenberg, A. (2013). Fast track genetic improvement of Ascochyta blight resistance and double podding in chickpea by marker-assisted backcrossing. *Theoretical and Applied Genetics*, 126: 1639–1647.
- Tardieu, F., Simonneau, T., Muller, B. (2018). The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review of Plant Biology*, 69: 733–759. doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040218
- Thudi, M., Chitkineni, A., Liu, X., He, W., Roorkiwal, M., Yang, W., et al. (2016). Recent breeding programs enhanced genetic diversity in both desi and kabuli varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Scientific Reports*, 6: 1–10. doi: 10.1038/srep38636
- Tokatlidis, I., Vlachostergios, D. (2016) Sustainable stewardship of the landrace diversity. *Diversity*.
- Tokatlidis, I.S., Has, V., Melidis, V., Has, I., Mylonas, I., Evgenidis, G., Compandean, A., Ninou, E., Fasoula, V. (2011). Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource use efficiency in rainfed and irrigated conditions. *Field Crops Research*, 120: 345–351.



- Tokatlidis, I.S., Koutsika-Sotiriou, M., Fasoulas, A.C. (2001). The development of density independent maize hybrids. *Maydica*, 46:21–25.
- Tokatlidis, I.S., Koutsika-Sotiriou, M., Tamoutsidis, E. (2005). Benefits from using maize density-independent hybrids. *Maydica*, 50: 9–17.
- Tokatlidis, I.S., Papadopoulos, I.I., Baxevanos, D., Koutita, O. (2010) GxE effects on single-plant selection at low density for yield and stability in climbing dry bean. *Crop Science*, 50: 775–783.
- Turner, B.L., Richardson, A.E., Mullaney, E.J. (2007). Inositol Phosphates: Linking Agriculture and the Environment. CAB International, Wallingford, UK, p 304.
- Upadhyaya, H. D., Kashiwagi, J., Varshney, R. K., Gaur, P. M., Saxena, K. B., Krishnamurthy, L., et al. (2012). Phenotyping chickpeas and pigeonpeas for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, 3: 1–10.
- Varshney, R. K., Gaur, P. M., Chamarthi, S. K., Krishnamurthy, L., Tripathi, S., Kashiwagi, J., et al. (2016). Fast-track introgression of “QTL-hotspot” for root traits and other drought tolerance trait in JG 11, an elite and leading variety of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Plant Genome*, 6: 1–9. doi: 10.3835/plantgenome2013.07.0022
- Varshney, R. K., Thudi, M., Roorkiwal, M., He, W., Upadhyaya, H. D., Yang, W., et al. (2019). Resequencing of 429 chickpea accessions from 45 countries provides insights into genome diversity, domestication and agronomic traits. *Nature Genetics*, 51: 857–864. doi: 10.1038/s41588-019-0401-3
- Varshney, R.K., Mohan, S.M., Gaur, P.M. et al. (2014a). Marker-assisted backcrossing to introgress resistance to Fusarium wilt race 1 and Ascochyta blight in C214, an elite cultivar of chickpea. *The Plant Genome*, 7: 1–11.
- Varshney, R.K., Thudi, M., Nayak, S.N., Gaur, P.M., Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Jaganathan, D., Koppolu, J., Bohra, A., Tripathi, S. et al. (2014). Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 127: 445–462.
- Vlachostergios, D.N., Lithourgidis, A.S., Baxevanos, D., Mavromatis, A., Noulas, C., Roupakias, D. (2018). Evaluation of lentil varieties and farming system effect on seed damage and yield loss due to bruchid infestation. *Crop and Pasture Science*, 69: 387-394.

Vlachostergios, N.D., Lithourgidis, A.S., Roupakias, D.G. (2011). Effectiveness of single-plant selection at low density under organic environment: a field study with lentil. *Crop Science*, 51: 41–51.

Wang, J., Gan, Y., Clarke, F., McDonald, C.L. (2006). Response of Chickpea Yield to High Temperature Stress during Reproductive Development. *Crop Science*, 46(5): 2171-2178.

Williams, P.C., Nakoul, H., Singh, K.B. (1983). Relationship Between Cooking Time and Some Physical Characteristics in Chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34: 492-496.

Wood, J.A., Grusak, M.A. (2007). Nutritional value of chickpea. *Chickpea Breeding and Management*, 101–142.

Zohary, D., Hopf, M., Weiss, E. (2012). Domestication of plants in the old world, 4th edn. Oxford University Press, Oxford.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

## Επιλογή Ατομικών Φυτών με Σκοπό τη Δημιουργία Ποικιλιών Ανεκτικών στις Ξηροθερμικές Συνθήκες

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αποτελέσει τον κυριότερο περιοριστικό παράγοντα για τις καλλιέργειες, καθώς θα οδηγήσει σε αύξηση της ξηρασίας και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την ανάπτυξη της κατάλληλης μεθοδολογίας βελτίωσης με σκοπό τη δημιουργία νέων ποικιλιών με υψηλή απόδοση και ικανότητα ανοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες, που λόγω της εξελισσόμενης κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει μεγάλο διεθνές ερευνητικό ενδιαφέρον. Σε αυτό το πείραμα έγινε προσπάθεια ανάπτυξης γενοτύπων, μέσα από πληθυσμούς, ανεκτικών στις ξηροθερμικές συνθήκες. Για την προσομοίωση των ξηροθερμικών συνθηκών έγινε σπορά εκτός εποχής (off-season). Την 1<sup>η</sup> χρονιά έγινε σπορά 13 αρχικών πληθυσμών σε κυψελωτή διάταξη (R-13) σε δύο εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης για τα δεδομένα της Ελλάδας και μία εκτός εποχής, και σε δύο αποστάσεις σποράς, μία στα 30 cm (μέτριος ανταγωνισμός) απόσταση μεταξύ των φυτών και μία στα 100 cm απόσταση (μηδενικός ανταγωνισμός) φυτό από φυτό. Ακολούθησε επιλογή του καλύτερου φυτού από τον κάθε αρχικό πληθυσμό για το κάθε ένα από τα 4 κυψελωτά πειράματα. Την 2<sup>η</sup> χρονιά του πειράματος έγινε σπορά και πάλι κυψελωτών πειραμάτων (R-16) (δύο περίοδοι σποράς και δύο αποστάσεις σποράς), όπου χρησιμοποιήθηκαν τα επιλέγοντα φυτά της 1<sup>ης</sup> χρονιάς. Σε αυτά προστέθηκαν ακόμα 3 αρχικοί πληθυσμοί. Ακολούθησε επιλογή των 5 πέντε καλύτερων ατομικών φυτών από τον κάθε πληθυσμό για το κάθε ένα από τα 4 κυψελωτά πειράματα. Την 3<sup>η</sup> χρονιά του πειράματος έγινε σπορά 4 RCBD πειραμάτων (ένα για τον κάθε συνδυασμό εποχή σποράς x απόσταση σποράς). Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών (εκτός εποχής σπορά) οδήγησε σε σημαντική μείωση της απόδοσης. Με βάση την απόδοση των σειρών και με τη χρήση ορισμένων δεικτών έγινε εκτίμηση της αντοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες. Η σειρά 14, η οποία προέκυψε από τον πληθυσμό Λήμνος, επέδειξε την μεγαλύτερη ανεκτικότητα, γεγονός που την καθιστά ως ένα πολύ αξιόλογο γενετικό υλικό για τις μελλοντικές δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες. Παράλληλα, μελετήθηκε και το τελικό ύψος των φυτών, το οποίο επηρεάστηκε αρνητικά από τις ξηροθερμικές συνθήκες.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η, εν εξελίξει, κλιματική αλλαγή έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της ξηρασίας και αύξηση της συχνότητας των ακραίων θερμοκρασιών (υψηλών  $>30^{\circ}\text{C}$  και χαμηλών  $<15^{\circ}\text{C}$ ) (Gaur et al., 2013). Τέτοιες συνθήκες οδηγούν στη μείωση της παραγωγής και συνεπώς καθιστούν τις κλιματολογικές συνθήκες ως ένα πολύ σοβαρό, αν όχι τον πιο σοβαρό, περιοριστικό παράγοντα (Kadiyala et al., 2016). Επιπλέον, η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών κατά το στάδιο της βλάστησης, που είναι και το πιο ευαίσθητο στάδιο (Richards, 1978), έχει αρνητική επίπτωση τόσο στο τελικό ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων (Haouari et al., 2013), όσο και στην μετέπειτα ανάπτυξη του και συγκεκριμένα στο σχηματισμό του ριζικού συστήματος και του βλαστού (Yucel et al., 2010). Σε παγκόσμια κλίμακα η ξηρασία προκαλεί μείωση της παραγωγής της τάξης του 45-50% (Ahmad et al., 2005; Thudi et al., 2014). Θερμοκρασίες μεγαλύτερες των  $35^{\circ}\text{C}$  κατά το αναπαραγωγικό στάδιο μπορούν να οδηγήσουν μέχρι και σε ολοκληρωτική απώλεια της παραγωγής (Canci & Toker, 2009), ενώ θερμοκρασίες μεγαλύτερες των  $30^{\circ}\text{C}$  οδηγούν σε μείωση του βάρους και του αριθμού των σπόρων (Kobraee et al., 2010). Σύμφωνα με τα παραπάνω κρίνεται αναγκαία η απελευθέρωση στην αγορά ποικιλιών που να χαρακτηρίζονται από προσαρμοστικότητα στις ξηροθερμικές συνθήκες.

Παρά τις συνεχείς προσπάθειες για ενίσχυση της παραγωγής των καλλιεργειών, η αύξηση αυτή είναι μικρή κυρίως λόγω της επίδρασης διάφορων αβιοτικών παραγόντων με πρωτεύουσες τις αλλαγές στο κλίμα προς πιο ξηροθερμικές συνθήκες (Lipiec et al., 2013). Οι έρευνες που έχουν γίνει για το φαινόμενο αυτό δείχνουν την έκταση αλλά και την αρνητική επίδραση που έχει στις καλλιέργειες, σε όλα τα μέρη του κόσμου (Knox et al., 2012). Η υπερθέρμανση του πλανήτη μας έχει οδηγήσει σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά  $1,2^{\circ}\text{C}$  κατά την τελευταία δεκαετία και εκτιμάται ότι αυτή η αύξηση θα έχει φτάσει τους  $3^{\circ}\text{C}$  μέχρι το 2.100 μ.Χ. (Schneider et al., 2007). Αυτές οι αυξημένες θερμοκρασίες οδηγούν σε υψηλότερους ρυθμούς εξατμισοδιαπνοής, μείωση της εδαφικής υγρασίας και εν τέλει μείωση των φυσιολογικών διεργασιών των φυτών. Συνεπώς, οι ξηροθερμικές συνθήκες έχουν μετατραπεί σε ένα παγκόσμιο φαινόμενο και εξακολουθούν να παίζουν έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των φυτών τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

### **Βελτίωση για ανοχή/αντοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες**

Η καλλιέργεια του ρεβιθιού συχνά αντιμετωπίζει τις καταπονήσεις της ξηρασίας και των υψηλών θερμοκρασιών, ταυτόχρονα, προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και ειδικά όταν πρόκειται για εκτός εποχής (όψιμη) σπορά (De Ron, 2015). Η κλιματική αλλαγή

επιφέρει αύξηση της συχνότητας της εμφάνισης του παραπάνω συνδυασμού καταπονήσεων. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντική η ανάπτυξη ποικιλιών ρεβιθιού που θα εμφανίζουν αντοχή στη συνδυασμένη καταπόνηση ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών. Η αντοχή και στις δύο καταπονήσεις, στο καλαμπόκι, διαχωρίζεται, γενετικά, από την αντοχή στην κάθε καταπόνηση ξεχωριστά, καθώς η αντοχή σε μία από τις δύο καταπονήσεις δεν συνείσφερε στην αντοχή στον συνδυασμό των δύο καταπονήσεων (Cairns et al., 2013).

Οι αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες, προκαλούν σημαντική μείωση στην απόδοση του ρεβιθιού, ειδικά όταν τα φυτά εκτίθενται σε αυτές κατά το στάδιο της άνθισης ή/και του γεμίσματος των λοβών. Επιπλέον, οι αβιοτικές καταπονήσεις προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις της απόδοσης από χρονιά σε χρονιά. Συνεπώς, οι εισαγωγή νέων μεθόδων και ο συνδυασμός τους θα οδηγήσει σε αύξηση της αποτελεσματικότητας και μείωση του απαιτούμενου χρόνου της βελτιωτικής διαδικασίας και παράλληλα θα διασφαλίσει τη γρήγορη επίτευξη γενετικού κέρδους ακόμα κάτω από συνθήκες καταπόνησης.

#### *Χρήση των άγριων ειδών*

Είναι επιτακτική ανάγκη της χρήσης μεγαλύτερης γενετικής παραλλακτικότητας στα βελτιωτικά προγράμματα με σκοπό την ανάπτυξη ποικιλιών με αυξημένη αντοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις. Τα άγρια είδη είναι γνωστό ότι φέρουν χαρακτηριστικά που τα βοηθούν να επιβιώνουν σε δυσμενή περιβάλλοντα. Ωστόσο, ο διειδικός υβριδισμός περιορίζεται στη χρήση μόνο δύο ειδών, του *C. reticulatum* και του *C. echinospermum*, τα οποία μπορούν εύκολα να διασταυρωθούν με μία ποικιλία (Gaur et al., 2010). Έχουν αναπτυχθεί καινοτόμες προσεγγίσεις όπως το MAGIC (Multiparent Advanced Generation Intercross) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το συνδυασμό επιθυμητών γονιδίων για αντοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις και άλλα χαρακτηριστικά (Bandillo et al., 2013; Huang et al., 2015). Κατά αυτό τον τρόπο το Ινστιτούτο ICRISAT κατάφερε να αναπτύξει αρκετές καθαρές σειρές που χαρακτηρίζονται από αντοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες.

#### *Κλασική βελτίωση*

Η χρήση συμβατικών μεθόδων βελτίωσης, όπως οι επαναδιασταυρώσεις, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στα βελτιωτικά προγράμματα για την εισαγωγή νέων χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη νέων ποικιλιών με προσαρμοστικότητα σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Τις τελευταίες πέντε δεκαετίες, έχει σημαντική πρόοδος όσον αφορά την απόδοση, μέσω της κλασικής βελτίωσης, συνεισφέροντας στην ανάπτυξη περισσότερων από 200 ποικιλιών ρεβιθιού με αντοχή στις κυριότερες βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις (Chatuverdi et al., 2014). Επιπλέον, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την εκτίμηση της ανοχής, πολλών

γενοτύπων, στην ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες, ταυτόχρονα, με σκοπό την αναγνώριση γενοτύπων που εμφανίζουν συνδυαστική ανθεκτικότητα. Οι Canci και Toker (2009) μελέτησαν 377 γενοτύπους ρεβιθιού, με σκοπό την εκτίμηση της ανοχής τους στις ξηροθερμικές συνθήκες. Για να επιτευχθεί η έκθεση των γενοτύπων σε ξηρασία και υψηλές θερμοκρασίες, ταυτόχρονα, πραγματοποίησαν σπορά 2 μήνες αργότερα από την κανονική εποχή σποράς, για τα κλιματολογικά δεδομένα της Τουρκίας. Γενικά, οι γενότυποι που ανήκαν στη κατηγορία «desi» εμφάνισαν αυξημένη ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες σε σχέση με τους γενοτύπους που ανήκαν στη κατηγορία «kabuli». Δύο «desi» γενότυποι, ο γενότυπος ACC 316 και ο γενότυπος ACC 317, παρουσίασαν αυξημένη ανοχή στην ξηρασία και τη ζέστη (>40°C).

Οι συμβατικές μέθοδοι βελτίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη επιτυχία για χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν υψηλή κληρονομικότητα (Choudhary et al., 2018). Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά που προσφέρουν αντοχή/ανοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις, συνεπώς και στις ξηροθερμικές συνθήκες, παρουσιάζουν πολύ χαμηλή κληρονομικότητα και επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση γενοτύπου x περιβάλλοντος. Συνεπώς, η επιτυχία των συμβατικών μεθόδων για την βελτίωση σε ξηροθερμικές συνθήκες φαίνεται να είναι περιορισμένη.

Για την αύξηση της προσαρμοστικότητας και της απόδοσης είναι αναγκαία η χρήση των συμβατικών μεθόδων σε συνδυασμό με καινούργιες προσεγγίσεις έτσι ώστε να μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια τα μορφολογικά, τα φυσιολογικά και τα βιοχημικά χαρακτηριστικά που εξηγούν πολύπλοκες αποκρίσεις των φυτών όπως είναι η ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες (Kumar et al., 2019).

#### *Βελτίωση με τη χρήση μοριακών δεικτών*

Μοριακές στρατηγικές βελτίωσης μπορούν να εφαρμοστούν με στόχο χαρακτηριστικά που έχουν χαμηλή κληρονομικότητα και συμβάλουν στην αντοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες, καθώς πλέον υπάρχει μεγαλύτερη κατανόηση της σύνδεσης μεταξύ των μοριακών δεικτών και των μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών (Gupta et al., 2010). Γενετικές προσεγγίσεις όπως η επιλογή υποβοηθούμενη από μοριακούς δείκτες και οι επαναδιασταυρώσεις υποβοηθούμενες από μοριακούς δείκτες μπορούν να συμβάλουν στην εισαγωγή φαινοτυπικών χαρακτηριστικών, όπως χαρακτηριστικά της ρίζας, μειώνοντας τον χρόνο αλλά και τον εξοπλισμό που απαιτείται.

Έχουν βρεθεί τέσσερα γονίδια με διαφορετική δράση, το *efl-1* (Kumar & van Rheenen, 2000), το *efl-2* (Or et al., 1999), το *efl-3* (Hedge, 2010) και το *efl-4* (Gaur et al., 2015) και πολλά QTL, που εμπλέκονται στον έλεγχο της άνθισης (Lichtenzveig et al., 2006; Daba et al.,

2016; Malikajurna et al., 2017). Τα παραπάνω γονίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες για την άνθιση, ενώ οι γονιδιωματικές περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βελτίωση για ανάπτυξη πρώιμων ποικιλιών που θα αποφεύγουν τις αβιοτικές καταπονήσεις που, ενδεχομένως, θα προκύψουν στη συνέχεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ωστόσο, οι έρευνες που αφορούν τη γονιδιωματική περιοχή που συνδέεται με την αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες είναι πολύ περιορισμένες (Thudi et al., 2014; Mugabe et al., 2019).

### **Επίδραση της έλλειψης υγρασίας στην καλλιέργεια του ρεβιθιού**

Οι καλλιέργειες συχνά εκτίθενται σε καταπονήσεις έλλειψης υγρασίας (ξηρασία) και υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες επιφέρουν, σε παγκόσμια κλίμακα, μεγάλη μείωση της παραγωγής (Lipiec et al., 2013). Η επίδραση του συνδυασμού των δύο αυτών αβιοτικών καταπονήσεων στην απόδοση πολλών καλλιεργειών είναι ισχυρότερη από την επίδραση της κάθε καταπόνησης ξεχωριστά (Dreesen et al., 2012; Rollins et al., 2013). Η έλλειψη νερού προκαλείται από την ανεπάρκεια των βροχοπτώσεων να καλύψουν τις υδατικές ανάγκες της καλλιέργειας, με αποτέλεσμα την αδυναμία επίτευξης υψηλών αποδόσεων (Wahid et al., 2007; Sekhon et al., 2010; Vadez et al., 2011; 2012). Η ξηρασία σχετίζεται με αλλαγές στις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες και όχι με το φυτό και την αφυδάτωση των ιστών. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι η ξηρασία κατά το αναπαραγωγικό στάδιο μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα επιβλαβής για τις αναπαραγωγικές διαδικασίες όπως η άνθιση και η γονιμοποίηση και επιπλέον, μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργίες στα αναπαραγωγικά όργανα όπως στην γονιμότητα και την βιωσιμότητα της γύρης (Leport et al., 1998; 1999; Pang et al., 2017). Ξηρασία κατά τα νεαρά στάδια της ζωής του φυτού προκαλεί μείωση στο μέγεθός του (Siddique et al., 1999). Επίσης, ξηρασία κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών οδηγεί σε αύξηση του αμπισσικού οξέος, η οποία προκαλεί την αποκοπή των λοβών και έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες στην παραγωγή (Pang et al., 2017).

### **Επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών στην καλλιέργεια του ρεβιθιού**

Η καταπόνηση από υψηλές θερμοκρασίες ορίζεται ως η αύξηση της θερμοκρασίας, πέρα από ένα συγκεκριμένο επίπεδο, για μία περίοδο αρκετά μεγάλη ώστε να προκαλέσει μόνιμη ζημιά όσον αφορά το μέγεθος και την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η καταπόνηση των υψηλών θερμοκρασιών μειώνει το μέγεθος των φυτών σε όλα τα φαινολογικά στάδια, ωστόσο το αναπαραγωγικό στάδιο θεωρείται ως το πιο ευαίσθητο στις ακραίες θερμοκρασίες (Sita et al., 2017). Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά το αναπαραγωγικό στάδιο οδηγούν σε: 1) μείωση του αριθμού των ανθών, 2) αυξημένη πτώση των ανθών, 3) στειρότητα της γύρης, 4) μειωμένη γονιμότητα και δεκτικότητα του στίγματος, 5) ανωμαλίες στις ωοθήκες, 6) μειωμένη



κινητικότητα των προϊόντων της φωτοσύνθεσης στους σπόρους και 7) μειωμένο αριθμό και βάρος σπόρων (Devasirvatham et al., 2012; Devasirvatham et al., 2013; Kaushal et al., 2013). Οι αρνητικές επιπτώσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση, την διάρκεια και τον ρυθμό της αύξησης της θερμοκρασίας (Wahid et al., 2007). Η αύξηση της εδαφικής θερμοκρασίας έχει ακόμα πιο δυσμενή αποτελέσματα όταν συνοδεύεται από ξηρασία, η οποία επιφέρει περαιτέρω μείωση της εδαφικής υγρασίας (Simoes-Araujo et al., 2003; Sekhon et al., 2010). Οι συνέπειες των παραπάνω καταπονήσεων ενισχύονται από την προοδευτική και αναμενόμενη υπερθέρμανση του πλανήτη και συνεπώς την, εν εξελίξει, κλιματική αλλαγή.

### **Μηχανισμοί ανοχής/αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες**

Η ανοχή ή ακόμη και η αντοχή του ρεβιθιού στις υψηλές θερμοκρασίες συνδέεται με υψηλότερα επίπεδα αντιοξειδωτικών και οσμολυτών (Kaushal et al., 2011), τα οποία διατηρούν την ακεραιότητα των μεμβρανών, προστατεύουν τα μακρομόρια και συντηρούν τον μεταβολισμό, οδηγώντας στον εγκλιματισμό στις υψηλές θερμοκρασίες (Rani et al., 2020). Η ζημιά από τις υψηλές θερμοκρασίες εξαρτάται, κυρίως, από την ανταπόκριση του αμυντικού συστήματος των φυτών και από το βλαστικό στάδιο στο οποίο βρίσκονται κατά την έκθεση τους στις συνθήκες καταπόνησης (Farooq et al., 2017). Τα φυτά του ρεβιθιού έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς για να αποφύγουν ή να αντέξουν την καταπόνηση των υψηλών θερμοκρασιών (Wery et al., 1993; Toker et al., 2007). Τα φύλλα για να αποφύγουν την αυξημένη θερμοκρασία αλλάζουν προσανατολισμό, μειώνουν την διαπνοή και αντανακλούν το φως (Wery et al., 1993). Η πρωιμότητα είναι ένα χαρακτηριστικό που έχει συνδεθεί με μειωμένες απώλειες στην παραγωγή μέσω της αποφυγής (escape) της κρίσιμης περιόδου (Jumrani et al., 2017). Οι Krishnamurthy et al. (2011) ανέπτυξαν μία απλή μέθοδο για την εκτίμηση, στον αγρό, της ανοχής στις υψηλές θερμοκρασίες η οποία περιλαμβάνει την αξιολόγηση εκτός εποχής σποράς, η οποία βασίζεται στην έκθεση των φυτών σε υψηλές θερμοκρασίες (>35°C) κατά το αναπαραγωγικό στάδιο.

### **Δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες**

Για την εκτίμηση της ανοχής/αντοχής ενός γενοτύπου στην καταπόνηση σε ξηροθερμικές συνθήκες έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετοί δείκτες, οι οποίοι βασίζονται στην συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης του γενοτύπου σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Οι Rosielle & Hamblin (1981) όρισαν την ανοχή στην καταπόνηση (TOL) ως τη διαφορά στην απόδοση ανάμεσα στο περιβάλλον καταπόνησης (Ys) και στο κανονικό περιβάλλον (Yp). Επιπλέον, όρισαν τη μέση παραγωγικότητα (MP) ως τη μέση απόδοση των Ys και Yp. Οι Fischer και Maurer (1978) πρότειναν ένα δείκτη ευαισθησίας στην καταπόνηση (SSI) για τις

ποικιλίες. Ο Fernandez (1992) όρισε έναν εξελιγμένο δείκτη (STI= δείκτης ανεκτικότητας στην καταπόνηση), ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση γενοτύπων που έχουν υψηλή παραγωγικότητα τόσο σε συνθήκες καταπόνησης όσο και σε κανονικές συνθήκες. Ένας άλλος τρόπος βασισμένος στην απόδοση, για την εκτίμηση της ανοχής στην καταπόνηση είναι ο γεωμετρικός μέσος όρος (GMP). Ο GMP συχνά χρησιμοποιείται από τους βελτιωτές τους οποίους ενδιαφέρει η σχετική απόδοση, καθώς η ένταση της καταπόνησης στον αγρό μπορεί να διαφέρει από χρονιά σε χρονιά (Ramirez & Kelly, 1998). Το άριστο κριτήριο θα πρέπει να ξεχωρίζει τους γενοτύπους, οι οποίοι επιδεικνύουν ομοιόμορφη υπεροχή και στα δύο περιβάλλοντα από τους γενοτύπους ο οποίοι παρουσιάζουν υψηλή απόδοση μόνο στο ένα περιβάλλον. Σύμφωνα με τους Guttieri et al. (2001) δείκτης SSI μεγαλύτερος ή μικρότερος του 1 εκφράζει αντίστοιχα ανώτερη ή κατώτερη του μέσου όρου ευαισθησία στην καταπόνηση. Ανάμεσα στους προαναφερθέντες δείκτες ο TOL και ο SSI αντιπροσωπεύουν μία σχετικά μεγαλύτερη ευαισθησία στην καταπόνηση, συνεπώς επιθυμητές είναι οι όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές αυτών των δύο δεικτών. Η επιλογή με βάση αυτά τα δύο κριτήρια ευνοεί τους γενοτύπους με χαμηλό παραγωγικό δυναμικό σε συνθήκες χωρίς καταπόνηση και με υψηλή παραγωγή σε συνθήκες καταπόνησης. Αντίθετα, οι Golabadi et al. (2006) και Siosemardeh et al. (2006) πρότειναν τους δείκτες MP, GMP και STI ως κατάλληλους για την διενέργεια επιλογής για ανοχή/αντοχή στην ξηρασία, σε περιβάλλοντα παρουσίας και απουσίας ανταγωνισμού.

### **Ο ρόλος των φυσιολογικών χαρακτηριστικών στην προσαρμοστικότητα των φυτών στις ξηροθερμικές συνθήκες**

Τα φυτά για να ανταπεξέλθουν στις δυσμενείς ξηροθερμικές συνθήκες επιστρατεύουν διάφορους μηχανισμούς για την αποφυγή ή την αντοχή (Levitt, 1972). Τα κυριότερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά που εμπλέκονται στην προσαρμοστικότητα των φυτών στις ξηροθερμικές συνθήκες χωρίζονται στα εγγενή και τα επίκτητα (Sreeman et al., 2018). Στα εγγενή συγκαταλέγονται χαρακτηριστικά όπως η στοματική αγωγιμότητα (Liu et al., 2003), ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Purushothaman et al., 2016), το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (Mafakheri et al., 2010), η αποτελεσματική χρήση του νερού (Kashiwagi et al., 2006b) και χαρακτηριστικά που αφορούν το ριζικό σύστημα (Kashiwagi et al., 2006b), και τα χαρακτηριστικά του (Kashiwagi et al., 2015; Zaman-Allah et al., 2011b; Purushothaman et al., 2015). Στα επίκτητα συγκαταλέγονται χαρακτηριστικά όπως η συσσώρευση προλίνης (Macar & Ekmekci, 2009; Mafakheri et al., 2010), η ρύθμιση του αμπισσικού οξέος (Pang et al., 2017) και η παραγωγή διάφορων αντιοξειδωτικών ενζύμων (Macar & Ekmekci, 2009).

## **Επίδραση των ξηροθερμικών συνθηκών στα αγροκομικά χαρακτηριστικά**

Το σημαντικότερο αγροκομικό χαρακτηριστικό για την καλλιέργεια του ρεβιθιού είναι η απόδοση σε σπόρο. Επιπλέον, ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το ύψος των φυτών. καθώς σύμφωνα με πολλές έρευνες (Biabani et al., 2011; Kayan & Adak, 2012; Kanouni et al., 2012; Randhawa et al., 2014), συσχετίζεται θετικά με την απόδοση των φυτών. Σύμφωνα με τους Shamsi et al. (2010) η επικράτηση συνθηκών ξηρασίας οδηγεί σε μειωμένη κυτταρική διαίρεση, που έχει ως συνέπεια το μειωμένο ύψος φυτών, ενώ τέτοιες συνθήκες κατά το κρίσιμο στάδιο του γεμίσματος των λοβών μπορούν να μειώσουν την απόδοση μέχρι και 50% (Sabaghpour et al., 2006). Ένας εξίσου σημαντικός, με την ξηρασία, περιοριστικός παράγοντας είναι και οι υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους Devasirvatham et al. (2013) η καταπόνηση υψηλών θερμοκρασιών, όπως παρατηρήθηκε σε πειράματα εκτός εποχής σποράς (off-season), οδήγησε σε σημαντική μείωση τόσο της απόδοσης όσο και του ύψους των φυτών. Επίσης, οι Kaushal et al. (2013) διαπίστωσαν σημαντική μείωση στην απόδοση και στο τελικό ύψος των φυτών, λόγω της επικράτησης υψηλών θερμοκρασιών κατά το αναπαραγωγικό στάδιο, ενώ οι Lopez Bellido & Fuentes (1990) ανέφεραν ότι η θερμοκρασία επηρέασε το μέγεθος του σπόρου, καθώς την χρονιά κατά την οποία οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες το μέγεθος του σπόρου ήταν μικρότερο. Επιπλέον, στην ίδια έρευνα μελετήθηκε και η επίδραση που έχει η πυκνότητα σποράς στην ποιότητα του σπόρου. Ωστόσο, μεταξύ των 9 διαφορετικών πυκνοτήτων σποράς που μελετήθηκαν, οι οποίες κυμάνθηκαν από 16,6 φυτά/m<sup>2</sup> έως 63,6 φυτά/m<sup>2</sup> δεν φάνηκε να υπήρχε σημαντική διαφορά όσον αφορά την ποιότητα του σπόρου.

### **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της εργασίας ήταν:

- A) η διερεύνηση του παραγωγικού δυναμικού των 14 πληθυσμών σε σχέση με 2 εμπορικές ποικιλίες
- B) η αξιολόγηση της επίδρασης της πυκνότητας σποράς ως προς την αποτελεσματικότητα επιλογής σε σχέση με τις δυο εμπορικές ποικιλίες
- Γ) η διερεύνηση της επίδρασης των αυξημένων συνθηκών καταπόνησης λόγω υψηλών θερμοκρασιών και έλλειψης υγρασίας (ξηροθερμικές συνθήκες), οι οποίες επιτεύχθηκαν με την εκτός εποχής σπορά.

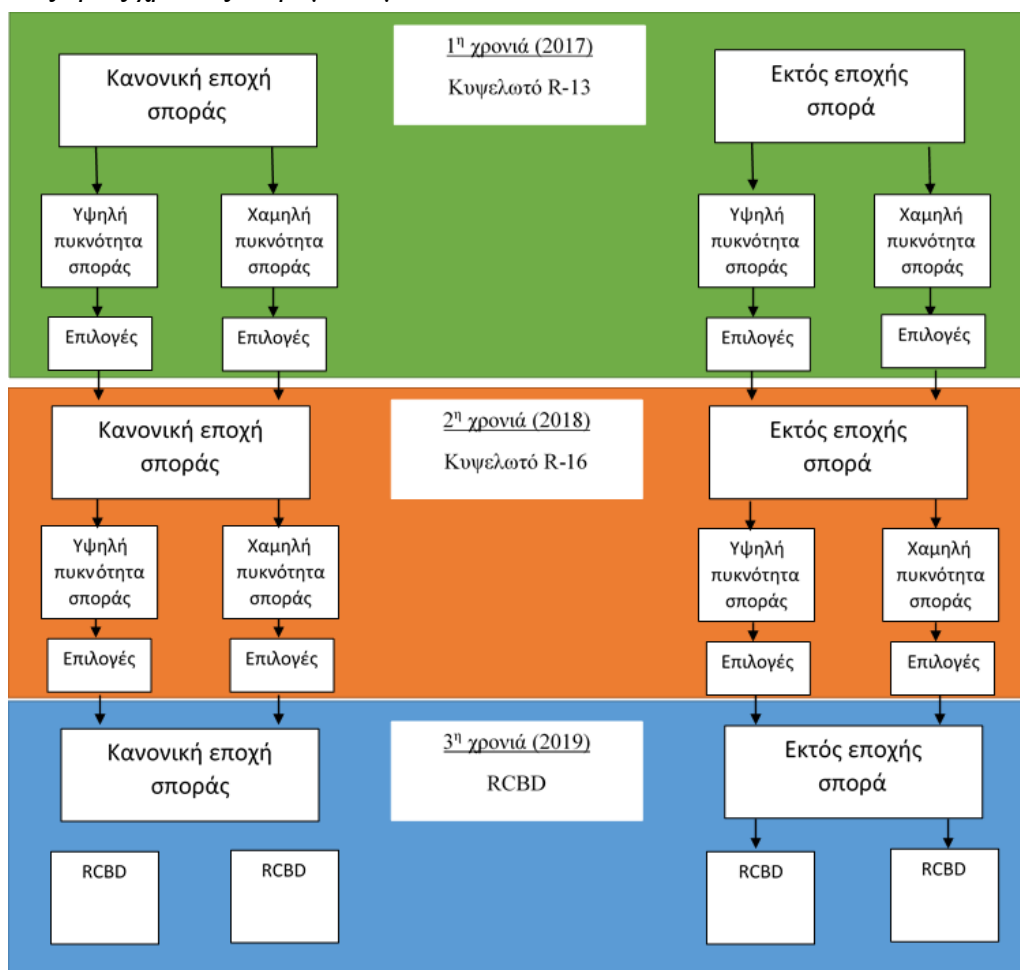
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Πειράματα αγρού

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο κεντρικό αγρόκτημα του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών (IBKΦ) στη Λάρισα (γεωγραφικό πλάτος 39°36'N, γεωγραφικό μήκος 22°25'E). Η εγκατάσταση έγινε σε δύο γειτονικά πειραματικά τεμάχια, ένα για κάθε εποχή σποράς. Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση που έγινε πριν την εγκατάσταση των πειραμάτων το έδαφος ήταν στην κατηγορία C, με pH 7,4, οργανική ουσία 0,8%, άμμο 27%, άργιλο 49%, ιλύς 24%, ενεργό CaCO<sub>3</sub> 2,6% και ηλεκτρική αγωγιμότητα 1405 μS/cm (25°C).

### Πειραματικό σχέδιο

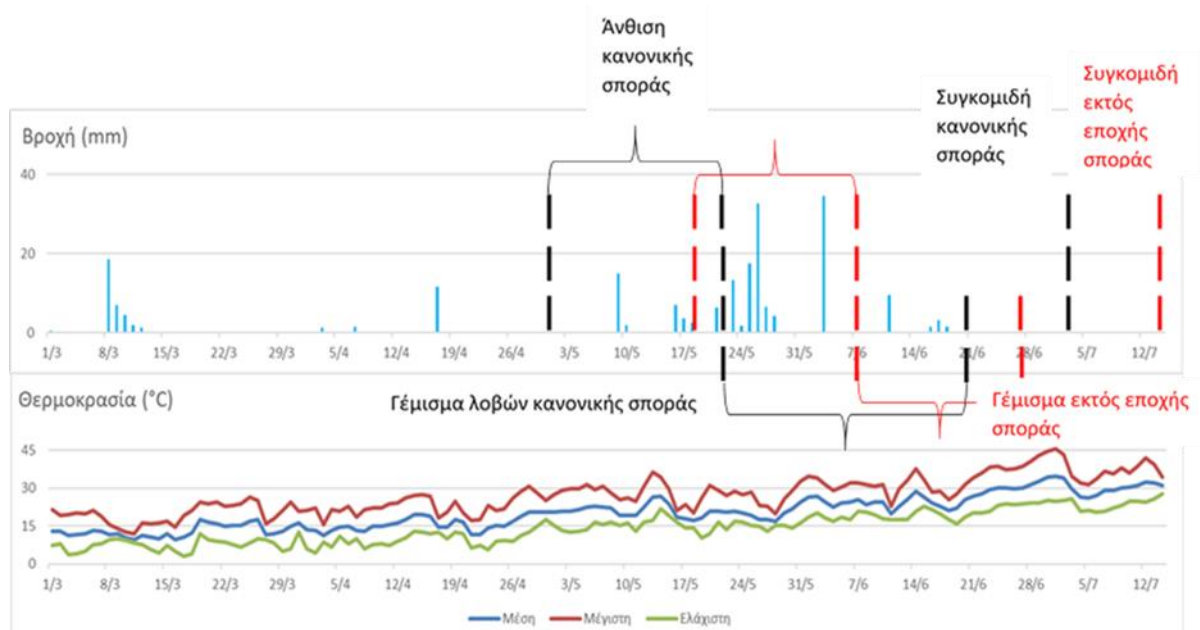
Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε σε κάθε μία από τις τρεις χρονιές πειραματισμού.



Εικόνα 1.1. Σχέδιο διαχρονικής ανάλυση του πειραματισμού.

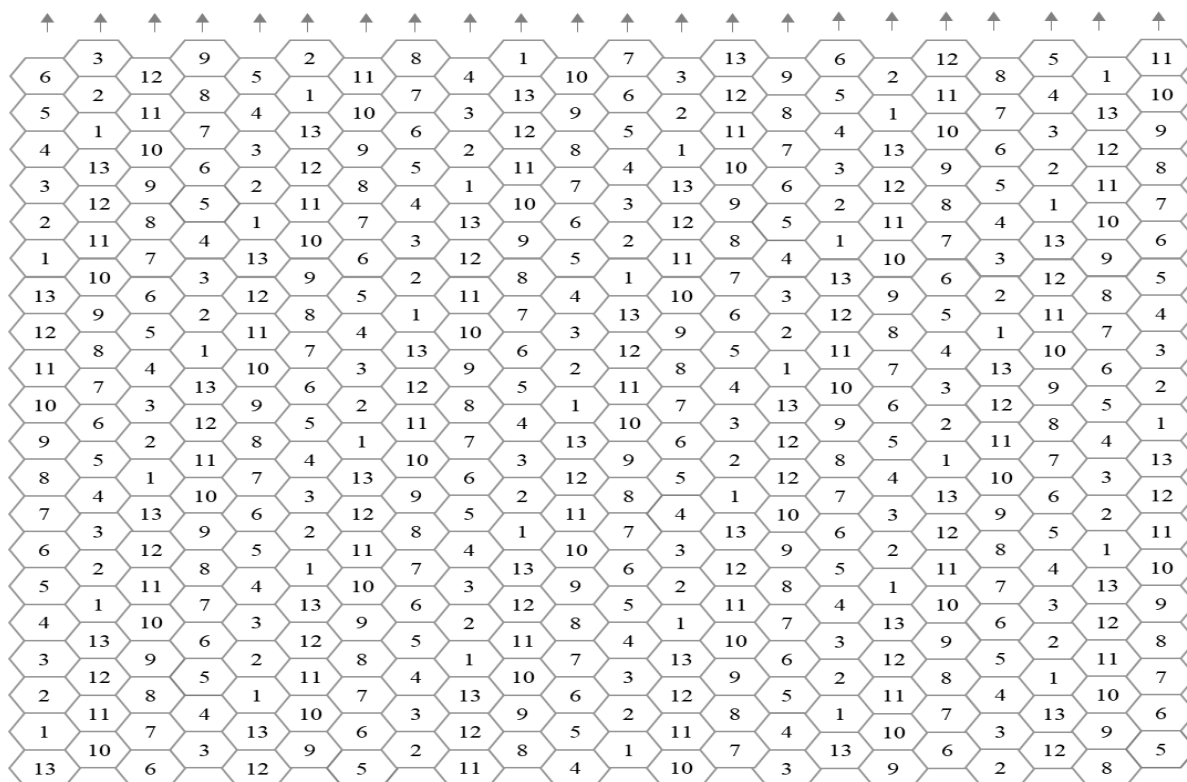
## 1<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού

Κατά την 1<sup>η</sup> χρονιά του πειραματισμού εγκαταστάθηκαν τα πειράματα σε δύο εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης εποχής (24/2/2017) και μία εκτός εποχής (off-season) (24/3/2017) για την επίτευξη των ξηροθερμικών συνθηκών κατά την ανάπτυξη των τελευταίων σταδίων των φυτών. Κατά την εγκατάσταση του πειράματος έγινε εφαρμογή φωσφορικής λίπανσης (0-46-0, 15κιλά/στρ.), ενώ δεν έγινε εφαρμογή εντομοκτόνου σκευάσματος. Για τη διερεύνηση της επίδρασης της πυκνότητας σποράς ως παράγοντα που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του σχήματος επιλογής, κάθε εποχή σποράς περιλάμβανε δύο πυκνότητες σπορές, μία στα 12,8 φυτά/τμ (απόσταση μεταξύ των φυτών 30cm) (Εικόνα 1.3) και μία στα 1,15 φυτά/τμ (απόσταση μεταξύ των φυτών 100cm) (Εικόνα 1.4) που εκφράζει τη συνθήκη της επιλογής απουσία ανταγωνισμού. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το κυψελωτό σχέδιο R-13, διαστάσεων 39m x 19m (100cm) και 12m x 6m (30cm) με 66 επαναλήψεις και με το συνολικό αριθμό των φυτών του πειράματος να είναι 3.432 φυτά (858 φυτά σε κάθε πείραμα). Η χαμηλή πυκνότητα (1,15 φυτά/τμ) εκφράζει την ανάπτυξη σε συνθήκες απουσίας ανταγωνισμού, και έχει το πλεονέκτημα ότι η επιλογή και η αξιολόγηση γίνεται χωρίς την ανεπιθύμητη επίδραση του ανταγωνισμού (Ηλιάδης, 1998). Η υψηλή πυκνότητα (12,8 φυτά/τμ) εκφράζει την ανάπτυξη σε συνθήκες μέτριου ανταγωνισμού, όπου στην αρχή της ανάπτυξης τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς ανταγωνισμό (λόγω της απόστασης σποράς) και κατόπιν αναπτύσσονται υπό συνθήκες μέτριου ανταγωνισμού (Ηλιάδης, 1998). Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της 1<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού. Κατά το στάδιο της άνθισης, στην κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 21,2°C με μέγιστη τιμή τους 36,4°C και η συνολική βροχόπτωση σε αυτό το στάδιο ήταν 36,8mm. Στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 21,7°C και το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης έφτασε τα 117,8mm. Κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στην κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 23°C με μέγιστη τιμή τους 37,7°C και η συνολική βροχόπτωση ήταν 127,6mm. Στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 26°C, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία ήταν >31°C για 14 ημέρες, με το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης να φτάνει τα 16,4mm.



**Σχήμα 1.1.** Μέση, μέγιστη, ελάχιστη θερμοκρασία και βροχόπτωση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017.

Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή, παρουσιάζεται στο Πίνακα 1.1, παραχωρήθηκε από την Τράπεζα Γενετικού Υλικού του ΙΒΚΦ και αποτελούνταν από γενοτύπους που είχαν συλλεχθεί ή δημιουργηθεί από το ΙΒΚΦ ή είχαν εισαχθεί από το εξωτερικό (ICARDA). Το γενετικό υλικό που προερχόταν από την Ελλάδα αποτελούταν από τις ποικιλίες M-15370, E-202, που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες του πειράματος, τις σειρές E-229, Line9/14 και τους πληθυσμούς M-15935, E216 και E210. Το γενετικό υλικό που προερχόταν από το ICARDA αποτελούταν από τους πληθυσμούς CAT16-31, CAT16-27, CAT16-29, CAT16-4 και CAT-26. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ο εμπορικός σπόρος με την ονομασία Macarena. Η διάταξη στον αγρό σύμφωνα με το R-13 κυψελωτό σχέδιο αποτυπώνεται στην Εικόνα 1.2.



**Εικόνα 1.2.** Πειραματικό σχέδιο κυψελωτής μεθοδολογίας R-13 με 22 γραμμές και 40 φυτά/γραμμή.

**Πίνακας 1.1.** Κωδικοποίηση, ονομασία και προέλευση και βάρος 1000 σπόρων του γενετικού υλικού εκκίνησης που αξιολογήθηκε κατά την 1<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού.

Κωδικός	Ονομασία	Προέλευση	Βάρος1000 σπόρων (g)
1	M-15370	Ελλάδα (IBKΦ)	350
2	E-202	Ελλάδα (IBKΦ)	492
3	E-229	Ελλάδα (IBKΦ)	460
4	Macarena	Μεξικό	676
5	CAT16-31	ICARDA	419
6	CAT16-27	ICARDA	395
7	CAT16-29	ICARDA	421
8	CAT16-4	ICARDA	381
9	M-15935	Ελλάδα (IBKΦ)	445
10	Line 9/14	Ελλάδα (IBKΦ)	484
11	CAT-26	ICARDA	348
12	E-216	Ελλάδα (IBKΦ)	168
13	E-210	Ελλάδα (IBKΦ)	165

Περίπου έναν μήνα μετά τη σπορά του κάθε πειράματος έγινε αραίωμα έτσι ώστε σε κάθε θέση σποράς να αντιστοιχεί μόνο ένα φυτό, ενώ παράλληλα, στο κάθε φυτό τοποθετήθηκε ετικέτα στην οποία αναγραφόταν κωδικοποιημένα η θέση του στον αγρό. Η αντιμετώπιση των ζιζανίων και συνεπώς η εξασφάλιση της συνθήκης απουσία ανταγωνισμού από αυτά, μέχρι το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης των φυτών, έγινε με συνεχή σκαλίσματα και βοτανίσματα. Επιπλέον, έγινε προληπτική εφαρμογή κατάλληλου εντομοκτόνου (chlorantraniliprole) για την αντιμετώπιση του πράσινου σκουληκιού (*Helicoverpa armigera*) και καταλλήλου μυκητοκτόνου (azoxystrobin) για την αντιμετώπιση της ασκοχύτωσης (*Aschochyta rabiei*).



**Εικόνα 1.3.** Διάταξη των φυτών στον αγρό σε πειραματικό σχέδιο R-13, σε υψηλή πυκνότητα σποράς (30cm φυτό από φυτό) στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (1<sup>ο</sup> έτος).



**Εικόνα 1.4.** Διάταξη των φυτών στον αγρό σε πειραματικό σχέδιο R-13, σε χαμηλή πυκνότητα σποράς (100cm φυτό από φυτό) στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (1<sup>ο</sup> έτος).

Η συγκομιδή των τεμαχίων που σπάρθηκαν εντός της ενδεδειγμένης εποχής σποράς πραγματοποιήθηκε στις 3 & 4/7/2017, ενώ η συγκομιδή της εκτός εποχής σποράς (off-season) πραγματοποιήθηκε στις 13 & 14/7/2017.

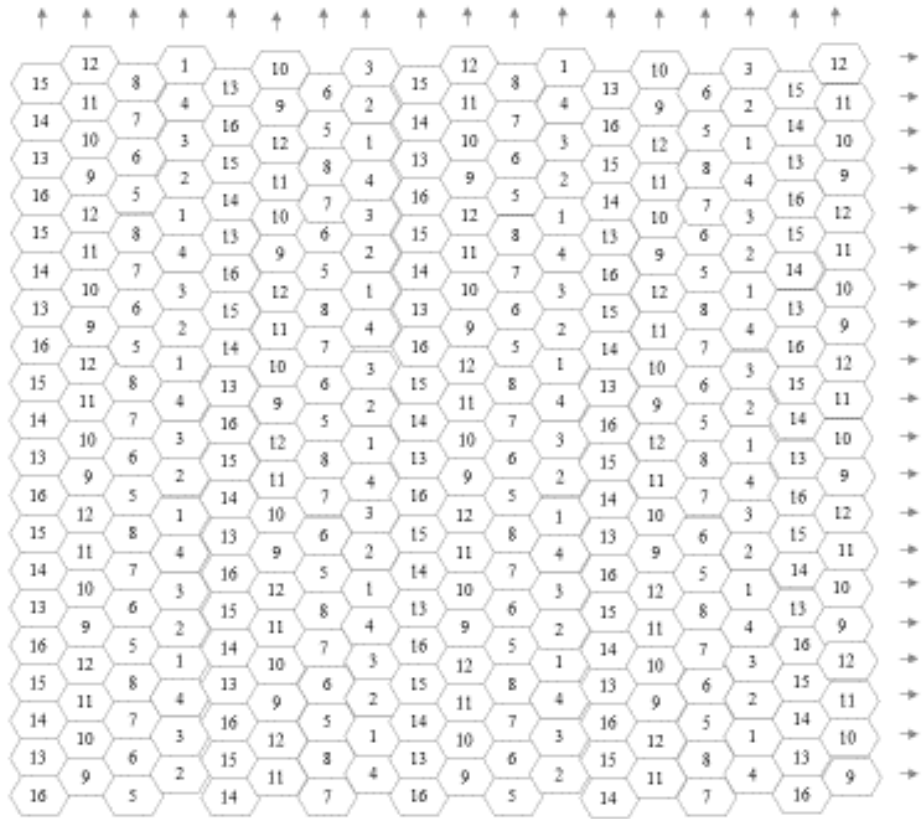
Υπολογίστηκαν η μέση απόδοση των φυτών του κάθε γενοτύπου, το παραγωγικό δυναμικό (Line Crop Yield Potential-LCYP) και ο συντελεστής ομοιόστασης (Coefficient of Homeostasis-CH) για κάθε γενότυπο. Επιπλέον, υπολογίστηκε η απόδοση του κάθε γενοτύπου στον δακτύλιο (CLR). Στην συνέχεια υπολογίστηκαν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά παραγωγής σε επίπεδο ατομικού φυτού. Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν την απόδοση του ατομικού φυτού σε σπόρο, το παραγωγικό δυναμικό του κάθε φυτού (Plant Crop Yield Potential-PCYP) και τη συμπεριφορά του φυτού με βάση τον κινητό δακτύλιο (Coefficient of



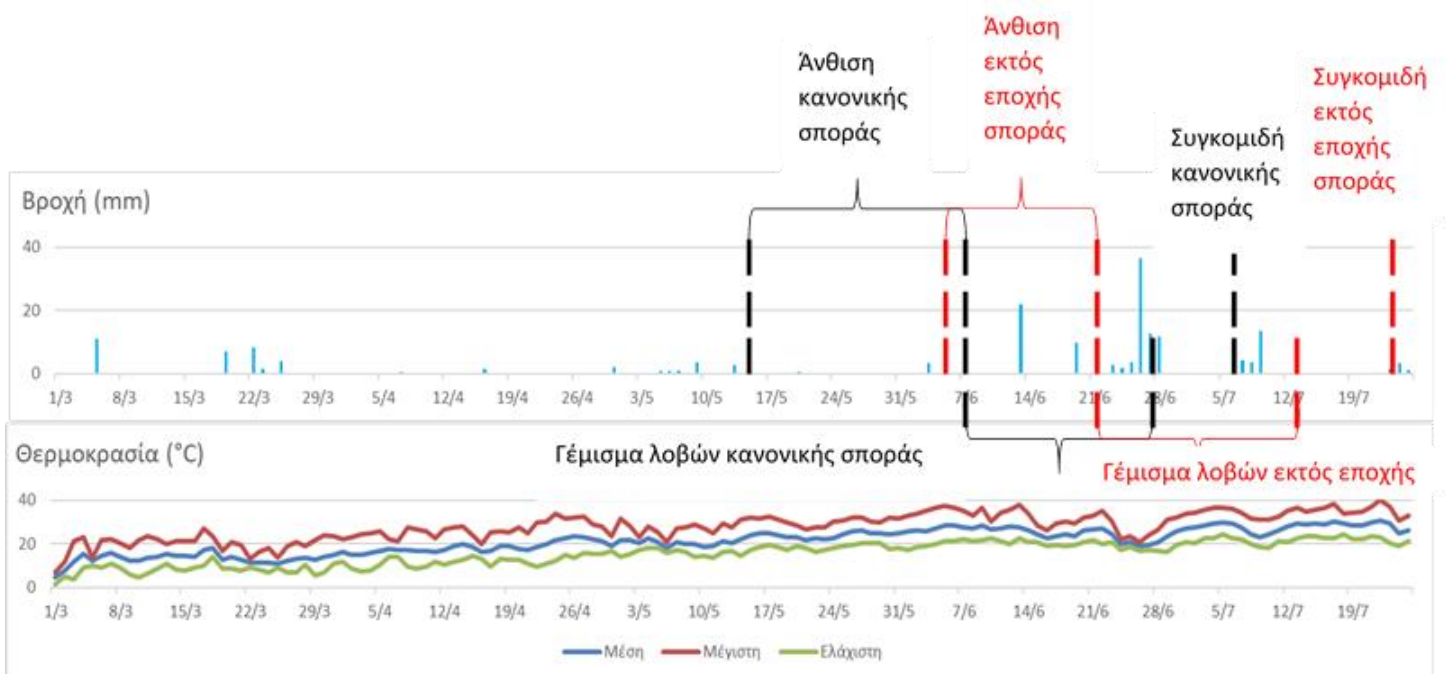
Ring Record-CR). Επιλέχθηκε το υπέρτερο ατομικό φυτού εντός κάθε γενοτύπου, με βάση την τιμή του PCYP ενώ λήφθηκε υπόψη και η απόλυτη τιμή της απόδοσής του, έτσι ώστε η διαθέσιμη ποσότητα σπόρου να επαρκεί για την μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών και για την σπορά της επόμενης καλλιεργητικής χρονιάς.

## 2<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού

Οι επιλογές της 1<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού αξιολογήθηκαν την επομένη χρονιά στις δυο πυκνότητες και δυο εποχές σποράς που μελετήθηκαν και την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση που έγινε πριν την εγκατάσταση των πειραμάτων το έδαφος ήταν στην κατηγορία C, με pH 7,4, οργανική ουσία 0,8%, άμμο 27%, άργιλο 49%, ιλύς 24%, ενεργό CaCO<sub>3</sub> 2,6% και ηλεκτρική αγωγιμότητα 1405 μS/cm (25°C). Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το κυψελωτό σχέδιο R-16, με 60 επαναλήψεις ανά επιλογή και με το συνολικό αριθμό των φυτών του πειράματος να είναι 3.840 φυτά (960 φυτά σε κάθε πείραμα) (Εικόνα 1.5.). Οι διαστάσεις των πειραματικών ήταν: 40m x 21m στη χαμηλή πυκνότητα σποράς (1,15 φυτά/τμ, απόσταση μεταξύ φυτών: 100cm) (Εικόνα 1.7) και 12m x 6,5m στην υψηλή πυκνότητα σποράς (12,8 φυτά/τμ, απόσταση μεταξύ φυτών: 30cm) (Εικόνα 1.6). Οι σπορές έγιναν στις 16/3/2018 και 4/4/2018, για την εντός και εκτός εποχής σπορά (off-season), αντίστοιχα. Κατά τη σπορά έγινε εφαρμογή φωσφορικής λίπανσης (0-46-0, 15κιλά/στρ.) και εφαρμογή κατάλληλου εντομοκτόνου για την αντιμετώπιση της υλέμιας (*Hylemyia cilicrura*). Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της 2<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού. Κατά το στάδιο της άνθισης, στην κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 24,9 °C με μέγιστη τιμή 37,5°C, με το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης να φτάνει τα 4,6mm. Στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 26,3 °C με μέγιστη τιμή 37,8 °C, ενώ το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης ήταν 36mm. Κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στην κανονική εποχής σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 24,5 °C με μέγιστη τιμή 37,8 °C και το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης ήταν 101,2mm. Στην εκτός εποχής σπορά, η μέση θερμοκρασία ήταν 25 °C με τη μέγιστη θερμοκρασία να ξεπερνάει, τους 31 °C για 14 ημέρες και το ύψος της βροχόπτωσης ήταν 0,8mm.



Εικόνα 1.5. Πειραματικό σχέδιο κυψελωτής διάταξης R-16 με 24 γραμμές και 40 φυτά/γραμμή.



Σχήμα 1.2. Μέση, μέγιστη, ελάχιστη θερμοκρασία και βροχόπτωση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018.

Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι 13 επιλογές που προέκυψαν από την επιλογή ατομικών φυτών της προηγούμενης χρονιάς. Σε αυτούς του γενοτύπους προστέθηκαν δυο τοπικοί πληθυσμοί που αποκτήθηκαν από το ΙΒΚΦ κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> έτους, ένας από την Λήμνο και ένας από την Καστοριά, καθώς και μια εμπορική ποικιλία από τον Καναδά (Can-01) (Πίνακας 1.2).

**Πίνακας 1.2.** Κωδικοποίηση των γενοτύπων που αξιολογήθηκαν κατά την 1η χρονιά πειραματισμού.

1	M-15370
2	E-202
3	E-229
4	MACARENA
5	CAT16-31
6	CAT16-27
7	CAT16-29
8	CAT16-4
9	M-15935
10	LINE 9/14
11	CAT-26
12	E-216
13	E-210
14	ΛΗΜΝΟΣ
15	ΚΑΣΤΟΡΙΑ
16	CAN-01



**Εικόνα 1.6.** Διάταξη των φυτών στον αγρό σε πειραματικό σχέδιο R-16, σε υψηλή πυκνότητα σποράς (30cm φυτό από φυτό) στο στάδιο της ωρίμανσης (2<sup>ο</sup> έτος).



**Εικόνα 1.7.** Διάταξη των φυτών στον αγρό σε πειραματικό σχέδιο R-16, σε χαμηλή πυκνότητα σποράς (100cm φυτό από φυτό) στο στάδιο της ωρίμανσης (2<sup>ο</sup> έτος).

Έγιναν οι ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες όπως και την προηγούμενη χρονιά όσον αφορά την ανάπτυξη των ζιζανίων και την φυτοπροστασία απέναντι σε εχθρούς και ασθένειες.

Η συγκομιδή των ατομικών φυτών που σπάρθηκαν εντός της ενδεδειγμένης εποχής σποράς πραγματοποιήθηκε στις 4 & 6/7/2018, ενώ η συγκομιδή της εκτός εποχής σποράς (off-season) πραγματοποιήθηκε στις 20 & 25/7/2018. Τα χαρακτηριστικά παραγωγής και οι δείκτες που μελετήθηκαν ήταν ακριβώς τα ίδια με αυτά που μελετήθηκαν για το πείραμα της προηγούμενης χρονιάς. Επίσης, έγιναν οι ίδιοι υπολογισμοί για την ανάλυση του παραγωγικού δυναμικού (LCYP, CH, CLR) για κάθε γενότυπο και εντός αυτών για κάθε ατομικό φυτό (απόλυτη τιμή της απόδοσης, PCYP και CR). Τελικά, επιλέχθηκαν τα 5 υπέρτερα ατομικά φυτά εντός του κάθε γενοτύπου με το μέγεθος του κινητού δακτυλίου να είναι 36 φυτά (MR= 36) και ο σπόρος των φυτών αυτών αναμίχθηκε ώστε η τελική ποσότητα σπόρου ανά γενότυπο να είναι επαρκής για τα πειράματα πυκνής φύτευσης με επαναλήψεις της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου. Η ανάμιξη του σπόρου των 5 υπέρτερων ατομικών φυτών βασίστηκε στο γεγονός ότι το ρεβίθι αποτελεί αυστηρά αυτογονιμοποιούμενη καλλιέργεια και ότι όλα τα φυτά του κάθε γενοτύπου της 2ης χρονιάς προέρχονται από το ίδιο φυτό. Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων έγινε με το κατάλληλο στατιστικό πρόγραμμα (Honeycomb v.4 εντός του περιβάλλοντος JMP 8) σύμφωνα με τον Mauromoustakos et al. (2006; 2018) .

### **3<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού**

Την 3<sup>η</sup> χρονιά εγκαταστάθηκε ένα πείραμα σε σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων (RCB) με τρεις επαναλήψεις για κάθε εποχή και για κάθε πυκνότητα σποράς (Εικόνα 1.8). Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση που έγινε πριν την εγκατάσταση των πειραμάτων το έδαφος είχε pH 8,1, οργανική ουσία 0,8%, άμμο 32%, άργιλο 45%, ιλύς 23%, ενεργό CaCO<sub>3</sub> 2,6% και ηλεκτρική αγωγιμότητα 753 μS/cm (25°C). Συνολικά το κάθε πείραμα αποτελούταν από 48 πειραματικά τεμάχια. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο αποτελούταν από 3 γραμμές μήκους 2 μέτρων και απόστασης μεταξύ γραμμών 25 εκατοστών (Εικόνα 1.9).

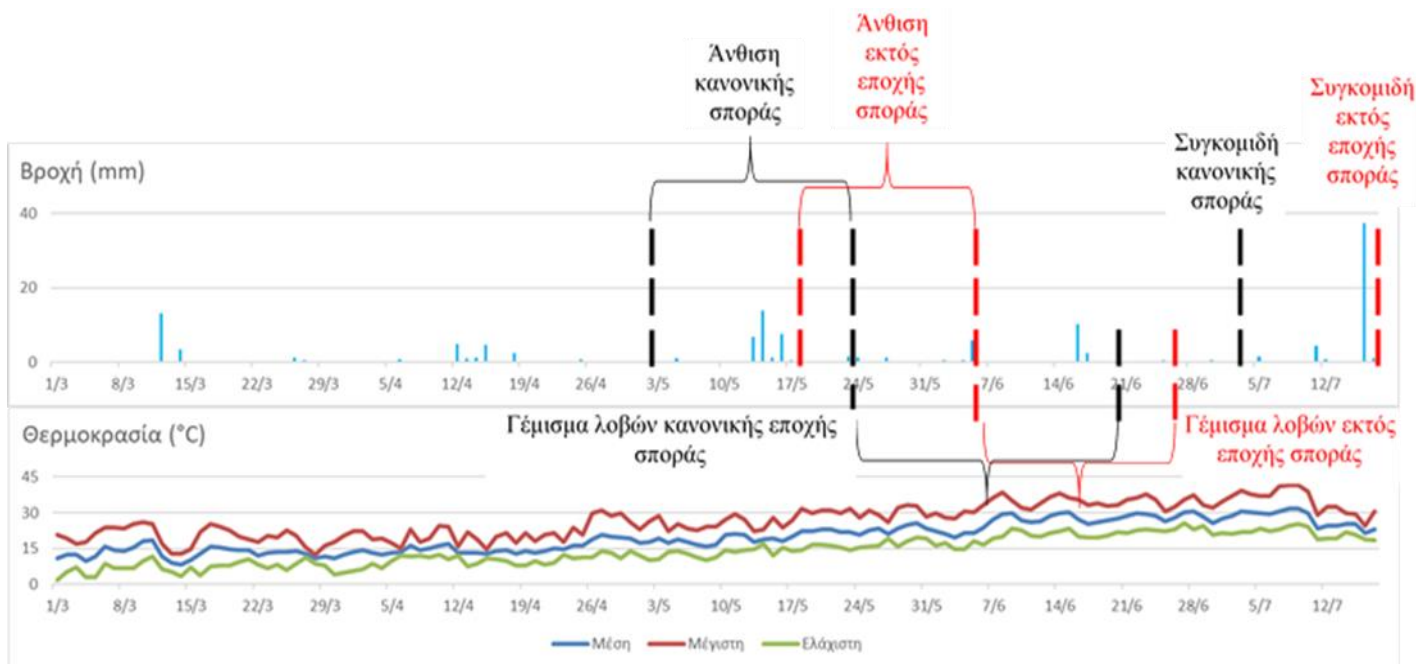
16	4	M-1	12	15	13	7	10	11	5	8	14	6	M-2	3	9	Κωδικός	Γενότυπος
																M-1	M-15370
																M-2	E-202
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	3	E-229
																4	Macarena
10	6	16	9	12	3	15	7	5	M-1	14	4	8	13	M-2	11	5	CAT16-31
																6	CAT16-27
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	7	CAT16-29
																8	CAT164
11	16	4	7	13	6	10	M-1	8	3	9	15	5	14	12	M-2	9	M-15935
																10	Line 9/14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	11	CAT-26
																12	E-216
																13	E-210
																14	Λήμνος
																15	Καστοριά
																16	Can-01

**Εικόνα 1.8.** Πειραματικό σχέδιο RCBD πειραμάτων και αντιστοιχία σειρών με τον αρχικό γενότυπο από τον οποίο προέκυψαν.

Στις 28/2/2019 έγινε η εντός εποχής σπορά 2 πειραμάτων όπου αξιολογήθηκε το γενετικό υλικό που επιλέχθηκε από τις 2 πυκνότητες της κανονικής εποχής σποράς της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου με την συγκομιδή τους να ολοκληρώνεται στις 3/7/2019. Στις 1/4/2019 έγινε η εκτός εποχής σπορά 2 πειραμάτων όπου αξιολογήθηκε το υλικό που επιλέχθηκε από τις 2 πυκνότητες της εκτός εποχής σποράς (off-season) της προηγούμενης χρονιάς και η συγκομιδή τους έγινε στις 16/7/2019. Κατά τη σπορά έγινε εφαρμογή βασικής λίπανσης με 15 κιλά/στρέμμα του λιπάσματος 0-46-0, εφαρμόστηκαν οι προληπτικές καλλιεργητικές φροντίδες για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών όπως και τις προηγούμενες χρονιές. Συγκομίστηκαν τα φυτά της μεσαίας σειράς του κάθε πειραματικού τεμαχίου και οι σπόροι τους χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών και των χαρακτηριστικών της απόδοσης. Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS Statistics v20. Στο Σχήμα 1.3 παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της 3<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού. Κατά το στάδιο της άνθισης, στην κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 19,5 °C με μέγιστη τιμή 31,8°C και το ύψος της βροχόπτωσης έφτασε τα 31,4mm. Στην εκτός εποχής σπορά, η μέση θερμοκρασία σε αυτό το στάδιο ήταν 22,5 °C, με την μέση μέγιστη θερμοκρασία να είναι 30,2 °C για 12 ημέρες και το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης να φτάνει τα 11,4mm. Κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στην κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 25,4°C με μέγιστη τιμή 38,7 °C και το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης ήταν 22,4mm. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 27,8 °C, με την μέση μέγιστη



θερμοκρασία να είναι 34,7 °C με σύνολο ημερών >30°C 22 ενώ το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης έφτασε τα 13,2mm.



Σχήμα 1.3. Μέση, μέγιστη, ελάχιστη θερμοκρασία και βροχόπτωση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019.



Εικόνα 1.9. Διάταξη στον αγρό των 3 επαναλήψεων του RCBD ενός πειράματος.

## Τελικό ύψος φυτών

Κατά το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης των φυτών μετρήθηκε το τελικό τους ύψος (Εικόνα 1.10). Η μέτρηση του χαρακτηριστικού αυτού έγινε με τη χρήση χάρακα και για τον υπολογισμό της μέσης τιμής λήφθηκαν μετρήσεις από τέσσερα φυτά της κεντρικής σειράς του κάθε πειραματικού τεμαχίου.



**Εικόνα 1.10.** Μέτρηση τελικού ύψους των φυτών.

## Δείκτες καταπόνησης ξηροθερμικών συνθηκών

Για την εκτίμηση της ανοχής/ευαισθησίας στην ξηρασία αξιοποιήθηκαν ειδικοί δείκτες για την υδατική καταπόνηση οι οποίοι συνοψίζονται παρακάτω:

- Stress Susceptibility Index  $SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}$  (Fischer & Maurer, 1978)
- Stress Intensity  $SI = 1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)$  (Mohammadi et al., 2011)
- Mean Productivity  $MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$
- Tolerance  $TOL = Y_p - Y_s$  (Rosielle & Hamblin, 1981)

- Geometric Mean Productivity  $GMP = \sqrt{(Yp \times Ys)}$  (Ramirez & Kelly, 1998)
- Stress Tolerance Index  $STI = \frac{(Ys \times Yp)}{(Yp^-)^2}$  (Fernandez, 1992)

Όπου:  $Ys$ = απόδοση της σειράς στις συνθήκες καταπόνησης,  $Yn$ = απόδοση της σειράς στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης,  $Ys^-$ = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες καταπόνησης,  $Yn^-$ = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης.

## Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων των κυψελωτών πειραμάτων της 1<sup>ης</sup> και της 2<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Honeycomb (v.4 εντός του περιβάλλοντος JMP 8), όπου υπολογίστηκαν τα συστατικά των δυο εξισώσεων, της απόδοσης και της σταθερότητας συμπεριφοράς (Mauromoustakos et al., 2018; Fasoula et al., 2019). Για τα δεδομένα της 3<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εκτιμήθηκαν με βάση το κριτήριο του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας  $p \leq 0.05$ . Πραγματοποιήθηκε Cluster analysis χρησιμοποιώντας την μέθοδο του Ward (Ward's Method) για την εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ των γενοτύπων και την κατηγοριοποίηση αυτών. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε Principal Component Analysis για την εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ των δεικτών αντοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες και την κατηγοριοποίηση τους. Όλες οι αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS v.20.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 1<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού

Κατά την κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 37,84g με μέγιστο απόδοσης 132,31g και ελάχιστο 1,61g ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 48,35g, η μέγιστη απόδοση 252,5g και η ελάχιστη 0g. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των γενοτύπων ήταν 25,53 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 67,4%. Αντίστοιχα στην χαμηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των γενοτύπων ήταν 44,61 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 92,2% (Πίνακας 1.3). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ποσοστό φυτρώματος ήταν χαμηλό και στις δυο πυκνότητες σποράς γεγονός που οφείλονταν στην προσβολή από το έντομο υλέμια που ακολουθήθηκε από δευτερογενή προσβολή από μύκητες εδάφους. Η προσβολή από την

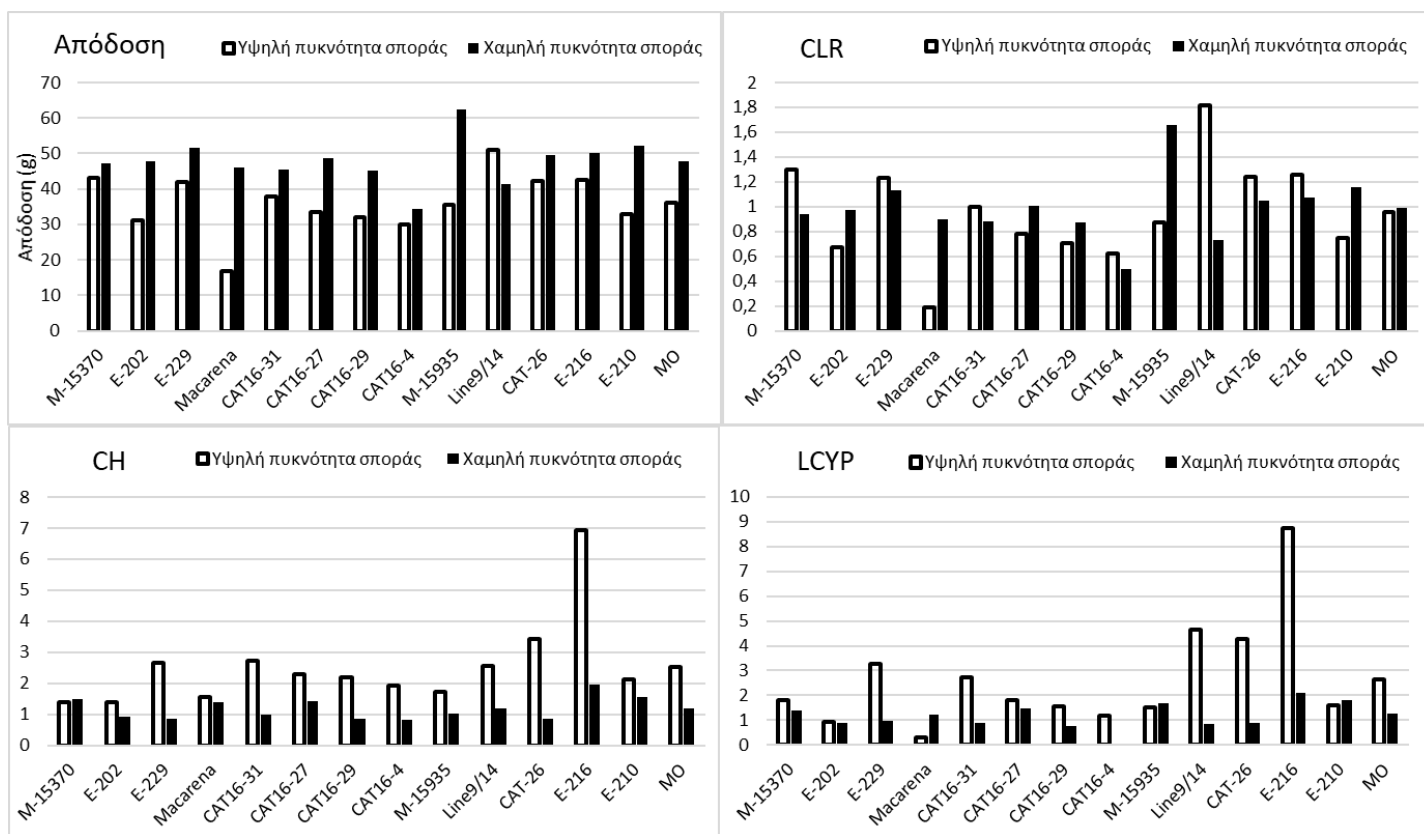


υλέμια αν και είναι αρκετά σπάνια ευνοήθηκε από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιόδου. Επίσης, κατά τη διάρκεια τη βλαστικής περιόδου λόγω έντονης προσβολής από την ασθένεια της ασκοχύτωσης μεγάλος αριθμός φυτών από τις ευαίσθητες ποικιλίες δεν έδωσε παραγωγικά φυτά. Έτσι, κατά την κανονική εποχή σποράς, από τα 858 φυτά που αρχικά εγκαταστάθηκαν στον αγρό στην υψηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν 210 παραγωγικά φυτά, ενώ στην χαμηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν τα 267, δηλαδή υπήρξαν απώλειες 75,5% και 68,8%, αντίστοιχα.

**Πίνακας 1.3.** Αριθμός συγκομισμένων φυτών (n), μέση απόδοση ανά φυτό ( $\bar{x}$ ) σε g, μέγιστη (max) και ελάχιστη (min) απόδοση σε g, τυπική απόκλιση (s) και συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) των πληθυσμών, στις δύο πυκνότητες σποράς κατά την κανονική εποχή σποράς.

	n	$\bar{x}$	min	max	s	CV%
Υψηλή πυκνότητα σποράς	210	37,84	1,61	132,31	25,53	67,4
Χαμηλή πυκνότητα σποράς	267	48,35	0,00	252,50	44,61	92,2

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων (Γραφική παράσταση 1.1) έδειξε ότι κατά την εντός της κανονικής εποχής σπορά, σε υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά Line 9/14 σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και το υψηλότερο CLR, ενώ ο πληθυσμός E-216 είχε τα υψηλότερα CH και LCYP. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός M-15935 είχε τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή και το υψηλότερο CLR, ενώ ο πληθυσμός E-216 είχε τα υψηλότερα CH και LCYP. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι M-15935, CAT16-27, E-210, CAT16-29, E-202, CAT16-4 και Macarena είχαν μέση τιμή CLR <1, ενώ οι γενότυποι Line9/14, M-15370, E-216, CAT-26, E-229 και CAT16-31 είχαν μέση τιμή CLR >1. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι E-202, M-15370, Macarena, CAT16-31, CAT16-29, Line 9/14 και CAT16-4 είχαν μέση τιμή CLR <1, ενώ οι γενότυποι M-15935, E-210, E-229, E-216, CAT-26 και CAT16-27 είχαν μέση τιμή CLR >1. Οι γενότυποι M-15370, CAT16-31, CAT16-4, CAT-26 και E-216 είχαν παρόμοια απόδοση και στις δύο πυκνότητες. Συνολικά, ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 36,2g και το μέσο LCYP ήταν 2,65 στην υψηλή πυκνότητα, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 47,8g και το μέσο LCYP ήταν 1,19.



**Γραφική Παράσταση 1.1.** Μέση παραγωγή, απόδοση στον δακτύλιο (CR), Δείκτης Ομοιόστασης (CH) και Παραγωγικό Δυναμικό (LCYP) των γενοτύπων κατά την εντός της κανονικής εποχής σπορά.

Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζονται τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον κάθε γενότυπο στο κυψελωτό της κανονικής εποχής σποράς σε υψηλή και χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η τελική επιλογή των ατομικών φυτών έγινε με βάση τις τιμές της εξίσωσης PCYP ενώ λήφθηκε υπόψη και η απόδοση σε σπόρο. Στους γενότυπους των οποίων τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν παρήγαγαν ελάχιστη ποσότητα σπόρου που δεν επαρκούσε για την σπορά των πειραμάτων της επόμενης χρονιάς και τη μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών επιλέχθηκε και το δεύτερο υπέρτερο ως προς την απόδοση ατομικό φυτό, οι σπόροι αναμίχθηκαν και δημιουργήθηκε ο πληθυσμός της επόμενης χρονιάς. Από τον εμπορικό σπόρο Macarena δεν επιλέχθηκε κανένα φυτό και αποφασίστηκε την επόμενη χρονιά να εγκατασταθεί και πάλι ο αρχικός πληθυσμός γιατί λόγω της ιδιαίτερα έντονης προσβολής από ασκοχύτωση οι αποδόσεις των ατομικών φυτών ήταν πολύ μικρές, ενώ πολύ σπόροι είχαν αλλοιωμένα χαρακτηριστικά. Την υψηλότερη απόδοση σε σπόρο στην υψηλή πυκνότητα σποράς είχε το φυτό που επιλέχθηκε από την ποικιλία M-15370, ενώ το φυτό που επιλέχθηκε από την σειρά Line 9/14 είχε τις υψηλότερες τιμές PCYP και CR. Αντίστοιχα στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, το φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό M-15935 είχε τις υψηλότερες τιμές και στα τρία κριτήρια επιλογής.

**Πίνακας 1.4.** Απόδοση σε σπόρο, PCYP, CR των επιλεγέντων ατομικών φυτών εντός της κανονικής εποχής σποράς, στο κυψελωτό σχέδιο R-13.

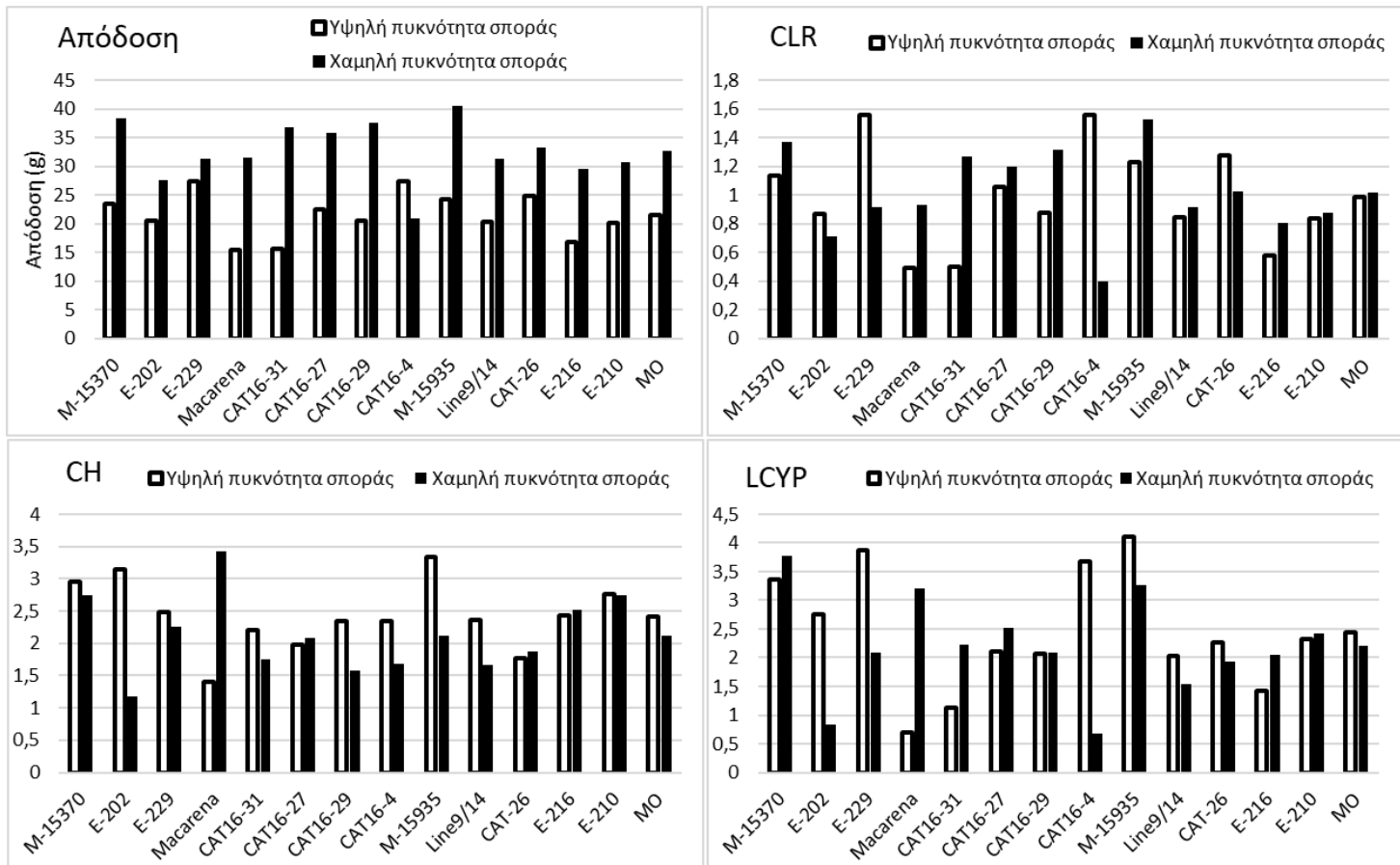
Υψηλή πυκνότητα σποράς				Χαμηλή πυκνότητα σποράς			
Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR	Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR
M-15370	132,31	22,30	15,92	M-15370	166,68	13,96	9,34
E-202	112,82	4,16	3,00	E-202	123,56	4,04	4,33
E-229	80,77	8,57	3,23	E-229	205,59	4,88	5,55
E-229	67,44	21,96	8,27	CAT16-31	87,55	5,29	5,27
CAT16-31	81,92	4,24	1,56	CAT16-27	138,56	11,62	8,04
CAT16-31	71,04	7,08	2,60	CAT16-29	162,56	21,00	24,07
CAT16-27	73,32	9,99	4,34	CAT16-4	116,87	6,61	7,95
CAT16-29	68,32	10,20	4,67	M-15935	252,55	27,12	26,65
CAT16-29	60,79	5,63	2,58	Line 9/14	130,36	9,59	8,01
CAT16-4	86,41	11,02	5,74	CAT-26	57,11	0,47	0,55
M-15935	87,04	10,66	6,13	E-216	116,80	6,19	3,16
M-15935	36,68	1,40	0,80	E-210	153,65	9,49	6,06
Line 9/14	98,52	43,14	16,88				
CAT-26	71,00	34,81	10,11				
E-216	51,04	144,41	20,82				
E-210	93,19	91,29	42,95				

Κατά την εκτός εποχής σπορά, από τα 858 φυτά που αρχικά εγκαταστάθηκαν στον αγρό, στην υψηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν 563 παραγωγικά φυτά, ενώ στην χαμηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν τα 680, δηλαδή υπήρξαν απώλειες 34,6% και 20,7%, αντίστοιχα. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 21,93g με μέγιστο απόδοσης 93,84g και ελάχιστο 0g ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 32,71g, η μέγιστη απόδοση 130,96g και η ελάχιστη 0g. Στη υψηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των πληθυσμών ήταν 14,61 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 66,6%. Αντίστοιχα στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των γενοτύπων ήταν 23,79 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 72,7% (Πίνακας 1.5).

**Πίνακας 1.5.** Αριθμός συγκομισμένων φυτών (n), μέση απόδοση ανά φυτό ( $\bar{x}$ ) σε g, μέγιστη (max) και ελάχιστη (min) απόδοση σε g, τυπική απόκλιση (s) και συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) των πληθυσμών, στις δύο πυκνότητες σποράς κατά την εκτός εποχής σπορά.

	n	$\bar{x}$	min	max	s	CV%
Υψηλή πυκνότητα σποράς	563	21,93	0,00	93,84	14,61	66,6
Χαμηλή πυκνότητα σποράς	680	32,71	0,00	130,96	23,79	72,7

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπως φαίνεται στη Γραφική παράσταση 1.2, προέκυψε ότι κατά την εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός CAT16-4 σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή και το υψηλότερο CLR, η ποικιλία E-202 ήταν η πιο σταθερή σημειώνοντας την υψηλότερη τιμή CH, ωστόσο με βάση την απόδοση κατατάχθηκε περίπου στην μέση, ενώ ο πληθυσμός M-15935 είχε τη μεγαλύτερη τιμή LCYP αλλά με βάση την απόδοση κατατάχθηκε 4<sup>ος</sup>. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός M-15935 είχε την μεγαλύτερη μέση απόδοση και το υψηλότερο CLR, ο εμπορικός σπόρος Macarena σημείωσε τη μεγαλύτερη τιμή CH και κατατάχθηκε στη μέση με βάση την απόδοση, ενώ το μεγαλύτερο LCYP είχε η ποικιλία M-15370 που κατατάχθηκε 2<sup>η</sup> με βάση την απόδοση. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι CAT16-29, E-202, Line 9/14, E-210, E-216, CAT16-31 και Macarena είχαν μέση τιμή CLR <1, ενώ οι γενότυποι CAT16-4, E-229, CAT-26, M-15935 και M-15370 είχαν μέση τιμή CLR >1. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι Macarena, E-229, Line 9/14, E-210, E-216, E-202 και CAT16-4 είχαν μέση τιμή CLR <1, ενώ οι γενότυποι M-15935, M-15370, CAT16-29, CAT16-27, CAT16-31 και CAT-26 είχαν μέση τιμή CLR >1. Οι γενότυποι M-15370, CAT16-27, CAT16-29 και E-210 είχαν παρόμοια τιμή LCYP και στις δύο πυκνότητες. Συνολικά, ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 21,5g και το μέσο LCYP ήταν 2,45 στην υψηλή πυκνότητα, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 32,7g και το μέσο LCYP ήταν 2,20.



**Γραφική παράσταση 1.2.** Μέση παραγωγή, απόδοση στον δακτύλιο (CR), Δείκτης Ομοιόστασης (CH) και Παραγωγικό Δυναμικό (LCYP) των γενοτύπων κατά την εκτός εποχής σπορά.

Στον Πίνακα 1.6 παρουσιάζονται τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον κάθε γενότυπο κατά την εκτός εποχής σπορά σε υψηλή και χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η επιλογή των φυτών έγινε με τα ίδια κριτήρια όπως στην κανονική εποχή σποράς. Για τον εμπορικό σπόρο Macarena ισχύουν τα ίδια με το πείραμα της κανονικής εποχής σποράς γι' αυτό και δεν έγιναν επιλογές και στις δυο πυκνότητες σποράς. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-27 είχε τη μεγαλύτερη απόδοση καθώς και τις υψηλότερες τιμές PCYP και CR. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-29 σημείωσε τη μεγαλύτερη απόδοση ενώ το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-31 σημείωσε τις υψηλότερες τιμές PCYP και CR.

**Πίνακας 1.6.** Απόδοση σε σπόρο, PCYP, CR των επιλεγέντων ατομικών φυτών, κατά την εκτός εποχής σπορά, στο κυψελωτό σχέδιο R-13.

Υψηλή πυκνότητα σποράς				Χαμηλή πυκνότητα σποράς			
Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR	Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR
M-15370	56,26	13,19	4,46	M-15370	91,26	13,48	4,91
M-15370	52,62	16,82	5,69	E-202	99,06	6,37	5,37
E-202	44,46	21,21	6,74	E-229	81,16	10,77	4,76
E-202	40,14	16,60	5,28	CAT16-31	125,9	57,39	32,63
E-229	59,78	34,46	13,86	CAT16-27	96,10	11,12	5,31
E-229	59,44	17,49	7,03	CAT16-29	130,96	12,54	7,97
CAT16-31	43,47	11,57	5,21	CAT16-4	65,02	3,98	2,35
CAT16-31	42,34	11,47	5,16	CAT16-4	42,48	3,55	2,10
CAT16-27	91,57	37,50	18,98	M-15935	105,68	29,51	13,87
CAT16-29	57,61	17,17	7,33	Line 9/14	98,82	9,49	5,65
CAT16-29	54,56	17,42	7,44	CAT-26	111,52	35,37	18,85
CAT16-4	60,50	15,83	6,71	E-216	82,22	9,41	3,72
CAT16-4	54,16	17,72	7,51	E-210	70,28	9,21	3,34
M-15935	51,91	27,61	8,27				
M-15935	50,54	19,11	5,72				
Line 9/14	53,89	15,88	6,69				
Line 9/14	45,57	9,30	3,92				
CAT-26	93,84	23,39	13,15				
CAT-26	56,73	8,90	5,00				
E-216	42,28	11,58	4,76				
E-210	45,14	30,48	11,01				

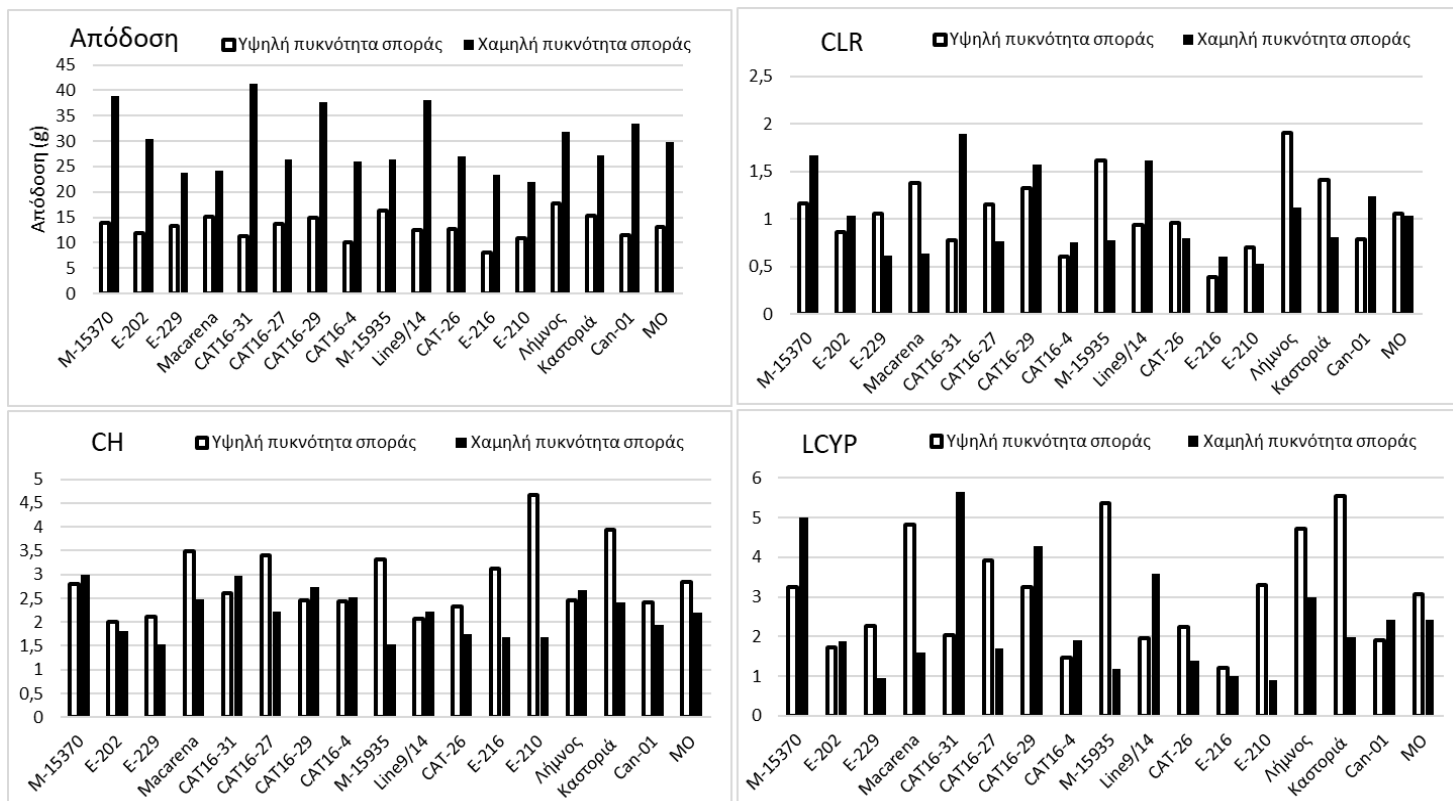
## 2<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού

Την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, από τα 960 φυτά που αρχικά εγκαταστάθηκαν στον αγρό, στην υψηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν 530 παραγωγικά φυτά, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν τα 490, δηλαδή υπήρξαν απώλειες 47,7% και 48,9%, αντίστοιχα. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 12,84g με μέγιστο απόδοσης 51,1g και ελάχιστο 0g ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 29,98g, η μέγιστη απόδοση 92,52g και η ελάχιστη 0g. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των πληθυσμών ήταν 8,21 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 63,9%. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των πληθυσμών ήταν 20,88 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 69,6% (Πίνακας 1.7).

**Πίνακας 1.7.** Αριθμός συγκομισμένων φυτών (n), μέση απόδοση ανά φυτό ( $\bar{x}$ ) σε g, μέγιστη (max) και ελάχιστη (min) απόδοση σε g, τυπική απόκλιση (s) και συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) των πληθυσμών, στις δύο πυκνότητες σποράς κατά την κανονική εποχής σποράς.

	<b>n</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>s</b>	<b>CV%</b>
Υψηλή πυκνότητα σποράς	530	12,84	0,00	51,1	8,21	63,9
Χαμηλή πυκνότητα σποράς	490	29,98	0,00	92,52	20,88	69,6

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπως φαίνεται και στη Γραφική παράσταση 1.3, προέκυψε ότι κατά την εντός της κανονικής εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός «Λήμνος» σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και την υψηλότερη τιμή CLR ενώ ήταν 3<sup>ος</sup> στην κατάταξη με βάση το LCYP. Την υψηλότερη τιμή του συντελεστή ομοιότητας σημείωσε ο πληθυσμός E-210, οποίος ωστόσο με βάση την απόδοση και το CLR κατατάχθηκε πολύ χαμηλά. Το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό (LCYP) είχε ο πληθυσμός «Καστοριά», ο οποίος ως προς την απόδοση και το CLR κατατάχθηκε 3<sup>ος</sup>. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, ο πληθυσμός CAT16-31 είχε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση, το μεγαλύτερο CLR και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό. Παράλληλα, η ποικιλία M-15370 είχε το μεγαλύτερο CH, και την δεύτερη μεγαλύτερη τιμή σε απόδοση. Επίσης, στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι CAT-26, Line 9/14, E-202, Can-01, CAT16-31, E-210, CAT16-4, E-216 είχαν μέση τιμή CLR<1, ενώ οι γενότυποι Λήμνος, M-15935, Καστοριά, Macarena, CAT16-29, M-15370, CAT16-27 και E-229 είχαν μέση τιμή CLR>1. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι Καστοριά, CAT-26, M-15935, CAT16-27, CAT16-4, Macarena, E-229, E-216, E-210 είχαν μέση τιμή CLR<1, ενώ οι γενότυποι CAT16-31, M-15370, Line9/14, CAT16-29, Can-01, Λήμνος και E-202 είχαν μέση τιμή CLR>1. Παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά, όσον αφορά την απόδοση των γενότυπων, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, ενώ όσον αφορά το LCYP οι γενότυποι E-202, CAT16-4, E-216 και Can-01 είχαν παρόμοιες τιμές και στις δύο πυκνότητες. Συνολικά, ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 13g και το μέσο LCYP ήταν 3,06 στην υψηλή πυκνότητα, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 29,8g και το μέσο LCYP ήταν 2,41.



**Γραφική παράσταση 1.3.** Μέση απόδοση, απόδοση στον δακτύλιο (CLR), Δείκτης Ομοιόστασης (CH) και Παραγωγικό Δυναμικό (LCYP) των γενοτύπων κατά την εντός της κανονικής εποχής σποράς.

Στον Πίνακα 1.8 παρουσιάζονται τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον κάθε γενότυπο στην κανονική εποχή σποράς σε χαμηλή και υψηλή πυκνότητα σποράς. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επιλογή των ατομικών φυτών είναι η ίδια με αυτήν της 1<sup>ης</sup> χρονιάς πειραματισμού, με την διαφορά ότι στην 2<sup>η</sup> χρονιά επιλέχθηκαν τα 5 καλύτερα ατομικά φυτά από κάθε γενότυπο. Για οικονομία χώρου, στον Πίνακα 1.6 παρουσιάζονται η μέση απόδοση, το μέσο παραγωγικό δυναμικό (PCYP) και το μέσο CR των πέντε ατομικών φυτών που επιλέχθηκαν. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό Λήμνος είχαν την υψηλότερη μέση απόδοση και το υψηλότερο μέσο CR, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό M-15935 είχαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό. Στην χαμηλή πυκνότητα σποράς παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της μέσης απόδοσης των ατομικών φυτών που επιλέχθηκαν. Τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από την ποικιλία M-15370 είχαν τις μεγαλύτερες τιμές και στις 3 κατηγορίες.



**Πίνακας 1.8.** Μέσοι όροι απόδοσης, PCYP και CR των 5 καλύτερων ατομικών φυτών, κατά την εντός της κανονικής εποχής σπορά, στο κυψελωτό σχέδιο R-16.

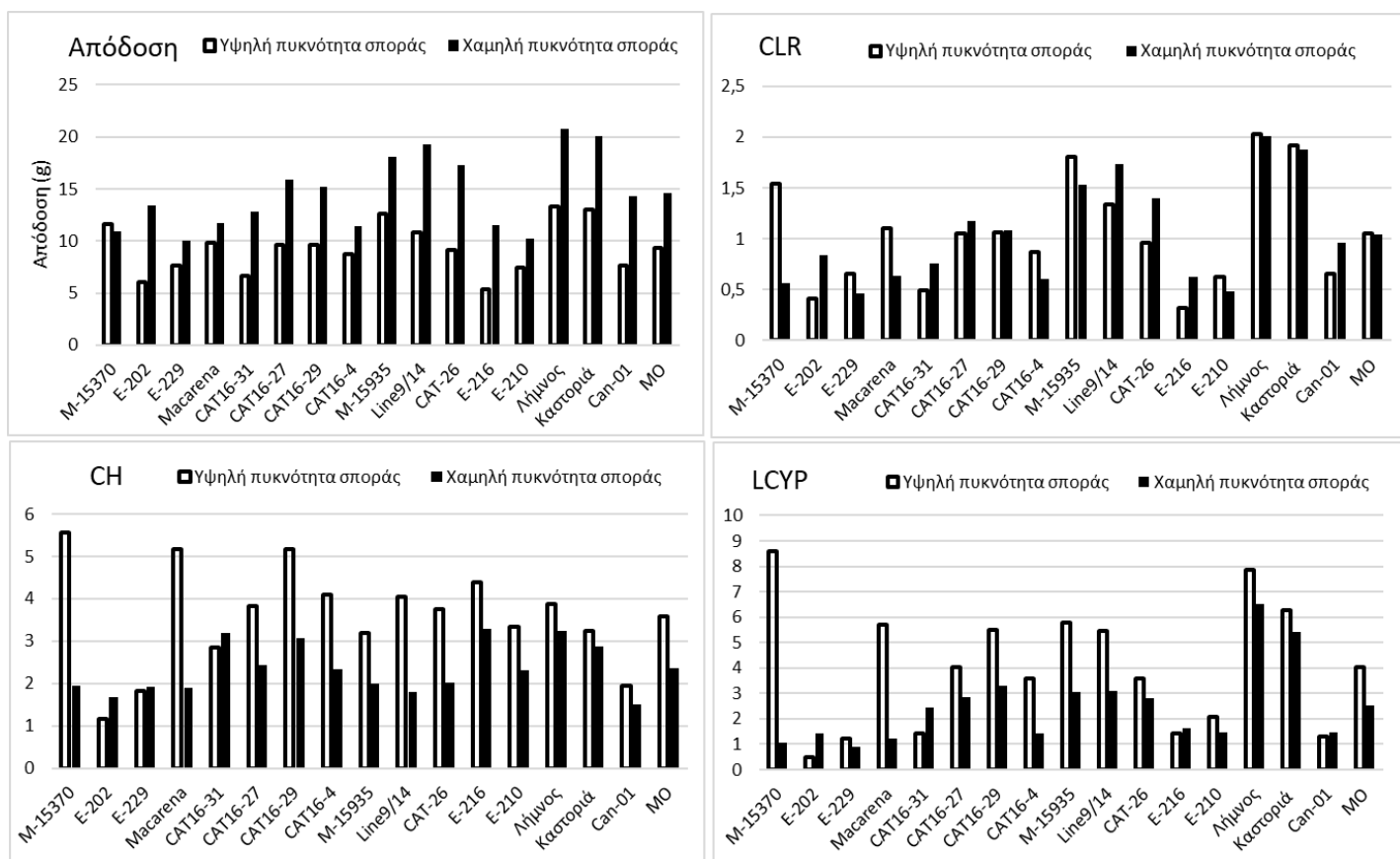
Υψηλή πυκνότητα σποράς				Χαμηλή πυκνότητα σποράς			
Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR	Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR
M-15370	28,20	12,06	4,30	M-15370	75,56	28,58	9,56
E-202	26,80	8,69	4,34	E-202	60,67	12,11	6,68
E-229	30,54	10,37	4,70	E-229	51,95	4,93	3,21
Macarena	26,42	18,38	5,27	Macarena	43,41	9,43	3,81
CAT16-31	20,60	6,76	2,58	CAT16-31	65,77	25,68	8,61
CAT16-27	23,12	13,39	3,92	CAT16-27	51,45	8,88	4,01
CAT16-29	27,14	15,44	6,30	CAT16-29	72,53	18,61	6,81
CAT16-4	18,48	6,47	2,64	CAT16-4	48,24	12,97	5,13
M-15935	31,38	26,56	7,98	M-15935	65,91	5,36	3,50
Line 9/14	28,18	9,64	4,64	Line 9/14	69,92	8,96	4,02
CAT-26	30,14	14,19	6,11	CAT-26	55,15	4,73	2,70
E-216	15,50	5,69	1,81	E-216	31,92	1,50	0,89
E-210	18,54	12,37	2,65	E-210	39,19	2,40	1,41
Λήμνος	33,90	21,85	8,86	Λήμνος	66,78	8,77	3,48
Καστοριά	26,50	21,34	5,43	Καστοριά	51,64	8,71	3,58
Can-01	23,20	10,43	4,32	Can-01	72,48	8,60	4,39

Στην εκτός εποχής σπορά, από τα 960 φυτά που αρχικά εγκαταστάθηκαν στον αγρό σε υψηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν τα 810, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς συγκομίστηκαν τα 756, δηλαδή υπήρξαν απώλειες 15,6% και 21,2%, αντίστοιχα. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 9,36g με μέγιστο απόδοσης 31,32g και ελάχιστο 0g ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 14,61g, η μέγιστη απόδοση 59g και η ελάχιστη 0g. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των πληθυσμών ήταν 5,69 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 60,7%. Αντίστοιχα στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η τυπική απόκλιση των πληθυσμών ήταν 10,43 και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 71,3% (Πίνακας 1.9).

**Πίνακας 1.9.** Αριθμός συγκομισμένων φυτών (n), μέση απόδοση ανά φυτό ( $\bar{x}$ ) σε g, μέγιστη (max) και ελάχιστη (min) απόδοση σε g, τυπική απόκλιση (s) και συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) των πληθυσμών, στις δύο πυκνότητες σποράς κατά την εκτός εποχής σπορά.

	n	$\bar{x}$	min	max	s	CV%
Υψηλή πυκνότητα σποράς	810	9,36	0,00	31,32	5,69	60,7
Χαμηλή πυκνότητα σποράς	756	14,61	0,00	59,00	10,43	71,3

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων της 2<sup>ης</sup> χρονιάς, όπως φαίνεται στη Γραφική παράσταση 1.4, προέκυψε ότι κατά την εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός Λήμνος είχε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και τη μεγαλύτερη τιμή CLR. Ο υψηλότερος συντελεστής ομοιότητας (CH) και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό παρατηρήθηκαν στην ποικιλία M-15370, η οποία ως προς την απόδοση κατατάχθηκε 4<sup>η</sup>. Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός Λήμνος κατέγραψε τις μεγαλύτερες τιμές και στις 4 κατηγορίες. Γενικότερα, και κατά την εκτός εποχής σπορά στη χαμηλή πυκνότητα σποράς παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της απόδοσης των γενοτύπων. Επίσης, στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι CAT-26, CAT16-4, E-229, Can-01, E-210, CAT16-31, E-202 και E-206 είχαν μέση τιμή CLR<1, ενώ οι γενότυποι Λήμνος, Καστοριά, M-15935, M-15370, Line9/14, Macarena, CAT16-29 και CAT16-27 είχαν μέση τιμή CLR>1. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι γενότυποι Can-01, E-202, CAT16-31, Macarena, E-210, CAT16-4, M-15370, E-210 και E-229 είχαν μέση τιμή CLR<1. Ενώ οι γενότυποι Λήμνος, Καστοριά, Line9/14, M-15935, CAT-26, CAT16-27 και CAT16-29 είχαν μέση τιμή CLR>1. Οι γενότυποι M-15370, E-229 και Macarena είχαν παρόμοια απόδοση και στις δύο πυκνότητες. Οι γενότυποι E-229, E-216 και Can-01 είχαν παρόμοιο LCYP και στις δύο πυκνότητες. Συνολικά, ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 9,1g και το μέσο LCYP ήταν 4,02 στην υψηλή πυκνότητα, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα ο μέσος όρος της απόδοσης ήταν 14,5g και το μέσο LCYP ήταν 2,51.



**Γραφική παράσταση 1.4.** Μέση απόδοση σε σπόρο, απόδοση στον δακτύλιο (CR), Δείκτης Ομοιόστασης (CH) και Παραγωγικό Δυναμικό (LCYP) των γενοτύπων κατά την εκτός εποχής σπορά.

Στον Πίνακα 1.10 παρουσιάζονται τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον κάθε γενότυπο στο κυψελωτό σχέδιο R-16 κατά την εκτός εποχής σπορά σε υψηλή και χαμηλή πυκνότητα σποράς. Για την επιλογή των ατομικών φυτών ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την κανονική εποχή σποράς. Για οικονομία χώρου, στον Πίνακα παρουσιάζονται η μέση απόδοση, το μέσο παραγωγικό δυναμικό (PCYP) και το μέσο CR των πέντε ατομικών φυτών που επιλέχθηκαν. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό Καστοριά είχαν τη μεγαλύτερη μέση απόδοση σε σπόρο, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό Λήμνος είχαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό και το μεγαλύτερο CR. Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό M-15935 σημείωσαν τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό Λήμνος είχαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό και το μεγαλύτερο CR.

**Πίνακας 1.10.** Μέσοι όροι Παραγωγής, PCYP, CR των 5 καλύτερων ατομικών φυτών, κατά την εκτός εποχής σπορά, στο κυψελωτό σχέδιο R-16.

Υψηλή πυκνότητα σποράς				Χαμηλή πυκνότητα σποράς			
Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR	Γενότυπος	Απόδοση (g)	PCYP	CR
M-15370	20,50	32,83	5,90	M-15370	24,92	7,11	3,66
E-202	15,70	3,88	3,30	E-202	30,78	10,86	6,46
E-229	18,48	6,81	3,71	E-229	22,37	4,89	2,54
Macarena	17,52	22,62	4,36	Macarena	28,20	6,50	3,41
CAT16-31	11,69	5,56	1,95	CAT16-31	28,14	10,35	3,23
CAT16-27	17,99	18,43	4,82	CAT16-27	34,86	16,31	6,67
CAT16-29	16,37	21,71	4,20	CAT16-29	32,48	16,72	5,43
CAT16-4	16,67	16,86	4,12	CAT16-4	25,16	8,16	3,48
M-15935	23,12	18,17	5,66	M-15935	43,88	17,26	8,62
Line 9/14	18,66	18,67	4,60	Line 9/14	42,02	14,83	8,27
CAT-26	17,14	17,43	4,64	CAT-26	37,52	14,63	7,25
E-216	9,67	5,32	1,20	E-216	20,01	7,03	2,13
E-210	15,34	10,76	3,22	E-210	22,17	4,90	2,11
Λήμνος	25,32	38,81	9,99	Λήμνος	40,75	28,10	8,66
Καστοριά	26,45	20,85	6,42	Καστοριά	43,41	24,48	8,49
Can-01	17,59	4,46	2,28	Can-01	36,72	8,29	5,47

### 3<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού

#### Αξιολόγηση της απόδοσης

Στα πειράματα RCB σε πυκνή σπορά έγινε η αξιολόγηση των επιλογών από τους αρχικούς πληθυσμούς σε σύγκριση με τις δυο εμπορικές ποικιλίες-μάρτυρες.

Ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς από την οποία προήλθαν οι επιλογές, στην κανονική εποχή σποράς παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες αποδόσεις.

Στον πίνακα 1.11 παρουσιάζεται η σύγκριση των μέσων τιμών από τις δυο πυκνότητες σποράς των βελτιωμένων σειρών εντός κάθε εποχής σποράς. Όπως φαίνεται στον ανωτέρω πίνακα στην αξιολόγηση που έγινε στην κανονική σπορά η βελτιωμένη σειρά 9 σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση σε σπόρο ακολουθούμενη με σημαντική διαφορά από τις σειρές 16, 14, M-2, 5 και 15 οι οποίες δεν διέφεραν μεταξύ τους. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, η βελτιωμένη σειρά 14 είχε με διαφορά τη μεγαλύτερη μέση απόδοση ακολουθούμενη από τις βελτιωμένες σειρές 15 και 11.

**Πίνακας 1.11.** Σύγκριση των μέσων όρων των αποδόσεων (g) των 2 πυκνοτήτων σποράς των βελτιωμένων σειρών εντός της κάθε εποχής σποράς.

Γενοτύποι	Κανονική εποχή σποράς	Εκτός εποχής σπορά
M-1	47,83 d	56,25 bcde
M-2	78,58 b	56,08 bcdef
3	73,00 bc	45,33 g
4	47,33 d	46,00 fg
5	76,58 b	54,08 bcdefg
6	69,57 bc	58,17 bcd
7	69,92 bc	53,33 cdefg
8	70,17 bc	47,67 efg
9	96,92 a	57,67 bcde
10	68,75 bc	48,5 defg
11	69,83 bc	60,25 bc
12	62,50 c	45,42 g
13	72,92 bc	48,00 defg
14	79,67 b	69,67 a
15	76,00 b	63,75 ab
16	80,50 b	54,17 bcdefg
ΜΟ	71,25 Α	54,02 Β

*Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.*

Στον Πίνακα 1.12 παρουσιάζεται η συγκριτική αξιολόγηση των βελτιωμένων σειρών και των δυο εμπορικών ποικιλιών για κάθε πυκνότητα επιλογής και εποχή σποράς. Εντός της κανονικής εποχής σποράς, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι βελτιωμένες σειρές των αρχικών γενοτύπων 9 και 13 είχαν τη μεγαλύτερη μέση απόδοση διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές και τους δυο μάρτυρες. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε κανονική σπορά και χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι βελτιωμένες σειρές 9 και 16 σημείωσαν την υψηλότερη παραγωγή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές και τους δυο μάρτυρες. Κατά την εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα επιλογής η βελτιωμένη σειρά 14 είχε στατιστικά την μεγαλύτερη απόδοση ακολουθούμενη από την βελτιωμένη σειρά 15, ενώ στην υψηλή πυκνότητα σποράς η βελτιωμένη σειρά 14 είχε και πάλι την μεγαλύτερη τιμή ακολουθούμενη από τις σειρές 9 και 11, χωρίς ωστόσο να καταγραφούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών βελτιωμένων σειρών.

**Πίνακας 1.12.** Σύγκριση των βελτιωμένων σειρών και των δυο εμπορικών ποικιλιών για απόδοση (g) σε σπόρο εντός κάθε πυκνότητας επιλογής και εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	48,8 h	46,8 f	54,5 cdef	58,0 c
M-2	71,8 def	85,3 b	45,7 fg	66,5 ab
3	66,0 efg	80,0 bc	47,5 fg	43,2 d
4	40,2 i	54,5 f	44,5 g	47,5 d
5	74,5 d	78,7 bc	62,5 abc	45,7 d
6	71,8 def	67,3 de	58,7 cde	57,7 c
7	72,2 def	67,7 de	60,0 bcd	46,7 d
8	73,2 de	67,2 de	50,8 defg	44,5 d
9	93,3 a	100,5 a	45,7 fg	69,7 a
10	62,0 g	75,5 cd	50,2 fg	46,8 d
11	63,8 g	75,8 cd	52,5 defg	68,0 a
12	60,5 g	64,5 e	44,7 g	46,2 d
13	91,0 ab	54,8 f	53 defg	43 d
14	82,7 c	76,7 bc	69,3 a	70,0 a
15	85,0 bc	67,0 de	68,5 ab	59,0 bc
16	65,3 fg	95,7 a	57,2 cde	51,2 cd
MO	70,1 A	72,4 A	54,1 B	54 B
CV (%)	19	16	19	19

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Στον Πίνακα 1.13 παρουσιάζεται η σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς. Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς έξι βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, πέντε βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και μια σειρά που είχε επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης

της υψηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν επτά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μια σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και τρεις σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων καταγράφηκε ακριβώς η ίδια εικόνα όπως και στην κανονική σπορά ενισχύοντας περαιτέρω τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

**Πίνακας 1.13.** Σύγκριση των αποδόσεων (g) σε σπόρο μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	48,8 a	46,8 a	54,5 a	58,0 a
M-2	71,8 b	85,3 a	45,7 b	66,5 a
3	66,0 b	80,0 a	47,5 a	43,2 a
4	40,2 b	54,5 a	44,5 a	47,5 a
5	74,5 a	78,7 a	62,5 a	45,7 b
6	71,8 a	67,3 a	58,7 a	57,7 a
7	72,2 a	67,7 a	60,0 a	46,7 b
8	73,2 a	67,2 a	50,8 a	44,5 a
9	93,3 a	100,5 a	45,7 a	69,7 b
10	62,0 b	75,5 a	50,2 a	46,8 a
11	63,8 b	75,8 a	52,5 b	68,0 a
12	60,5 a	64,5 a	44,7 a	46,2 a
13	91,0 a	54,8 b	53,0 a	43,0 a
14	82,7 a	76,7 a	69,3 a	70,0 a
15	85,0 a	67,0 b	68,5 a	59,0 a
16	65,3 b	95,7 a	57,2 a	51,2 a
MO	70,1 A	72,4 A	54,1 A	54 A

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Το Σχήμα 1.2, απεικονίζει συγκεντρωτικά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των βελτιωμένων σειρών και των μαρτύρων, όπως και τις διαφορές μεταξύ και εντός των εποχών σποράς συνδυάζοντας τα αποτελέσματα από τα 4 πειράματα αξιολόγησης σε πυκνή σπορά. Οι υψηλότερες αποδόσεις καταγράφηκαν από τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην κανονική εποχή σποράς. Εξάιρεση αποτελεί η M-1/100 όπου η υψηλότερη απόδοση παρατηρήθηκε στην εκτός εποχής σπορά. Συνολικά, η σειρά 9, που προέρχεται από επιλογές

στον αρχικό πληθυσμό M-15935, είχε σημαντικά μεγαλύτερη μέση απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες σειρές.



**Σχήμα 1.2.** Σύγκριση των αποδόσεων της κάθε σειράς στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Στον Πίνακα 1.14 παρουσιάζονται οι αποδόσεις των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των αποδόσεων των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των σειρών 4 και 12, υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων, εκτός από τις 4, 12 και 13. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων, εκτός από τις σειρές 3, 4, 9, 10 και 12. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές είχαν χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τον μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων. Εξάιρεση αποτελούν μόνο οι σειρές 9, 11 και 14 οι οποίες υπερτερούσαν σε σχέση με τους μάρτυρες. Οι σειρές 11 και 14 υπερτερούσαν σε σχέση με το μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων ανεξάρτητα από την εποχή σποράς και τη πυκνότητα σποράς από την οποία προήλθαν.



**Πίνακας 1.14.** Διαφορά (%) των αποδόσεων των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	9%	17%	-5%	-44%
4	-50%	-21%	-11%	-31%
5	19%	16%	20%	-36%
6	19%	2%	15%	-8%
7	16%	2%	17%	-33%
8	18%	2%	1%	-40%
9	35%	34%	-10%	11%
10	3%	13%	0%	-33%
11	5%	13%	5%	8%
12	0%	-2%	-12%	-35%
13	34%	-21%	5%	-45%
14	27%	14%	28%	11%
15	29%	1%	27%	-6%
16	8%	31%	12%	-22%
ΜΟ μαρτύρων (g)	60,30	66,05	50,1	62,25

### 1.3.3.2 Τελικό ύψος των φυτών

Και στις δύο εποχές σποράς, ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς από την οποία προέρχονται οι επιλογές, τα φυτά της σειράς 3 είχαν το μεγαλύτερο ύψος. Συνολικά, κατά την κανονική εποχή σποράς, και στις δύο πυκνότητες, το ύψος των φυτών ήταν σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο κατά την εκτός εποχής σπορά, και για τις δύο πυκνότητες σποράς (Πίνακας 1.15).

**Πίνακας 1.15.** Σύγκριση του ύψους (cm) των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	41,33 bc	38,00 bcde	34,33 bcd	34,00 bc
M-2	39,75 bcd	42,16 ab	35,16 bc	31,91 bcd
3	46,50 a	43,91 a	40,33 a	41,00 a
4	36,75 cde	36,33 cdef	30,58 d	35,75 b
5	29,66 f	32,50 fg	30,91 cd	28,25 d
6	32,75 ef	40,83 abc	33,83 bcd	35,00 b
7	37,66 cd	30,50 g	32,83 bcd	27,33 d
8	37,00 cde	35,25 def	34,50 bcd	34,00 b
9	43,60 ab	43,41 a	34,33 bcd	35,91 b
10	39,41 bcd	38,58 bcde	34,08 bcd	30,91 bcd
11	41,33 bc	37,75 bcde	31,91 bcd	30,91 bcd
12	36,83 cde	36,66 cdef	30,25 d	32,00 bcd
13	39,66 bcd	34,16 efg	31,08 cd	31,00 bcd
14	35,83 de	35,25 def	30,33 d	31,75 bcd
15	43,75 ab	39,41 abcde	35,50 b	34,33 bc
16	41,50 bc	40,83 abc	32,00 bcd	29,41 cd
MO	38,96 A	37,84 A	33,25 B	32,71 B

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

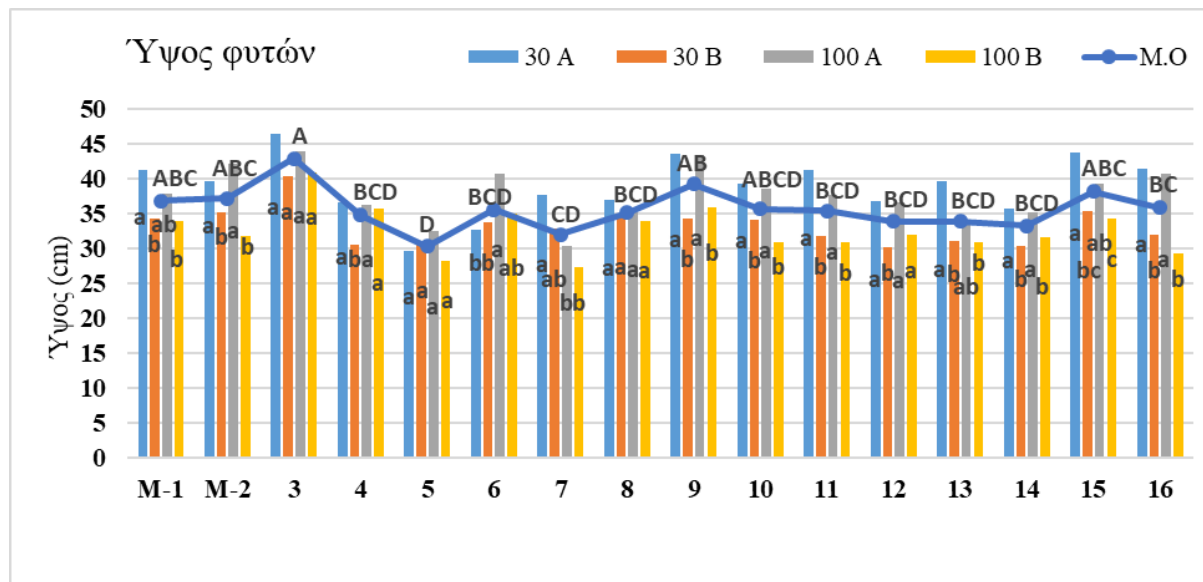
Στον Πίνακα 1.16 παρουσιάζεται η σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, όσον αφορά το τελικό ύψος των φυτών, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς. Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς δεκατέσσερις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές δεν διέφεραν μεταξύ τους. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά ότι όλες οι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

**Πίνακας 1.16.** Σύγκριση του τελικού ύψους (cm) των φυτών μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	41,33 a	38,00 a	34,33 a	34,00 a
M-2	39,75 a	42,16 a	35,16 a	31,91 a
3	46,50 a	43,91 a	40,33 a	41,00 a
4	36,75 a	36,33 a	30,58 b	35,75 a
5	29,66 a	32,50 a	30,91 a	28,25 a
6	32,75 b	40,83 a	33,83 a	35,00 a
7	37,66 a	30,50 b	32,83 a	27,33 a
8	37,00 a	35,25 a	34,50 a	34,00 a
9	43,60 a	43,41 a	34,33 a	35,91 a
10	39,41 a	38,58 a	34,08 a	30,91 a
11	41,33 a	37,75 a	31,91 a	30,91 a
12	36,83 a	36,66 a	30,25 a	32,00 a
13	39,66 a	34,16 b	31,08 a	31,00 a
14	35,83 a	35,25 a	30,33 a	31,75 a
15	43,75 a	39,41 a	35,50 a	34,33 a
16	41,50 a	40,83 a	32,00 a	29,41 a
MO	38,96 A	37,84 A	33,25 A	32,71 A

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραμάτων, εντός της κάθε σειράς. Επιπλέον, στο ίδιο σχήμα φαίνεται ξεκάθαρα η επίδραση της εκτός εποχής σποράς, η οποία στις περισσότερες σειρές προκάλεσε σημαντική μείωση του ύψους των φυτών. Οι σειρές 3, 5 και 8 αποτελούν τις μόνες σειρές στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά το τελικό ύψος των φυτών μεταξύ των πειραμάτων. Συνολικά, η σειρά 3 είχε το μεγαλύτερο μέσο ύψος φυτών, όπως αυτό προέκυψε από τα 4 πειράματα, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές.



**Σχήμα 1.3.** Σύγκριση του ύψους των φυτών της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

### Συσχετίσεις μεταξύ ύψους και απόδοσης και ανάλυση της σημαντικότητας της επίδρασης της κάθε παραμέτρου

Στον Πίνακα 1.29 φαίνεται ότι οι παράμετροι γενότυπος και εποχή σποράς επηρέασαν σημαντικά όλα τα χαρακτηριστικά. Η πυκνότητα σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές, επηρέασε σημαντικά μόνο το τελικό ύψος των φυτών. Επιπλέον, μόνο το τελικό ύψος των φυτών επηρεάστηκε σημαντικά από την αλληλεπίδραση του γενοτύπου με την εποχή σποράς, την αλληλεπίδραση του γενοτύπου με την πυκνότητα σποράς και την αλληλεπίδραση μεταξύ και των τριών παραμέτρων. Στο γενότυπο οφείλεται για >30% της παραλλακτικότητας των χαρακτηριστικών, ενώ στην εποχή σποράς οφείλεται >20% της συνολικής παραλλακτικότητας της απόδοσης και του τελικού ύψους των φυτών.

**Πίνακας 1.29.** Σημαντικότητα της επίδρασης και ποσοστό παραλλακτικότητας της κάθε παραμέτρου για τα χαρακτηριστικά της απόδοσης και του τελικού ύψους των φυτών.

Παράμετρος	Γενότυπος (Γ)	Εποχή σποράς (ΕΣ)	Πυκνότητα σποράς (ΠΣ)	ΓxΕΣ	ΓxΠ Σ	ΕΣxΠ Σ	ΓxΕΣxΠ Σ
Απόδοση	0,000	0,000	0,679	0,155	0,070	0,644	0,561
Ύψος	0,000	0,000	0,025	0,000	0,001	0,423	0,043
Παραλλακτικότητα %							
Απόδοση	31,34	20,10	0,13	17,10	20,10	0,17	11,00
Ύψος	41,98	37,76	0,87	7,47	7,28	0,10	4,53

Στον Πίνακα 1.30 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις που προέκυψαν έπειτα από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, μεταξύ της απόδοσης και του τελικού ύψους των φυτών και όπως φαίνεται η απόδοση συσχετίστηκε σημαντικά θετικά με το ύψος των φυτών ( $r = .432^{**}$ )

**Πίνακας 1.30.** Συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης και του τελικού ύψους των φυτών

Correlations		
	Απόδοση	Ύψος
Απόδοση	1	
Ύψος	<b>,432**</b>	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### Δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στην καταπόνηση

Με βάση την απόδοση των σειρών υπολογίστηκαν οι δείκτες SSI, SI, MP, TOL, GMP και STI, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες. Η ανοχή/ευαισθησία εκτιμήθηκε ξεχωριστά για την κάθε πυκνότητα σποράς από την οποία προήλθαν οι σειρές. Για να γίνει επιλογή των γενοτύπων με τη μεγαλύτερη ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες και το μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό, η επιλογή θα πρέπει να βασίζεται στους δείκτες MP, GMP και STI (Mohammadi et al., 2011). Σύμφωνα με αυτούς τους δείκτες, οι σειρές που προέρχονται από τις επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς και σημείωσαν τη μεγαλύτερη ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες ήταν αυτές που προέρχονται από τους αρχικούς πληθυσμούς Λήμνος (σειρά 14) και Καστοριά

(σειρά 15) (Πίνακας 1.31). Σε αυτές θα μπορούσε να προστεθεί και η σειρά 13, ωστόσο τα νούμερα που παρουσιάζει δεν είναι αντιπροσωπευτικά λόγω της μεγάλης απόδοσης που είχε στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, ενώ η διαφορά με την απόδοση στις συνθήκες καταπόνησης είναι αρκετά μεγάλη.

**Πίνακας 1.31.** Δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς.

	<b>Ys</b>	<b>Yn</b>	<b>Ys-</b>	<b>Yn-</b>	<b>SSI</b>	<b>SI</b>	<b>MP</b>	<b>TOL</b>	<b>GMP</b>	<b>STI</b>
<b>M-1</b>	54,50	48,80	54,07	70,13	-0,51	0,229	51,65	-5,70	51,57	0,54
<b>M-2</b>	45,70	71,80	54,07	70,13	1,58	0,229	58,75	26,10	57,28	0,66
<b>3.30</b>	47,50	66,00	54,07	70,13	1,22	0,229	56,75	18,50	55,99	0,63
<b>4.30</b>	44,50	40,20	54,07	70,13	-0,46	0,229	42,35	-4,30	42,29	0,36
<b>5.30</b>	62,50	74,50	54,07	70,13	0,70	0,229	68,50	12,00	68,23	0,94
<b>6.30</b>	58,70	71,80	54,07	70,13	0,79	0,229	65,25	13,10	64,92	0,85
<b>7.30</b>	60,00	72,20	54,07	70,13	0,73	0,229	66,10	12,20	65,81	0,88
<b>8.30</b>	50,80	73,20	54,07	70,13	1,33	0,229	62,00	22,40	60,98	0,75
<b>9.30</b>	45,70	93,30	54,07	70,13	2,22	0,229	69,50	47,60	65,29	0,86
<b>10.30</b>	50,20	62,00	54,07	70,13	0,83	0,229	56,10	11,80	55,78	0,63
<b>11.30</b>	52,50	63,80	54,07	70,13	0,77	0,229	58,15	11,30	57,87	0,68
<b>12.30</b>	44,70	60,50	54,07	70,13	1,14	0,229	52,60	15,80	52,00	0,54
<b>13.30</b>	53,00	91,00	54,07	70,13	1,82	0,229	72,00	38,00	69,44	0,98
<b>14.30</b>	69,30	82,70	54,07	70,13	0,70	0,229	76,00	13,40	75,70	1,16
<b>15.30</b>	68,50	85,00	54,07	70,13	0,84	0,229	76,75	16,50	76,30	1,18
<b>16.30</b>	57,20	65,30	54,07	70,13	0,54	0,229	61,25	8,10	61,11	0,75

*Ys*= απόδοση της σειράς στις συνθήκες καταπόνησης, *Yn*= απόδοση της σειράς στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, *Ys'* = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες καταπόνησης, *Yn'* = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, *SSI*= Stress Susceptibility Index, *SI*= Stress Index, *MP*= μέση απόδοση της σειράς (Mean Productivity), *TOL*= Tolerance, *GMP*= Geometric Mean Productivity, *STI*= Stress Tolerance Index

Σύμφωνα με τους ίδιους δείκτες (MP, GMP, STI) οι σειρές, που προέρχονται από τις επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και σημείωσαν την μεγαλύτερη ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες ήταν η σειρά 11 (επιλογή από τον πληθυσμό CAT-26), η M-2 (επιλογή από τη σειρά E-202) και η 14 (επιλογή από τον πληθυσμό Λήμνος) (Πίνακας 1.32). Σε αυτές θα μπορούσε να προστεθεί και η σειρά 9 (επιλογή από τον πληθυσμό M-15935), ωστόσο τα νούμερα που παρουσιάζει δεν είναι αντιπροσωπευτικά λόγω της μεγάλης απόδοσης που είχε στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, ενώ η διαφορά με την απόδοση στις συνθήκες καταπόνησης είναι αρκετά μεγάλη.

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες παρατηρούμε ότι η καταπόνηση στις σειρές που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς ήταν πιο έντονη, καθώς ο δείκτης SI

(Stress Intensity) ο οποίος δείχνει την ένταση της καταπόνησης είναι μεγαλύτερος (Πίνακα 1.32).

**Πίνακας 1.32.** Δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς.

	<b>Ys</b>	<b>Yn</b>	<b>Ys-</b>	<b>Yn-</b>	<b>SSI</b>	<b>SI</b>	<b>MP</b>	<b>TOL</b>	<b>GMP</b>	<b>STI</b>
<b>M-1</b>	58,00	46,80	53,96	72,37	-0,94	0,254	52,40	-11,20	52,09	0,51
<b>M-2</b>	66,50	85,30	53,96	72,37	0,86	0,254	75,90	18,80	75,31	1,08
<b>3.100</b>	43,20	80,00	53,96	72,37	1,80	0,254	61,60	36,80	58,78	0,65
<b>4.100</b>	47,50	54,50	53,96	72,37	0,50	0,254	51,00	7,00	50,87	0,49
<b>5.100</b>	45,70	78,70	53,96	72,37	1,64	0,254	62,20	33,00	59,97	0,68
<b>6.100</b>	57,70	67,30	53,96	72,37	0,56	0,254	62,50	9,60	62,31	0,74
<b>7.100</b>	46,70	67,70	53,96	72,37	1,21	0,254	57,20	21,00	56,22	0,60
<b>8.100</b>	44,50	67,20	53,96	72,37	1,32	0,254	55,85	22,70	54,68	0,57
<b>9.100</b>	69,70	100,50	53,96	72,37	1,20	0,254	85,10	30,80	83,69	1,33
<b>10.100</b>	46,80	75,50	53,96	72,37	1,49	0,254	61,15	28,70	59,44	0,67
<b>11.100</b>	68,00	75,80	53,96	72,37	0,40	0,254	71,90	7,80	71,79	0,98
<b>12.100</b>	46,20	64,50	53,96	72,37	1,11	0,254	55,35	18,30	54,58	0,56
<b>13.100</b>	43,00	54,80	53,96	72,37	0,84	0,254	48,90	11,80	48,54	0,44
<b>14.100</b>	70,00	76,70	53,96	72,37	0,34	0,254	73,35	6,70	73,27	1,02
<b>15.100</b>	59,00	67,00	53,96	72,37	0,46	0,254	63,00	8,00	62,87	0,75
<b>16.100</b>	51,20	95,70	53,96	72,37	1,82	0,254	73,45	44,50	69,99	0,93

*Ys* = απόδοση της σειράς στις συνθήκες καταπόνησης, *Yn* = απόδοση της σειράς στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, *Ys'* = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες καταπόνησης, *Yn'* = μέσος όρος της απόδοσης όλου του πειράματος στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, *SSI* = Stress Susceptibility Index, *SI* = Stress Index, *MP* = μέση απόδοση της σειράς (Mean Productivity), *TOL* = Tolerance, *GMP* = Geometric Mean Productivity, *STI* = Stress Tolerance Index

Η καταλληλότητα των δεικτών MP, GMP και STI για την επιλογή των γενοτύπων που απέδωσαν καλά και στις δύο εποχές σποράς φαίνεται στους Πίνακες 1.33 & 1.34 όπου, ανεξάρτητα από την απόσταση σποράς από την οποία προέρχονται οι σειρές, παρατηρείται υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ των τριών δεικτών και της παραγωγής τόσο σε συνθήκες καταπόνησης (εκτός εποχής σπορά) όσο και σε συνθήκες απουσίας καταπόνησης (κανονική σπορά). Επίσης, παρατηρείται η επίδραση που έχει η απόσταση σποράς, από την οποία επιλέχθηκαν οι σειρές, στις συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών. Συγκεκριμένα, για τις επιλογές οι οποίες προέρχονται από χαμηλή πυκνότητα σποράς ο δείκτης TOL δεν συσχετίζεται σημαντικά με τους δείκτες MP, GMP και STI. Επιπλέον, ο δείκτης SSI δεν συσχετίζεται σημαντικά με τους δείκτες MP, GMP και STI.

**Πίνακας 1.33.** Συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών για τις σειρές οι οποίες προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς.

Correlations							
	Yn	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI
Yn	1						
Ys	0,379	1					
TOL	<b>,829**</b>	-0,203	1				
SSI	0,244	-0,18	0,367	1			
MP	<b>,917**</b>	<b>,716**</b>	<b>,538*</b>	0,106	1		
GMP	<b>,869**</b>	<b>,785**</b>	0,445	0,09	<b>,993**</b>	1	
STI	<b>,848**</b>	<b>,806**</b>	0,411	0,051	<b>,986**</b>	<b>,996**</b>	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Πίνακας 1.34.** Συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών για τις σειρές οι οποίες προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς.

Correlations							
	Yn	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI
Yn	1						
Ys	0,371	1					
TOL	<b>,750**</b>	-0,336	1				
SSI	<b>,614*</b>	-0,471	<b>,958**</b>	1			
MP	<b>,888**</b>	<b>,756**</b>	0,362	0,199	1		
GMP	<b>,841**</b>	<b>,812**</b>	0,275	0,121	<b>,995**</b>	1	
STI	<b>,831**</b>	<b>,817**</b>	0,262	0,105	<b>,990**</b>	<b>,997**</b>	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Στον Πίνακα 1.35 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Principal Component Analysis που πραγματοποιήθηκε για τους παραπάνω δείκτες αντοχής. Τα πρώτα δύο Principal Components εξηγούν >99% της συνολικής παραλλακτικότητας για τις δύο πυκνότητες σποράς από τις οποίες προέρχονται οι σειρές. Το Component 1 και στις δύο πυκνότητες εξήγησε το 74,71% και το 67,41% αντίστοιχα της παραλλακτικότητας. Επιπλέον, το Component 1 έχει ισχυρή σύνδεση με την απόδοση τόσο σε συνθήκες καταπόνησης (εκτός εποχής σπορά) (Ys) όσο και σε συνθήκες απουσίας καταπόνησης (κανονικής σπορά) (Yn). Επίσης, ισχυρή σύνδεση παρατηρείται με τους δείκτες MP, GMP και STI, συνεπώς το συγκεκριμένο component είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την υψηλή απόδοση και την ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες και ξεχωρίζει τους γενοτύπους που σημείωσαν υψηλή απόδοση και στις δύο εποχές σποράς και εμφάνισαν υψηλή αντοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες. Το Component 2 και στις δύο πυκνότητες σποράς εξήγησε το 24,45% και το 37,71%, αντίστοιχα της παραλλακτικότητας.

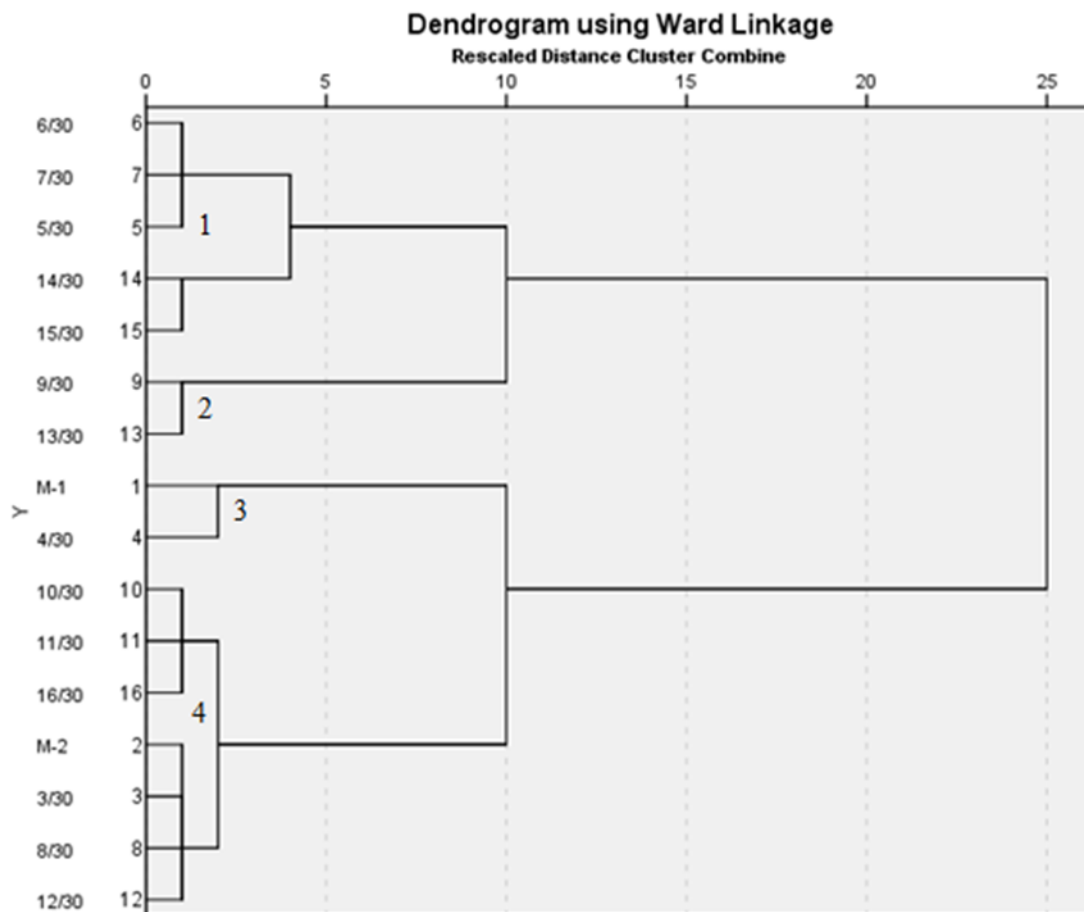


Είχε αρνητική σύνδεση με την απόδοση κατά την εκτός εποχής σπορά (Ys), ενώ παράλληλα είχε πολύ ισχυρή σύνδεση με τους δείκτες TOL και SSI και την απόδοση κατά την κανονική εποχή σποράς (Yn), συνεπώς το Component 2 είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ευαισθησία στις ξηροθερμικές συνθήκες.

**Πίνακας 1.35.** Principal Component Analysis των δεικτών αντοχής στις ξηροθερμικές συνθήκες των σειρών για τις δύο διαφορετικές αποστάσεις σποράς από τις οποίες προέρχονται οι επιλογές.

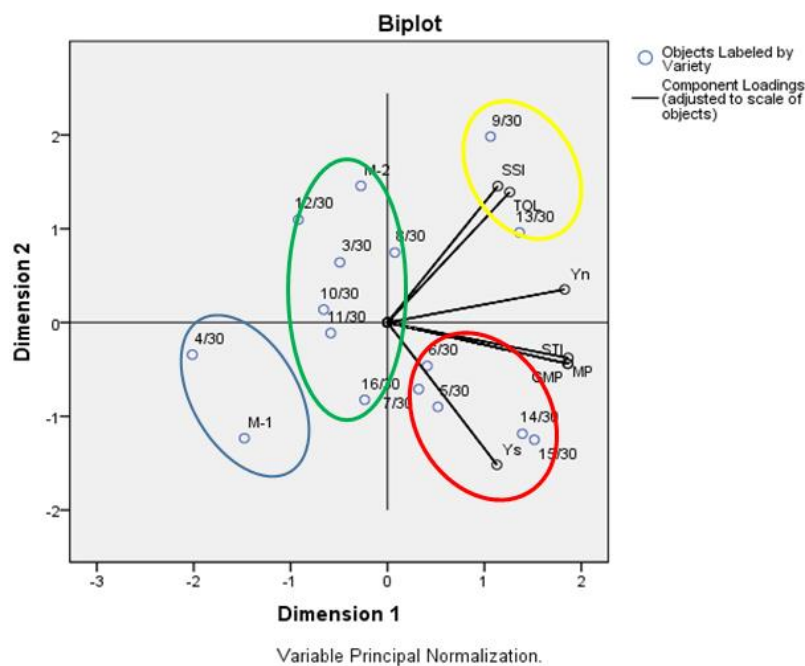
	Υψηλή πυκνότητα σποράς		Χαμηλή πυκνότητα σποράς	
	Component 1	Component 2	Component 1	Component 2
Yn	<b>0,791</b>	<b>0,588</b>	<b>0,767</b>	<b>0,639</b>
Ys	<b>0,860</b>	<b>-0,442</b>	<b>0,880</b>	<b>-0,472</b>
TOL	0,318	<b>0,888</b>	0,151	<b>0,984</b>
SSI	-0,060	<b>0,700</b>	-0,012	<b>0,989</b>
MP	<b>0,967</b>	0,254	<b>0,976</b>	0,216
GMP	<b>0,985</b>	0,166	<b>0,991</b>	0,130
STI	<b>0,990</b>	0,122	<b>0,991</b>	0,115
Eigenvalue	5,230	1,712	4,719	2,220
Percent of variation (%)	74,71	24,45	67,41	31,71
Cumulative percentage	74,71	99,17	67,41	99,12

Με βάση το δενδρόγραμμα της Cluster analysis (Γράφημα 1.10), οι σειρές του πειράματος που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς, χωρίστηκαν σε 4 διαφορετικά Clusters. Οι σειρές 14/30, 15/30, 6/30, 5/30 και 7/30 βρίσκονται στην ίδια ομάδα (Cluster 1). Οι σειρές 9/30 και 13/30 (Cluster 2) σχημάτισαν μία ακόμα ομάδα. Η επόμενη ομάδα αποτελείται από τις σειρές M-1 και 4-30 (Cluster 3). Η τελευταία ομάδα αποτελείται από τις σειρές M-2, 3/30, 12/30, 8/30, 11/30, 10/30 και 16/30 (Cluster 4).



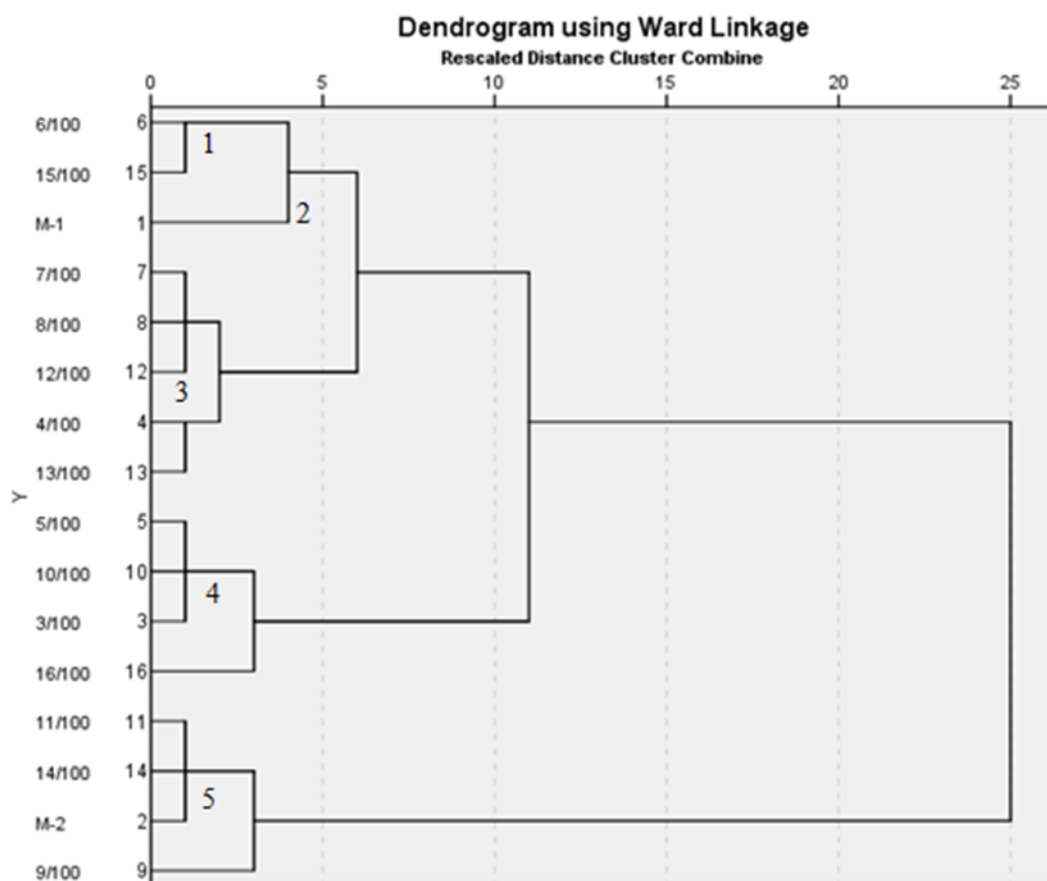
**Σχήμα 1.10.** Cluster analysis των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς με βάση τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στην καταπόνηση.

Οι σειρές 14/30, 15/30, 5/30, 6/30 και 7/30 (Σχήμα 1.11), που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς, μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ανεκτικές στις ξηροθερμικές συνθήκες και οι πιο υψηλοαποδοτικές και στις δύο περιόδους σποράς (Cluster 1). Αντίθετα, οι σειρές 9/30 και 13/30 μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ευαίσθητες στις ξηροθερμικές συνθήκες, καθώς ενώ είχαν πολύ υψηλή απόδοση στις συνθήκες απουσίας καταπόνησης, η απόδοσή τους στις συνθήκες καταπόνησης παρουσίασε πολύ μεγάλη μείωση (Cluster 2). Οι σειρές M-2, 3/30, 12/30, 8/30, 11/30, 16/30 και 10/30 αποτελούν μια ομάδα ανάμεσα στις πιο ανεκτικές και στις πιο ευαίσθητες (Cluster 4). Ταυτόχρονα, οι σειρές M-1 και 4/30 (Cluster 5) αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία καθώς απέδωσαν καλύτερα σε συνθήκες καταπόνησης, ωστόσο οι αποδόσεις τους, γενικά, ήταν αρκετά μικρές.



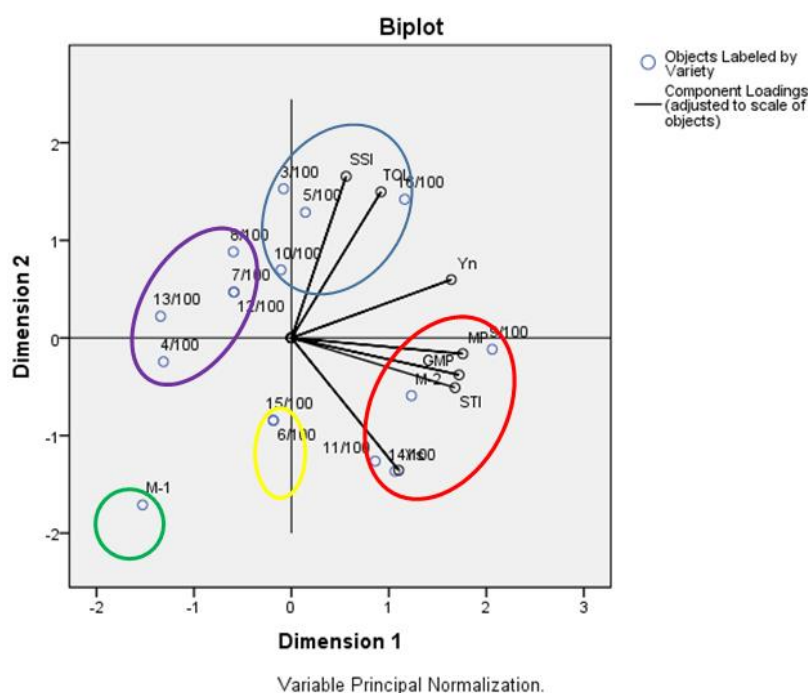
**Σχήμα 1.11.** Bi-plot analysis των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς με βάση τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στην καταπόνηση.

Σύμφωνα με το δενδρόγραμμα της Cluster analysis (Σχήμα 1.12), οι σειρές που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, χωρίστηκαν σε 5 διαφορετικά Clusters. Οι σειρές 6/100 και 15/100 βρίσκονται στην ίδια ομάδα (Cluster 1). Η σειρά M-1 σχημάτισε μόνη της μία ομάδα (Cluster 2). Οι σειρές 4/100, 7/100, 8/100, 12/100 και 13/100 σχημάτισαν μία ακόμα ομάδα (Cluster 3). Η επόμενη ομάδα αποτελείται από τις σειρές 3/100, 5/100, 10/100 και 16/100 (Cluster 4). Η τελευταία ομάδα αποτελείται από τις σειρές M-2, 9/100, 11/100 και 14/100 (Cluster 5).



**Σχήμα 1.12.** Cluster analysis των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στην καταπόνηση.

Η ποικιλία M-2 και οι βελτιωμένες σειρές 9/100, 11/100 και 14/100 (Σχήμα 1.13) που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς (Cluster 5) μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πλέον ανεκτικές στις ξηροθερμικές συνθήκες και οι πιο υψηλοαποδοτικές και στις δύο περιόδους σποράς. Αντίθετα, οι σειρές 3/100, 16/10, 5/100 και 10/100 (Cluster 4) χαρακτηρίζονται ως οι πιο ευαίσθητες σε αυτές τις συνθήκες. Οι σειρές 4/100, 7/100, 8/100, 12/100 και 13/100 (Cluster 4) τοποθετούνται στις σχετικά ευαίσθητες σειρές. Επιπλέον, ως σχετικά ανεκτικές στις ξηροθερμικές θερμικές συνθήκες μπορούν να χαρακτηριστούν οι σειρές 6/100 και 15/100 (Cluster 1). Τέλος, η M-1 (Cluster 2) μπορεί να ειπωθεί ότι παρουσιάζει μια μικρή ανεκτικότητα στις ξηροθερμικές συνθήκες καθώς παρουσίασε αύξηση της απόδοσης στις συνθήκες καταπόνησης, με τις αποδόσεις της, ωστόσο, να είναι σχετικά μικρές.



**Σχήμα 1.13.** Bi-plot analysis των σειρών που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς με βάση τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στην καταπόνηση.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο πειραματισμός διεξήχθη σε δύο εποχές σποράς, μία κανονική για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας και μία εκτός εποχής με σκοπό να επικρατούν αυξημένες ξηροθερμικές συνθήκες καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών, αλλά πρωτίστως κατά τα κρίσιμα στάδια της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί σε κάποιο βαθμό ως προσομοίωση των επιπτώσεων της, εν εξελίξει, κλιματικής αλλαγής (Lipiec et al., 2013). Η ταχύτατη εμφάνιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής καθιστά επιτακτική την ανάγκη της ανάπτυξης ποικιλιών προσαρμοσμένων σε τέτοια δυσμενή περιβάλλοντα. Οι ποικιλίες που προορίζονται να καλλιεργηθούν σε τέτοια περιβάλλοντα θα πρέπει να επιλέγονται μέσα σε αυτά, ώστε να έχουν ενσωματώσει στο γενότυπό τους τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της προσαρμοστικότητας στο περιβάλλον καλλιέργειας (Ceccarelli, 1994).

Στην παρούσα εργασία η επιλογή εφαρμόστηκε σε δύο πυκνότητες σποράς. Η πρώτη (12,8 φυτά/m<sup>2</sup>), που έχει χαρακτηριστεί ως η συνθήκη μέτριου ανταγωνισμού (Piadis et al., 2003), και η δεύτερη (1,15 φυτά/m<sup>2</sup>) που εξασφαλίζει συνθήκες έλλειψης ανταγωνισμού. Είναι γνωστό ότι η απουσία ανταγωνισμού μεταξύ των φυτών βελτιώνει την αποτελεσματικότητα επιλογής (Fasoula & Fasoula, 1997a; Tokatlidis et al., 2010a; Fasoula & Tokatlidis, 2012) και βασίζεται στην αρνητική συσχέτιση μεταξύ απόδοσης και ανταγωνιστικής ικανότητας

(Kyriakou & Fasoulas, 1985; Janick, 1999; Pan et al., 2003). Η μοναδική ερευνητική εργασία σχετικά με την επίδραση της πυκνότητας σποράς στην αποτελεσματικότητα της επιλογής από τους Iliadis et al. (2003) αναφέρει ότι η συνθήκη του μέτριου ανταγωνισμού οδήγησε στην αποτελεσματικότερη επιλογή.

### **Αξιολόγηση και επιλογή εντός του αρχικού γενετικού υλικού**

Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 37,84g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 67,4% ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 48,35g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 92,2%. Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα, κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στη κανονική εποχή σποράς η θερμοκρασία ήταν  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  για 14 ημέρες και το βροχομετρικό ύψος ήταν 127,6mm, ενώ στην εκτός εποχής σπορά σποράς η θερμοκρασία ήταν  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  για 17 ημέρες και το βροχομετρικό ύψος ήταν μόλις 16,4mm. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι κατά την εντός της κανονικής εποχής σπορά, σε υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά Line 9/14 σημείωσε την μεγαλύτερη μέση απόδοση και το υψηλότερο CLR, ενώ ο πληθυσμός E-216 είχε τον υψηλότερο συντελεστή ομοιόστασης (CH) και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό (LCYP). Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός M-15935 είχε τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή και το υψηλότερο CLR, ενώ ο πληθυσμός E-216 είχε και πάλι τον υψηλότερο συντελεστή ομοιόστασης (CH) και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό (LCYP). Στην υψηλή πυκνότητα σποράς το φυτό που επιλέχθηκε από την ποικιλία M-15370 είχε την υψηλότερη απόδοση σε σπόρο, ενώ το φυτό που επιλέχθηκε από την σειρά Line 9/14 είχε το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό (PCYP) και το υψηλότερο CR. Αντίστοιχα στη χαμηλή πυκνότητα σποράς το φυτό που επιλέχθηκε από το πληθυσμό M-15935 είχε τις υψηλότερες τιμές για την απόδοση, το παραγωγικό δυναμικό και το CR.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο δείκτης ομοιόστασης (CH) που αποτελεί το δεύτερο συστατικό της εξίσωσης του παραγωγικού δυναμικού (Fasoula & Tokatlidis, 2012) δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι εκφράζει αντικειμενικά την σταθερότητα της αξιολογούμενης σειράς στις περιπτώσεις που το γενετικό υλικό είναι ανομοιογενές, και λήφθηκε υπόψη, ως ένας γενικότερος δείκτης σταθερότητας και δεν αποτέλεσε κριτήριο επιλογής όπως αναλύεται παρακάτω.

Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 21,93g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 66,6%, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 32,71g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 72,7%. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός CAT16-4

σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και το υψηλότερο CLR, η ποικιλία E-202 ήταν η πιο σταθερή έχοντας τον υψηλότερο συντελεστή ομοιόστασης (CH), ωστόσο με βάση την απόδοση κατατάχθηκε περίπου στην μέση, ενώ ο πληθυσμός M-15935 είχε το μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό (LCYP) αλλά με βάση την απόδοση κατατάχθηκε 4<sup>ος</sup>. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός M-15935 είχε την μεγαλύτερη μέση απόδοση και το υψηλότερο CLR, ο εμπορικός σπόρος Macarena σημείωσε τον μεγαλύτερο συντελεστή ομοιόστασης (CH) αλλά κατατάχθηκε στη μέση με βάση την απόδοση, ενώ το μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό (LCYP) είχε η ποικιλία M-15370 που κατατάχθηκε 2<sup>η</sup> με βάση την απόδοση. Σε επίπεδο ατομικού φυτού, στην υψηλή πυκνότητα σποράς το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-27 είχε την μεγαλύτερη απόδοση καθώς και τις υψηλότερες τιμές PCYP και CR. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-29 σημείωσε την μεγαλύτερη απόδοση ενώ το ατομικό φυτό που επιλέχθηκε από τον πληθυσμό CAT16-31 σημείωσε τις υψηλότερες τιμές PCYP και CR. Γενικότερα, όπως αναμενόταν, η απόδοση παρουσίασε αύξηση στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, καθώς σε αυτή τη πυκνότητα τα φυτά αναπτύχθηκαν απουσία ανταγωνισμού.

Επιπλέον, ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς, παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης στην εκτός εποχής σπορά, γεγονός που, πιθανότατα, οφείλεται στις ξηροθερμικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες και ελάχιστη βροχή) που επικρατήσαν, κυρίως κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών. Συγκεκριμένα, κατά το στάδιο αυτό, στη κανονική εποχής σποράς η μέση μέγιστη θερμοκρασία ήταν 29,6°C και το βροχομετρικό ύψος ήταν 127,6mm, ενώ στην εκτός εποχής σπορά η μέση μέγιστη θερμοκρασία ήταν 33°C, ξεπερνώντας σχεδόν σε όλες τις ημέρες του 30°C, και το βροχομετρικό ύψος ήταν μόλις 16,4mm. Συνεπώς, η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών, δικαιολογεί απόλυτα τη μείωση της απόδοσης ανά φυτό κατά 36,5%, από 43g ήταν στη κανονική εποχή σποράς σε 27,3g στην εκτός εποχής σπορά.

Συγκρίνοντας τις δυο εποχές σποράς διαπιστώνουμε ότι η μέση απόδοση των γενοτύπων στην κανονική εποχή σποράς ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με την εκτός εποχής σπορά. Συγκεκριμένα, η μέση απόδοση των γενοτύπων στη κανονική εποχή σποράς ήταν 42g, ενώ στην εκτός εποχής σπορά ήταν 27,1g, που μεταφράζεται σε μείωση κατά 35,4%. Η διαφορά στην απόδοση των γενοτύπων μεταξύ των δύο εποχών σποράς οφείλεται στο γεγονός ότι καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων η θερμοκρασία στην εκτός εποχής σπορά ήταν μεγαλύτερη, ενώ το ύψος της βροχόπτωσης, κυρίως κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στην εκτός εποχή σπορά ήταν πάρα πολύ μικρό. Παράλληλα, η μείωση της απόδοσης στην εκτός εποχής σπορά που παρατηρήθηκε και σε άλλες έρευνες (Photiades, 1984b; Muriuki et

al., 2018), ενδεχομένως οφείλεται και μικρότερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με τη κανονική εποχή σποράς, που έχουν διαθέσιμο τα φυτά για να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο.

Στο αρχικό γενετικό υλικό εφαρμόστηκε πολύ υψηλή πίεση επιλογής καθώς επιλέχθηκε μόνο το πρώτο ή/και το δεύτερο υπέρτερο φυτό (αν δεν εξασφαλιζόνταν επάρκεια σπόρου για τη συνέχιση του πειραματισμού). Αρχικά, έγινε διαλογή των πέντε καλύτερων ατομικών φυτών εντός του κάθε γενοτύπου, με βάση τα κριτήρια PCYP και απόδοση. Στη συνέχεια, έγινε επιλογή του υπέρτερου ενός ατομικού φυτού με βάση την απόλυτη τιμή της απόδοσης. Η επιλογή έγινε τόσο αυστηρή γιατί α) από παρόμοια έρευνα στο ρεβίθι (Piadis et al., 2003) είχε αποδειχθεί ότι η πολύ υψηλή πίεση επιλογής αύξησε κατακόρυφα την αποτελεσματικότητα της επιλογής, β) η λιγότερο αυστηρή επιλογή θα οδηγούσε σε μεγάλο αριθμό επιλεγέντων φυτών και απογονικού ελέγχου ο οποίος με βάση τις δυνατότητες εργατικών πόρων και στα χρονικό πλαίσιο μιας διδακτορικής διατριβής δεν θα ήταν διαχειρίσιμη. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι εξετάστηκε η περίπτωση να απορριφθούν κάποιοι πληθυσμοί και να συνεχιστεί το πείραμα μόνο με τους πλέον «υποσχόμενους» πληθυσμούς, αλλά επειδή παρατηρήθηκε έντονη αλληλεπίδραση γενοτύπου X εποχή σποράς X πυκνότητα σποράς αποφασίστηκε να συνεχιστεί η επιλογή σε όλους τους πληθυσμούς εφαρμόζοντας πολύ υψηλή πίεση επιλογής.

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να επισημανθεί το γεγονός ότι η επιλογή στην υψηλή πυκνότητα σποράς (12,8 φυτά/m<sup>2</sup>) που αντιπροσωπεύει την ανάπτυξη των φυτών σε συνθήκες μέτριου ανταγωνισμού (Piadis et al. 2003) δεν τηρήθηκε σε όλη την έκταση του πειράματος εξαιτίας της απώλειας ατομικών φυτών από την επίδραση εξωγενών παραγόντων. Το ποσοστό απωλειών σε ατομικά φυτά είναι αναμφισβήτητα ένας παράγοντας που δεν μπορεί να προβλεφθεί κατά τη σχεδίαση του πειραματισμού, ωστόσο στο συγκεκριμένο πείραμα είχε σαν αποτέλεσμα να μεταβληθούν οι αποστάσεις μεταξύ των αξιολογούμενων ατομικών φυτών και φυσικά να τροποποιηθεί για κάποια από τα φυτά η συνθήκη ανταγωνισμού στην οποία αναπτύχθηκαν. Η παραπάνω παρατήρηση καθιστά επισφαλής τα συμπεράσματα ως προς την αποτελεσματικότητα της επιλογής στην συνθήκη του μέτριου ανταγωνισμού και αναδεικνύει την ανάγκη για την εξεύρεση πρακτικών που θα συμβάλουν ώστε να ξεπεραστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα και να εξαχθούν αντικειμενικότερα συμπεράσματα. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι τα μεγέθη των πληθυσμών (αριθμός επαναλήψεων) που χρησιμοποιήθηκαν είναι πολύ μικρά για να δειγματίσουν τη γενετική ποικιλότητα. Ωστόσο, στα πλαίσια του διδακτορικού, η χρήση μεγαλύτερου αριθμού επαναλήψεων ανά πληθυσμό, άμα συνυπολογιστούν και οι διαφορετικές μεταχειρίσεις (εποχές σποράς, πυκνότητες σποράς), θα καθιστούσε τη διαχείριση των πειραμάτων από δύσκολη έως αδύνατη.



## Αξιολόγηση επιλογών 1<sup>ου</sup> έτους (απογονικός έλεγχος)

Κατά την αξιολόγηση των επιλογών του 1<sup>ου</sup> έτους παρατηρήθηκαν λιγότερες απώλειες φυτών σε σύγκριση με τον πρώτο χρόνο πειραματισμού και αυτό οφείλεται στον καλύτερο έλεγχο και την μικρή προσβολή από το έντομο υλέμια. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 12,84g, και ο συντελεστής παραλλακτικότητας 63,9%, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 29,98g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 69,6%. Οι συντελεστές παραλλακτικότητας εξακολούθησαν να σημειώνουν υψηλές τιμές δηλώνοντας την έντονη επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως το περιβάλλον και η αλληλεπίδραση γενοτύπου x περιβάλλοντος. Οι συντελεστές παραλλακτικότητας ήταν παρόμοιοι με αυτούς της προηγούμενης χρονιάς, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στο ότι τη 2<sup>η</sup> χρονιά οι περιβαλλοντικές, τόσο κατά το στάδιο την άνθισης όσο και κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, ήταν δυσμενέστερες καθώς επικράτησαν υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης ήταν μικρότερο κατά 35%.

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα στην εκτός εποχής σπορά, τόσο κατά το στάδιο της άνθισης όσο και κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών σημειώθηκαν ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα κατά το στάδιο της άνθισης η θερμοκρασία σε εννιά ημέρες ξεπέρασε τους 35°C, σε αντίθεση με τη κανονική εποχή σποράς που θερμοκρασία ξεπέρασε τους 35°C σε τέσσερις ημέρες. Θερμοκρασίες >35°C κατά το αναπαραγωγικό στάδιο είναι καταστροφικές για την απόδοση του ρεβιθιού (Canci & Toker, 2009). Κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών, στην εκτός εποχής σπορά, η θερμοκρασία μέγιστη θερμοκρασία ήταν >30°C για δεκαέξι ημέρες, ενώ στη κανονική εποχή σποράς η μέγιστη θερμοκρασία ήταν >30°C για δεκατρείς ημέρες. Κατά το στάδιο του γεμίσματος των λοβών θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 30°C οδηγούν σε μείωση του βάρους και του αριθμού των σπόρων (Kobraee et al., 2010). Οι παραπάνω θερμοκρασίες σε συνδυασμό με το μικρό ύψος της βροχόπτωσης, έκαναν τις συνθήκες που επικράτησαν στην εκτός εποχής σπορά πιο έντονα ξηροθερμικές.

Παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης των γενοτύπων στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, γεγονός που, πιθανότατα, οφείλεται στο ότι τα φυτά στη χαμηλή πυκνότητα σποράς αναπτύχθηκαν απουσία ανταγωνισμού που σημαίνει ότι δεν υπήρχε περιορισμός στην απόκτηση των διαθέσιμων πόρων (Ηλιάδης, 1998). Στην υψηλή πυκνότητα σποράς ξεχώρισαν ο πληθυσμός «Λήμνος» που σημείωσε τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και την υψηλότερη τιμή CLR, ο πληθυσμός E-210 με τη σταθερότερη συμπεριφορά (υψηλό CH) και ο πληθυσμός «Καστοριά» με το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό. Αντίστοιχα, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς διακρίθηκαν ο πληθυσμός CAT16-31 με τη μεγαλύτερη μέση απόδοση, το μεγαλύτερο

CLR και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό και η ποικιλία M-15370 με το μεγαλύτερο συντελεστή ομοιόστασης (CH). Σε επίπεδο ατομικού φυτού, στην υψηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό Λήμνος είχαν την υψηλότερη μέση απόδοση και το υψηλότερο μέσο CR, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό M-15935 σημείωσαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό. Στην χαμηλή πυκνότητα σποράς παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της μέση απόδοσης των ατομικών φυτών που επιλέχθηκαν. Τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από την ποικιλία M-15370 είχαν τις μεγαλύτερες τιμές και στα τρία κριτήρια επιλογής.

Στην εκτός εποχής σπορά, οι απώλειες φυτών ήταν λιγότερες σε σχέση με αυτές της προηγούμενης χρονιάς. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 9,36g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 60,7%. Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η μέση απόδοση ανά φυτό ήταν 14,61g και ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 71,3%. Σε σύγκριση με τα αντίστοιχα πειράματα της 1<sup>ης</sup> χρονιάς, οι μέσες αποδόσεις και στις δυο πυκνότητες σποράς ήταν χαμηλότερες, ενώ οι συντελεστές παραλλακτικότητας παρέμειναν σε υψηλές τιμές. Στην υψηλή πυκνότητα σποράς ξεχώρισε ο πληθυσμός Λήμνος με τη μεγαλύτερη μέση απόδοση και τη μεγαλύτερη τιμή CLR, ενώ ο υψηλότερος συντελεστής ομοιόστασης (CH) και το υψηλότερο παραγωγικό δυναμικό παρατηρήθηκαν στην ποικιλία M-15370. Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ο πληθυσμός Λήμνος κατέγραψε τις μεγαλύτερες τιμές και στις 4 κατηγορίες.

Σε επίπεδο ατομικού φυτού, στην υψηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό «Καστοριά» σημείωσαν τη μεγαλύτερη μέση απόδοση σε σπόρο, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό «Λήμνος» είχαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό και το μεγαλύτερο CR. Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό M-15935 σημείωσαν τη μεγαλύτερη μέση απόδοση, ενώ τα ατομικά φυτά που επιλέχθηκαν από τον πληθυσμό «Λήμνος» είχαν το μεγαλύτερο μέσο παραγωγικό δυναμικό και το μεγαλύτερο CR.

### **Αξιολόγηση των βελτιωμένων σειρών σε πυκνή σπορά**

Τα πέντε υπέρτερα φυτά εντός κάθε εποχής και πυκνότητας σποράς και για κάθε γενότυπο ενώθηκαν και αποτέλεσαν τις βελτιωμένες σειρές. Έτσι, την 3<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού έγινε η αξιολόγηση σε συνθήκες γεωργού, σε δύο εποχές σποράς, μία κανονική και μία εκτός εποχής, των σειρών που προέκυψαν έπειτα από 2 χρόνια επιλογής ατομικών φυτών με τη χρήση της κυψελωτής μεθοδολογίας βελτίωσης. Στο στάδιο της άνθισης, κατά την κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 19,5°C και η συνολική βροχόπτωση έφτασε τα 31,4mm.

Στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 22,5°C με τη μέγιστη θερμοκρασία για 12 ημέρες να ξεπερνάει τους 30°C, θερμοκρασία ιδιαίτερα κρίσιμη για το στάδιο της άνθισης του ρεβιθιού. Συνολικά στην εκτός εποχής σπορά το ύψος της βροχόπτωσης έφτασε τα 11,4mm. Στο έτερο κρίσιμο στάδιο, αυτό του γεμίσματος των λοβών, κατά την κανονική εποχή σποράς η μέση θερμοκρασία ήταν 25,4°C, με το ύψος της βροχόπτωσης να φτάνει τα 22,4mm, ενώ στην εκτός εποχής σπορά η μέση θερμοκρασία ήταν 28°C, με την μέγιστη θερμοκρασία για 12 ημέρες να ξεπερνάει τους 35°C, θερμοκρασία η οποία οδηγεί σε μείωση του αριθμού και του βάρους των σπόρων, συνεπώς σε μεγάλες απώλειες στην παραγωγή (Kobraee et al., 2010), με το ύψος της βροχόπτωσης να φτάνει τα 13,2mm. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι στην εκτός εποχής σπορά, στη διάρκεια των κρίσιμων σταδίων της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, επικράτησαν δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ξηροθερμικές καθώς οι θερμοκρασίες ήταν υψηλές και το ύψος της βροχόπτωσης ιδιαίτερα χαμηλό.

Η απόδοση σε σπόρο στην πυκνή σπορά επηρεάστηκε σημαντικά από την εποχή σποράς. Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών (εκτός εποχής σπορά) κατά τα κρίσιμα στάδια για την απόδοση του ρεβιθιού της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, οδήγησε σε σημαντική μείωση των αποδόσεων, καθώς η μέση απόδοση στη κανονική εποχή σποράς ήταν 71,25g ενώ στη εκτός εποχής ήταν 54g, μειώθηκε, δηλαδή, κατά 24,1%. Οι ξηροθερμικές συνθήκες, σύμφωνα με τους Sabaghpour et al. (2006) και Devasirvatham et al. (2012), κατά το αναπαραγωγικό στάδιο των φυτών οδηγούν σε δυσλειτουργία των αναπαραγωγικών ιστών των φυτών και συνεπώς στη μείωση της τελικής παραγωγής. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποδόσεων των σειρών που προήλθαν από επιλογές εντός της ίδιας πυκνότητας σποράς, αλλά από διαφορετικές εποχές σποράς. Οι βελτιωμένες σειρές 9 και 13 που αξιολογήθηκαν κατά την κανονική εποχή σποράς και προήλθαν από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς, είχαν τη μεγαλύτερη απόδοση διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες, ενώ η βελτιωμένη σειρά 9 που προήλθε από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, είχε επίσης σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες. Κατά την εκτός εποχής σπορά, και για τις δύο πυκνότητες σποράς, η βελτιωμένη σειρά 14 σημείωσε τη μεγαλύτερη απόδοση. Θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι και κατά την αξιολόγηση των επιλογών τη 2<sup>η</sup> χρονιά πειραματισμού στην κανονική εποχή σποράς σε υψηλή πυκνότητα, οι επιλογές από τον πληθυσμό M-15935, από τον οποίο προέκυψε η βελτιωμένη σειρά 9, σημείωσαν την υψηλότερη απόδοση και το μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, και στις δύο πυκνότητες, ο αρχικός πληθυσμός Λήμνος, από τον οποίο προέκυψε η σειρά 14, είχε επίσης την υψηλότερη απόδοση και το μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό. Φαίνεται λοιπόν ότι, στην

κανονική εποχή σποράς το βελτιωτικό σχήμα που περιλαμβάνει την μεγάλη πίεση επιλογής κατά το 1<sup>ο</sup> έτος και ακολουθείται από δεύτερη χρονιά επιλογής των υπέρτερων ατομικών φυτών για το σχηματισμό της βελτιωμένης σειράς ήταν πιο αποτελεσματικό στην πυκνότητα σποράς των 12,8 φυτών/τ.μ., ενώ στην εκτός εποχής σπορά η ίδια ακριβώς μέθοδος αποδείχτηκε εξίσου αποτελεσματική και στις δύο πυκνότητες σποράς. Η παραπάνω παρατήρηση είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα των Piadis et al. (2003), ότι η επιλογή ατομικών φυτών είναι αποτελεσματική τόσο σε συνθήκες μέτριου ανταγωνισμού (υψηλή πυκνότητα σποράς) όσο και σε συνθήκες μηδενικού ανταγωνισμού (χαμηλή πυκνότητα σποράς).

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δυο συνθηκών επιλογής (μέτριος ανταγωνισμός vs απουσία ανταγωνισμού), όπως αποτυπώθηκε από την συγκριτική μελέτη των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά επιλέχθηκαν σε διαφορετική πυκνότητα σποράς εντός κάθε εποχής σποράς (Πίνακας 1.13) έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα. Στην κανονική εποχή σποράς έξι βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, τέσσερις βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και μια σειρά που είχε επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 (M-15370) δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στη χαμηλή σπορά υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής πυκνότητας σποράς υποδεικνύοντας αφενός την ύπαρξη ενδοποικιλιακής παραλλακτικότητας (McClintock, 1984; Rasmusson & Phillips, 1997) και αφετέρου ότι σε απουσία ανταγωνισμού είναι δυνατή η αναγνώριση των υπέρτερων ατομικών φυτών (Tokatlidis, 2015). Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν επτά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μια σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και τρεις σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων καταγράφηκε ακριβώς η ίδια εικόνα όπως και στην κανονική σπορά ενισχύοντας περαιτέρω τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι αποτελεσματική επιλογή μπορεί να διενεργηθεί και στις δυο πυκνότητες σποράς (Piadis et al. 2003) με την επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα να είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται μετά από σπορά και ανάπτυξη σε κανονικές κλιματολογικές συνθήκες, ενώ η επιλογή σε μέτριο ανταγωνισμό είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε έντονα ξηροθερμικό περιβάλλον.

Οι αποδόσεις των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των αποδόσεων των δυο μαρτύρων αποτελεί την μεθοδολογία που εφαρμόζεται από το Τμήμα Ελέγχου Ποικιλιών κατά τις δοκιμές Κ.Α.Χ. στην διαδικασία εγγραφής νέων ποικιλιών στον Εθνικό Κατάλογο Ποικιλιών Καλλιεργούμενων Φυτών ([www.varinst.gr](http://www.varinst.gr)). Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε για να απεικονίσει την δυναμική των βελτιωμένων σειρών ως πιθανών νέων ποικιλιών. Δεν έγινε η αξιολόγηση σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, που θα οδηγούσε και στην εκτίμηση της προόδου με την επιλογή, γιατί δεν υπήρχε η επάρκεια σε σπόρο για την διεξαγωγή πειραμάτων πυκνής σποράς (RCBD) σε κάποιους από τους αρχικούς πληθυσμούς. Μελετώντας τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των σειρών 4 και 12, υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων, εκτός από τις 4, 12 και 13. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι βελτιωμένες σειρές 4 και 12 που προήλθαν από τους αρχικούς γενοτύπους Macarena και E-216 αντίστοιχα, δεν παρουσιάζουν τη δυναμική για να δοκιμαστούν περαιτέρω ως δυνητικές ποικιλίες. Από τις υπόλοιπες βελτιωμένες σειρές ξεχώρισαν οι 5, 9, και 14 που υπερέιχαν πάνω από 10% του μο των μαρτύρων και στις δυο συνθήκες επιλογής. Ιδιαίτερα, οι δυο βελτιωμένες σειρές που προήλθαν από τον αρχικό πληθυσμό 9 (M-15935) και επιλέχθηκαν τόσο στην υψηλή όσο και στην χαμηλή πυκνότητα σποράς ξεπέρασαν τους μάρτυρες με το ίδιο ποσοστό (+35%). Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση των βελτιωμένων σειρών του αρχικού πληθυσμού E-210 (σειρά 13) όπου η βελτιωμένη σειρά που επιλέχθηκε στη συνθήκη του μέτριου ανταγωνισμού υπερέιχε κατά 34% του μο των δυο μαρτύρων, ενώ η αντίστοιχη επιλογή στη συνθήκη απουσία ανταγωνισμού υπολείπονταν κατά 21% του μο των δυο μαρτύρων. Στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οι περισσότερες σειρές (5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 16) υπερτερούσαν του μέσου όρου της απόδοσης των μαρτύρων ενώ, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές είχαν χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τον μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων εκτός από τις βελτιωμένες σειρές 9, 11 και 14.

Αναλύοντας συνολικά τα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν τρεις κατηγορίες βελτιωμένων σειρών. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι σειρές που επιλέχθηκαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό και ξεπέρασαν τους μάρτυρες και στις δύο συνθήκες ανάπτυξης (εντός και εκτός εποχής σποράς). Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στις σειρές 11 και 14 που υπερτερούσαν σε σχέση με το μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων σε όλες τις συνθήκες ανάπτυξης ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς στην οποία επιλέχθηκαν, δείχνοντας ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον γενετικό υπόβαθρο για την προώθησή τους ως ποικιλίες ευρείας προσαρμοστικότητας. Στην δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονταν οι σειρές που ξεπέρασαν

τους μάρτυρες μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αξιολόγησης (ειδική προσαρμοστικότητα). Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται οι βελτιωμένες σειρές από τον αρχικό πληθυσμό 3 που απέδωσαν περισσότερο από τους μάρτυρες μόνο στην κανονική εποχή σποράς, ανεξάρτητα από την πυκνότητα στην οποία έγινε η επιλογή τους. Τέλος, οι βελτιωμένες σειρές 4 και 12, ανεξάρτητα από το σχέδιο που ακολουθήθηκε για την βελτίωσή τους, υπολείπονταν των μαρτύρων κάτω από οποιαδήποτε συνθήκη αξιολόγησης.

Για την εκτίμηση της ανοχής των βελτιωμένων σειρών στις ξηροθερμικές συνθήκες έγινε υπολογισμός ειδικών δεικτών ανοχής/ευαισθησίας με βάση την απόδοσή τους στα τέσσερα RCBD πειράματα, όπως αυτοί περιεγράφηκαν από τους Mohammadi et al. (2011). Η επιλογή με βάση τους δείκτες ευνοεί τους γενοτύπους με υψηλότερη ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες (Fernandez, 1992). Η παραπάνω παρατήρηση επιβεβαιώθηκε από την ανάλυση των συσχετίσεων μεταξύ των δεικτών και των αποδόσεων των σειρών στις δύο εποχές σποράς, αλλά και από την Principal Component Analysis. Σύμφωνα με αυτές φάνηκε η σύνδεση των τριών δεικτών (MP, STI και GMP) με τις αποδόσεις στις διαφορετικές εποχές σποράς, καθιστώντας τους ως τους πλέον κατάλληλους δείκτες για την επιλογή σειρών που χαρακτηρίζονται από ανοχή στις ξηροθερμικές συνθήκες. Η εκτίμηση και η χρήση των παραπάνω δεικτών έγινε ξεχωριστά για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή και χαμηλή πυκνότητα σποράς.

Σύμφωνα με όσα προέκυψαν από την Cluster analysis για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι σειρές 14, 15, 5, 6 και 7 μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ανεκτικές στις ξηροθερμικές συνθήκες και οι πιο υψηλοαποδοτικές και στις δύο περιόδους ανάπτυξης. Αντίθετα, οι σειρές 9 και 13 μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ευαίσθητες στις ξηροθερμικές συνθήκες. Όσον αφορά τις σειρές που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές M-2, 9, 11 και 14 μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ανεκτικές στις ξηροθερμικές συνθήκες και οι πιο υψηλοαποδοτικές και στις δύο περιόδους σποράς. Αντίθετα, οι σειρές 3, 5, 10 και 16 μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ευαίσθητες σε αυτές τις συνθήκες.

Άξια αναφοράς είναι η παρατήρηση ότι η σειρά 14, ανεξάρτητα από την απόσταση σποράς εντός της οποίας έγιναν οι επιλογές, ανήκει στις ανεκτικές στις ξηροθερμικές συνθήκες σειρές. Επιπλέον, ο δείκτης SI (Stress Intensity) ήταν μεγαλύτερος για τις σειρές με προέλευση την χαμηλή πυκνότητα σποράς. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η καταπόνηση για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές σε χαμηλή πυκνότητα σποράς ήταν εντονότερη.

Για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς, παρατηρούμε ότι τα παραπάνω αποτελέσματα σχετίζονται με τα αντίστοιχα του Πίνακα 1.13 όπου έγινε σύγκριση των σειρών με τους μάρτυρες. Συγκεκριμένα, οι σειρές 5, 6, 7, 14 και 15, που χαρακτηρίστηκαν ως οι πιο ανεκτικές, παρατηρούμε ότι ήταν οι μόνες σειρές των οποίων η διαφορά της απόδοσής τους σε σχέση με το μέσο όρο των μαρτύρων ήταν παρόμοια και στις δύο εποχές σποράς (Πίνακας 1.13). Για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι σειρές 9, 11 και 14, που χαρακτηρίστηκαν ως οι πιο ανεκτικές, ήταν οι μόνες σειρές που η απόδοσή τους ήταν μεγαλύτερη από το μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων και στις δύο εποχές σποράς.

Συνεπώς παρατηρούμε ότι η επιλογή με βάση της σύγκριση της απόδοσης των σειρών με το μέσο όρο της απόδοσης των μαρτύρων σχετίζεται με την επιλογή με βάση τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες.

### **Επίδραση των ξηροθερμικών συνθηκών στο ύψος των φυτών**

Η εκτός εποχής σπορά, συνεπώς η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών κατά τα κρίσιμα στάδια του ρεβιθιού, οδήγησε σε μείωση του ύψους των φυτών κατά 14%. Αυτή η παρατήρηση είναι σύμφωνη με το όσα διαπίστωσαν οι Shamsi et al. (2010) και Kaushal et al. (2013), οι οποίοι τόνισαν ότι σε ξηροθερμικές συνθήκες η κυτταρική διαίρεση μειώνεται, οδηγώντας σε μειωμένο ύψος φυτών. Παράλληλα, η πυκνότητα σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές δεν επηρέασε σημαντικά το χαρακτηριστικό αυτό. Η σειρά 3, ανεξάρτητα από την εποχή και την πυκνότητα σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές, είχε το μεγαλύτερο ύψος φυτών. Επιπλέον, οι σειρές 3, 6 και 8 δεν επηρεάστηκαν από την εποχή σποράς, ούτε από την απόσταση σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές, καθώς από την στατιστική ανάλυση των RCBD πειραμάτων δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ύψος των φυτών των σειρών αυτών.

### **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ahmad, F., Gaur, P. M., Croser, J. (2005). Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Genetic Resources, Chromosome Engineering, Crop Improvement. *Grain Legumes*, 1: 185–214.

Bandillo, N., Raghavan, C., Muycó, P. A., Sevilla, M. A. L., Lobina, I. T., Dilla-Ermita, C. J., Leung, H. (2013). Multi-parent advanced generation inter-cross (MAGIC) populations in rice: Progress and potential for genetics research and breeding. *Rice*, 6, 11. <https://doi.org/10.1186/1939-8433-6-11>

- Biabani, A., Katozi, M., Mollashahi, M., Bahlake, A.G., Khani, A.H.G. (2011). Correlation and relationships between seed yield and other characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under deterioration. *African Journal of Agricultural Research*, 6(6): 1359-1362.
- Bibi, N., Khattak, A.B., Khattak, G.S., Mehmood, Z., Ihsanullah, I. (2007). Quality and consumers acceptability studies and their inter-relationship of newly evolved desi type chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Quality evolution of new chickpea genotypes. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(5):528-34.
- Cairns, J. E., Crossa, J., Zaidi, P. H., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J. L., Atlin, G. N. (2013). Identification of drought, heat, and combined drought and heat tolerant donors in maize. *Crop Science*, 53: 1335–1346. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.09.0545>
- Canci, H., Toker, C. (2009). Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 19, 47–54. doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00345.x.
- Ceccarelli, S. (1994). Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, 77(3): 205-219.
- Chaffei Haouari, C., Hajjaji Nasraoui, A., Carrayol, E., Gouia, H. (2013). Variations in  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -glucosidase activities in two genotypes of wheat under NaCl salinity stress. *African Journal of Agricultural Research*, 8(18): 2038-2043.
- Chaturvedi, S., Singh, N., Gaur, P., Varshney, R., Mishra, N., editors. New challenges in breeding chickpea under changing climate. In: National conference on Pulses: Challenges & Opportunities under Changing Climatic Scenario. Jabalpur (India): Indian Society of Pulses Research and Development; 2014.
- Choudhary, A.K., Sultana, R., Vales, M.I., Saxena, K.B., Kumar, R.R., Ratnakumar, P. (2018). Integrated physiological and molecular approaches to improvement of abiotic stress tolerance in two pulse crops of the semi-arid tropics. *The Crop Journal*, 6(2): 99-114.
- Daba, K., Deokar, A., Banniza, S., Warkentin, T.D., Tar'an, B. (2016). QTL mapping of early flowering and resistance to ascochyta blight in chickpea. *Genome*, 59(6): 413-25.
- De Ron, A.M. Grain Legumes. In: Handbook of Plant Breeding (Volume 10). Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Devasirvatham, V., Gaur, P. M., Mallikarjuna, N., Raju, T. N., Trethowan, R. M., & Tan, D. K. Y. (2013). Reproductive biology of chickpea response to heat stress in the field is associated



with the performance in controlled environments. *Field Crops Research*, 142: 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.011>

Devasirvatham, V., Gaur, P.M., Mallikarjuna, N., Raju, T.N., Trethowan, R.M., Tan, D.K.Y. (2012). Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments. *Functional Plant Biology*, 39: 1009–1018.

Dreesen, P.E., De Boeck, H.J., Janssens, I.A., Nijs, I. (2012) .Summer heat and drought extremes trigger unexpected changes in productivity of a temperate annual/biannual plant community. *Environmental and Experimental Botany*, 79: 21-30.

Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S. S., et al. (2017). Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203: 81–102. doi: 10.1111/jac.12169

Fasoula, D.A., Fasoula, V.A. (1997). Competitive ability and plant breeding. *Plant Breeding Reviews*, 14: 89–138.

Fasoula, V.A., Tokatlidis, I.S. (2012). Development of crop cultivars by honeycomb breeding. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 161– 180. doi:<https://doi.org/10.1007/s13593-011-0034-0>.

Fasoula, V.A., Thomson, K.C., Mauromoustakos, A. (2019). The Prognostic Breeding Application JMP Add-In Program. *Agronomy*, 9: 25.

Fernandez, G.C.J. (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo CG (ed) Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in temperature and water stress, Publication, Tainan, Taiwan.

Fischer, R.A., Maurer, R. (1978) Drought resistance in spring wheat cultivar I: Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 897-912.

Gaur, P. M., Mallikarjuna, N., Knights, T., Beebe, S., Debouck, D., Mejía, A., Gowda, C. L. L. (2010). Gene introgression in grain legumes. In S. Gupta, M. Ali & B. B. Singh (Eds.), Grain legumes: Genetic improvement, management and trade (pp. 1–17). Kanpur, India: Indian Society of Pulses Research and Development (IIPR).

Gaur, P. M., Samineni, S., Krishnamurthy, L., Kumar, S., Ghanem, M. E., Beebe, S., Varshney, R. K. (2015). High temperature tolerance in grain legumes. *Legume Perspectives*, 7: 23–24.

- Gaur, P.M., Jukanti, A.K., Samineni, S., Chaturvedi, S.K., Basu, P.S., Babbar, A., et al. (2013). Climate change and heat stress tolerance in chickpea. *Climate change and plant abiotic stress tolerance* (Weinheim Germany: Wiley Blackwell), 837–856.
- Golabadi, M., Arzani A., Malbody S.A.M., 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in Durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1(5): 162-171.
- Gupta, P., Kumar, J., Mir, R., Kumar, A. (2010) Marker-assisted selection as a component of conventional plant breeding. *Plant Breeding Reviews*, 33: 145-217.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., Brien, K., Souza, E. (2001). Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41:327-335.
- Hegde, V.S. (2010). Genetics of flowering time in chickpea in a semi-arid environment. *Plant Breeding*, 129: 683–687. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01748.x>
- Huang, B. E., Verbyla, K. L., Verbyla, A. P., Raghavan, C., Singh, V. K., Gaur, P. M., Cavanagh, C. R. (2015). MAGIC populations in crops: Current status and future prospects. *Theoretical and Applied Genetics*, 128: 999–1017. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2506-0>
- Iliadis, C.G., Roupakias, D.G., Goulas, C.K. (2003). Effectiveness of honeycomb selection for yield superiority at three interplant distances: a field simulation study using chickpea (*Cicer arietinum* L.) inbred lines. *Euphytica*, 133: 299–311.
- Janick, J. (1999). Exploitation of heterosis: uniformity and stability. In: Coors JG, Pandey S (eds) *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, pp 319–333.
- Jumrani, K., Bhatia, V. S., and Pandey, G. P. (2017). Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean. *Photosynthesis Research*, 131: 333–350. [doi:10.1007/s11120-016-0326-y](https://doi.org/10.1007/s11120-016-0326-y)
- Kadiyala, M.D.M., Kumara Charyulu, D., Nedumaran, S., Shyam, D.M., Gumma, M. K., Bantilan, M.C.S. (2016). Agronomic management options for sustaining chickpea yield under climate change scenario. *Journal of Agrometeorology*, 18: 41–47.
- Kanouni, H., Shahab, M.R., Imtiaz, M., Khalili, M. (2012). Genetic variation in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Crop Breeding Journal*, 2(2): 133-138.

- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Purushothaman, R., Upardhyaya, H. D., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., Varshney, R. K. (2015). Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 170: 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.10.003>
- Kaushal, N., Awasthi, R., Gupta, K., Gaur, P.M., Siddique, K.H.M., Nayyar, H. (2013). Heat stress induced reproductive failures in chickpea (*Cicer arietinum* L.) are associated with impaired sucrose metabolism in leaves and anthers. *Functional Plant Biology*, 40.
- Kaushal, N., Gupta, K., Bhandhari, K., Kumar, S., Thakur, P., and Nayyar, H. (2011). Proline induces heat tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants by protecting vital enzymes of carbon and antioxidative metabolism. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 17: 203–213. doi: 10.1007/s12298-011-0078-2
- Kayan, N. and Adak, M.S. (2012). Associations of some characters with grain yield in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 44(1): 267-272.
- Kobraee, S., Shamsi, K., Rasekhi, B. (2010). Investigation of correlation analysis and relationships between grain yield and other quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9: 2342–2348.
- Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Basu, P.S. et al. (2011). Large genetic variation for heat tolerance in the reference collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources*, 9: 59–69.
- Kumar, J., & van Rheenen, H. A. (2000). A major gene for time of flowering in chickpea. *Journal of Heredity*, 91: 67–68. <https://doi.org/10.1093/jhered/91.1.67>
- Kumar, J., Choudhary, A.K., Gupta, D.S., Kumar, S. (2019). Towards exploitation of adaptive traits for climate-resilient smart pulses. *International Journal of Molecular Science*, 20(12): 2971.
- Kyriakou, D.T., A.C. Fasoulas. (1985). Effects of competition and selection pressure on yield response in winter rye (*Secale cereal* L.). *Euphytica*, 34: 883-895.
- Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., et al. (1999). Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*, 11: 279–291. doi: 10.1016/S1161-0301(99)00039-8

- Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomson, B.D., Siddique, K.H.M. (1998). Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*, 9: 295–303. doi:10.1016/S1161-0301(98)00042-2
- Levitt, J. (1972). Responses of Plants to Environmental Stresses (New York: Academic Press).
- Lichtenzweig J, Scheuring C, Dodge J et al (2005) Construction of BAC and BIBAC libraries and their applications for generation of SSR markers for genome analysis of chickpea, *Cicer arietinum* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 110:492–510.
- Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., Kondracka, K. (2013). Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*, 27: 463-477.
- Liu, F., Jensen, C.R., Andersen, M.N. (2003). Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. *Functional Plant Biology*, 30: 65–73. doi: 10.1071/FP02170
- Lopez Bellido, L., Fuentes, M. (1990). Cooking quality of chickpea. Options Méditerranéennes - Série Séminaires, 9: 113-125.
- Macar, T.K., Ekmekci, Y. (2009). Alterations in Photochemical and Physiological Activities of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars under Drought Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195: 335–346. doi: 10.1111/j.1439-037X.2009.00374.x
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 580–585.
- Mallikarjuna, B. P., Samineni, S., Thudi, M., Sajja, S. B., Khan, A. W., Patil, A., Gaur, P. M. (2017). Molecular mapping of flowering time major genes and QTLs in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8: 1140. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01140>
- Mauromoustakos, A., Fasoula, V.A., Thompson, K. (2006). Honeycomb designs computing and analysis. International Biometric Society, Eastern North American Region, Tampa, FL. 26– 29 Mar. 2006.
- Mauromoustakos, A.; Thompson, K.C.; Fasoula, V.A. Honeycomb Designs Addin; JMP Discovery Summit: Frankfurt, Germany, 2018.
- McClintock, B. (1984). The significance of the responses of the genome to challenge. *Science*, 226:7 92–801.

- Mohammadi, M., Karimizadeh, R., Abdipour, M. (2011). Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 487-493.
- Mugabe, D., Coyne, C.J., Piaskowski, J., Zheng, P., Ma, Y., Landry, E., et al. (2019). Quantitative trait loci for cold tolerance in chickpea. *Crop Science*, 59(2): 573-82.
- Muruiki, R., Kimurto, P., Vadez, V., Gangarao, R., Silim, S., Siambi, M. (2018). Effect of Drought Stress on Yield Performance of Parental Chickpea Genotypes in Semi-arid Tropics. *Journal of Life Sciences*, 12: 159-168.
- Or, E., Hovav, R., & Abbo, S. (1999). A major gene for flowering time in chickpea. *Crop Science*, 39, 315–322.
- Pan, X.Y., Wang, G.X., Yang, H.M., Wei, X.P. (2003). Effect of water deficits on within-plot variability in growth and grain yield of spring wheat in northwest China. *Field Crops Research*, 80: 195–205.
- Pang, J., Turner, N.C., Khan, T., Du, Y.L., Xiong, J.L., Colmer, T.D., et al. (2017). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. *Journal of Experimental Botany*, 68(8): 1973-1985.
- Photiades, L. (1984b). The Effects of Sowing date and plant population of chickpeas. *Miscellaneous Reports 14, Agricultural Research Institute, Nicosia*, 8 p.
- Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., Varshney, R.K. (2016). Shoot traits and their relevance in terminal drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Research*, 197: 10–27. doi:10.1016/j.fcr.2016.07.016
- Purushothaman, R., Thudi, M., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Kashiwagi, J., Gowda, C.L.L., et al. (2015). Association of mid-reproductive stage canopy temperature depression with the molecular markers and grain yields of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm under terminal drought. *Field Crops Research*, 174: 1–11.
- Ramirez, V.P. and J.D. Kelly. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99: 127-136.
- Randhawa, N., Kaur, J., Singh, S., Singh, I. (2014). Growth and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in response to water stress. *African Journal of Agricultural Research*, 9(11): 982-992.

Rani, A., Devi, P., Jha, U.C., Sharma, K.D., Siddique, K.H.M., Nayyar, H. (2020). Developing Climate-Resilient Chickpea Involving Physiological and Molecular Approaches With a Focus on Temperature and Drought Stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1759.

Rasmusson, D.C., R.L. Phillips. (1997). Plant breeding progress and genetic diversity from *de novo* variation and elevated epistasis. *Crop Science*, 37: 303–310.

Richards, R.A. (1978). Response in Rapeseed (*Brassica campestris* and *Br. napus*). I. Assesment of Environments for maximum selection response in grain yield. *Euphytica*, 27: 609-615.

Rollins, J.A., Habte, E., Templer, S.E., Colby, T., Schmidt, J., Von Korff, M. (2013). Leaf proteome alterations in the context of physiological and morphological responses to drought and heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*, 64(11): 3201-3212

Rosielle, A.A., Hamblin, J. (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21: 943-946.

Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., Malhotra, R.S. (2006). Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition. *Indian Journal of Crop Science*, 1: 70–73.

Schneider, S.H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C.H.D., Oppenheimer, M., Pittock, A.B., Rahman, A., Smith, J.B., Suarez, A., Yamin, F. (2007). Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. In M. L., Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 779-810). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Sekhon, H.S., Singh, G., Sharma, P., Bains, T.S. (2010). Water Use Efficiency Under Stress Environments In: *Climate Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops* (Eds S.S. Yadav, D.L. Mc Neil, R. Redden, and S.A.Patil). Springer Press, Dordrecht-Heidelberg-London-New York

Shamsi, K., S. Kobraee, and R. Haghparast, (2010). Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah Iran. *African Journal of Biotechnology*, 9: 4197–4203.

- Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Regan, K.L., Jettner, R.L. (1999). Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 375–388. doi: 10.1071/A98096
- Simoës-Araujo, J.L., Rumjanek, N.G., Margis-Pinheiro, M. (2003) .Small heat shock proteins genes are differentially expressed in distinct varieties of common bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 15: 33-41.
- Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V. (2006). Evaluation of Drought Tolerance Indices under Various Environmental Conditions. *Field Crops Research*, 98: 222-229.
- Sita, K., Sehgal, A., Hanumantha Rao, B., Nair, R.M., Vara Prasad, P.V., Kumar, S., et al. (2017). Food legumes and rising temperatures: effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies to improve heat tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1–30. doi: 10.3389/fpls.2017.01658
- Sreeman, S.M., Vijayaraghavareddy, P., Sreevathsa, R., Rajendrareddy, S., Arakesh, S., Bharti, P., et al. (2018). Introgression of physiological traits for a comprehensive improvement of drought adaptation in crop plants. *Frontiers in Chemistry*, 6: 1–2. doi: 10.3389/fchem.2018.00092
- Thudi, M., Chitikineni, A., Liu, X., He, W., Roorkiwal, M., Yang, W., et al. (2016). Recent breeding programs enhanced genetic diversity in both desi and kabuli varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Scientific Reports*, 6: 1–10. doi: 10.1038/srep38636
- Tokatlidis, I.S. (2015). Conservation breeding of elite cultivars. *Crop Science*, 55: 2417–2434.
- Tokatlidis, I.S., Papadopoulos, I.I., Baxevanos, D., Koutita, O. (2010) GxE effects on single-plant selection at low density for yield and stability in climbing dry bean. *Crop Science*, 50: 775–783.
- Toker, C., Canci, H., Yildirim, T. (2007). Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54(8): 1781-1806.
- Vadez, V., Kholova, J., Choudhary, S., Zindy, P., Terrier, M., Krishnamurth, L., Kumar, P.R., Turner, N.C. (2011) .Whole plant response to drought under climate change. In: Crop adaptation to climate change (Eds S.S. Yadav, R.Redden, J.L. Hatfield, H. Lotze-Campen, A.E. Hall). Chichester-Wiley-Blackwell.

- Vadez, V., Berger, J.D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., et al. (2012). Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy of Sustainable Development*, 32: 31–44. doi: 10.1007/s13593-011-0020-6
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M.R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 199-223.
- Wery, J., Turc, O., Lecoœur, J. (1993). “Mechanism of resistance to cold, heat and drought in cool-season legumes, with special reference to chickpea and pea,” in *Food Legumes* (UK: Wiley), 271–291.
- Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., Mart, D., Yucel, C. (2010). Effect of Drought Stress on Early Seedling Growth of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. *World Applied Science Journal*, 11(4): 478-485.
- Zaman-Allah, M., Jenkinson, D.M., Vadez, V. (2011b). A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for the terminal drought tolerance of chickpea. *Journal of Experimental Botany*, 62: 4239–4252. doi: 10.1093/jxb/err139.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

## **Επίδραση του Γενοτύπου και της Εποχής Σποράς στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά, στα Βιοενεργά συστατικά και στην Αντιοξειδωτική Ικανότητα του Ρεβιθιού**

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στόχος του δεύτερου πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης της εποχής σποράς στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα βιοενεργά συστατικά και στην αντιοξειδωτική ικανότητα. Σαν γενετικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν οι σειρές που προέκυψαν από το προηγούμενο πείραμα και οι οποίες προέρχονται από δύο διαφορετικές εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης και μία εκτός εποχής για την προσομοίωση ξηροθερμικών συνθηκών κατά τα κρίσιμα, για το ρεβίθι, στάδια της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, και από δύο πυκνότητες στις οποίες έγιναν οι επιλογές. Οι ξηροθερμικές συνθήκες οδήγησαν σε μείωση του μεγέθους του σπόρου (βάρος 1000 σπόρων) και της ικανότητας ενυδάτωσης. Παράλληλα, άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι οι ξηροθερμικές συνθήκες οδήγησαν σε μειωμένο χρόνο βρασμού, αλλά σε αυξημένες τιμές ποσοστού περιβλήματος, δείκτη ενυδάτωσης και ποσοστού των πρωτεϊνών. Η εκτός εποχής σπορά επηρέασε σημαντικά τα βιοενεργά συστατικά, οδηγώντας σε αυξημένες τιμές ολικών φαινολών και ολικών ταννινών. Παράλληλα, η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση των ολικών φλαβονοειδών, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση, όταν αυτή εκτιμήθηκε με βάση τη δοκιμή ABTS δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της εποχής σποράς, ενώ όταν εκτιμήθηκε με βάση τη δοκιμή DPPH, η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση. Επιπλέον, η επίδραση του γενοτύπου ήταν σημαντική για όλα τα υπό μελέτη χαρακτηριστικά. Έπειτα από τη διενέργεια PCA (Principal Component Analysis) και Cluster analysis, όπου συμπεριλήφθηκαν όλα τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι η σειρά 11, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, είναι η καταλληλότερη για σπορά εντός της ενδεδειγμένης εποχής και οι σειρές M-1, M-2, 5, 9 και 13, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, είναι οι καταλληλότερες για εκτός εποχή σπορά, καθώς συνδύασαν αποτελεσματικότερα υψηλές ολικές φαινόλες και υψηλές ολικές ταννίνες με χαμηλό χρόνο βρασμού. Παράλληλα, είχαν σχετικά υψηλές τιμές ολικών φλαβονοειδών και ποσοστού πρωτεϊνών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ρεβίθι θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά ψυχανθή, κατέχοντας παγκοσμίως την δεύτερη θέση, μεταξύ των ψυχανθών, όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση (15,3% της συνολικής καλλιεργούμενης με ψυχανθή έκτασης) και την τρίτη θέση όσον αφορά την συνολική παραγωγή (14,6% της συνολικής παραγωγής των ψυχανθών) (Knights et al., 2007). Καλλιεργείται σε χώρες της βόρειας και της ανατολική Αφρικής, της Μέσης Ανατολής αλλά και της Μεσογείου (Iqbal et al., 2006), με ετήσια παραγωγή που φτάνει τους  $13,1 \times 10^3$  τόνους, από καλλιεργούμενη έκταση  $13,6 \times 10^6$  ha (περίπου  $957 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (FAO). Τα ρεβίθια μπορούν να καταναλωθούν με διάφορους τρόπους, είτε ως ακατέργαστα (πράσινα), είτε ως μαγειρεμένα αφού μουλιαστούν είτε ως στραγάλια αφού ψηθούν. Επιπλέον, μπορούν να μετατραπούν σε άλευρο με πολλές χρήσεις στην μαγειρική. Συνεπώς ο τρόπος με τον οποίο ορίζουμε την ποιότητά τους μπορεί να διαφέρει με βάση τον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να καταναλωθούν.

Το ρεβίθι είναι τροφή υψηλής διατροφικής αξίας καθώς είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, μέταλλα, βιταμίνες, διαιτητικές ίνες και υδατάνθρακες. Η σύσταση του σπόρου καθορίζεται από γενετικά χαρακτηριστικά, μπορεί ωστόσο να επηρεαστεί και από το περιβάλλον αλλά και από την αλληλεπίδραση γενοτύπου x περιβάλλοντος (Hood-Niefer et al., 2012; Gannigola et al., 2013). Το περιεχόμενο των ρεβιθιών σε πρωτεΐνες εκφράζεται ως ποσοστό του συνολικού ξηρού βάρους του σπόρου και κυμαίνεται από 17% έως 22% πριν την αφαίρεση του περισπερμίου και από 25% έως 29% μετά την αφαίρεση του περισπερμίου (Hulse, 1991; Badshah et al., 2003). Όσον αφορά τις βιταμίνες, τα ρεβίθια είναι καλή πηγή φολικού οξέος ενώ παράλληλα περιέχουν μέτριες ποσότητες υδατοδιαλυτών βιταμινών όπως ριβοφλαβίνη (B2), πανθοθενικό οξύ (B5) και πυριδοξίνη (B6), τα επίπεδα των οποίων είναι πανομοιότυπα ή και υψηλότερα από αυτά άλλων οσπρίων.

Παρά την ευεργετική επίδραση των αντιδιατροφικών παραγόντων στην διατήρηση της καλής υγείας και ευεξίας του ανθρώπου, η παρουσία τους στα ρεβίθια περιορίζει την βιολογική τους αξία και την χρήση τους ως τροφή. Οι αντιδιατροφικοί παράγοντες χωρίζονται στους πρωτεϊνικούς και τους μη πρωτεϊνικούς (Duranti & Gius, 1997). Οι μη πρωτεϊνικοί αντιδιατροφικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τα αλκαλοειδή, τις ταννίνες, το φυτικό οξύ, τις σαπωνίνες και τις φαινολικές ενώσεις, ενώ οι μη πρωτεϊνικοί περιλαμβάνουν αναστολείς τρυψίνης, αναστολείς χυμοτρυψίνης, λεκτίνες και αντιμυκητιακά πεπτίδια. Οι ταννίνες αναστέλλουν την λειτουργία των ενζύμων δυσχεραίνοντας την πέψη. Οι φαινολικές ενώσεις είναι οι πιο κοινές ενώσεις στα όσπρια έχοντας αρκετές βιολογικές ιδιότητες όπως αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη και αντιμικροβιακή δράση (Singh et al., 2017). Παρόλο που

οι αντιδιατροφικοί παράγοντες δρουν περιοριστικά στην κατανάλωση του ρεβιθιού, μπορούν να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν μέσω του μούλιασματος ή του μαγειρέματος (Alajaji & El-Adawy, 2006). Οι αντιδιατροφικοί παράγοντες, όμως, έχουν και θετικές επιδράσεις στην υγεία. Η κατανάλωση ρεβιθιών έχει συνδεθεί με την μείωση του κινδύνου χρόνιων παθήσεων, και γενικά με τη βελτίωση της υγείας. Τα ρεβίθια είναι πλούσια σε πολυφαινόλες, ειδικά σε φλαβονοειδή και παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση, καθώς αυτές οι αντιοξειδωτικές ουσίες αναστέλλουν την έναρξη αντιδράσεων της οξειδωτικής αλυσίδας (Sivaci & Duman, 2014). Έρευνες (Shahidi, 2002; Rani, 2016). Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει θετική σημαντική συσχέτιση των ολικών φαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής δράσης.

Το βασικότερο ίσως χαρακτηριστικό ποιότητας των ρεβιθιών, εφόσον προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, είναι ο χρόνος βρασμού, ο χρόνος δηλαδή που απαιτείται μέχρι να είναι έτοιμα για κατανάλωση. Άλλα βασικά χαρακτηριστικά ποιότητας που έχουν μελετηθεί σε πολλές έρευνες είναι το μέγεθος του σπόρου (βάρος 1000 σπόρων), ο δείκτης ενυδάτωσης, η ικανότητα ενυδάτωσης, το ποσοστό του περιβλήματος και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (Williams et al., 1983; Lopez Bellido & Fuentes, 1990; Kaur et al., 2005). Καθώς ο σπόρος του ρεβιθιού μαγειρεύεται ολόκληρος, ο χρόνος βρασμού και η διόγκωση του σπόρου κατά το μούλιασμα θεωρούνται σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά (Gaur et al. 2007). Σύμφωνα με τους Williams et al. (1983) υπάρχει σημαντική συσχέτιση του μεγέθους του σπόρου με τον χρόνο βρασμού αλλά και με την ικανότητα ενυδάτωσης. Επίσης, σημαντική συσχέτιση υπάρχει και μεταξύ της ικανότητας ενυδάτωσης και του χρόνου βρασμού. Έτσι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι σπόροι μεγαλύτερου μεγέθους τείνουν να έχουν και μεγαλύτερο χρόνο βρασμού. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Kaur et al. (2005). Ωστόσο, στην έρευνα των Singh et al. (1988) η θετική συσχέτιση του μεγέθους του σπόρου με τον χρόνο βρασμού παύει να ισχύει στην περίπτωση που οι σπόροι μουλιαστούν. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους του σπόρου και του πάχους του περικαρπίου. Συνεπώς, σημαντικό ρόλο στην διαδικασία μελέτης αυτών των χαρακτηριστικών παίζει το μούλιασμα των σπόρων. Σύμφωνα με τους Wood και Harden (2006) μετά από 8 ώρες μούλιασματος η ενυδάτωση των σπόρων φτάνει στο μέγιστο βαθμό της. Η διάχυση στο συμπαγές ενδοσπέρμιο είναι ο κύριος μηχανισμός που ελέγχει τον ρυθμό απορρόφησης νερού από τους σπόρους (Moss, 1977; Jackson & Varriano-Marston, 1980). Ο ρυθμός διείσδυσης του νερού συνεπώς επηρεάζεται από το μέγεθος του σπόρου, τη σκληρότητα του σπόρου και την διαπερατότητα του περιβλήματος του σπόρου. Η διαπερατότητα του περιβλήματος επηρεάζεται περισσότερο από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και λιγότερο από γενετικούς παράγοντες, και έχει να κάνει με την ανάπτυξη και την αφυδάτωση του περιβλήματος του σπόρου κατά την ωρίμανσή του (Williams & Singh, 1987). Ο χρόνος βρασμού είναι υψηλά

κληρονομίσιμο χαρακτηριστικό. Ο χρόνος βρασμού επηρεάζεται από τη διαπερατότητα του περιβλήματος και των κοτυληδόνων από το βραστό νερό, τη φυσική σκληρότητα του σπόρου, τη χημική σύσταση των κυτταρικών τοιχωμάτων, το μέγεθος του σπόρου το οποίο έχει να κάνει με την απόσταση που πρέπει να διανύσει το ζεστό νερό έτσι ώστε να φτάσει σε όλα τα σημεία του εσωτερικού του σπόρου. Εφόσον το μέγεθος έχει τόσο μεγάλη επίπτωση στον χρόνο βρασμού, όλα τα αγροκομικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν το μέγεθος του σπόρου, επηρεάζουν έμμεσα και τον χρόνο βρασμού.

Στην έρευνα των Lopez Bellido & Fuentes (1990) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρέασε το μέγεθος του σπόρου, καθώς την χρονιά κατά την οποία οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες, το μέγεθος του σπόρου ήταν μικρότερο. Επιπλέον, στην ίδια έρευνα μελετήθηκε και η επίδραση που έχει η πυκνότητα σποράς στην ποιότητα του σπόρου. Ωστόσο, μεταξύ των διαφόρων πυκνοτήτων σποράς δεν φάνηκε να υπήρχε σημαντική διαφορά όσον αφορά την ποιότητα του σπόρου. Στην έρευνα των Cobos et al. (2016) δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική συσχέτιση της αύξησης ενυδάτωσης ούτε με τον χρόνο βρασμού, αλλά ούτε και με κανένα από τα θρεπτικά συστατικά του σπόρου. Ενώ όσον αφορά το μέγεθος του σπόρου, είχε μια μέτρια θετική συσχέτιση με την αύξηση ενυδάτωσης.

Η σύσταση του σπόρου μπορεί να επηρεαστεί από τον γενότυπο, το περιβάλλον αλλά και την αλληλεπίδραση γενότυπου x περιβάλλοντος. Η επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας των Kahraman et al. (2015). Σύμφωνα με την έρευνα των Ruggeri et al. (2017) οι περιβαλλοντικοί και οι γενετικοί παράγοντες επηρεάζουν την παραγωγή και την σύσταση του σπόρου ως προς τους διατροφικούς και τους αντιδιατροφικούς παράγοντες. Ο γενότυπος, το περιβάλλον και η αλληλεπίδρασή τους επηρεάζει σημαντικά τις φαινολικές ενώσεις στο σιτάρι (Brankovic et al., 2015). Επιπροσθέτως, σύμφωνα με της έρευνα των Kumar et al. (2013), οι φαινολικές ενώσεις στο ρεβίθι ήταν υψηλότερες στις ποικιλίες που ήταν ανθεκτικές στην ασκοχύτωση (*Ascochyta blight*), σε σχέση με τις ευαίσθητες ποικιλίες. Οι ταννίνες επηρεάζονται σημαντικά από την αλληλεπίδραση γενότυπου x περιβάλλοντος και συσχετίζονται αρνητικά με το μέγεθος του σπόρου (βάρος 1000 σπόρων), συνεπώς οι σπόροι μικρότερου μεγέθους τείνουν να έχουν υψηλότερο περιεχόμενο σε ολικές ταννίνες (Nikolopoulou et al., 2006).

Οι φαινολικές ενώσεις και τα φλαβονοειδή έχουν πολλές λειτουργίες συμπεριλαμβανομένης και της προσαρμοστικότητας στις αβιοτικές καταπονήσεις (Farah & Donangelo, 2006). Μερικοί δευτερεύοντες μεταβολίτες, όπως οι φαινολικές ενώσεις και τα ολικά φλαβονοειδή, σύμφωνα με τους Gill και Tuteja (2010) αυξάνουν την αντοχή στη ξηρασία. Παράλληλα, σύμφωνα με τους Zrckova et al. (2018) η εκτός εποχής σπορά οδηγεί σε

αύξηση των φαινολικών ενώσεων, ενώ η αύξηση στη θερμοκρασία οδηγεί σε αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας (Kumar et al., 2011; Iqbal et al., 2016). Αρκετές έρευνες (Shalata et al., 2001; Demiral & Turkan, 2005; Baby & Jini, 2011) έχουν δείξει ότι η καταπόνηση της αλατότητας, η οποία δυνητικά μπορεί να προκαλέσει μείωση του υδατικού περιεχομένου των φυτών, προκαλεί αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας.

Σύμφωνα με τους Agostini-Costa et al. (2015) οι ολικές φαινόλες συσχετίζονται σημαντικά θετικά με τις ολικές ταννίνες. Παράλληλα, έχει τονιστεί από τους Kim et al. (2006) η θετική συσχέτιση των ολικών φαινολών με το ποσοστό περιβλήματος του σπόρου. Αντίθετα, οι ολικές φαινόλες συσχετίστηκαν σημαντικά αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων (Choi et al., 2020). Οι ολικές ταννίνες συσχετίστηκαν σημαντικά θετικά με τα ολικά φλαβονοειδή και την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH, σύμφωνα με τους Fidrianny et al. (2014). Επιπλέον, οι ολικές ταννίνες συσχετίζονται θετικά με το ποσοστό περιβλήματος του σπόρου (Kim et al., 2006) και το ποσοστό των πρωτεϊνών (Nikolopoulou et al., 2006). Παράλληλα, συσχετίζονται αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων (Kaur et al., 2019). Τέλος, τα ολικά φλαβονοειδή συσχετίζονται σημαντικά θετικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH (Fidrianny et al., 2014).

## **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των ξηροθερμικών συνθηκών, που επιτεύχθηκαν με την εκτός εποχής σπορά, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου, στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα. Παράλληλα, μελετήθηκε η επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση, σε δύο πυκνότητες σποράς, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Φυτικό υλικό και Πειραματικό σχέδιο

Το φυτικό υλικό, το πειραματικό σχέδιο και τα κλιματολογικά δεδομένα αναλύθηκαν στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο (σελίδα 58).

### Χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: 1) βάρος 1000 σπόρων (1000 SW), 2) αύξηση ενυδάτωσης (%HI), 3) ικανότητα ενυδάτωσης (HC), 4) ποσοστό περιβλήματος (%SCP), 5) χρόνος βρασμού (Cooking time-CT) και 6) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Μελετήθηκαν επίσης βιοενεργά συστατικά όπως: α) ολικές φαινολικές ενώσεις, β) ολικές ταννίνες, γ) ολικά φλαβονοειδή και η αντιοξειδωτική ικανότητα με τη χρήση των μεθόδων i) ABTS και ii) DPPH. Τα βιοενεργά συστατικά και η αντιοξειδωτική ικανότητα μελετήθηκαν σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων και την Δρ. Μαρία Ηρακλή.

### Ποιοτικά χαρακτηριστικά

#### 1. Βάρος 1000 σπόρων (1000 SW) (g)

Για τον κάθε γενότυπο μετρήθηκαν τρεις παρτίδες των 100 σπόρων η κάθε μία. Στην συνέχεια ζυγίστηκαν και έγινε η αναγωγή για να βρεθεί το βάρος των 1000 σπόρων.

#### 2. Αύξηση ενυδάτωσης (%HI)

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται από τους Williams et al. (1988). Αρχικά, μετρήθηκε το βάρος 10 σπόρων από κάθε γενότυπο. Έπειτα, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε κωνικές φιάλες με 175ml απεσταγμένο νερό και αφήθηκαν να μουλιάσουν για 8 ώρες. Μετά το πέρας των 8 ωρών οι σπόροι αφαιρούνταν από τις φιάλες και μετρούνταν το βάρος τους. Το ποσοστό της αύξησης ενυδάτωσης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος από τους 10 σπόρους. Η αύξηση ενυδάτωσης (HI) υπολογίστηκε με βάση τον τύπο:

$$\%HI = \frac{\text{βάρος σπόρου μετά το μούλιασμα} - \text{βάρος σπόρου πριν το μούλιασμα}}{\text{βάρος σπόρου μετά μούλιασμα}} \times 100$$

### 3. Ικανότητα ενυδάτωσης (HC) (g H<sub>2</sub>O/σπόρο)

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιεγράφηκε από τους Williams et al. (1988). Ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία με αυτήν που περιεγράφηκε στην αύξηση ενυδάτωσης. Η ικανότητα ενυδάτωσης (HC) υπολογίστηκε με βάση τον τύπο:

$$HC = \frac{\text{βάρος σπόρου μετά το μούλιασμα} - \text{βάρος σπόρου πριν το μούλιασμα}}{10}$$

### 4. Ποσοστό περιβλήματος (%SCP)

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται από τους Gil και Cubero (1993). Αρχικά, μετρήθηκε το βάρος 10 σπόρων από κάθε γενότυπο. Έπειτα, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε κωνικές φιάλες με 175 ml απεσταγμένο νερό και αφήθηκαν να μουλιάσουν για 8 ώρες. Μετά το πέρας των 8 ωρών αφαιρούνταν το υπάρχον νερό από τις φιάλες και αφού προσθέτονταν 175 ml βραστού απεσταγμένου νερού, αφαιρούνταν το περίβλημα από τους σπόρους. Τα περιβλήματα και οι κοτυληδόνες τοποθετούνταν σε μεταλλικά τρυβλία (Εικόνα 2.1) και εισάγονταν σε θάλαμο ξήρανσης, όπου ξηραίνονταν στους 70°C για 48 ώρες. Έπειτα ζυγίζονταν ξεχωριστά τα περιβλήματα και οι κοτυληδόνες. Το βάρος του περιβλήματος και των κοτυληδόνων προέκυψε ως ο μέσος όρος από τους 10 σπόρους. Με βάση το αρχικό βάρος ολόκληρου του σπόρου προέκυψε το ποσοστό του κάθε μέρους του σπόρου. Το ποσοστό περιβλήματος (%SCP) υπολογίστηκε με βάση τον τύπο:

$$\%SCP = \frac{\text{βάρος περιβλήματος του σπόρου}}{\text{βάρος περιβλήματος του σπόρου} + \text{βάρος κοτυληδόνων}} \times 100$$



**Εικόνα 2.1.** Διαχωρισμός των κοτυληδόνων από το περίβλημα για την εκτίμηση του ποσοστού του περιβλήματος του σπόρου.



##### 5. Χρόνος βρασμού (Cooking time) (min)

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποτελεί τροποποίηση της μεθόδου που περιέγραψε ο Πιάδης (2003) για την φακή. Τοποθετούνταν 10 σπόροι από κάθε γενότυπο σε κωνική φιάλη με 175 ml απεσταγμένο νερό και αφήνονταν να μουλιάσουν για 8 ώρες. Συνολικά για το κάθε ατομικό φυτό χρησιμοποιούνταν 4 κωνικές φιάλες. Έπειτα, το νερό στις κωνικές φιάλες αντικαθιστόταν με 175ml καθαρό απιονισμένο νερό. Οι κωνικές φιάλες, αφού είχαν σφραγιστεί, τοποθετούνταν σε υδατόλουτρο γεμάτο με νερό, του οποίου η στάθμη δεν ξεπερνούσε τη στάθμη του νερού στις κωνικές φιάλες, μόλις η θερμοκρασία στο εσωτερικό του έφτανε τους 100°C (Εικόνα 2.2). Μετά από 20 λεπτά αφαιρούνταν μία κωνική φιάλη και στην συνέχεια αφαιρούνταν και οι υπόλοιπες με μεσοδιάστημα 5 λεπτών. Μετά την αφαίρεση κάθε κωνικής φιάλης ο κάθε σπόρος τοποθετούνταν στο ειδικό πενετρόμετρο για να βαθμομετρηθεί η σκληρότητα του σπόρου με βάση την πίεση αντίστασης (Εικόνα 2.3). Χρησιμοποιήθηκε πενετρόμετρο τύπου SUR PNR-6, BERLIN με φόρτιση 50g και βαρύτητα των 0,5sec και μετρήθηκε το βάθος διείσδυσης της βελόνας. Οι σπόροι θεωρήθηκε ότι έχουν αποκτήσει το αποδεκτό όριο βραστικότητας όταν η τιμή του οργάνου έφθασε ή ξεπερνούσε τα 9mm. Για τον κάθε γενότυπο η τελική τιμή διείσδυσης της βελόνας, για τον κάθε χρόνο δοκιμής, προέκυπτε από τον μέσο όρο των τιμών 10 σπόρων. Έπειτα οι τιμές αυτές καταχωρούνταν σε αρχείου του Microsoft Excel, όπου με τη χρήση της εξίσωσης που προέκυπτε από την γραμμή τάσης προσδιοριζόταν ο ακριβής χρόνος βρασμού.



**Εικόνα 2.2.** Τοποθέτηση των σπόρων, μετά το μούλιασμα, στο υδατόλουτρο.



**Εικόνα 2.3.** Τοποθέτηση σπόρου στο πενετρόμετρο.

#### 6. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες

Αρχικά 10 σπόροι από κάθε γενότυπο αλέστηκαν μέχρις ότου γίνουν άλευρο. Στην συνέχεια έγινε προσδιορισμός του ολικού αζώτου και μετατροπή αυτού σε ποσοστό πρωτεϊνών (Εικόνα 2.4). Για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου ακολουθήθηκε η μέθοδος Kjeldahl (AOAC, 2005). Για τον υπολογισμό των πρωτεϊνών του δείγματος, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$\% \text{ πρωτεΐνες} = (N_{ολ\%}) \times 6,25$$



**Εικόνα 2.4.** Εκτίμηση του ποσοστού των πρωτεϊνών με την μέθοδο Kjeldahl.

#### ***Βιοενεργά συστατικά***

Για τον προσδιορισμό των ολικών φλαβονοειδών, των ολικών φαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί εκχύλιση των δειγμάτων. Αρχικά 20 g σπόρων ρεβιθιών αλέστηκαν σε περιστροφικό μύλο (Retsch ZM-1000) με κόσκινο 0,5 mm. Έπειτα, για τη διαδικασία της εκχύλισης ζυγίστηκαν 0,4 g από το αλεσμένο δείγμα και τοποθετήθηκαν σε γυάλινο σωλήνα με καπάκι. Προστέθηκαν 4 ml υδατικού διαλύματος 70% ακετόνης και αναδεύτηκαν σε vortex για 30 s. Στην συνέχεια οι σωλήνες με το δείγμα και το διαλύτη εκχυλίστηκαν σε λουτρό υπερήχων (Fisher Scientific FB 15051) για 15 min. Ακολούθησε φυγοκέντρηση σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Centurion Scientific K3 Series) στις 4000 rpm για 10 min. Με το τέλος της φυγοκέντρησης, μεταφέρθηκε το υπερκείμενο (1<sup>ο</sup> κλάσμα) σε άλλον σωλήνα και το ίζημα ξαναεκχυλίζεται με άλλα 4 ml 70% ακετόνης ακολουθώντας την ίδια διαδικασία. Μετά την παραλαβή του υπερκείμενου (2<sup>ο</sup> κλάσμα), τα δύο κλάσματα αναμίχθηκαν στο vortex, σε μέση ταχύτητα, για 5 s. Τέλος, ένα μέρος από το εκχύλισμα τοποθετήθηκε σε erpendorf των 2 ml, τα οποία φυγοκεντρήθηκαν (Hettich UNIVERSAL 320R) στις 10000 rpm για 10 min. Το παραπάνω εκχύλισμα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ολικών φλαβονοειδών, των ολικών φαινολικών ενώσεων και την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης.

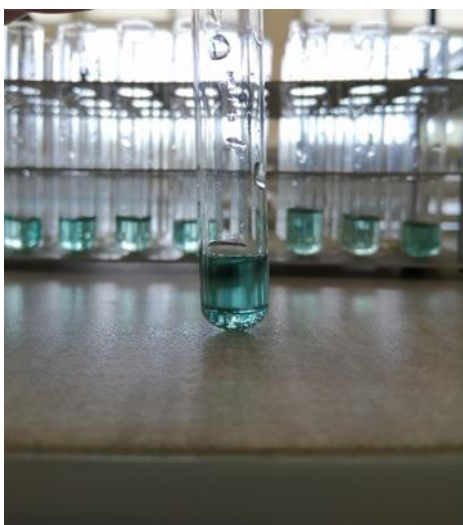
## 1. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών ενώσεων

### Αρχή

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών ενώσεων βασίζεται στη μέθοδο Folin-Ciocalteu (Εικόνα 2.6). Ο μπλε χρωματισμός είναι ανάλογος με τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ενώσεων (Εικόνα 2.5). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε περιεγράφηκε από τους Singleton και Rossi (1999).

### Προσδιορισμός

Αρχικά σε δοκιμαστικό σωλήνα προσθέτουμε 200 μl από το δείγμα ή 200 μl μεθανόλης για το blank. Στη συνέχεια προστέθηκαν 800 μl Folin (αραίωση 1:10, v/v με νερό) και αναδεύτηκαν στο Vortex. Έπειτα, προστέθηκαν 2 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5% w/v και 7 ml νερό. Αφού αναδεύτηκαν στο Vortex, οι σωλήνες αφέθηκαν για 1 ώρα στο σκοτάδι. Μετά το πέρας της 1 ώρας, καταγράφηκε η απορρόφηση των δειγμάτων σε φασματοφωτόμετρο στα 725 nm, αφού έγινε μηδενισμός με το blank. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (EGA) ως mg EGA/100g δείγματος.



**Εικόνα 2.5.** Προσδιορισμός ολικών φαινολών.



**Εικόνα 2.6.** Αντιδραστήρια για τη χρήση της μεθόδου Folin-Chocalteu.

## 2. Προσδιορισμός ολικών ταννινών

Οι ολικές ταννίνες προσδιορίστηκαν από τη διαφορά των ολικών φαινολικών ενώσεων πριν και μετά την προσθήκη πολυβινυλοπολυπυρρολιδόνης (PVP) και εκφράστηκαν ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (Makkar et al., 1993). Αρχικά σε πλαστικό σωληνάκι Eppendorf ζυγίστηκαν 0,040 g PVP. Έπειτα προστέθηκαν 400 μl από το εκχυλισμένο δείγμα και αφού αναδεύτηκαν στο Vortex φυγοκεντρήθηκαν στις 10.000 rpm στους 4°C για 30 min. Στην συνέχεια

προσδιοριστήκαν οι μη ταννίνες ακολουθώντας την ίδια μέθοδο με αυτή που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών ενώσεων (Folin-Ciocalteu). Οι ολικές ταννίνες υπολογίστηκαν αφαιρώντας τις μη ταννίνες από το σύνολο των ολικών φαινολικών ενώσεων και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέος (GAE) ανά 100g δείγματος (mg GAE/100g).

### 3. Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών

#### **Αρχή**

Ο προσδιορισμός των ολικών φλαβονοειδών βασίζεται στην αντίδραση του φαινολικού εκχυλίσματος με  $\text{NaNO}_2$  και στη συνέχεια το σχηματισμό του συμπλόκου φλαβονοειδών. Η απορρόφηση του διαλύματος είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση των ολικών φλαβονοειδών. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε περιεγράφηκε από τους Zhihsen et al. (1999).

#### **Προσδιορισμός**

Αρχικά σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 1,5 ml νερό και 300  $\mu\text{l}$  από το εκχύλισμα ή 300  $\mu\text{l}$  νερό για το blank. Στη συνέχεια προστέθηκαν 225  $\mu\text{L}$  5%  $\text{NaNO}_2$ , αναδεύτηκαν στο Vortex και αφέθηκαν σε παραμονή για 5 λεπτά. Έπειτα προστέθηκαν 225  $\mu\text{l}$  10%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , αναδεύτηκαν στο Vortex και αφέθηκαν σε παραμονή για άλλα 5 λεπτά. Τέλος, προστέθηκαν 750  $\mu\text{l}$  2M  $\text{NaOH}$  αναδεύτηκαν στο Vortex και αφέθηκαν σε παραμονή για 30 λεπτά στο σκοτάδι. Μετά το πέρας των 30 λεπτών, καταγράφηκε η απορρόφηση στα 510 nm με βάση το blank. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμα κατεχίνης (ECAT) ως mg ECAT/100g δείγματος.

#### ***Αντιοξειδωτική ικανότητα***

### 4. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας

#### i) Μέθοδος ABTS

#### **Αρχή**

Η ρίζα  $\text{ABTS}^+$  και ο χρωματισμός μπλε-πράσινο σχηματίζεται λόγω της αντίδρασης της  $\text{ABTS}$  με το υπερθειικό κάλιο. Η παρουσία αντιοξειδωτικών σε μείγμα ανάγει τη ρίζα  $\text{ABTS}^+$  με αποτέλεσμα το μείγμα να αποχρωματίζεται. Ο αποχρωματισμός της ρίζας είναι ανάλογος με τη συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών (Εικόνα 2.7). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε περιεγράφηκε από της Re et al. (1999).



**Εικόνα 2.7.** Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας.

### Διάλυμα

**ABTS<sup>+</sup>**: Σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml ζυγίστηκαν 0,0540g ABTS (2mM, MB 548.68) και 0,0099g K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (0.73mM, MB 270.33) και διαλύθηκαν στο νερό. Απαιτείται η παραμονή του διαλύματος για 12-16 ώρες σε σκοτάδι και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν τη χρήση του για να αποκτήσει μέγιστη και σταθερή απορρόφηση. Ένα μέρος του διαλύματος αραιώθηκε (περίπου 1/20) με νερό μέχρι να δώσει απορρόφηση 0,70 σε θερμοκρασία δωματίου.

**Trolox**: Παρασκευάζεται stock διάλυμα 1mM (MB 250,29, 0,0125g/50mL- αρχικά διαλύονται σε 10mL αιθανόλη και στη συνέχεια συμπληρώνεται με νερό). Με αραιώση παρασκευάζονται διαλύματα από 0,1mM έως 1mM.

### Προσδιορισμός

Αρχικά σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 3,9ml ABTS<sup>+</sup> και 100μl νερό για το blank ή 100μl εκχυλισμένου δείγματος για το κάθε δείγμα. Μετά από 4 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου τα δείγματα εισήχθησαν στο σπεκτροφωτόμετρο και καταγράφηκε η απορρόφηση στα 734 nm. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για τα πρότυπα διαλύματα Trolox και κατασκευάστηκε καμπύλη αναφοράς. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμα Trolox (ET) ως mg ET/100g δείγματος.

### ii) Μέθοδος DPPH

#### Αρχή

Η συγκέντρωση της ελεύθερης ρίζας DPPH μειώνεται παρουσία αντιοξειδωτικών. Ο αποχρωματισμός της ρίζας είναι ανάλογος της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε περιεγράφηκε από της Cheng et al. (2006).

## Διάλυμα

DPPH : Παρασκευάζεται μεθανολικό διάλυμα DPPH συγκέντρωσης 100μM.

## Προσδιορισμός

Αρχικά σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 2,85 ml DPPH και 150μl νερό για το blank ή 150μl εκχυλισμένου δείγματος για το κάθε δείγμα. Μετά από 5 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου τα δείγματα εισήχθησαν στο σπεκτροφωτόμετρο και καταγράφηκε η απορρόφηση στα 516 nm. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για τα πρότυπα διαλύματα Trolox και κατασκευάστηκε καμπύλη αναφοράς. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμα Trolox (ET) ως mg ET/100g δείγματος.

Ο τρόπος υπολογισμού και οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για την εκτίμηση των φυσικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου περιεγράφηκαν λεπτομερώς στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο.

## Στατιστική ανάλυση

Για τις παραμέτρους που μελετήθηκαν έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης του γενοτύπου, της εποχής (ημερομηνίας) σποράς, της πυκνότητας σποράς, μέσα στην οποία έγιναν οι επιλογές από τις οποίες σχηματίστηκαν οι σειρές, και της αλληλεπίδρασής τους. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εκτιμήθηκαν με βάση το κριτήριο του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας  $p \leq 0.05$ . Πραγματοποιήθηκε Cluster analysis χρησιμοποιώντας την μέθοδο του Ward για την εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ των γενοτύπων και την κατηγοριοποίηση αυτών. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε Principal Component Analysis για την εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών και την κατηγοριοποίηση τους. Όλες οι αναλύσεις έγιναν με την χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS v.20.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που οφείλεται σε κάθε έναν από τους τρεις βασικούς παράγοντες: Γενότυπος (Γ), Εποχής Σποράς (ΕΣ) και Πυκνότητα Σποράς (ΠΣ) από την οποία προήλθαν οι σειρές. Γενικά παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας των ποιοτικών χαρακτηριστικών οφείλεται στον Γ. Συγκεκριμένα, σε αυτή την παράμετρο οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά ολόκληρο το ποσοστό της παραλλακτικότητας (>90%) για τα χαρακτηριστικά του βάρους 1000 σπόρων και της ικανότητας ενυδάτωσης. Επιπρόσθετα, σημαντικό ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας (>50%) οφείλεται στον Γ για τα χαρακτηριστικά της αύξησης της ενυδάτωσης, του ποσοστού του περιβλήματος (%) και της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Η ΠΣ συνεισφέρει κατά ένα μικρό ποσοστό στην συνολική παραλλακτικότητα (<20%). Οι αλληλεπιδράσεις Γ x ΕΣ και Γ x ΠΣ συνεισφέρουν σε ποσοστό >10% και <18% της συνολικής παραλλακτικότητας για τα χαρακτηριστικά της αύξησης της ενυδάτωσης, του χρόνου βρασμού και του ποσοστού πρωτεΐνης. Στην αλληλεπίδραση ΕΣ x ΠΣ οφείλονται πολύ μικρά ποσοστά <2% της συνολικής παραλλακτικότητας για όλα τα χαρακτηριστικά, ενώ στην αλληλεπίδραση Γ x ΕΣ x ΠΣ οφείλεται ποσοστό <16% για όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Όσον αφορά τα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα, ο παράγοντας Γ συνεισφέρει κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας για τις ολικές φαινόλες και τις ολικές ταννίνες (>37%). Όσον αφορά τις ολικές φαινόλες, εξίσου μεγάλο ποσοστό της παραλλακτικότητας (34%) οφείλεται στην αλληλεπίδραση Γ x ΕΣ. Όσον αφορά τις ολικές ταννίνες, μετά τον παράγοντα Γ, οι αλληλεπιδράσεις Γ x ΕΣ, Γ x ΠΣ και Γ x ΕΣ x ΠΣ συνεισφέρουν σχεδόν εξίσου στο ποσοστό παραλλακτικότητας. Τα ολικά φλαβονοειδή επηρεάστηκαν σε πολύ μεγάλο ποσοστό από την ΠΣ από την οποία προήλθαν οι σειρές (51%). Η παραλλακτικότητα της αντιοξειδωτικής δράσης με βάση το ABTS μοιράστηκε, σχεδόν εξίσου, σε όλους τους παράγοντες με την ΕΣ και την αλληλεπίδραση ΕΣ x ΠΣ να ευθύνονται για τα μικρότερα ποσοστά της παραλλακτικότητας (<7%) και την αλληλεπίδραση Γ x ΕΣ να ευθύνεται για το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας (>25%). Τέλος, το ποσοστό της παραλλακτικότητας όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH μοιράστηκε στους παράγοντες με αντίστοιχο τρόπο με το ABTS, με τη διαφορά ότι στο DPPH το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας οφείλεται στη ΠΣ (29%).

**Πίνακας 2.1.** Σημαντικότητα και ποσοστό παραλλακτικότητας για το οποίο ευθύνεται η κάθε παράμετρος.

	Γενότυπος (Γ)	Εποχής σποράς (ΕΣ)	Γ x ΕΣ	Πυκνότητα σποράς (ΠΣ)	Γ x ΠΣ	ΕΣ x ΠΣ	Γ x ΕΣ x ΠΣ	
<b>Ποιοτικά χαρακτηριστικά</b>	Βάρος 1000 σπόρων	0,000***	0,000***	0,004**	0,000***	0,000***	0,008**	0,004**
	Αύξηση ενυδάτωσης	0,000***	0,000***	0,641 <sup>ns</sup>	0,000***	0,000***	0,207 <sup>ns</sup>	0,000***
	Ικαν. ενυδάτωσης	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	Περίβλημα (%)	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	Χρόνος βρασμού	0,000***	0,000***	0,095 <sup>ns</sup>	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	Πρωτεΐνες	0,000***	0,000***	0,000***	0,013*	0,000***	0,000***	0,000***
<b>Βιοενεργά συστατικά</b>	Ολικές Φαινόλες	0,000***	0,000***	0,000***	0,073 <sup>ns</sup>	0,000***	0,000***	0,000***
	Ολικές Ταννίνες	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	Ολικά Φλαβονοειδή	0,000***	0,003**	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
<b>Αντιοξειδωτική ικανότητα</b>	ABTS	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	DPPH	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,011*	0,000***
<b>Παραλλακτικότητα %</b>								
	Γενότυπος (Γ)	Εποχής σποράς (ΕΣ)	Γ x ΕΣ	Πυκνότητα σποράς (ΠΣ)	Γ x ΠΣ	ΕΣ x ΠΣ	Γ x ΕΣ x ΠΣ	
<b>Ποιοτικά χαρακτηριστικά</b>	Βάρος 1000 σπόρων	90,23	5,08	0,20	1,98	1,83	0,17	0,49
	Αύξηση ενυδάτωσης	51,16	3,39	0,06	14,77	17,69	0,26	12,57
	Ικαν. ενυδάτωσης	90,08	1,31	0,03	3,14	2,92	0,01	2,47
	Περίβλημα (%)	69,80	5,09	2,85	10,80	6,65	1,81	2,95
	Χρόνος βρασμού	41,75	9,35	0,12	19,80	10,24	2,17	16,52
	Πρωτεΐνες (%)	60,32	0,86	14,41	10,03	6,18	0,12	8,05
<b>Βιοενεργά συστατικά</b>	Όλικες Φαινόλες	40,12	4,65	33,94	0,16	11,01	1,35	8,74
	Ολικές Ταννίνες	36,67	7,71	17,44	0,25	16,92	3,04	17,94
	Ολικά Φλαβονοειδή	6,27	0,09	7,49	51,34	8,37	8,10	18,30
<b>Αντιοξειδωτική ικανότητα</b>	ABTS	15,73	5,83	25,79	12,73	20,10	6,64	13,13
	DPPH	13,68	16,30	8,53	29,19	17,81	0,35	14,10

NS= μη σημαντική επίδραση

\*, \*\*, \*\*\* Σημαντική επίδραση στα επίπεδα  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$ ,  $p \leq 0.001$



## **Ποιοτικά χαρακτηριστικά**

### ***Βάρος 1000 σπόρων***

Και στις δύο εποχές σποράς, ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς από την οποία προέρχονται οι επιλογές, η σειρά 4 σημείωσε το μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων. Συνολικά, το μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων παρατηρήθηκε από τις σειρές που σπάρθηκαν εντός της κανονικής εποχής σποράς και προέρχονταν από τις επιλογές σε υψηλή πυκνότητα σποράς. Παράλληλα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.2, η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική μείωση του βάρους 1000 σπόρων. Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς το βάρος 1000 σπόρων, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς τρεις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, δύο βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έντεκα σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-2 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-1 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν πέντε βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, τέσσερις σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και επτά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς.

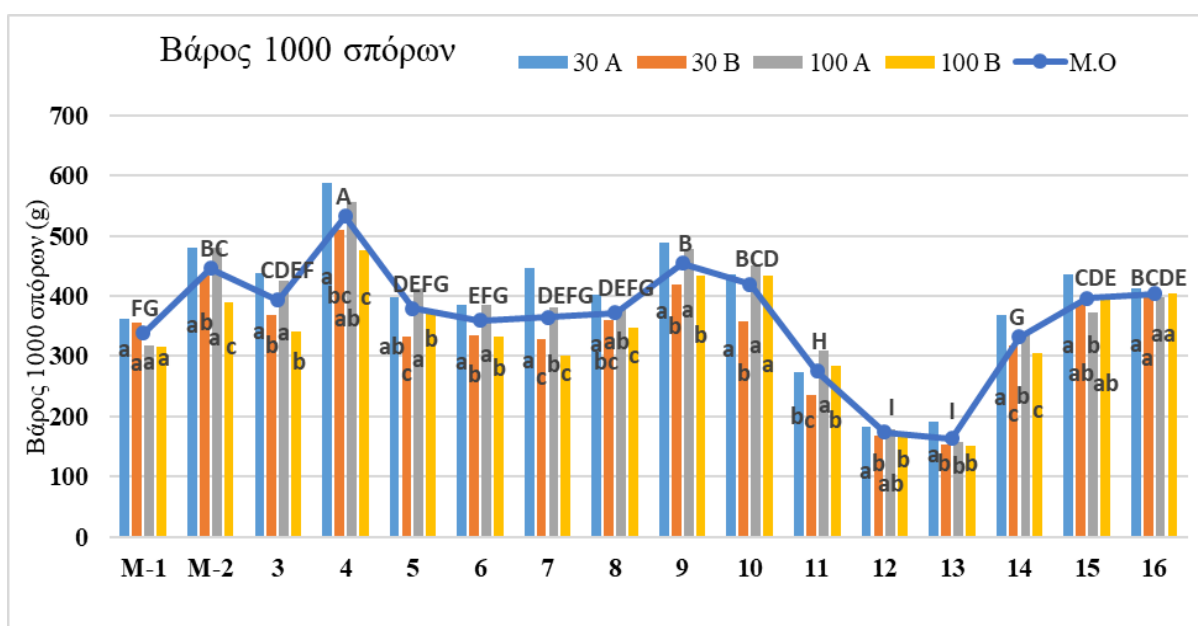
**Πίνακας 2.2.** Σύγκριση του βάρους 1000 σπόρων (g) των σειρών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση του βάρους 1000 σπόρων μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	362,7 f (a)	318,3 h (b)	355,0 efgh (a)	316,6 efg (b)
M-2	480,0 bc (a)	480,0 b (a)	433,3 b (a)	390,0 c (b)
3	438,3 de (a)	425,0 cd (b)	368,3 def (a)	340,4 def (b)
4	587,6 a (a)	555,2 a (b)	510,4 a (a)	475,5 a (b)
5	398,3 de (a)	413,0 de (b)	333,3 fgh (b)	372,1 cd (a)
6	385 def (a)	385,0 ef (a)	335,0 fgh (a)	333,3 def (a)
7	446,25 cd (a)	380,7 ef (b)	328,3 gh (a)	301,6 fg (b)
8	401,6 de (a)	381,6 ef (b)	360,0 efg (a)	346,6 de (b)
9	488,3 b (a)	478,3 b (b)	418,7 bc (b)	433,3 b (a)
10	436,6 c (b)	451,6 bc (a)	356,9 efg (b)	434,2 b (a)
11	273,3 g (b)	308,3 h (a)	235,0 i (b)	283,3 g (a)
12	183,3 h (a)	178,3 i (a)	168,3 j (a)	166,6 h (a)
13	191,6 h (a)	156,6 i (b)	153,3 j (a)	151,6 h (a)
14	368,3 ef (a)	338,3 gh (b)	318,3 h (a)	305,0 efg (b)
15	435,0 c (a)	371,6 fg (b)	385,0 cde (a)	395,0 bc (a)
16	413,3 cd (a)	398,3 def (b)	401,6 bcd (a)	403,3 bc (a)
ΜΟ	393,1 A (A)	376,2 AB (A)	341,3 B (A)	340,5 B (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όσον αφορά τη σύγκριση του βάρους 1000 σπόρων μεταξύ των πειραμάτων, εντός της κάθε σειράς, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές σε όλες τις σειρές, με εξαίρεση τις M-1 και 16 (Σχήμα 2.1). Η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε από τη σειρά 4/30 κατά την κανονική εποχή σποράς. Συνολικά, η σειρά 4 είχε το μεγαλύτερο μέσο βάρος 1000 σπόρων, όπως αυτό προέκυψε από τα 4 πειράματα, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Επιπλέον, στο Σχήμα 2.1 φαίνεται ξεκάθαρα το μειωμένο βάρος 1000 σπόρων που είχαν οι σειρές κατά την εκτός εποχής σπορά.



**Σχήμα 2.1.** Σύγκριση του βάρους 1000 σπόρων της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100A : κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Η σύγκριση των τιμών της κάθε σειράς γίνεται με βάση τον μέσο όρο των αρχικών πληθυσμών των δύο μαρτύρων που είναι οι ποικιλίες M-1 και M-2. Η επιλογή ως προς την απόδοση εντός της κανονικής εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα σποράς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.3, οδήγησε σε μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων για τις σειρές 3, 4, 7, 9, 15 και 16. Η επιλογή ως προς την απόδοση σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων των σειρών 3, 4, 5, 9 και 10. Κατά την εκτός εποχής σπορά τόσο σε υψηλή πυκνότητα όσο και σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η επιλογή ως προς την απόδοση οδήγησε σε μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων των σειρών 4, 9 και 10. Γενικότερα, οι σειρές 4 και 9, όσον αφορά το βάρος 1000 σπόρων, φαίνεται να ανταποκρίνονται θετικά στην επιλογή ως προς την απόδοση καθώς παρουσίασαν μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων από τους μάρτυρες ανεξάρτητα από την πυκνότητα και την εποχή σποράς.

**Πίνακας 2.3.** Διαφορά (%) τους βάρους 1000 σπόρων των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	9%	5%	-9%	-16%
4	46%	38%	27%	18%
5	-1%	2%	-17%	-8%
6	-5%	-5%	-17%	-17%
7	11%	-6%	-19%	-25%
8	0%	-5%	-11%	-14%
9	21%	19%	4%	7%
10	-12%	12%	8%	8%
11	-32%	-24%	-42%	-30%
12	-55%	-56%	-58%	-59%
13	-52%	-61%	-62%	-62%
14	-9%	-16%	-21%	-24%
15	8%	-8%	-5%	-2%
16	2%	-1%	0%	0%
ΜΟ μαρτύρων (g)	403,4			

## *Αύξηση ενυδάτωσης*

Από τις σειρές που σπάρθηκαν κατά την κανονική εποχή σποράς και προέρχονται από επιλογή σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η σειρά 8 είχε τη μεγαλύτερη αύξηση ενυδάτωσης ενώ σε αυτές που προέρχονται από επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα σποράς η M-2 είχε τη μεγαλύτερη αύξηση ενυδάτωσης. Στις σειρές που σπάρθηκαν κατά την εκτός εποχής σπορά (off-season) και προέρχονται από επιλογή σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η σειρά 12 είχε τη μεγαλύτερη αύξηση ενυδάτωσης ενώ σε αυτές που προέρχονται από επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 4 και 5 σημείωσαν τη μεγαλύτερη αύξηση ενυδάτωσης. Συνολικά, η μεγαλύτερη αύξηση ενυδάτωσης παρατηρήθηκε στην εκτός εποχής σπορά, χωρίς ωστόσο να υπάρχει σημαντική διαφορά σε σχέση με τις τιμές στην κανονική εποχή σποράς (Πίνακας 2.4). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς την αύξηση ενυδάτωσης, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς οκτώ βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, δύο βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι η επιλογή του M-1 που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν εννιά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, πέντε σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής πυκνότητας σποράς.

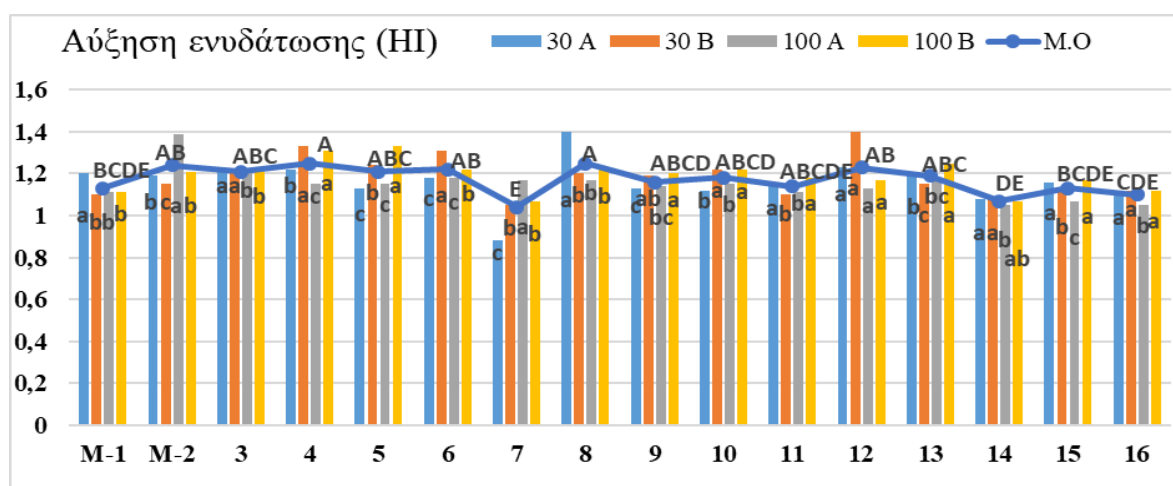
**Πίνακας 2.4.** Σύγκριση της αύξησης ενυδάτωσης των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση της αύξησης ενυδάτωσης μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	1,20 bc (a)	1,11 ef (b)	1,10 de (a)	1,11 g (a)
M-2	1,19 bc (b)	1,39 a (a)	1,15 cde (b)	1,21 cd (a)
3	1,22 bc (a)	1,21 b (a)	1,22 bcde (a)	1,21 cd (a)
4	1,22 bc (a)	1,15 cde (a)	1,32 ab (a)	1,31 a (a)
5	1,13 def (a)	1,15 cde (a)	1,24 abcd (b)	1,33 a (a)
6	1,18 bcd (a)	1,18 bc (a)	1,31 abc (a)	1,22 cd (b)
7	0,88 g (b)	1,17 bcd (a)	1,05 e (a)	1,07 h (a)
8	1,40 a (a)	1,17 bcd (b)	1,20 bcde (a)	1,23 bc (a)
9	1,13 def (a)	1,14 cde (a)	1,19 bcde (a)	1,20 de (a)
10	1,12 ef (a)	1,15 cde (a)	1,22 bcde (a)	1,22 cd (a)
11	1,16 cde (a)	1,11 ef (b)	1,10 de (b)	1,18 ef (a)
12	1,23 b (a)	1,13 de (b)	1,40 a (a)	1,17 f (b)
13	1,20 bc (a)	1,17 bcd (a)	1,15 cde (b)	1,25 b (a)
14	1,08 f (a)	1,05 g (a)	1,08 de (a)	1,07 h (a)
15	1,16 cde (a)	1,07 fg (b)	1,12 de (b)	1,17 f (a)
16	1,10 f (a)	1,05 g (b)	1,12 de (a)	1,12 g (a)
MO	1,16 A (A)	1,15 A (A)	1,19 A (A)	1,19 A (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan..

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2, από την στατιστική ανάλυση προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων, εντός της κάθε σειράς. Εξαιρέση αποτελεί η σειρά 12, όπου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων. Συνολικά, οι σειρές 4 και 8 έδειξαν τη μεγαλύτερη μέση αύξηση ενυδάτωσης, όπως αυτή προέκυψε από τα 4 πειράματα, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές.



**Σχήμα 2.2.** Σύγκριση της αύξησης ενυδάτωσης της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Όσον αφορά την αύξηση ενυδάτωσης, η επιλογή ως προς την απόδοση οδήγησε τις σειρές σε τιμές μικρότερες από τον μέσο όρο των δύο μαρτύρων (Πίνακας 2.5). Γενικότερα, η επιλογή ως προς την απόδοση στην εκτός εποχής σπορά φαίνεται να οδήγησε σε τιμές οι οποίες ήταν πιο κοντά στον μέσο όρο των δύο μαρτύρων. Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή ως προς την απόδοση φαίνεται να οδήγησε στην μικρότερη μείωση της αύξησης ενυδάτωσης, για τις περισσότερες από τις σειρές, όταν στην κανονική εποχής σποράς έγινε σε υψηλή πυκνότητα σποράς και στην εκτός εποχής σποράς έγινε σε χαμηλή πυκνότητα σποράς.

**Πίνακας 2.5.** Διαφορά (%) της αύξησης ενυδάτωσης των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων των αρχικών πληθυσμών.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-14%	-15%	-13%	-14%
4	-14%	-19%	-6%	-7%
5	-20%	-18%	-12%	-6%
6	-17%	-16%	-7%	-13%
7	-38%	-17%	-26%	-24%
8	-1%	-17%	-15%	-13%
9	-20%	-20%	-16%	-15%
10	-21%	-19%	-14%	-14%
11	-18%	-21%	-22%	-17%
12	-13%	-20%	-16%	-17%
13	-15%	-17%	-19%	-12%
14	-24%	-26%	-24%	-25%
15	-18%	-25%	-21%	-17%
16	-22%	-26%	-21%	-21%
ΜΟ μαρτύρων	1,42			

### *Ικανότητα ενυδάτωσης*

Τόσο κατά την κανονική εποχή σποράς, ανεξάρτητα από την απόσταση σποράς από την οποία προήλθαν οι σειρές, όσο και κατά την εκτός εποχής σπορά, επίσης ανεξάρτητα από την απόσταση σποράς από την οποία προήλθαν οι σειρές, η σειρά 4 είχε την μεγαλύτερη ικανότητα ενυδάτωσης. Συνολικά, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων (Πίνακας 2.6). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς την ικανότητα ενυδάτωσης, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς δύο βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έξι βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 που έγιναν στις δύο πυκνότητες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής



πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν δύο βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων της χαμηλής πυκνότητας σποράς.

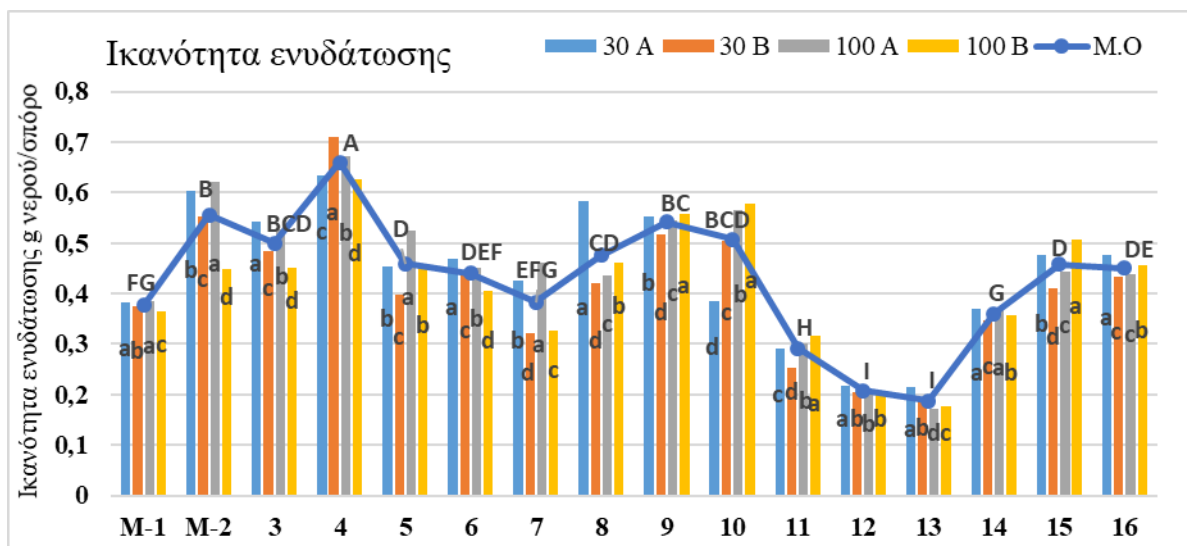
**Πίνακας 2.6.** Σύγκριση της ικανότητας ενυδάτωσης των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση της ικανότητας ενυδάτωσης μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	0,382 j (a)	0,385 j (a)	0,375 j (a)	0,364 i (b)
M-2	0,604 b (b)	0,621 b (a)	0,552 b (a)	0,449 g (b)
3	0,543 e (a)	0,526 e (b)	0,485 e (a)	0,45 g (b)
4	0,633 a (b)	0,673 a (a)	0,71 a (a)	0,625 a (b)
5	0,454 h (b)	0,525 e (a)	0,398 i (b)	0,459 ef (a)
6	0,468 g (a)	0,451 g (b)	0,437 f (a)	0,404 h (b)
7	0,425 i (b)	0,460 f (a)	0,321 l (a)	0,327 k (a)
8	0,583 c (a)	0,436 i (b)	0,421 g (b)	0,462 e (a)
9	0,552 d (a)	0,545 d (b)	0,517 c (b)	0,557 c (a)
10	0,387 j (b)	0,564 c (a)	0,503 d (b)	0,579 b (a)
11	0,292 l (b)	0,302 l (a)	0,254 m (b)	0,317 l (a)
12	0,218 m (a)	0,208 m (b)	0,204 n (a)	0,204 m (a)
13	0,214 m (a)	0,171 n (b)	0,190 o (a)	0,176 n (b)
14	0,370 k (a)	0,368 k (a)	0,347 k (b)	0,358 j (a)
15	0,475 f (a)	0,443 h (b)	0,411 h (b)	0,506 d (a)
16	0,475 f (a)	0,438 i (b)	0,434 f (b)	0,455 f (a)
ΜΟ	0,442 A (A)	0,445 A (A)	0,410 A (A)	0,418 A (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3, από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων, εντός της κάθε ποικιλίας. Συνολικά, η σειρά 4 είχε τη μεγαλύτερη μέση ικανότητα ενυδάτωσης, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες ποικιλίες.



Σχήμα 2.3. Σύγκριση της ικανότητας ενυδάτωσης της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Η επιλογή ως προς την απόδοση οδήγησε την σειρά που προέκυψε από τον αρχικό πληθυσμό Macarena (4) σε τιμές μεγαλύτερες του μέσου όρου των δύο μαρτύρων ως προς το χαρακτηριστικό της ικανότητας ενυδάτωσης, ανεξάρτητα από την πυκνότητα και την εποχή. Παράλληλα, οδήγησε όλες τις υπόλοιπες σειρές σε τιμές μικρότερες του μέσου όρου των δύο μαρτύρων. Γενικότερα, η επιλογή ως προς την απόδοση στην κανονική εποχή σποράς φαίνεται να οδήγησε σε τιμές οι οποίες ήταν πιο κοντά στον μέσο όρο των δύο μαρτύρων. Πιο συγκεκριμένα η επιλογή ως προς την απόδοση φαίνεται να οδήγησε στη μικρότερη μείωση της ικανότητας ενυδάτωσης, για τις περισσότερες από τις σειρές, όταν η επιλογή έγινε στην κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα σποράς και στην εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα σποράς (Πίνακας 2.7).

**Πίνακας 2.7.** Διαφορά (%) της ικανότητας ενυδάτωσης των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσου όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-8%	-11%	-18%	-24%
4	7%	14%	21%	6%
5	-23%	-11%	-32%	-22%
6	-21%	-23%	-26%	-31%
7	-28%	-22%	-46%	-44%
8	-1%	-26%	-29%	-22%
9	-6%	-7%	-12%	-5%
10	-34%	-4%	-15%	-2%
11	-50%	-49%	-57%	-46%
12	-63%	-65%	-65%	-65%
13	-64%	-71%	-68%	-70%
14	-37%	-38%	-41%	-39%
15	-19%	-25%	-30%	-14%
16	-19%	-26%	-26%	-23%
ΜΟ μαρτύρων	0,589			

### **Ποσοστό περιβλήματος**

Όσον αφορά το ποσοστό του περιβλήματος, στην κανονική εποχή σποράς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.8, οι σειρές 4 και 13 οι οποίες προέρχονται από επιλογή σε υψηλή πυκνότητα σποράς, είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό, ενώ σε αυτές που προέρχονται από επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η σειρά 13 είχε το μεγαλύτερο ποσοστό. Η ίδια σειρά παρουσίασε ταυτόχρονα το μεγαλύτερο ποσοστό περιβλήματος στις σειρές που σπάρθηκαν εκτός εποχής και προέρχονται από επιλογή σε υψηλή πυκνότητα σποράς. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από τη χαμηλή πυκνότητα σποράς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.8, η σειρά 12 έδειξε το μεγαλύτερο ποσοστό περιβλήματος. Συνολικά, η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση του ποσοστού του περιβλήματος.

αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς το ποσοστό περιβλήματος, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς έξι βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, τέσσερις βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν έξι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και εννιά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων καταγράφηκε ακριβώς η ίδια εικόνα όπως και στην κανονική σπορά ενισχύοντας περαιτέρω τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

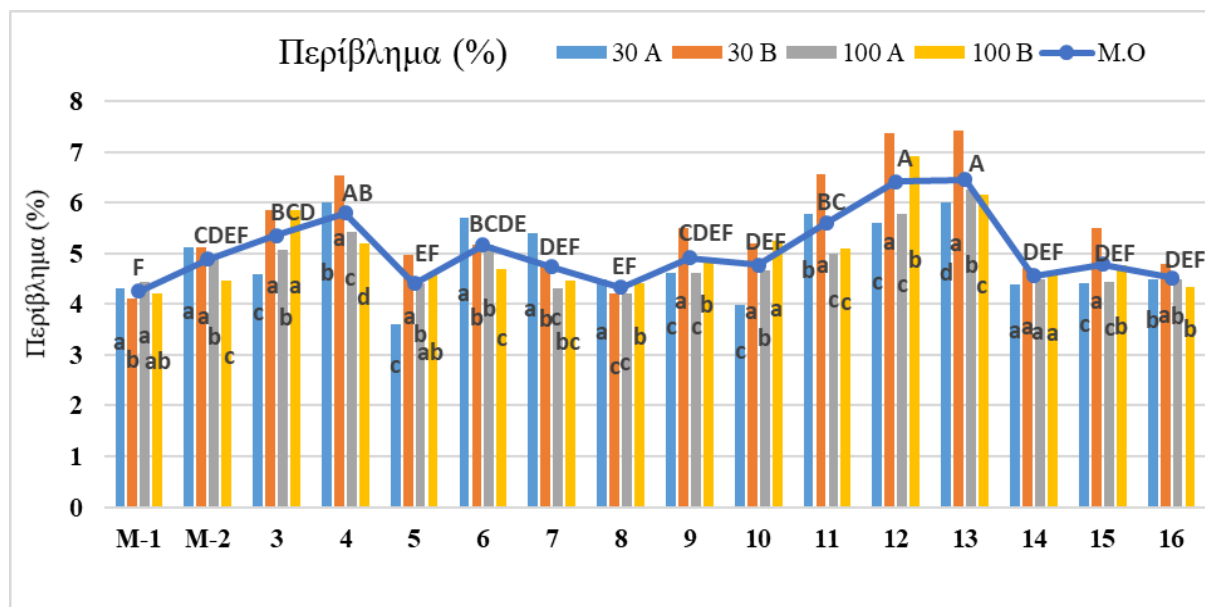
**Πίνακας 2.8.** Σύγκριση του ποσοστού του περιβλήματος των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση του ποσοστού του περιβλήματος μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	4,31 de (a)	4,43 ij (a)	4,10 j (a)	4,21 k (a)
M-2	5,11 c (a)	4,88 f (b)	5,11 f (a)	4,46 i (b)
3	4,61 d (b)	5,08 e (a)	5,85 c (a)	5,86 c (a)
4	6,00 a (a)	5,43 c (b)	6,54 b (a)	5,20 d (b)
5	3,61 f (b)	4,40 j (a)	4,96 g (a)	4,64 h (a)
6	5,69 ab (a)	5,16 d (b)	5,17 ef (a)	4,68 gh (b)
7	5,40 bc (a)	4,30 k (b)	4,75 h (a)	4,46 i (a)
8	4,50 d (a)	4,20 l (b)	4,22 i (b)	4,41 ij (a)
9	4,62 d (a)	4,61 g (a)	5,51 d (a)	4,90 f (b)
10	3,98 ef (b)	4,67 g (a)	5,19 e (a)	5,24 d (a)
11	5,78 ab (a)	5,00 e (b)	6,55 b (a)	5,10 e (b)
12	5,59 ab (a)	5,78 b (a)	7,38 a (a)	6,92 a (b)
13	6,01 a (b)	6,25 a (a)	7,41 a (a)	6,15 b (b)
14	4,39 de(a)	4,50 h (a)	4,71 h (a)	4,63 h (a)
15	4,41 de (a)	4,44 ij (a)	5,51 d (a)	4,76 g (b)
16	4,50 d (a)	4,48 hi (a)	4,78 h (a)	4,33 j (b)
MO	4,91 AB (A)	4,85 B (A)	5,48 A (A)	5,00 AB (B)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4, από την στατιστική ανάλυση προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων, εντός της κάθε σειράς. Εξαιρέση αποτελεί η σειρά 14, για την οποία δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων. Συνολικά, οι σειρές 12 και 13 σημείωσαν το μεγαλύτερο μέσο όρο στο ποσοστό περιβλήματος.



**Σχήμα 2.4.** Σύγκριση του ποσοστού του περιβλήματος της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Η επιλογή ως προς την απόδοση εντός της κανονικής εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα οδήγησε σχεδόν όλες τις σειρές σε ποσοστό περιβλήματος χαμηλότερο του μέσου όρου των μαρτύρων. Τιμές μεγαλύτερες του μέσου όρου παρατηρήθηκαν μόνο για τις σειρές 4, 6, 7, 11, 12 και 13. Παράλληλα, η επιλογή ως προς την απόδοση σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε ποσοστό περιβλήματος μεγαλύτερο του μέσου στις σειρές 4, 12 και 13. Αντίθετα, η επιλογή ως προς την απόδοση στην εκτός εποχής σπορά οδήγησε τις περισσότερες από τις σειρές σε αυξημένο ποσοστό περιβλήματος σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων. Όταν αυτή έγινε σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι σειρές 5, 6, 7, 8, 14 και 16 παρουσίασαν τιμές μικρότερες του μέσου όρου. Όταν η επιλογή έγινε σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι ίδιες σειρές σημείωσαν τιμές μικρότερες του μέσου όρου των μαρτύρων όπως επίσης και οι σειρές 9, 11 και 15. Η επιλογή ως προς την απόδοση στην εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα (Πίνακας 2.9), για τις περισσότερες από τις σειρές, οδήγησε στη μεγαλύτερη αύξηση του

ποσοστού του περιβλήματος σε σχέση με το μέσο όρο των δύο μαρτύρων. Η μεγαλύτερη αύξηση ήταν 42% και καταγράφηκε στις σειρές 12 και 13. Γενικότερα, η επιλογή ως προς την απόδοση κατά την εκτός εποχής σπορά είχε θετικό αντίκτυπο στο ποσοστό περιβλήματος των περισσότερων σειρών. Επιπλέον, άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι οι σειρές 4, 12 και 13 οδηγήθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό περιβλήματος ανεξάρτητα από την εποχή και την πυκνότητα σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές.

**Πίνακας 2.9.** Διαφορά (%) του ποσοστού του περιβλήματος των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-11%	-2%	12%	13%
4	15%	4%	26%	0%
5	-30%	-15%	-5%	-11%
6	9%	-1%	-1%	-10%
7	4%	-17%	-9%	-14%
8	-14%	-19%	-19%	-15%
9	-11%	-11%	5%	-6%
10	-24%	-10%	0%	1%
11	11%	-4%	26%	-2%
12	7%	11%	42%	33%
13	16%	20%	42%	18%
14	-16%	-14%	-9%	-11%
15	-15%	-15%	6%	-9%
16	-14%	-14%	-8%	-17%
ΜΟ μαρτύρων	5,20%			

## *Χρόνος βρασμού*

Σε ότι αφορά τον χρόνο βρασμού, κατά την κανονική εποχή σποράς η σειρά 8 που προήλθε από την υψηλή πυκνότητα σποράς σημείωσε το μικρότερο χρόνο βρασμού, ενώ γι' αυτές με προέλευση την χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 6 είχε τον μικρότερο χρόνο χωρίς ωστόσο να διαφέρει σημαντικά από τις σειρές 3, 5, 8, 9 και 10. Κατά την εκτός εποχής σπορά, οι σειρές 3, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα σποράς, και 10, με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα σποράς, είχαν με διαφορά το μικρότερο χρόνο βρασμού. Συνολικά, κατά την εκτός εποχής σπορά καταγράφηκαν σημαντικά μικρότεροι χρόνοι βρασμού, με τις σειρές οι οποίες προέρχονται από επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα σποράς να παρουσιάζουν τις μικρότερες τιμές (Πίνακας 2.10). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς το χρόνο βρασμού, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, πέντε βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-2 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-1 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν οκτώ βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και επτά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς.



**Πίνακας 2.10.** Σύγκριση του χρόνου βρασμού (mins) των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση του χρόνου βρασμού μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

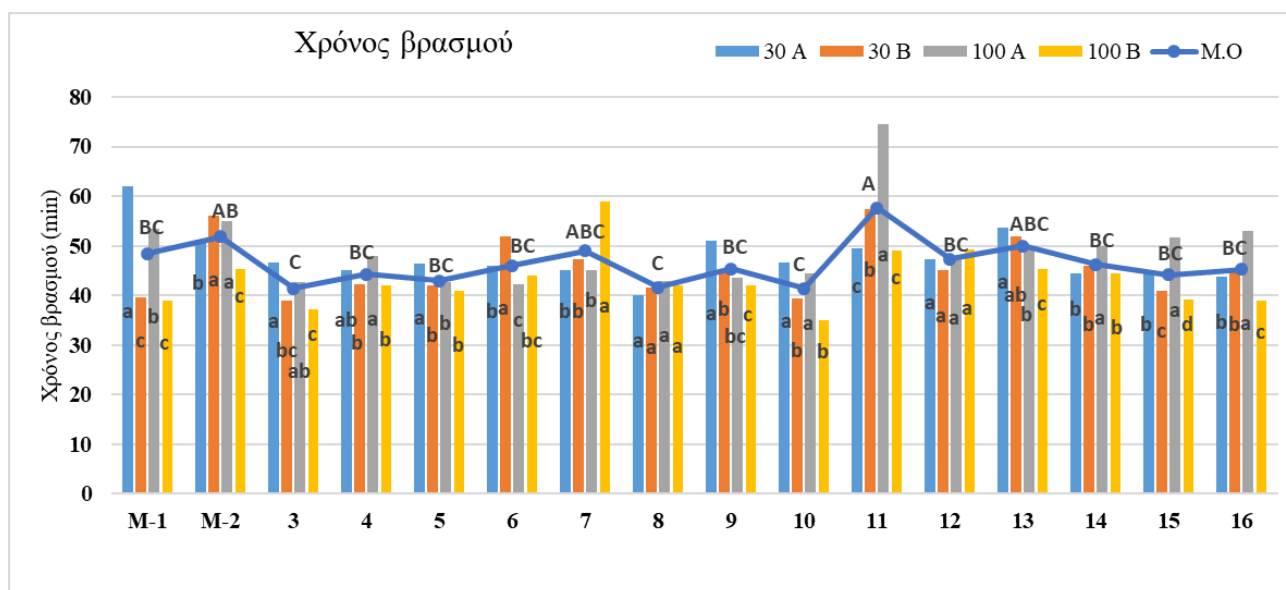
Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	62,0 a (a)	53,4 bc (b)	39,5 fg (a)	39,0 fg (a)
M-2	51,2 bc (a)	55,0 b (a)	56,0 a (a)	45,3 c (b)
3	46,6 de (a)	42,6 h (b)	39,0 g (a)	37,2 gh (a)
4	45,0 e (a)	48,0 efg (a)	42,3 def (a)	42,0 def (a)
5	46,4 de (a)	42,6 h (b)	42,0 efg (a)	41,0 ef (a)
6	46,0 e (a)	42,3 h (b)	52,0 b (a)	44,0 cde (b)
7	45,0 e (a)	45,0 gh (a)	47,3 c (b)	59,0 a (a)
8	40,0 f (b)	43,0 h (a)	41,5 fg (a)	42,0 def (a)
9	51,0 bc (a)	43,6 h (b)	45,0 cde (a)	42,0 def (b)
10	46,6 de (a)	44,5 gh (a)	39,3 fg (a)	35,0 h (b)
11	49,5 cd (b)	74,6 a (a)	57,4 a (a)	49,0 b (b)
12	47,3 cde (a)	47,7 fg (b)	45,0 cde (a)	49,3 b (a)
13	53,7 b (a)	49,3 def (a)	52,0 b (a)	45,2 c (b)
14	44,5 e (b)	50,0 cdef (a)	46,0 c (a)	44,4 cd (a)
15	44,7 e (b)	51,7 bcde (a)	41,0 fg (a)	39,2 fg (a)
16	43,7 e (b)	53,0 bcd (a)	45,2 cd (a)	39,0 fg (b)
MO	47,7 AB (A)	49,1 A (A)	45,6 AB (A)	43,2 B (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5, από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο βρασμού μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων σε όλες τις ποικιλίες. Εξαιρέση αποτελούν οι σειρές 8 και 12 στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραμάτων. Συνολικά, η σειρά 11 είχε το μεγαλύτερο μέσο χρόνο βρασμού ενώ

οι σειρές 3, 8 και 10 είχαν το μικρότερο μέσο χρόνο βρασμού χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.



**Σχήμα 2.5.** Σύγκριση του χρόνου βρασμού της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Η επιλογή ως προς την απόδοση εντός της κανονικής εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε μείωση του χρόνου βρασμού (σε σχέση με τον μέσο όρο των μαρτύρων) μόνο στη σειρά 8, ενώ σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε μείωση του χρόνου βρασμού στις σειρές 3, 5, 6 και 8. Κατά την εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα σποράς η επιλογή ως προς την απόδοση οδήγησε σε μειωμένο χρόνο βρασμού (σε σχέση με το μέσο όρο των μαρτύρων) στις σειρές 3, 4, 5, 8, 10 και 15. Παράλληλα, η επιλογή ως προς την απόδοση σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε μειωμένο χρόνο βρασμού στις σειρές 3, 4, 5, 8, 9, 10, 15 και 16. Η επιλογή ως προς την απόδοση στην εκτός εποχής σπορά φαίνεται να είναι η πιο αποτελεσματική ως προς τον χρόνο βρασμού, καθώς σε αυτή παρατηρήθηκαν οι πιο πολλές μειώσεις ή οι μικρότερες αυξήσεις, σε σχέση με τον μέσο όρο των δύο μαρτύρων. Παράλληλα, η επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα σποράς στην εκτός εποχής σπορά, φαίνεται να ευνόησε τις περισσότερες σειρές. Η μεγαλύτερη μείωση του χρόνου βρασμού σε σχέση με το μέσο όρο των δύο μαρτύρων καταγράφηκε από τη σειρά 10, όταν η επιλογή έγινε στην εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα (Πίνακας 2.11).

**Πίνακας 2.11.** Διαφορά (%) του χρόνου βρασμού των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	7%	-2%	-11%	-15%
4	3%	10%	-3%	-4%
5	7%	-2%	-4%	-6%
6	6%	-3%	19%	1%
7	3%	3%	8%	35%
8	-8%	-1%	-5%	-4%
9	17%	0%	3%	-4%
10	7%	2%	-10%	-20%
11	13%	71%	32%	12%
12	8%	9%	3%	13%
13	23%	13%	19%	4%
14	2%	15%	5%	2%
15	2%	18%	-6%	-10%
16	0%	21%	4%	-11%
ΜΟ μαρτύρων	43,70			

### ***Ποσοστό πρωτεϊνών***

Η σειρά 12 σημείωσε το υψηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών τόσο κατά την κανονική (και στις δύο πυκνότητες επιλογής) όσο και στην εκτός εποχής σπορά στη χαμηλή πυκνότητα. Από τις σειρές που επιλέχθηκαν στην υψηλή πυκνότητα σποράς και εκτός εποχής σπορά, η σειρά 3 είχε το υψηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών. Συνολικά παρατηρήθηκε, εντός της κάθε πυκνότητας σποράς, αύξηση του ποσοστού των πρωτεϊνών κατά την εκτός εποχής σπορά (Πίνακας 2.12). Παράλληλα, το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό φαίνεται να επηρεάστηκε περισσότερο από την πυκνότητα σποράς από την οποία προέκυψαν οι σειρές. Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών, ως προς το ποσοστό των πρωτεϊνών, που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς τέσσερις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, μία βελτιωμένη σειρά που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έντεκα σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσαν της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές δεν διέφεραν μεταξύ τους. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν επτά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερετερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερετερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς για την εκτός εποχής σποράς.

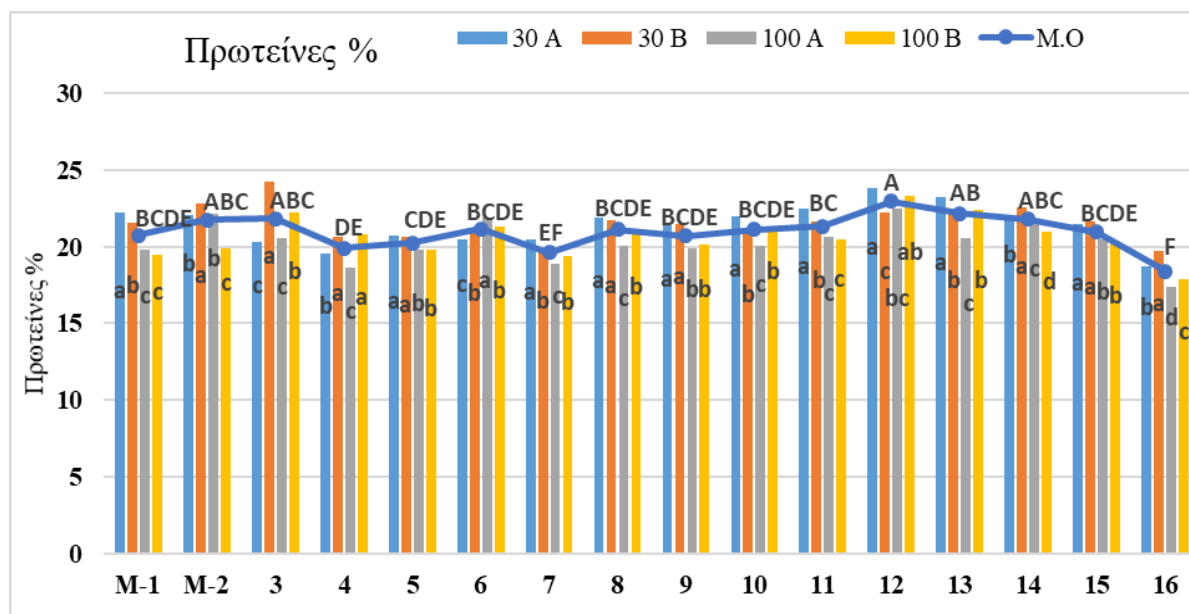
**Πίνακας 2.12.** Σύγκριση του ποσοστού πρωτεϊνών των ποικιλιών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση του ποσοστού των πρωτεϊνών μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	22,22 cd (a)	19,78 g (a)	21,57 de (a)	19,45 ij (a)
M-2	22,03 d (a)	22,16 ab (a)	22,85 b (a)	19,89 gh (b)
3	20,27 f (a)	20,53 de (a)	24,22 a (a)	22,20 b (b)
4	19,55 g (a)	18,6 h (b)	20,66 f (a)	20,80 de (a)
5	20,69 f (a)	19,84 g (b)	20,65 f (a)	19,78 hi (b)
6	20,48 f (b)	21,90 bc (a)	21,05 ef (a)	21,27 c (a)
7	20,48 f (a)	18,86 h (b)	19,70 g (a)	19,36 j (a)
8	21,90 d (a)	20,03 fg (b)	21,70 d (a)	20,91 cd (b)
9	21,42 e (a)	19,87 g (b)	21,46 de (a)	20,15 fgh (b)
10	21,94 d (a)	20,07 efg(b)	21,16 def (a)	21,22 c (a)
11	22,51 c (a)	20,64 d (b)	21,62 d (a)	20,45 ef (b)
12	23,83 a (a)	22,44 a (b)	22,25 c (b)	23,31 a (a)
13	23,21 b (a)	20,58 d (b)	22,46 bc (a)	22,37 b (a)
14	22,05 cd (a)	21,56 c (a)	22,55 bc (a)	21,00 cd (a)
15	21,44 e (a)	20,48 def (b)	21,64 d (a)	20,22 fg (b)
16	18,69 h (a)	17,34 i (b)	19,69 g (a)	17,84 k (b)
ΜΟ	21,42 A (A)	20,29 B (B)	21,58 A (A)	20,64 AB (B)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές ως προς το ποσοστό των πρωτεϊνών μεταξύ των τεσσάρων πειραμάτων, εντός της κάθε ποικιλίας. Συνολικά, η σειρά 12 είχε με διαφορά το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό πρωτεϊνών (Σχήμα 2.6).



**Σχήμα 2.6.** Σύγκριση του ποσοστού των πρωτεϊνών της κάθε ποικιλίας στα RCBD πειράματα

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε ποικιλίας. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποικιλιών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Η επιλογή ως προς την απόδοση εντός της κανονικής εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε ποσοστό πρωτεϊνών μεγαλύτερο από το μέσο όρο των δύο μαρτύρων στις σειρές 8, 10, 11, 12, 13 και 14. Η σειρά 12 είχε ποσοστό πρωτεϊνών μεγαλύτερο κατά 10% από το μέσο όρο των δύο μαρτύρων. Η επιλογή ως προς την απόδοση εντός της κανονικής εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, είχε ως αποτέλεσμα μόνο οι σειρές 6 και 12 να σημειώσουν ποσοστό πρωτεϊνών μεγαλύτερο του μέσου όρου. Κατά την εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η επιλογή ως προς την απόδοση οδήγησε σε ποσοστό πρωτεϊνών μεγαλύτερο του μέσου όρου στις σειρές 3, 8, 12, 13 και 14. Τέλος, η επιλογή ως προς την απόδοση κατά την εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα σποράς οδήγησε σε ποσοστό πρωτεϊνών μεγαλύτερο του μέσου όρου στις σειρές 3, 12 και 13 (Πίνακας 2.13). Γενικότερα, η επιλογή ως προς την απόδοση προκάλεσε τη μέγιστη δυνατή αύξηση ή την ελάχιστη δυνατή μείωση όταν έγινε σε υψηλή πυκνότητα σποράς.

**Πίνακας 2.13.** Διαφορά (%) του ποσοστού πρωτεϊνών των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-6%	-5%	12%	3%
4	-9%	-14%	-4%	-4%
5	-4%	-8%	-4%	-8%
6	-5%	1%	-3%	-1%
7	-5%	-13%	-9%	-10%
8	1%	-7%	1%	-3%
9	-1%	-8%	-1%	-7%
10	2%	-7%	-2%	-2%
11	4%	-4%	0%	-5%
12	10%	4%	3%	8%
13	7%	-5%	4%	4%
14	2%	0%	4%	-3%
15	-1%	-5%	0%	-6%
16	-13%	-20%	-9%	-17%
ΜΟ μαρτύρων	21,59			

### Βιοενεργά συστατικά

#### Ολικές φαινόλες

Εντός της κανονικής εποχής σποράς, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι βελτιωμένες σειρές των αρχικών γενοτύπων 12, 13 και 15 είχαν τις υψηλότερες ολικές φαινόλες διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 12 είχε με διαφορά τις υψηλότερες ολικές φαινόλες. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 11 είχε με διαφορά τις

υψηλότερες ολικές φαινόλες. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η ποικιλία-μάρτυρας M-2 είχε τις υψηλότερες ολικές φαινόλες, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών φαίνεται να ευνόησε τις ολικές φαινόλες, καθώς στην εκτός εποχής σπορά παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές. Παράλληλα, στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς, παρατηρήθηκαν με διαφορά οι μεγαλύτερες τιμές (Πίνακας 2.14). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς τέσσερις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, οκτώ βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και τέσσερις σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι η επιλογή του M-1 που έγινε στην υψηλή πυκνότητα διέφερε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας, ενώ αντίθετα στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν οκτώ βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μια σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της υψηλής πυκνότητας σποράς.



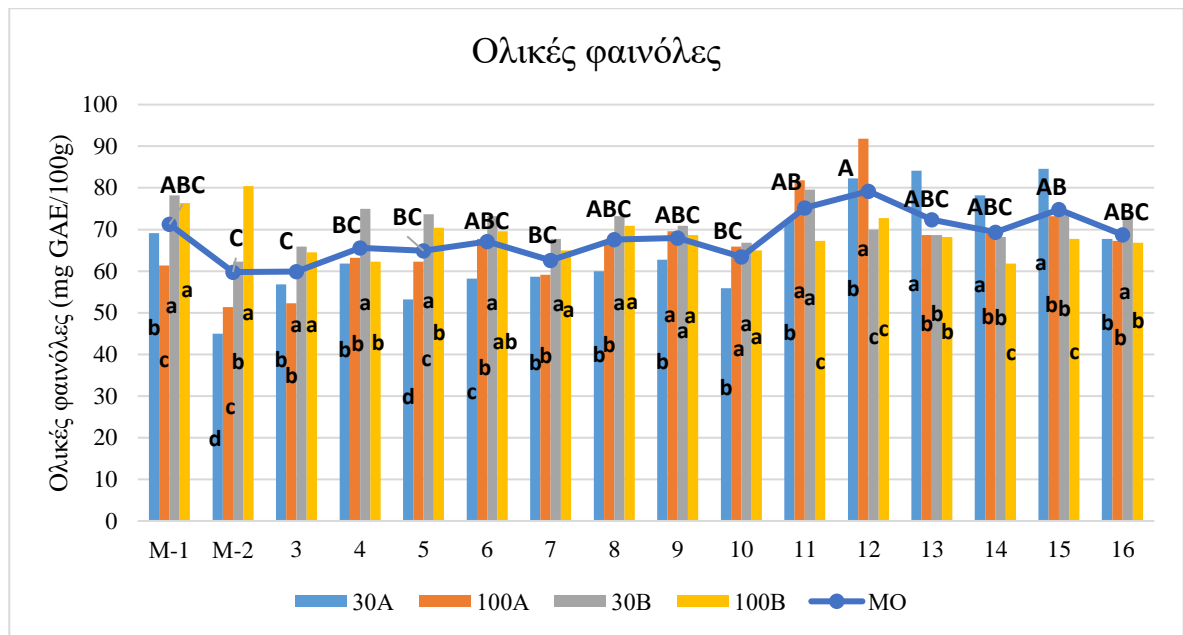
**Πίνακας 2.14.** Σύγκριση των ολικών φαινολών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση των ολικών φαινολών μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	69,09 cd (a)	61,36 gh (b)	78,18 ab (a)	76,36 ab (a)
M-2	45,00 j (b)	51,36 i (a)	62,27 g (b)	80,45 a (a)
3	56,82 ghi (a)	52,27 i (a)	65,91 fg (a)	64,55 efg (a)
4	61,82 ef (a)	63,18 efg (a)	75,00 abc (a)	62,27 fg (b)
5	53,18 i (b)	62,27 fgh (a)	73,64 bcd (a)	70,45 cde (b)
6	58,18 fgh (b)	67,73 d (a)	73,18 bcde (a)	69,55 cd (a)
7	58,64 fgh (a)	59,09 h (a)	67,73 def (a)	65,00 defg (a)
8	60,00 efg (b)	66,36 de (a)	73,18 bcde (a)	70,91 cd (a)
9	62,73 e (b)	69,55 d (a)	70,91 cdef (a)	68,64 cde (a)
10	55,91 hi (b)	65,91 def (a)	66,82 efg (a)	65,00 defg (a)
11	72,27 c (b)	81,82 b (a)	79,55 a (a)	67,27 cdefg (b)
12	82,27 a (b)	91,82 a (a)	70,00 cdef (a)	72,73 bc (a)
13	84,90 a (a)	68,64 d (b)	68,64 def (a)	68,18 cdef (a)
14	78,18 b (a)	69,09 d (b)	68,18 def (a)	61,82 g (b)
15	84,55 a (a)	73,18 c (b)	73,64 bcd (a)	67,73 cdefg (b)
16	67,73 d (a)	67,27 d (a)	73,18 bcde (a)	66,82 cdefg (b)
MO	65,65 B (A)	66,93 B (A)	71,25 A (A)	68,61 AB (B)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Στο Σχήμα 2.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των ολικών φαινολών των σειρών στα 4 RCBD πειράματα. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μέσων όρων των σειρών, όπως αυτοί προκύπτουν από τα πειράματα. Όπως παρατηρούμε, οι ολικές φαινόλες, σχεδόν, όλων των σειρών ήταν σημαντικά υψηλότερες όταν αυτές σπάρθηκαν εκτός εποχής, ανεξάρτητα από τη πυκνότητα στην οποία έγιναν οι επιλογές. Επιπλέον, η σειρά 12 είχε την υψηλότερη μέση τιμή ολικών φαινολών, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές.



**Σχήμα 2.7.** Σύγκριση των ολικών φαινολών εντός της κάθε σειρά και σύγκριση των μέσων όρων μεταξύ τους.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε σειράς. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Στον Πίνακα 2.15 παρουσιάζονται οι ολικές φαινόλες των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των αποδόσεων των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των σειρών 3, 4 και 10, υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φαινολών των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φαινολών των μαρτύρων, εκτός από την 3. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φαινολών των μαρτύρων, εκτός από τις σειρές 3, 7, 10, 13 και 14. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές είχαν χαμηλότερες ολικές φαινόλες σε σχέση με τον μέσο όρο των ολικών φαινολών των μαρτύρων.

**Πίνακας 2.15.** Διαφορά (%) των ολικών φαινολών των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	0%	-8%	-7%	-21%
4	8%	11%	6%	-26%
5	-7%	9%	5%	-11%
6	2%	17%	4%	-13%
7	3%	5%	-4%	-21%
8	5%	15%	4%	-11%
9	9%	19%	1%	-14%
10	-2%	14%	-5%	-21%
11	21%	31%	12%	-17%
12	31%	39%	0%	-8%
13	32%	18%	-2%	-15%
14	27%	18%	-3%	-27%
15	33%	23%	5%	-16%
16	16%	16%	4%	-17%
ΜΟ μαρτύρων	57,04	56,36	70,22	78,40

### **Ολικές ταννίνες**

Εντός της κανονικής εποχής σποράς, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι βελτιωμένες σειρές των αρχικών γενοτύπων 12 και 13 είχαν τις υψηλότερες ολικές ταννίνες διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 11 είχε με διαφορά τις υψηλότερες ολικές ταννίνες. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, και πάλι, η βελτιωμένη σειρά 11 είχε με διαφορά τις υψηλότερες ολικές ταννίνες. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι ποικιλίες-μάρτυρες M-1 και M-2 είχαν τις

υψηλότερες ολικές ταννίνες, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών φαίνεται να ευνόησε τις ολικές ταννίνες, καθώς στην εκτός εποχής σπορά παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές. Παράλληλα, στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, παρατηρήθηκαν με διαφορά οι μεγαλύτερες τιμές (Πίνακας 2.16). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, πέντε βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν έξι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 και M-2 που έγιναν στην χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων που έγιναν στη υψηλή πυκνότητα σποράς.

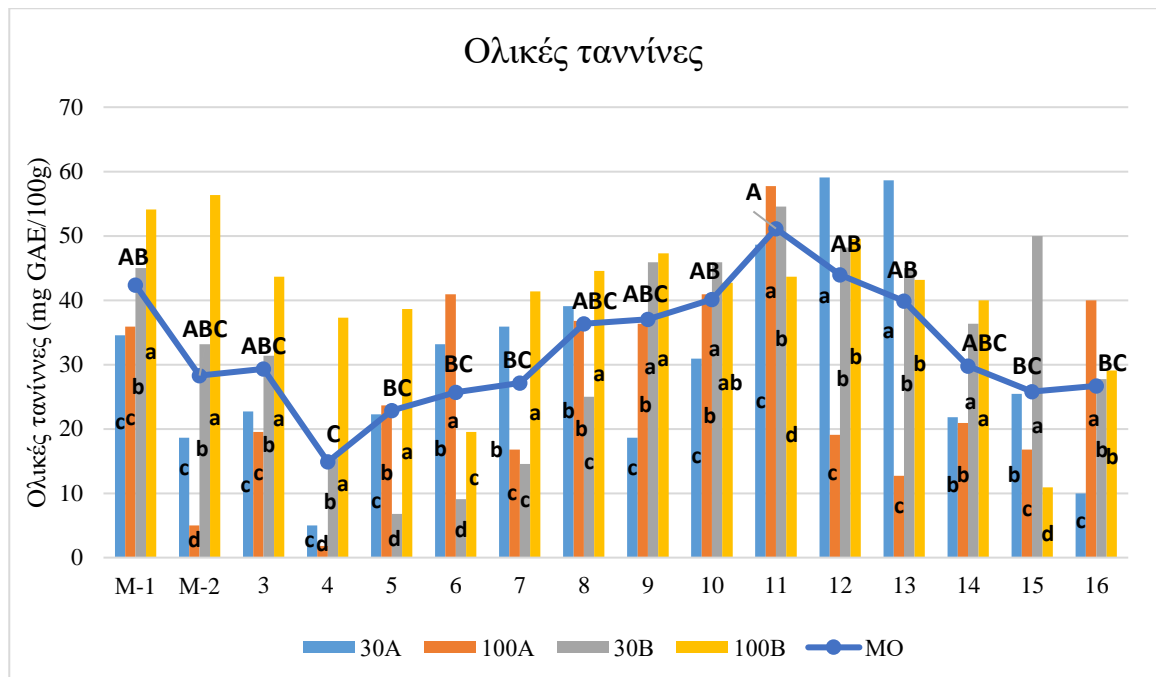
**Πίνακας 2.16.** Σύγκριση των ολικών τανινών εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση των ολικών τανινών μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	34,55 cde (a)	35,91 d (a)	45,00 c (b)	54,09 a (a)
M-2	18,64 g (a)	5,00 i (b)	33,18 de (b)	56,36 a (a)
3	22,73 fg (a)	19,54 f (a)	31,36 e (b)	43,64 cde (a)
4	5,00 i (a)	1,82 i (b)	15,45 g (b)	37,27 g (a)
5	22,27 fg (a)	23,64 e (a)	6,82 h (b)	38,64 fg (a)
6	33,18 de (b)	40,91 b (a)	9,09 h (b)	19,55 i (a)
7	35,91 cd (a)	16,82 f (b)	14,55 g (b)	41,36 def (a)
8	39,09 c (a)	36,82 cd (a)	25,00 f (b)	44,55 cd (a)
9	18,64 g (b)	36,36 cd (a)	45,91 c (a)	47,27 bc (a)
10	30,91 e (b)	40,91 b (a)	45,91 c (a)	42,73 de (a)
11	48,64 b (b)	57,73 a (a)	54,55 a (a)	43,64 cde (b)
12	59,09 a (a)	19,09 f (b)	48,18 bc (a)	49,55 b (a)
13	58,64 a (a)	12,73 g (b)	45,00 c (a)	43,18 de (a)
14	21,82 fg (a)	20,91 ef (a)	36,36 d (a)	40,00 efg (a)
15	25,45 f (a)	16,82 f (a)	50,00 b (a)	10,91 j (b)
16	10,00 h (b)	40,00 bc (b)	27,73 f (a)	29,09 h (a)
MO	30,28 BC (A)	26,56 C (A)	33,38 B (B)	40,11 A (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όσον αφορά τις ολικές ταννίνες παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραμάτων, εντός της κάθε σειράς. Παράλληλα, η σειρά 11 είχε το μεγαλύτερο μέσο όρο, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές (Σχήμα 2.8).



**Σχήμα 2.8.** Σύγκριση των ολικών ταννινών εντός της κάθε σειράς και σύγκριση των μέσων όρων μεταξύ τους.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε σειράς. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Στον Πίνακα 2.17 παρουσιάζονται οι ολικές ταννίνες των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των ολικών ταννινών των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των σειρών 3, 4, 5, 9, 14, 15 και 16, υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών ταννινών των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών ταννινών των μαρτύρων, εκτός από τις 3, 4, 7, 12, 13 και 15. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών ταννινών των μαρτύρων, εκτός από τις σειρές 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14 και 16. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές είχαν χαμηλότερες ολικές ταννίνες σε σχέση με τον μέσο όρο των ολικών ταννινών των μαρτύρων.

**Πίνακας 2.17.** Διαφορά (%) των ολικών ταννινών των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-17%	-5%	-25%	-27%
4	-432%	-1024%	-153%	-48%
5	-19%	13%	-473%	-43%
6	20%	50%	-330%	-182%
7	26%	-22%	-169%	-34%
8	32%	44%	-56%	-24%
9	-43%	44%	15%	-17%
10	14%	50%	15%	-29%
11	45%	65%	28%	-27%
12	55%	-7%	19%	-11%
13	55%	-61%	13%	-28%
14	-22%	2%	-8%	-38%
15	-4%	-22%	22%	-406%
16	-166%	49%	-41%	-90%
ΜΟ μαρτύρων	26,59	20,45	39,09	55,22

## ***Ολικά φλαβονοειδή***

Για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, εντός της κανονικής εποχής σποράς, η βελτιωμένη σειρά 5 είχε τα υψηλότερα ολικά φλαβονοειδή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 16 είχε με διαφορά τα υψηλότερα ολικά φλαβονοειδή. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 9 είχε με διαφορά τα υψηλότερα ολικά φλαβονοειδή. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 11 είχε τα υψηλότερα ολικά φλαβονοειδή, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Τα ολικά φλαβονοειδή φαίνεται να επηρεάστηκαν περισσότερο από τη πυκνότητα σποράς, καθώς οι σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς είχε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές ολικών φλαβονοειδών. Παράλληλα, οι τιμές των σειρών που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς και σπάρθηκαν εκτός εποχής είχαν τα υψηλότερα ολικά φλαβονοειδή, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (Πίνακας 2.18). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς έξι βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς και δέκα σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής παρατηρήθηκε ότι για όλες τις σειρές οι επιλογές που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσαν των αντίστοιχων που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 και M-2 που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα σποράς.



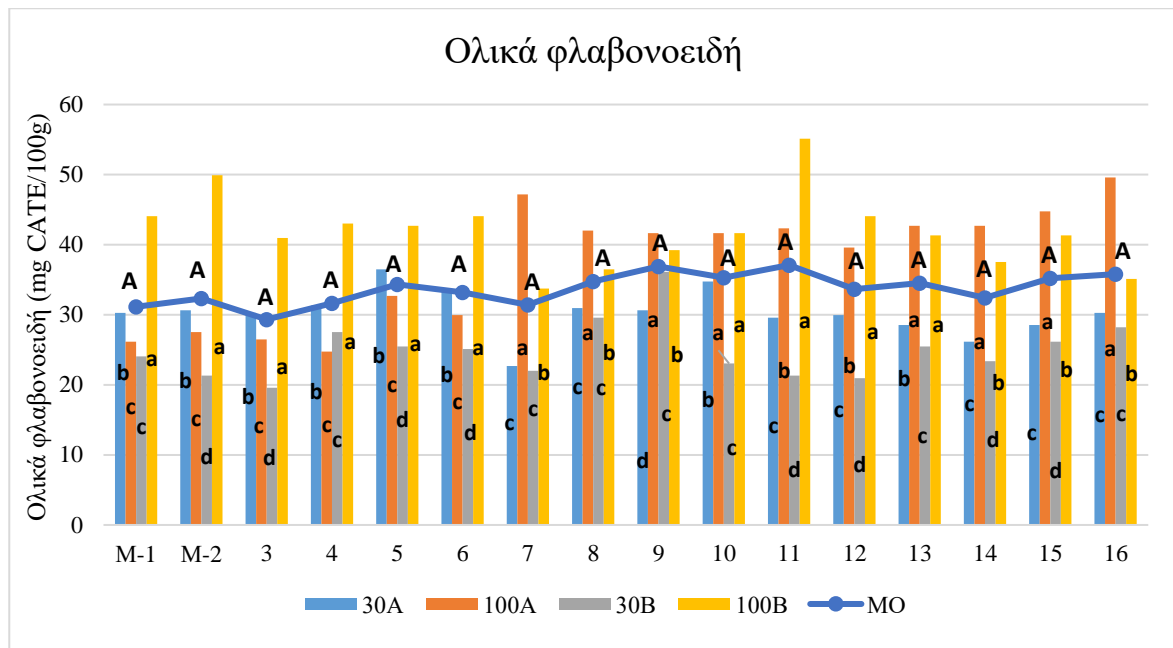
**Πίνακας 2.18.** Σύγκριση των ολικών φλαβονοειδών εντός του κάθε RCBD πειράματος πειράματος και σύγκριση των ολικών φλαβονοειδών μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	30,28 cd (a)	26,14 hi (b)	24,07 efgh (b)	44,07 c (a)
M-2	30,62 cd (a)	27,52 h (b)	21,31 ijk (b)	49,93 b (a)
3	30,28 cd (a)	26,48 hi (b)	19,59 k (b)	40,97 de (a)
4	31,31 c (a)	24,76 i (b)	27,52 cd (b)	43,03 cd (a)
5	36,48 a (a)	32,69 f (b)	25,45 def (b)	42,69 cd (a)
6	33,72 b (a)	29,93 g (b)	25,1 efg (b)	44,07 c (a)
7	22,69 f (b)	47,17 b (a)	22,00 hij (b)	33,72 i (a)
8	30,97 c (b)	42,00 d (a)	29,59 b (b)	36,48 gh (a)
9	30,62 cd (b)	41,66 d (a)	36,14 a (b)	39,24 ef (a)
10	34,76 ab (b)	41,66 d (a)	23,03 ghij (b)	41,66 cde (a)
11	29,59 cd (b)	42,35 d (a)	21,31 ijk (b)	55,10 a (a)
12	29,93 cd (b)	39,59 e (a)	20,97 jk (b)	44,07 c (a)
13	28,55 d (b)	42,69 d (a)	25,45 def (b)	41,31 de (a)
14	26,14 e (b)	42,69 d (a)	23,38 fghi (b)	37,52 fg (a)
15	28,55 d (b)	44,76 c (a)	26,14 de (b)	41,31 de (a)
16	30,28 cd (b)	49,59 a (a)	28,21 bc (b)	35,10 hi (a)
MO	30,3 C (B)	37,6 B (A)	24,94 D (B)	41,89 A (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Η τιμή των ολικών φλαβονοειδών των σειρών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη όταν αυτές σπάρθηκαν εκτός εποχής, και προέρχονταν από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα (Σχήμα 2.9). Εξαιρέση αποτελούν οι 7, 8, 9, 14 και 16, με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα, στις οποίες η τιμή των ολικών φλαβονοειδών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην κανονική εποχή σποράς. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.



**Σχήμα 2.9.** Σύγκριση των ολικών φλαβονοειδών εντός της κάθε σειράς και σύγκριση των μέσων όρων μεταξύ τους.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε σειράς. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Στον Πίνακα 2.19 παρουσιάζονται τα ολικά φλαβονοειδή των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των ολικών φλαβονοειδών των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των σειρών 3, 7, 11, 12, 13, 14, 15 και 16, υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φλαβονοειδών των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φλαβονοειδών των μαρτύρων, εκτός από τις 3 και 4. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές υπερτερούσαν του μέσου όρου των ολικών φλαβονοειδών των μαρτύρων, εκτός από τις σειρές 3, 7, 11 και 12. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, εκτός από την 15, είχαν χαμηλότερα ολικά φλαβονοειδή σε σχέση με τον μέσο όρο των ολικών φλαβονοειδών των μαρτύρων.

**Πίνακας 2.19.** Διαφορά (%) των ολικών φλαβονοειδών των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-1%	-1%	-16%	-15%
4	3%	-8%	18%	-9%
5	17%	18%	11%	-10%
6	10%	10%	10%	-7%
7	-34%	43%	-3%	-39%
8	2%	36%	23%	-29%
9	1%	36%	37%	-20%
10	12%	36%	1%	-13%
11	-3%	37%	-6%	15%
12	-2%	32%	-8%	-7%
13	-7%	37%	11%	-14%
14	-16%	37%	3%	-25%
15	-7%	40%	13%	-14%
16	-1%	46%	20%	-34%
ΜΟ μαρτύρων	30,45	26,83	22,69	47,00

### Αντιοξειδωτική ικανότητα

#### *Αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση τη δοκιμή ABTS*

Για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, εντός της κανονικής εποχής σποράς, η βελτιωμένη σειρά 8 είχε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση τις τιμές ABTS διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 7 είχε με διαφορά τις υψηλότερες τιμές ABTS. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που

αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, οι σειρές 13 και 14 είχαν με διαφορά τις υψηλότερες τιμές ABTS. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι σειρές 4 και 15 είχαν τα υψηλότερα ABTS, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Η αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS των σειρών που σπάρθηκαν εκτός εποχής και προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς ήταν με διαφορά η μικρότερη. Παράλληλα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπόλοιπων συνδυασμών εποχή σποράς – πυκνότητα σποράς από την οποία προέρχονται οι σειρές (Πίνακας 2.20). Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, τρεις βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-2 δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-1 η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν δύο βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δώδεκα σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 και M-2 που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς.

**Πίνακας 2.20.** Σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	112,58 b (a)	108,52 c (a)	150,36 b (a)	52,57 d (b)
M-2	95,30 e (a)	82,93 e (b)	79,28 e (a)	65,01 b (b)
3	88,94 f (a)	94,31 d (a)	71,15 fg (a)	57,5 cd (b)
4	84,15 fg (a)	84,15 e (a)	76,20 ef (a)	71,45 a (a)
5	72,37 h (a)	71,50 f (a)	73,31 efg (a)	58,45 c (b)
6	101,79 d (b)	123,96 b (a)	71,50 fg (a)	42,72 efg (b)
7	79,68 g (b)	164,17 a (a)	78,66 e (a)	45,01 efg (b)
8	120,10 a (a)	91,46 d (b)	40,29 i (a)	45,51 ef (a)
9	111 bc (a)	50,44 i (b)	68,72 g (a)	40,82 fg (b)
10	107,30 c (a)	62,03 gh (b)	59,67 h (a)	24,59 h (b)
11	73,52 h (a)	59,59 h (b)	55,31 h (a)	15,51 i (b)
12	50,44 i (b)	106,08 c (a)	39,07 i (b)	47,32 e (a)
13	73,72 h (a)	48,41 i (b)	167,82 a (a)	39,61 g (b)
14	72,78 h (a)	67,69 fg (a)	162,5 a (a)	54,5 cd (b)
15	89,03 f (a)	49,39 i (b)	112,58 d (a)	72,06 a (b)
16	84,56 fg (a)	50,04 i (b)	127,61 c (a)	64,2 b (b)
MO	88,58 A (A)	82,16 A (A)	89,63 A (A)	49,8 B (B)

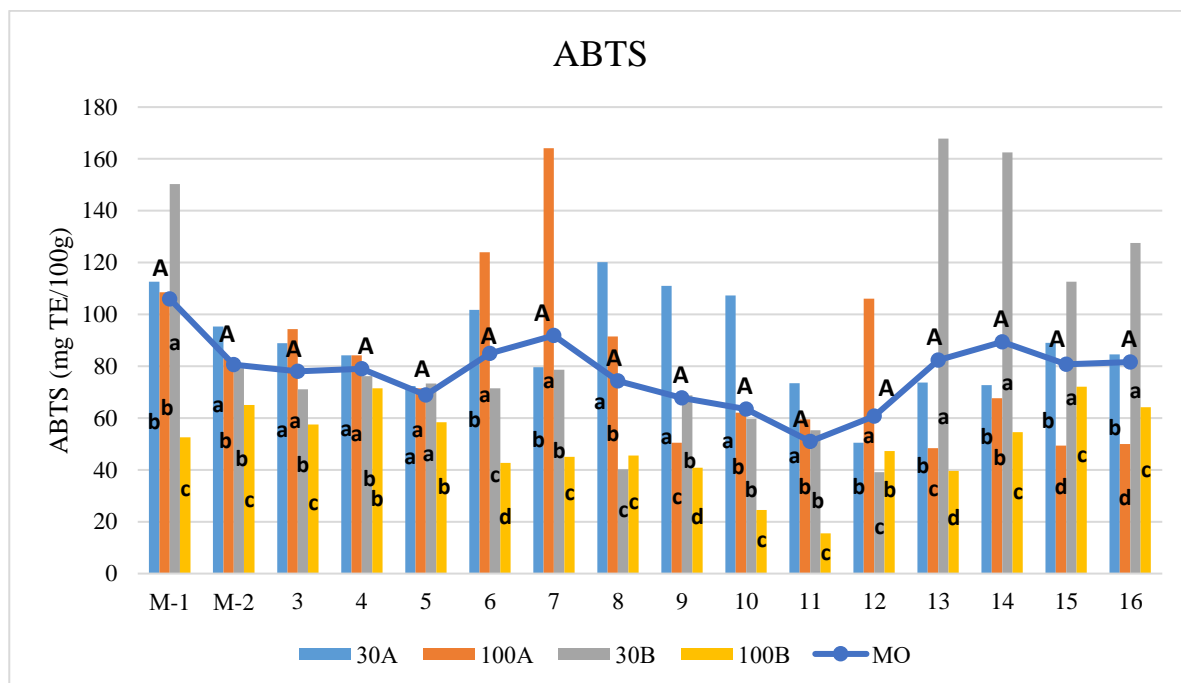
Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS (Σχήμα 2.5) για την ποικιλία-μάρτυρα M-1 και τις σειρές 13, 14, 15, 16 η υψηλότερη τιμή, διαφέροντας σημαντικά, καταγράφηκε στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι σειρές προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα. Για την ποικιλία-μάρτυρα M-2 και τις σειρές 8, 9, 10, 11 καταγράφηκε σημαντικά υψηλότερη τιμή στην κανονική εποχή σποράς, όταν οι σειρές προέρχονται από επιλογές στην

υψηλή πυκνότητα. Στις σειρές 6, 7 και 12 το ABTS ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι σειρές προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα.

Παράλληλα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών (Σχήμα 2.10).



**Σχήμα 2.10.** Σύγκριση των τιμών του ABTS εντός της κάθε σειράς και σύγκριση των μέσων όρων μεταξύ τους.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε σειράς. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

Στον Πίνακα 2.21 παρουσιάζεται η αντιοξειδωτική δράση με βάση το ABTS των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των ABTS των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 8, 9 και 10 υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών ABTS των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 6, 7 και 12 υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών ABTS των μαρτύρων. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 13, 14 και 16 υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών ABTS των μαρτύρων. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, εκτός από τις 4, 15 και 16, είχαν χαμηλότερες τιμές ABTS σε σχέση με τον μέσο όρο των τιμών ABTS των μαρτύρων.

**Πίνακας 2.21.** Διαφορά (%) της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	-17%	-2%	-61%	-2%
4	-24%	-14%	-51%	18%
5	-44%	-34%	-57%	-1%
6	-2%	23%	-61%	-38%
7	-30%	42%	-46%	-31%
8	13%	-5%	-185%	-29%
9	6%	-90%	-67%	-44%
10	3%	-54%	-92%	-139%
11	-41%	-61%	-108%	-279%
12	-106%	10%	-194%	-24%
13	-41%	-98%	32%	-48%
14	-43%	-41%	29%	-8%
15	-17%	-94%	-2%	18%
16	-23%	-91%	10%	8%
ΜΟ μαρτύρων	103,94	95,72	114,82	58,80

### ***Αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση τη δοκιμή DPPH***

Για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, εντός της κανονικής εποχής σποράς, η βελτιωμένη σειρά 4 είχε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές (Πίνακας 2.22). Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η βελτιωμένη σειρά 16 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή DPPH. Κατά την εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονταν από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε υψηλή πυκνότητα σποράς, η σειρά 13 είχε με διαφορά την

υψηλότερη τιμή DPPH. Για τις σειρές που προέρχονται από τις επιλογές που αξιολογήθηκαν σε χαμηλή πυκνότητα σποράς, η σειρά 16 είχε την υψηλότερη τιμή DPPH, διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Οι επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς φαίνεται να οδήγησαν σε υψηλότερες τιμές αντιοξειδωτικής δράσης με βάση το DPPH. Παράλληλα, κατά την εκτός εποχής σποράς, για τις σειρές με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα σποράς, παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές αντιοξειδωτικής δράσης με βάση το DPPH. Όσον αφορά τη σύγκριση των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά διαφορετική πυκνότητα σποράς στην οποία διενεργήθηκε η επιλογή, εντός κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς τρεις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έντεκα βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 και M-2 που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν τρεις βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και δώδεκα σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 και M-2 που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα υπερτερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα σποράς.



**Πίνακας 2.22.** Σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH εντός του κάθε RCBD πειράματος και σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH μεταξύ των βελτιωμένων σειρών που προήλθαν από επιλογή εντός του ίδιου αρχικού πληθυσμού αλλά σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και αξιολογήθηκαν σε πυκνή σπορά εντός της αντίστοιχης εποχής σποράς.

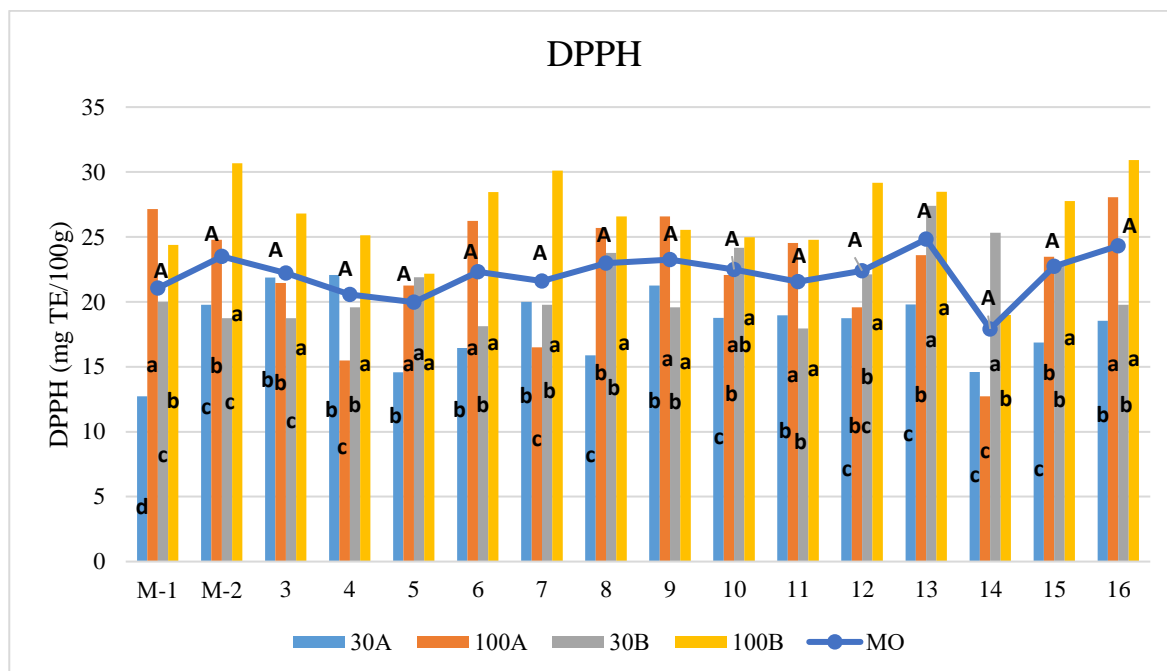
Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
M-1	12,73 h (b)	27,15 ab (a)	19,99 de (b)	24,39 fg (a)
M-2	19,79 abc (b)	24,78 cd (a)	18,74 e (b)	30,67 a (a)
3	21,87 ab (a)	21,46 efg (a)	18,74 e (b)	26,80 cdef (a)
4	22,07 a (a)	15,48 h (b)	19,57 de (b)	25,13 f (a)
5	14,58 gh (b)	21,26 fg (a)	21,90 cd (a)	22,17 g (a)
6	16,46 efg (b)	26,23 abc (a)	18,13 e (b)	28,46 abcd (a)
7	20,00 abc (a)	16,49 h (b)	19,79 de (b)	30,12 ab (a)
8	15,88 fg (b)	25,69 bcd (a)	23,77 bc (b)	26,59 def (a)
9	21,26 abc (b)	26,59 abc (a)	19,58 de (b)	25,54 ef (a)
10	18,76 cdef (b)	22,07 ef (a)	24,17 bc (a)	24,98 f (a)
11	18,96 bcdef (b)	24,53 cd (a)	17,95 e (b)	24,79 f (a)
12	18,74 cdef (a)	19,58 g (a)	22,12 cd (b)	29,16 abc (a)
13	19,81 abcd (b)	23,60 de (a)	27,40 a (a)	28,49 abcd (a)
14	14,59 gh (a)	12,73 i (a)	25,34 ab (a)	19,00 h (b)
15	16,87 defg (b)	23,47 def (a)	22,82 bc (b)	27,76 bcde (a)
16	18,54 cdef (b)	28,05 a (a)	19,79 de (b)	30,92 a (a)
MO	18,18 C (B)	22,45 B (A)	21,24 B (B)	26,56 A (A)

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών, εντός του κάθε πειράματος, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Διαφορετικά γράμματα εντός των παρενθέσεων υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές των τιμών της κάθε σειράς, εντός της κάθε εποχής σποράς, μεταξύ των δύο πυκνοτήτων, σε επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με το κριτήριο Duncan.

Όπως φανερώνεται στο Σχήμα 2.11 σε όλες τις σειρές η υψηλότερη τιμή αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH παρατηρήθηκε στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι σειρές προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Εξάιρεση αποτελεί η ποικιλία-μάρτυρας M-1 όπου η υψηλότερη τιμή DPPH παρατηρήθηκε στην κανονική εποχή σποράς, όταν η σειρά προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, και η σειρά 14 όπου η

υψηλότερη τιμή DPPH καταγράφηκε στην εκτός εποχής σπορά, όταν η σειρά προέρχεται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.



**Σχήμα 2.11.** Σύγκριση των τιμών του ABTS εντός της κάθε σειράς και σύγκριση των μέσων όρων μεταξύ τους.

Διαφορετικά μικρά γράμματα υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδόσεων της κάθε σειράς. Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

Στον Πίνακα 2.23 παρουσιάζεται η αντιοξειδωτική δράση με βάση το DPPH των βελτιωμένων σειρών ως ποσοστό του μέσου όρου των τιμών DPPH των δυο μαρτύρων. Στην κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 5, 8 και 14, υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών DPPH των μαρτύρων. Στη χαμηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 6, 9 και 16 υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών DPPH των μαρτύρων. Αντίστοιχα στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 6 και 11, υπερτερούσαν του μέσου όρου των τιμών DPPH των μαρτύρων. Τέλος, στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, εκτός από τις 6, 7, 12, 13, 15 και 16, είχαν χαμηλότερα DPPH σε σχέση με τον μέσο όρο των DPPH των μαρτύρων.

**Πίνακας 2.23.** Διαφορά (%) της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH των βελτιωμένων σειρών σε σχέση με το μέσο όρο των δυο μαρτύρων.

Γενότυποι	Κανονική εποχή σποράς		Εκτός εποχής σπορά	
	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς	Υψηλή πυκνότητα σποράς	Χαμηλή πυκνότητα σποράς
3	26%	-21%	-3%	-3%
4	26%	-68%	1%	-10%
5	-12%	-22%	12%	-24%
6	1%	1%	-7%	3%
7	19%	-57%	2%	9%
8	-2%	-1%	19%	-4%
9	24%	2%	1%	-8%
10	13%	-18%	20%	-10%
11	14%	-6%	-8%	-11%
12	13%	-33%	12%	6%
13	18%	-10%	29%	3%
14	-11%	-104%	24%	-45%
15	4%	-11%	15%	1%
16	12%	7%	2%	11%
ΜΟ μαρτύρων	16,26	25,96	19,36	27,53

### Συσχετίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών

Στο Πίνακα 2.24 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των βιοενεργών συστατικών, της αντιοξειδωτικής ικανότητας και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου. Το βάρος 1000 σπόρων συσχετίστηκε υψηλά σημαντικά και θετικά με την ικανότητα ενυδάτωσης ( $r = .926^{**}$ ) και σημαντικά αρνητικά αλλά χαμηλά με το ποσοστό περιβλήματος ( $r = -.437^{**}$ ), τον χρόνο βρασμού ( $r = -.214^{**}$ ) και το ποσοστό πρωτεϊνών ( $r = -.413^{**}$ ). Η αύξηση ενυδάτωσης συσχετίστηκε χαμηλά και σημαντικά θετικά με την ικανότητα ενυδάτωσης ( $r = .224$ ), το ποσοστό του περιβλήματος ( $r = .256^{**}$ ) και το ποσοστό των πρωτεϊνών ( $r = .247$ ). Αντίθετα, η

αύξηση ενυδάτωσης συσχετίστηκε χαμηλά σημαντικά αρνητικά με τον χρόνο βρασμού ( $r = -.184^*$ ). Η ικανότητα ενυδάτωσης συσχετίστηκε αρνητικά σημαντικά με το ποσοστό του περιβλήματος ( $r = -.332^{**}$ ), με το χρόνο βρασμού ( $r = -.304^{**}$ ) και με το ποσοστό των πρωτεϊνών ( $r = -.340^{**}$ ). Τέλος, το ποσοστό του περιβλήματος συσχετίστηκε χαμηλά σημαντικά θετικά με το ποσοστό των πρωτεϊνών ( $r = .416^{**}$ ). Οι ολικές φαινόλες συσχετίστηκαν σημαντικά θετικά με τις ολικές ταννίνες ( $.354^{**}$ ) και τις πρωτεΐνες ( $.189^{**}$ ), ενώ συσχετίστηκαν σημαντικά αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων ( $-.457^{**}$ ) και την ικανότητα ενυδάτωσης ( $-.473$ ). Οι ολικές ταννίνες συσχετίστηκαν πολύ χαμηλά και σημαντικά θετικά με τα ολικά φλαβονοειδή ( $.147^*$ ), την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH ( $.270^{**}$ ), το ποσοστό περιβλήματος ( $.198^{**}$ ) και τις πρωτεΐνες ( $.284^{**}$ ). Παράλληλα, συσχετίστηκαν σημαντικά αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων ( $-.438^{**}$ ) και την ικανότητα ενυδάτωσης ( $-.411^{**}$ ). Τα ολικά φλαβονοειδή συσχετίστηκαν σημαντικά αρνητικά με τις πρωτεΐνες ( $-.333^{**}$ ), το ποσοστό περιβλήματος ( $-.227^{**}$ ) και την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS ( $-.383^{**}$ ), ενώ συσχετίστηκαν σημαντικά θετικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH ( $.369^{**}$ ). Η αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS συσχετίστηκε σημαντικά αρνητικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH ( $-.286^{**}$ ). Η αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH συσχετίστηκε σημαντικά αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων ( $-.159^*$ ) και με τις πρωτεΐνες ( $-.211^{**}$ ).

**Πίνακας 2.24.** Συσχετίσεις μεταξύ βιοενεργών συστατικών, αντιοξειδωτικής ικανότητας και φυσικών χαρακτηριστικών του σπόρου.

Correlations

	Ολικές φαινόλες	Ολικές ταννίνες	Ολικά φλαβονοειδή	ABTS	DPPH	Βάρος 1000 σπόρων	Αύξηση ενυδάτωσης	Ικανότητα ενυδάτωσης	Περιβλημια%	Χρόνος βρασμού	Πρωτεΐνες
Ολικές φαινόλες	1										
Ολικές ταννίνες	<b>,354**</b>	1									
Ολικά φλαβονοειδή	0,053	<b>,147*</b>	1								
ABTS	-0,129	<b>-,171*</b>	<b>-,383**</b>	1							
DPPH	0,018	<b>,270**</b>	<b>,369**</b>	<b>-,286**</b>	1						
Βάρος 1000 σπόρων	<b>-,457**</b>	<b>-,438**</b>	-0,061	0,134	<b>-,159*</b>	1					
Αύξηση ενυδάτωσης	-0,059	-0,033	-0,01	-0,11	0,049	0,015	1				
Ικανότητα ενυδάτωσης	<b>-,473**</b>	<b>-,411**</b>	-0,046	0,068	-0,103	<b>,939**</b>	<b>,224**</b>	1			
Περιβλημια%	<b>,179*</b>	<b>,198**</b>	<b>-,227**</b>	-0,086	0,094	<b>-,441**</b>	<b>,256**</b>	<b>-,332**</b>	1		
Χρόνος βρασμού	0,08	0,074	-0,033	0,028	-0,092	<b>-,219**</b>	<b>-,184*</b>	<b>-,304**</b>	0,097	1	
Πρωτεΐνες	<b>,189**</b>	<b>,284**</b>	<b>-,333**</b>	0,086	<b>-,211**</b>	<b>-,418**</b>	<b>,247**</b>	<b>-,340**</b>	<b>,416**</b>	0,076	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2

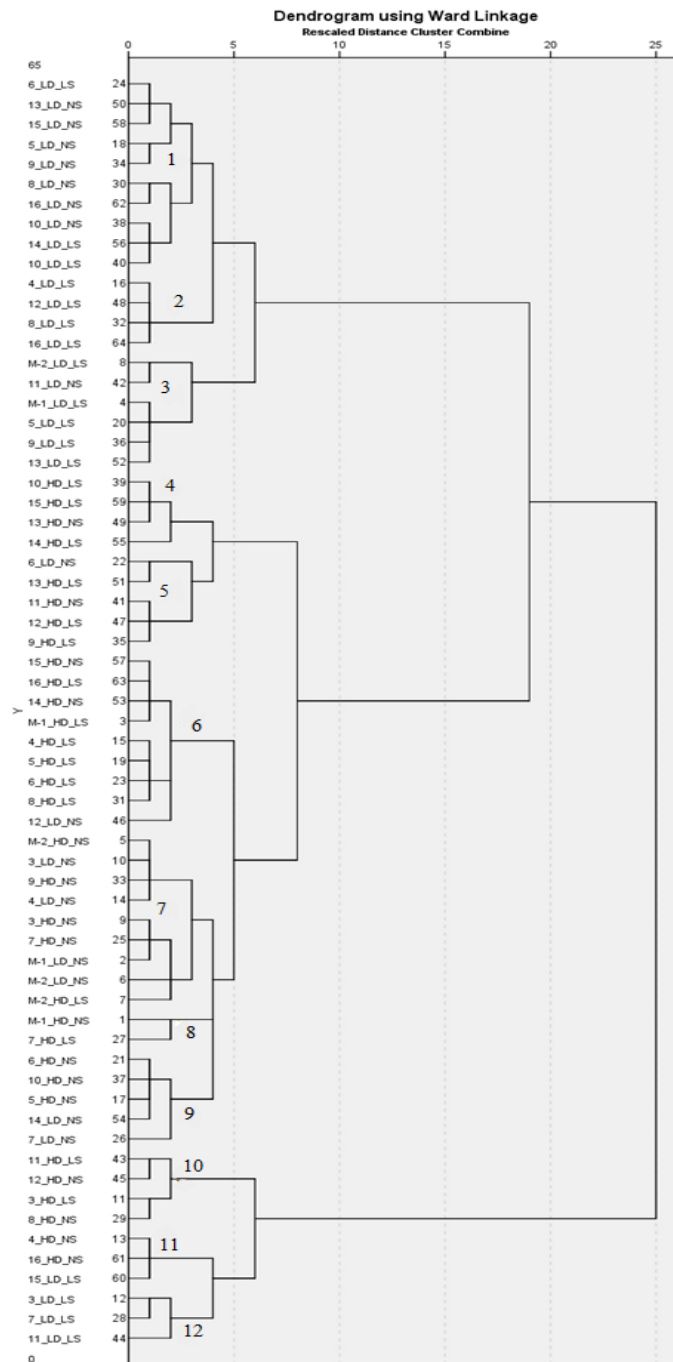
## Principal Component Analysis και Cluster analysis

Στον Πίνακα 2.25 παρουσιάζονται οι ομαδοποιήσεις των χαρακτηριστικών, με βάση τις τιμές τους, όπως αυτές προέκυψαν από την Principal Component Analysis (PCA). Στην 1<sup>η</sup> ομάδα (PC1) συγκαταλέγονται οι ολικές φαινόλες και οι ολικές ταννίνες μαζί με ελάχιστα σημαντικά φορτία της ικανότητας ενυδάτωσης και του ποσοστού περιβλήματος και με σημαντικά αρνητικά φορτία του χρόνου βρασμού και των πρωτεϊνών. Το γεγονός ότι τα φορτία των δύο τελευταίων χαρακτηριστικών είναι αρνητικά, υποδηλώνει την αρνητική συσχέτιση μεταξύ αυτών και των υπόλοιπων χαρακτηριστικών του PC1. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του χρόνου βρασμού και των πρωτεϊνών τόσο μικρότερες θα είναι οι τιμές για τις ολικές φαινόλες, τις ολικές ταννίνες, την ικανότητα ενυδάτωσης και το ποσοστό περιβλήματος. Συνολικά, το PC1 εξηγεί το 28,69% της συνολικής παραλλακτικότητας. Στο PC2 ανήκει η αντιοξειδωτική ικανότητα, με το φορτίο του ABTS να μοιράζεται εξίσου με το PC1 και το φορτίο του DPPH να είναι υψηλό και αρνητικό. Επιπλέον, στο PC2 συγκαταλέγονται υψηλά θετικά φορτία των ολικών φλαβονοειδών και του DPPH, μαζί με υψηλό αρνητικό φορτίο του ABTS. Το ABTS σχετίζεται αρνητικά με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Συνολικά, το PC2 εξηγεί το 17,72% της συνολικής παραλλακτικότητας και είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την αντιοξειδωτική ικανότητα. Στο PC3 ανήκουν υψηλά θετικά φορτία της αύξησης ενυδάτωσης, της ικανότητας ενυδάτωσης και του ποσοστού περιβλήματος. Το φορτίο των δύο τελευταίων χαρακτηριστικών υπάρχει και στο PC1, ωστόσο στο PC3 το φορτίο τους είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Το PC3 εξηγεί το 13,38% της συνολικής παραλλακτικότητας. Συνολικά τα 3 Principal Components εξηγούν το 59,81% της παραλλακτικότητας.

**Πίνακας 2.25.** Ομαδοποιήσεις των χαρακτηριστικών όπως προέκυψαν από την Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
Ολικές Φαινόλες	<b>0,621</b>	0,096	-0,011
Ολικές Ταννίνες	<b>0,592</b>	0,304	0,118
Ολικά Φλαβονοειδή	0,007	<b>0,774</b>	-0,248
ABTS	-0,107	<b>-0,678</b>	-0,146
DPPH	0,107	<b>0,726</b>	0,066
Βάρος 1000 σπόρων	<b>0,403</b>	-0,228	-0,349
Αύξηση ενυδάτωσης	-0,198	0,122	<b>0,809</b>
Ικανότητα ενυδάτωσης	<b>0,468</b>	-0,391	<b>0,562</b>
Περιβλήμα%	<b>0,451</b>	-0,094	<b>0,611</b>
Χρόνος βρασμού	<b>-0,927</b>	-0,008	0,089
Πρωτεΐνες	<b>-0,907</b>	-0,08	-0,132
Explained variation (%)	28,69%	17,72%	13,38%
Cumulative variation	28,69%	46,42%	59,81%

Στο Σχήμα 2.12 παρουσιάζονται οι 12 ομάδες που σχημάτισαν οι σειρές όπως προέκυψαν από την Cluster analysis, με βάση τα βιοενεργά συστατικά, την αντιοξειδωτική ικανότητα, τα φυσικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου. Στο Cluster 1 ανήκουν οι σειρές 5, 8, 9, 10, 13, 15, 16 της κανονικής εποχής σποράς στη χαμηλή πυκνότητα και οι σειρές 6, 10 και 14 της εκτός εποχής, που προέρχονται επίσης από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 2 συγκαταλέγονται οι σειρές 4, 8, 12 και 16 της εκτός εποχής, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 3 ανήκουν οι ποικιλίες μάρτυρες M-1, M-2, οι σειρές 5, 9, 13 της εκτός εποχής σποράς από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα και η σειρά 11 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται επίσης από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 4 ανήκουν οι σειρές 10, 14, 15 της εκτός εποχής σποράς από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα και η σειρά 13 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα. Στο Cluster 5 συγκαταλέγονται οι σειρές 9, 11, 12, 13 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, και η σειρά 6 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 6 ανήκουν ποικιλία-μάρτυρας M-1, οι σειρές 4, 5, 6, 8, 16 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα, οι σειρές 14, 15 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς, και η σειρά 12 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 7 ανήκουν η ποικιλία-μάρτυρας M-2, οι σειρές 3, 7, 9 της κανονικής εποχής σποράς, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα, οι ποικιλίες-μάρτυρες M-1, M-2, οι σειρές 3, 4 της κανονικής εποχής σποράς, με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα, και η ποικιλία-μάρτυρας M-2 της εκτός εποχής σποράς, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα. Στο Cluster 8 συγκαταλέγονται η ποικιλία-μάρτυρας M-1 της κανονικής εποχής σποράς και η σειρά 7 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα. Στο Cluster 9 ανήκουν οι σειρές 5, 6, 10, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα και οι σειρές 7 και 14, με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα σποράς, οι οποίες σπάρθηκαν κατά τη κανονική εποχή σποράς. Στο Cluster 10 ανήκουν οι σειρές 8, 12, της κανονικής εποχής σποράς, και οι σειρές 3 και 11, της εκτός εποχής, όλες με προέλευση τη χαμηλή πυκνότητα. Στο Cluster 11 ομαδοποιήθηκαν οι σειρές 4, 16 της κανονικής εποχής σποράς, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα, και η σειρά 15 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Τέλος, στο Cluster 12 ανήκουν οι σειρές 3, 7, 11 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς.



**Σχήμα 2.12.** Cluster analysis των σειρών με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική δράση.

Όπου: HD\_NS= σειρά από κανονική εποχή σποράς, επιλογή στην υψηλή πυκνότητα, LD\_NS= σειρά από κανονική εποχή σποράς, επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα, HD\_LS= σειρά από εκτός εποχής σπορά, επιλογή στην υψηλή πυκνότητα, LD\_LS= σειρά από εκτός εποχής σπορά, επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα



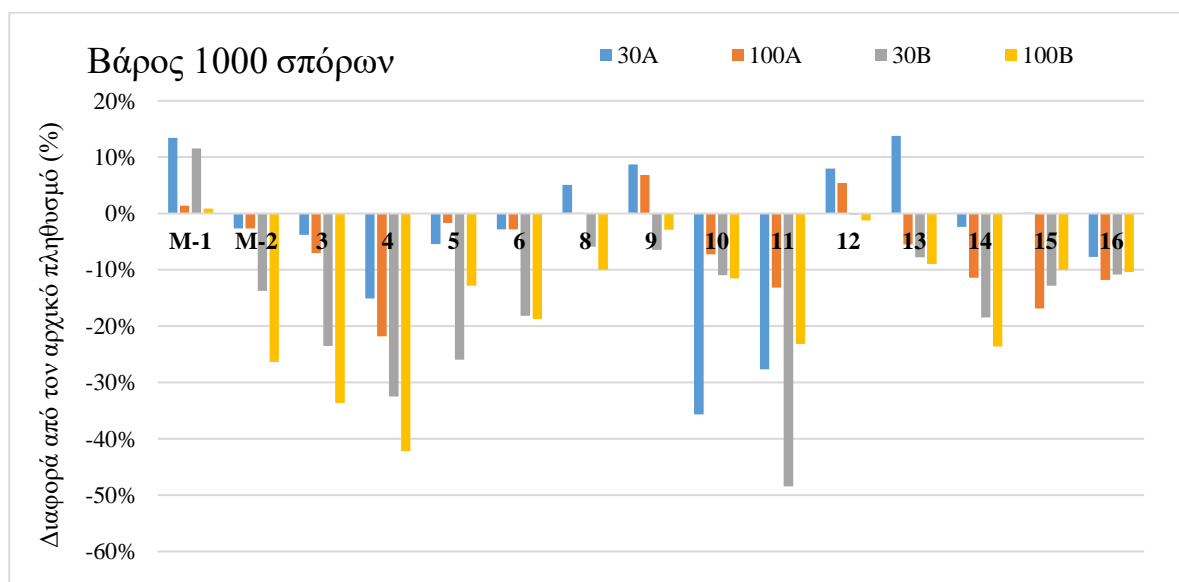
Στον Πίνακα 2.26 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του κάθε Cluster για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην PCA (Principal Component Analysis) και στην Cluster analysis. Το Cluster 3 έχει πολύ υψηλή τιμή στις ολικές φαινόλες (2<sup>η</sup> μεγαλύτερη), την υψηλότερη τιμή στις ολικές ταννίνες και στο βάρος 1000 σπόρων. Παράλληλα, έχει τον μικρότερο χρόνο βρασμού και πολύ μικρή τιμή στις πρωτεΐνες. Επιπλέον, έχει την υψηλότερη ικανότητα ενυδάτωσης και αρκετά υψηλό ποσοστό περιβλήματος. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά συγκαταλέγονται στο PC1 και η αρνητική συσχέτιση του χρόνου βρασμού και των πρωτεϊνών με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα 2.18. Άμα στις υψηλές τιμές της ικανότητας ενυδάτωσης και του ποσοστού περιβλήματος προστεθεί και η τιμή που έχει για την αύξηση ενυδάτωσης, που είναι υψηλότερη σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα Clusters, παρατηρούμε ότι το Cluster 3 έχει τις υψηλότερες τιμές και για τα χαρακτηριστικά που συγκαταλέγονται στο PC3. Το Cluster 12 έχει την υψηλότερη τιμή στο DPPH, πολύ υψηλή τιμή όσον αφορά τα ολικά φλαβονοειδή και παράλληλα την χαμηλότερη τιμή όσον αφορά το ABTS. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συγκαταλέγονται στο PC2 και η αρνητική συσχέτιση του ABTS με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα 2.18. Τη υψηλότερη τιμή για το ποσοστό πρωτεϊνών την έχει το Cluster 11. Ωστόσο, παράλληλα με την υψηλή τιμή πρωτεϊνών είχε πολύ χαμηλές ολικές φαινόλες, τις χαμηλότερες ολικές ταννίνες, μεσαίες τιμές για τα ολικά φλαβονοειδή και ABTS και το μικρότερο βάρος 1000 σπόρων.

Πίνακας 2.26. Τιμές του κάθε Cluster για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά.

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8	Cluster 9	Cluster 10	Cluster 11	Cluster 12
Ολικές Φαινόμενες	66,96	68,18	74,32	73,18	71,37	77,88	57,07	68,41	59,09	72,50	65,76	65,61
Ολικές Ταννίνες	30,96	40,12	49,55	47,73	46,91	21,72	21,26	24,55	24,82	35,80	8,64	42,88
Ολικά Φλαβονοειδή	41,83	39,67	43,26	25,28	26,76	28,25	26,71	26,14	38,96	44,42	34,30	43,26
ABTS	54,51	57,12	52,67	102,12	90,98	89,68	91,57	95,62	102,66	67,64	80,26	39,34
DPPH	24,32	27,95	25,96	23,04	22,66	19,35	21,17	16,26	15,80	24,22	22,79	27,24
Βάρος 1000 σπόρων	380,40	404,13	481,20	307,45	342,74	396,59	426,23	335,50	369,90	252,05	169,93	176,63
Αύξηση ενυδάτωσης	1,20	1,10	1,27	1,10	1,17	1,18	1,11	1,16	1,17	1,19	1,21	1,25
Ικανότητα ενυδάτωσης	0,47	0,45	0,62	0,33	0,41	0,48	0,47	0,34	0,46	0,29	0,20	0,21
Χρόνος βρασμού	46,4	45,2	42,8	48,6	43,4	44,3	46,0	68,3	45,3	47,1	49,4	46,7
Περίβλημα %	4,68	4,52	5,48	4,63	5,79	4,65	4,61	4,66	4,63	5,55	6,36	6,25
Πρωτεΐνες	21,24	18,39	20,45	19,74	22,32	20,48	21,17	21,43	20,32	22,55	22,96	22,84

## Επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου

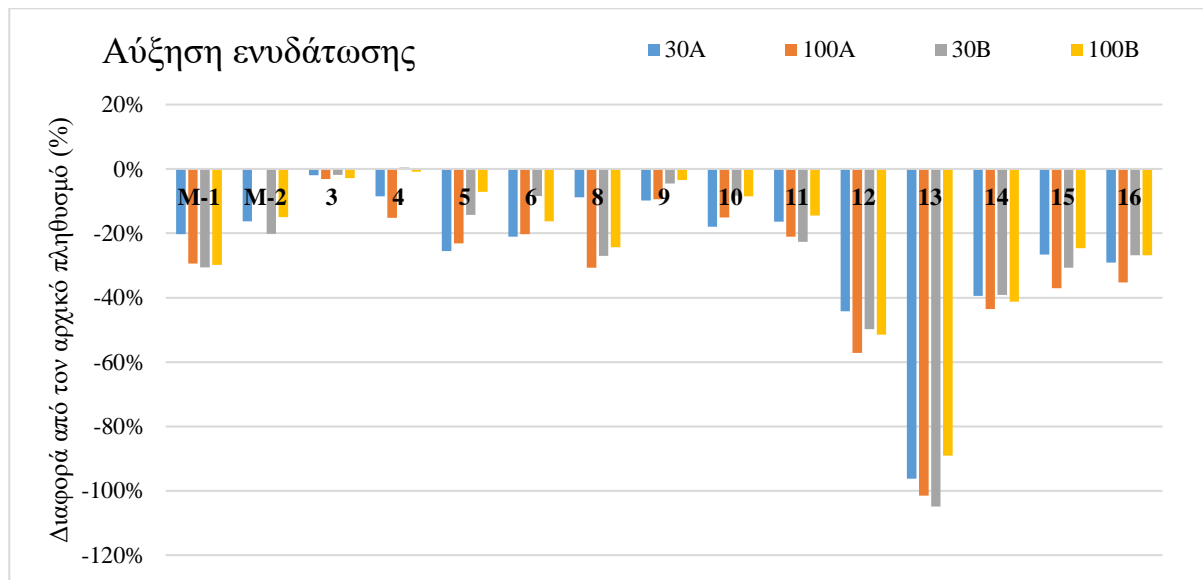
Στο Σχήμα 2.13 παρουσιάζεται η επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στο βάρος 1000 σπόρων των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ του βάρους 1000 σπόρων των σειρών και του βάρους 1000 σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά τη κανονική εποχή σποράς στην υψηλή πυκνότητα συνολικά τέσσερις σειρές, οι M-1, 8, 9 και 12, παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά τη κανονική εποχή σποράς στη χαμηλή πυκνότητα συνολικά τρεις σειρές, οι M-1, 9 και 12, κατέγραψαν μικρή πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Κατά την εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα μόνο η σειρά M-1 κατέγραψε πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα και πάλι μόνο η σειρά M-1 κατέγραψε πρόοδο (1%), η οποία όμως ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με τη πρόοδο που καταγράφηκε στην υψηλή πυκνότητα (12%).



**Σχήμα 2.13.** Σύγκριση του βάρους 1000 σπόρων των βελτιωμένων σειρών με το βάρος 1000 σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

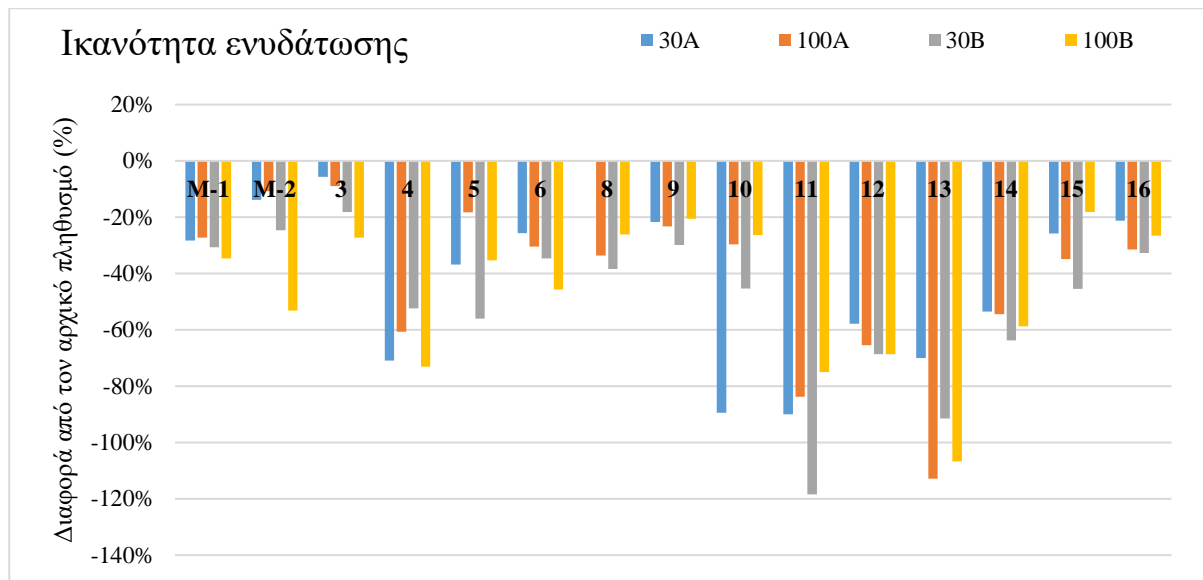
Στο Σχήμα 2.14 παρουσιάζεται η επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στην αύξηση ενυδάτωσης των σπόρων των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ της αύξησης ενυδάτωσης των σπόρων των σειρών και της αύξησης ενυδάτωσης των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Η επιλογή ως προς την απόδοση είχε αρνητική επίδραση στην αύξηση ενυδάτωσης όλων των σειρών, οδηγώντας την σε μείωση ανεξάρτητα από την εποχή σποράς και τη πυκνότητα όπου έγιναν οι επιλογές.



**Σχήμα 2.14.** Σύγκριση της αύξησης ενυδάτωσης των βελτιωμένων σειρών με την αύξηση ενυδάτωσης του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

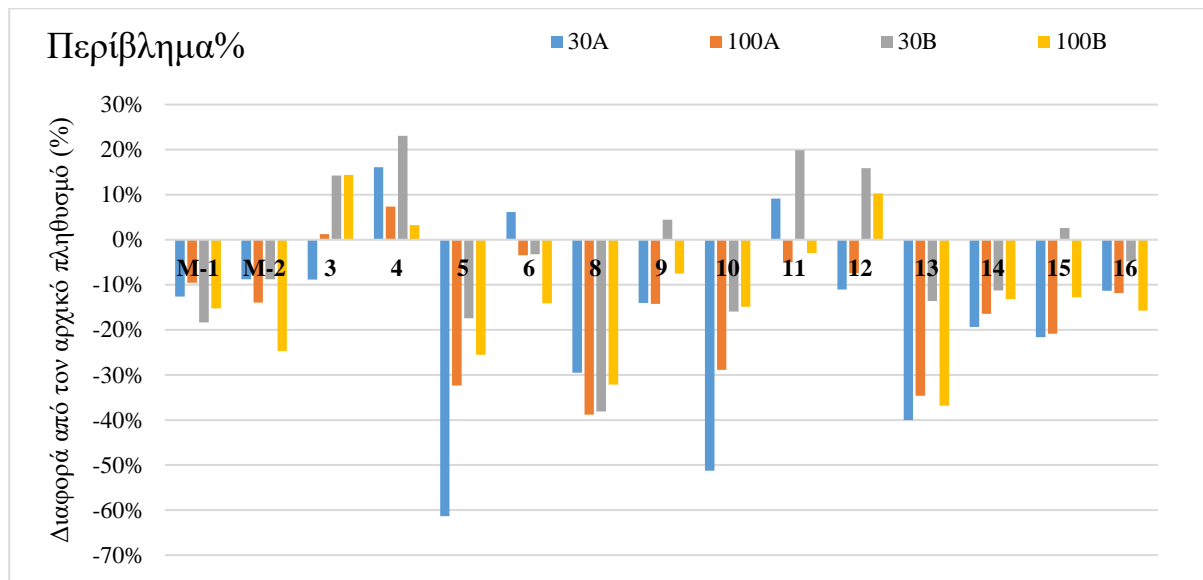
Στο Σχήμα 2.15 παρουσιάζεται επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στην ικανότητα ενυδάτωσης των σπόρων των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ της ικανότητας ενυδάτωσης των σπόρων των σειρών και της ικανότητας ενυδάτωσης των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Η επιλογή ως προς την απόδοση είχε αρνητική επίδραση στην ικανότητα ενυδάτωσης όλων των σειρών, οδηγώντας την σε μείωση ανεξάρτητα από την εποχή σποράς και τη πυκνότητα όπου έγιναν οι επιλογές.



**Σχήμα 2.15.** Σύγκριση της ικανότητας ενυδάτωσης των βελτιωμένων σειρών με την ικανότητα ενυδάτωσης του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

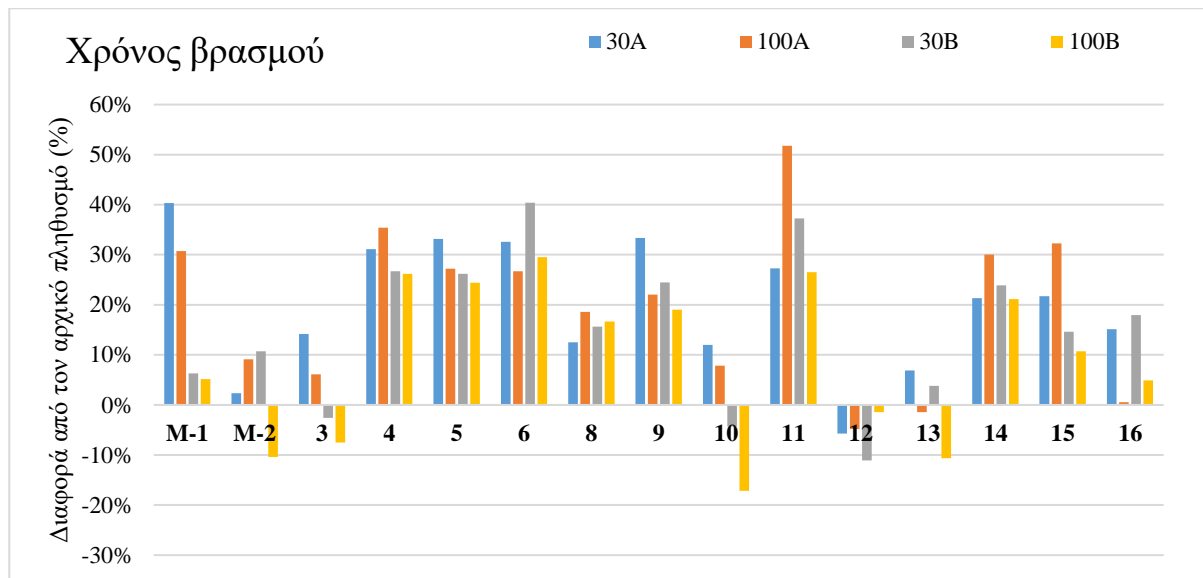
Στο Σχήμα 2.16 παρουσιάζεται επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στο ποσοστό περιβλήματος του σπόρου των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ του ποσοστού περιβλήματος των σπόρων των σειρών και του ποσοστού περιβλήματος των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά τη κανονική εποχή σποράς στην υψηλή πυκνότητα συνολικά δύο σειρές, οι 4 και 11, κατέγραψαν πρόοδο. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα και πάλι δύο σειρές, οι 3 και 4, κατέγραψαν πρόοδο. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά την εκτός εποχής σπορά στην υψηλή πυκνότητα συνολικά έξι σειρές, οι 3, 4, 9, 11, 12 και 15, κατέγραψαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα συνολικά τρεις σειρές, οι 3, 4 και 12, παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό.



**Σχήμα 2.16.** Σύγκριση του ποσοστού περιβλήματος των σπόρων των βελτιωμένων σειρών με το ποσοστό περιβλήματος των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

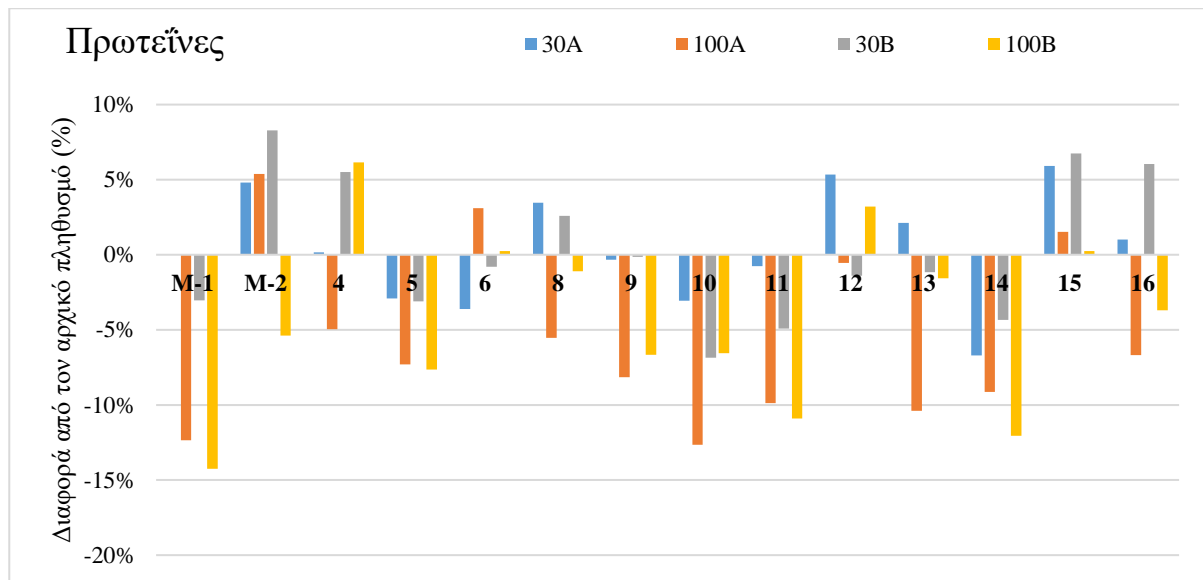
Στο Σχήμα 2.17 παρουσιάζεται επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στο χρόνο βρασμού των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ του χρόνου βρασμού των σειρών και του χρόνου βρασμού των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Όσον αφορά το χρόνο βρασμού ως πρόοδος χαρακτηρίζεται η μείωσή του. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά τη κανονική εποχή σποράς στην υψηλή πυκνότητα συνολικά μία σειρά, η 12, κατέγραψε πρόοδο. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα δύο σειρές, οι 12 και 13, κατέγραψαν πρόοδο. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά την εκτός εποχής σπορά στην υψηλή πυκνότητα συνολικά τρεις σειρές, οι 3, 10 και 12, κατέγραψαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα συνολικά πέντε σειρές, οι M-2, 3, 10, 12 και 13, παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό.



**Σχήμα 2.17.** Σύγκριση του χρόνου βρασμού των βελτιωμένων σειρών με το χρόνο βρασμού του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

Στο Σχήμα 2.18 παρουσιάζεται επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στο ποσοστό των πρωτεϊνών των βελτιωμένων σειρών, διενεργώντας σύγκριση μεταξύ του ποσοστού πρωτεϊνών των σειρών και του ποσοστού πρωτεϊνών των σπόρων του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά τη κανονική εποχή σποράς στην υψηλή πυκνότητα συνολικά έξι σειρές, οι M-2, 8, 12, 13, 15 και 16, κατέγραψαν πρόοδο. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα τρεις σειρές, οι M-2, 6 και 15, κατέγραψαν πρόοδο. Όταν οι επιλογές έγιναν κατά την εκτός εποχής σπορά στην υψηλή πυκνότητα συνολικά πέντε σειρές, οι M-2, 4, 8, 15 και 16, κατέγραψαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα συνολικά δύο σειρές, οι 4 και 12, παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό.



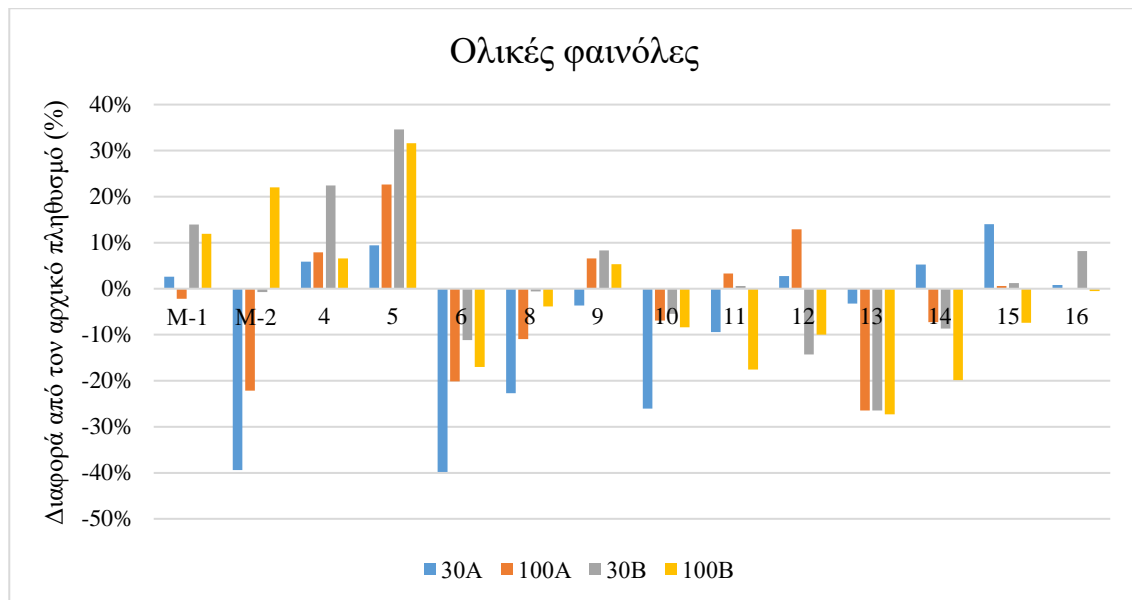
**Σχήμα 2.18.** Σύγκριση του ποσοστού πρωτεϊνών των βελτιωμένων σειρών με το ποσοστό πρωτεϊνών του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα.

### Επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα βιοενεργά συστατικά

Η επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα, για την εκτίμηση της ύπαρξης προόδου, πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας τις τιμές των σειρών με την τιμή του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού. Στο Σχήμα 2.19 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης της επιλογής ως προς την απόδοση στις ολικές φαινόλες. Στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα επτά σειρές, οι M-1, 4, 5, 12, 14, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα έξι σειρές, οι 4, 5, 9, 11, 12 και 16, παρουσίασαν πρόοδο. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα επτά σειρές, οι M-1, 4, 5, 9, 11, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς πέντε σειρές, οι M-1, M-2, 4, 5 και 9, παρουσίασαν πρόοδο.

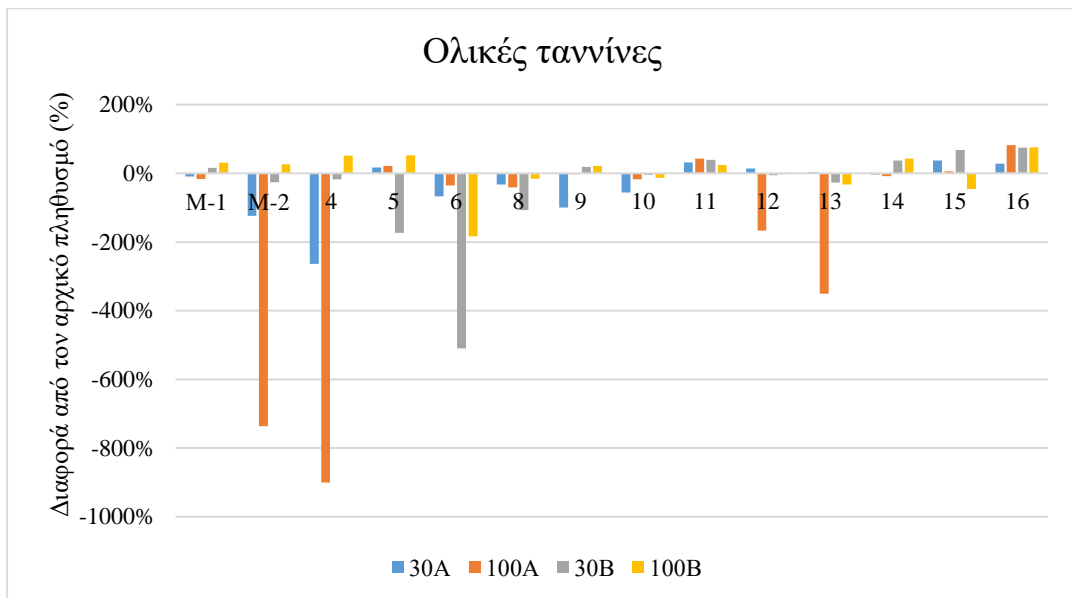




**Σχήμα 2.19.** Σύγκριση των ολικών φαινολών των βελτιωμένων σειρών με τις ολικές φαινόλες του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

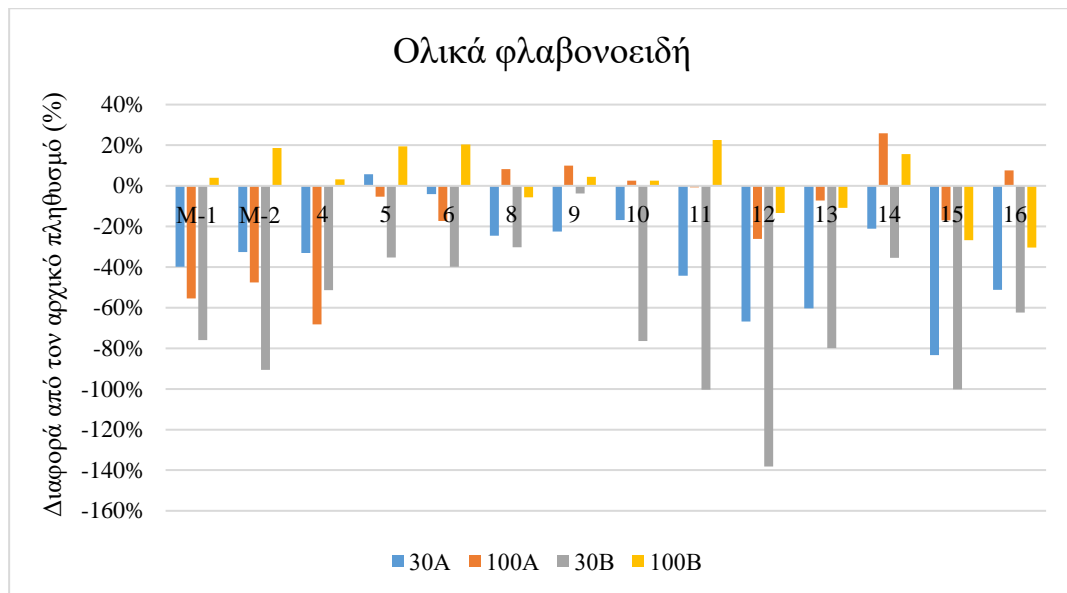
Η επιλογή ως προς την απόδοση, όπως φαίνεται Σχήμα 2.20, είχε αρνητική επίδραση στις ολικές ταννίνες οδηγώντας σχεδόν όλες τις σειρές σε μειωμένη τιμή σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό. Στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές στην υψηλή πυκνότητα έξι σειρές, οι 5, 11, 12, 13, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα τέσσερις σειρές, οι 5, 11, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα έξι σειρές, οι M-1, 9, 11, 14, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οκτώ σειρές, οι M-1, M-2, 4, 5, 9, 11, 14 και 16, παρουσίασαν πρόοδο.



**Σχήμα 2.20.** Σύγκριση των ολικών ταννινών των βελτιωμένων σειρών με τις ολικές ταννίνες του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

Στο Σχήμα 2.21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης της επιλογής ως προς την απόδοση στα ολικά φλαβονοειδή. Στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές στην υψηλή πυκνότητα μόνο η σειρά 5 παρουσίασε πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα πέντε σειρές, οι 8, 9, 10, 14 και 16, παρουσίασαν πρόοδο. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα καμία σειρά δεν παρουσίασε πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς εννιά σειρές, οι M-1, M-2, 4, 5, 6, 9, 10, 11 και 14, παρουσίασαν πρόοδο.

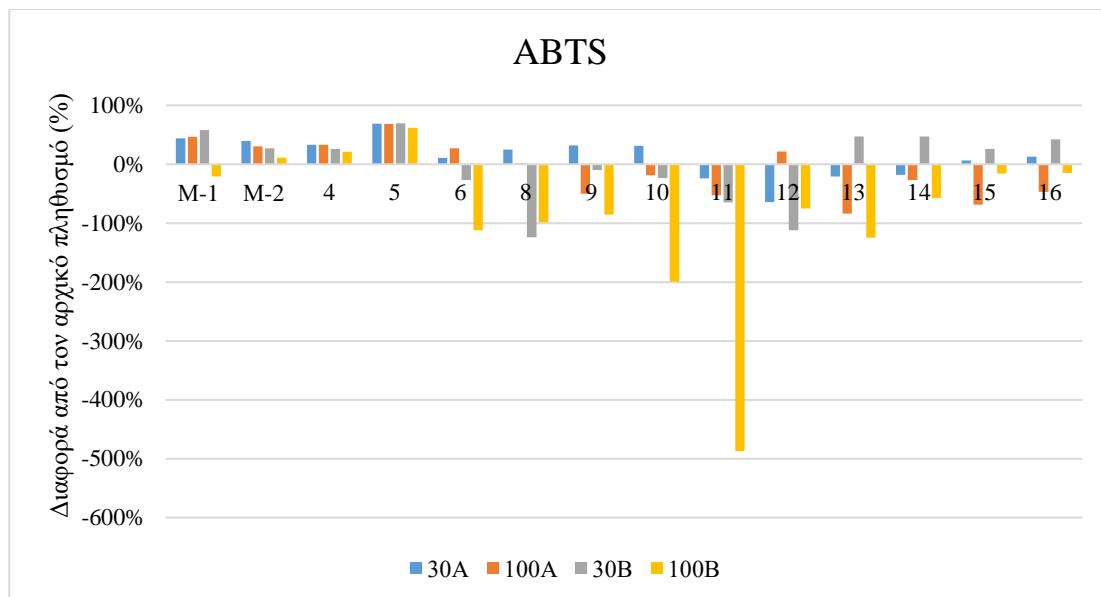


**Σχήμα 2.21.** Σύγκριση των ολικών φλαβονοειδών των βελτιωμένων σειρών με τα ολικά φλαβονοειδή του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

### Επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στην αντιοξειδωτική ικανότητα

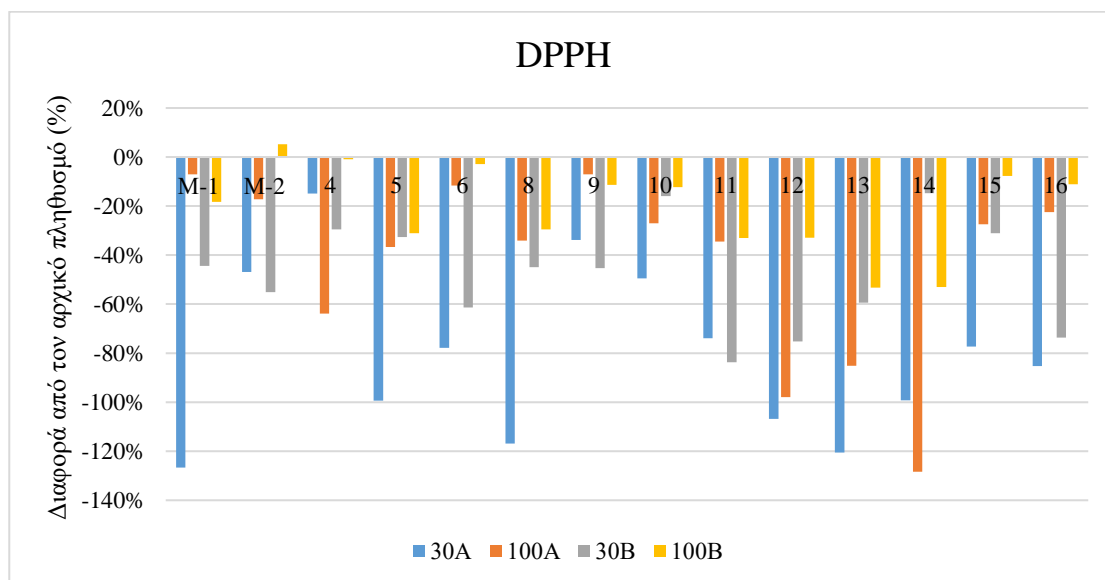
Στο Σχήμα 2.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης της επιλογής ως προς την απόδοση στην αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS. Στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές στην υψηλή πυκνότητα δέκα σειρές παρουσίασαν πρόοδο, ενώ μόνο οι σειρές 11, 12, 13 και 14 δεν παρουσίασαν πρόοδο. Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα επτά σειρές, οι M-1, M-2, 4, 5, 6, 8 και 12, παρουσίασαν πρόοδο. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα οκτώ σειρές, οι M-1, M-2, 4, 5, 13, 14, 15 και 16, παρουσίασαν πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς τρεις σειρές, οι M-2, 4 και 5, παρουσίασαν πρόοδο.



**Σχήμα 2.22.** Σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS των βελτιωμένων σειρών με την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.23 η επιλογή ως προς την απόδοση είχε αρνητική επίδραση στην αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH. Παράλληλα, πρόοδο παρουσίασε μόνο η σειρά M-2, όταν οι επιλογές έγιναν στην εκτός εποχής σπορά στη χαμηλή πυκνότητα.



**Σχήμα 2.23.** Σύγκριση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH των βελτιωμένων σειρών με την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH του αντίστοιχου αρχικού πληθυσμού.

Όπου 30 A: κανονική εποχής σποράς σε υψηλή πυκνότητα, 100 A: κανονική εποχής σποράς σε χαμηλή πυκνότητα, 30 B: εκτός εποχής σπορά σε υψηλή πυκνότητα, 100 B: εκτός εποχής σπορά σε χαμηλή πυκνότητα

## ΣΥΖΥΤΗΣΗ

Το ρεβίθι (*Cicer arietinum* L.) θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα ψυχανθή όσον αφορά την ανθρώπινη διατροφή, λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας. Εφόσον το ρεβίθι κατέχει τόσο σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής, ο καθορισμός των κριτηρίων της κατάλληλης ποιότητας αποτελεί βασικό σκοπό των βελτιωτών. Τα χαρακτηριστικά μιας ποικιλίας που έγκειται στο κομμάτι της διατροφής αποτελούνται τόσο από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όσο και από τα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντική η συμμετοχή των παραπάνω χαρακτηριστικών σε βελτιωτικά προγράμματα. Ωστόσο, η βελτίωση ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά είναι δύσκολη και χρονοβόρα λόγω της ευαισθησίας τους σε παράγοντες πέρα από τον γενότυπο που είναι το περιβάλλον αλλά και η αλληλεπίδραση γενότυπου x περιβάλλοντος (Dehal et al., 2016; Ruggeri et al., 2017). Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό λόγω της μεγάλης επίδρασης του περιβάλλοντος σε αυτά τα χαρακτηριστικά η κλιματική αλλαγή, που επιφέρει αύξηση των ακραίων θερμοκρασιών και των περιόδων ξηρασίας αλλάζοντας τις περιβαλλοντικές συνθήκες, αναμένεται να παίξει καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωσή τους. Συνεπώς, είναι επιτακτική η μελέτη της επίδρασης των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων στην προσπάθεια ανάπτυξης ποικιλιών με προσαρμοστικότητα στα νέα κλιματολογικά δεδομένα. Σε αυτό το πλαίσιο, σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η εκτίμηση της διαφοροποίησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών και των βιοενεργών συστατικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας 16 σειρών ρεβιθιού, οι οποίες προέκυψαν από το πείραμα που περιεγράφηκε στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, σε δύο εποχές σποράς, μία εντός της ενδεδειγμένης περιόδου και μία εκτός εποχής. Με βάση τα κλιματολογικά δεδομένα όπως αναλύθηκαν στο κεφ. 1, οι κλιματολογικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την εκτός εποχής σποράς μπορούν να χαρακτηριστούν ως ξηροθερμικές.

### **Επίδραση των ξηροθερμικών συνθηκών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου**

#### *Βάρος 1000 σπόρων*

Η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε μείωση του βάρους 1000 σπόρων κατά 10%, διαπίστωση που συμφωνεί με τους Awasthi et al., 2014, καθώς από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι, στην πλειοψηφία των σειρών, το βάρος 1000 σπόρων κατά την εκτός εποχής σπορά, ανεξάρτητα από την πυκνότητα σποράς από την οποία προέρχονται οι επιλογές, ήταν μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο της κανονικής εποχής σποράς. Αντίθετα, η πυκνότητα σποράς στην οποία έγιναν οι επιλογές επηρέασε σε πολύ μικρό βαθμό το χαρακτηριστικό αυτό, καθώς κατά τη σύγκριση των δύο πυκνοτήτων, εντός της κάθε εποχής σποράς, παρατηρήθηκε μείωση του βάρους 1000 σπόρων όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα, η οποία όμως

δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Την χαμηλή επιρροή της πυκνότητας σποράς, σε σχέση με την εποχή σποράς, στο βάρος 1000 σπόρων είχαν επισημάνει στην έρευνά τους οι Lopez Bellido και Fuentes (1990). Ωστόσο, ο παράγοντας γενότυπος είναι αυτός που ευθύνεται για το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας του χαρακτηριστικού αυτού. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δυο συνθηκών επιλογής, όπως αποτυπώθηκε από την συγκριτική μελέτη των βελτιωμένων σειρών που προέκυψαν από τον ίδιο αρχικό πληθυσμό αλλά επιλέχθηκαν σε διαφορετική πυκνότητα σποράς εντός κάθε εποχής σποράς (Πίνακας 2.3) έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα. Στην κανονική εποχή σποράς τρεις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έντεκα σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ δύο σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 (M-15370) η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς, ενώ αντίθετα στον M-2 (E-202) οι επιλογές δεν διέφεραν μεταξύ τους. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν πέντε βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, τέσσερις σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και επτά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές που έγιναν στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν σημαντικά των αντίστοιχων της χαμηλής πυκνότητας σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι η επιλογή σε υψηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται μετά από σπορά και ανάπτυξη είτε κανονικές είτε σε ξηροθερμικές κλιματολογικές συνθήκες.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης του βάρους 1000 σπόρων των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 4, 7, 9, 15 και 16 υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 3, 4, 5, 9 και 10 υπερερούσαν του μέσου βάρους 1000 σπόρων των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, και στις δύο πυκνότητες οι σειρές 4, 9 και 10 υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων. Συνεπώς, όσον αφορά το βάρος 1000 σπόρων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σειρές 4 και 9, που προήλθαν από τους αρχικούς πληθυσμούς Macarena και M-15935, οι οποίες ξεπέρασαν τους μάρτυρες σε

όλες τις συνθήκες ανάπτυξης (απουσία ανταγωνισμού-μέτριος ανταγωνισμός, κανονική σπορά-εκτός εποχή σπορά).

#### *Αύξηση ενυδάτωσης*

Όσον αφορά την αύξηση ενυδάτωσης, επηρεάστηκε σημαντικά από τον παράγοντα εποχή σποράς, με την εκτός εποχής σπορά να οδηγεί σε αύξηση του χαρακτηριστικού αυτού. Στην κανονική εποχή σποράς οκτώ βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ δύο σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι η επιλογή του M-1 (M-15370) που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσε σημαντικά της αντίστοιχης της χαμηλής πυκνότητας σποράς, ενώ αντίθετα στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν εννιά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, πέντε σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερετερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 (M-15370) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερετερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι αποτελεσματική επιλογή μπορεί να διενεργηθεί και στις δυο πυκνότητες σποράς με την επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα να είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται μετά από σπορά και ανάπτυξη σε ξηροθερμικές συνθήκες, ενώ η επιλογή σε μέτριο ανταγωνισμό είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε κανονικές κλιματολογικές συνθήκες.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αύξησης ενυδάτωσης των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων, παρατηρήθηκε ότι, ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης (απουσία ανταγωνισμού-μέτριος ανταγωνισμός, κανονική σπορά-εκτός εποχή σπορά), καμία από τις σειρές δεν υπερετερούσε του μέσου όρου της αύξησης ενυδάτωσης των μαρτύρων.

### *Ικανότητα ενυδάτωσης*

Όσον αφορά την ικανότητα ενυδάτωσης, επηρεάστηκε σημαντικά από τον παράγοντα εποχή σποράς, με την εκτός εποχής σπορά να οδηγεί σε μείωση του χαρακτηριστικού αυτού κατά 6,5%. Στην κανονική εποχή σποράς δύο βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 (M-15370) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν δύο βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 (M-15370) και του M-2 (E-202) που έγιναν χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι αποτελεσματική επιλογή μπορεί να διενεργηθεί και στις δυο πυκνότητες σποράς με την επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα να είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται μετά από σπορά και ανάπτυξη σε ξηροθερμικές συνθήκες, ενώ η επιλογή σε μέτριο ανταγωνισμό είναι αποτελεσματικότερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε κανονικές κλιματολογικές συνθήκες.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αύξησης ενυδάτωσης των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων, παρατηρήθηκε ότι, ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης (απουσία ανταγωνισμού-μέτριος ανταγωνισμός, κανονική σπορά-εκτός εποχή σπορά), καμία από τις σειρές δεν υπερτερούσε του μέσου όρου της αύξησης ενυδάτωσης των μαρτύρων.

### *Ποσοστό περιβλήματος*

Οι ξηροθερμικές συνθήκες είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού του περιβλήματος κατά 6,87%, πράγμα αναμενόμενο αν αναλογιστούμε ότι οι ξηροθερμικές συνθήκες οδήγησαν σε μείωση του βάρους 1000 σπόρων. Αυτή η αύξηση ήταν ιδιαίτερα σημαντική στην περίπτωση των σειρών που προέκυψαν από επιλογές σε υψηλή πυκνότητα



σποράς. Στην κανονική εποχή σποράς έξι βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ τέσσερις σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-1 (M-15370) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν έξι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και εννιά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων καταγράφηκε ακριβώς η ίδια εικόνα όπως και στην κανονική σπορά ενισχύοντας περαιτέρω τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι η επιλογή στην υψηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη ανεξάρτητα από το αν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι κανονικές ή ξηροθερμικές.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης του ποσοστού περιβλήματος των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 4, 6, 7, 11, 12 και 13 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 4, 12 και 13 υπερτερούσαν του μέσου ποσοστού περιβλήματος των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 4, 9, 11, 12, 13 και 15 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 10, 12 και 13. Συνεπώς, όσον αφορά το ποσοστό περιβλήματος του σπόρου, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σειρές 11 και 12, οι οποίες υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων μόνο στην υψηλή πυκνότητα και η σειρά 13 η οποία υπερτερούσε των μαρτύρων ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης.

#### *Χρόνος βρασμού*

Ο χρόνος βρασμού επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από την εποχή σποράς, με την εκτός εποχής σπορά να οδηγεί στη μείωσή του. Στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ πέντε σειρές που είχαν επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που

είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές του M-2 (E-202) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-1 (M-15370) η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν οκτώ βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και επτά σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 (M-15370) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή στην υψηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη, ενώ στην εκτός εποχής σπορά η επιλογή είναι το ίδιο αποτελεσματική και στις δύο πυκνότητες..

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης του χρόνου βρασμού των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα μόνο η σειρά 8 είχε χρόνο βρασμού μικρότερο του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 3, 5, 6 και 8 είχαν μικρότερο χρόνο βρασμού σε σχέση με τους μάρτυρες. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 4, 5, 8, 10, 15 είχαν χρόνο βρασμού μικρότερο του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 4, 5, 8, 9, 10, 15 και 16. Συνεπώς, όσον αφορά το χρόνο βρασμού, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σειρά 8, η οποία είχε χρόνο βρασμού μικρότερο του μέσου όρου των μαρτύρων ανεξάρτητα από τη πυκνότητα και την εποχή σποράς. Παράλληλα, οι σειρές 4, 5, 10, 15 και 16 είχαν απέδωσαν καλύτερα από τους μάρτυρες μόνο στην εκτός εποχής σπορά.

#### *Ποσοστό πρωτεϊνών*

Το ποσοστό των πρωτεϊνών επηρεάστηκε σε μεγάλο ποσοστό από τον παράγοντα γενότυπο και σε πολύ μικρό ποσοστό από την εποχή σποράς. Παράλληλα, ήταν το χαρακτηριστικό που επηρεάστηκε σε μεγάλο ποσοστό από την πυκνότητα σποράς. Εντός της ίδιας πυκνότητας σποράς και μεταξύ των διαφορετικών εποχών σποράς παρατηρήθηκε μικρή αύξηση κατά την εκτός εποχής σπορά προς επιβεβαίωση των όσων έχουν αναφερθεί από τους

Ashrafi et al. (2014), η οποία ωστόσο δεν ήταν σημαντική (Fazlul Kabir et al., 2009). Στην κανονική εποχή σποράς τέσσερις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έντεκα σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς, ενώ μία σειρά που είχε επιλεγεί στη χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε της αντίστοιχης που είχε επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα. Ως προς τους δυο μάρτυρες παρατηρήθηκε ότι οι επιλογές και των δύο δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν εφτά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην περίπτωση των μαρτύρων οι επιλογές του M-1 (M-15370) που έγιναν στις δύο πυκνότητες σποράς δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στον M-2 (E-202) η επιλογή που έγινε στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσε σημαντικά της αντίστοιχης που έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι η επιλογή στην υψηλή πυκνότητα σποράς είναι αποτελεσματικότερη ανεξάρτητα από τις κλιματολογικές συνθήκες.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης του ποσοστού των πρωτεϊνών των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 8, 10, 11, 12, 13 και 14 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 6 και 12 υπερτερούσαν σε σχέση με τους μάρτυρες. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 8, 12, 13 και 14 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 3, 12 και 13 υπερτερούσαν σε σχέση με τους μάρτυρες.

Αναλύοντας συνολικά τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι α) η σειρά 12 υπερτερούσε, όσον αφορά το ποσοστό των πρωτεϊνών, του μέσου όρου των μαρτύρων ανεξάρτητα από τη πυκνότητα και τις κλιματολογικές συνθήκες, β) οι σειρές 8 και 14 υπερτερούσαν των μαρτύρων μόνο στην υψηλή πυκνότητα και γ) η σειρά 3 υπερτερούσε των μαρτύρων μόνο στην εκτός εποχής σπορά, ανεξάρτητα από τη πυκνότητα.

### **Επίδραση των ξηροθερμικών συνθηκών στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα**

Όσον αφορά τα βιοενεργά συστατικά, αυτά που μελετήθηκαν ήταν οι ολικές φαινόλες, οι ολικές ταννίνες και τα ολικά φλαβονοειδή. Οι ολικές φαινόλες και οι ολικές ταννίνες

επηρεάστηκαν σημαντικά από τους παράγοντες γενότυπος, εποχή σποράς όσο και από την αλληλεπίδρασή τους. Παράλληλα, η πυκνότητα μέσα στην οποία έγιναν οι επιλογές και προέκυψαν οι σειρές, επηρέασε σημαντικά μόνο τις ολικές ταννίνες. Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό τις παραλλακτικότητάς τους οφείλεται στο γενότυπο και στην αλληλεπίδραση γενότυπος x εποχή σποράς. Τα ολικά φλαβονοειδή επηρεάστηκαν σημαντικά και από τους 3 παράγοντες, με τη πυκνότητα, στην οποία έγιναν οι επιλογές, να ευθύνεται για ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της παραλλακτικότητάς τους (>50%). Η σημαντική επίδραση του γενοτύπου, των κλιματολογικών συνθηκών και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών στα βιοενεργά συστατικά έχει τονιστεί από τους Ceyhan et al. (2008) και Primi et al. (2019). Η αντιοξειδωτική ικανότητα μελετήθηκε με βάση δύο διαφορετικές μεθόδους το ABTS και το DPPH. Η αντιοξειδωτική ικανότητα, και με τις δύο μεθόδους, επηρεάστηκε σημαντικά από τους παράγοντες γενότυπος, εποχής σποράς, πυκνότητα στην οποία έγιναν οι επιλογές και αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών. Η επίδραση των βιολογικών (γενότυπος) και περιβαλλοντικών (θερμοκρασία, υδατική καταπόνηση) παραγόντων στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών έχει αναλυθεί και στην έρευνα των Shao et al. (2015) οι οποίοι επισήμαναν τη σημαντική επίδραση του γενοτύπου, των περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά και της αλληλεπίδρασης γενοτύπου x περιβάλλοντος τόσο στα βιοενεργά συστατικά (ολικές φαινόλες, ολικά φλαβονοειδή) όσο και στην αντιοξειδωτική ικανότητα.

#### *Ολικές φαινόλες*

Η εκτός εποχής σπορά οδήγησε σε σημαντική αύξηση των ολικών φαινολών κατά 5%, ειδικά όσον αφορά τις σειρές που προέκυψαν από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς. Παρόμοια παρατήρηση σχετικά με την αύξηση των ολικών φαινολών σε ξηροθερμικές συνθήκες έχει γίνει και σε άλλες έρευνες (Nogues et al., 1998; de Abreu & Mazzafera, 2005; Jaafar et al., 2012). Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 12, 13 και 15 είχαν με διαφορά την υψηλότερη τιμή για τις ολικές φαινόλες, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 12 είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 11 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι ποικιλία-μάρτυρα M-2 διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές καταγράφοντας τις μεγαλύτερες τιμές ολικών φαινολών. Συνολικά, η σειρά 12 είχε την υψηλότερη μέση τιμή ολικών φαινολών, όπως αυτή προέκυψε από τα 4 πειράματα.

Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς τέσσερις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, οκτώ βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και τέσσερις σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν εννιά βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μια σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη, ενώ σε ξηροθερμικές συνθήκες αποτελεσματική επιλογή μπορεί να διενεργηθεί και στις δυο πυκνότητες σποράς.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ολικών φαινολών των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 5 και 10, υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, πλην της 3, υπερτερούσαν των μέσων ολικών φαινολών των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 7, 10, 12, 13 και 14, υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα καμία από τις σειρές δεν ξεπέρασε τους μάρτυρες. Συνεπώς, όσον αφορά τις ολικές φαινόλες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σειρές 4, 6, 8, 9, 15 και 16, οι οποίες ξεπέρασαν τους μάρτυρες στις τρεις από τις συνολικά τέσσερις συνθήκες ανάπτυξης (απουσία ανταγωνισμού-μέτριος ανταγωνισμός, κανονική σπορά-εκτός εποχή σπορά).

#### *Ολικές ταννίνες*

Όσον αφορά τις ολικές ταννίνες, παρατηρήθηκε θετική επίδραση της εκτός εποχής σποράς η οποία οδήγησε σε αύξηση κατά 22,6%, ειδικά αυτές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Αύξηση των ολικών ταννινών σε ξηροθερμικές συνθήκες παρατηρήθηκε από τους Tharayil et al. (2011), στην έρευνα των οποίων, στο είδος *Acer rubrum*, η αύξηση έφτασε το 50%, και Top et al. (2017), στην έρευνα των οποίων, στο είδος *Quercus rubra*, η αύξηση έφτασε το 34%.. Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 12 και 13 είχαν με διαφορά την υψηλότερη τιμή για τις ολικές ταννίνες, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές

στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 11 είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς και πάλι η σειρά 11 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι ποικιλίες-μάρτυρες M-1 και M-2 διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές καταγράφοντας τις μεγαλύτερες τιμές ολικών ταννινών. Συνολικά, η σειρά 11 είχε την υψηλότερη μέση τιμή ολικών ταννινών, όπως αυτή προέκυψε από τα 4 πειράματα.

Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, πέντε βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν έξι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή σε υψηλή πυκνότητα είναι ελαφρά αποτελεσματικότερη, ενώ σε ξηροθερμικές συνθήκες αποτελεσματικότερη είναι η επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ολικών ταννινών των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 4, 5, 9, 14, 15 και 16, υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, πλην των 3, 4, 7, 13 και 15, υπερερούσαν των μέσων ολικών ταννινών των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 και 16, υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα καμία από τις σειρές δεν ξεπέρασε τους μάρτυρες. Συνεπώς, όσον αφορά τις ολικές ταννίνες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σειρές 10 και 11, που προέρχονται από τους αρχικούς πληθυσμούς Line 9/14 και CAT-26, οι οποίες δεν ξεπέρασαν τους μάρτυρες μόνο όταν προέρχονταν από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα και σπάρθηκαν εκτός εποχής σποράς.

Οι σειρές 12 και 13 ήταν οι σειρές με το μικρότερο βάρος 1000 σπόρων, ενώ παράλληλα ήταν και οι σειρές με τις υψηλότερες ολικές φαινόλες και ολικές ταννίνες. Η

παραπάνω παρατήρηση είναι σε συμφωνία με τα όσα έχουν τονίσει στην έρευνά τους οι Nikolopoulou et al. (2006), οι οποίοι ισχυρίστηκαν ότι οι σπόροι με μικρότερο βάρος 1000 σπόρων τείνουν να έχουν αυξημένες τιμές για τις ολικές φαινόλες και τις ολικές ταννίνες. Επιπλέον, η ποικιλία-μάρτυρας M-1 που υπερείχε, στην εκτός εποχής σπορά, όσον αφορά τις ολικές φαινόλες και τις ολικές ταννίνες ήταν ο μοναδικός γενότυπος του πειράματος με οριζόντια ανθεκτικότητα στην ασκοχύτωση (*Ascochyta blight*) (Ηλιάδης, 2004; Βλαχοστέργιος, 2012). Σύμφωνα με τους Kumar et al. (2013) οι ολικές φαινόλες και οι ολικές ταννίνες τείνουν να είναι υψηλότερες στην ποικιλίες οι οποίες είναι ανθεκτικές στην ασθένεια της ασκοχύτωσης (*Ascochyta blight*).

#### Ολικά φλαβονοειδή

Τα ολικά φλαβονοειδή επηρεάστηκαν σημαντικά από την εποχή σποράς, με τις μεγαλύτερες τιμές να καταγράφονται κατά την εκτός εποχής σπορά, από τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς. Αύξηση των ολικών φλαβονοειδών σε συνθήκες ξηρασίας έχει παρατηρηθεί και από τους de Abreu και Mazzafera (2005) στο είδος *Hypericum brasiliense*. Μάλιστα η αύξηση των ολικών φλαβονοειδών σε συνθήκες ξηρασίας, στη παραπάνω έρευνα, έφτασε στο 44,6%. Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 5 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή για ολικά φλαβονοειδή, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 16 είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 9 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 11 διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές καταγράφοντας τις μεγαλύτερες τιμές ολικών φλαβονοειδών. Όσον αφορά το μέσο όρο των σειρών, όπως αυτός προέκυψε από τα 4 πειράματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών.

Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, πέντε βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και έξι σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν έξι βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί

σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή σε υψηλή πυκνότητα είναι ελαφρά πιο αποτελεσματική, ενώ σε ξηροθερμικές συνθήκες αποτελεσματικότερη είναι η επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ολικών φλαβονοειδών των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 4, 5, 6, 8, 9 και 10 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς όλες οι σειρές, πλην των 3 και 4, υπερτερούσαν των μέσων ολικών φλαβονοειδών των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 7, 11 και 12, υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα μόνο η σειρά 11 ξεπέρασε τους μάρτυρες. Συνεπώς, όσον αφορά τα ολικά φλαβονοειδή, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σειρές 5, 6, 8, 9 και 10, οι οποίες ξεπέρασαν τους μάρτυρες στη κανονική εποχή σποράς, ανεξάρτητα από τη πυκνότητα στην οποία έγιναν οι επιλογές, και στην εκτός εποχής σπορά, όταν προέρχονταν από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα.

### **Αντιοξειδωτική ικανότητα**

#### *Αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση τη δοκιμή ABTS*

Η αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS επηρεάστηκε σημαντικά αρνητικά από την εκτός εποχής σπορά, οδηγώντας σε μείωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας κατά 18,34%. Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 8 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή για το ABTS, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 7 είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 13 και 14 είχαν με διαφορά τις υψηλότερες τιμές, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 4 και 16 διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές καταγράφοντας τις μεγαλύτερες τιμές αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS. Συνολικά, η ποικιλία-μάρτυρας M-1 είχε την υψηλότερη μέση τιμή ABTS, χωρίς, ωστόσο, να διαφέρει σημαντικά από τις μέσες τιμές των υπόλοιπων σειρών.

Παρατηρήθηκε ότι στην κανονική εποχή σποράς πέντε βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, τρεις βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και οκτώ σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερτερούσαν των αντίστοιχων



που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν δύο βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και δώδεκα σειρές που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και υπερτερούσαν από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι η επιλογή στην υψηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αντιοξειδωτικής δράσης με βάση το ABTS των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 8, 9 και 10 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 6, 7 και 12 υπερτερούσαν των μέσων ABTS των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οι σειρές 13, 14 και 16 υπερτερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 4, 15 και 16 ξεπέρασαν τον μέσο όρο των μαρτύρων. Συνεπώς, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS, οι σειρές φαίνεται να επηρεάστηκαν σημαντικά από το συνδυασμό εποχή σποράς-πυκνότητα επιλογής, καθώς εντός της κάθε εποχής σποράς, για τη κάθε πυκνότητα επιλογής ήταν διαφορετικές οι σειρές οι οποίες απέδωσαν καλύτερα από το μέσο όρο των μαρτύρων. Ωστόσο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σειρά 16, που προέρχεται από τον αρχικό πληθυσμό Can-01, η οποία στην εκτός εποχής σπορά, και για τις δύο πυκνότητες επιλογής, ξεπέρασε το μέσο όρο των μαρτύρων.

#### *Αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση τη δοκιμή DPPH*

Για την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH, στην εκτός εποχής σπορά καταγράφηκαν τιμές μεγαλύτερες κατά 15%. Αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το DPPH σε συνθήκες ξηρασίας παρατήρησαν στην έρευνα τους και οι Gharibi et al. (2015), Sarker και Oba (2018). Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 4 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή για το DPPH, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 16 είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές. Στην εκτός εποχής σπορά, για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα σποράς η σειρά 14 είχε με διαφορά την υψηλότερη τιμή, ενώ για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς η ποικιλία-μάρτυρα M-2 και η σειρά 16 διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες σειρές καταγράφοντας τις μεγαλύτερες τιμές DPPH. Συνολικά, η

σειρά 11 είχε την υψηλότερη μέση τιμή DPPH, όπως αυτή προέκυψε από τα 4 πειράματα, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των σειρών.

Στην κανονική εποχή σποράς παρατηρήθηκε ότι τρεις βελτιωμένες σειρές δεν διέφεραν μεταξύ τους, έντεκα βελτιωμένες σειρές που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς και δύο σειρές που είχαν επιλεγεί στην υψηλή πυκνότητα σποράς υπερερούσαν των αντίστοιχων που είχαν επιλεγεί στην χαμηλή πυκνότητα σποράς. Στην αξιολόγηση που διενεργήθηκε στην εκτός εποχής σπορά βρέθηκαν τρεις βελτιωμένες σειρές που προέρχονταν από επιλογή σε διαφορετική πυκνότητα σποράς και δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, μία σειρά που είχε επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς και διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη που είχε επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και δώδεκα σειρές που είχαν επιλεγεί σε χαμηλή πυκνότητα σποράς και υπερερούσαν από τις αντίστοιχες που είχαν επιλεγεί σε υψηλή πυκνότητα σποράς. Η ανωτέρω ανάλυση δείχνει ότι η επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα είναι αποτελεσματικότερη ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αντιοξειδωτικής δράσης με βάση το DPPH των σειρών με τον μέσο όρο των μαρτύρων παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 5, 8 και 14, υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οι σειρές 6, 9 και 16 υπερερούσαν των μέσων DPPH των μαρτύρων. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα όλες οι σειρές, πλην των 3, 6 και 11, υπερερούσαν του μέσου όρου των μαρτύρων, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 6, 7, 12, 13, 15 και 16 ξεπέρασαν τον μέσο όρο των μαρτύρων. Συνεπώς, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σειρά 16, η οποία ξεπέρασε το μέσο όρο των μαρτύρων ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανάπτυξης.

#### *PCA και Cluster analysis*

Με τη διενέργεια της Principal Component Analysis (PCA) τα βιοενεργά συστατικά, η αντιοξειδωτική ικανότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου κατηγοριοποιήθηκαν, σε 3 ομάδες. Η 1<sup>η</sup> ομάδα (PC1) αποτελείται από σημαντικά υψηλά θετικά φορτία για τις ολικές φαινόλες και ολικές ταννίνες και μέτρια σημαντικά θετικά φορτία για το βάρος 1000 σπόρων, την ικανότητα ενυδάτωσης και το ποσοστό του περιβλήματος. Παράλληλα, αποτελείται από σημαντικά υψηλά αρνητικά φορτία για τον χρόνο βρασμού και το ποσοστό των πρωτεϊνών. Το γεγονός ότι τα φορτία των δύο τελευταίων χαρακτηριστικών είναι αρνητικά, υποδηλώνει την αρνητική συσχέτιση αυτών με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του PC1. Η θετική συσχέτιση των

ολικών φαινολών με τις ολικές ταννινές έχει παρατηρηθεί και από τους (Agostini-Costa et al., 2015), ενώ, αντίστοιχα, οι Kim et al., (2006) τόνισαν τη θετική συσχέτιση τόσο των ολικών φαινολών όσο και των ολικών ταννινών με το ποσοστό του περιβλήματος. Παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά τη θετική συσχέτιση του βάρους 1000 σπόρων και της ικανότητας ενυδάτωσης παρατηρήθηκαν από τους Williams et al. (1983). Αντίθετα, η αρνητική συσχέτιση του βάρους 1000 σπόρων με τον χρόνο βρασμού διαπιστώθηκε από τους Patane et al. (2004), ενώ αυτή με το ποσοστό των πρωτεϊνών διαπιστώθηκε από τους Sarika et al. (2019). Επιπλέον, η αρνητική συσχέτιση μεταξύ ικανότητας ενυδάτωσης και χρόνου βρασμού έχει αναφερθεί από τους Tripathi et al. (2012) και Togay et al. (2019). Αντίστοιχα αρνητική συσχέτιση μεταξύ ικανότητας ενυδάτωσης και ποσοστού πρωτεϊνών έχει αναφερθεί από τους Avola και Patane (2010).

Η 2<sup>η</sup> ομάδα (PC2) περιλαμβάνει σημαντικά υψηλά θετικά φορτία για τα ολικά φλαβονοειδή και την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και από τους Fidrianny et al., (2014) Επιπλέον, περιλαμβάνει υψηλό αρνητικό φορτίο της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS, γεγονός που υποδηλώνει την αρνητική συσχέτισή του με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του PC2. Παρόμοια αποτελέσματα, σχετικά με την αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ολικών φλαβονοειδών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας με βάση το ABTS, παρατηρήθηκαν και από τους Kainama et al. (2020).

Τέλος, η 3<sup>η</sup> ομάδα (PC3) αποτελείται από υψηλά θετικά φορτία της αύξησης ενυδάτωσης, της ικανότητας ενυδάτωσης και του ποσοστού του περιβλήματος. Η θετική συσχέτιση μεταξύ αύξησης και ικανότητας ενυδάτωσης αναφέρεται και σε άλλες έρευνες (Patane et al., 2004; Kaur et al., 2005), ενώ η θετική συσχέτιση της αύξησης ενυδάτωσης με το ποσοστό του περιβλήματος έχει παρατηρηθεί από τους Lopez Bellido και Fuentes (1990).

Με τη διενέργεια της Cluster analysis, οι σειρές, με βάση τις τιμές που είχαν για τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην PCA, χωρίστηκαν σε 12 ομάδες και υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές της κάθε ομάδας για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν. Η 3<sup>η</sup> ομάδα (Cluster 3) που αποτελείται από την σειρά 11, της κανονικής εποχής σποράς και προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, και τις σειρές M-1, M-2, 5, 9 και 13, της εκτός εποχής σποράς και προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, είχε τις υψηλότερες τιμές για τις ολικές φαινόλες, τις ολικές ταννίνες, το βάρος 1000 σπόρων και την ικανότητα ενυδάτωσης, ενώ είχε και αρκετά υψηλή τιμή όσον αφορά το ποσοστό περιβλήματος του σπόρου. Παράλληλα, είχε το χαμηλότερο χρόνο βρασμού και χαμηλό ποσοστό πρωτεϊνών. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ανήκουν στο PC1. Το ίδιο Cluster συνδύασε την υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης και το υψηλό

ποσοστό περιβλήματος του σπόρου με υψηλή αύξηση ενυδάτωσης (PC3). Η 12<sup>η</sup> ομάδα (Cluster 12), που αποτελείται από τις σειρές 3, 7 και 11, της εκτός εποχής σποράς και προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, είχε πολύ υψηλή τιμή για τα ολικά φλαβονοειδή και την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH. Παράλληλα, είχε τη μικρότερη τιμή για την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά ανήκουν στο PC2. Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι το Cluster 3 περιέχει γενετικό υλικό που συνδυάζει πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά (υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες, μεγάλο μέγεθος σπόρου και χαμηλός χρόνος βρασμού) και μπορεί να αξιοποιηθεί είτε για την απευθείας απελευθέρωση νέων ποικιλιών είτε για εισαγωγή του σε βελτιωτικά προγράμματα με στόχο την διατροφική αξία και την ποιότητα του σπόρου .

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών, των βιενεργών συστατικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας με την απόδοση (που μελετήθηκε στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο) προέκυψαν μερικές πολύ σημαντικές παρατηρήσεις όσον αφορά κάποια γενετικά υλικά. Στη κανονική εποχή σποράς, για τις σειρές που προέκυψαν από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα, η σειρά 9 συνδύασε την υψηλή απόδοση με υψηλό βάρος 1000 σπόρων, υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Η σειρά 15 συνδύασε την υψηλή απόδοση με υψηλό βάρος 1000 σπόρων, χαμηλό χρόνο βρασμού, υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών και υψηλές ολικές φαινόλες. Επιπλέον, η σειρά 14 είχε υψηλή απόδοση, χαμηλό χρόνο βρασμού, υψηλές πρωτεΐνες και υψηλές ολικές φαινόλες. Ενώ η σειρά 13 που είχε εξίσου υψηλή απόδοση είχε υψηλή αύξηση ενυδάτωσης, υψηλό ποσοστό περιβλήματος, υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών και υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες. Όσον αφορά τις σειρές που προέκυψαν από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς, ξεχώρισαν η σειρά 9 που είχε υψηλή απόδοση, μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης, υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα και η σειρά 16 που είχε υψηλή απόδοση, μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα.

Εκτός εποχής σπορά, για σειρές που προέρχονται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα, ξεχώρισε η σειρά 14, η οποία ήταν η πιο ανεκτική ξηρασία, που συνδύασε υψηλή απόδοση, υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Επιπλέον, η σειρά 15 που είχε υψηλή απόδοση είχε και υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες, και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, ενώ η σειρά 16 συνδύασε υψηλή απόδοση, μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Για τις σειρές που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα ξεχώρισε, και πάλι, η σειρά 14 η οποία συνδύασε την υψηλή απόδοση με υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών και υψηλή αντιοξειδωτική

ικανότητα. Η σειρά 15 είχε υψηλή απόδοση, μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης, χαμηλό χρόνο βρασμού και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Επιπλέον, πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία παρουσίασαν και οι ποικιλία-μάρτυρες M-1 και M-2. Συγκεκριμένα, η M-1 παράλληλα με την υψηλή απόδοση είχε χαμηλό χρόνο βρασμού, υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες και υψηλά ολικά φλαβονοειδή, ενώ η M-2 συνδύασε την υψηλή απόδοση με μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα.

Συνοψίζοντας, η σειρά 9, με προέλευση και τις δύο πυκνότητες και ιδιαίτερα τη χαμηλή, αποτελεί πολύτιμο γενετικό υλικό για σπορά εντός της κανονικής εποχής καθώς συνδύασε υψηλή απόδοση, υψηλά βιονεργά συστατικά και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Παράλληλα, σε σχέση με τη πρόοδο που επιτεύχθηκε με την επιλογή, η σειρά 9 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, υπερέφερε του αρχικού της πληθυσμού όσον αφορά τις ολικές φαινόλες και τα ολικά φλαβονοειδή, ενώ όσον αφορά τις ολικές ταννίνες και την αντιοξειδωτική ικανότητα υστερούσε του αρχικού της πληθυσμού, ωστόσο η μείωση στη τιμή των χαρακτηριστικών αυτών ήταν η μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες σειρές της κανονικής σποράς που προήλθαν από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα. Αντίστοιχα, η σειρά 14, της εκτός εποχής σποράς, με προέλευση την υψηλή πυκνότητα, ήταν η πιο ανεκτική στις ξηροθερμικές συνθήκες και συνδύασε υψηλή απόδοση και υψηλή διατροφική αξία, χαρακτηριστικά που την καθιστούν πολύτιμο γενετικό υλικό για σπορά στις δυσμενείς ξηροθερμικές συνθήκες του μέλλοντος που επιφέρει η κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, σε σχέση με τη πρόοδο που επιτεύχθηκε με την επιλογή, η σειρά 14 της εκτός εποχής σποράς, που προέρχεται από επιλογές στην πυκνότητα πυκνότητα, υπερέφερε του αρχικού της πληθυσμού όσον αφορά τις ολικές ταννίνες και την αντιοξειδωτική ικανότητα, ενώ όσον αφορά τις ολικές φαινόλες και τα ολικά φλαβονοειδή υστερούσε του αρχικού της πληθυσμού, ωστόσο η μείωση στη τιμή των χαρακτηριστικών αυτών ήταν πολύ μικρή συγκριτικά με τις υπόλοιπες σειρές της εκτός εποχής σποράς που προήλθαν από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα. Συνοψίζοντας, οι παραπάνω σειρές συνδυάζουν υψηλή απόδοση και υψηλή διατροφική αξία, γεγονός που τις καθιστά πολύτιμα γενετικά υλικά τα οποία θα μπορούσαν να οδηγηθούν σε εγγραφή στον Εθνικό Κατάλογο Ποικιλιών Καλλιεργούμενων Φυτών. Παράλληλα, οι ποικιλίες M-1, M-2, οι βελτιωμένες σειρές 5, 9, 13 της εκτός εποχής σποράς που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα και η σειρά 11 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται επίσης από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, λόγω των υψηλών ποιοτικών και διατροφικών χαρακτηριστικών ενδείκνυνται για χρήση σε βελτιωτικά προγράμματα. Επιπλέον, οι ποικιλίες-μάρτυρες M-1 και M-2 στην εκτός εποχής σπορά, και κυρίως οι επιλογές που έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα, συνδύασαν τα υψηλά ποιοτικά και

διατροφικά χαρακτηριστικά με σχετικά υψηλή απόδοση, γεγονός που ενισχύει τη καταλληλότητά τους για χρήση σε βελτιωτικά προγράμματα .

### **Επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά**

Όσον αφορά την επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στο βάρος 1000 σπόρων, στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα, πέντε σειρές υπερτερούσαν σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό, με τη σειρά 13 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πρόοδο (+14%) και τη σειρά 8 να παρουσιάζει τη μικρότερη πρόοδο (+5%). Όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα, τρεις σειρές υπερτερούσαν του αρχικού τους πληθυσμού, με τη σειρά 7 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πρόοδο (+7%). Στην εκτός εποχής σπορά, όταν επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα, μόνο η σειρά M-1 υπερτερούσε, κατά 12%, του αρχικού της πληθυσμού, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα, και πάλι μόνο η σειρά M-1 υπερτερούσε του αρχικού της πληθυσμού (1%).

Η επιλογή ως προς την απόδοση είχε αρνητική επίδραση στην αύξηση ενυδάτωσης και την ικανότητα ενυδάτωσης, καθώς όλες οι σειρές, ανεξάρτητα από την εποχή σποράς και την πυκνότητα στην οποία έγιναν οι επιλογές, οδηγήθηκαν σε μείωση σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς.

Όσον αφορά το ποσοστό περιβλήματος, στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα τρεις σειρές παρουσίασαν πρόοδο, με την σειρά 4 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη (+16%) και τη σειρά 5 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση (-61%). Όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα μόνο οι σειρές 3 και 4 παρουσίασαν πρόοδο, 1% και 7%, αντίστοιχα. Στην εκτός εποχής σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα πέντε σειρές υπερτερούσαν των αρχικών τους πληθυσμών, με τη σειρά 4 να παρουσιάζει πρόοδο 23%, που ήταν και η μεγαλύτερη, και τη σειρά 15 να παρουσιάζει πρόοδο 3%, που ήταν και η μικρότερη. Όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα τρεις σειρές παρουσίασαν πρόοδο, με τη σειρά 3 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη (14%).

Η επιλογή ως προς την απόδοση, είχε γενικότερα αρνητική επίδραση στο χρόνο βρασμού καθώς οδήγησε τις περισσότερες σειρές μεγαλύτερο χρόνο βρασμού σε σχέση τους αρχικούς πληθυσμούς. Συγκεκριμένα, στη κανονική εποχής σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα, μόνο η σειρά 12 είχε μικρότερο χρόνο βρασμού (-6%), ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα οι σειρές 12 και 13 παρουσίασαν μείωση, της τάξης του 5% και 1% αντίστοιχα, σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα, τρεις σειρές παρουσίασαν μείωση, με τη σειρά

12 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη (-11%), ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα πέντε σειρές παρουσίασαν μείωση, με τη σειρά 10 να καταγράφει τη μεγαλύτερη (-17%).

Τέλος, όσον αφορά το ποσοστό των πρωτεϊνών, στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα έξι σειρές παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, με τη σειρά 15 να καταγράφει τη μεγαλύτερη (+6%), ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα τρεις σειρές κατέγραψαν πρόοδο, με τη μεγαλύτερη να καταγράφεται από τη M-2 (+5%). Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα πέντε σειρές κατέγραψαν πρόοδο από 3% έως 8%, με τη μεγαλύτερη πρόοδο να καταγράφεται από τη σειρά M-2. Όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα τρεις παρουσίασαν πρόοδο, με τη μεγαλύτερη να παρατηρείται στη περίπτωση της σειράς 4 (+6%).

### **Επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα**

Τέλος, μελετήθηκε η επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα βιοενεργά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα.

Όσον αφορά τις ολικές φαινόλες, στη κανονική εποχή σποράς, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα επτά σειρές υπερτερούσαν σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, με τη σειρά 16 να υπερτερεί κατά 1%, έχοντας τη μικρότερη πρόοδο και τη σειρά 15 να υπερτερεί κατά 14% έχοντας τη μεγαλύτερη πρόοδο, ενώ όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα έξι σειρές παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, με τη σειρά 15 να παρουσιάζει πρόοδο 1%, που ήταν η μικρότερη, και τη σειρά 5 να παρουσιάζει πρόοδο κατά 23%, που ήταν και η μεγαλύτερη. Στην εκτός εποχής σπορά, όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα επτά σειρές παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς. Η σειρά 15 παρουσίασε τη μικρότερη πρόοδο (1%) και η σειρά M-1 τη μεγαλύτερη (14%). Όταν οι επιλογές έγιναν στη χαμηλή πυκνότητα σποράς πέντε σειρές παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, με τη σειρά 9 να υπερτερεί κατά 5% σε σχέση με τον αρχικό της πληθυσμό και τη σειρά 5 να υπερτερεί κατά 32%, που ήταν και η υψηλότερη διαφορά.

Ως προς τις ολικές ταννίνες, όταν οι επιλογές έγιναν στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα έξι σειρές υπερτερούσαν των αρχικών πληθυσμών. Η σειρά 15 παρουσίασε τη μεγαλύτερη πρόοδο (+32%), ενώ η σειρά 4 παρουσίασε πολύ μεγάλη μείωση (-264%) σε σχέση με τον αρχικό της πληθυσμό. Στη χαμηλή πυκνότητα τέσσερις σειρές υπερτερούσαν των αρχικών πληθυσμών από 5% έως 82%. Η σειρά 16 παρουσίασε τη μεγαλύτερη πρόοδο (+82%),

ενώ η σειρά 4 παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση (-900%). Αντίστοιχα, όταν οι επιλογές έγιναν στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα έξι σειρές παρουσίασαν πρόοδο, από 16% έως 74%, με τη σειρά 16, και πάλι, να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πρόοδο (+74%) και τη σειρά 6 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση (-510%). Στη χαμηλή πυκνότητα σποράς οκτώ σειρές παρουσίασαν πρόοδο σε σχέση με τους αρχικούς πληθυσμούς, από 21% έως 75%. Η σειρά 16 υπερτερούσε του αρχικού πληθυσμού της κατά 75%, ενώ η σειρά 6 υπολειπόταν του αρχικού της πληθυσμού κατά 184%.

Όσον αφορά την επίδραση της επιλογής ως προς την απόδοση στα ολικά φλαβονοειδή, όταν οι επιλογές έγιναν στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα μόνο μία σειρά υπερτερούσε, κατά 6%, του αρχικού της πληθυσμού, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα πέντε σειρές υπερτερούσαν σε σχέση με τους αρχικούς τους πληθυσμούς, από 2% έως 26%, με τη σειρά 14 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πρόοδο (+26%) και τη σειρά 4 τη μεγαλύτερη μείωση (-68%). Στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα καμία σειρά δεν ξεπέρασε τον αρχικό της πληθυσμό, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς εννιά σειρές υπερτερούσαν τους αρχικούς του πληθυσμούς, από 2% έως 23%. Τη μεγαλύτερη πρόοδο παρουσίασε η σειρά 11, η οποία υπερτερούσε του αρχικού της πληθυσμού κατά 23%, ενώ τη μεγαλύτερη μείωση παρουσίασε η σειρά 16, η οποία υπολειπόταν του αρχικού της πληθυσμού κατά 30%.

Ως προς την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS, όταν οι επιλογές έγιναν στη κανονική εποχή σποράς, στην υψηλή πυκνότητα δέκα σειρές παρουσίασαν πρόοδο, από 6% έως 69%, σε σχέση με τον αρχικό τους πληθυσμό, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα επτά σειρές παρουσίασαν πρόοδο, από 1% έως 69%. Στην εκτός εποχής σπορά, στην υψηλή πυκνότητα οκτώ σειρές υπερτερούσαν, από 26% έως 69%, του αρχικού τους πληθυσμού, ενώ στη χαμηλή πυκνότητα σποράς τρεις σειρές υπερτερούσαν του αρχικού τους πληθυσμού, από 11% έως 62%. Τέλος, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH, διαπιστώθηκε ότι η επιλογή με βάση την απόδοση είχε αρνητική επίδραση οδηγώντας όλες τις σειρές σε τιμές μικρότερες σε σχέση με τους αρχικούς τους πληθυσμούς.

Συνολικά, από τα παραπάνω προκύπτει ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή με βάση την απόδοση ήταν αποτελεσματικότερη στην υψηλή πυκνότητα σποράς για τις ολικές φαινόλες, τις ολικές ταννίνες και την αντιοξειδωτική δράση με βάση το ABTS, ενώ η επιλογή με βάση την απόδοση στη χαμηλή πυκνότητα ευνόησε μόνο τα ολικά φλαβονοειδή. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά όταν η επιλογή με βάση την απόδοση έγινε στην υψηλή πυκνότητα φαίνεται να ευνοήθηκαν οι ολικές φαινόλες και το ABTS, ενώ όταν η επιλογή με βάση την απόδοση έγινε στη χαμηλή πυκνότητα σποράς φαίνεται να ευνοήθηκαν οι ολικές ταννίνες και τα ολικά φλαβονοειδή.



Οι ολικές φαινόλες, οι ολικές ταννίνες και τα ολικά φλαβονοειδή παρουσίασαν μεγαλύτερη πρόοδο όταν οι επιλογές έγιναν εκτός εποχής. Για τις ολικές φαινόλες η μέση πρόοδος, στην εκτός εποχής σπορά, ήταν 14%, για τις ολικές ταννίνες ήταν 41% και για τα ολικά φλαβονοειδή ήταν 12%. Οι ολικές φαινόλες να εμφάνισαν παρόμοια πρόοδο και στις δύο πυκνότητες, ενώ οι ολικές ταννίνες και τα ολικά φλαβονοειδή παρουσίασαν μεγαλύτερη πρόοδο στη χαμηλή πυκνότητα. Οι σειρές κατέγραψαν πρόοδο όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα σποράς, ανεξάρτητα από την εποχή σποράς (30% στη κανονική εποχή σποράς και 43% στην εκτός εποχής σπορά). Παράλληλα, οι επιλογές ως προς την απόδοση φαίνεται να μην ευνοήσαν την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH, καθώς όλες οι σειρές είχαν χαμηλότερες τιμές από τον αρχικό τους πληθυσμό. Συνεπώς, από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι όταν οι επιλογές ως προς την απόδοση έγιναν στην εκτός εποχής σπορά και στη χαμηλή πυκνότητα οδήγησαν σε πρόοδο όσον αφορά τα βιοενεργά συστατικά. Αντίθετα, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το ABTS μεγαλύτερη πρόοδος παρατηρήθηκε όταν οι επιλογές έγιναν στην υψηλή πυκνότητα.

Συμπερασματικά, η σειρά 11, της κανονικής εποχής σποράς που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, και οι σειρές M-1, M-2, 5, 9 και 13, της εκτός εποχής σποράς που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα σποράς (Cluster 3) αποτελούν πολύτιμο γενετικό υλικό, τόσο για σπορά εντός της κανονικής εποχής όσο και για σπορά σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα, καθώς συνδυάζουν υψηλές τιμές ολικών φαινολών και ολικών ταννινών με υψηλό βάρος 1000 σπόρων και χαμηλό χρόνο βρασμού. Επιπλέον, πολύτιμο γενετικό υλικό αποτελούν και οι σειρές 3, 7 και 11, που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, καθώς σε ξηροθερμικές συνθήκες παρουσίασαν υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία**

Βλαχοστέργιος, Δ. (2012). Ελληνικές ποικιλίες οσπρίων. Έντυπο του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού «Δήμητρα».

Ηλιάδης, Κ. (2004). «Αμοργός» μια νέα ποικιλία ρεβιθιού με εξαιρετική νοστιμιά. Έντυπο του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού «Δήμητρα».

## Διεθνής Βιβλιογραφία

Agostini-Costa, T., Teodoro, A.F.P., Alves, R.B.M., Braga, L.R., Ribeiro, I.F., Silva, J.P., Quintana, L.G., Burle, M.L. (2015). Total phenolics, flavonoids, tannins and antioxidant activity of lima beans conserved in a Brazilian Genebank. *Ciência Rural*, 45(2): 335-341.

Alajaji, S.A. and El-Adawy, T.A. (2006) Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 806-812.

AOAC International. (2005). Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, Md.: AOAC International.

Ashrafi, R., Najafy, A., Shaban, M., Mohebodini, M., Vaseghi, A., Sohrabi-Babahadi, F., Mostafaie, A. (2014). Comparing protein pattern and drought tolerant indicators as Screening techniques for drought tolerance in common wheat genotypes. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(2): 251-258.

Avola, G., Patane, C. (2010). Variation among physical, chemical and technological properties in three Sicilian cultivars of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 2565-2572.

Awasthi R., Kaushal N., Vadez V., Turner N.C., Berger J., Siddique K.H., et al. (2014): Individual and combined effects of transient drought and heatstress on carbon assimilation and seed filling in chickpea. *Functional Plant Biology*, 41: 1148–1167.

Baby, J., Jini, D. (2011). Development of Salt Stress-tolerant Plants by Gene Manipulation of Antioxidant Enzymes. *Asian Journal of Agricultural Research*, 5(1): 17-27.

Badshah, A., Khan, M., Bibi, N., et al. (2003) Quality studies of newly evolved chickpea cultivars. *Advances in Food Sciences*, 25: 95-99.

Brankovic, G., Dragičević, V., Dodig, D., Zorić, M., Knežević, D., Žilić, S., Denčić, S., Šurlan, G. (2015). Genotype × Environment interaction for antioxidants and phytic acid contents in bread and durum wheat as influenced by climate. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(2): 139-146.

Ceyhan, E., Harmankaya, M., Avcı, M.A. (2008). Effects of sowing dates and cultivars on protein and mineral contents of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Asian Journal of Chemistry*, 20(7): 5601-5613.

Cheng, Z., Moore, J., Yu, L. (2006). High-throughput Relative DPPH Radical Scavenging Capacity Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20): 7429-7436.

- Choi, Y.M., Yoon, H., Lee, S., Ko, H.C., Shin, M.J., Lee, M.C., Hur, O.S., Ro, N.Y., Desta, K.T. (2020). Isoflavones, anthocyanins, phenolic content, and antioxidant activities of black soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by seed weight. *Scientific Reports*, 10: 19960.
- Cobos, M.J., Izquierdo, I., Sanz, M.A., Tomas, A., Gil, J., Flores, F., Rubio, J. (2016). Genotype and environment effects on sensory, nutritional, and physical traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(4).
- de Abreu, I.N., Mazzafera, P. (2005). Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43: 241–248.
- Dehal, I. B., Kalia, R., Kumar, B. (2016). Genetic estimates and path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under normal and late sown environments. *Legume Research*, 39(4): 510-516.
- Demiral, T., Turkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defence systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53: 247-257.
- Duranti, M. and Gius, C. (1997). Legume seeds: Protein content and nutritional value. *Field Crops Research*, 53: 31-45.
- Farah, A., Donangelo, C.M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18:23–36.
- Fazlul Kabir A.H.M., Bari M.N., Abdul Karim M.D., Abdul Khaliq Q., Ahmed J.U. (2009): Effect of sowing time and cultivars on the growth and yield of chickpea under rainfed condition. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34(2): 335-342.
- Fidrianny, I., Puspitasari, N., Singgih, M.W. (2014). Antioxidant activities, total flavonoids, phenolic, carotenoid of various shells extracts from four species of legumes. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(4): 42-46.
- Gangola, P.M., Khedikar, Y.P., Gaur, P.M., Baga, M., Chibbar, R.N. (2013). Genotype and Growing Environment Interaction Shows a Positive Correlation Between Substrates of Raffinose Family Oligosaccharides (RFO) Biosynthesis and Their Accumulation in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(20): 4943-4952.

- Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., Knights, E.J., Warkentin, T.D., Acikgoz, N., Yadav, S.S., Kumar, J. (2007). Chapter 19: Breeding achievements. In: Yadav SS, Redden B, Chen W, Sharma B (eds) Chickpea Breeding and Management. CAB International, UK, pp 391–416.
- Ghribi, S., Tabatabaei, B.E.S., Saeidi, G., Goli, S.A.H. (2015). Effect of Drought Stress on Total Phenolic, Lipid Peroxidation, and Antioxidant Activity of *Achillea* Species. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 178(4): 796-809.
- Gil, J., Cubero, J.I. (1993). Inheritance of seed coat thickness in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and its evolutionary implications. *Plant Breeding*, 111: 257-270.
- Gill, S.S, Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12): 909-930.
- Hood-Niefer, S.D., Warkentin, T.D., Chibbar, R.N., Vandenberg, A., Tyler, R.T. (2012). Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein in, and the physicochemical properties of starch from, field pea and fababean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 141-150.
- Hulse, J.H. (1991). Nature, composition and utilization of grain legumes. In: Uses of tropical Legumes: Proceedings of a Consultants' Meeting. 27-30 March 1989, ICRISAT Center ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324 India. pp 11-27.
- Iliadis, C. (2003). Influence of genotype and soil type on cooking time in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *International Journal of Food Science and Technology*, 38: 89-93.
- Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., Khan, M.S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97: 331-335.
- Iqbal, S., Iqbal, M.B., Farooq, A. (2016). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chemistry*, 93(2): 265-272.
- Jaafar, H.Z., Ibrahim, M.H., Fakri, N.F.M. (2012). Impact of soil field water capacity on secondary metabolites, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), malondialdehyde (MDA) and photosynthetic responses of Malaysian Kacip Fatimah (*Labisia umila* Benth). *Molecules*, 17: 7305–7322.
- Jackson, G.M., Varriano-Marston, E. (1980). A Simple Autoradiographic Technique for Studying Diffusion of Water Into Seeds. *Plant Physiology*, 65(6): 1229-1230.
- Kahraman, A., Ceyhan, E., Harmankaya, M. (2015). Nutritional variation and drought tolerance in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Elementology*, 20(2): 331-341.

- Kainama, H, Fatmawati, S., Santoso, M., Papilaya, P.M., Ersam, T. (2020). The relationship of free radical scavenging and total phenolic and flavonoid contents of *Garcinia lasoar* PAM. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 53(12).
- Kaur, K., Grewal, S.K., Gill, P.S., Singh, S. (2019). Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4): 1864-1876.
- Kaur, M., Singh, N. and Sodhi, N.S. (2005). Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 69: 511-517.
- Kim, J.A., Jung, W.S., Chun, S.C., Yu, C.Y., Ma, K.H., Gwag, J.G., Chung, I.M. (2006). A correlation between the level of phenolic compounds and the antioxidant capacity in cooked-with-rice and vegetable soybean (*Glycine max* L.) varieties. *European Food Research and Technology*, 224: 259-270.
- Knights, E.I., Acikgoz, A., Warkentin, T., Bejiga, G., Yadav, S.S., Sandhul, I.S. (2007). Area, Production, Distribution. In: S.S. Yadav, R.J. Redden, W. Chen, B. Sharma (ed.) Chickpea Breeding and Management. Trowbridge: Cromwell Press, pp. 167-79.
- Kumar, P.P., Hemantarjan, A., Sarma, B.K., Singh, R. (2011). Growth and antioxidant system under drought stress in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(4): 130-144.
- Kumar, R., Appunu, C., Mahadeviah, C., Sreenivasa, V., Waldia, R.S., Meena, M.R., Chhabra M.L. (2013). Impact of ascochyta blight disease on the expression of biochemical compounds in chickpea. *Legume Research*, 36: 268-70.
- Lopez Bellido, L., Fuentes, M. (1990). Cooking quality of chickpea. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires*, 9: 113-125.
- Makkar, H.P.S., Bluemmel, M., Borowy, N.K., Becker, K. (1993). Gravimetric determination of tannins and their correlation with chemical and protein precipitation method. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 61: 161-165.
- Moss, R. (1977). An autoradiographic technique for the location of conditioning water in wheat at the cellular level. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(1): 23-33.
- Nikolopoulou, D., Grigorakis, K., Stasini, M., Alexis, M., Iliadis, K. (2006). Effects of cultivation area and year on proximate composition and antinutrients in three different kabuli-

- type chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *European Food Research and Technology*, 223: 737-741.
- Nogues, S., Allen, D.J., Morison, J.I.L., Baker, N.R. (1998). Ultraviolet-B radiation effects on water relations, leaf development and photosynthesis in droughted pea plants. *Plant Physiology*, 117: 173–181.
- Patane, C., Iaconi, E., Raccuia, S.A. (2004). Physico-chemical characteristics, water absorption, soaking and cooking properties of some Sicilian populations of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(7): 547-554.
- Primi R., Ruggeri, R., Ronchi, B., Bernabucci, U., Rossini, F., Martin-Pedrosa, M., Paolo Danieli, P.P. (2019): Sowing Date and Seeding Rate affect Bioactive Compound Contents of Chickpea Grains. *Animals*, 9(8): 571.
- Rani, R., Khabiruddin, M. (2016). Phytochemical Properties of Processed Chickpea varieties of Haryana (India). *Oriental Journal of Chemistry*, 32(5): 2803-2811.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231–1237.
- Ruggeri, R., Primi, R., Danieli, P.P., Ronchi, B., Rossini, F. (2017). Effects of seeding date and seeding rate on yield, proximate composition and total tannins content of two Kabuli chickpea cultivars. *Italian Journal of Agronomy*, 12:890.
- Sarika, K., Bharadwaj, C., Kumar, T., Sachdeva, S., Satyavathi, C.T., Jain, P.K., Patil, B.S., Sarker, A., Sai Prasad, S.V. (2019). Correlation of seed quality traits with 100 seed weight in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3): 4006-4011.
- Sarker, U., Oba, S. (2018). Drought stress enhances nutritional and bioactive compounds, phenolic acids and antioxidant capacity of *Amaranthus* leafy vegetable. *BMC Plant Biology*, 18: 258.
- Shahidi, F. Food phenolics and their role in antioxidation and health promotion. In: Polyphenols communications, 2002, 1, 257–258.
- Shalata, A., Mittova, M., Volokita, M.G., Tal, M. (2001). Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relevant *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system. *Journal of Plant Physiology*, 112: 487-494.

- Shao, Y., Xu, F., Chen, Y., Huang, Y., Beta, T., Bao, J. (2015). Analysis of Genotype, Environment, and Their Interaction Effects on the Phytochemicals and Antioxidant Capacities of Red Rice (*Oryza sativa* L.). *Cereal Chemistry*, 92(2): 204-210.
- Singh, B., Singh, J.P., Kaur, A. et al. (2017). Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: a review. *Food Research International*, 101: 1–16.
- Singh, U.B., Erskine, W., Robertson, L.D., Nakkoul, H., Williams, P.C. (1988). Influence of pretreatment on cooking quality parameters of dry food legumes. *Journal of Food Science and Agriculture*, 44: 135-142.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144–58.
- Sivaci, A., and S. Duman. (2014). Evaluation of seasonal antioxidant activity and total phenolic compounds in stems and leaves of some almond (*Prunus amygdalus* L.) varieties. *Biological Research*, 47:9.
- Tharayil, N., Suseela, V., Triebwasser, D.J., Preston, C.M., Gerard, P.D., Dukes, J.S. (2011). Changes in the structural composition and reactivity of *Acer rubrum* leaf litter tannins exposed to warming and altered precipitation: climatic stress-induced tannins are more reactive. *New Phytologist*, 191: 132-145.
- Toğay Y, Toğay N, Çig F, Akkoc G. (2019). Determination of some quality criteria and nutrient contents of local black chickpea genotypes growth in different locations. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(5): 10575-10585.
- Top, S.M., Preston, C.M., Dukes, J.S., Tharayil, N. (2017). Climate Influences the Content and Chemical Composition of Foliar Tannins in Green and Senesced Tissues of *Quercus rubra*. *Frontiers in Plant Science*, 8: 423.
- Tripathi, S., Sridhar, V., Jukanti, A.K., Suresh, K., Rao, B.V., Gowda, C.L.L., Gaur, P.M. (2012). Genetic variability and interrelationships of phenological, physicochemical and cooking quality traits in chickpea. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 10(3): 194–201.
- Williams, P., El-Haramein, F.J., Nakkoul, H., Rihawi, S. (1988). Crop quality evaluation methods and guidelines. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 145 p.

- Williams, P.C., Nakoul, H., Singh, K.B. (1983). Relationship Between Cooking Time and Some Physical Characteristics in Chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Science and Agriculture*, 34: 492-496.
- Williams, P.C., Singh, U. (1987). Nutritional quality and the evaluation of quality in breeding programs. In: The chickpea; Saxena MC & Singh KB (eds), pp: 329-356. CAB Int, Oxford, UK.
- Wood, J.A., Harden, S. (2006). A Method to Estimate the Hydration and Swelling Properties of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Science*, 71(4): 190-195.
- Wood, J.A., Knights, E.J., Harden, S. (2008). Milling performance in desi-type chickpea (*Cicer arietinum* L.): effects of genotype, environment and seed size. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 108-115.
- Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). Determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64: 555-559.
- Zrckova M., Capouchova I., Eliasova M., Paznocht L., Pazderu K., Dvorak P., Konvalina P., Orsak M., Sterba Z. (2018). The effect of genotype, weather conditions and cropping system on antioxidant activity and content of selected antioxidant compounds in wheat with coloured grain. *Plant, Soil and Environment*, 64(11): 530-538.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

## Επίδραση της Υδατικής Καταπόνησης με τη Χρήση Πολυαιθυλενικής Γλυκόλης στη Βλαστική Ικανότητα 10 Γενοτύπων Ρεβιθιού (*Cicer arietinum* L.)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ρεβίθι αποτελεί ένα πολυχρηστικό είδος και καλλιεργείται σε όλες τις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα της καλλιέργειας του ρεβιθιού είναι η υψηλή προσαρμοστική ικανότητα σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Για την δημιουργία συνθηκών υδατικής καταπόνησης χρησιμοποιήθηκαν έξι διαλύματα πολυαιθυλενική γλυκόλης (PEG), 0% (μάρτυρας), 5%, 10%, 20%, 30% και 50% σε τέσσερις επαναλήψεις. Η πολυαιθυλενική γλυκόλη προκαλεί προσομοίωση συνθηκών υδατικής καταπόνησης, διότι μειώνει την ικανότητα απορρόφησης νερού του σπόρου χωρίς να εισέρχεται στο εσωτερικό του. Αξιολογήθηκαν 10 ποικιλίες, πέντε προερχόμενες από την Ελλάδα και πέντε από το εξωτερικό (ICARDA, Μεξικό). Μετρήθηκε το ποσοστό βλάστησης των σπόρων, η ικανότητα απορρόφησης νερού, το μήκος της ρίζας και του βλαστού, ο δείκτης ευρωστίας σπόρου και το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας. Επιπλέον, εκτιμήθηκαν και δείκτες όπως ο δείκτης βλαστικότητας, ο μέσος χρόνος βλάστησης και ο μέσος ρυθμός βλάστησης. Όλα τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν επηρεάστηκαν σημαντικά από τη συγκέντρωση του PEG. Παρατηρήθηκε παραλλακτικότητα μεταξύ των ποικιλιών ως προς την μέση βλαστική ικανότητα για όλα τα επίπεδα καταπόνησης που κυμάνθηκε από 100% έως 0%. Οι ποικιλίες Θήβα, Γαύδος, Κερύνεια και ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος έδειξαν να υπερτερούν όσον αφορά την αντοχή στην ξηρασία. Ανάπτυξη της ρίζας παρουσιάστηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις, με κάποιες από τις ποικιλίες να έχουν την ικανότητα ανάπτυξης ρίζας ακόμα και στην μεταχείριση PEG 50%. Οι ποικιλίες Θήβα και Κερύνεια είχαν το μεγαλύτερο μήκος ρίζας. Όσον αφορά την ανάπτυξη του βλαστού, αυτή μηδενίστηκε, για όλες τις ποικιλίες, στην μεταχείριση PEG 30%. Οι ποικιλίες Γαύδος και Κερύνεια εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές όσον αφορά την ικανότητα απορρόφησης νερού και το ποσοστό υγρασίας του σπόρου, γεγονός που επισημαίνει την υπεροχή αυτών των ποικιλιών ως προς την ικανότητα πρόσληψης νερού. Όπως είναι λογικό, με βάση τα όσα αναφέρθηκαν για το μήκος της ρίζας και το μήκος του βλαστού, η ποικιλίες Θήβα και Κερύνεια, ακολουθούμενες από την ποικιλία Γαύδος, είχαν τον μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας σπόρου.

Συμπεραίνεται ότι υπάρχει αξιόλογη ποικιλιακή παραλλακτικότητα ως προς την βλαστική ικανότητα σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Επιπλέον, με βάση τα αποτελέσματα ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου είναι ένα κριτήριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αντοχής στην ξηρασία για το ρεβίθι. Οι ποικιλίες Θήβα και Κερύνεια,

ακολουθούμενες από την ποικιλία Γαύδος, έδειξαν να υπερτερούν όσον αφορά την αντοχή στην υδατική καταπόνηση. Οι προαναφερθείσες ποικιλίες, μαζί με τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος φαίνεται να είναι υλικά κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν σε βελτιωτικά προγράμματα. Ωστόσο, η απόδοση μιας ποικιλίας στο εργαστήριο συχνά διαφέρει από την απόδοση της στο χωράφι, έτσι η αδιαμφισβήτητη αντοχή στην ξηρασία των προαναφερθεισών ποικιλιών θα πρέπει να αξιολογηθεί περαιτέρω και να επιβεβαιωθεί σε πειράματα αγρού.

---

Από το παρόν κεφάλαιο προέκυψε η ακόλουθη δημοσίευση: Koskosidis, A., Khah, E., Mavromatis, A., Pavli, O., Vlachostergios, D.N. (2020). Effect of PEG-induced drought stress on germination of ten chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1): 294-304.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μέθοδοι βελτίωσης του ρεβιθιού για αυξημένη παραγωγή σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης επικεντρώνονταν κυρίως στην δημιουργία ποικιλιών με μικρό βιολογικό κύκλο, που ωριμάζουν πριν η ξηρασία φτάσει σε υψηλά επίπεδα (Kumar et al., 1985; 2001). Ωστόσο, οι ποικιλίες μικρού βιολογικού κύκλου χαρακτηρίζονταν από μειωμένη παραγωγή. Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο θα πρέπει να δημιουργηθούν ποικιλίες σχετικά μεγαλύτερης διάρκειας (μέσης), είτε μέσω της αποφυγής της ξηρασίας είτε μέσω των μηχανισμών ανεκτικότητας (Sabaghrou et al., 2003). Παρατηρήθηκε ότι το αυξημένο μήκος της ρίζας και η κατανομή της στον χώρο σχετίζονται με την αύξηση της παραγωγής καθιστώντας έτσι το μήκος της ρίζας ένα σημαντικό χαρακτηριστικό προς μελέτη για την ανάπτυξη ποικιλιών με στόχο την αποφυγή της ξηρασίας (Jordan et al., 1983; Jones & Zur, 1984; Ludlow & Muchow, 1990; Silim & Saxena, 1993; Kashiwagi et al., 2005). Η ικανότητα πρόσληψης επαρκούς ποσότητας νερού αποδείχθηκε κομβικής σημασίας για την βελτίωση της παραγωγής (Fischer et al., 1998; Blum 2009; Wasson et al., 2012). Αυτή η ικανότητα συνδέεται με το μέγεθος και την δραστηριότητα του ριζικού συστήματος (Gowda et al., 2012) και αποτελεί μία από τις πιο υποσχόμενες προσεγγίσεις όσον αφορά την αντοχή στη ξηρασία (Kamoshita et al., 2000; Okada et al., 2002; Kashiwagi et al., 2006, 2014; Bernier et al., 2009). Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι δεν αρκεί μόνο το μέγεθος του ριζικού συστήματος, καθώς καθοριστικό ρόλο παίζει και η ικανότητα αξιοποίησης του διαθέσιμου νερού από το φυτό.

Η αντοχή στην ξηρασία, όπως ορίστηκε από τον Hall (1993), είναι η σχετική παραγωγή ενός γενοτύπου όταν συγκρίνεται με άλλους γενοτύπους, που υπόκεινται στην ίδια υδατική καταπόνηση. Ο Richards (1978) υποστήριξε ότι η βλάστηση, που είναι η πιο ευαίσθητη φάση κατά τη διάρκεια της ζωής του ρεβιθιού, είναι το καταλληλότερο κριτήριο για τη διερεύνηση ύπαρξης αντοχής στην ξηρασία. Ωστόσο, η επιλογή υπέρτερων γενοτύπων, ως προς την συγκεκριμένη αντοχή, στον αγρό κρίνεται δύσκολη και χρονοβόρα λόγω της ύπαρξης πολλών, ενδεχομένως περιοριστικών, παραγόντων (αδυναμία ελέγχου των καιρικών συνθηκών, ανομοιομορφία του εδάφους κτλ.). Η υδατική καταπόνηση μπορεί να προσομοιωθεί με τη χρήση εδάφους ως υπόστρωμα βλάστησης, διάλυμα εδάφους ή άλλα διαλύματα (Sharma, 1973). Οι εδαφικές συνθήκες είναι δύσκολο να προσομοιωθούν. Έτσι κρίνεται σκόπιμη η χρήση άλλων, *in vitro*, μεθόδων οι οποίες είναι ταχύτερες και πιθανόν, πιο ακριβείς. Τα οσμωτικά διαλύματα χρησιμοποιούνται ευρέως για αξιολόγηση της αντοχής των γενοτύπων στην ξηρασία. Τα οσμωτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το χλωριούχο νάτριο, η γλυκερόλη, η σουκρόζη, η πολυαιθυλενογλυκόλη (PEG) και η μανιτόλη (Parmar & Moore, 1968; Sharma, 1973). Τα οσμωτικά διαλύματα με μικρό μοριακό βάρος, όπως η

σουκρόζη, το χλωριούχο νάτριο, η γλυκερόλη και η μανιτόλη, τείνουν να εισχωρούν στους σπόρους προκαλώντας τοξικότητα. Η χρήση της πολυαιθυλενογλυκόλης (PEG) είναι μία εξαιρετικά ακριβής μέθοδος για την διερεύνηση ύπαρξης ανοχής ή αντοχής σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Kulkarni & Deshpande, 2007). Τα διαλύματα πολυαιθυλενογλυκόλης επιτυγχάνουν την προσομοίωση συνθηκών υδατικής καταπόνησης, καθώς σε μοριακό επίπεδο μειώνουν το υδατικό δυναμικό, μειώνοντας έτσι τη διαθεσιμότητα του νερού (Michel, 1983), χωρίς ωστόσο να εισχωρούν στον σπόρο λόγω του υψηλού μοριακού τους βάρους (4000 ή παραπάνω) (Hohl & Schorfer, 1991). Επειδή το PEG δεν εισέρχεται στην αποπλαστική οδό, το νερό απορρίπτεται όχι μόνο από τα κύτταρα αλλά και από τα κυτταρικά τοιχώματα (Verslues et al., 1998).

Έχουν γίνει πολλές έρευνες για την εύρεση γενοτύπων ρεβιθιού ανθεκτικών στη ξηρασία, με τη χρήση *in vitro* μεθόδων. Σύμφωνα με τους Kalefetoglu et al. (2009) η έλλειψη νερού επηρέασε την βλαστικότητα και την ανάπτυξη στο ρεβίθι. Επιπλέον, παρόμοια είναι τα αποτελέσματα από την έλλειψη νερού στην βλαστικότητα και την ανάπτυξη των σπόρων και άλλων καλλιεργειών όπως ο ηλίανθος (Ahmad et al., 2009), η φακή (Turk et al., 2004), το ρύζι (Pirdashti et al., 2003) και το τριτικάλε (Kaydan & Yagmur, 2008). Μείωση του ωσμωτικού δυναμικού οδηγεί σε μείωση του ποσοστού βλάστησης των σπόρων (Yucel et al., 2010). Στην έρευνα των Almansouri et al. (2001) παρατηρήθηκε ότι καταπονήσεις μέτριας έντασης, μέχρι και τα -0,3 MPa, καθυστερούν την βλάστηση, ενώ καταπονήσεις με υψηλότερη συγκέντρωση PEG έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του τελικού ποσοστού βλάστησης. Για όλα τα είδη υπάρχει ένα ωσμωτικό δυναμικό πάνω από το οποίο δεν μπορούν να βλαστήσουν (Delachiaive & de Pino, 2003). Στο είδος *Senna Occidentalis* η βλάστηση σταμάτησε σε ωσμωτικό δυναμικό -1,2 MPa (Delachiaive & de Pino, 2003). Οι γενότυποι ρεβιθιού που χρησιμοποίησαν οι Yucel et al. (2010) έχασαν την ικανότητα βλάστησης σε ωσμωτικό δυναμικό -0,8 MPa. Αντίθετα οι γενότυποι ρεβιθιού που χρησιμοποίησαν οι Kalefetoglu et al. (2009) συνέχισαν να βλαστάνουν σε ωσμωτικό δυναμικό έως -0,8 MPa.

Εκτός από το ποσοστό βλάστησης, το μήκος της ρίζας και του βλαστού είναι δύο πολύ σημαντικές παράμετροι. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά μειώνονται δραστικά, όπως και το ποσοστό βλάστησης, με την μείωση του ωσμωτικού δυναμικού (Alam et al., 2002). Ωστόσο, σύμφωνα με Okcu et al. (2005) και Alam et al. (2002), σε περιπτώσεις υδατικής καταπόνησης το μήκος του βλαστού επηρεάζεται περισσότερο απ' ό,τι το μήκος της ρίζας. Σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης οι ποικιλίες με μεγαλύτερη ρίζα είναι πιο πιθανό να ανταπεξέλθουν καλύτερα (Dhanda et al., 1995). Παράλληλα το μήκος της ρίζας και το μήκος του βλαστού φαίνεται να έχουν θετική συσχέτιση με το ποσοστό βλάστησης, συνεπώς οποιαδήποτε αύξηση

σε αυτά τα χαρακτηριστικά έχει θετικό αντίκτυπο στο τελικό ποσοστό βλάστησης (Radhouane, 2007).

Η διαθεσιμότητα του νερού είναι, συνήθως, ένας περιοριστικός παράγοντας για τους σπόρους που βρίσκονται εκτός λήθαργου, επηρεάζοντας το ποσοστό βλάστησης (Marcos-Filho, 2005; Kaydan & Yagmur, 2008). Ένα συγκεκριμένο επίπεδο ενυδάτωσης απαιτείται για την σύνθεση των υδρολυτικών ενζύμων, τα οποία είναι υπεύθυνα για την υδρόλυση των αποθηκευμένων ουσιών. Επομένως, είναι προφανής η σύνδεση που υπάρχει μεταξύ του ποσοστού της βλάστησης και του ποσοστού περιεχόμενης υγρασίας του σπόρου. Η αρνητική σύνδεση μεταξύ του ποσοστού της βλάστησης και της συγκέντρωσης του PEG αναλύθηκε παραπάνω ωστόσο, σύμφωνα με πολλές μελέτες (Bajji et al., 2000; Guoxiong et al., 2002; Wu et al., 2011; Haouari et al., 2013) και το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του PEG. Τα υδρολυμένα προϊόντα χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του φυτικού ιστού και την επιμήκυνση του βλαστού (Canas et al., 2006). Η βλάστηση του σπόρου σχετίζεται άμεσα με την κινητοποίηση των αποθεμάτων, με την παραγωγή ενέργειας μέσω της αναπνοής, με την δραστηριότητα των ενζύμων και των ορμονών και με την διάλυση του πρωτοπλάσματος για αύξηση του μεταβολισμού (Haouari et al., 2013). Το αποτέλεσμα μετριέται με βάση το χρονικό εύρος στο οποίο οι σπόροι έχουν βλαστήσει (το τελικό ποσοστό βλάστησης που επιτυγχάνεται) και το πόσο γρήγορα η διαδικασία της βλάστησης φτάνει στο τέλος της. Συχνά όμως, άλλοι παράμετροι αποτελούν σημαντικούς παράγοντες, από αγροκομικής και φυσιολογικής άποψης (Jones & Sanders, 1987; Esehie, 1994, Kader et al., 1998; 1999; 2005). Ο χρόνος μεταξύ του πρώτου σπόρου που βλαστάνει και του τελευταίου, η παραλλακτικότητα στην ταχύτητα της βλάστησης και ο χρόνος στον οποίο η πλειοψηφία των σπόρων θα βλαστήσει έχουν αντίκτυπο σε ποικίλες διαδικασίες όπως η λίπανση, η συγκομιδή και η ωρίμανση της καλλιέργειας στο χωράφι (Roberts, 1981; Washitani & Saeki, 1986; Kader & Jutzi, 2001). Η βλάστηση θεωρείται μία ποσοτική αντίδραση ανάπτυξης ενός σπόρου που συμβαίνει σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ωστόσο, ο κάθε σπόρος μιας μεταχείρισης μπορεί να αντιδράσει σε διαφορετική χρονική στιγμή (Harper & Benton 1966; Orchard, 1977; Scott et al., 1984). Αυτό οδηγεί σε μία κατάσταση όπου το τελικό ποσοστό βλάστησης δεν είναι από μόνο του αρκετό σαν αποτέλεσμα, εξαιτίας της έλλειψης ικανότητας σύγκρισης δύο διαφορετικών παρτίδων δεδομένων (οι σπόροι της μιας παρτίδας μπορεί να έχουν βλαστήσει γρηγορότερα από τους σπόρους της άλλης, αλλά και οι δύο παρτίδες να έχουν το ίδιο τελικό ποσοστό βλάστησης). Αυτό το γεγονός αποτέλεσε αντικείμενο πολλών εργασιών οι οποίες συνέδεσαν τις μεταχειρίσεις των σπόρων με το ποσοστό βλάστησης, οδηγώντας στην ανάπτυξη αρκετών τεχνικών μέτρησης της βλαστικότητας

(Heydecker, 1966; Scott et al., 1984; Carberry & Campbell, 1989). Οι πιο ακριβείς τεχνικές μέτρησης της βλαστικότητας είναι ο Μέσος Χρόνος Βλάστησης, ο Σχετικός Ρυθμός Βλάστησης και ο Δείκτης Βλάστησης (Kader, 2005; Sharma et al., 2013). Ο Μέσος Χρόνος Βλάστησης είναι μία ακριβής μέτρηση του χρόνου που χρειάστηκε μία μεταχείριση για να βλαστήσει. Ωστόσο, δεν έχει πολύ υψηλή συσχέτιση με την έκταση του χρόνου της βλάστησης ή με την ομοιομορφία της, καθώς εστιάζει περισσότερο στην ημέρα κατά την οποία βλάστησαν οι περισσότεροι σπόροι. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι σπόροι διαφορετικών μεταχειρίσεων μπορεί να βλαστήσουν σε διαφορετικό χρονικό εύρος και να επιτύχουν διαφορετικό τελικό ποσοστό βλαστικότητας και παρά ταύτα, να έχουν τον ίδιο μέσο χρόνο βλάστησης. Ο Σχετικός Ρυθμός Βλάστησης απλά δείχνει το ποσοστό της βλαστικότητας ανά ημέρα, έτσι όσο πιο υψηλός είναι ο αριθμός των βλαστησάντων σπόρων και όσο πιο μικρή είναι η διάρκεια τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός. Ωστόσο, ο σχετικός ρυθμός βλάστησης υπολείπεται όσον αφορά την συσχέτιση με την χρονική στιγμή κατά την οποία βλάστησε η πλειοψηφία των σπόρων και με την χρονική στιγμή κατά την οποία βλάστησε η μειοψηφία των σπόρων, καθώς κατανέμει το ποσοστό βλαστικότητας εξίσου σε όλο το χρονικό εύρος. Ο Δείκτης Βλάστησης φαίνεται να είναι η πιο περιεκτική παράμετρος καθώς συνδυάζει αποτελεσματικότερα το ποσοστό βλαστικότητας και την ταχύτητα με την οποία αυτό επιτεύχθηκε (Kader, 2005). Υψηλός Δείκτης βλάστησης υποδηλώνει υψηλό ποσοστό βλαστικότητας και υψηλό ρυθμό βλάστησης (Bench & Arnold et al., 1991).

Το μέγεθος του σπόρου είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος του φυτού αλλά και την παραγωγή (Al-Karakí, 1998). Παράλληλα, σύμφωνα με τον Weimarck (1975), υπάρχει σύνδεση του μεγέθους του σπόρου και του ποσοστού βλάστησης σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, καθώς παρατήρησε ότι οι μεγαλύτεροι σπόροι τείνουν να έχουν υψηλότερο ποσοστό βλάστησης από του σπόρους μεσαίου ή/ και μικρού μεγέθους. Επιπλέον, το μέγεθος του σπόρου φαίνεται να συσχετίζεται θετικά και με την ευρωστία του σπόρου, καθώς οι σπόροι μεγάλου μεγέθους τείνουν να είναι πιο εύρωστοι (Ries & Everson, 1973).

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η υδατική καταπόνηση δύναται να επηρεάζει το ποσοστό βλάστησης, καθώς και το μέγεθος της ρίζας και του βλαστού. Επομένως, η αναγνώριση γενοτύπων ανθεκτικών στη ξηρασία δεν μπορεί να γίνει με βάση μόνο ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά. Συνεπώς κρίνεται σκόπιμη η χρήση ενός δείκτη ο οποίος συνδυάζει αυτά τα χαρακτηριστικά. Ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου συνδυάζει το ποσοστό βλάστησης και το μέγεθος του σποροφύτου, όπως αυτό προκύπτει από το άθροισμα του μήκους της ρίζας και του μήκους του βλαστού. Έτσι σύμφωνα με τον δείκτη ευρωστίας μπορούμε να

κατατάξουμε τις ποικιλίες με βάση την ανθεκτικότητά τους στην ξηρασία, κάνοντας έτσι την επιλογή μας πιο αποτελεσματική.

## ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης, με τη χρήση πολυαιθυλενικής γλυκόλης, στο ποσοστό βλαστικότητας και σε χαρακτηριστικά που αφορούν τη βλάστηση.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Γενετικό υλικό

Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος, τις καθαρές σειρές M-15935 και Line 9/14, τις εμπορικές ποικιλίες E-202, E-229 και M-10544 οι οποίες δημιουργήθηκαν στο Ινστιτούτο Βιομηχανικών & Κτηνοτροφικών Φυτών Λάρισας, τρεις πληθυσμοί (CAT16-31, CAT16-27, CAT16-4) που προέρχονται από το ICARDA και διατηρούνται στο IBKΦ και έναν εμπορικό σπόρο με την ονομασία Macarena. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

**Πίνακας 3.1.** Γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε.

Γενότυπος	Προέλευση	Βάρος 100 σπόρων (g)
E-202	IBKΦ	49,5
E-229	IBKΦ	45,9
Macarena	Μεξικό	81,8
CAT16-31	ICARDA	43,7
CAT16-27	ICARDA	41,3
M-10544	IBKΦ	41,5
CAT16-4	ICARDA	38,1
M-15935	IBKΦ	54
Line 9/14	IBKΦ	55,4
Λήμνος	Ελλάδα	37,7



## Μεταχειρίσεις και πειραματικό σχέδιο

Οι συνθήκες υδατικής καταπόνησης δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας την πολυαιθυλενική γλυκόλη σε πέντε διαφορετικά επίπεδα 0% (μάρτυρας), 5%, 10%, 20%, 30% και 50%. Η κάθε μεταχείριση αποτελούταν από τέσσερις επαναλήψεις, ενώ στη κάθε επανάληψη συμμετείχαν είκοσι σπόροι. Οι Michel και Kaufmann επισήμαναν ότι το ωσμωτικό δυναμικό ( $\psi_s$ ) των υδατικών διαλυμάτων της πολυαιθυλενογλυκόλης 6000 (PEG 6000) συνδέεται καμπυλόγραμμα με τη συγκέντρωση. Με βάση την εμπειρική εξίσωση των Michel και Kaufmann (1972) μπορούμε να υπολογίσουμε το ωσμωτικό δυναμικό με βάση την συγκέντρωση του PEG. Η εξίσωση είναι :  $\psi_{s=} -(1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2T$

Όπου C είναι η συγκέντρωση του PEG 6000 σε g/kg H<sub>2</sub>O και T είναι η θερμοκρασία σε °C.

Έτσι προκύπτει ότι το ωσμωτικό δυναμικό των μεταχειρίσεων του πειράματος είναι -0.05 MPa (5%), -0.15 MPa (10%), -0.5 MPa (20%), -1 MPa (30%) και -2.7 MPa (50%).

Αρχικά έγινε αποστείρωση των πλαστικών κουτιών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), των διηθητικών χαρτιών με την τοποθέτησή τους σε κλίβανο καθώς και των κωνικών φιαλών, των μεταλλικών τσιμπιδών και όλων των μέσων που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν. Στη συνέχεια ζυγίστηκε η απαιτούμενη, για τη κάθε μεταχείριση, ποσότητα πολυαιθυλενικής γλυκόλης (Εικόνα 3.1) έτσι ώστε το τελικό διάλυμα να έχει όγκο ενός λίτρου (Εικόνα 3.2). Συγκεκριμένα για την μεταχείριση 5% χρειάστηκαν 50 γραμμάρια PEG, για την μεταχείριση 10% χρειάστηκαν 100 γραμμάρια PEG, για την μεταχείριση 20% χρειάστηκαν 200 γραμμάρια PEG, για την μεταχείριση 30% χρειάστηκαν 300 γραμμάρια PEG και για την μεταχείριση 50% χρειάστηκαν 500 γραμμάρια PEG. Έπειτα, οι κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν σε θερμαινόμενη συσκευή ανάδευσης μέχρις ότου να διαλυθεί τελείως η πολυαιθυλενική γλυκόλη. Ακολούθησε αποστείρωση των σπόρων σε διάλυμα χλωρίνης 20% για πέντε λεπτά, ξέπλυμα σε αποστειρωμένο και απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια τοποθέτησή τους στα πλαστικά κουτιά, εντός των οποίων είχε τοποθετηθεί το διηθητικό χαρτί. Εν συνεχεία οι σπόροι διαβρέχτηκαν με μυκητοκτόνο. Τέλος, ακολούθησε η δημιουργία των μεταχειρίσεων με τη διαβροχή των σπόρων με 12 ml από το αντίστοιχο διάλυμα PEG ή απλό απεσταγμένο νερό στην περίπτωση του μάρτυρα. Στην συνέχεια τα πλαστικά κουτιά τοποθετήθηκαν σε πάγκο σε θερμοκρασία δωματίου 25°C. Παράλληλα γινόταν προσθήκη απεσταγμένου νερού όταν στέγνωσε το διηθητικό χαρτί.



**Εικόνα 3.1.** Ζύγιση πολυαιθυλενικής γλυκόλης.



**Εικόνα 3.2.** Υδατικό διάλυμα πολυαιθυλενικής γλυκόλης.

### Μετρήσεις

Το πείραμα είχε διάρκεια 15 ημέρες. Για την αξιολόγηση της ύπαρξης αντοχής στην ξηρασία τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν τα παρακάτω: ποσοστό βλάστησης των σπόρων (ΒΙ), η ικανότητα απορρόφησης νερού (ΙΑΝ) (%), το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας (ΠΥΣ) (%), το μήκος της ρίζας (ΜΡ) και του βλαστού (ΜΒ) και ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου (ΔΕΣ). Παράλληλα υπολογίστηκαν ο μέσος χρόνος βλάστησης (ΜΧΒ), ο μέσος ρυθμός βλάστησης (ΜΡΒ) και ο δείκτης βλάστησης (ΔΒ).

- Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (L. G. Labouriau, 1983a)

$$\text{Βλάστηση \%} = \frac{\text{αριθμός των σπόρων που βλάστησαν}}{\text{συνολικός αριθμός σπόρων πειράματος}} \times 100$$

Ένας σπόρος θεωρούταν ότι είχε βλαστήσει όταν το ριζίδιο είχε μήκος τουλάχιστον 3 mm (Εικόνα 3.3). Για τον αριθμό των σπόρων που έχουν βλαστήσει λαμβάνονταν μετρήσεις κάθε μέρα από την 1<sup>η</sup> έως την 7<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.



**Εικόνα 3.3.** Μέτρηση ποσοστού βλάστησης.

- Δείκτης βλάστησης (Li, 2008)

$$\Delta B = \sum Gt/Dt$$

Όπου  $Gt$ = ο αριθμός των σπόρων που βλάστησαν σε  $t$  ημέρες και  $Dt$ = ο αντίστοιχος αριθμός ημερών

- Μέσος χρόνος βλάστησης (Younsheng and Sziklai, 1985)

$$MXB = \sum ni \times di/n$$

Όπου  $n$ = ο συνολικός αριθμός των σπόρων που βλάστησαν μέχρι το τέλος του πειράματος,  $ni$ = ο αριθμός των σπόρων που βλάστησαν στην μέρα  $di$  και  $di$ = η συγκεκριμένη ημέρα κατά την διάρκεια της περιόδου βλάστησης. Μονάδα μέτρησης: ημέρα

- Μέσος ρυθμός βλάστησης (L. G. Labouriau, 1983b)

$$MPB = \frac{1}{MXB}$$

Μονάδα μέτρησης: ημέρα<sup>-1</sup>

- Ικανότητα απορρόφησης νερού

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας απορρόφησης νερού (%) αρχικά, πριν την έναρξη του πειράματος, ζυγίστηκαν 10 σπόροι από την κάθε ποικιλία, ένας την κάθε φορά. Έτσι καθορίστηκε το αρχικό βάρος του ενός σπόρου για την κάθε ποικιλία, όπως αυτό προέκυψε από τον μέσο όρο των 10 μετρήσεων. Το αρχικό βάρος του σπόρου για την κάθε ποικιλία ήταν:

Γενότυπος	Βάρος 1 σπόρου (γρ.)
E-202	0,458
E-229	0,453
Macarena	0,740
CAT16-31	0,387
CAT16-27	0,395
M-10544	0,393
CAT16-4	0,381
M-15935	0,445
Line 9/14	0,484
Λήμνος	0,373

Έπειτα την 3<sup>η</sup>, την 5<sup>η</sup> και την 7<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος ζυγίστηκαν και πάλι 10 σπόροι από την κάθε ποικιλία, για να βρούμε το μέσο βάρος του ενός σπόρου μετά την απορρόφηση νερού. Η ικανότητα απορρόφησης νερού προέκυψε με βάση την εξίσωση των Majeeb-ur-Rahman et al., (2008) :

$$IAN = \frac{\text{βάρος σπόρου μετά την απορρόφηση} - \text{αρχικό βάρος σπόρου}}{\text{βάρος σπόρου μετά την απορρόφηση}}$$

- Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας

Μετρήσεις σχετικά με αυτό το χαρακτηριστικό λήφθηκαν την 10<sup>η</sup> και την 15<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος. Αρχικά ζυγίστηκαν 10 σπόροι για να βρεθεί το μέσο νωπό βάρος του ενός σπόρου. Στη συνέχεια οι ίδιοι 10 σπόροι τοποθετήθηκαν σε μεταλλικά τριβλία και εισήχθησαν σε φούρνο-ξηραντήριο στους 70°C για 48 ώρες. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ξήρανσης οι σπόροι ζυγίστηκαν εκ νέου. Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας προέκυψε με βάση την εξίσωση των Black and Pritchard (2002) :

$$ΠΥΣ = \frac{\text{νωπό βάρος} - \text{ξηρό βάρος}}{\text{νωπό βάρος}}$$

- Μήκος ρίζας και μήκος βλαστού

Το μήκος της ρίζας (Εικόνα 3.4) και το μήκος του βλαστού (Εικόνα 3.5) μετρήθηκαν την 5<sup>η</sup>, την 7<sup>η</sup>, την 9<sup>η</sup>, την 11<sup>η</sup>, την 13<sup>η</sup> και την 15<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος. Το μήκος της ρίζας και το μήκος του βλαστού προέκυψαν και πάλι από τον μέσο όρο 10 μετρήσεων.



**Εικόνα 3.4.** Μέτρηση μήκους ρίζας.



**Εικόνα 3.5.** Μέτρηση μήκους βλαστού.

- Δείκτης ευρωστίας σπόρου

Ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου υπολογίστηκε την 7<sup>η</sup> και την 15<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος, με βάση την εξίσωση των Abdul-Baki and Anderson (1973):

$$\Delta\text{Ε}\Sigma = \text{ποσοστό βλαστικότητας} \times \text{μήκος σποροφύτου}$$

Όπου *μήκος σποροφύτου* = μήκος ρίζας + μήκος βλαστού

- Κατηγοριοποίηση γενοτύπων

Με βάση τον δείκτη ευρωστίας, πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των ποικιλιών σε α) ανθεκτικές  $\Delta\text{Ε}\Sigma > 450$ , β) ελαφρώς ανθεκτικές  $\Delta\text{Ε}\Sigma = 350-450$ , γ) ελαφρώς ευαίσθητες  $\Delta\text{Ε}\Sigma = 250-350$ , δ) ευαίσθητες  $\Delta\text{Ε}\Sigma < 250$ .

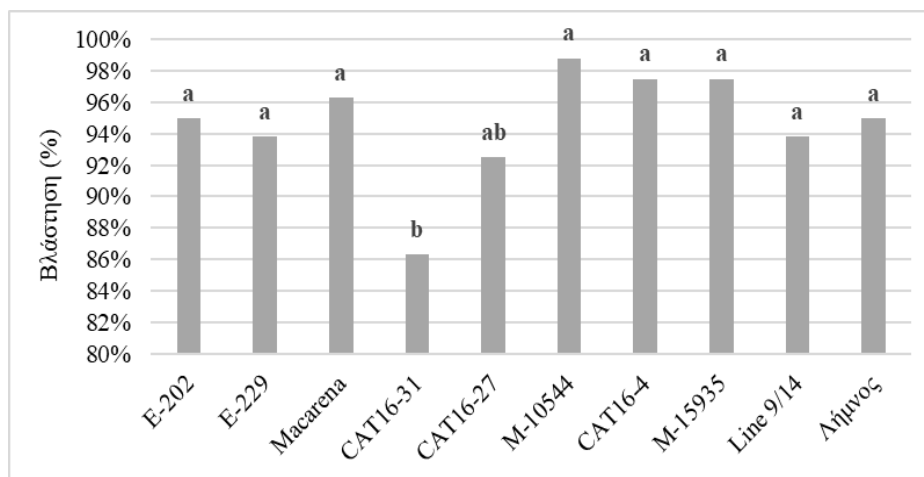
### Στατιστική ανάλυση

Για τις παραμέτρους που μελετήθηκαν έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), συνδυάζοντας τις συγκεντρώσεις του PEG και τους γενοτύπους. Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν το τυχαίοποιημένο σχέδιο πλήρων ομάδων με 4 επαναλήψεις, η κάθε μία των 20 σπόρων, για τον κάθε συνδυασμό γενοτύπου – επιπέδου καταπόνησης. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων συγκρίθηκαν με βάση το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) ( $p \leq 0.05$ ). Όλες οι αναλύσεις έγιναν με την χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS v.20.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Ποσοστό Βλάστησης

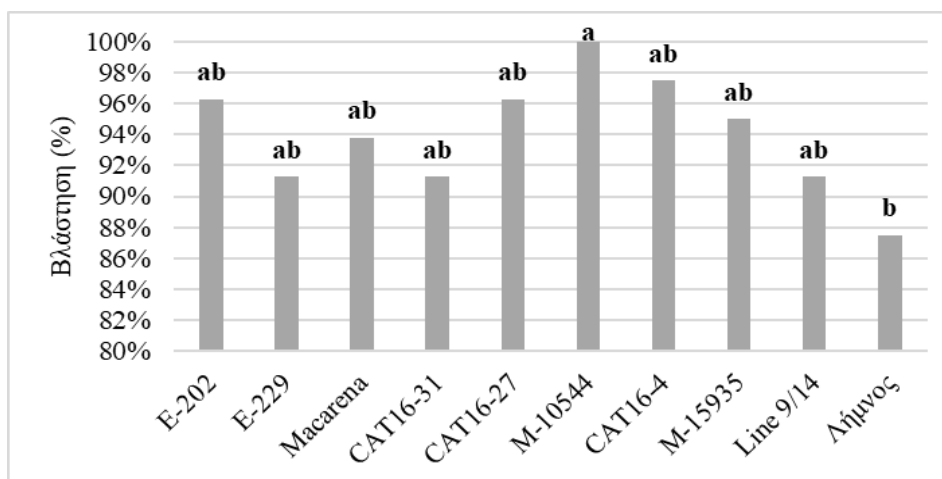
Στη μεταχείριση PEG 0% (μάρτυρας) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων, με εξαίρεση τις καθαρές σειρές CAT16-31 και CAT16-27 (Σχήμα 3.1).



**Σχήμα 3.1.** Τελική βλάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 0% (μάρτυρας).

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

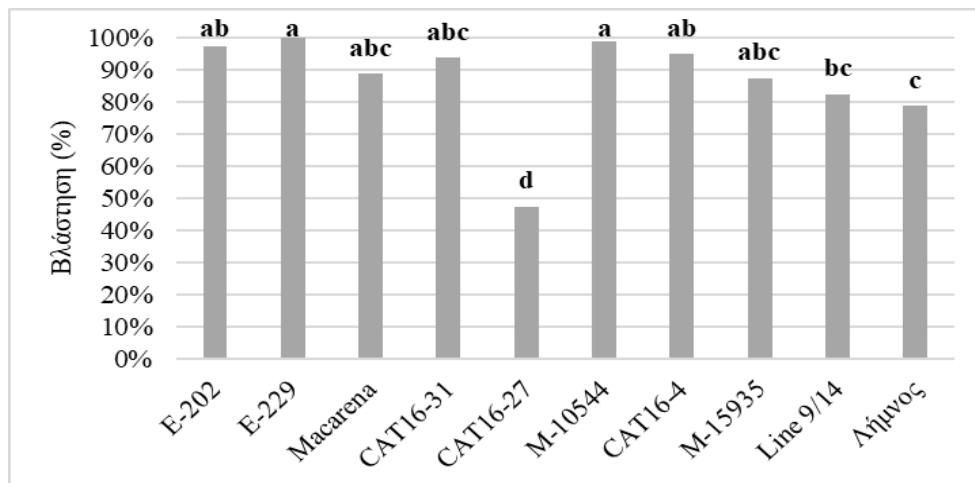
Στη μεταχείριση PEG 5% δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων, με εξαίρεση την ποικιλία M-10544 που είχε το ποσοστό βλαστικότητα 100% και τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος που είχε ποσοστό βλαστικότητα 88% (Σχήμα 3.2).



**Σχήμα 3.2.** Τελική λάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG5 5%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

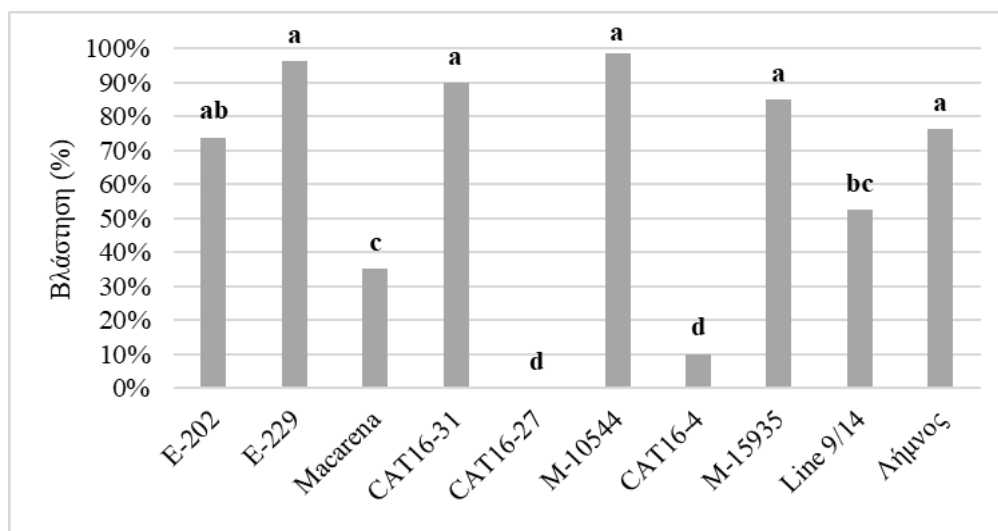
Στη μεταχείριση PEG 10% παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Οι ποικιλίες E-229 και M-10544 είχαν τα μεγαλύτερα ποσοστά βλαστικότητα με 100% και 99% αντίστοιχα (Σχήμα 3.3).



**Σχήμα 3.3.** Τελική βλάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 10%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

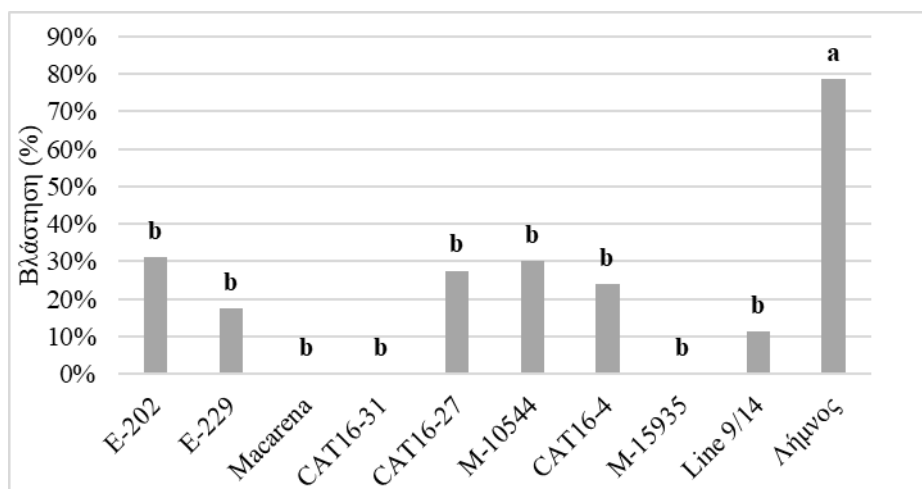
Στη μεταχείριση PEG 20% οι ποικιλίες M-10544 με ποσοστό βλαστικότητας 99%, E-229 με 96%, ο πληθυσμός CAT16-31 και η καθαρή σειρά M-15935 με ποσοστά βλαστικότητας 90% και 85% αντίστοιχα και ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος με 76,3% διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος (Σχήμα 3.4).



**Σχήμα 3.4.** Τελική βλάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 20%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

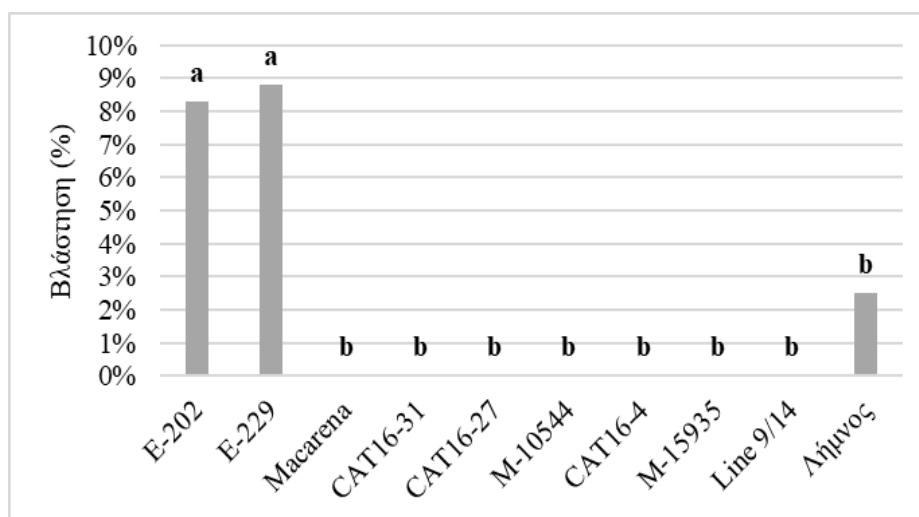
Στη μεταχείριση PEG 30% δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων, με εξαίρεση τον πληθυσμό Λήμνος ο οποίος είχε το μέγιστο ποσοστό βλαστικότητα, 79% (Σχήμα 3.5).



**Σχήμα 3.5.** Τελική βλάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG5 30%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Στο μέγιστο επίπεδο καταπόνησης PEG 50% οι ποικιλίες E-202 και E-299 διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος, έχοντας ποσοστό βλαστικότητα 8% και 9% αντίστοιχα (Σχήμα 3.6).



**Σχήμα 3.6.** Τελική βλάστηση (%) (7 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG5 50%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*



Όσον αφορά την τελική βλαστικότητα (%) παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, με τις πρώτες δύο μεταχειρίσεις (μάρτυρας και PEG 5%) να διαφέρουν σημαντικά με τις υπόλοιπες, έχοντας μέσο όρο 94,6% και 94% αντίστοιχα. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά τη μέση βλαστικότητα (%), όπως αυτή προκύπτει με βάση τη βλαστικότητα (%) που είχαν στην εκάστοτε μεταχείριση, με την ποικιλία M-10544 και τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους, έχοντας μέσο ποσοστό βλαστικότητας 71% και 70% αντίστοιχα (Πίνακας 3.2).

**Πίνακας 3.2.** Τελική βλάστηση (%) του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Γενοτύπος	Συγκέντρωση PEG					%	
		0	5	10	20	30		50
7 ημέρες			(-0,05MPa)	(-0,15MPa)	(-0,5MPa)	(-1MPa)	(-2,7MPa)	M.O.
	E-202	95%	96%	98%	74%	31%	8%	67,0% ab
	E-229	94%	91%	100%	96%	18%	9%	67,9% ab
	Macarena	96%	94%	89%	35%	0%	0%	52,3% d
	CAT16-31	86%	91%	94%	90%	0%	0%	60,2% bcd
	CAT16-27	93%	96%	48%	0%	28%	0%	44,0% e
	M-10544	99%	100%	99%	99%	30%	0%	71,0% a
	CAT16-4	98%	98%	95%	10%	24%	0%	54,0% cd
	M-15935	98%	95%	88%	85%	0%	0%	60,8% bc
	Line 9/14	94%	91%	83%	53%	11%	0%	55,2% cd
	Λήμνος	95%	88%	79%	76,30%	79%	3%	70,0% a
M.O.	94,6% a	94,0% a	87,0% b	61,8% c	22,0% d	2,0% e		

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Μέσος Χρόνος Βλάστησης

Ο Μέσος Χρόνος Βλάστησης επηρεάστηκε σημαντικά (αυξήθηκε), καθώς αυξανόταν η συγκέντρωση του PEG, από την μεταχείριση 10% και πάνω. Μεταξύ των 2 πρώτων μεταχειρίσεων (μάρτυρας και 5%) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με τους μέσους χρόνους βλάστησης να είναι 3,24 και 2,977 ημέρες αντίστοιχα (Πίνακας 3.3). Στην μεταχείριση PEG 10% ο πληθυσμός CAT16-31 είχε τον μικρότερο μέσο χρόνο βλάστησης, που ήταν 2,42 ημέρες. Στην μεταχείριση PEG 20% η ποικιλία M-10544 είχε μέσω χρόνο βλάστησης 2,72 ημέρες. Ενώ στις μεταχειρίσεις PEG 30% και 50% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε μέσο χρόνο βλάστησης 4,042 και 4,925 ημέρες αντίστοιχα. Στις θέσεις του πίνακα στις οποίες υπάρχει κενό, οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπήρχε ποσοστό βλαστικότητας.

**Πίνακας 3.3.** Μέσος χρόνος βλάστησης του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης.

Γενοτύπος	Συγκέντρωση PEG						%
	0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
E-202	2,275	2,258	2,630	5,375	6,363	6,045	
E-229	2,385	2,343	2,738	3,045	6,575	6,257	
Macarena	2,693	2,995	3,703	5,858			
CAT16-31	2,753	2,348	2,420	4,240			
CAT16-27	3,640	2,855	4,873		4,500		
M-10544	3,488	2,863	3,298	2,720	5,650		
CAT16-4	3,370	3,133	3,775	5,113	6,060		
M-15935	3,505	3,860	3,843	5,385			
Line 9/14	3,600	4,205	4,788	6,448	6,220		
Λήμνος	4,693	2,915	3,245	7,000	4,042	4,925	
M.O	3,24 a	2,977 a	3,531 b	5,02 c	5,63 d	5,742 e	

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Μέσος Ρυθμός Βλάστησης

Ο Μέσος Ρυθμός Βλάστησης φανερώνει το πόσο γρήγορα επιτεύχθηκε το τελικό ποσοστό βλαστικότητας. Όντας αντιστρόφως ανάλογος με τον μέσο χρόνο βλάστησης, όσο πιο μεγάλος είναι τόσο πιο σύντομα επιτεύχθηκε το τελικό ποσοστό βλαστικότητας. Ανάμεσα στον μάρτυρα και στην μεταχείριση 5% παρατηρήθηκε μία μικρή αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση του ρυθμού βλάστησης από 0,327 σε 0,351. Στην συνέχεια, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, με τον μέσο ρυθμό βλάστησης συνεχώς να μειώνεται. Στις μεταχειρίσεις PEG 0 και 5% η ποικιλία E-202 (0,444 και 0,445 αντίστοιχα) είχε τον μεγαλύτερο ρυθμό. Στην μεταχείριση PEG 10% ο πληθυσμός CAT16-31 είχε ρυθμό βλάστησης 0,414. Στην μεταχείριση PEG 20% η ποικιλία M-10544 είχε 0,368. Ενώ στις μεταχειρίσεις PEG 30% και 50% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε τον μεγαλύτερο μέσο ρυθμό βλάστησης, 0,250 και 0,203 αντίστοιχα. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των γενοτύπων όσον αφορά τον μέσο ρυθμό βλάστησης, όπως αυτός προκύπτει με βάση τον μέσο ρυθμό βλάστησης που είχαν στην εκάστοτε μεταχείριση. Συνολικά με βάση τον μέσο ρυθμό βλάστησης ξεχώρισαν οι ποικιλίες E-202 και E-229 (Πίνακας 3.4). Στις θέσεις του πίνακα στις οποίες υπάρχει κενό, οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπήρχε ποσοστό βλαστικότητας.

**Πίνακας 3.4.** Μέσος ρυθμός βλάστησης του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος της κάθε ποικιλίας από όλες τις μεταχειρίσεις.

Γενότυπος	Συγκέντρωση PEG						%
	0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
							M.O
E-202	0,444	0,445	0,381	0,188	0,157	0,172	0,291 a
E-229	0,422	0,427	0,368	0,332	0,153	0,160	0,291 a
Macarena	0,376	0,335	0,275	0,171			0,193 c
CAT16-31	0,381	0,427	0,414	0,239			0,243 b
CAT16-27	0,276	0,353	0,206		0,234		0,159 de
M-10544	0,291	0,351	0,314	0,368	0,178		0,243 b
CAT16-4	0,297	0,323	0,266	0,196	0,165		0,186 cd
M-15935	0,287	0,261	0,261	0,191			0,167 cde
Line 9/14	0,282	0,243	0,211	0,156	0,161		0,155 e
Λήμνος	0,215	0,349	0,312	0,143	0,250	0,203	0,228 b
M.O	0,327 b	0,351 a	0,301 c	0,193 d	0,082 e	0,039 f	

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Δείκτης Βλάστησης

Ο Δείκτης βλάστησης συνδυάζει το ποσοστό της βλαστικότητας και τον χρόνο στον οποίο επιτεύχθηκε. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης σημαίνει ότι επιτεύχθηκε μεγαλύτερο ποσοστό βλαστικότητας σε μικρότερο χρόνο. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Μεταξύ του μάρτυρα και της μεταχείρισης 5% παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση, από 6,473 σε 7,057 ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις ο δείκτης βλάστησης μειώθηκε στατιστικά σημαντικά. Στις μεταχειρίσεις PEG 0 και 5% η ποικιλία E-202 είχε τον μεγαλύτερο δείκτη βλάστησης με 8,667 και 8,925 αντίστοιχα. Στην μεταχείριση PEG 10% η καθαρή σειρά CAT16-31 είχε δείκτη βλάστησης 8,271. Στην μεταχείριση PEG 20% η ποικιλία M-10544 είχε δείκτη βλάστησης 7,5. Στην μεταχείριση PEG 30% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε δείκτη βλάστησης 4,161 ενώ στην μεταχείριση PEG 50% η ποικιλία E-202 είχε 0,293. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των γενοτύπων όσον αφορά τον δείκτη βλάστησης, όπως αυτός προκύπτει με βάση τον δείκτη βλάστησης που είχαν στην εκάστοτε μεταχείριση. Συνολικά τον μεγαλύτερο μέσο δείκτη βλάστησης είχαν οι ποικιλίες E-299 και E-202 (Πίνακας 3.5).

**Πίνακας 3.5.** Δείκτης βλάστησης του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος της κάθε ποικιλίας από όλες τις μεταχειρίσεις.

Γενοτύπος	Συγκέντρωση PEG						%
	0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
							M.O
E-202	8,667	8,925	7,833	2,950	1,004	0,293	4,945 ab
E-229	8,350	8,204	7,875	6,712	0,577	0,287	5,334 a
Macarena	7,892	6,938	5,254	1,273	0,000	0,000	3,559 cd
CAT16-31	6,875	8,383	8,271	4,571	0,000	0,000	4,683 b
CAT16-27	5,254	7,348	2,119	0,000	1,297	0,000	2,67 e
M-10544	5,986	7,563	6,479	7,500	1,156	0,000	4,781 b
CAT16-4	6,068	6,571	5,280	0,416	0,800	0,000	3,189 d
M-15935	5,954	5,227	4,805	3,360	0,000	0,000	3,224 d
Line 9/14	5,555	4,803	3,790	1,740	0,363	0,000	2,709 e
Λήμνος	4,129	6,607	5,114	2,178	4,161	0,266	3,743 c
M.O	6,473 b	7,057 a	5,682 c	3,07 d	0,936 e	0,085 f	

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Ικανότητα Απορρόφησης νερού

Όσον αφορά την ικανότητα απορρόφησης νερού στις 3 ημέρες, σε όλους τους γενοτύπους, παρατηρείται μείωση όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του PEG. Αυτή η μείωση ωστόσο μέχρι και την μεταχείριση PEG 10% δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ο πληθυσμός CAT16-31 και η καθαρή σειρά M-15935 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους, έχοντας μέσο όρο ικανότητας απορρόφησης νερού 54,4% και 53,6% αντίστοιχα. Στην μέτρηση των 5 ημερών παρατηρήθηκαν τα ίδια πράγματα, με την διαφορά ότι μόνο οι δύο πρώτες μεταχειρίσεις (μάρτυρας και PEG 5%) δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ από τους γενοτύπους ξεχώρισε η καθαρή σειρά M-15935, με μέση ικανότητα απορρόφησης νερού 57,8%. Στην μέτρηση των 7 ημερών τα πράγματα, όσον αφορά τις μεταχειρίσεις παρέμειναν αμετάβλητα ενώ όσον αφορά τους γενοτύπους ξεχώρισαν πάλι η M-15935 και η CAT16-31 με 58% και 57,4% αντίστοιχα, χωρίς να εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίνακας 3.6). Παράλληλα, με την πάροδο του χρόνου, παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών της ικανότητας απορρόφησης νερού του κάθε γενοτύπου ανεξάρτητα από την μεταχείριση.

**Πίνακας 3.6.** Ικανότητα απορρόφησης νερού για κάθε γενότυπο, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Γενότυπος	Συγκέντρωση PEG						%
		0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
3 ημέρες								M.O
	E-202	54,0%	55,8%	46,3%	47,8%	42,5%	48,0%	48,9% bc
	E-229	49,7%	50,3%	52,3%	51,7%	40,8%	35,5%	46,7% de
	Macarena	48,7%	53,8%	46,2%	45,0%	41,2%	40,0%	45,8% e
	CAT16-31	57,3%	57,3%	61,0%	54,0%	48,9%	48,0%	54,4% a
	CAT16-27	53,3%	51,0%	50,0%	46,8%	47,9%	47,4%	49,3% b
	M-10544	49,5%	46,2%	49,5%	52,8%	42,7%	42,3%	47,2% cde
	CAT16-4	55,8%	52,8%	52,3%	43,3%	50,0%	45,6%	49,9% b
	M-15935	58,3%	55,5%	56,5%	52,8%	51,6%	47,7%	53,6% a
	Line 9/14	53,0%	49,7%	52,5%	45,5%	48,9%	45,7%	49,2% b
Λήμνος	50,0%	47,7%	52,7%	48,3%	45,5%	44,8%	48,2% bcd	
M.O	53% a	52% a	51,9% a	48,8% b	46,0% c	44,5% d		
5 ημέρες								M.O
	E-202	56,8%	57,0%	50,8%	48,5%	45,4%	47,5%	50,9% cde
	E-229	55,8%	52,8%	53,5%	50,3%	39,8%	37,9%	48,3% f
	Macarena	50,8%	54,3%	49,3%	46,5%	38,3%	38,2%	46,2% g
	CAT16-31	57,8%	61,2%	59,5%	53,7%	50,6%	51,8%	55,7% b
	CAT16-27	55,5%	53,3%	50,8%	44,5%	46,0%	46,8%	49,4% ef
	M-10544	53,5%	51,0%	51,3%	54,8%	45,0%	46,3%	50,3% de
	CAT16-4	61,5%	55,5%	56,5%	46,3%	48,5%	46,1%	52,3% c
	M-15935	63,3%	60,3%	58,5%	59,5%	53,4%	52,6%	57,8% a
	Line 9/14	56,5%	55,5%	54,5%	51,0%	48,0%	45,6%	51,9% cd
Λήμνος	54,8%	54,0%	54,0%	47,7%	51,5%	44,9%	51,1% cde	
M.O	56,6% a	55,5% a	53,9% b	50,3% c	46,6% d	45,8% d		
7 ημέρες								M.O
	E-202	56,3%	58,5%	50,5%	46,5%	47,0%	47,6%	51% cd
	E-229	58,8%	58,3%	57,8%	57,0%	40,6%	39,0%	51,9% bc
	Macarena	56,5%	57,3%	52,0%	48,0%	41,0%	40,0%	49,2% d
	CAT16-31	62,0%	62,8%	63,3%	56,2%	48,2%	52,1%	57,4% a
	CAT16-27	57,8%	53,0%	51,0%	45,0%	45,5%	48,5%	50,1% cd
	M-10544	52,5%	52,5%	52,8%	53,8%	41,2%	43,9%	49,4% d
	CAT16-4	62,8%	57,5%	60,5%	49,3%	45,7%	45,0%	53,4% b
	M-15935	63,5%	61,3%	61,3%	60,7%	49,8%	51,9%	58% a
	Line 9/14	58,3%	61,0%	56,5%	52,0%	47,7%	44,5%	53,3% b
Λήμνος	53,3%	52,0%	51,7%	43,2%	47,7%	46,1%	48,9% d	
M.O	58,2% a	57,4% a	55,7% b	51,2% c	45,4% d	45,9% d		

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Ποσοστό Περιεχόμενης Υγρασίας

Στην μέτρηση των 10 ημερών παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση από την μεταχείριση PEG 10% και έπειτα. Οι ποικιλίες E-202, E-299 και ο πληθυσμός CAT16-31 ξεχώρισαν στις συνθήκες μέγιστης καταπόνησης (PEG 50%) έχοντας ποσοστό περιεχόμενης

υγρασίας 53,4%, 52,3% και 51,8% αντίστοιχα. Όσον αφορά στον μέσο όρο για αυτό το χαρακτηριστικό, σε αυτή την ημέρα μέτρησης, η ποικιλία E-229 είχε ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας 61,4%. Στην μέτρηση των 15 ημερών και πάλι παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση από την μεταχείριση PEG 10% και έπειτα. Στις συνθήκες μέγιστης καταπόνησης η καθαρή σειρά Line 9/14 και οι ποικιλίες E-299 και E-202 είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας, με 55,3%, 54,9% και 54,1% αντίστοιχα. Ενώ σύμφωνα με τον μέσο όρο οι ποικιλίες E-202 και E-299 διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους, έχοντας ποσοστό 65% και 64,1% (Πίνακας 3.7). Παράλληλα, με την πάροδο του χρόνου, παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών της ικανότητας απορρόφησης νερού του κάθε γενοτύπου ανεξάρτητα από την μεταχείριση.

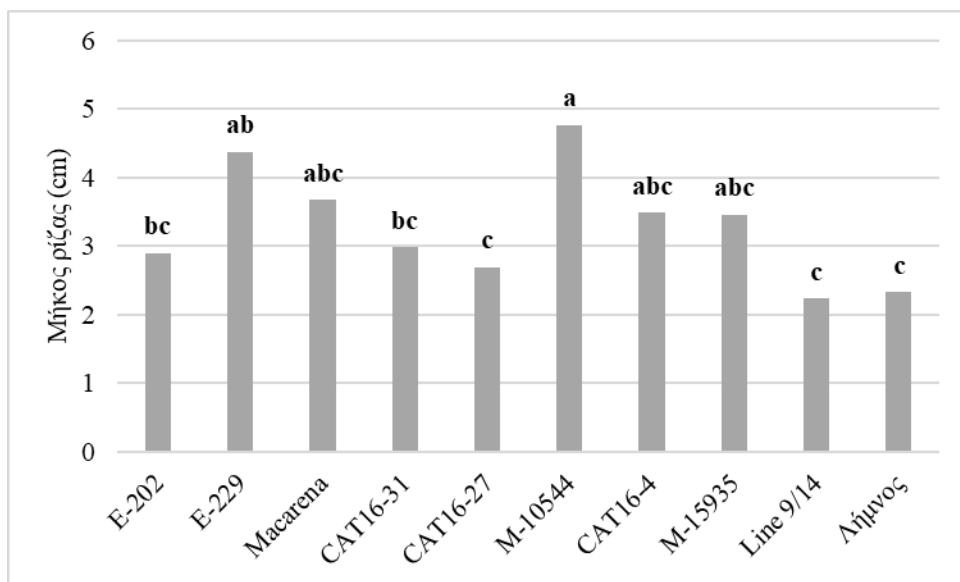
**Πίνακας 3.7.** Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας για κάθε γενοτύπου, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Γενοτύπος	Συγκέντρωση PEG						%
		0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
								M.O
10 ημέρες	E-202	63,7%	66,5%	63,7%	57,0%	49,4%	53,4%	59,0% b
	E-229	68,5%	67,5%	67,2%	62,8%	50,0%	52,3%	61,4% a
	Macarena	65,5%	63,7%	62,5%	53,3%	44,1%	45,6%	55,7% c
	CAT16-31	67,7%	66,2%	66,5%	60,5%	47,7%	51,8%	60,1% ab
	CAT16-27	60,7%	55,7%	46,2%	42,8%	45,4%	47,9%	49,7% e
	M-10544	59,7%	60,5%	55,8%	59,7%	46,5%	46,4%	54,9% cd
	CAT16-4	62,2%	63,0%	56,5%	50,0%	48,3%	46,8%	54,5% cd
	M-15935	60,5%	58,7%	54,7%	55,2%	44,0%	46,2%	53,2% d
	Line 9/14	65,0%	60,0%	56,5%	51,8%	45,0%	44,4%	53,8% cd
	Λήμνος	60,5%	58,5%	58,5%	37,5%	51,0%	50,0%	52,7% d
	M.O	63,4% a	62,0% a	58,8% b	53,0% c	47,1% d	48,5% d	
								M.O
15 ημέρες	E-202	75,8%	77,8%	73,0%	60,3%	49,4%	54,1%	65,0% a
	E-229	71,8%	71,0%	69,5%	71,0%	46,9%	54,9%	64,1% a
	Macarena	73,3%	70,8%	68,5%	60,0%	43,2%	45,9%	60,3% bc
	CAT16-31	70,0%	67,8%	68,5%	67,8%	42,8%	50,6%	61,3% b
	CAT16-27	63,5%	59,3%	58,5%	39,0%	43,9%	49,3%	52,2% g
	M-10544	65,3%	67,3%	55,5%	64,5%	46,3%	48,2%	57,8% de
	CAT16-4	68,8%	71,3%	65,0%	53,8%	48,4%	48,3%	59,2% bcd
	M-15935	64,8%	61,8%	60,3%	57,8%	43,5%	46,3%	55,7% ef
	Line 9/14	70,8%	65,3%	61,8%	55,3%	44,3%	55,3%	58,8% cd
	Λήμνος	63,8%	61,0%	60,5%	40,2%	53,2%	50,8%	54,8% f
	M.O	68,8% a	67,3% a	64,1% b	56,9% c	46,2% e	50,4% d	

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Μήκος ρίζας

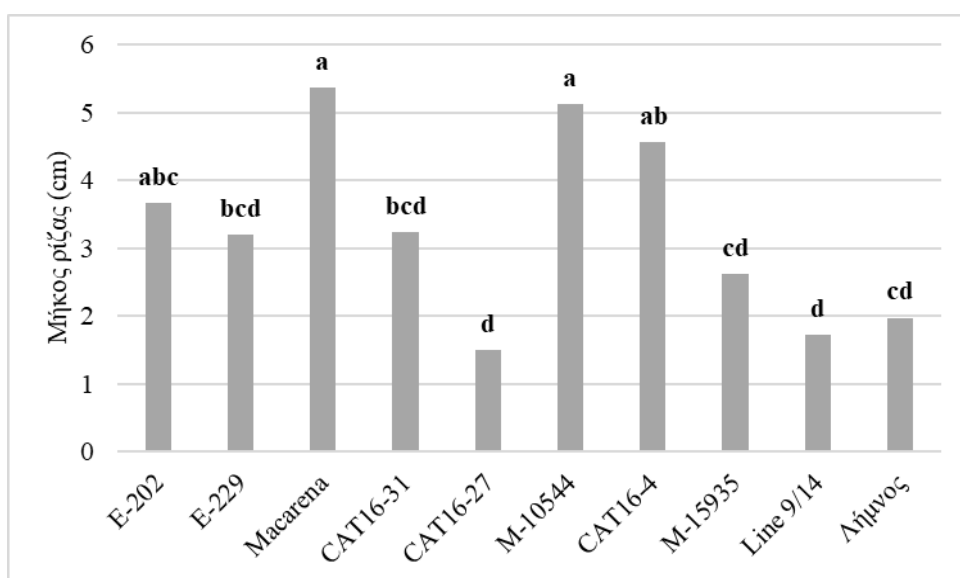
Στην μεταχείριση PEG 0% (μάρτυρας) η ποικιλία M-10544 είχε το μεγαλύτερο μήκος ρίζας με 4,767 cm, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος (Σχήμα 3.7).



**Σχήμα 3.7.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 0%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

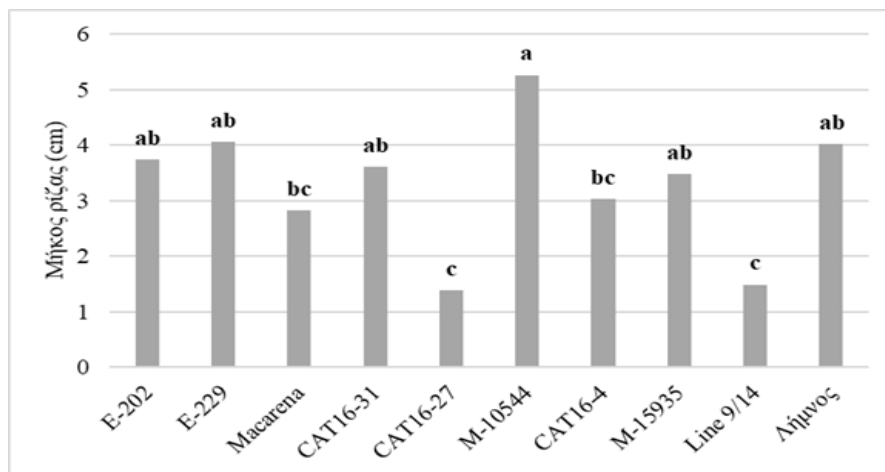
Στην μεταχείριση PEG 5% ο εμπορικός σπόρος Macarena με μήκος 5,367 cm και η ποικιλία M-10544 με μήκος 5,127 cm είχαν το μεγαλύτερο μήκος ρίζας και διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους (Σχήμα 3.8).



**Σχήμα 3.8.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 5%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

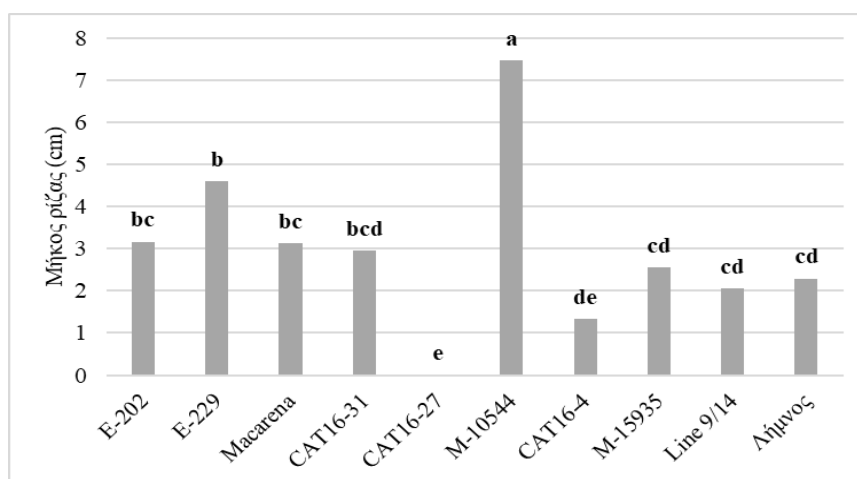
Στην μεταχείριση PEG 10% η ποικιλία M-10544 είχε και πάλι το μεγαλύτερο μήκος ρίζας με 5,262 cm και διέφερε στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος (Σχήμα 3.9).



**Σχήμα 3.9.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 10%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Στην μεταχείριση PEG 20% παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Η ποικιλία M-10544 είχε το μεγαλύτερο μήκος ρίζας με 7,455 cm, ενώ ο πληθυσμός CAT16-27 δεν κατάφερε να αναπτύξει ρίζα (Σχήμα 3.10).

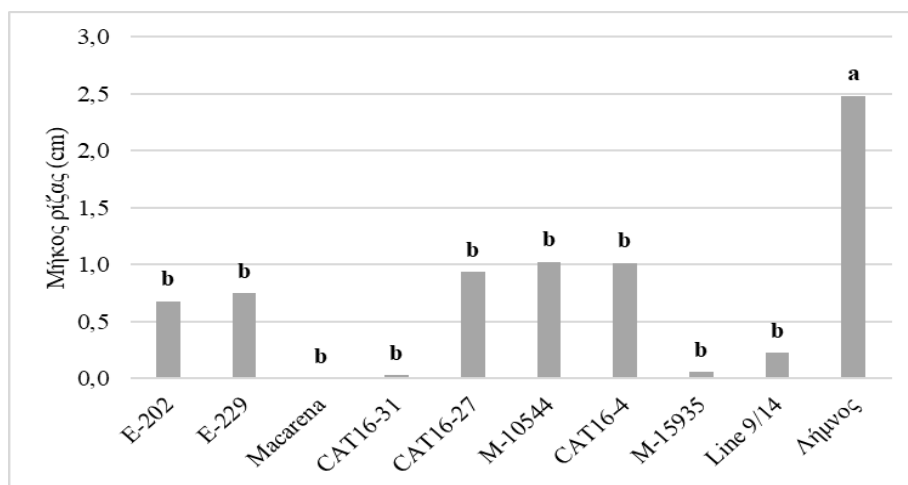


**Σχήμα 3.10.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 20%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*



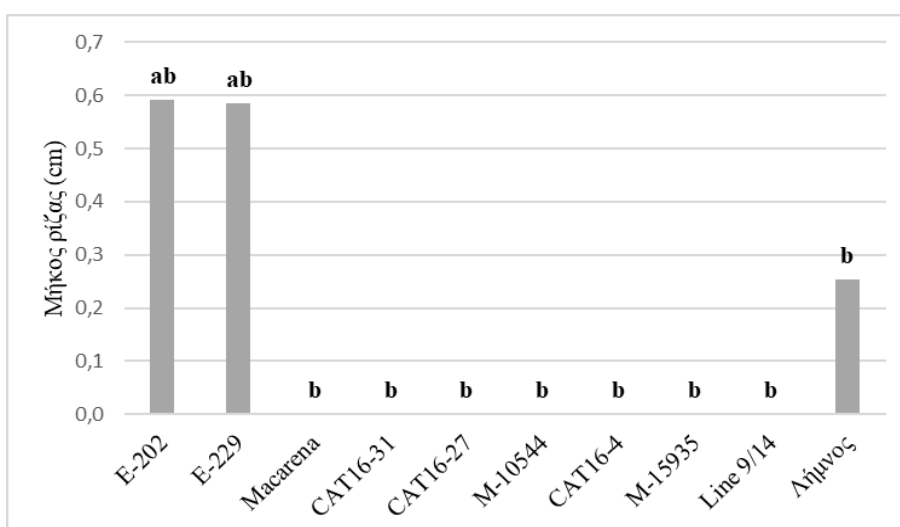
Στην μεταχείριση PEG 30% δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων, εκτός από τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος ο οποίος είχε μήκος ρίζας 2,482 cm και διέφερε στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους (Σχήμα 3.11).



**Σχήμα 3.11.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 30%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Στο μέγιστο επίπεδο καταπόνησης (PEG 50%) οι περισσότεροι από τους γενοτύπους δεν κατάφεραν να αναπτύξουν ρίζα. Οι ποικιλίες E-202 και E-229 είχαν μήκος ρίζας 0,592 cm και 0,585 cm. Επιπλέον, ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος κατάφερε να αναπτύξει ρίζα μήκους 0,253 cm (Σχήμα 3.12).



**Σχήμα 3.12.** Τελικό μήκος ρίζας (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 50%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Όσον αφορά το τελικό μήκος της ρίζας δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων 0%, 5%, 10% και 20%, ενώ οι υπόλοιπες 2 μεταχειρίσεις διέφεραν στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία M-10544 είχε μέσο μήκος ρίζας, 3,94 cm διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος. Παράλληλα, ο πληθυσμός CAT16-27 και η καθαρή σειρά Line 9/14 είχαν το μικρότερο μέσο μήκος ρίζας, 1,086 cm και 1,285 cm αντίστοιχα (Πίνακας 3.8).

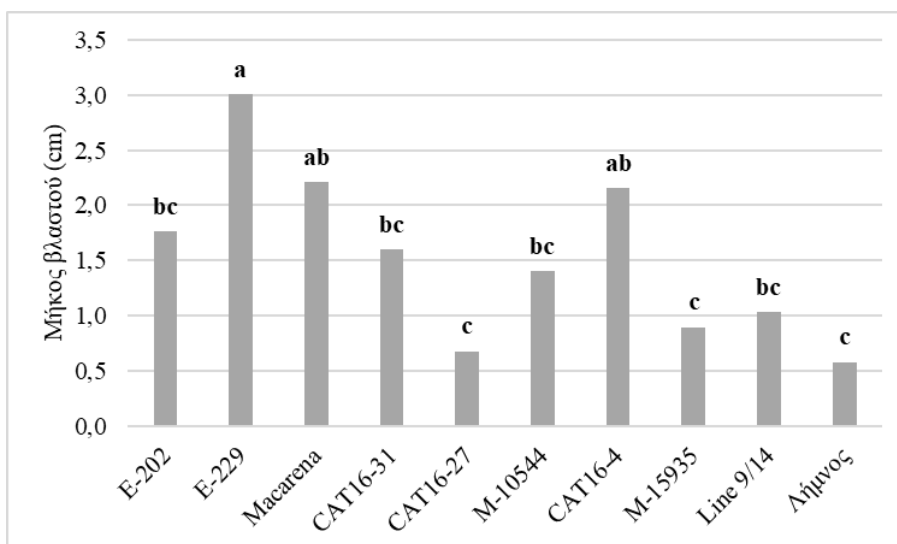
**Πίνακας 3.8.** Τελικό μήκος ρίζας (cm) του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Συγκέντρωση PEG						%	
	0	5	10	20	30	50		
Γενότυπος		(-0,05MPa)	(-0,15MPa)	(-0,5MPa)	(-1MPa)	(-2,7MPa)		
							M.O	
15 ημέρες	E-202	2,900	3,664	3,735	3,167	0,680	0,592	2,456 bc
	E-229	4,377	3,201	4,060	4,600	0,752	0,585	2,929 b
	Macarena	3,674	5,367	2,820	3,126	0,000	0,000	2,498 bc
	CAT16-31	2,987	3,237	3,615	2,958	0,030	0,000	2,138 c
	CAT16-27	2,695	1,500	1,385	0,000	0,935	0,000	1,086 d
	M-10544	4,767	5,127	5,262	7,455	1,025	0,000	3,94 a
	CAT16-4	3,487	4,558	3,035	1,327	1,015	0,000	2,237 c
	M-15935	3,462	2,615	3,481	2,552	0,055	0,000	2,028 c
	Line 9/14	2,235	1,715	1,490	2,047	0,225	0,000	1,285 d
	Λήμνος	2,335	1,975	4,020	2,295	2,482	0,253	2,227 c
M.O	3,292 a	3,296 a	3,290 a	2,953 a	0,720 b	0,143 c		

Αριθμοί που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Μήκος βλαστού

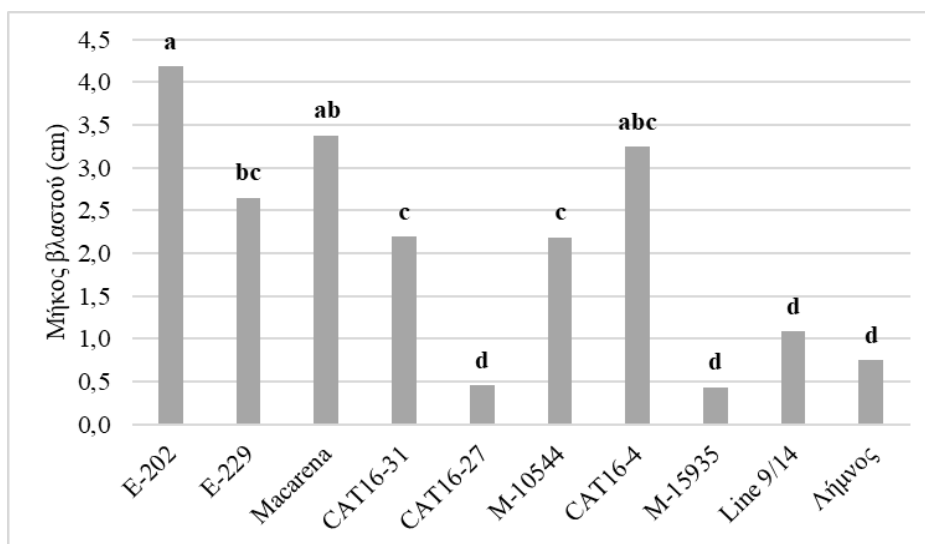
Στην μεταχείριση PEG 0% (μάρτυρας) παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Η ποικιλία E-229 είχε μήκος βλαστού 3,006 cm που ήταν και το μεγαλύτερο σε αυτή την μεταχείριση, ενώ ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε το μικρότερο μήκος βλαστού με 0,580 cm (Σχήμα 3.13).



**Σχήμα 3.13.** Τελικό μήκος βλαστού (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 0%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

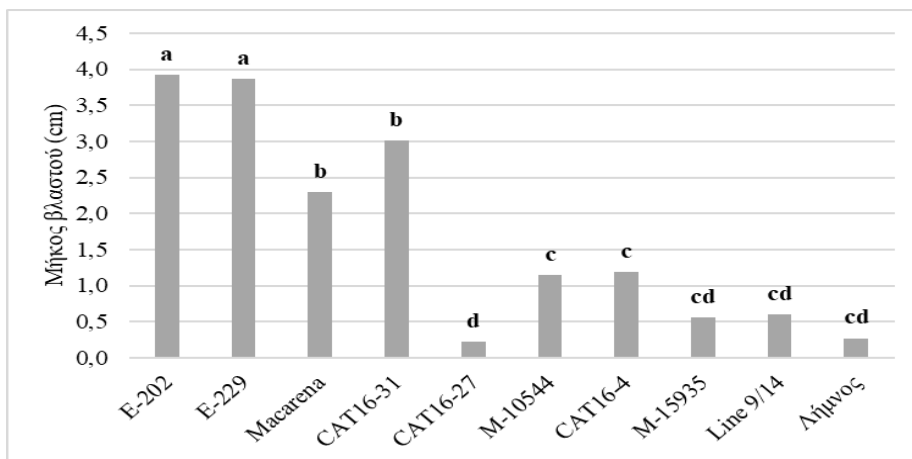
Στην μεταχείριση PEG 5% παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Η ποικιλία E-202 είχε το μεγαλύτερο μήκος βλαστού σε αυτή την μεταχείριση με 4,183 cm ενώ η καθαρή σειρά M-15935 είχε το μικρότερο με 0,438 cm (Σχήμα 3.14).



**Σχήμα 3.14.** Τελικό μήκος βλαστού (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 5%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

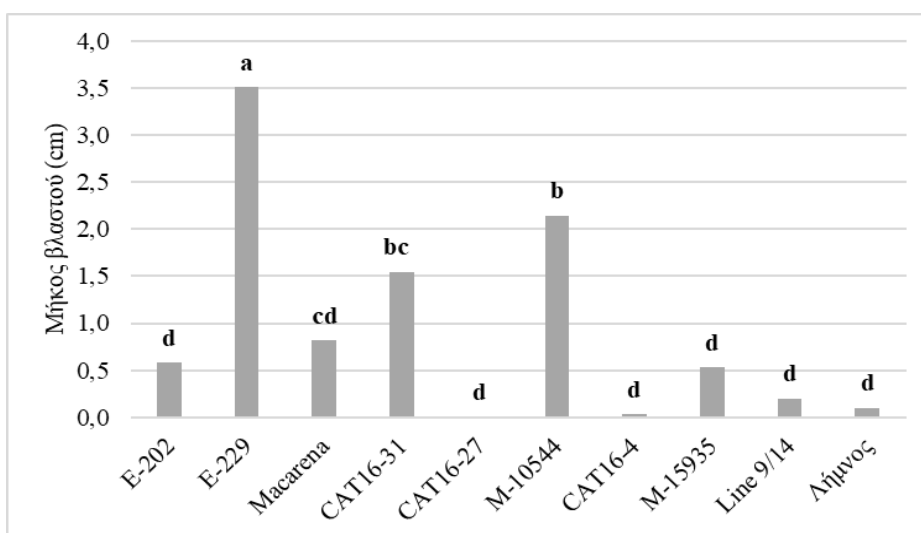
Στην μεταχείριση PEG 10% παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Οι ποικιλίες E-202 και E-299 είχαν το μεγαλύτερο μήκος βλαστού με 3,918 cm και 3,865 cm αντίστοιχα, χωρίς να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Σχήμα 3.15).



**Σχήμα 3.15.** Τελικό μήκος βλαστού (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 10%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Στην μεταχείριση PEG 20% παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Η ποικιλία E-229 είχε μήκους βλαστού 3,505 cm, που ήταν με διαφορά το μεγαλύτερο σε αυτή την μεταχείριση (Σχήμα 3.16).



**Σχήμα 3.16.** Τελικό μήκος βλαστού (15 ημέρες) των γενοτύπων στη μεταχείριση PEG 20%.

*Μπάρες που συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).*

Στις υπόλοιπες 2 μεταχειρίσεις (30%, 50%) κανένας από τους γενοτύπους του πειράματος δεν κατάφερε να σχηματίσει βλαστό.

Όσον αφορά το τελικό μήκος του βλαστού παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το μεγαλύτερο μήκος βλαστού παρατηρήθηκε στην μεταχείριση PEG 5%, η οποία διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες. Η ποικιλία E-229 είχε μέσο μήκος βλαστού, όπως αυτό προκύπτει από το μήκος βλαστού όλων των μεταχειρίσεων, 2,171 cm και διέφερε στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους (Πίνακας 3.9).

**Πίνακας 3.9.** Τελικό μήκος βλαστού (cm) του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Συγκέντρωση PEG							
	Γενότυπος	0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	%
15 ημέρες								M.O
	E-202	1,765	4,183	3,918	0,584	0,000	0,000	1,742 b
	E-229	3,006	2,650	3,865	3,505	0,000	0,000	2,171 a
	Macarena	2,212	3,379	2,290	0,815	0,000	0,000	1,449 c
	CAT16-31	1,596	2,200	3,005	1,547	0,000	0,000	1,391 cd
	CAT16-27	0,680	0,458	0,225	0,000	0,000	0,000	0,227 e
	M-10544	1,405	2,188	1,145	2,145	0,000	0,000	1,147 cd
	CAT16-4	2,153	3,248	1,185	0,035	0,000	0,000	1,103 d
	M-15935	0,895	0,438	0,560	0,530	0,000	0,000	0,404 e
	Line 9/14	1,033	1,093	0,600	0,200	0,000	0,000	0,487 e
	Λήμνος	0,580	0,752	0,270	0,100	0,000	0,000	0,284 e
M.O	1,532 b	2,059 a	1,706 b	0,946 c	0,000 d	0,000 d		

Αριθμοί που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Δείκτης Ευρωστίας Σπόρου

Μεταξύ του μάρτυρα και των μεταχειρίσεων 5% και 10% δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου επηρεάστηκε σημαντικά από την συγκέντρωση του PEG από την μεταχείριση 20% και πάνω. Στην μεταχείριση PEG 50%, όπου οι περισσότεροι γενότυποι είχαν μηδενικό δείκτη ευρωστίας, η ποικιλία E-229 είχε δείκτη ευρωστίας 4,5%, ενώ στην μεταχείριση PEG 30% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε δείκτη ευρωστίας 201,5%. Οι ποικιλίες M-10544 με μέσο δείκτη ευρωστίας 497,7% και E-229 με 473,5% είχαν τον μεγαλύτερο μέσο όρο, όπως αυτός προκύπτει από τον δείκτη ευρωστίας όλων των μεταχειρίσεων, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους. (Πίνακας 3.10).

**Πίνακας 3.10.** Δείκτης ευρωστίας σπόρου του κάθε γενοτύπου στην κάθε μεταχείριση, μέσος όρος της κάθε μεταχείρισης και μέσος όρος του κάθε γενοτύπου από όλες τις μεταχειρίσεις.

Χρόνος	Γενοτύπος	Συγκέντρωση PEG						%
		0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
15 ημέρες	E-202	441,0%	762,0%	749,5%	276,3%	45,0%	4,5%	379,7% b
	E-229	702,0%	537,5%	792,5%	779,3%	23,0%	7,0%	473,5% a
	Macarena	569,0%	818,8%	451,8%	151,0%	0,0%	0,0%	331,8% bc
	CAT16-31	395,0%	492,0%	623,2%	404,5%	0,0%	0,0%	319,1% bc
	CAT16-27	315,7%	190,0%	74,7%	0,0%	51,2%	0,0%	105,3% f
	M-10544	609,5%	731,5%	635,5%	948,7%	61,0%	0,0%	497,7% a
	CAT16-4	549,0%	763,7%	397,0%	23,5%	57,0%	0,0%	298,4% c
	M-15935	424,5%	288,8%	355,7%	262,0%	0,0%	0,0%	221,8% d
	Line 9/14	301,7%	246,8%	185,2%	153,2%	10,3%	0,0%	149,5% ef
	Λήμνος	280,0%	238,5%	333,8%	30,7%	201,5%	1,5%	181% de
	M.O	458,7% b	507% a	459,9% b	302,9% c	44,9% d	1,3% e	

Ποσοστά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ ( $p \leq 0,05$ ).

### Συσχετίσεις του βάρους 100 σπόρων (μέγεθος σπόρου)

Σε καμία από τις μεταχειρίσεις του πειράματος το ποσοστό βλαστικότητας δεν παρουσιάζει σημαντική συσχέτιση με το βάρος 100 σπόρων (μέγεθος σπόρου) (Πίνακας 3.11).

**Πίνακας 3.11.** Συσχέτιση του ποσοστού βλαστικότητας με το βάρος 100 σπόρων.

	Συγκέντρωση PEG						%
	0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	
Pearson Correlation	0,145	-0,051	0,1	-0,112	-0,551	-0,117	
Sig. (2-tailed)	0,689	0,888	0,784	0,757	0,099	0,747	

Το βάρος 100 σπόρων εμφάνισε σημαντική αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη βλάστησης μόνο στην μεταχείριση 5% ( $r = -0,547$ ). Παράλληλα εμφάνισε σημαντική θετική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης στις μεταχειρίσεις 5% ( $r = 0,496$ ) και 20% ( $r = 0,536$ ) (Πίνακας 3.12).

**Πίνακας 3.12.** Συσχέτιση βάρους 100 σπόρων με τον δείκτη βλάστησης και τον μέσο χρόνο βλάστησης.

		Συγκέντρωση PEG						
		0	5 (-0,05MPa)	10 (-0,15MPa)	20 (-0,5MPa)	30 (-1MPa)	50 (-2,7MPa)	%
		Μέγεθος σπόρου-Δείκτης βλάστησης						
Pearson Correlation		0,259	-0,547	-0,255	-0,279	-0,322	-0,179	
Sig. (2-tailed)		0,111	0,000	0,117	0,086	0,125	0,644	
		Μέγεθος σπόρου-Μέσος χρόνος βλάστησης						
Pearson Correlation		-0,155	0,496	0,285	0,536	0,321	-0,118	
Sig. (2-tailed)		0,345	0,001	0,079	0,001	0,225	0,763	

### Συσχετίσεις του ποσοστού βλαστικότητας με τα επιμέρους χαρακτηριστικά βλάστησης

Όσον αφορά τις συσχετίσεις του ποσοστού βλαστικότητας και των επιμέρους χαρακτηριστικών της βλάστησης, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, οι μόνες σημαντικές συσχετίσεις που προέκυψαν είναι η υψηλή θετική συσχέτιση του ποσοστού βλαστικότητας με το μήκος της ρίζας ( $r= 0,667^*$ ) και η επίσης υψηλή θετική συσχέτιση του ποσοστού υγρασίας του σπόρου με το μήκος του βλαστού ( $r= 0,915^{**}$ ) (Πίνακας 3.13).

**Πίνακας 3.13.** Συσχετίσεις του ποσοστού βλαστικότητας με τα επιμέρους χαρακτηριστικά βλάστησης.

		Correlations					
		Βλαστικότητα	Βάρος100σπόρων	IAN	ΠΥΣ	Μήκος βλαστού	Μήκος ρίζας
Βλαστικότητα	Pearson Correlation	1					
Βάρος100σπόρων	Pearson Correlation	-0,295	1				
IAN	Pearson Correlation	-0,095	-0,073	1			
ΠΥΣ	Pearson Correlation	0,386	0,225	0,099	1		
Μήκος βλαστού	Pearson Correlation	0,359	0,19	-0,046	,915**	1	
Μήκος ρίζας	Pearson Correlation	,667*	-0,001	-0,22	0,447	0,626	1

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Το ποσοστό βλαστικότητας εμφάνισε υψηλή θετική συσχέτιση με τον δείκτη βλάστησης ( $r= 0,829^{**}$ ) και τον μέσο ρυθμό βλάστησης ( $r= 0,590^{**}$ ). Αντίθετα εμφάνισε υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης ( $r= -0,676^{**}$ ). Ο δείκτης βλάστησης είχε υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης ( $r= -0,925^{**}$ ) και υψηλή θετική συσχέτιση με τον μέσο ρυθμό βλάστησης ( $r= 0,930^{**}$ ), ενώ ο μέσος χρόνος βλάστησης και ο μέσος ρυθμός βλάστησης είχαν υψηλή αρνητική συσχέτιση ( $r= -0,948^{**}$ ) (Πίνακας 3.14).

**Πίνακας 3.14.** Συσχετίσεις ποσοστού βλαστικότητας, δείκτη βλάστησης, μέσου χρόνου βλάστησης και μέσου ρυθμού βλάστησης.

		Correlations			
		Βλαστικότητα%	Δείκτης βλάστησης	Μέσος χρόνος βλάστησης	Μέσος ρυθμός βλάστησης
Βλαστικότητα%	Pearson Correlation	1			
Δείκτης βλάστησης	Pearson Correlation	,829**	1		
Μέσος χρόνος βλάστησης	Pearson Correlation	-,676**	-,925**	1	
Μέσος ρυθμός βλάστησης	Pearson Correlation	,590**	,930**	-,948**	1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### Κατηγοριοποίηση των γενοτύπων

Με βάση τον Δείκτη Ευρωστίας του Σπόρου οι ποικιλίες του πειράματος χωρίστηκαν σε 4 κατηγορίες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.15 οι ποικιλίες M-10544 και E-229 χαρακτηρίστηκαν ως ανθεκτικές στην υδατική καταπόνηση. Αντίθετα, οι καθαρές σειρές M-15935, Line 9/14 και ο πληθυσμός CAT16-27 και ο πληθυσμός Λήμνος χαρακτηρίστηκαν ως ευαίσθητες στην ξηρασία.

**Πίνακας 3.15.** Κατηγοριοποίηση των γενοτύπων.

Ανεκτικοί ΔΕΣ: >450	Μετρίως Ανεκτικοί ΔΕΣ: 350-450	Μετρίως Ευαίσθητοι ΔΕΣ: 250-350	Ευαίσθητοι ΔΕΣ: <250
M-10544	E-202	CAT16-31	M-15935
E-229		Macarena	Λήμνος
		CAT16-4	Line 9/14
			CAT16-27



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### Ποσοστό και χαρακτηριστικά βλαστικότητας

Το ποσοστό βλαστικότητας επηρεάστηκε σημαντικά από την αύξηση της συγκέντρωσης του PEG. Μείωση του ποσοστού βλαστικότητας σε υψηλές συγκεντρώσεις PEG παρατηρήθηκε και από τους Jamaati-e-Somarin και Zabihi-e-Mahmoodabad (2011) μελετώντας την φακή (*Lens culinaris* M.). Στην συγκέντρωση 0% (μάρτυρας), με εξαίρεση τους πληθυσμούς CAT16-31 και CAT16-27, οι γενότυποι του πειράματος δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στην μεταχείριση 5% φαίνεται να υπάρχει μία μικρή διαφοροποίηση ανάμεσα στους γενοτύπους, με την ποικιλία M-10544 να διαφέρει σημαντικά από τους υπόλοιπους. Στην μεταχείριση 10% υπάρχουν διαφορές μεταξύ των γενοτύπων με το ποσοστό βλαστικότητας, της πλειοψηφίας αυτών, να έχει μειωθεί σε σχέση με τις προηγούμενες μεταχειρίσεις. Οι ποικιλίες E-229 και M-10544 είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό βλαστικότητας, διαφέροντας σημαντικά από τους υπόλοιπους. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του PEG το ποσοστό βλαστικότητας συνεχίζει να μειώνεται ενώ παράλληλα εμφανίζονται μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Στην μεταχείριση 20% οι ποικιλίες M-10544 και E-229 και ο πληθυσμός CAT16-31 διέφεραν σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους. Στην δεύτερη υψηλότερη συγκέντρωση, PEG 30%, τα ποσοστά βλαστικότητας των γενοτύπων έχουν μειωθεί αισθητά. Μάλιστα, ο εμπορικός σπόρος Macarena, ο πληθυσμός CAT16-31 και η καθαρή σειρά M-15935 είχαν μηδενικό ποσοστό βλαστικότητας. Σε αυτή την μεταχείριση ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος διέφερε σημαντικά, διατηρώντας ένα αρκετά υψηλό, για το επίπεδο καταπόνησης, ποσοστό βλαστικότητας. Στο μέγιστο επίπεδο καταπόνησης, PEG 50%, η πλειοψηφία των γενοτύπων δεν κατάφερε να βλαστήσει. Ωστόσο, οι ποικιλίες E-202, E-229 και ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχαν ένα μικρό ποσοστό βλαστικότητας. Το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά σε οσμωτικό δυναμικό  $\leq -0,5$  MPa, καθώς στην προηγούμενη μεταχείριση όπου το οσμωτικό δυναμικό ήταν  $-0,15$  MPa ο μέσος όρος της βλαστικότητας ήταν 87%, που είναι ένα υψηλό ποσοστό. Σύμφωνα με τους Delachiane και de Pino (2003) υπάρχει ένα συγκεκριμένο σημείο οσμωτικού δυναμικού (συγκεκριμένη συγκέντρωση PEG) στο οποίο οι σπόροι σταματάνε να έχουν την ικανότητα βλάστησης. Στην έρευνα των Yucel et al. (2010) οι ποικιλίες που χρησιμοποίησαν σταμάτησαν να βλαστάνουν σε οσμωτικό δυναμικό  $-0,8$  MPa, ενώ στην έρευνα των Kalefetoglu et al. (2009) οι ποικιλίες που χρησιμοποίησαν συνέχισαν να βλαστάνουν στα  $-0,8$  MPa. Σε αυτό το πείραμα οι περισσότεροι από τους γενοτύπους που χρησιμοποιήθηκαν καταφέραν να βλαστήσουν σε οσμωτικό δυναμικό  $-1$  MPa με τον τοπικό πληθυσμό Λήμνος να έχει ποσοστό βλαστικότητας 79%. Επιπλέον, οι ποικιλίες E-202, E-229 και ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος κατάφεραν να

βλαστήσουν και σε οσμωτικό δυναμικό  $-2,7$  MPa. Συμπερασματικά, με βάση το ποσοστό βλαστικότητας ξεχώρισαν οι ποικιλίες M-10544, E-229, E-202 και ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος. Η ικανότητα βλάστησης που έδειξαν οι συγκεκριμένοι γενότυποι, σε συνθήκες πολύ έντονης υδατικής καταπόνησης, τους καθιστά υποσχόμενο γενετικό υλικό που προτείνεται να αξιολογηθεί περαιτέρω σε μελλοντικά βελτιωτικά προγράμματα.

Για να υπάρξει μεγαλύτερη αξιοπιστία στα αποτελέσματα το ποσοστό βλαστικότητας θα πρέπει να μελετηθεί ταυτόχρονα και με άλλα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την διαδικασία της βλάστησης. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό είναι ο μέσος χρόνος βλάστησης. Σύμφωνα με τον Karagiizel (2003) ο χρόνος βλάστησης, ανεξάρτητα από το είδος, αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση του επιπέδου καταπόνησης. Παρόμοιες παρατηρήσεις σχετικά με τον χρόνο, τον ρυθμό και τον δείκτη βλάστησης σε συνθήκες καταπόνησης έκαναν και οι Zapata et al. (2003) στο είδος *Lactuca sativa*, οι Chartzoulakis και Klaraki (2000) στην πιπεριά και οι Sharma et al. (2013) στην Ινδική μουστάρδα (*Brassica juncea*). Τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων πειραμάτων επιβεβαιώνονται και σε αυτό το πείραμα. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά τον χρόνο βλάστησης, μεταξύ των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, στην μεταχείριση 5% ο μέσος χρόνος μειώθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα, χωρίς ωστόσο να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους οι δύο αυτές μεταχειρίσεις. Από την μεταχείριση 10% και έπειτα, σε κάθε μεταχείριση, παρατηρείται σημαντική αύξηση του χρόνου βλάστησης. Οι γενότυποι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στα διάφορα επίπεδα καταπόνησης. Συνολικά, ξεχώρισαν, λόγω του μικρού χρόνου βλάστησης, στις μεταχειρίσεις PEG 0 και 5% η ποικιλία E-202, στην μεταχείριση PEG 10% ο πληθυσμός CAT16-31, στην μεταχείριση PEG 20% η ποικιλία M-10544, στις μεταχειρίσεις PEG 30% και 50% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος. Τα αποτελέσματα όσον αφορά τον ρυθμό βλάστησης είναι παρόμοια με αυτά του χρόνου βλάστησης. Παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του επιπέδου της καταπόνησης στον ρυθμό της βλάστησης. Συγκεκριμένα, η αύξηση της συγκέντρωσης του PEG είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του ρυθμού της βλάστησης, με εξαίρεση μόνο το γεγονός ότι στην μεταχείριση 5% παρατηρήθηκε αύξηση του ρυθμού σε σχέση με τον μάρτυρα. Στα διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης κατάφεραν να ξεχωρίσουν διαφορετικοί γενότυποι. Συνολικά την καλύτερη απόδοση (μεγαλύτερο μέσο όρο) είχαν, οι ποικιλίες E-202 και E-229. Το τελευταίο χαρακτηριστικό που μελετήθηκε ήταν ο δείκτης βλάστησης, όπου επίσης φάνηκε η σημαντική, αρνητική, επίδραση που έχει η αύξηση του επιπέδου καταπόνησης καθώς με την αύξηση της συγκέντρωσης του PEG παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές του δείκτη. Τον μεγαλύτερο δείκτη βλάστησης είχαν στις μεταχειρίσεις PEG 0 και 5% η ποικιλία E-202, στην μεταχείριση PEG

10% ο πληθυσμός CAT16-31, στην μεταχείριση PEG 20% η ποικιλία M-10544, στην μεταχείριση PEG 30% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος και στην μεταχείριση PEG 50% η ποικιλία E-202. Συνολικά την καλύτερη απόδοση (μεγαλύτερο μέσο όρο) είχαν οι ποικιλίες E-229 και E-202.

Ανακεφαλαιώνοντας τα αποτελέσματα της μελέτης των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών, είναι προφανής η επίδραση που έχει η αύξηση του επιπέδου της υδατικής καταπόνησης στο ποσοστό βλαστικότητας, στον ρυθμό και στον δείκτη βλάστησης αλλά και στον μέσο χρόνο βλάστησης. Συγκεκριμένα, μείωση του ωσμωτικού δυναμικού οδήγησε σε μείωση του μέσου ρυθμού βλάστησης και του δείκτη βλάστησης και ταυτόχρονα σε αύξηση του μέσου χρόνου βλάστησης. Επιπλέον, ο συνδυασμός αυτών των αποτελεσμάτων κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμος για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα. Συμπερασματικά, μέχρι και την μεταχείριση 20% οι ποικιλίες M-10544, E-229 και ο πληθυσμός CAT16-31 είχαν τα υψηλότερα ποσοστά βλαστικότητας, τα οποία συνοδεύονταν από υψηλό δείκτη βλάστησης, υψηλό ρυθμό βλάστησης ενώ ταυτόχρονα είχαν και τον ταχύτερο χρόνο. Στις μεταχειρίσεις 30% και 50%, στις οποίες οι περισσότεροι από τους γενοτύπους του πειράματος έχασαν την ικανότητα βλάστησής τους, ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος κατάφερε να συνδυάσει αποτελεσματικότερα τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

### **Μήκος ρίζας και βλαστού**

Οι Yucel et al. (2010) παρατήρησαν ταυτόχρονη μείωση του μήκους της ρίζας με την μείωση του ωσμωτικού δυναμικού. Επιπλέον, προοδευτική μείωση του μήκους της ρίζας υπό αυξανόμενες συνθήκες καταπόνησης παρατήρησαν και οι Alam et al. (2010). Σε αυτό το πείραμα το μήκος της ρίζας επηρεάστηκε αρνητικά από την μείωση του ωσμωτικού δυναμικού, καθώς όσο αυξανόταν η συγκέντρωση του PEG το μήκος της ρίζας μειωνόταν. Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των μεταχειρίσεων 5%, 10% και 20%. Ωστόσο, στις μεταχειρίσεις 30% και 50% παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του μήκους της ρίζας, η οποία, όπως προέκυψε από την στατιστική ανάλυση ήταν σημαντική. Σε όλες τις μεταχειρίσεις μέχρι και την μεταχείριση 20% η ποικιλία M-10544 είχε το μεγαλύτερο μήκος ρίζας, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος. Στην μεταχείριση 30% ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε με διαφορά το μεγαλύτερο μήκος ρίζας. Στην τελευταία μεταχείριση, 50%, οι ποικιλίες E-202 και E-229 διέφεραν στατιστικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος. Συνολικά, η ποικιλία M-10544 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά, ενώ ο πληθυσμός CAT16-27 και η καθαρή σειρά Line 9/14 είχαν με διαφορά τον μικρότερο μέσο όρο.

Το μήκος του βλαστού, όπως και το μήκος της ρίζας, επηρεάζεται αρνητικά από την μείωση του οσμωτικού δυναμικού, σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι Yucel et al. (2010) αλλά και οι Kalefetoglu et al. (2009). Σε αυτό το πείραμα επιβεβαιώθηκαν τα όσα παρατηρήθηκαν στις προηγούμενες έρευνες, με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Άξια αναφοράς είναι η παρατήρηση ότι στην μεταχείριση 5% το μήκος του βλαστού είναι μεγαλύτερο σε σχέση αυτό του μάρτυρα. Επιπλέον, πολύ σημαντική είναι και η παρατήρηση ότι οι γενότυποι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα με οσμωτικό δυναμικό  $-1$  MPa δεν κατάφεραν να σχηματίσουν βλαστό. Οι ποικιλίες E-229, στην μεταχείριση μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις 0% και 20%, και η ποικιλία E-202, στις μεταχειρίσεις 5% και 10%, είχαν το μεγαλύτερο μήκος βλαστού και διέφεραν σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος. Η ποικιλία E-229 είχε με διαφορά τον μεγαλύτερο μέσο όρο, όπως αυτός προέκυψε από όλες τις μεταχειρίσεις.

Συγκρίνοντας την πορεία των δύο αυτών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του πειράματος γίνεται αντιληπτό ότι το μήκος του βλαστού επηρεάστηκε περισσότερο, σε σχέση με το μήκος της ρίζας, από την αύξηση του επιπέδου της καταπόνησης καθώς παρατηρούμε ότι: α) το μήκος της ρίζας μειώθηκε σημαντικά μόνο στις μεταχειρίσεις 30% και 50%, ενώ όσον αφορά το μήκος του βλαστού οι διαφορές που προέκυψαν μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν σημαντικότερες και β) ακόμα και σε οσμωτικό δυναμικό  $-2,7$  MPa κάποιοι από τους γενοτύπους κατάφεραν να σχηματίσουν ρίζα ενώ σε οσμωτικό δυναμικό  $-1$  MPa κανένας από τους γενοτύπους δεν κατάφερε να σχηματίσει βλαστό. Η παραπάνω παρατήρηση επιβεβαιώθηκε και στις έρευνες των Okcu et al. (2005) και Alam et al. (2002).

### **Ποσοστό υγρασίας του σπόρου**

Η επάρκεια του νερού είναι συνήθως ένας περιοριστικός παράγοντας για του σπόρους που δεν βρίσκονται σε λήθαργο, επηρεάζοντας το ποσοστό βλαστικότητάς τους (Marcos-Filho, 2005; Kaydan & Yagmur, 2008). Ένα συγκεκριμένο ελάχιστο επίπεδο ενυδάτωσης είναι απαραίτητο για την σύνθεση των ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούνται για την σύνθεση του φυτικού ιστού. Επομένως, η βλάστηση του σπόρου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη δημιουργία των ενζύμων και κατ' επέκταση την απορρόφηση νερού. Το ποσοστό της υγρασίας του σπόρου επηρεάζεται από το οσμωτικό δυναμικό καθώς εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της υγρασίας του σπόρου εμφάνισε σημαντική μείωση όσο μειωνόταν το οσμωτικό δυναμικό. Παράλληλα, το ποσοστό υγρασίας του σπόρου αυξήθηκε με την πάροδο του χρόνου και ήταν μεγαλύτερο στην μέτρηση των 15 ημερών. Αντίστοιχη μεταβολή όσον αφορά το ποσοστό της υγρασίας του σπόρου παρατήρησαν οι Yucel et al. (2010) και οι Foti et al. (2018). Μεταξύ των ποικιλιών

παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με τις ποικιλίες E-202 και E-229 να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας και τον πληθυσμό CAT16-27 να έχει το μικρότερο.

### **Δείκτης ευρωστίας του σπόρου**

Ο δείκτης ευρωστίας του σπόρου είναι ένας δείκτης ο οποίος απεικονίζει με αντικειμενικότητα την απόδοση που είχαν οι γενότυποι κατά την διάρκεια του πειράματος. Η αντικειμενικότητα του οφείλεται στο γεγονός ότι συνδυάζει τόσο το ποσοστό της βλάστησης όσο και την μετέπειτα ανάπτυξη. Όπως ήταν αναμενόμενο λοιπόν, εφόσον ο δείκτης ευρωστίας στον τύπο του περιλαμβάνει το ποσοστό βλαστικότητας, το μήκος της ρίζας και το μήκος του βλαστού, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων. Αρχικά παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στην μεταχείριση 5% σε σχέση με τον μάρτυρα. Στην συνέχεια, σε κάθε μεταχείριση, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του δείκτη ευρωστίας του σπόρου. Οι ποικιλίες M-10544 και E-229 είχαν τον μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας, διαφέροντας σημαντικά από τους υπόλοιπους γενοτύπους του πειράματος. Στην μεταχείριση 30% (-1 MPa) ο τοπικός πληθυσμός Λήμνος είχε αρκετά μεγάλο δείκτη ευρωστίας, αναλογικά πάντα με το επίπεδο της καταπόνησης. Το γεγονός ότι ο δείκτης ευρωστίας συνδυάζει το ποσοστό βλαστικότητας και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης του σπόρου, τον καθιστά κατάλληλο για την διάκριση των αξιολογηθέντων γενοτύπων. Με βάση λοιπόν την κατηγοριοποίηση του δείκτη ευρωστίας οι ποικιλίες M-10544 και E-229 διακρίθηκαν για την αντοχή τους στην υδατική καταπόνηση μεταξύ των γενοτύπων που μελετήθηκαν.

### **Συσχετίσεις**

Στις εργασίες των Weimarck (1975) και Muchena και Grogan (1977) παρατηρήθηκε συσχέτιση του ποσοστού βλαστικότητας με το βάρος 100 σπόρων (μέγεθος του σπόρου). Σε αυτό το πείραμα ωστόσο δεν επιβεβαιώθηκε η παραπάνω παρατήρηση, με το ποσοστό βλαστικότητας να μην παρουσιάζει σημαντική συσχέτιση με το μέγεθος του σπόρου σε καμία από τις μεταχειρίσεις. Το ποσοστό βλαστικότητας παρουσίασε υψηλή θετική συσχέτιση ( $r=0,667^*$ ) μόνο με το μήκος της ρίζας. Αυτή η συσχέτιση παρατηρήθηκε και στην εργασία των Yucel et al. (2010). Παράλληλα, υψηλή θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ του μήκους του βλαστού και του ποσοστού υγρασίας του σπόρου ( $r=0,915^{**}$ ), που σημαίνει ότι η αύξηση του ποσοστού της υγρασίας του σπόρου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μήκους του βλαστού. Αυτή η θετική συσχέτιση επιβεβαιώθηκε και στην έρευνα των Canas et al. (2006) οι οποίοι συμπέραναν ότι το νερό που απορροφάται χρησιμοποιείται για την υδρόλυση των

ενζύμων και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την σύνθεση φυτικού ιστού και την επιμήκυνση του βλαστού.

Το ποσοστό βλαστικότητας είχε υψηλή θετική συσχέτιση τόσο με τον δείκτη βλάστησης ( $r= 0,829^{**}$ ) όσο και με τον μέσο ρυθμό βλάστησης ( $r= 0,590^{**}$ ). Αντίστοιχη παρατήρηση έκαναν στην έρευνά τους και οι Sharma et al. (2013). Η συσχέτιση του ποσοστού βλαστικότητας με τον μέσο χρόνο βλάστησης ήταν υψηλή αρνητική ( $r= -0,676^{**}$ ). Ο δείκτης βλάστησης είχε υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης ( $r= -0,925^{**}$ ) και υψηλή θετική συσχέτιση με τον μέσο ρυθμό βλάστησης ( $r= 0,930^{**}$ ). Η παραπάνω παρατήρηση δείχνει ότι όπου υπήρχε μεγαλύτερος δείκτης βλάστησης είχαμε υψηλότερο μέσο ρυθμό βλάστησης και χαμηλότερο μέσο χρόνο βλάστησης. Τέλος, ο μέσος ρυθμός βλάστησης είχε υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης ( $r= -0,948^{**}$ ), συνεπώς αύξηση στον ρυθμό βλάστησης είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του μέσου χρόνου βλάστησης. Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων μεταξύ δείκτη βλάστησης, μέσου χρόνου βλάστησης και μέσου ρυθμού βλάστησης είναι απολύτως συμβατά και επαληθεύουν τους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό τους.

Το βάρος 100 σπόρων εμφάνισε υψηλή αρνητική συσχέτιση ( $r= -0,547$ ) με τον δείκτη βλάστησης στην μεταχείριση 5%. Παράλληλα εμφάνισε υψηλή θετική συσχέτιση με τον μέσο χρόνο βλάστησης στις μεταχειρίσεις 5% ( $r= 0,496$ ) και 20% ( $r= 0,536$ ). Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι σύμφωνες με αυτές των Kaya et al. (2008), οι οποίοι παρατήρησαν ότι σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης οι μικρότεροι σπόροι τείνουν να έχουν μεγαλύτερο δείκτη βλάστησης, ενώ όσο αυξάνεται το μέγεθος του σπόρου τείνει αυξάνεται και ο μέσος χρόνος βλάστησης.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Ashraf, M., Waraich, E.A. (2009). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and growth stages. *Pakistan Journal of Botany*, 41: 647-654.

Alam, I., Sharmin, S.A., Kim, K.H., Yang, J.K., Choi, M.S., Lee, B.H. (2010). Proteome analysis of soybean roots subjected to short-term drought stress. *Plant Soil*, 333: 491–505.

Alam, M.Z., T. Stuchbury and R. E. L. Naylor. (2002). Effect of NaCl and PEG Induced Osmotic Potential on Germination and Early Seedling Growth of Rice Cultivars Differing in Salt Tolerance. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(11): 1207-1210.

- Al-Karaki, G.N. (1998). Response of Wheat and Barley during Germination to Seed Osmopriming at Different Water Potential. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181: 229-235.
- Almansouri, M., Kiner, J.M., Lutta, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum*). *Plant Soil*, 31: 243–254.
- Bajji, M., Lutts, S., Kinet, J.M. (2000). Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol-induced water deficit in roots and leaves of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars differing in drought resistance. *Journal of Plant Physiology*, 157: 100-108.
- Bench, A.R., Fenner, M. and Edwards, P. (1991). Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by water stress during grain filling. *New Phytologist*, 118: 339-347.
- Bernier, J., Serraj, R., Kumar, A., Venuprasad, R., Impa, S., Gowda, V., Owane, R., Spaner, D. and Atlin, G. (2009). Increased water uptake explains the effect of *qtl12.1*, a large-effect drought-resistance QTL in upland rice. *Field Crops Research*, 110: 139-146.
- Black, M., Pritchard, H. (2002) Desiccation and survival in plants drying without dying. New York, CABI publishing: 93-110.
- Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112(2-3): 119-123.
- C. Chaffei Haouari, A. Hajjaji Nasraoui, E. Carrayol, H. Gouia (2013). Variations in  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase activities in two genotypes of wheat under NaCl salinity stress. *African Journal of Agricultural Research*, 8(18): 2038-2043.
- C. Foti, E. M. Khah, O. I. Pavli (2018). Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. *Plant Biology*.
- C. Wu, Q. Wang, B. Xie, Z. Wang, J. Cui, T.Hu (2011). Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10(78).
- Canas, R.A., Canovas, F.M., Canton, F.R. (2006). High levels of asparagine synthetase in hypocotyls of pine seedlings suggest a role of the enzyme in re-allocation of seed stored nitrogen. *Planta*, 224: 83-95.

- Carberry, P. and Campbell, L. (1989). Temperature parameters useful for modelling the germination and emergence of pearl millet. *Crop Science*, 29: 220–223.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86: 247–260.
- Delachiave, M.E.A., de Pinho, S.Z. (2003). Germination of *Senna occidentalis* link: Seed at different osmotic potential levels. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46: 163-166.
- Dhanda, S.S., R.K. Behl and N. Elbassam. (1995). Breeding wheat genotypes for water deficit environments. *Landbanforschung Volkenrode*, 45, 159-167.
- Esechie, H. (1994). Interaction of salinity and temperature on the germination of sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172: 194–199.
- Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G., Saavedra, A.L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science*, 38: 1467–1475.
- Gowda, V.R.P., Henry A., Yamauchi, A., Shashidhar, H.E., Serraj, R. (2012). Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. *Field Crops Research*, 122: 1–13.
- Guoxiong, C., T. Krugman, T. Fahima, A. B. Korol and E. Nevo. (2002). Comparative study on morphological and physiological traits related to drought resistance between xeric and mesic *Hordeum spontaneum* lines in Isreal. *Barley Genetics Newsletter*, 32: 22-33.
- Hall, A.E. (1993) Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? In: Close TJ and Bray EA (eds) *Plant Responses to cellular Dehydration during environmental stress*: 1-10 (2011) ISSN:1835-2707.
- Harper, J.L., Benton, R.A.(1966). The Behaviour of Seeds in Soil: II. The Germination of Seeds on the Surface of a Water Supplying Substrate. *Jounral of Ecology*, 54(1): 151-166.
- Heydecker, W. (1966). Clarity in recording germination data. *Nature*, 210, 753–754.
- Hohl, M., Schopfer, P. (1991). Water relations of growing maize coleoptiles. Comparison between mannitol and polyethylene glycol 6000 as external osmotica for adjusting turgor pressure. *Plant Physiology*, 95: 716-722.
- J. Kashiwagi, Y. Morito, Y. Jitsuyama, P. An, T. Inoue and M. Inagaki (2014). Effects of Root Water Uptake Efficiency on Soil Water Utilization in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Severe Drought Environments, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(3): (161-172).



- Jamaati-e-Somarin, S., Zabihi-e-Mahmoodabad, R. (2011). Evaluation of drought tolerance indices of lentil varieties. *Advances in Environmental Biology*, 5: 581-584.
- Jones, J.W. and Zur, B. (1984). Simulation of possible adaptive mechanisms in crops subjected to water stress. *Irrigation Science*, 5: 251-264.
- Jones, K. and Sanders, D. (1987). The influence of soaking pepper seed in water or potassium salt solutions on germination at three temperatures. *Journal of Seed Technology*, 11: 97–102.
- Jordan, W.R., Dugas, W.A., and Shouse, P.J. (1983a). In “Plant Production and Management Under Drought Conditions” (J. F. Stone and W. O. Willis, eds.), pp. 281-299.
- Kader (Al-Mudaris), M., Omari, M. and Hattar, B. (1998). Maximizing germination percentage and speed of four Australian indigenous tree species. *Dirasat Journal Agricultural Sciences*, 25: 157–169.
- Kader (Al-Mudaris), M., Omari, M. and Hattar, B. (1999). Enhancing the germination of four Australian Acacia species through seed treatments overcoming coat-imposed dormancy. *Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 100: 147–157.
- Kader, M. and Jutzi, S. (2001). Drought, heat and combined stresses and the associated germination of two sorghum varieties osmotically primed with NaCl. *Phytogen*, 3: 22–24.
- Kader, M. (2005). Varying temperature regimes affect osmotically primed sorghum seeds and seedlings. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 42: 39.
- Kalefetoglu Macar, T., O. Turan and Y. Ekmekci. (2009). Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar and lines at early seedling stage. *G.U. Journal of Science*, 22(1): 5-14.
- Kamoshita, A., Wade, L.J., Yamauchi, A. (2000). Genotypic variation in response of rainfed lowland rice to drought and rewatering. *Plant Production Science*, 3: 189-196.
- Karagiizel, O. (2003). Effect of different salt concentrations on germination of *Lupinus varius* from South Anatolia. *Akdeniz Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi* 16: 211–220.
- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Crouch, J.H., Serraj, R. (2006a). Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. *Field Crops Research*, 95: 171–181.

- Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Krishna, H., Chandra, S., Vadez, V., Serraj, R. (2005). Genetic variability of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 146, 213–222.
- Kaya, M., G. Kaya, M.D. Kaya, M. Atak, S. Saglam, K.M. Khawar, and C.Y. Ciftci. (2008). Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University Science*, 9: 371-377.
- Kaydan, D., Yagmur, M. (2008). Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. *African Journal of Biotechnology*, 7: 2862-2868.
- Kulkarni, M., Deshpande, U. (2007). In Vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *African Journal of Biotechnology*, 6: 691-696.
- Kumar, J., Haware, M.P., Smithon, J.B. (1985). Registration of four short-duration, *Fusarium* wilt-resistant kabuli (Garbanzo) chickpea germplasm. *Crop Science*, 25: 576–577.
- Kumar, P., P.S. Deshmukh, S.R. Kushwaha, P. Sunita-Kumari, Kumar and S. Kumari. (2001). Effect of terminal drought on biomass production its partitioning and yield of chickpea genotypes. *Annals of Agricultural Research*, 22(3): 48-51.
- Labouriau, L.G. (1983a). A germinação das sementes. Washington.
- Labouriau, L G. 1983b. “Uma Nova Linha de Pesquisa Na Fisiologia Da Germinacao Das Sementes.” In Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botanica.
- Li, Y. (2008). Effect of salt stress on seed germination and seedling growth of three salinity plants. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 1268–1272.
- Ludlow, M.M., Muchow, R.C. (1990). A Critical Evaluation of Traits for Improving Crop Yields in Water-Limited Environments. *Advances in Agronomy*, 43: 107-153.
- Marcos-Filho, J.M. (2005). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas [Seed physiology of cultivated 480 plants]. Piracicaba: FEALQ.
- Michel, B.E. (1983). Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiology*. 72(1): 66-70.
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R. (1972). The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916.

- Muchena, S.C., Grogan, C.O. (1977). Effects of seed size on germination of corn (*Zea mays*) under simulated water stress conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, 57: 921-923.
- Mujeeb-ur-Rahman, Umed A.S, Mohammad Z., Shereen G. (2008) Effects of NaCl salinity on 5 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars *World. Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 398-403.
- Okada, K., Kondo, M., Ando, H. and Kakuda, K. (2002). Water uptake under water stress at panicle initiation stage in upland rice as affected by previous soil water regimes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48: 151- 158.
- Okcu, G., M.D. Kaya and M. Atak. (2005). Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum Sativum* L.). *Turkish Journal Agriculture and Forestry*. 29: 237-242.
- Orchard, T. (1977). Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and Technology*, 5: 61–69.
- Parmar, M. T. and Moore, R. P. (1968), Carbowax 6000, mannitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. *Agronomy Journal*, 60: 192-195.
- Pirdashti, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Nematzadeh, G.H., Ismail, A. (2003). Effect of Water Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *Pakistan Journal of Agronomy*, 2(4): 217-222.
- Radhouane, L. (2007). Response of Tunisian autochthonous pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. *African Journal of Biotechnology*, 6(9): 1102-1105.
- Richards, RA. (1978). Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. III. Physiological and physicochemical characters. *Australian Journal of Agriculture*, 29: 491-501.
- Ries, S.K., Everson, E.H. (1973). Protein content and seed size relationships with seedling vigor of wheat cultivars. *Agronomy Journal*, 65: 884-886.
- Roberts, E. (1981). The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Annals of Applied Biology*, 98: 552–555.

- Sabaghpour, S.H., Sadeghi, E. and Malhotra, R.S. (2003). Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. International chickpea Conference. 20-22 Jan, 2003, Raipur, India.
- Scott, S., Jones, R. and Williams, W. (1984). Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24: 1192–1199.
- Sharma, M.L. (1973). Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy Journal*, 65: 423–431.
- Sharma, P., Sardana, V., Banga, S.S. (2013). Salt tolerance of Indian mustard (*Brassica juncea*) at germination and early seedling growth. *Environmental and Experimental Biology*, 11: 39–46.
- Silim, S.N., Saxena, M.C. (1993). Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. *Field Crops Research*, 34(2): 137-146.
- Soltani, A., M. Gholipoor and E. Zeinali. (2006). Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affects by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 55: 195-200.
- Turk, M. A.T., Rahman, M. Tawaha and K. D. Lee. (2004). Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(3): 394-397.
- Verslues, P.E., Ober, E.S., Sharp, R.E. (1998). Root growth and oxygen relations at low water potentials, Impact of oxygen availability in polyethylene glycol solutions. *Plant Physiology*, 116: 1403-1412.
- Washitani, I. and Saeki, T. (1986). Germination responses of *Pinus densiflora* seeds to temperature, light and interrupted imbibition. *Journal of Experimental Botany*, 37: 1376–1387.
- Wasson, A.P., Richards, R., Chatrath, R., Misra, S.C. (2012). Traits and selection strategies to improve root systems and water uptake in water-limited wheat crops. *Journal of Experimental Botany*, 63(9): 3485-3498.
- Weimarck A. (1975). Kernel size and frequency of euploids in octoploid triticale. *Hereditas*, 80: 69-72.
- Younsheng, C., Sziklai O. (1985). Preliminary study on the germination of *Toora sinensis* (A. JUSS) Roem, seed from eleven Chinese provenances. *Forest Ecology and Management*, 10: 269–281.

Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., Mart, D. and Yucel, C. (2010). Effect of Drought Stress on Early Seedling Growth of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. *World Applied Science Journal*, 11 (4): 478-485.

Zapata, P.J., Serrano, M., Pretel, M.S., Amoros, A., Botella, M.A. (2003). Changes in the ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. *Plant Science*, 164: 557–563.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

## Συμπεράσματα

- Η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών κατά τα κρίσιμα στάδια της άνθισης και του γεμίσματος των λοβών, που επιτεύχθηκε με σπορά εκτός της κανονικής εποχής, είχε αρνητική επίδραση στην απόδοση των σειρών, στο βάρος 1000 σπόρων, στην ικανότητα ενυδάτωσης, στο ποσοστό του περιβλήματος, στο χρόνο βρασμού και στο ποσοστό των πρωτεϊνών. Αντίθετα, η επικράτηση ξηροθερμικών συνθηκών οδήγησε σε αύξηση τις ολικές φαινόλες, τις ολικές ταννίνες και την αντιοξειδωτική ικανότητα με βάση το DPPH.
- Παράλληλα, η υδατική καταπόνηση, με τη χρήση πολυαιθυλενικής γλυκόλης, είχε αρνητική επίδραση τόσο στο ποσοστό φυτρώματος όσο και στη βλάστηση ορισμένων εκ των αρχικών πληθυσμών που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα αγρού.
- Από τη μελέτη της επίδρασης της πυκνότητας σποράς, μέσα στην οποία έγιναν επιλογές και προέκυψαν οι βελτιωμένες σειρές, στην απόδοση, παρατηρήθηκε ότι στη κανονική εποχή σποράς η επιλογή στη χαμηλή πυκνότητα (απουσία ανταγωνισμού) ήταν αποτελεσματικότερη, ενώ στην εκτός εποχής σπορά δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ως προς την αποτελεσματικότητα μεταξύ των δύο συνθηκών επιλογής.
- Στη κανονική εποχή σποράς, όταν η επιλογή ως προς την απόδοση έγινε στην υψηλή πυκνότητα παρουσιάστηκε μεγαλύτερη πρόοδος όσον αφορά τα χαρακτηριστικά βάρος 1000 σπόρων, ποσοστό περιβλήματος, ποσοστό πρωτεϊνών, ολικές φαινόλες, ολικές ταννίνες και αντιοξειδωτική δράση με βάση το ABTS. Αντίθετα, όταν η επιλογή ως προς την απόδοση έγινε στη χαμηλή πυκνότητα παρουσιάστηκε μεγαλύτερη πρόοδος όσον αφορά το χρόνο βρασμού και τα ολικά φλαβονοειδή. Αντίστοιχα, στην εκτός εποχής σπορά, όταν η επιλογή ως προς την απόδοση έγινε στην υψηλή πυκνότητα παρουσιάστηκε μεγαλύτερη πρόοδος στα χαρακτηριστικά ποσοστό περιβλήματος, ποσοστό πρωτεϊνών, ολικές φαινόλες και αντιοξειδωτική δράση με βάση το ABTS. Όταν η επιλογή ως προς την απόδοση έγινε στη χαμηλή πυκνότητα παρουσιάστηκε μεγαλύτερη πρόοδος όσον αφορά το χρόνο βρασμού, τις ολικές ταννίνες και τα ολικά φλαβονοειδή, ενώ όσον αφορά το βάρος 1000 σπόρων η πρόοδος ήταν ίδια και στις δύο πυκνότητες επιλογής. Τέλος, η επιλογή ως προς την απόδοση, ανεξάρτητα από την εποχή σποράς και τη πυκνότητα, δεν οδήγησε σε πρόοδο στα χαρακτηριστικά αύξηση ενυδάτωσης, ικανότητα ενυδάτωσης και αντιοξειδωτική δράση με βάση το DPPH.
- Στη κανονική εποχή σποράς, η σειρά 9, που προέκυψε από τον εγχώριο αρχικό πληθυσμό M-15935, είχε την υψηλότερη απόδοση και στις δύο πυκνότητες που διενεργήθηκαν οι επιλογές, γεγονός που την καθιστά πολύτιμο γενετικό υλικό για

σπορά εντός της κανονικής εποχής. Παράλληλα, η σειρά 9, που προέρχεται από επιλογές στην υψηλή πυκνότητα, συνδύασε την υψηλή απόδοση με υψηλό βάρος 1000 σπόρων, υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, ενώ η σειρά 9 που προέρχεται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα είχε υψηλή απόδοση, μεγάλο βάρος 1000 σπόρων, υψηλή ικανότητα ενυδάτωσης, υψηλές ολικές φαινόλες και ταννίνες και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα.

- Στην εκτός εποχής σπορά, η σειρά 14, που προέκυψε από τον εγγώριο αρχικό πληθυσμό «Λήμνος», είχε την υψηλότερη απόδοση και για τις δύο πυκνότητες προέλευσης. Επιπλέον, η σειρά 14, που επιλέχθηκε στην υψηλή πυκνότητα συνδύασε υψηλή απόδοση, υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών, υψηλά ολικά φλαβονοειδή και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Παράλληλα, χαρακτηρίστηκε ως η πλέον ανεκτική σειρά στη ξηρασία με ιδιαίτερα υψηλό Δείκτη Ευρωστίας σε συνθήκες έντονης υδατικής καταπόνησης. Τέλος, με βάση τους δείκτες ανοχής/ευαισθησίας στις ξηροθερμικές συνθήκες, οι βελτιωμένες σειρές που επιλέχθηκαν από τον αρχικό πληθυσμό «Λήμνος» (σειρά 14), ανεξάρτητα από τη πυκνότητα στην οποία έγιναν οι επιλογές, κατατάχθηκαν στις ανεκτικές σειρές, γεγονός που την καθιστά ως ένα πολύτιμο γενετικό υλικό για αξιοποίηση σε βελτιωτικά προγράμματα ή την καλλιέργειά της στις δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες που επιφέρει η κλιματική αλλαγή.
- Οι ποικιλίες μάρτυρες M-1, M-2, οι σειρές 5, 9, 13 της εκτός εποχής σποράς που προέρχονται από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα και η σειρά 11 της κανονικής εποχής σποράς, που προέρχεται επίσης από επιλογές στη χαμηλή πυκνότητα, σχημάτισαν μία ομάδα βελτιωμένων σειρών με υψηλές τιμές για τις ολικές φαινόλες, τις ολικές ταννίνες, το βάρος 1000 σπόρων, την αύξηση ενυδάτωσης, την ικανότητα ενυδάτωσης και το ποσοστό περιβλήματος. Παράλληλα, η ίδια ομάδα εμφάνισε μικρό χρόνο βρασμού και μικρό ποσοστό πρωτεϊνών. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι, λόγω των υψηλών ποιοτικών και διατροφικών χαρακτηριστικών, οι προαναφερθείσες σειρές ενδείκνυνται για χρήση σε βελτιωτικά προγράμματα.

Η βελτιωμένη σειρά 9 της κανονικής εποχής σποράς, και από τις δύο πυκνότητες επιλογής, και η βελτιωμένη σειρά 14, που επιλέχθηκε στην υψηλή πυκνότητα στην εκτός εποχής σπορά, λόγω της υψηλής τους απόδοσης και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, αποτελούν υποσχόμενο γενετικό υλικό το οποίο μετά από περαιτέρω αξιολόγηση θα μπορούσε να προωθηθεί για εγγραφή στον Εθνικό Κατάλογο Ποικιλιών. Παράλληλα, λόγω της, εν εξελίξει, κλιματικής αλλαγής, η περαιτέρω αξιολόγηση της σειράς 14, η οποία



χαρακτηρίστηκε ως η πιο ανεκτική στις ξηροθερμικές συνθήκες, αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία.