

Τμήμα Γεωπονίας
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ
ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»

«Αξιολόγηση γενοτύπων καλαμποκιού απουσία ανταγωνισμού μετά την προσθήκη μυκορριζικού εμβολίου»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην «Παραγωγή, πιστοποίηση και διακίνηση φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού» από την

Γλυκερία Κάνη

Φλώρινα, Οκτώβριος 2022

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

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

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

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

2. Καραγιάννης Ευάγγελος (Μέλος)
Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Γεωπονίας
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

3. Πάνκου Χρυσάνθη (Μέλος)
Ερευνήτρια Γ
Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών
ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Φωκίωνα Παπαθανασίου, στον Δρ.Ιωάννη Παπαδόπουλο και ιδιαίτερα την Δρ. Χρυσάνθη Πάνκου επειδή με καθοδήγησαν σε όλα τα στάδια της συγκεκριμένης έρευνας, με συμβούλευσαν και με βοήθησαν τόσο με την επιστημονική τους ακεραιότητα όσο και με τον ανθρώπινο, ζεστό χαρακτήρα τους. Ευχαριστώ όλους εκείνους που δουλέψαμε μαζί, το τεχνικό προσωπικό της σχολής και τους προπτυχιακούς φοιτητές, και ιδιαίτερα την φοιτήτρια Ελένη Χατζή. Ολοκληρώνοντας αυτή την προσπάθεια θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον σύζυγό μου Χάρη για την υπομονή του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
2.1	Περιγραφή του φυτού και της καλλιέργειας αραβόσιτου	11
2.2	Κυψελωτή μέθοδος επιλογής και απουσία ανταγωνισμού	13
2.2.1	Το περιβάλλον απομόνωσης.....	15
2.2.2	Το περιβάλλον καλλιέργειας	16
2.2.3	Το περιβάλλον του ανταγωνισμού.....	16
2.3	Βελτίωση καλαμποκιού.....	17
2.4	Η συμβιωτική σχέση του αραβόσιτου με μυκόρριζα.....	19
2.4.1	Βελτίωση υδραυλικής αγωγιμότητας και έκφραση υδατοπορινών	22
2.4.2	Εμβολιασμός αραβόσιτου και αποικισμός.....	23
2.4.3	Δημιουργία αποικισμού AMF σε φυτά ξενιστές και διατήρηση συμβιωτικής σχέσης	24
3.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	26
3.1	Προετοιμασία εμβολίων μυκόρριζας.....	26
3.2	Εγκατάσταση πειραματικού R-13	27
3.3	Εφαρμογή καλλιεργητικών φροντίδων	28
3.4	Λήψη αγροκομικών παρατηρήσεων	29
3.5	Λήψη φυσιολογικών παρατηρήσεων	30
3.6	Συγκομιδή του κυψελωτού R-13.....	32
3.7	Στατιστική ανάλυση.....	34
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	35
4.1	Αποτελέσματα των επιλεγμένων φυτών του κυψελωτού πειράματος	35
4.1.1	Ύψος φυτού.....	35
4.1.2	Ύψος ψηλότερου φύλλου	37
4.1.3	Ύψος ψηλότερου σπάδικα	39
4.1.4	Ύψος χαμηλότερου σπάδικα.....	40
4.1.5	Αριθμός κόμβων	42
4.1.6	Αριθμός αδελφιών	44
4.1.7	Μήκος μεγαλύτερου σπάδικα	46
4.1.8	Πρώτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης	47
4.1.9	Δεύτερη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης	49
4.1.10	Τρίτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης.....	51
4.1.11	Τέταρτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης	52
4.1.12	Πέμπτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης.....	54
4.1.13	Συνολική ολική συγκέντρωσης χλωροφύλλης	55
4.1.14	Άνθιση αρσενικής ταξιανθίας.....	58
4.1.15	Άνθιση θηλυκής ταξιανθίας.....	59
4.1.16	Διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας (ASI).....	59
4.1.17	Αριθμός σπαδικών που συγκομίσθηκαν	62
4.1.18	Βάρος σπόρων με υγρασία 14%	63
4.1.19	Πρώτη μέτρηση φωτοσυνθετικής αποτελεσματικότητας	65
4.1.20	Δεύτερη μέτρηση φωτοσυνθετικής αποτελεσματικότητας	67
4.1.21	Πρώτη μέτρηση αποτελεσματικής χρησιμοποίησης νερού (WUE)	68
4.1.22	Πρώτη μέτρηση ρυθμού φωτοσύνθεσης (PHOTO).....	70
4.1.23	Πρώτη μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας (COND).....	72
4.1.24	Πρώτη μέτρηση διακυτταρικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CI).....	74
4.1.25	Πρώτη μέτρηση ρυθμού διαπνοής (TRMMOL)	75
4.1.26	Δεύτερη μέτρηση αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης νερού (WUE)	77

4.1.27	Δεύτερη μέτρηση ρυθμού φωτοσύνθεσης (PHOTO).....	78
4.1.28	Δεύτερη μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας (COND)	80
4.1.29	Δεύτερη μέτρηση διακυτταρικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CI)	81
4.1.30	Δεύτερη μέτρηση ρυθμού διαπνοής (TRMMOL)	83
4.2	Αποτελέσματα ανάλυσης όλων των φυτών του κυψελωτού πειράματος ως πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο	85
4.2.1	Μήκος μέγιστου σπάδικα	85
4.2.2	Αριθμός σπαδίκων.....	87
4.2.3	Βάρος σπόρων με υγρασία 14%	88
4.3	Αποτελέσματα ανάλυσης όλων των φυτών του κυψελωτού πειράματος σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία.....	90
4.3.1	Βάρος με υγρασία 14%.....	90
5.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	92
5.1	Αγροκομικά χαρακτηριστικά για τα επιλεγμένα φυτά των γενοτύπων.....	92
5.2	Φυσιολογικά χαρακτηριστικά για τα επιλεγμένα φυτά των γενοτύπων	93
5.3	Αξιολόγηση χαρακτηριστικών για το σύνολο των φυτών ανά γενότυπο του κυψελωτού πειράματος.....	93
5.4	Αξιολόγηση γενοτύπων για το παραγωγικό δυναμικό με τη κυψελωτή μεθοδολογία	94
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	95

Περίληψη

Ο αραβόσιπος (*Zea mays L.*) θεωρείται πολύ σημαντική καλλιέργεια σε όλο τον κόσμο καταλαμβάνοντας μεγάλες εκτάσεις σε πολλές χώρες και αποτελώντας πηγή πολλών προϊόντων. Η συνεχής κλιματική αλλαγή επιβάλλει την προσαρμοστικότητα του αραβόσιτου, έτσι ώστε να σταθεροποιηθεί και να επεκταθεί η καλλιέργειά του ενώ απαιτείται η ορθολογική χρήση των εισροών σε διάφορα περιβάλλοντα και συνθήκες ανάπτυξης. Οι χαμηλές πυκνότητες με υψηλά επίπεδα εισροών επιτρέπουν τα μεμονωμένα φυτά να αναπτυχθούν χωρίς ανταγωνισμό προσεγγίζοντας ικανοποιητικά την παραγωγικότητα του υβριδίου. Κατά τη βελτίωση του καλαμποκιού σε χαμηλές πυκνότητες υπάρχουν συνήθως απώλειες φυτών, που συνεπάγονται μη αντιπροσωπευτική τη συνολική απόδοση. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την απόδοση σε επίπεδο ατόμου. Η επιλογή με τη μέθοδο της κυψελωτής διάταξης εκμηδενίζει τον ανταγωνισμό μεταξύ των φυτών και ελαχιστοποιεί την ετερογένεια του εδάφους. Ως μικόρριζα ορίζεται η αναγκαστική συμβιωτική σχέση μεταξύ εδαφομυκήτων και ριζών. Η συμβίωση συμβάλλει στην πρόσληψη φωσφόρου και στην υδατική οικονομία και ευνοείται η ριζική διακλάδωση λόγω ορμονικών αλληλεπιδράσεων.

Στην παρούσα έρευνα αξιολογήθηκαν δεκατρείς γενότυποι με προσθήκη μικόρριζικού εμβολίου απουσία ανταγωνισμού με τη μέθοδο της κυψελωτής διάταξης, σε πείραμα που διεξήχθη από το Μάιο έως το Δεκέμβριο 2020 στο αγρόκτημα του τμήματος Γεωπονίας της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στη Φλώρινα. Οι γενότυποι ήταν εμπορικά υβρίδια και ελεύθερα επικοινωνιζόμενες σειρές, ενώ ο ένας αποτέλεσε τον μάρτυρα. Πάρθηκαν παρατηρήσεις σε αγροκομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 27 ως πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο για τα χαρακτηριστικά των επιλεγμένων φυτών και για τα χαρακτηριστικά του συνόλου των φυτών. Επίσης έγινε ανάλυση και σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία. Ο γενότυπος έξι ήταν από τους καλύτερους, υστερώντας όμως σε προσαρμοστικότητα και σταθερότητα. Ακολούθησε ο γενότυπος εννιά. Ο μάρτυρας ήταν σταθερή και προσαρμοστική ποικιλία, εντοπίζεται στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά, όμως δεν είχε καλό παραγωγικό δυναμικό.

Abstract

Maize (*Zea mays L.*) is considered a very important crop throughout the world occupying large areas in many countries and being a source of many products. Continued climate change forces the adaptability of maize, so as to stabilize and expand its cultivation. The rational use of inputs is required in various environments and conditions of development. Low densities with high input levels allow individual plants to grow without competition satisfactorily approaching hybrid productivity. When breeding maize at low densities there are usually plant losses, resulting in unrepresentative overall yield. The problem is addressed with performance at the individual plant level. Honeycomb selection eliminates competition between plants and minimizes soil heterogeneity. Mycorrhiza is defined as the obligate symbiotic relationship between soil fungi and roots. The symbiosis contributes to phosphorus uptake and water economy and favors root branching due to hormonal interactions

In the present study thirteen genotypes were evaluated with the addition of mycorrhizal inoculum in the absence of competition by honeycomb design, in an experiment conducted from May to December 2020 at the farm of the Department of Agriculture of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Western Macedonia in Florina. Genotypes were commercial hybrids and open-pollinated lines, while one served as the control. Observations were made on agronomic and physiological characteristics. The data were analyzed with IBM SPSS Statistics 27 statistical program as a complete randomized design for the characteristics of the selected plants and for the characteristics of the whole plant. Analysis was also done according to the honeycomb methodology. Genotype six was one with the best performance, lagging however behind in adaptability and stability and genotype nine followed. The control was stable and adaptable genotype, found in the twenty-five best plants, but it didn't have a good yield potential.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής διπλωματικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση πειραματικών ελεύθερα επικονιαζόμενων σειρών και εμπορικών υβριδίων απουσία ανταγωνισμού και σε κυψελωτή διάταξη στα πλαίσια του δεύτερου έτους πειραματισμού ενός ερευνητικού προγράμματος που συμμετείχε το Τμήμα Γεωπονίας. Κατά τη σπορά προστέθηκε μυκορριζικό εμβόλιο. Παράλληλα, έγινε χαρακτηρισμός και σύγκριση των μυκορριζικών κοινοτήτων σε υλικό ριζόσφαιρας και ριζών που συλλέχθηκε στο μέσο της καλλιεργητικής περιόδου και στο τέλος λίγο πριν τη συγκομιδή. Στο πείραμα μετρήθηκαν σε επιλεγμένα ατομικά φυτά αγροκομικά και φυσιολογικά γνωρίσματα ανά φυτό (απόδοση, ύψος φυτού και κύριου σπάδικα, μήκος σπάδικα, συγχρονισμός άνθισης, ρυθμός φωτοσύνθεσης, συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης κ.α), ώστε να προσδιοριστεί η πιθανή επίδραση της προσθήκης του μυκορριζικού εμβολίου στην συμπεριφορά διαφορετικών γενοτύπων σε συνθήκες έλλειψης ανταγωνισμού.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Περιγραφή του φυτού και της καλλιέργειας αραβόσιτου

Ο αραβόσιπος ή καλαμπόκι ή *Zea mays* ανήκει στην οικογένεια Poaceae. Πιθανολογείται ότι εμφανίστηκε στην Νότια και Κεντρική Αμερική πριν από 55 – 70 εκατομμύρια χρόνια με μακρινό και όχι άμεσο άγριο πρόγονο το *Zeamays spp parviglumis* και εξελικτικά δημιουργήθηκε το καλαμπόκι και συγγενή είδη. Σήμερα εντοπίζονται περίπου 10.000 συγγενικά είδη με τον αραβόσιπο (Scott and Emery, 2016). Άλλη έρευνα δείχνει ότι περίπου 9.000 πριν, το καλαμπόκι εξημερώθηκε απευθείας από το πεδινό *Zea mays spp mexicana* στο Μεξικό (Matsuoka et al., 2001).

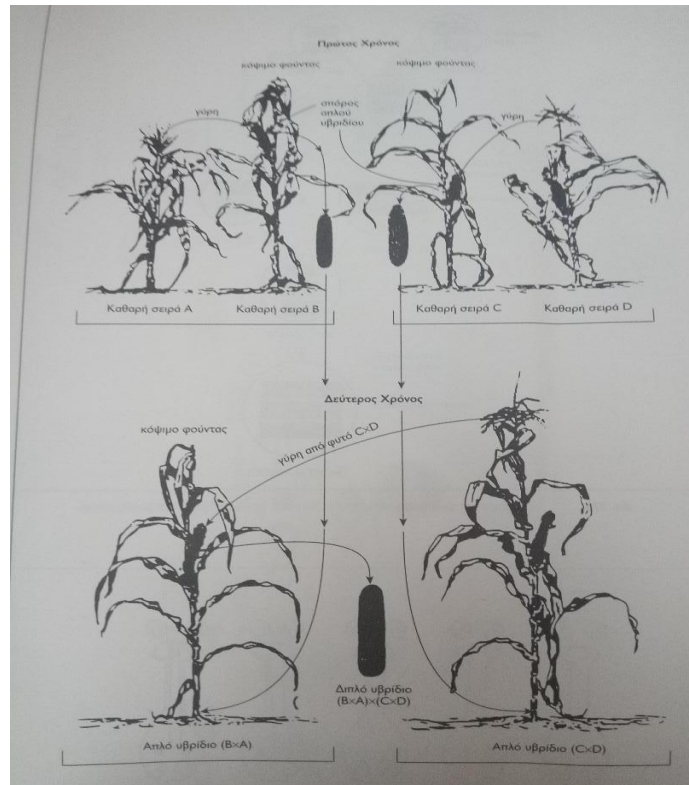
Καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο εκτός της Ανταρκτικής (Scott and Emery, 2016). Ανήκει στα αγγειόσπερμα και είναι μονοκότυλο φυτό. Στην κορυφή έχει τη φόβη, που είναι η αρσενική ταξιανθία και πλευρικά σχηματίζονται οι θηλυκές ταξιανθίες που ονομάζονται σπάδικες και περιβάλλονται από βράκτεια. Τους σπάδικες δημιουργούνται οι καρποί. Ο καρπός είναι καρύοψη. Το κυρίως ριζικό σύστημα μέσα στο έδαφος περιλαμβάνει την εμβρυακή και τη θυσανώδη ρίζα και υπέργεια αναπτύσσει από το κατώτερο γόνατο ή γόνατα τους βλαστογενείς ρίζες που είναι εναέριες (εικόνα 1). Τα φύλλα του σχηματίζονται κατ'εναλλαγή και στη βάση τους υπάρχουν ωτίδια.



Εικόνα 1. Βλαστογενείς ρίζες καλαμποκιού

Το καλαμπόκι είναι σταυρογονιμοποιούμενο είδος και εμφανίζει ετερωτική ευρωστία ή ετέρωση, όταν η F1 γενεά είναι περισσότερο εύρωστη από τους γονείς. Επίσης, στη διασταύρωση δύο ποικιλιών αφαιρώντας την φόβη της μιας ποικιλίας επιτρέπεται η

γονιμοποίησή της από την άλλη και οι σπόροι θα αποτελέσουν απλά υβρίδια. Όταν τα υβρίδια αυτά διασταυρωθούν με άλλα απλά υβρίδια παράγονται διπλά υβρίδια, όπως φαίνεται στην εικόνα 2 (Βαρδαβάκης και Ζούζουλας, 2003).



Εικόνα 2. Παραγωγή διπλών υβριδίων από απλά υβρίδια (Πηγή: Βαρδαβάκης και Ζούζουλας, 2003).

Οι σπόροι ή αλλιώς πυρήνες κατηγοριοποιούνται σε dent, που είναι οδοντόμορφοι, όπως το γλυκό καλαμπόκι και seflint όπως το ποπκορν (Eckhoff et al., 2003). Ο αραβόσιτος είναι C4 φυτό (Παπακώστα Τασοπούλου, 2012). Για κάθε ποικιλία η διάρκεια του βιολογικού κύκλου διαφέρει, αλλά τα στάδια είναι τα ίδια. Ο βιολογικός του κύκλος περιλαμβάνει το φύτερωμα, το σχηματισμό του πρώτου, δεύτερου, τρίτου και νιοστού φύλλου και ολοκλήρωση σχηματισμού της αρσενικής ταξιανθίας. Η αναπαραγωγή ξεκινά με την εμφάνιση σιγμάτων ως τη φυσιολογική ωρίμανση όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Βλαστικά και αναπαραγωγικά στάδια ενός φυτού καλαμποκιού του οδοντόμορφου τύπου Παπακώστα Τασοπούλου, 2012, από Richie κ.α. 1996

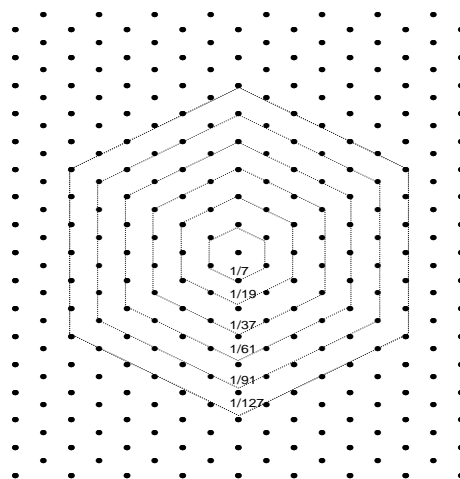
Βλαστικά στάδια	Αναπαραγωγικά στάδια
ΒΦΦύτρωμα	A1 Εμφάνιση σπιγμάτων
B11 ^ο φύλλο	A2 Σπόροι λευκοί με διαφανές υγρό
B22 ^ο φύλλο	A3 Γάλακτος
B33 ^ο φύλλο	A4 Ζύμης
Bηη ^ο φύλλο	A5 Δοντιού
.	A6 Φυσιολογική ωρίμανση
.	
.	
Αναπτυγμένη αρσενική ταξιανθία	

2.2 Κυψελωτή μέθοδος επιλογής και απουσία ανταγωνισμού

Η καλλιέργεια του αραβοσίτου (*Zea mays L.*) καταλαμβάνει μεγάλες εκτάσεις παγκοσμίως αποτελώντας πηγή πληθώρας προϊόντων ευρείας κατανάλωσης ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία τροφίμων, ζωοτροφών και τη παραγωγή βιοκαυσίμων (Ray et al., 2013). Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, η ικανότητα της εν λόγω καλλιέργειας να προσαρμόζεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Λόγω της κλιματικής αλλαγής, η προσαρμοστικότητα είναι αναγκαίος παράγοντας για την επέκταση και τη σταθεροποίηση της παραγωγής αραβοσίτου (Hatfield and Walthall, 2015). Ο αραβόσιτος καλλιεργείται ανά τον κόσμο σε διαφορετικά περιβάλλοντα και σε διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης και τα υβρίδια καλαμποκιού διαφέρουν γενοτυπικά, ενώ απαιτούν υψηλές πυκνότητες. Αυτά δημιουργούν πολλές αλληλεπιδράσεις γενοτύπου-περιβάλλοντος αποτελώντας δυσκολία στην ορθολογική αξιοποίηση των εισροών για την κάθε καλλιέργεια υβριδίου καλαμποκιού (Tokatlidis, 2013). Η κατάλληλη πυκνότητα φύτευσης του καλαμποκιού δεν είναι δεδομένη και διαφοροποιείται από παράγοντες όπως το γεωγραφικό πλάτος, η συχνότητα και το ύψος βροχόπτωσης, το εφαρμοζόμενο σύστημα άρδευσης, η ηλιοφάνεια και η θερμοκρασία (Dhaliwal and Williams, 2020). Ως εκ τούτου, το ενδιαφέρον στρέφεται σε ποικιλίες που μπορούν να αξιοποιούν όσο το δυνατόν καλύτερα τις εισροές ανεξάρτητα από τη πυκνότητα φύτευσης για κάθε περιβάλλον (Tokatlidis, 2013). Ο ανταγωνισμός που αναπτύσσεται μεταξύ των φυτών λειτουργεί ανασταλτικά για την επιλογή αποδοτικών φυτών στη βελτίωση. Η απουσία ανταγωνισμού αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την ανάδειξη των επιθυμητών γενοτύπων (Tokatlidis et al., 2015). Η βελτίωση αραβοσίτου με

μικρή πυκνότητα φύτευσης μπορεί να συνοδεύεται από απώλειες φυτών και η συνολική απόδοση να μην είναι αντιπροσωπευτική του υβριδίου. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την απόδοση σε επίπεδο ατόμου (Tokatlidis, 2013). Η πιθανή στασιμότητα της απόδοσης των φυτών εκμηδενίζεται με επιλογή σε χαμηλή πυκνότητα. (Fasoulas, 1993; Duvick, 1997, 2005; Has et al., 2008).

Η επιλογή με τη μέθοδο της κυψελωτής διάταξης ελαχιστοποιεί τον ανταγωνισμό και τις επιδράσεις της ετερογένειας του εδάφους και του μικροκλίματος, επειδή το κάθε φυτό συγκρίνεται με τα γειτονικά του. Τα γειτονικά φυτά ανήκουν στην περιφέρεια κινητού κανονικού εξαγώνου, κάθε πλευρά του οποίου έχει ισάριθμα φυτά σε ίσες αποστάσεις. Προϋπόθεση για να επιλεγεί ένα φυτό που βρίσκεται στο κέντρο του εξαγώνου είναι να υπερτερεί των γειτονικών του στο επιθυμητό γνώρισμα. Επίσης η επιλογή γίνεται με την ένταση επιλογής, που είναι $1/n+1$, όπου n είναι το πλήθος των φυτών στην περιφέρεια του κινητού εξαγώνου (Εικόνα 3) (Fasoulas and Fasoula, 1995).



Εικόνα 3: Διάφορες εντάσεις επιλογής στην κυψελωτή διάταξη. Ένα φυτό επιλέγεται όταν ξεπερνά σε απόδοση όλα όσα το περιβάλλουν, ανάλογα με την ένταση επιλογής. Πχ το φυτό που βρίσκεται στο κέντρο μπορεί να επιλεγεί με ένταση επιλογής 2,7% (1/37) αν ξεπερνά και τα 36 φυτά που περιλαμβάνονται στο 3ο εξάγωνο (Fasoulas and Fasoula, 1995).

Η αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων, που έχει πρωταρχική σημασία όσον αφορά την αειφορία, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ανταγωνισμό μεταξύ ατόμων εντός ενός φυτικού πληθυσμού. Από την άλλη πλευρά, η βελτίωση φυτών δεν έχει μελετήσει σοβαρά την επίδραση του ανταγωνισμού στις αποδόσεις ενός φυτού, αν και ο ανταγωνισμός ασκεί συγκεκριμένες επιδράσεις στην ταυτοποίηση και την επιλογή των ανώτερων γενοτύπων, συμβάλλοντας έτσι στο κενό μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου.

Ωστόσο, έχει καθιερωθεί μια καινοτόμος διαδικασία βελτίωσης, δηλαδή η μεθοδολογία του κυψελωτού (Fasoulas, 1988, 1993; Fasoula and Fasoula, 1997, 2002), η οποία δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο θέμα του ανταγωνισμού. Ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα προκαλούνται είτε από γενετικούς παράγοντες είτε από περιβαλλοντικούς, με αποτέλεσμα αυξημένες διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών (Fasoula and Fasoula 1997, 2002).

Τα γενετικά επαγόμενα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οφείλονται στις διαφορές μεταξύ των φυτών για «γενετική ανταγωνιστική ικανότητα» σε έναν γενετικά ετερογενή πληθυσμό που αυξάνεται με πόρους περιορισμένους για μεγάλη πυκνότητα. Τα μεμονωμένα φυτά με τέτοια ικανότητα αποκτούν προοδευτικά ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των ασθενέστερων, και έτσι οι συνθήκες ανάπτυξης καθίστανται πιο ευνοϊκές για τα πρώτα και πιο δυσμενείς για τα τελευταία (Fasoula and Fasoula 1997, 2002).

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκαλούνται από το περιβάλλον προέρχονται από την επίκτητη διακύμανση εντός του πληθυσμού του stand. Η επίκτητη διακύμανση είναι πολύ συχνή ακόμη και σε γενετικά ομοιογενείς βάσεις λόγω διαφόρων αιτιών. Μια διακύμανση στην εμφάνιση των σπόρων προέρχεται από διαφορές στο βάθος σποράς, το μέγεθος των σπόρων και την υφή του εδάφους, την αποτυχία πρόσβασης στο νερό του εδάφους, τις επιπτώσεις από έντομα, ασθένειες, πουλιά και τρωκτικά (Rommel and Bonhomme, 1998). Μετά την εμφάνιση και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, η παραλλακτικότητα μεταξύ φυτών διευρύνεται λόγω διαφορών ηλικίας, περιβαλλοντικής ετερογένειας, ευαισθησία σε παράσιτα και παθογόνα και, στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών των παραγόντων. Με τη σειρά του, δημιουργείται παραλλακτικότητα από φυτό σε φυτό και ορισμένα φυτά αποκτούν «ανταγωνιστική ικανότητα» και πλεονέκτημα ανάπτυξης σε σχέση με τους λιγότερο δυνατούς γείτονές τους, αποκτώντας τη δυνατότητα εκμετάλλευσης περισσότερων πόρων από το μερίδιό τους και καταστέλλοντας την ανάπτυξη των πιο αδυνάμων. Τρεις είναι οι αιτίες ανταγωνισμού που βοηθούν στην αξιολόγηση ενός δεδομένου γενοτύπου. Αυτές οι αιτίες είναι το περιβάλλον απομόνωσης, το περιβάλλον καλλιέργειας, και το περιβάλλον ανταγωνισμού και φαίνονται στην εικόνα 4 (Fasoula and Fasoula, 1997).

2.2.1 Το περιβάλλον απομόνωσης

Στο περιβάλλον απομόνωσης, τα μεμονωμένα φυτά απέχουν τόσο ώστε να εξαλείφονται τυχόν παρεμβολές μεταξύ φυτών για την ίση χρήση των πόρων ανάπτυξης (Fasoula and Fasoula, 1997). Επειδή τα μεμονωμένα φυτά δεν επηρεάζονται από την ανταγωνιστική ικανότητα των γειτονικών φυτών, ο όρος θεωρείται «μηδενικός ανταγωνισμός». Έτσι, κάθε φυτό στη βάση εξαρτάται αποκλειστικά από το δικό του γενετικό δυναμικό καθ' όλη τη διάρκεια του αναπτυξιακού κύκλου, από το φύτεμα έως το αναπαραγωγικό στάδιο. Επομένως, το περιβάλλον απομόνωσης αξιολογεί με ακρίβεια το πλήρες γενετικό δυναμικό των μεμονωμένων φυτών για όλα τα μετρούμενα χαρακτηριστικά (Fasoula and Fasoula, 1997, 2002; Tokatlidis et al., 2010).

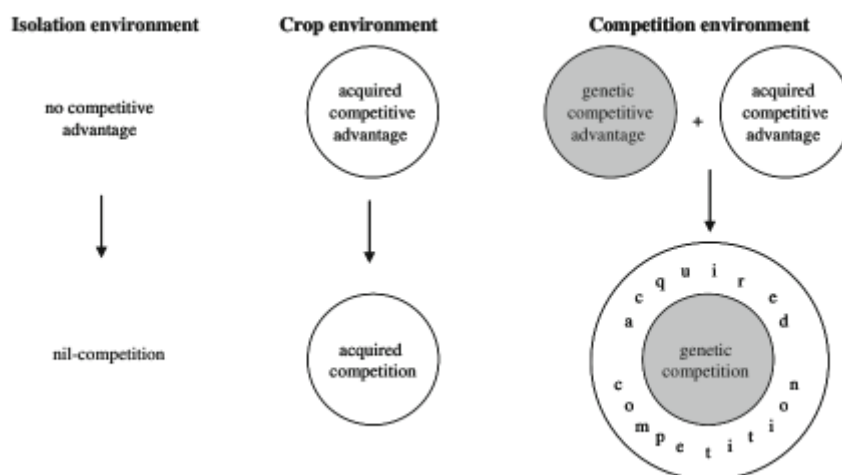
2.2.2 Το περιβάλλον καλλιέργειας

Στο καλλιεργητικό περιβάλλον, ο γενότυπος ανταγωνίζεται τον εαυτό του και οι ίδιοι γενότυποι μοιράζονται θεωρητικά τους περιβαλλοντικούς πόρους εξίσου, οπότε η απόδοση τους κατανέμεται ομοιόμορφα (Fasoula and Fasoula, 1997). Στο περιβάλλον των καλλιεργειών, ορισμένα φυτά αποκτούν ανταγωνιστική ικανότητα και πλεονέκτημα ανάπτυξης έναντι των λιγότερο δυναμικών γειτόνων τους, έχοντας τη δυνατότητα να αποκτήσουν περισσότερους πόρους από το μερίδιό τους και να καταστέλλουν την ανάπτυξη άλλων ατόμων. Κατά συνέπεια, αναπτύσσεται ανταγωνισμός που προκαλείται από το περιβάλλον, η κλίμακα του οποίου εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, την ποικιλία και τα μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωσή του. Το γενετικό υπόβαθρο της καλλιέργειας και της ποικιλίας (buffering) είναι πρωταρχικής σημασίας που αντικατοπτρίζει την ευπάθεια του γενοτύπου στις εξωγενείς δυνάμεις που είναι υπεύθυνες για την παραλλακτικότητα (Fasoula and Fasoula, 1997, 2002).

2.2.3 Το περιβάλλον του ανταγωνισμού

Στο περιβάλλον ανταγωνισμού, ο γενότυπος ανταγωνίζεται με γενετικά διαφορετικούς γενοτύπους. Οι διαθέσιμοι πόροι μοιράζονται μεταξύ ανόμοιων γενοτύπων λόγω της διαφορετικής γενετικής ανταγωνιστικής τους ικανότητας, επομένως η απόδοση των ατόμων κατανέμεται άνισα. Το πιο σημαντικό, το περιβάλλον ανταγωνισμού συμβαίνει μέσα σε δείγματα υλικών στις διάφορες γενιές επιλογής που αναπτύσσονται υπό συνθήκες πυκνού σταδίου. Ο ανταγωνισμός σε αυτήν την περίπτωση προέρχεται τόσο από γενετικές όσο και επίκτητες διαφορές. Χάρη στη γενετική ανταγωνιστική ικανότητά τους, ορισμένα

φυτά έχουν επίσης καλή πιθανότητα να αποκτήσουν ανταγωνιστική ικανότητα (Fasoula and Fasoula, 1997).



Εικόνα 4: Αιτίες ανταγωνισμού σε ένα πεδίο πληθυσμού φυτών (Fasoula και Fasoula 1997): (1) στο περιβάλλον απομόνωσης, η μεγάλη απόσταση σποράς αποκλείει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, οπότε ο ανταγωνισμός είναι μηδέν (2) στο καλλιεργητικό περιβάλλον, χάρη στη γενετική ομοιογένεια, υπάρχει μόνο παραλλακτικότητα που προκαλείται από το περιβάλλον, συνεπώς τα αποκτηθέντα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα καταλήγουν στον επίκτητο ανταγωνισμό. (3) στο περιβάλλον του ανταγωνισμού, υπάρχει γενετική συν περιβαλλοντική παραλλαγή, οπότε τόσο τα γενετικά όσο και τα αποκτηθέντα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα καταλήγουν σε έντονο ανταγωνισμό.

2.3 Βελτίωση καλαμποκιού

Η προσπάθεια βελτίωσης φυτών που σταυρογονιμοποιούνται οδήγησε στην επικράτηση των απλών υβριδίων (Fasoulas, 1993; Fasoula and Fasoula, 1997, 2002). Ένας καλός εκπρόσωπος είναι ο αραβόσιτος, η εξέλιξη του οποίου καθ' όλη τη διάρκεια του εικοστού αιώνα αξίζει ιδιαίτερης προσοχής. Τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν από τον Troyer (1996) έδειξαν ότι στις ΗΠΑ, μέχρι το 1930, καλλιεργήθηκαν πληθυσμοί ανοιχτής επικονίασης και το ετήσιο κέρδος στην απόδοση σιτηρών πλησίασε μόνο το 1 kg /εκτάριο. Η καλλιέργεια των λιγότερο ετερογενών διπλών υβριδίων κατά την περίοδο από το 1930 έως τη δεκαετία του 1960 αύξησε το ετήσιο κέρδος στα 65 κιλά / εκτάριο. Από τότε, η εμφάνιση των υβριδίων μονής διασταύρωσης αύξησε το ετήσιο κέρδος στα 110 κιλά / εκτάριο. Η πρόοδος στον αραβόσιτο υποδηλώνει την προοδευτική εξάλειψη επιβλαβών γονιδίων και την παράλληλη μετάβαση σε ομοζύγωτες ποικιλίες (Fasoula and Fasoula, 2000, 2002, 2005). Στον αραβόσιτο, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντική ποσότητα επιβλαβών γονιδίων και τα αποτελέσματα αυτών των γονιδίων μπορούν να

καλυφθούν σε υβριδικές ποικιλίες μονής διασταύρωσης (Fasoulas, 1993; Fasoula and Fasoula, 1997, 2002, 2005; Tokatlidis et al., 1999).

Οι εντατικές προσπάθειες βελτίωσης κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα για τη βελτίωση του δυναμικού απόδοσης των καλλιεργειών ήταν γενικά επιτυχημένες. Ωστόσο, όλες οι επιτυχώς βελτιωμένες καλλιέργειες, π.χ. σιτάρι ή καλλιέργειες που χαρακτηρίζονται από την επικράτηση της γενετικής παραλλαγής του πρόσθετου, π.χ. αραβόσιτος (Fasoula and Fasoula, 2002). Ο απώτερος στόχος βελτίωσης καθαρών σειρών γίνεται εφικτός με τη συστηματική αφαίρεση επιβλαβών γονιδίων και την αντικατάστασή τους από ευνοϊκά πρόσθετα αλληλόμορφα (Fasoulas, 1993; Fasoula and Fasoula, 2000, 2002, 2005). Στον αραβόσιτο, υπάρχουν συντριπτικές ενδείξεις για τον κυρίαρχο ρόλο της κυριαρχίας και της μερικής κυριαρχίας στον έλεγχο της ετέρωσης (Crow, 2000), γεγονός που υποδηλώνει τη δυνατότητα ανάπτυξης συγγενών καθαρών σειρών ικανών να φθάσουν σε επίπεδα υβριδικής παραγωγικότητας (Fasoula and Fasoula, 2002, 2005) Η εξάλειψη των επιβλαβών γονιδίων και η συσσώρευση ευνοϊκών αλληλομόρφων μέσω της βελτίωσης και της επιλογής βρέθηκε να αυξάνει την παραγωγή ζωοτροφών κατά 24% ακόμη και σε πληθυσμό μηδικής (Kimbeng and Bingham, 1998).

Οι καθαρές σειρές αναπαράγονται πιστά στον τύπο και έχουν χαμηλό κόστος πιστοποιημένης παραγωγής σπόρων και οι παραγωγοί μπορούν να διατηρήσουν τους δικούς τους σπόρους για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο, με την προϋπόθεση της μεμονωμένης διάδοσης στην περίπτωση των διασταυρούμενων ποικιλιών. Αυτό είναι ουσιαστικά σημαντικό για τους φτωχούς μικρούς αγρότες στις αναπτυσσόμενες χώρες. Επιπλέον, η ομοζυγωτία της καθαρής σειράς επιτρέπει να παρουσιάζει υψηλή και σταθερή απόδοση και να επιδεικνύει υψηλή ανθεκτικότητα σε βιοτική και αβιοτική καταπόνηση με την προϋπόθεση ότι φέρουν ευνοϊκά πρόσθετα γονίδια.

Ο στόχος της βελτίωσης φυτών είναι η ανάπτυξη νέων ποικιλιών που χαρακτηρίζονται από βελτιωμένα αγροκομικά ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά και σταθερότητα, είτε το προϊόν που συλλέγεται είναι σπόρος, ζωοτροφές, φυτικές ίνες, φρούτα, κόνδυλοι, λουλούδια ή άλλα μέρη φυτών (Sleper and Poehlman, 2006). Η αποτελεσματικότητα αναπαραγωγής για αυτά τα χαρακτηριστικά εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία αξιολογείται το γενετικό δυναμικό. Η εκτίμηση του γενετικού δυναμικού για ποσοτικά γνωρίσματα υπόκειται σε σφάλματα διαφόρων αιτιών όπως η περιβαλλοντική ετερογένεια στο πεδίο επιλογής και η έλλειψη ακρίβειας στη διαδικασία μέτρησης χαρακτηριστικών (Yano et al., 2002). Το κενό μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου εξακολουθεί να υπάρχει, και η πρόκληση είναι ο σχεδιασμός πειραμάτων με τη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων που απαιτούνται για τη γεφύρωση του (Wilson et al., 2004).

2.4 Η συμβιωτική σχέση του αραβοσίτου με μυκόρριζα

Μυκόρριζα είναι η αναγκαστική συμβιωτική σχέση μεταξύ εδαφομυκήτων και ριζών ή ριζόμορφων των φυτών στο στερεό φλοιό της γης (Smith and Smith, 2011). Η πιο διαδεδομένη μορφή μυκόρριζας είναι η θυσανοειδής, όπου συμμετέχουν μύκητες του φύλου των *Glomeromycota*. Είναι αξιοσημείωτο ότι εξαιτίας αυτής της αλληλεπίδρασης των *Glomeromycota* με τα φυτά, τόσο ο αριθμός όσο και το είδος των μυκήτων στον πληθυσμό σε ένα έδαφος μπορεί να καθορίσει τη δομή και τη λειτουργία της αντίστοιχης φυτοκοινότητας στα φυσικά οικοσυστήματα. Έχει αναφερθεί ότι οι μυκόρριζες συμβάλλουν κυρίως στη θρέψη με φώσφορο (P), στοιχείο το οποίο ακινητοποιείται εύκολα στο έδαφος και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης όταν δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη το ριζικό τους σύστημα. Το εδαφικό pH είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του P, με ένα στενό εύρος (5,5-7,0) να είναι το βέλτιστο για τη διαθεσιμότητα του στοιχείου. Το καλαμπόκι είναι είδος που εμφανίζει ιδιαίτερη ευαισθησία στην έλλειψη P. Επιπλέον, η μυκόρριζα έχει βρεθεί ότι συμβάλλει στη θρέψη των φυτών και ως προς άλλα ανόργανα στοιχεία, κυρίως μετάλλων (Fe, Zn, Cu), που δεν είναι διαθέσιμα σε αλκαλικά εδάφη και αποτελούν την πλειονότητα των ελληνικών αρόσιμων γαιών. Τέλος, η μυκόρριζα θεωρείται ότι συμβάλλει στην υδατική οικονομία των φυτών είτε έμμεσα μέσω της βελτίωσης της θρέψης με P που ευνοεί την ανάπτυξη της ρίζας είτε άμεσα με την αύξηση της προμήθειας νερού στα φυτά μέσω του εκτεταμένου συστήματος πρόσληψης που σχηματίζουν οι υφές της. Ωστόσο, η επίδραση των μυκορριζών στα φυτά και τον τρόπο ανάπτυξής τους εκτείνεται πολύ πέρα από τη θρέψη σε φώσφορο. Όπως έχει αναφερθεί σε πληθώρα εργασιών, η μυκορριζική συμβίωση επιδρά επιπλέον στην ανάπτυξη και την αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος των φυτών όχι όμως εξαιτίας της βελτίωσης στη θρέψη αλλά πολύ περισσότερο εξαιτίας ορμονικών αλληλεπιδράσεων, οι οποίες ευνοούν τη διακλάδωση του ριζικού συστήματος (Chaia and Raffaele, 2000; Berta et al., 2002; Atkinson et al., 2003; Orfanoudakis et al., 2010). Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με τη διαπνοή αλλά και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών-ξενιστών και οι οποίες διαφοροποιούνται μεταξύ των γενοτύπων (Hodge, 2004). Μία τέτοια διαφοροποίηση αναμένεται να είναι ορατή και σε φυσιολογικές συνθήκες καλλιέργειας. Οι εκτεταμένες μελέτες σχετικά με τη βελτίωση της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος μέσω της μυκορριζικής συμβίωσης έχει οδηγήσει την τελευταία εικοσαετία στη διάδοση της εφαρμογής τους στο πεδίο υπό τη μορφή εμπορικών σκευασμάτων. Τα αποτελέσματα παρόλα αυτά στην

αύξηση της παραγωγικότητας εξαρτώνται από το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται η καλλιέργεια (Liu et al, 2016), αλλά σημαντικότερα από τη συμβατική λειτουργικότητα μεταξύ μυκήτων και φυτών. Υπό αυτή την έννοια, είναι επιβεβλημένη η ανάγκη ύπαρξης μυκορριζικού εμβολίου που μπορεί να βελτιώνει την ποιότητα αλλά και την απόδοση των φυτών εξαιτίας της καλύτερης συμβατότητας με αυτά, ανεξάρτητα από το περιβάλλον έδαφος αλλά και τις συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας (Liu et al, 2016).

Οι έρευνες δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη βελτίωση της θρέψης, κυρίως σε φώσφορο (Willmann et al., 2000). Ωστόσο η απορρόφηση-θρέψη βελτιώνεται υπό συγκεκριμένες συνθήκες λίπανσης (Polcyn et al., 2019), ενώ ο αποικισμός μειώνεται με χημική προσθήκη P (Polcyn et al., 2019). Η έλλειψη φωσφόρου στο έδαφος προκαλεί παραγωγή ορμόνης, η οποία είναι το μήνυμα έναρξης της συμβιωτικής σχέσης (Nagahashi et al., 2010; Yoneyama et al., 2018). Οι μυκηλιακές υφές συχνά διεισδύουν στα τοιχώματα των φλοιού των κυττάρων της ρίζας για να σχηματίσουν συγκεκριμένες μυκηλιακές δομές «σε σχήμα δέντρου» που ονομάζονται arbuscules, οι οποίες χρησιμεύουν ως οι κύριες τοποθεσίες ανταλλαγής θρεπτικών ουσιών μεταξύ του φυτού και του μύκητα (Heetal., 2009; Fusconi, 2014). Ρυθμίζεται η δραστηριότητα των υδατοπορινών και η βελτιώνεται η διαπερατότητα του νερού στα ριζικά κύτταρα στα φυτά αραβοσίτου που υπόκεινται σε καταπόνηση νερού (Quiroga et al., 2019), και η αύξηση της αποπ्लाστικής κίνησης του νερού στα φυτά ξενιστές (Bárzana et al., 2012). Φυτά που σχηματίζουν συμβίωση με *Arbuscular mycorrhizae* (AM) με μέλη της *Glomeromycota* έχουν μεταφορείς φωσφορικών που εμπλέκονται είτε συγκεκριμένα είτε κατά προτίμηση στην απομάκρυνση φωσφορικού από τον αποπλάστη μεταξύ ενδοκυτταρικών δομών AM και ριζικών κυττάρων φλοιού. Η λειτουργία των επαγόμενων από μυκόρριζα μεταφορέων φωσφόρου στο μονοπάτι πρόσληψης AM- P φαίνεται, τουλάχιστον εν μέρει, να αντικαθιστά την πρόσληψη μέσω διαφορετικών μεταφορέων P που βρίσκονται στην επιδερμίδα της ρίζας και στα ριζικά τριχίδια (Glassop et al., 2005).

Η αυξημένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και η ανάπτυξη από τον αποικισμό μυκήτων AM έχουν αποδειχθεί τόσο για τα άγρια όσο και για τα καλλιεργούμενα είδη, ειδικά σε άγονα εδάφη, αν και οι εκτάσεις του αποικισμού και η αύξηση διαφέρουν μεταξύ φυτών ξενιστών, ειδών μυκήτων AM και περιβαλλοντικών συνθηκών (Abbott and Robson 1991; Van Der Heijden et al. 1998; Eom et al., 2000; Klironomos, 2003).

Το ποσοστό αποικισμού διαφέρει επίσης μεταξύ φυτικών ειδών και γονότυπων (Krishna et al., 1985; Tawaraya, 2003). Μια αξιολόγηση 16 ποικιλιών σίτου και προγόνων με διαφορετικά γονίδια (10 *Triticum*, 5 *Aegilopes* και 1 είδη *Haynaldia*) αποκάλυψε ότι

υπήρχε μεγάλη γενετική διακύμανση στο επίπεδο αποικισμού μεταξύ των ειδών (Hetrick et al. 1992).

Αντίθετα, ο αποικισμός σε καλλιέργειες βρώμης (*Avena sativa*) και ντομάτας (*Lycopersicon esculentum*) αυξήθηκε για ορισμένες σύγχρονες ποικιλίες, σε σύγκριση με τα άγρια είδη (Koide et al. 1988; Bryla and Koide, 1990). Στον αραβόσιτο (*Zea mays*) σε 13 γηγενείς σειρές (inbred lines), ο αποικισμός μειώθηκε για ανθεκτικές σε ασθένειες σειρές, σε σύγκριση με σειρές που παρουσιάζουν ευαισθησία. Ο αραβόσιτος χρησιμεύει ως βασική τροφή και ζωοτροφή σε πολλές περιοχές του κόσμου. Για αυτό το είδος καλλιέργειας, είναι διαθέσιμο μοναδικό γενετικό υλικό που αποτελείται από γενοτύπους που προέρχονται (αναπτύχθηκαν) από διαφορετικές χώρες, τοποθεσίες και χρονολογίες. Το γενετικό υλικό ταξινομείται κατά κύριο λόγο στους ακόλουθους τρεις τύπους με βάση τη βιολογική του κατάσταση, την inbred line, το υβρίδιο και το έδαφος. Η αξιολόγηση των γενοτύπων αραβόσιτου θα μπορούσε να αποσαφηνίσει τον τρόπο με τον οποίο ο αποικισμός AM ποικίλλει ανάλογα με τον γενότυπο των φυτών και μπορεί να παρέχει πληροφορίες που επιτρέπουν τη χρήση των γενετικών παραλλαγών προς την ανάπτυξη βιώσιμων αγροοικοσυστημάτων (Bernardo, 2009).

Μελέτες έχουν δείξει ότι το επίπεδο αποικισμού AM ποικίλλει μεταξύ των γενοτύπων των φυτών εντός των ειδών ωστόσο, ο αριθμός και το εύρος (ποικιλομορφία) των γενοτύπων των φυτών που αξιολογήθηκαν στις μελέτες δεν ήταν αρκετά μεγάλη για να αναλύσει πώς διαφέρει ανάλογα με τους γενοτύπους (Hetrick et al., 1992; Zhu et al., 2001; Tawarayama, 2003).

Η φυσική γενετική παραλλακτικότητα αποτελεί ουσιαστική πηγή για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών που ενδιαφέρουν τα προγράμματα αναπαραγωγής φυτών (Mc Couch, 2004). Ωστόσο, υπήρχαν λίγες πληροφορίες σχετικά με τη γενετική παραλλαγή στον αποικισμό AM του αραβόσιτου. Οι κατανομές συχνότητας που παρατηρήθηκαν σε αυτή τη μελέτη δείχνουν ότι το επίπεδο αποικισμού ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό και συνεχώς μεταξύ των γενοτύπων αραβόσιτου για κάθε μύκητα (Mc Couch, 2004).

Οι περισσότερες προηγούμενες μελέτες έχουν συγκρίνει τα επίπεδα αποικισμού AM μεταξύ παλαιών και σύγχρονων ποικιλιών, παρέχοντας λίγες πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της τοποθεσίας προέλευσης (Koide et al., 1988; Bryla and Koide, 1990; Zhu et al., 2001). Ο αποικισμός ποικιλιών σίτου διέφερε μεταξύ των τόπων προέλευσης: ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτό δεν έχει επαληθευτεί στατιστικά (Hetrick et al., 1992).

Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο αποικισμός AM αραβόσιτου ποικίλλει ανάλογα με την προέλευσή τους (χώρα αναπαραγωγής και τοποθεσία), υποδεικνύοντας περαιτέρω ότι οι γενοτύποι από συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές είναι χρήσιμοι για τη

βελτίωση (βελτιστοποίηση) του επιπέδου αποικίας. Ωστόσο, η γενετική παραλλακτικότητα στον αποικισμό AM επηρεάστηκε επίσης από το στάδιο ανάπτυξης και το έτος καλλιέργειας

Ο αποικισμός των ριζών από τους γηγενείς μύκητες AM καταστέλλεται βελτιώνοντας την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε παθογόνα και ότι ενισχύεται δυσμενώς επιλέγοντας γενοτύπους προσαρμοσμένους σε τοπικά περιβάλλοντα (Dehne 1982; Parke and Kaerpler, 2000; Linderman and Davis, 2004; Gosling et al., 2006). Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες για την ανάλυση των επιπτώσεων της βελτίωσης της αντίστασης σε ασθένειες και της τοπικής επιλογής στον αποικισμό AM. Κατ'εξάιρεση, οι Toth et al. (1990) συνέκριναν 13 σειρές αραβοσίτου με διαφορετικά επίπεδα αντοχής στις ασθένειες και ανέφεραν μια αρνητική σχέση μεταξύ της ανθεκτικότητας και της αποικίας AM. Το επίπεδο αποικισμού των φυτών αραβοσίτου πριν από την άνθιση έχει αναφερθεί ότι συσχετίζεται θετικά με την πρόσληψη και την ανάπτυξή τους (Gavito and Miller, 1998; Arihara and Karasawa, 2000; Karasawa et al., 2002; Bittman et al., 2006)

2.4.1 Βελτίωση υδραυλικής αγωγιμότητας και έκφραση υδατοπορινών

Υπάρχουν πειράματα που δείχνουν ότι η συμβιωτική σχέση μυκόρριζας με αραβόσιτο επιδρά- διαμορφώνει την έκφραση του συνόλου των γονιδίων των υδατοπορινών, και επηρεάζει την υδραυλική αγωγιμότητα στο καλαμπόκι. Οι υδατοπορίνες είναι διάυλοι μεταφορές νερού και άλλων ουσιών. Υψηλά επίπεδα έκφρασης υδατοπορινών εμφανίζονται σε ιστούς με υψηλές ροές νερού μέσω μεμβρανών. Οι υδατοπορίνες φαίνεται να διαδραματίζουν έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της διακυτταρικής μεταφοράς νερού και της υδραυλικής αγωγιμότητας των ιστών. Υπάρχουν σε κάθε φυτό ισομορφές- ομόλογα υδατοπορινών, π.χ. 35 στην *Arabidopsis thaliana*, και έχει βρεθεί ότι σε συνθήκες καταπόνησης, όπως ξηρασία, αλατότητα ή ιόντα υδραργύρου, εκφράζονται συγκεκριμένες (Javot et al., 2003). Φαίνεται ότι εμβολιασμένα φυτά αραβοσίτου με AM σε συνθήκες ξηρασίας έδωσαν πολύ μεγαλύτερο ξηρό βάρος ,από ότι μη εμβολιασμένα φυτά. Εμβολιασμένα φυτά σε καταπόνηση ξηρασίας έχουν καλύτερη ανάπτυξη και μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας (Bárzana et al., 2014).

Φαίνεται ότι η συμβίωση AM ρυθμίζει την έκφραση ενός μεγάλου αριθμού γονιδίων υδατοπορινών στο φυτό ξενιστή, που αποτελείται από μέλη των διαφόρων οικογενειών υδατοπορινών. Πολλές από αυτές μπορούν να μεταφέρουν νερό και άλλα μόρια φυσιολογικής σημασίας για την απόδοση των φυτών. Η ρύθμιση αυτών των γονιδίων

εξαρτάται από τις συνθήκες άρδευσης και από τη διάρκεια της καταπόνησης σε νερό που επιβάλλεται (Bárgana et al., 2014).

Σε βραχυπρόθεσμες συνθήκες ξηρασίας, η συμβίωση AM μπορεί να τονώσει περαιτέρω φυσιολογικές διεργασίες στις οποίες θα μπορούσαν να εμπλέκονται οι υδατοπορίνες, ίσως επειδή αυτά τα φυτά έχουν πρόσβαση σε υδάτινους πόρους που δεν είναι προσβάσιμοι σε φυτά μη εμβολιασμένα με AM. Σε αντίθεση, όταν η ξηρασία διατηρηθεί, η συμβίωση AM περιορίζει πολλές από τις διαδικασίες στις οποίες μπορούν να συμμετέχουν αυτές οι υδατοπορίνες. Σε φυτά μη εμβολιασμένα, ανεξάρτητα από την ένταση της ξηρασίας, η απόκριση είναι μια γενική ρύθμιση των υδατοπορινών και των φυσιολογικών διεργασιών που σχετίζονται με τις υδατοπορίνες. Έτσι, εκτός από την άμεση δραστηριότητα των μυκηλιακών υφών στην πρόσληψη νερού και θρεπτικών ουσιών για το φυτό ξενιστή, η συμβίωση AM ενεργεί επί των υδατοπορινών του φυτού ξενιστή με συντονισμένο τρόπο αλλάζοντας τις υδατικές σχέσεις και τη φυσιολογία του φυτού, επιτρέποντάς το να αντιμετωπίζει καλύτερα τις συνθήκες αβιοτικού στρες. Σε υποστήριξη αυτής της ιδέας, τα φυτά AM παρουσίαζαν υψηλότερα επίπεδα ωσμωτικής υδραυλικής αγωγιμότητας L_o και ρυθμού ροής χυμού L_h κάτω από βραχυπρόθεσμη και παρατεταμένη ξηρασία, σε αντίθεση με μη AM φυτά αραβοσίτου στις ίδιες συνθήκες (Bárgana et al., 2014).

Επιπλέον, εκτός από την αύξηση της ανάπτυξης των φυτών υπό καλά ποτισμένες συνθήκες, τα φυτά AM ήταν ακόμη σε θέση να αναπτυχθούν περισσότερο από φυτά εκτός AM κάτω από βραχυπρόθεσμη και παρατεταμένη ξηρασία συνθήκες. Σε κάθε περίπτωση, οι μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να αφιερωθούν στην αποσαφήνιση της συγκεκριμένης λειτουργίας της κάθε ισομορφής υδατοπορίνης και στο πώς ρυθμίζεται από τη συμβίωση AM για να δειχθεί ο τρόπος με τον οποίο η συμβίωση αλλάζει τη φυσική κατάσταση υπό συνθήκες καταπόνησης (Bárgana et al., 2014).

2.4.2 Εμβολιασμός αραβοσίτου και αποικισμός

Οι ρίζες των φυτών αραβοσίτου αποικίζονται φυσικά από μύκητες AM. Ο εμβολιασμός σπόρων με έδαφος πλούσιο σε AM αυξάνει τη συχνότητα και την ένταση του αποικισμού μυκορριζών στα κύτταρα της ρίζας, απ' ό,τι σε φυτά ελέγχου. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα $27,7 \pm 4,6$ είναι ο βαθμός μυκορριζικού αποικισμού % για εμβολιασμένα φυτά, ενώ στα φυτά μάρτυρες(CTRL) είναι $6,9 \pm 0,9$ % (Bona et al., 2016).

2.4.3 Δημιουργία αποικισμού AMF σε φυτά ξενιστές και διατήρηση συμβιωτικής σχέσης

Μία από τις πιο διαδεδομένες, και πιο σημαντικές οικολογικά και οικονομικά ομάδες μυκήτων είναι οι *Arbuscular mycorrhizae*. Ανήκουν στη σειρά *Glomerales*, και στο φύλο *Zygomycota*. Όλοι οι μύκητες AM είναι, όσο είναι γνωστό, υποχρεωτικά συμβιωτικοί, ασεξουαλικοί οργανισμοί. Για τα είδη με γνωστή βιολογία, αυτοί οι μύκητες λαμβάνουν τα οργανικά τους θρεπτικά συστατικά μέσω μιας υποχρεωτικής συμβίωσης με αγγειόσπερμα. Τα περιγραφόμενα είδη *Glomerales* για τα οποία λείπει η βιολογική γνώση (δηλ. αυτά που είναι γνωστά μόνο από συλλογές herbarium), υποτίθεται ότι αναλογικά, είναι παρόμοια συμβιωτική (Schubler et al., 2001). Η AM αντιπροσωπεύει μια ευρεία αμοιβαία συσχέτιση μεταξύ των περισσότερων χερσαίων φυτών, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργούμενων ειδών, και των μυκήτων (AM), μιας μονοφυλετικής ομάδας μικροοργανισμών του εδάφους που ανήκουν στο φύλο *Glomeromycota* (Redecker and Raab, 2006). Ο αποικισμός AMF σε πολλά είδη φυτών όπως έχει προαναφερθεί είναι επιθυμητός. Αυτά τα φυτά αναφέρονται ως host φυτά, δηλαδή φυτά ξενιστές και έχουν μηχανισμούς επικοινωνίας με τους ξενιστές, που επιτυγχάνεται με σηματοδότηση. Όταν τα φυτά είναι έτοιμα για να συμβιώσουν με AM, στα πλασμίδια των ριζικών κυττάρων η πρωτεΐνη D27 ισομερίζει τα all-trans β καροτένια σε 9 cis β καροτένια, τα οποία στη συνέχεια διασπώνται από δύο ένζυμα διοξυγενάσης, το CCD7 και το CCD8 (carotenoid cleavage dioxygenase) σε καρλακτόνη, που είναι το πρόδρομο μόριο της στριγγολακτόνης (Alder et al., 2012). Οι ορμόνες στριγγολακτόνης εκκρίνονται από τις ρίζες και διεγείρεται η βλάστηση των σπόρων της μυκόρριζας, προάγεται ο μεταβολισμός και η διακλάδωση των μυκηλιακών υφών (Akiyama et al., 2005; Besserer et al., 2006), καθώς και η απελευθέρωση των λιποχιτολιγοςακχαριτών (Genre et al., 2013) που και αυτά είναι μόρια σηματοδότησης, γνωστά ως μυκορριζικοί παράγοντες (Myc) (Kosuta et al., 2003). Έχει βρεθεί ότι η δομή της στριγγολακτόνης, και κυρίως ο D δακτύλιος (Zwanenburg et al., 2016), καθορίζει την ένταση της διακλάδωσης της μυκόρριζας (Akiyama et al., 2010). Στη συνέχεια οι μυκορριζικοί παράγοντες αναγνωρίζονται από υποδοχείς των host φυτών οι οποίοι μεταδίδουν σήματα μέσω ενός μεταγραφικού μονοπατιού για να ξεκινήσει η εγκατάσταση. Αυτό το μεταγραφικό μονοπάτι είναι κοινό για τον αποικισμό των AMF και των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων (nitrogen - fixing rhizobia). Τα φυτικά επιδερμικά κύτταρα διεγείρονται χημικά και μηχανικά, από τα υφοπόδια, δημιουργώντας μία δομή, αναφερόμενη ως pre-penetration apparatus (PPA), από την οποία ο μύκητας θα διεισδύσει στα επιδερμικά κύτταρα της ρίζας (Stracke et al., 2002; Genre et al., 2005).

Οι μυκηλιακές υφές ταξιδεύουν μέσω των επιδερμικών κυττάρων της ρίζας και μετά διαμέσου υποκείμενων κυττάρων διεισδύουν στα εσωτερικά φλοιώδη κύτταρα. Μέσα στα φλοιώδη κύτταρα, οι υφές διακλαδίζονται επανειλημμένα για να σχηματίσουν αρθρώσεις, με τις οποίες επιτυγχάνεται η ανταλλαγή θρεπτικών συστατικών (Bárzana et al., 2012; Bona et al., 2016).

Όταν καθιερωθεί η συμβίωση, ο μύκητας αναπτύσσεται μέσα στα κύτταρα των ριζών που σχηματίζουν arbuscules, η οποία είναι η κύρια θέση της ανταλλαγής θρεπτικών ουσιών μεταξύ του μύκητα και του φυτού. Επιπλέον, ο μύκητας αναπτύσσει εκτεταμένες μυκηλιακές υφές που ενισχύουν την ικανότητα απορρόφησης του ριζικού συστήματος φυτών. Η επιτυχία της συμβίωσης AM οφείλεται κυρίως στα οφέλη που αποκομίζουν και οι δύο εταίροι από αυτή τη σχέση. Ο μύκητας παίρνει τόσο νερό όσο και ορυκτά θρεπτικά συστατικά, κυρίως φωσφόρο και άζωτο, από το έδαφος, μέσω του μυκηλίου του, και μεταφέρει αυτές τις ενώσεις μέσω της συμβιωτικής διεπαφής στα κύτταρα των ριζών του φυτού. Με τη σειρά του, το φυτό προμηθεύει τον μύκητα με περίπου το 10-20% των φωτοσυνθετικών προϊόντων των φυτών. Αυτή η συμβίωση επηρεάζει άμεσα τις αποκρίσεις και τη φυσιολογία των φυτών, τόσο στο στοχευόμενο όργανο (ρίζες) όσο και στους βλαστούς και στους καρπούς φράουλας, τομάτας, δημητριακών (Bona et al., 2016). Για τα περισσότερα φυτά της γης, οι μυκόρριζες και όχι οι ρίζες από μόνες τους είναι τα όργανα πρόσληψης για το ακίνητο ιόν φωσφορικού άλατος (Smith and Read, 1997), και υπό ορισμένες συνθήκες επίσης για άλλα ανόργανα ιόντα. Οι μύκητες AM εξερευνούν το έδαφος ή άλλα υποστρώματα μέσω ενός εκτεταμένου μυκηλίου. Τα φυτά αποκτούν ανόργανα θρεπτικά συστατικά μέσω του μύκητα, ενώ ο μύκητας λαμβάνει υδατάνθρακες, δηλαδή προϊόντα φωτοσύνθεσης, από το φυτό. Η ανταλλαγή θρεπτικών συστατικών μεταξύ τέτοιων συνεργατών-συμβίων πραγματοποιείται μέσω σύνθετων «ενδοκυτταρικών» συμβιωτικών διεπαφών.

Οι AM μύκητες επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα των φυτών (Vander Heijden et al., 1998), βοηθούν στον έλεγχο των παρασίτων (π.χ. νηματώδη) και των παθογόνων μυκήτων (Azcon-Aguilar and Barea, 1996), και επηρεάζουν την καταλληλότητα των φυτών σε μολυσμένα περιβάλλοντα (Hildebrandt et al., 1999).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Προετοιμασία εμβολίων μυκόρριζας

Δείγματα εδάφους και ρίζας ανά γενότυπο από τις γλάστρες που είχαν αναπτυχθεί τα φυτά για την διατήρηση των μυκορριζών την προηγούμενη χρονιά και στην συνέχεια κρατήθηκαν σε ειδικό χώρο στην Φλώρινα χρησιμοποιήθηκαν για τους εμβολιασμούς του πειραματισμού του 2020. Ειδικότερα μικρή ποσότητα χώματος και ρίζας ανά γενότυπο τοποθετήθηκαν σε ειδικές θήκες απορροφητικού χαρτιού μαζί με ένα σπόρο από τον ίδιο γενότυπο δημιουργώντας το εμβόλιο. Συνολικά δημιουργήθηκαν 1440 εμβόλια (120 ανά γενότυπο-2 ανά θέση) για τους γενότυπους με κωδικό 1-12 του Πίνακα 2. Η διαδικασία προετοιμασίας των εμβολίων φαίνεται και στην εικόνα 5.

Πίνακας 2. Υβρίδια και ελεύθερα επικονιαζόμενες σειρές που εγκαταστάθηκαν σε πείραμα R-13 στη Φλώρινα το 2020.

ΥΒΡΙΔΙΑ	ΣΕΙΡΕΣ			
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	FAO	ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ
AGN520	1	500	HS5_22-3-21	11
AGN625	2	600	HS5_22-3-23	12
AGN672	3	700	JAMESON (χωρίς εμβόλιο)	13
AGN717	4	700		
AGN720	5	650		
AGN728	6	700		
AGN794	7	600		
HAMILTON	8	600+		
JAMESON	9	600		
PICO	10	650		



Εικόνα 5. Προετοιμασία εμβολίων μυκόρριζας για την εγκατάσταση R-13 απουσία ανταγωνισμού

3.2 Εγκατάσταση πειραματικού R-13

Στη Φλώρινα στις 11-5-2020, εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας πειραματικός αγρός απουσία ανταγωνισμού σύμφωνα με το σχέδιο που φαίνεται στην εικόνα 6 και 7. Σε πειραματικό σχέδιο R-13 αξιολογήθηκαν 10 εμπορικά υβρίδια της ιδιωτικής εταιρείας American Genetics που συμμετέχει στο ερευνητικό πρόγραμμα μέρος του οποίου είναι ο πειραματισμός της παρούσας διπλωματικής εργασίας με προσθήκη εμβολίου μυκόρριζας και ένα χωρίς την προσθήκη εμβολίου και δυο HS4 ελεύθερα επικονιαζόμενες σειρές με προσθήκη εμβολίου όπως φαίνονται στον Πίνακα 2. Για την επίτευξη απουσίας ανταγωνισμού, η απόσταση μεταξύ των θέσεων σποράς ήταν 1,25 m. Για κάθε γενότυπο εγκαταστάθηκαν 58 θέσεις. Η σπορά έγινε με τοποθέτηση 2 εμβολίων με σπόρο κατά θέση για τους γενοτύπους με κωδικό από 1-12 ενώ για τον γενότυπο με κωδικό 13 έγινε σπορά 2-3 σπόρων κατά θέση. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους ήταν : Άμμος 46.5%, Ιλύς 28,2%, Άργιλος 25.7%, pH 6.3, Ολικό CaCO₃ 2.1%, Οργανική ουσία 1.65%, Ειδ. Ηλ. Αγωγιμότητα 0.43 ms/cm. Η προετοιμασία του εδάφους περιλάμβανε όργωμα (3/5/20), πέρασμα με δισκοσβάρνα (8/5/20), φρεζάρισμα (10/5/20). Οι διαθέσιμες μορφές θρεπτικών στοιχείων βρίσκονταν σε επίπεδα επάρκειας και εφαρμόστηκε βασική λίπανση με συνδυασμό 31-8-12 40 kg/στρ. και 6-26-30 10 kg/στρ.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΜΑΙΟΣ 2020																										
ΓΡΑΜΜΗ	A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ	Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Π	Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	ΩΑ	ΩΒ
2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2
1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	
13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	
12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	
11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	
10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	
9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	
8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	
7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	
6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	
5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	
4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	
3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	
2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	
1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	
13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	
12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	
11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	
10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	
9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	
8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	
7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	
6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	
5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	
4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	
3	12	9	5	2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	
2	11	8	4	1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	
1	10	7	3	13	9	6	2	12	8	5	1	11	7	4	13	10	6	3	12	9	5	2	11	8	4	
13		6		12		5		11		4		10		3		9		2		8		1		7		
ΓΡΑΜΜΗ	A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ	Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Π	Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	ΩΑ	ΩΒ

Εικόνα 6. Σχέδιο πειραματισμού R-13 απουσία ανταγωνισμού που εγκαταστάθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2020 και περιλάμβανε 26 γραμμές και 29 θέσεις ανά γραμμή



Εικόνα 7. Εγκατάσταση R-13 απουσία ανταγωνισμού στην Φλώρινα στις 11-5-2020

3.3 Εφαρμογή καλλιεργητικών φροντίδων

Η σπορά έγινε με τοποθέτηση 2-3 σπόρων κατά θέση και ακολούθησε αραίωμα σε 1 φυτό /θέση όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο των 4 φύλλων. Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε με επέμβαση ζιζανιοκτονίας με συνδυασμό των σκευασμάτων: Equip (foramsulfuron 2,25%, isoxadifen-ethyl 2,25% β/ο) 250cc/στρ., Dicamba 48% 60cc/στρ.,

Buctril (Bromoxynil 22,5% β/ο) 100cc/στρ., Clio 33.6 SC (dimethenamid p + topramezone) 150cc/στρ. και με 2 σκαλίσματα με φρεζοσκαλιστήρι και 5 βοτανίσματα με την τσάπα. Η άρδευση γινόταν με σταλακτοφόρο σωλήνα που έφερε ανά 40 cm σταλάκτη σταθερής παροχής 5 λίτρα /ώρα. Το σύστημα ελεγχόμενης άρδευσης επέτρεψε την εφαρμογή αρδεύσεων ανά δεκαήμερο με αρδευτική δόση που υπολογιζόταν κάθε φορά με βάση το υδατικό ισοζύγιο του αγρού, την εξατμισοδιαπνοή και τον ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Τοποθετήθηκε ηλεκτροφόρος φράκτης έτσι ώστε να μείνει προστατευμένο το πειραματικό τεμάχιο από την άγρια πανίδα της περιοχής, όπως είναι η καφέ αρκούδα. Επίσης, οι σπάδικες καλύφθηκαν με χάρτινες θήκες για να αποφευχθεί η ζημιά από τα πουλιά.

3.4 Λήψη αγροκομικών παρατηρήσεων

Στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και πριν την έναρξη της άνθισης έγινε επιλογή και σήμανση είκοσι φυτών ανά γενότυπο και εικοσιενός φυτών για την ποικιλία 8. Η σήμανση πραγματοποιήθηκε τυλίγοντας και δένοντας στα επιλεγμένα φυτά κόκκινη κορδέλα. Προηγουμένως σε όλα τα φυτά κρεμάστηκε καρτέλα που ανέγραφε τη θέση τους. Συγκεκριμένα ανέγραφε με κεφαλαίο ελληνικό γράμμα τη γραμμή, με αραβική αρίθμηση τη σειρά στη γραμμή και τον γενότυπο με τους κωδικούς από το 1 έως το 13. Για τα επιλεγμένα φυτά λήφθηκαν και καταγράφηκαν αγροκομικές παρατηρήσεις στον αγρό για τα γνωρίσματα: ημερομηνία έκπτυξης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας, ύψος φυτού, ύψος ανώτερου φύλλου, ύψος ανώτερου σπάδικα, ύψος χαμηλότερου σπάδικα, αριθμός σπαδικών, αριθμός κόμβων, αριθμός αδελφιών και στο εργαστήριο για τα χαρακτηριστικά: μήκος μέγιστου σπάδικα και βάρος σπόρου με υγρασία 14%. Για το σύνολο των φυτών λήφθηκαν οι παρατηρήσεις μήκος μεγαλύτερου σπάδικα, αριθμός σπαδικών που συγκομίσθηκαν και βάρος σπόρων με υγρασία 14%. Οι παρατηρήσεις που λήφθηκαν για τα ύψη των αγροκομικών χαρακτηριστικών πάρθηκαν με μέτρο και καταγράφηκαν σε εκατοστά.

Καταγράφηκαν για κάθε φυτό οι ημερομηνίες έναρξης άνθισης για την αρσενική και τη θηλυκή ταξιανθία, όταν οι γυρεόκοκκοι άρχισαν να απελευθερώνονται από τη φόβη και όταν άρχισε να εμφανίζεται η μετάξη. Μετά τη καταγραφή υπολογίστηκε το διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας (ASI).

3.5 Λήψη φυσιολογικών παρατηρήσεων

Τα κύρια φυσιολογικά χαρακτηριστικά σημαντικά κατά τον πειραματισμό του καλαμποκιού είναι η ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης, ο φωτοσυνθετικός ρυθμός (PHOTO), η στοματική αγωγιμότητα (COND: stomatal conductance), η διαπνοή (TRMMOL, transpiration rate), η διακυτταρική συγκέντρωση CO₂ (CI: intercellular CO₂ concentration), η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης νερού (WUE: water use efficiency), και ο φθορισμός της χλωροφύλλης. Λήφθηκαν μετρήσεις για όλα, ενώ υπολογίστηκε η WUE.

Υπάρχουν αναλυτές που προσδιορίζουν την ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης σε έναν φυτικό ιστό. Η περιεκτικότητα προσδιορίζεται βάση το μήκος κύματος απορρόφησης και συσχετίζεται θετικά με τη φωτοσύνθεση. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε το φορητό όργανο SPAD 502 Konica Minolta (εικόνα 8) που απορροφά το φως που διέρχεται από ακέραια φύλλα στα 650 και 940 nm, χωρίς να τα καταστρέφει (<https://www.konicaminolta.com.cn.>)

Είναι ελαφρύ, εύχρηστο, οι μετρήσεις γίνονται γρήγορα και οι τιμές SPAD είναι αξιόπιστες. Στο πείραμα λήφθηκαν πέντε παρατηρήσεις SPAD κάθε 10 μέρες από την έναρξη της άνθισης έως το γέμισμα των σπόρων. Η διαδικασία λήψης μέτρησης ήταν απλή και περιλάμβανε το σταντάρισμα του οργάνου, τη μέτρηση σε τρία σημεία του φύλλου για τα επιλεγμένα και για όλα τα φυτά του πειράματος, τον υπολογισμό του μέσου όρου SPAD και την επιτόπου χειρόγραφη καταγραφή της τιμής.



Εικόνα 8: Φορητός μετρητής χλωροφύλλης SPAD 502, Konica Minolta απορρόφησης διπλού μήκους κύματος 650 και 940nm (Φλώρινα 2020)

Το φορητό σύστημα φωτοσύνθεσης LI-6400 /XT (εικόνα 9) χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα και ανήκει στη Γεωπονική σχολή του Π.Δ.Μ.. Υπολογίζει τις ποσότητες ανταλλαγής αερίων φύλλου και περιβάλλοντος εξαλείφοντας τις όποιες χρονικές καθυστερήσεις π.χ. από το κλείσιμο στομάτων και ανιχνεύει την απότομη αλλαγή του φωτοσυνθετικού ρυθμού π.χ. από ξαφνική συννεφιά ως αλλαγή συγκέντρωσης του CO₂.

Επιλέχθηκαν οι κατάλληλες εξισώσεις για την απόδοση των σωστών αποτελεσμάτων (<https://www.licor.com>).

Για το συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις κατά τη διάρκεια της άνθισης έως το γέμισμα των σπόρων. Το όργανο υπολόγιζε τις συγκεντρώσεις του CO₂ και των υδρατμών που εισέρχονταν και εξέρχονταν, το ρυθμό εισερχομένου και εξερχομένου αέρα, καθώς και την επιφάνεια και τη θερμοκρασία του φύλλου.

Η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης νερού (WUE) υπολογίστηκε από το λόγο καθαρού φωτοσυνθετικού ρυθμού προς το ρυθμό διαπνοής. Η WUE είναι δείκτης που εκφράζεται με πολλούς τρόπους και αντικατοπτρίζει την απόδοση – παραγωγικότητα προς την αρδευόμενη ποσότητα νερού. Είναι σημαντικός δείκτης για την αντοχή των φυτών σε καταπονήσεις ξηρασίας (Zhengetal., 2019).

Ο κοινός παράγοντας για τα χαρακτηριστικά της φωτοσύνθεσης είναι οι συγκεντρώσεις των αερίων CO₂ και H₂O. Επομένως, η αλλαγή σε ένα χαρακτηριστικό επιφέρει αλλαγή και σε άλλο. Έχει δειχθεί ότι η μείωση της στοματικής αγωγιμότητας επιφέρει αύξηση της WUE (Jieetal.,2001).



Εικόνα 9 : Φορητή συσκευή για μέτρηση φωτοσύνθεσης LI-6400XT system, της LI-COR Biosciences. Πηγή: <https://www.licor.com/env/products/photosynthesis/LI-6400XT/>

Ο υπολογισμός του φθορισμού της χλωροφύλλης μπορεί να αξιολογεί τη δραστηριότητα του φωτοσυστήματος II (PSII) και να δίνει χρήσιμες πληροφορίες για πολλά φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα δίνονται από τα φθορισμόμετρα διορθωμένα και οι μετρήσεις βασίζονται σε πρωτόκολλα. επίσης, ο φθορισμός της χλωροφύλλης αποτελεί μέτρο βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων (MurchieandLawson, 2013).

Όταν το ηλιακό φως πέφτει στα πράσινα φύλλα απορροφάται για τη φωτοσύνθεση και εκπέμπεται ως θερμότητα ή φθορίζον φως. Σε αυτό βασίζεται η αρχή λειτουργίας ενός

φθορισμομέτρου (MurchieandLawson, 2013). Για την αξιολόγηση των ποικιλιών του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το OPTI-SCIENCES fluorescence meter OS5p+ και πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις μετρήσεις κατά τη διάρκεια της άνθισης έως το γέμισμα των σπόρων (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Όργανο μέτρησης φθορισμού OPTI-SCIENCES fluorescence meter OS5p+ Πηγή:

<https://www.optisci.com/os5p.html>

Οι μετρήσεις καταχωρίστηκαν σε έντυπα στον αγρό και έπειτα τα αποτελέσματα όλων των αγροκομικών και φυσιολογικών παραμέτρων επεξεργαστήκαν και αναλύθηκαν στατιστικά με IBM SPSS Statistics 27.

3.6 Συγκομιδή του κυψελωτού R-13

Η συγκομιδή του κυψελωτού R-13 έγινε με το χέρι και ξεχωριστά για κάθε φυτό στις 12 και 13 Νοεμβρίου 2020. Από κάθε φυτό συγκομίστηκε όλο το υπέργειο τμήμα και ζυγίστηκε. Έπειτα αφαιρέθηκαν οι σπάδικες και τοποθετήθηκαν σε σακούλα, στην οποία σημειώθηκε με ανεξίτηλο μαρκαδόρο ο γενότυπος, η γραμμή και η σειρά στη γραμμή. Έγινε φυσιολογική ξήρανση των στελεχών με έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Υπολογίστηκε ο αριθμός σπαδικών που συγκομίσθηκαν ανά γενότυπο και στο εργαστήριο το μήκος μεγαλύτερου σπάδικα και με ζύγιση το βάρος σπόρων, αφού αφαιρέθηκαν οι σπόροι. Όταν η υγρασία τους των σπόρων ήταν 14% ζυγίστηκαν ξανά και η απόδοση σε σπόρο ανά φυτό υπολογίστηκε σε στρεμματική απόδοση. Στα επιλεγμένα φυτά ανά γενότυπο πάρθηκαν μετρήσεις και για τον δείκτη συγκομιδής Harvest Index (HI). Τα συγκομισθέντα υλικά υποβλήθηκαν σε ξήρανση με έκθεση στον αέρα, ζυγίστηκαν το καθένα χωριστά, και καταγράφηκαν οι αποδόσεις. Τα δεδομένα των αποδόσεων αναλύονται στατιστικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί.



3.7 Στατιστική ανάλυση

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο IBM SPSS Statistics 27. Έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας και εφαρμόστηκε κριτήριο Tukey HSD για τις αγροκομικές και φυσιολογικές παρατηρήσεις που αφορούσαν τα επιλεγμένα φυτά ανά γενότυπο αλλά και για το σύνολο των φυτών ανά γενότυπο. Επίσης, διερευνήθηκε το παραγωγικό δυναμικό με τη κυψελωτή μεθοδολογία για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14%. Τα αποτελέσματα περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι παρατηρήσεις του κυψελωτού πειράματος λήφθηκαν για τα επιλεγμένα φυτά και για το σύνολο των φυτών. Για το σύνολο των φυτών οι παρατηρήσεις αναλύθηκαν στατιστικά ως πλήρως τυχαίο πείραμα και με τη κυψελωτή μεθοδολογία.

4.1 Αποτελέσματα των επιλεγμένων φυτών του κυψελωτού πειράματος

Οι παρατηρήσεις – μετρήσεις για τα είκοσι επιλεγμένα φυτά του κάθε γενοτύπου και για τα εικοσιένα επιλεγμένα φυτά του γενοτύπου 8 αναλύθηκαν με Anova και εφαρμόστηκε κριτήριο Tukey HSD. Η ανάλυση παραλλακτικότητας έδειξε ποιοι γενότυποι διαφέρουν και ποιοι όχι στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 για το κάθε χαρακτηριστικό που μελετήθηκε. Τα αποτελέσματα από το κριτήριο Tukey HSD συμπεριλήφθηκαν σε πίνακες, που αφορούν το κάθε χαρακτηριστικό. Κάθε πίνακας είχε τρεις στήλες. Η πρώτη στήλη συμπεριέλαβε τους γενοτύπους, η δεύτερη τον αριθμό φυτών που επιλέχθηκαν για κάθε γενότυπο και η τρίτη στήλη το μέσο όρο κάθε χαρακτηριστικού σε αύξουσα σειρά. Σε αυτούς τους πίνακες, οι μέσοι όροι των γενοτύπων που δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους συνοδεύτηκαν από ένα όμοιο πεζό γράμμα του ελληνικού αλφαβήτου. Επίσης, οι μέσοι όροι των γενοτύπων για το κάθε χαρακτηριστικό παραστάθηκαν γραφικά με ραβδόγραμμα στο οποίο εντοπίζεται η μέση τιμή των μέσων όρων για το κάθε χαρακτηριστικό και το τυπικό σφάλμα.

4.1.1 Ύψος φυτού

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας για το ύψος των 13 γενοτύπων προέκυψε επίπεδο σημαντικότητας 0,000 (πίνακας 3). Επομένως οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0.05.

Πίνακας 3. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του ύψους για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

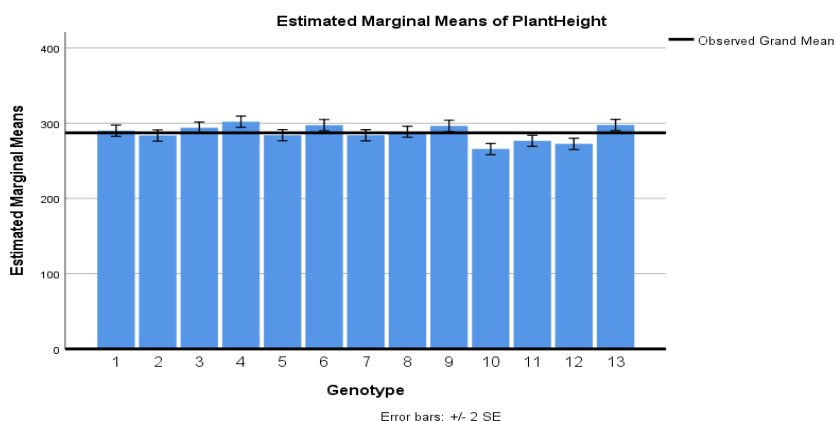
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	27948,356	12	2329,030	8,299	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	69596,886	248	280,633		
Σύνολο	97545,241	260			

Ο πίνακας 4 παρουσιάζει τον μέσο όρο ύψους ανά γενότυπο που προέκυψε από το άθροισμα υψών των επιλεγμένων φυτών προς το πλήθος των φυτών που επιλέχθηκαν από κάθε γενότυπο. Ο κάθε μέσος όρος συνοδεύτηκε από πεζά γράμματα δηλώνοντας τους μέσους όρους των γενοτύπων που ταίριαζαν, δηλαδή δεν διέφεραν για το χαρακτηριστικό του ύψους. Οι γενότυποι με το μικρότερο ύψος ήταν οι 10, 12 και 11. Οι γενότυποι με το μεγαλύτερο ύψος ήταν οι 8, 1, 3, 9, 6, 13 και 4. Ο μάρτυρας (γενότυπος 13) είχε το μεγαλύτερο μέσο όρο ύψους μετά τον γενότυπο 4. Συγκεκριμένα, ο γενότυπος 4 είχε μέση τιμή 302,00 cm και ο μάρτυρας 297,70 cm. Ο γενότυπος 10 είχε το μικρότερο μέσο όρο ύψους καλαμποκιού ίσο με 265,75 cm.

Πίνακας 4. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του ύψους (cm). Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	265,75α
12	20	272,55αβ
11	20	276,60αβγ
2	20	283,65βγδ
7	20	283,95βγδ
5	20	284,05βγδ
8	21	288,71βγδε
1	20	290,15βγδε
3	20	294,00γδε
9	20	296,45δε
6	20	297,45δε
13	20	297,70δε
4	20	302,00ε

Η εικόνα 12 δείχνει γραφικά τα αποτελέσματα. Φαίνεται στο γράφημα ότι οι γενότυποι με τα χαμηλότερα ύψη ήταν οι 10, 12 και 11 και ότι οι 8, 1, 3, 9, 6, 13 και 4 είχαν το μεγαλύτερο μέσο όρο.



Εικόνα 12. Ραβδόγραμμα μέσων τιμών υψών για τους 13 γενοτύπους.

4.1.2 Ύψος ψηλότερου φύλλου

Η ανάλυση παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό ύψος ψηλότερου φύλλου για τους δεκατρείς γενοτύπους των επιλεγμένων φυτών του κυψελωτού πειράματος έδωσε επίπεδο σημαντικότητας 0,000 και επομένως οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (πίνακας 5).

Πίνακας 5. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του ύψους του ψηλότερου φύλλου για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

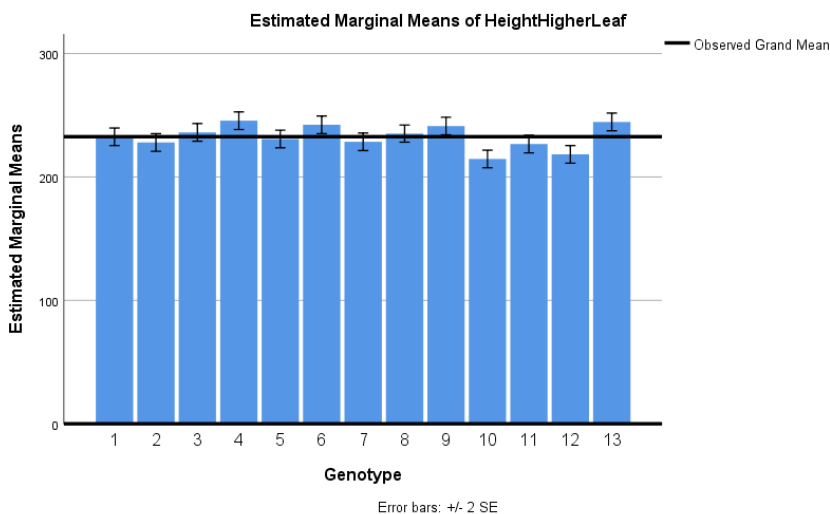
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	22153,549 ^a	12	1846,129	7,251	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	63138,021	248	254,589		
Σύνολο	85291,571	260			

Το μεγαλύτερο ύψος ψηλότερου φύλλου παρατηρήθηκε για τους γενοτύπους 5, 1, 8, 3, 9, 6, 13, και 4, και καταχωρίστηκαν στο ίδιο υποσύνολο επειδή δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Το μικρότερο ύψος ψηλότερου φύλλου είχαν οι γενότυποι 10, 12, 11, 2, 7, και 5. Ο γενότυπος 4 είχε τον μέγιστο μέσο όρο ψηλότερου φύλλου με τιμή 245,60 cm και ο 10 τον ελάχιστο με τιμή 214,55 cm. Ο γενότυπος 5 με μέσο όρο 230,80 cm ταίριαζε με όλους τους γενοτύπους ως προς το ύψος του ψηλότερου φύλλου, δηλαδή δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στατιστικά με τους γενοτύπους που είχαν ψηλότερα ή χαμηλότερα το ανώτερο φύλλο (πίνακας 6).

Πίνακας 6. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του ύψους του ψηλότερου φύλλου (cm). Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	214,55α
12	20	218,30αβ
11	20	226,65αβγ
2	20	227,95αβγδ
7	20	228,50αβγδ
5	20	230,80αβγδε
1	20	232,55βγδε
8	21	235,14βγδε
3	20	236,15γδε
9	20	241,25γδε
6	20	242,25γδε
13	20	244,60δε
4	20	245,60ε

Στο ραβδόγραμμα της εικόνας 13 φαίνεται η διαφορά για το προκείμενο γνώρισμα, αφού οι ράβδοι των γενοτύπων 1, 8, 3, 9, 6, 13, και 4 βρίσκονται υψηλότερα από τις υπόλοιπες καταδεικνύοντας τους γενοτύπους με τους υψηλότερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό ύψος ψηλότερου φύλλου και οι ράβδοι των γενοτύπων 10, 12, 11, 2, και 7 βρίσκονται χαμηλότερα σε σχέση με των υπολοίπων.



Εικόνα 13. Ραβδόγραμμα μέσω τιμών για το χαρακτηριστικό του ύψους ψηλότερου φύλλου για τους 13 γενοτύπους.

4.1.3 Ύψος ψηλότερου σπάδικα

Οι 13 γενότυποι διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05, επειδή η ANOVA έδωσε επίπεδο σημαντικότητας 0,000 (πίνακας 7).

Πίνακας 7. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του ύψους του ψηλότερου σπάδικα για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

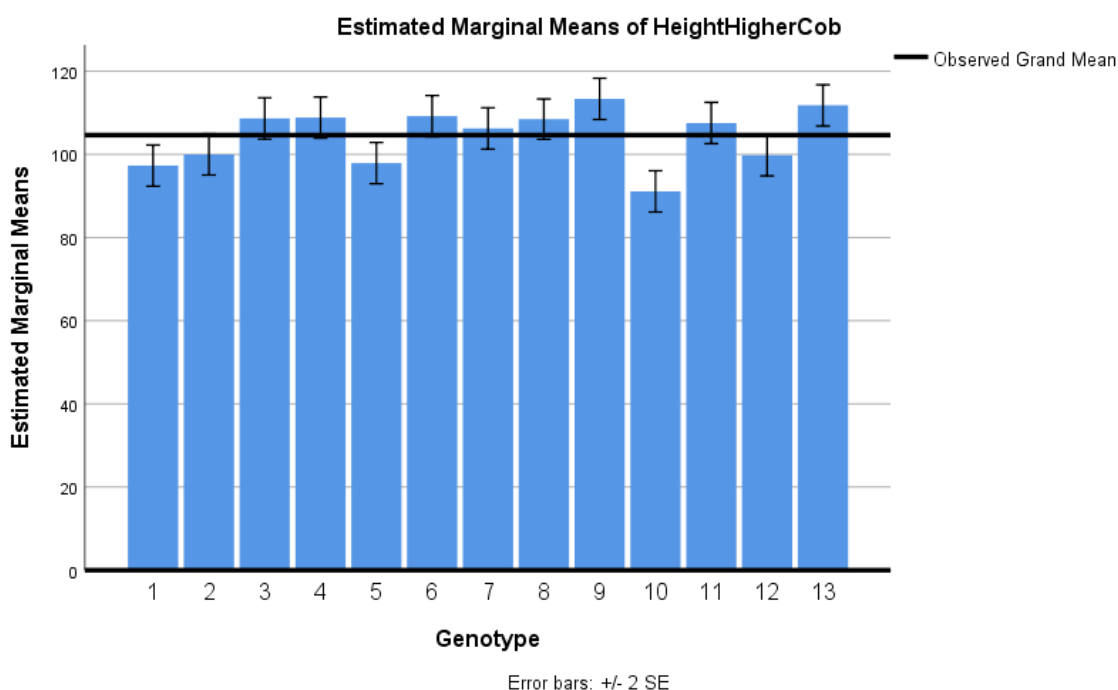
Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	10716,583 ^a	12	893,049	7,257	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	30520,988	248	123,069		
Σύνολο	41237,571	260			

Στον πίνακα 8 φαίνεται ότι οι γενότυποι 7, 11, 8, 3, 4, 6, 13 και 9 του υποσυνόλου δ είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό του ύψους του ψηλότερου σπάδικα. Οι γενότυποι με τους μικρότερους μέσους όρους για το ίδιο χαρακτηριστικό ήταν οι 10, 1, 5, 12, και 2 του υποσυνόλου α. Ο γενότυπος 10 είχε την ελάχιστη τιμή μέσου όρου που ήταν 91,10 cm και ο 9 είχε την μέγιστη που ήταν 113,35 cm.

Πίνακας 8. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του ύψους του ψηλότερου σπάδικα (cm). Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	91,10α
1	20	97,30αβ
5	20	97,90αβγ
12	20	99,80αβγ
2	20	100,00αβγ
7	20	106,25βγδ
11	20	107,55βγδ
8	21	108,48βγδ
3	20	108,65βγδ
4	20	108,85βγδ
6	20	109,20γδ
13	20	111,80δ
9	20	113,35δ

Το ραβδόγραμμα 14 απεικονίζει τα αποτελέσματα του πίνακα 8 γραφικά.



Εικόνα 14. Ραβδόγραμμα μέσωσν όρων για τους 13 γενοτύπους για το χαρακτηριστικό ύψος ψηλότερου σπάδικα.

4.1.4 Ύψος χαμηλότερου σπάδικα

Από το επίπεδο σημαντικότητας 0.000 που προέκυψε από την ανάλυση παραλλακτικότητας συμπεραίνεται ότι για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 οι 13 γενότυποι διέφεραν σημαντικά για το χαρακτηριστικό του ύψους του χαμηλότερου σπάδικα (πίνακας 9).

Πίνακας 9. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του ύψους του χαμηλότερου σπάδικα για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

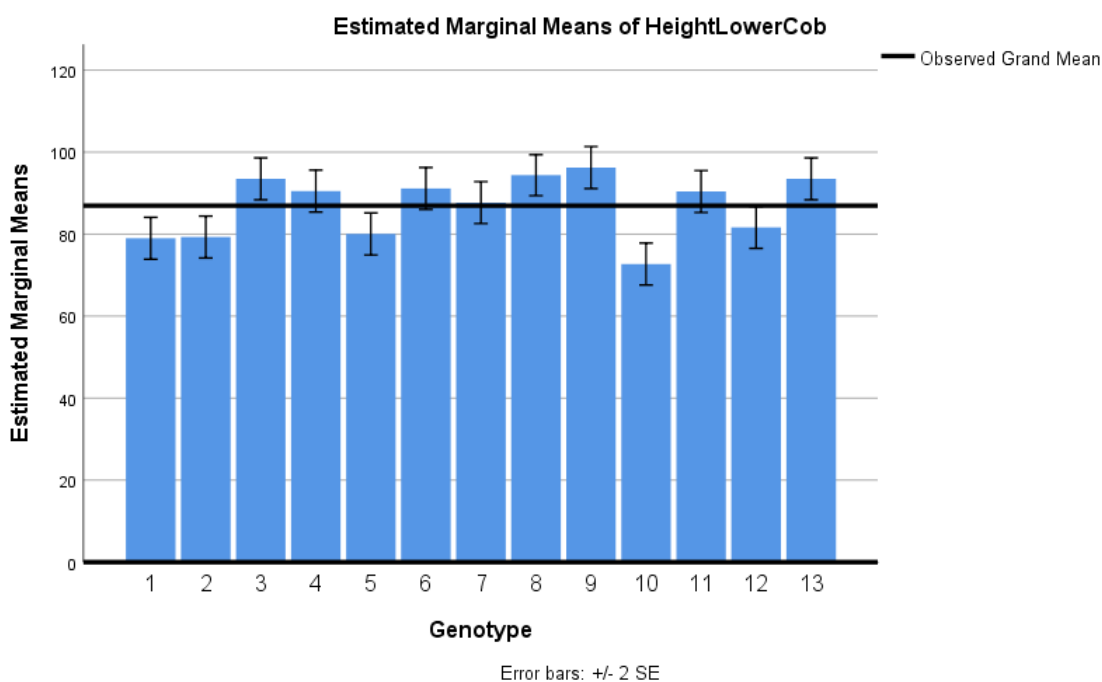
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	13469,384 ^a	12	1122,449	8,577	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	32455,152	248	130,868		
Σύνολο	45924,536	260			

Παρατηρείται στον πίνακα 10 ότι οι γενότυποι της ομάδας α είχαν τις χαμηλότερες μέσες τιμές, ενώ της ομάδας ε τις μεγαλύτερες. Συμπερασματικά, οι γενότυποι 7, 11, 4, 6, 3, 13, 8 και 9 είχαν μεγαλύτερους μέσους όρους και επομένως

είχαν ψηλότερα σε ύψος το χαμηλότερο σπάδικα απ' ότι οι γενότυποι 10, 1, 2, 5, 12. Ο χαμηλότερος σπάδικας βρέθηκε ψηλότερα στον γενότυπο 9 με μέσο όρο 96,25 cm και χαμηλότερα στον 10 με μέσο όρο 72,70 cm. Τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν στο ραβδόγραμμα της εικόνας 15.

Πίνακας 10. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του ύψους του χαμηλότερου σπάδικα (cm). Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	72,70α
1	20	79,00αβ
2	20	79,30αβγ
5	20	80,05αβγ
12	20	81,65αβγδ
7	20	87,70βγδε
11	20	90,40βγδε
4	20	90,50βγδε
6	20	91,15γδε
3	20	93,50δε
13	20	93,50δε
8	21	94,38ε
9	20	96,25ε



Εικόνα 15. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενοτύπους αραβοσίτου για το χαρακτηριστικό ύψος χαμηλότερου σπάδικα.

4.1.5 Αριθμός κόμβων

Από την ANOVA για το χαρακτηριστικό του αριθμού κόμβων παρατηρήθηκε ότι οι γενότυποι διέφεραν για επίπεδο σημαντικότητας 0,05, επειδή $0,000 < 0,05$ (πίνακας 11).

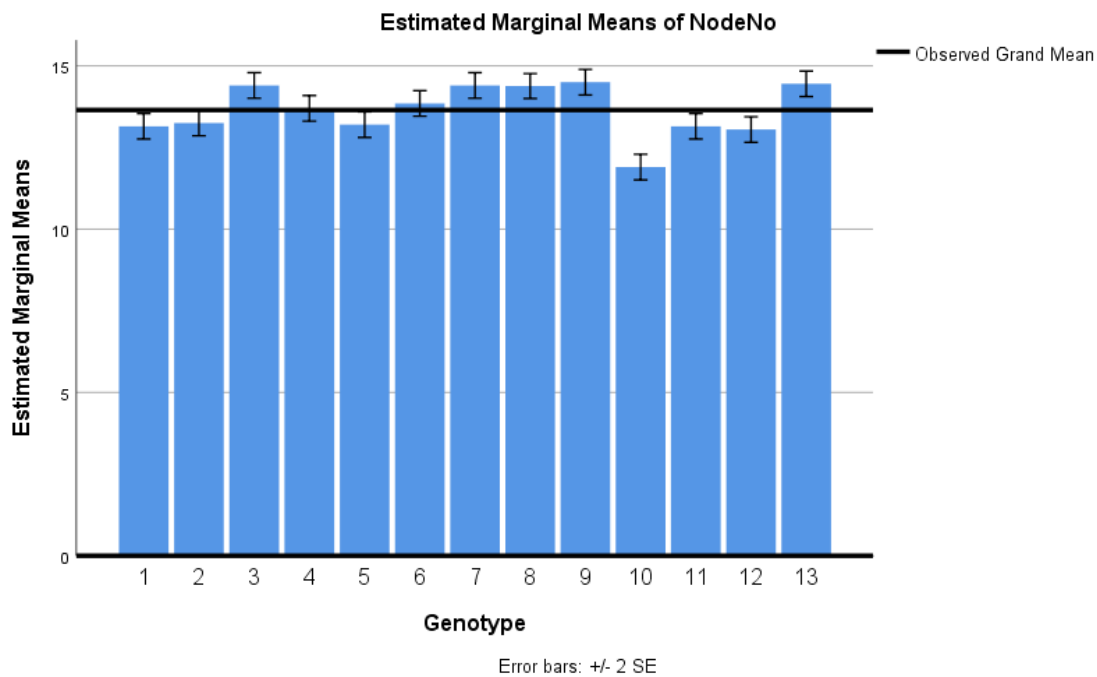
Πίνακας 11. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του αριθμού κόμβων για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	147,519 ^a	12	12,293	16,041	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	190,052	248	0,766		
Σύνολο	337,571	260			

Σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD οι 13 γενότυποι για το γνώρισμα αριθμός κόμβων ταξινομήθηκαν σε τρία ομοιογενή υποσύνολα. Τα είκοσι φυτά του γενοτύπου 10 είχαν τον μικρότερο μέσο όρο 11,90 κόμβοι. Ο 10 δεν ταίριαζε με άλλο γενότυπο επειδή ανήκε στο υποσύνολο a μόνο αυτός. Ακολούθησαν οι 12,1,11,5,2,4 και 6 με μέτριους μέσους όρους, ενώ το ομοιογενές υποσύνολο για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό με τους μεγαλύτερους μέσους όρους ήταν το γ, στο οποίο ανήκαν οι γενότυποι 4, 6, 8, 3, 7, 13, 9. Ο γενότυπος 9 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο από όλους τους γενοτύπους που ήταν 14,50 κόμβοι. Οι γενότυποι με τους μέσους όρους τους και το υποσύνολο που ανήκε ο καθένας τους φαίνονται στον πίνακα 13 που ακολουθεί και παριστάνονται γραφικά στην εικόνα 16.

Πίνακας 13. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του αριθμού κόμβων ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	11,90α
12	20	13,05β
1	20	13,15β
11	20	13,15β
5	20	13,20β
2	20	13,25β
4	20	13,70βγ
6	20	13,85βγ
8	21	14,38γ
3	20	14,40γ
7	20	14,40γ
13	20	14,45γ
9	20	14,50γ



Εικόνα 16. Ραβδόγραμμα των μέσων όρων για το χαρακτηριστικό αριθμός κόμβων.

4.1.6 Αριθμός αδελφιών

Η ανάλυση παραλλακτικότητας του πίνακα έδειξε ότι οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για το γνώρισμα του αριθμού αδελφιών για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και βαθμούς ελευθερίας 12 (πίνακας 14).

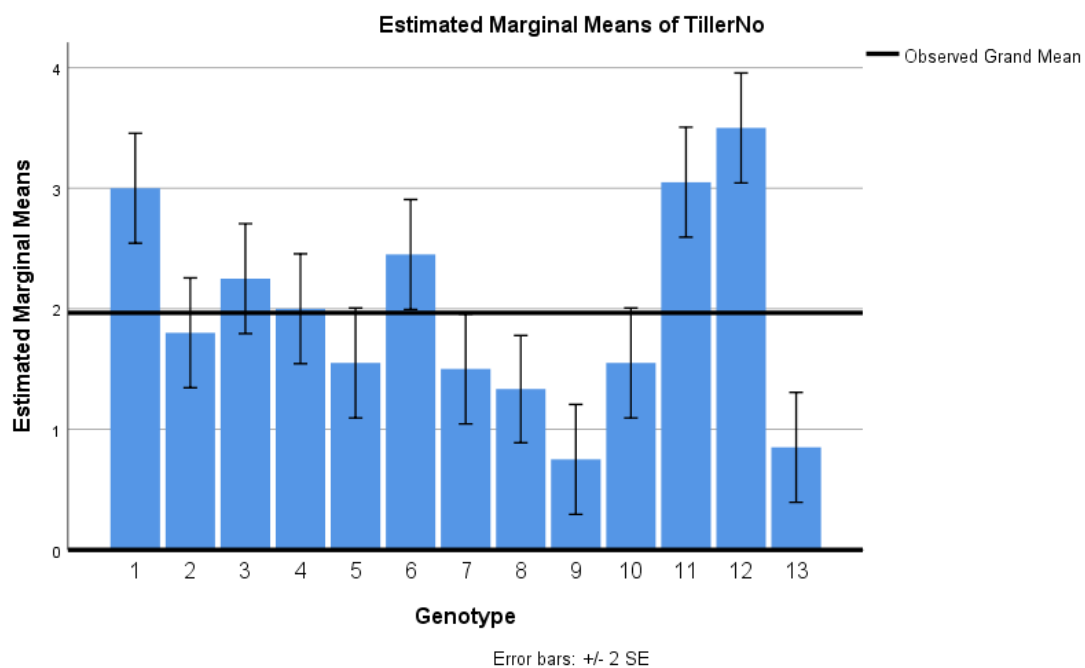
Πίνακας 14. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του αριθμού αδελφιών για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	172,973 ^a	12	14,414	13,871	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	257,717	248	1,039		
Σύνολο	430,690	260			

Οι γενότυποι χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD. Το υποσύνολο ε περιέλαβε τους γενότυπους 6, 1, 11, 12 με τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό αριθμός αδελφιών και το υποσύνολο α αυτούς με τους μικρότερους μέσους όρους για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Επομένως οι γενότυποι 9,13, 8, 7, 5, 10 και 2 είχαν το μικρότερο αριθμό αδελφιών. Ο γενότυπος 9 αδέλφωσε λιγότερο από όλους τους γενότυπους, και τον ακολούθησε ο μάρτυρας. Αναλυτικότερα ο γενότυπος 9 είχε 0,75 αδελφια, ο μάρτυρας 0,85 και ο 12 είχε 3,50 (πίνακας 15 και εικόνα 17).

Πίνακας 15. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του αριθμού αδελφιών ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
9	20	0,75α
13	20	0,85α
8	21	1,33αβ
7	20	1,50αβγ
5	20	1,55αβγ
10	20	1,55αβγ
2	20	1,80αβγ
4	20	2,00βγδ
3	20	2,25βγδ
6	20	2,45γδε
1	20	3,00δε
11	20	3,05δε
12	20	3,50ε



Εικόνα 17. Ραβδόγραμμα μέσων όρων αριθμού αδελφιών για τις 13 ποικιλίες.

4.1.7 Μήκος μεγαλύτερου σπάδικα

Για το χαρακτηριστικό μήκος μεγαλύτερου σπάδικα οι 13 γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 , όπως φαίνεται στο πίνακα 16 της ανάλυσης παραλλακτικότητας.

Πίνακας 16. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό του μήκους μεγαλύτερου σπάδικα για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

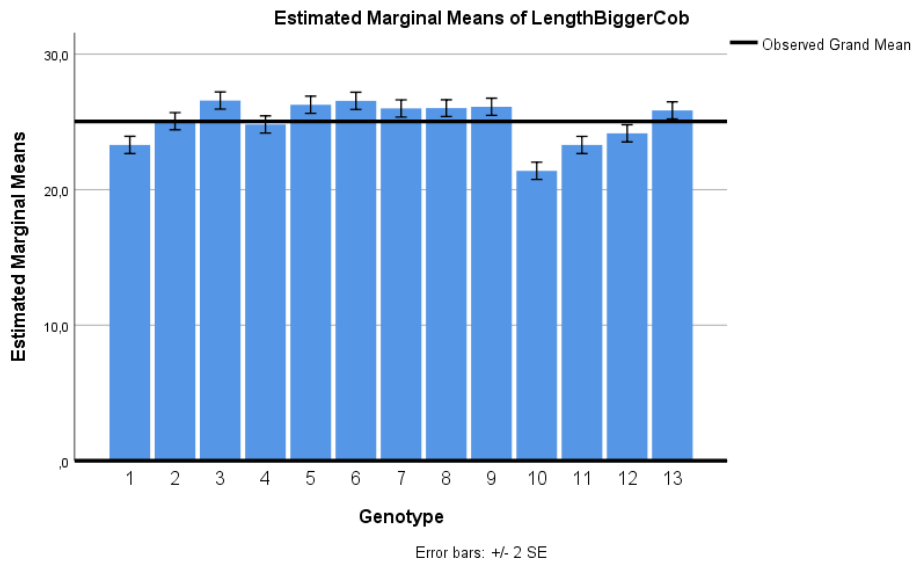
Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	601,869 ^a	12	50,156	24,884	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	499,857	248	2,016		
Σύνολο	1101,726	260			

Οι γενότυποι ομαδοποιήθηκαν σε πέντε ομάδες σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD (πίνακας 17). Ο γενότυπος 10 είχε το μικρότερο μήκος του μεγαλύτερου σπάδικα που ήταν 21,390 cm και αποτέλεσε την ομάδα α. Οι γενότυποι 13, 7, 8, 9, 5, 6, και 3 του υποσυνόλου ε είχαν το μεγαλύτερο μήκος του μεγαλύτερου σπάδικα με τον 3 που είχε τον μέγιστο μέσο όρο για το χαρακτηριστικό και ήταν 26,575 cm. Ο μάρτυρας είχε από τους μεγαλύτερους σπάδικες σε μήκος με μέση τιμή 25,850 cm.

Πίνακας 17. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό του μήκους μεγαλύτερου σπάδικα ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	21,390α
11	20	23,295β
1	20	23,300β
12	20	24,155βγ
4	20	24,810γδ
2	20	25,050γδ
13	20	25,850δε
7	20	25,990 δε
8	21	26,014 δε
9	20	26,115 δε
5	20	26,265 δε
6	20	26,555ε
3	20	26,575ε

Οι μέσοι όροι για το μήκος του μεγαλύτερου σπάδικα ανά γενότυπο εκφράστηκαν γραφικά σε ραβδόγραμμα όπως απεικονίζεται στην εικόνα 18. Οι μέσοι όροι για το χαρακτηριστικό μήκος μεγαλύτερου σπάδικα για το σύνολο των γενοτύπων του πειράματος τοποθετημένοι στο παραπάνω ραβδόγραμμα υποδηλώνουν το ίδιο συμπέρασμα που προέκυψε από το κριτήριο Tukey HSD.



Εικόνα 18. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για το χαρακτηριστικό μεγαλύτερο μήκος σπάδικα για τους 13 γενοτύπους.

4.1.8 Πρώτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης

Η ανάλυση παραλλακτικότητας από τη πρώτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (SPAD) για το σύνολο των γενοτύπων οδήγησε σε επίπεδο σημαντικότητας 0,000. Επομένως, οι γενότυποι διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά (πίνακας 18).

Πίνακας 18. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση SPAD για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	861,620 ^a	12	71,802	5,261	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	3384,844	248	13,649		
Σύνολο	4246,464	260			

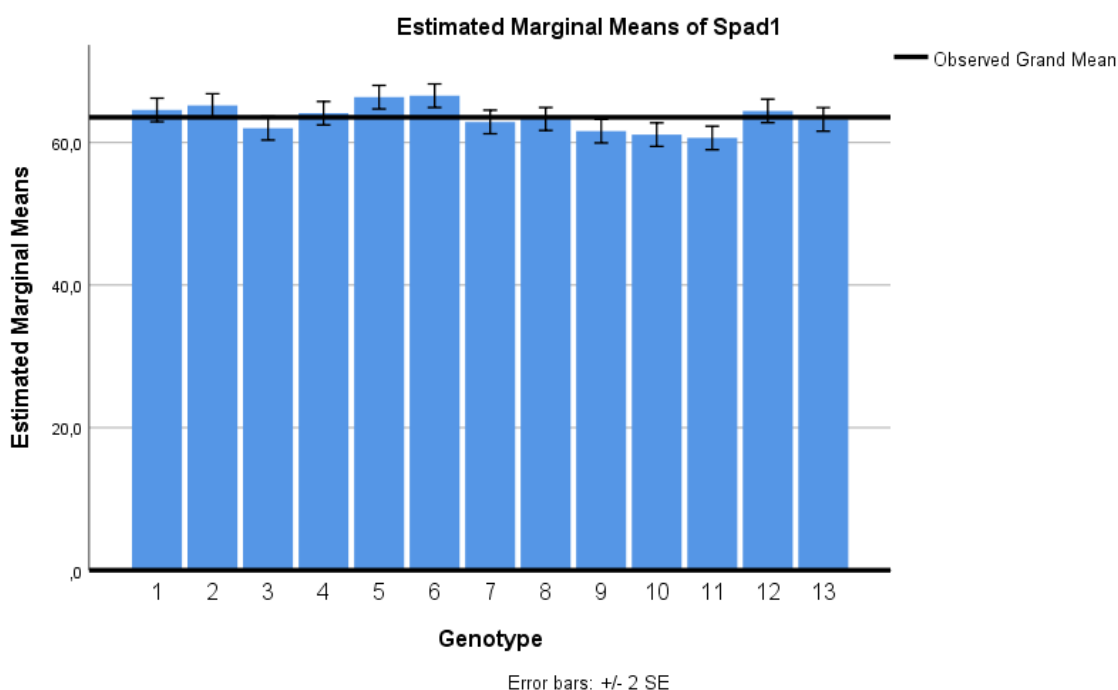
Σύμφωνα με τον πίνακα 19 οι γενότυποι 11, 10, 9, 3, 7, 13, 8, 4, και 12 ταίριαζαν μεταξύ τους κατά το κριτήριο Tukey HSD για το γνώρισμα πρώτη μέτρηση SPAD επειδή είχαν τη χαμηλότερη τιμή μέσου όρου και αποτέλεσαν την ομάδα α. Την χαμηλότερη τιμή περιεχομένου χλωροφύλλης 60,645 είχε ο γενότυπος 11. Οι γενότυποι 7, 13, 8, 4, 12, 1, 2,

5 και 6 είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό με μέγιστη μέση τιμή 66,570 ο γενότυπος 6. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο καθένας από τους 7, 13, 8, 4 και 12 δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά με τους υπολοίπους γενοτύπους ως προς το χαρακτηριστικό αυτό, αφού ο καθένας ανήκε ταυτόχρονα σε κάποιο ομοιογενές υποσύνολο από τα α, β, γ και δ.

Πίνακας 19. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό για τη πρώτη μέτρηση SPAD ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
11	20	60,645α
10	20	61,110αβ
9	20	61,595αβγ
3	20	62,000αβγ
7	20	62,885αβγδ
13	20	63,245αβγδ
8	21	63,305αβγδ
4	20	64,115αβγδ
12	20	64,435αβγδ
1	20	64,565βγδ
2	20	65,190γδ
5	20	66,365δ
6	20	66,570δ

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα (εικόνα 19) διακρίνονται οι γενότυποι με τους μεγαλύτερους και μικρότερους μέσους όρους, και οι γενότυποι που ταίριαζαν έχουν παρόμοιο μέγεθος ράβδου.



Εικόνα 19. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενότυπους για το χαρακτηριστικό πρώτη μέτρηση SPAD

4.1.9 Δεύτερη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης

Παρατηρείται από τον πίνακα 20 ότι όλοι οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για τη δεύτερη μέτρηση SPAD, επειδή το επίπεδο σημαντικότητας βρέθηκε 0,000.

Πίνακας 20. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση SPAD για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

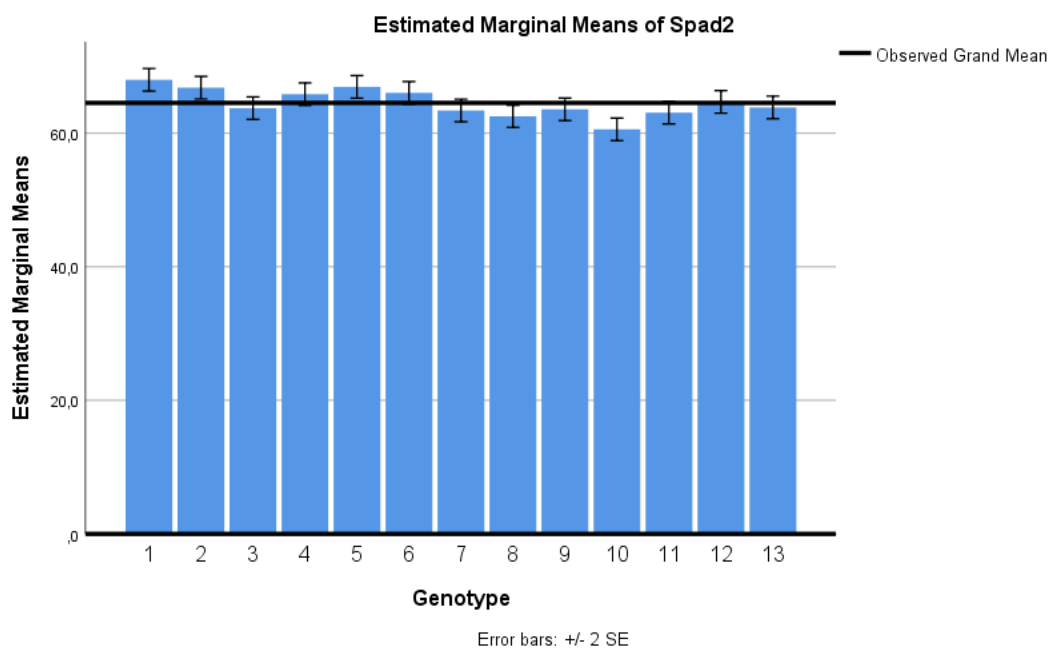
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	1043,373 ^a	12	86,948	6,088	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	3541,628	248	14,281		
Σύνολο	4585,001	260			

Με το κριτήριο Tukey HSD οι γενότυποι ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερα ομοιογενή υποσύνολα ως προς το χαρακτηριστικό της δεύτερης μέτρησης της περιεχόμενης χλωροφύλλης (πίνακας 21). Στο α ομοιογενές υποσύνολο συμπεριλήφθηκαν οι γενότυποι 10,8,11,7,9,3 και 13 με τις χαμηλότερες μέσες τιμές για τη δεύτερη μέτρηση SPAD. Στο δ ομοιογενές υποσύνολο εντάχθηκαν οι γενότυποι 12,4,6,2,5 και 1, οι οποίοι είχαν τις μεγαλύτερες μέσες τιμές του χαρακτηριστικού. Την ελάχιστη τιμή 60,580 είχε ο 10 γενότυπος και την μέγιστη 68,000 ο 1. Αυτά συνηγορούνται τόσο από τον πίνακα 21 όσο

και από το ραβδόγραμμα των μέσων όρων των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση SPAD (εικόνα 20).

Πίνακας 21. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση SPAD ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	60,580α
8	21	62,533αβ
11	20	63,085αβγ
7	20	63,405αβγ
9	20	63,575αβγ
3	20	63,750αβγ
13	20	63,860αβγ
12	20	64,690βγδ
4	20	65,845βγδ
6	20	66,040βγδ
2	20	66,810γδ
5	20	66,935γδ
1	20	68,000δ



Εικόνα 20. Ραβδόγραμμα μέσων όρων της δεύτερης μέτρησης SPAD για τους 13 γενοτύπους.

4.1.10 Τρίτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης

Το επίπεδο σημαντικότητας από τη ανάλυση παραλλακτικότητας για τη τρίτη μέτρηση SPAD ήταν μικρότερο από το 0,05 και επομένως όλοι οι γενότυποι του πειράματος διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (πίνακας 22).

Πίνακας 22. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη τρίτη μέτρηση SPAD για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	1193,283 ^a	12	99,440	5,144	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	4794,387	248	19,332		
Σύνολο	5987,670	260			

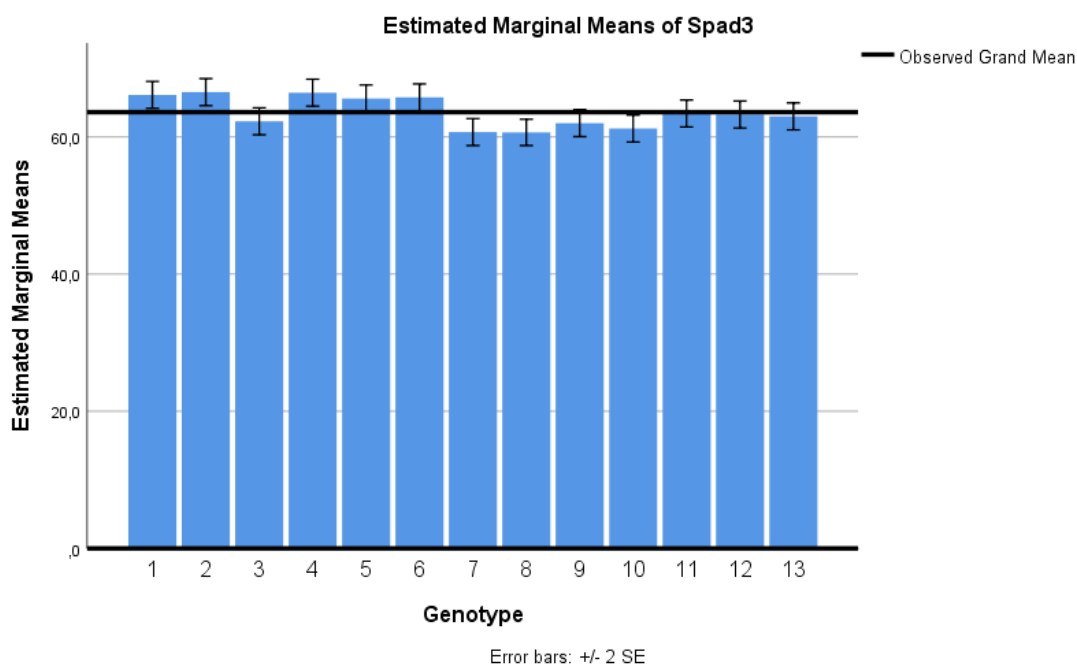
Ο πίνακας 23 δείχνει ότι οι γενότυποι 8, 7, 10, 9, 3, 13, 12 και 11 ανήκαν στο υποσύνολο α και είχαν τις χαμηλότερες τιμές μέσων όρων για τη τρίτη μέτρηση SPAD. Τον μικρότερο μέσο όρο είχε ο γενότυπος 8 και ήταν 60,657. Στο ομοιογενές υποσύνολο γ εντάχθηκαν οι γενότυποι με τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το ίδιο γνώρισμα και ήταν οι 9, 3, 13, 12, 11, 5, 6, 1, 4, και 2 με μέγιστο μέσο όρο 66,535 που είχε ο γενότυπος 2.

Οι γενότυποι 9, 3, 13, 12 και 11 εντάχθηκαν και στις τρεις υποομάδες α, β, γ, δηλαδή ο καθένας από αυτούς τους πέντε δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά με τους υπολοίπους γενοτύπους του πειράματος σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD για επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Συμπεραίνεται ότι ο γενότυπος 13, που ήταν ο μάρτυρας ταίριαζε με τους υπόλοιπους γενοτύπους, το οποίο εξάγεται και από το ραβδόγραμμα της εικόνας 21.

Πίνακας 23. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη τρίτη μέτρηση SPAD ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
8	21	60,657α
7	20	60,710α
10	20	61,225αβ
9	20	62,015αβγ
3	20	62,280αβγ
13	20	63,000αβγ
12	20	63,270αβγ
11	20	63,425αβγ

5	20	65,600βγ
6	20	65,765βγ
1	20	66,130γ
4	20	66,450γ
2	20	66,535γ



Εικόνα 21. Ραβδόγραμμα μέσω των όρων για τους 13 γενότυπους για τη τρίτη μέτρηση SPAD

4.1.11 Τέταρτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης

Για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και βαθμούς ελευθερίας 12, οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, επειδή από την ανάλυση παραλλακτικότητας που έγινε για την τέταρτη μέτρηση SPAD προέκυψε επίπεδο σημαντικότητας 0,000, όπως φαίνεται στο πίνακα 24.

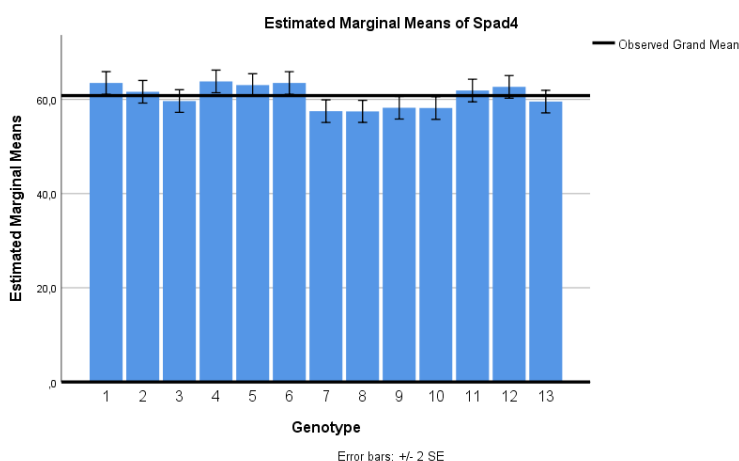
Πίνακας 24. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη τέταρτη μέτρηση SPAD για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	1458,409 ^a	12	121,534	4,211	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	7157,329	248	28,860		
Σύνολο	8615,738	260			

Με το κριτήριο Tukey HSD για τη τέταρτη μέτρηση SPAD δημιουργήθηκαν δύο γνήσια ομοιογενή υποσύνολα για το σύνολο των γενοτύπων του πειράματος το α και το β. Οι γενότυποι που ανήκαν στο α ήταν αυτοί με τους χαμηλότερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό, ενώ αυτοί που περιλήφθηκαν στο υποσύνολο β ήταν όσοι είχαν τις υψηλότερες μέσες τιμές. Φαίνεται ότι κάποιοι ανήκαν και στα δύο υποσύνολα και ήταν οι 10, 9, 13, 3, 2, 11, 12 και 5, μεταξύ των οποίων ήταν και ο μάρτυρας. Στο υποσύνολο α ανήκαν οι 8, 7, 10, 9, 13, 3, 2, 11, 12, 5 και στο β οι 6, 1, 4, 5, 12, 11, 2, 3, 13, 9 και 10 (πίνακας 25). Οι μέσοι όροι των γενοτύπων παραστάθηκαν γραφικά στο ραβδόγραμμα της εικόνας 22.

Πίνακας 25. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη τέταρτη μέτρηση SPAD ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
8	21	57,467α
7	20	57,520α
10	20	58,185αβ
9	20	58,240αβ
13	20	59,545αβ
3	20	59,665αβ
2	20	61,635αβ
11	20	61,900αβ
12	20	62,675αβ
5	20	63,055αβ
6	20	63,490β
1	20	63,505β
4	20	63,830β



Εικόνα 22. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενοτύπους για τη τέταρτη μέτρηση SPAD.

4.1.12 Πέμπτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης

Συμπεραίνεται από τον πίνακα 26 ότι οι 13 γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για τη πέμπτη μέτρηση SPAD, γιατί το επίπεδο σημαντικότητας που προέκυψε από τη ανάλυση παραλλακτικότητας είναι μικρότερο από 0,05.

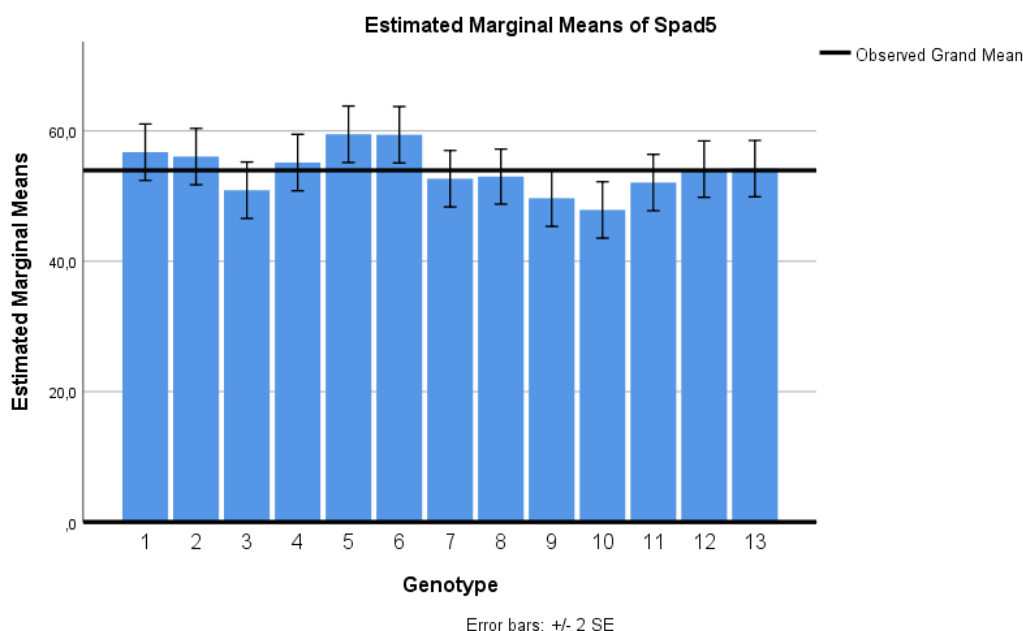
Πίνακας 26. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πέμπτη μέτρηση SPAD για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	2894,361 ^a	12	241,197	2,576	0,003
Πειραματικό Σφάλμα	23222,340	248	93,638		
Σύνολο	26116,701	260			

Οι γενότυποι του πειράματος ανήκαν σε δύο ομάδες όπως φαίνεται στον πίνακα 27. Οι γενότυποι που ταίριαζαν μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD και ανήκαν στην ομάδα α είχαν τους μικρότερους μέσους όρους για τη πέμπτη μέτρηση SPAD και ήταν οι 10, 9, 3, 11, 7, 8, 12, 13, 4, 2 και 1. Οι γενότυποι που δε διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους και είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους για τη πέμπτη μέτρηση SPAD ήταν οι 9, 3, 11, 7, 8, 12, 13, 4, 2, 1, 6 και 5 και ανήκαν στην ομάδα β. Επίσης, κάποιοι γενότυποι ανήκαν και στις δύο ομάδες και αυτοί ήταν οι 9, 3, 11, 7, 8, 12, 13, 4, 2 και 1. Ο χαμηλότερος μέσος όρος 47,870 ήταν του γενοτύπου 10 και ο μεγαλύτερος 59,480 του 5. Οι μέσοι όροι των γενοτύπων για την πέμπτη μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης περιγράφονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 23.

Πίνακας 27. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πέμπτη μέτρηση SPAD ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	47,870α
9	20	49,675αβ
3	20	50,895αβ
11	20	52,075αβ
7	20	52,660αβ
8	21	52,986αβ
12	20	54,135αβ
13	20	54,210αβ
4	20	55,140αβ
2	20	56,055αβ
1	20	56,725αβ
6	20	59,405β
5	20	59,480β



Εικόνα 23. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη 5^η μέτρηση SPAD για τους 13 γενοτύπους.

4.1.13 Συνολική ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης

Η συνολική ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης υπολογίστηκε από το άθροισμα των πέντε μετρήσεων SPAD για κάθε γενότυπο προς το πλήθος των πέντε μετρήσεων, δηλαδή το συνολικό περιεχόμενο χλωροφύλλης αποτέλεσε ο μέσος όρος των μετρήσεων. Έγινε ανονα (πίνακας 28) και κριτήριο tukey HSD, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στο πίνακα 29. Όλοι οι γενότυποι διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά

σημαντικά για τη συνολική ολική χλωροφύλλη για επίπεδο σημαντικότητας 0,05, όπως δείχτηκε από την ανάλυση παραλλακτικότητας.

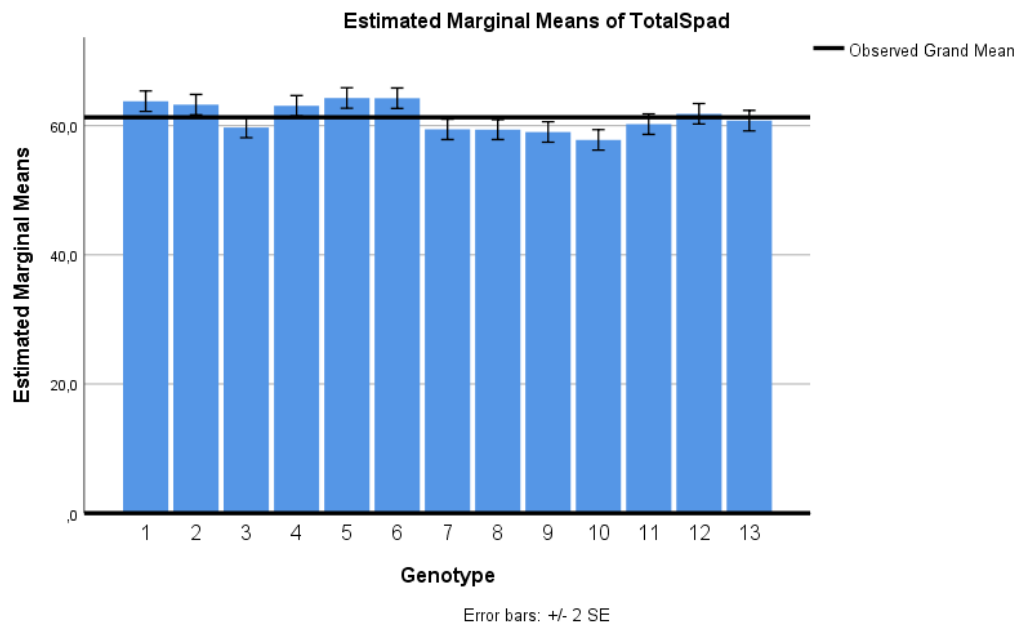
Πίνακας 28. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη συνολική μέτρηση SPAD για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	1195,679 ^a	12	99,640	7,927	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	3117,428	248	12,570		
Σύνολο	4313,107	260			

Το κριτήριο Tukey HSD κατηγοριοποίησε τους 13 γενοτύπους σε έξι ομοιογενή υποσύνολα για τη συνολικό περιεχόμενο χλωροφύλλης. Στο υποσύνολο α ανήκαν οι 10, 9, 8, 7, 3, 11 και 13 γενότυποι με τους χαμηλότερους μέσους όρους και με ελάχιστη 57,794 για τον γενότυπο 10. Στο υποσύνολο ζ ανήκαν οι 13, 12, 4, 2, 1, 6 και 5 με τους μεγαλύτερους μέσους όρους και με μέγιστο 64,287 για τον γενότυπο ζ. Ο γενότυπος 13 ανήκε σε όλα τα υποσύνολα α, β, γ, δ, ε, ζ, όπως αποδείχτηκε από το κριτήριο Tukey HSD και επομένως δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά με όλους τους υπόλοιπους γενοτύπους. Οι μέσοι όροι των γενοτύπων για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό παρουσιάζονται σε ραβδόγραμμα (εικόνα 24)

Πίνακας 29. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη συνολική ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	57,794α
9	20	59,020αβ
8	21	59,390αβγ
7	20	59,436αβγ
3	20	59,718αβγδ
11	20	60,226αβγδε
13	20	60,772αβγδεζ
12	20	61,841βγδεζ
4	20	63,076γδεζ
2	20	63,245δεζ
1	20	63,785εζ
6	20	64,254ζ
5	20	64,287ζ



Εικόνα 24. Ραβδόγραμμα για τους 13 γενοτύπους για τη συνολική ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης

4.1.14 Άνθιση αρσενικής ταξιανθίας

Από την καταγραφή των ημερομηνιών άνθισης της για κάθε γενότυπο υπολογίστηκε ο μέσος όρος άνθισης της αρσενικής ταξιανθίας για κάθε γενότυπο και εφαρμόστηκε το κριτήριο Tukey HSD. Σύμφωνα με το κριτήριο οι γενότυποι ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερα ομοιογενή υποσύνολα α, β, γ, δ. οι μέσοι όροι και το υποσύνολο για κάθε γενότυπο παρουσιάζονται στον πίνακα 30. Η αρσενική ταξιανθία του γενότυπου 10 άνθισε πρωϊμότερα από τους υπολοίπους. Διέφερε στατιστικά σημαντικά από όλους, επειδή το υποσύνολο α αποτελούταν μόνο από το γενότυπο 10. Οι γενότυποι 6, 9, 8, 13,12 και 11 άνθισαν πιο όψιμα από τους άλλους και αποτέλεσαν το υποσύνολο δ και επομένως, δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Ωστόσο, οι 6, 9, 8, 13,12 ανήκαν ταυτόχρονα και στο υποσύνολο γ, και κάποιοι και στο υποσύνολο β. Αυτό δείχνει ότι η φόβη τους άνθισε μεσοπρωϊμα έως και όψιμα. Η αρσενική ταξιανθία του γενότυπου 11 άνθισε τελευταία και μετά από 8 ημέρες από την ποικιλία 10, η οποία είχε ανθίσει πρώτη. Προέκυψε εύρος οκτώ ημερών άνθισης της αρσενικής ταξιανθίας για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πίνακας 30. Μέσοι όροι των γενότυπων για την ημερομηνία έναρξης άνθισης αρσενικής ταξιανθίας ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	24.07.2020α
2	20	28.07.2020β
1	20	28.07.2020β
5	20	28.07.2020β
3	20	28.07.2020β
7	20	28.07.2020β
4	20	29.07.2020βγ
6	20	29.07.2020βγδ
9	20	29.07.2020βγδ
8	21	29.07.2020βγδ
13	20	30.07.2020βγδ
12	20	31.07.2020γδ
11	19	01.08.2020δ

4.1.15 Άνθιση θηλυκής ταξιανθίας

Οι μέσοι όροι άνθισης της θηλυκής ταξιανθίας υπολογίστηκαν και το κριτήριο tukey HSD έδειξε ποιοι από αυτούς δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Αυτοί που δεν διέφεραν μεταξύ τους συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα του ελληνικού αλφαβήτου, το οποίο αποτέλεσε μία ομοιογενή υποομάδα. Οι μέσοι όροι και οι υποομάδες παρουσιάζονται στον πίνακα 31. Οι γενότυποι καταχωρίστηκαν σε τέσσερις υποομάδες α, β, γ, δ. μόνο ο γενότυπος 10 ανήκε στο υποσύνολο α και άνθισε πρώτος. Τελευταίοι άνθισαν οι γενότυποι που συνοδεύονται από το γράμμα δ, δηλαδή οι 11 και 12. Από τους 13 γενότυπους του πειράματος η θηλυκή ταξιανθία του 10 άνθισε πρώτη και τελευταία η 12 με διαφορά 8 ημέρες.

Πίνακας 31. Μέσοι όροι των γενοτύπων για την ημερομηνία έναρξης άνθισης θηλυκής ταξιανθίας ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	20	24.07.2020α
2	20	27.07.2020β
4	20	27.07.2020β
5	20	28.07.2020β
7	20	28.07.2020β
9	20	28.07.2020β
3	20	28.07.2020β
1	20	28.07.2020β
13	20	28.07.2020β
6	20	29.07.2020β
8	21	29.07.2020βγ
11	19	31.07.2020γδ
12	20	01.08.2020δ

4.1.16 Διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας (ASI)

Το διάστημα αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας ήταν η ημερομηνιακή διαφορά της εμφάνισης της μετάξης από την έναρξη απελευθέρωσης γυρεοκόκκων. Από την ανάλυση παραλλακτικότητας για το ASI για τους 13 γενότυπους του πειράματος προέκυψε σημαντικότητα 0,000. Επομένως, για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά (πίνακας 32).

Πίνακας 32. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χρονικό διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας.
Γενότυποι	125,219 ^a	12	10,435	5,741	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	448,978	247	1,818		
Σύνολο	574,196	259			

Για κάθε φυτό υπολογίστηκε το ASI και έπειτα υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι ανά γενότυπο. Επίσης εφαρμόστηκε κριτήριο tukey HSD κατά το οποίο τα δεδομένα καταχωρίστηκαν σε τρία ομοιογενή υποσύνολα τα α, β και γ. Οι μέσοι όροι και το υποσύνολο ή τα υποσύνολα που ανήκει ο καθένας παρουσιάζονται στον πίνακα 33.

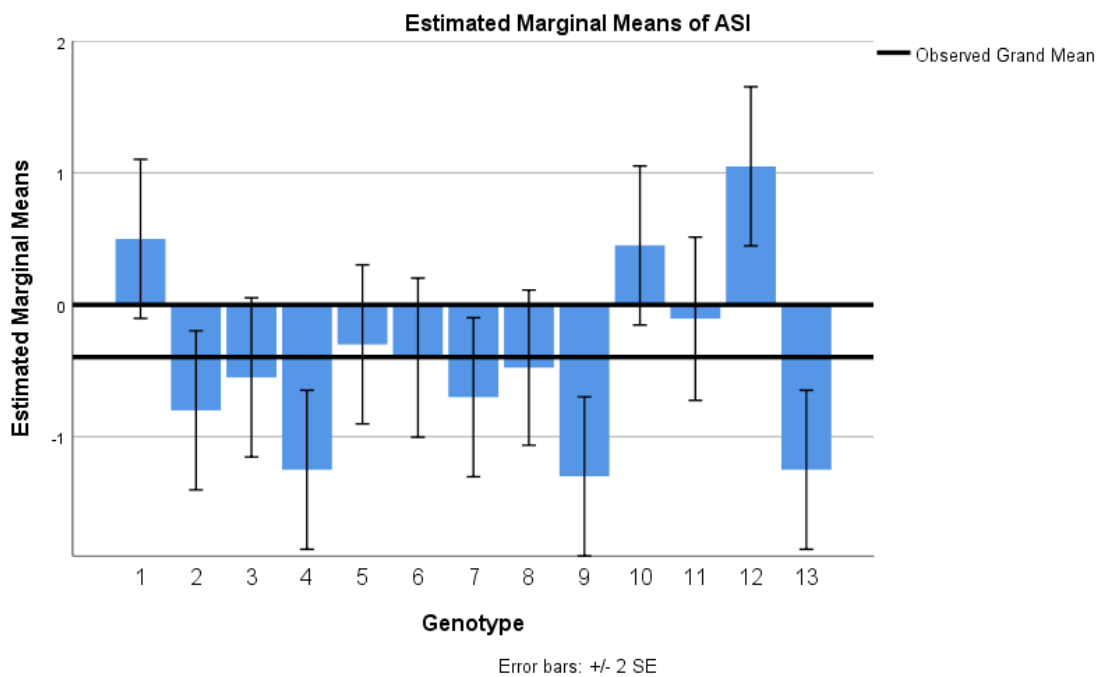
Οι γενότυποι 9, 13, 4, 2, 7, 3, 8, 6, 5 και 11, ανήκαν στο υποσύνολο α και είχαν τους μικρότερους μέσους όρους με ελάχιστη τιμή -1,30 ο γενότυπος 9. Παρατηρήθηκε ότι όλοι οι γενότυποι του υποσυνόλου α είχαν αρνητική τιμή μέσου όρου γιατί άνθισε πρώτα η θηλυκή και μετά η αρσενική ταξιανθία. Τους μεγαλύτερους μέσους όρους είχαν οι 12, 11, 10, 1 και 5 με μέγιστη τιμή 1,05 ημέρες για τον γενότυπο 12. Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι γενότυποι 5 και 11 ταίριαζαν με όλους τους γενοτύπους.

Πίνακας 33. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χρονικό διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
9	20	-1,30α
13	20	-1,25α
4	20	-1,25α
2	20	-0,80αβ
7	20	-0,70αβ
3	20	-0,55αβ
8	21	-0,48αβ
6	20	-0,40αβ
5	20	-0,30αβγ
11	19	-0,11αβγ
10	20	0,45βγ
1	20	0,50βγ
12	20	1,05γ

Στο ραβδόγραμμα μέσων όρων του ASI για τους γενοτύπους (εικόνα 25) παρατηρήθηκε κυρίως για τον γενότυπο 11 και μετά για τον γενότυπο 5 ότι ο ASI

προσέγγιζε την τιμή 0. Αυτό σημαίνει ότι το ανδρείο και το γυναικείο είχαν πολύ κοντινές ημερομηνίες ωρίμανσης και επομένως αναμενόταν αυξημένο ποσοστό γονιμοποίησης, δηλαδή περισσότεροι σπάδικες.



Εικόνα 25. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για το χρονικό διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας.

4.1.17 Αριθμός σπαδίκων που συγκομίσθηκαν

Ως προς το πλήθος σπαδίκων που συγκομίσθηκαν από κάθε γενότυπο προέκυψε ότι οι 13 γενότυποι διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά, επειδή από την ανάλυση παραλλακτικότητας βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο από 0,05 (πίνακας 34).

Πίνακας 34. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τον αριθμό σπαδίκων που συγκομίσθηκαν για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

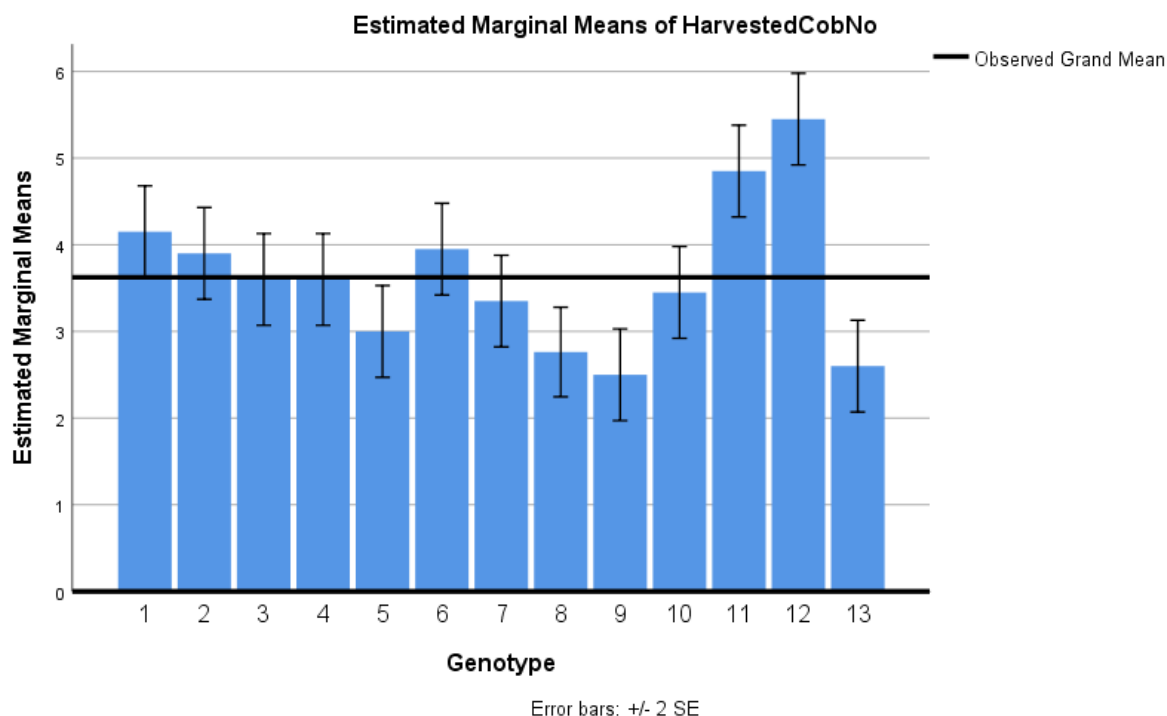
Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	177,694 ^a	12	14,808	10,568	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	347,510	248	1,401		
Σύνολο	525,203	260			

Σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD οι μέσοι όροι των γενοτύπων διαιρέθηκαν σε πέντε υποομάδες. Δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους οι γενότυποι 9, 13, 8, 5, 7, 10, 3 και 4 που αποτέλεσαν το υποσύνολο α με τους μικρότερους μέσους όρους για το πλήθος σπαδίκων που συγκομίσθηκαν, ενώ οι γενότυποι 11 και 12 της υποομάδας ε είχαν τους υψηλότερους μέσους όρους για το ίδιο χαρακτηριστικό (πίνακας 35).

Πίνακας 35. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τον αριθμό σπαδίκων που συγκομίσθηκαν ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
9	20	2,50α
13	20	2,60α
8	21	2,76αβ
5	20	3,00αβγ
7	20	3,35αβγ
10	20	3,45αβγ
3	20	3,60αβγδ
4	20	3,60αβγδ
2	20	3,90βγδ
6	20	3,95βγδ
1	20	4,15γδ
11	20	4,85δε
12	20	5,45ε

Οι λιγότεροι σπάδικες συγκομίσθηκαν από τον 9 γενότυπο και οι περισσότεροι από τον 12, όπως είναι εμφανές και στο ραβδόγραμμα μέσων όρων του αριθμού σπαδίκων που συγκομίσθηκαν ανά γενότυπο (εικόνα 26).



Εικόνα 26. Ραβδόγραμμα μέσων όρων των γενοτύπων για τον αριθμό σπαδικών που συγκομίστηκαν ανά γενότυπο.

4.1.18 Βάρος σπόρων με υγρασία 14%

Οι γενότυποι του πειράματος διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 όπως προέκυψε από την ανάλυση παραλλακτικότητας για το βάρος του συνόλου των σπόρων ανά γενότυπο με υγρασία 14% (πίνακας 36).

Πίνακας 36. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το βάρος των σπόρων με υγρασία 14% για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	3573161,558 ^a	12	297763,463	3,378	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	21858162,112	248	88137,750		
Σύνολο	25431323,670	260			

Ο πίνακας 37 παρουσιάζει τους μέσους όρους για το βάρος σπόρων με υγρασία 14% ανά γενότυπο και το ομοιογενές υποσύνολο που ανήκε ο κάθε γενότυπος. Τα υποσύνολα ήταν τα α, β, γ και δ. Οι γενότυποι 8, 9, 10, 13, 7, 5, 2, 4, 12 και 3 είχαν τους μικρότερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% και μεταξύ τους δεν διέφεραν επειδή όλοι ανήκαν στο α υποσύνολο. Ομοίως, οι γενότυποι

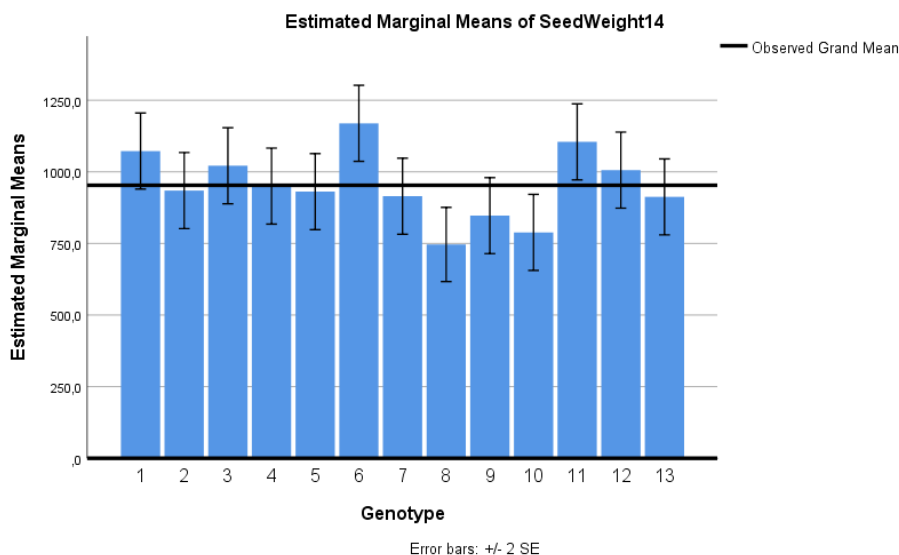
6,11,1, 3, 12, 4, 2, 5, 7 και 13 που ανήκαν στο υποσύνολο δ είχαν τους μικρότερους μέσους όρους.

Από την επιλογή των 21 φυτών του γενότυπου 8 προέκυψε μέσος όρος βάρους σπόρων 746,262 με υγρασία 14% και αντιστοιχούσε στην μικρότερη μέση τιμή από των υπολοίπων γενότυπων, ενώ η μέγιστη μέση τιμή αφορούσε τον γενότυπο 6 και ήταν 1169,389. Οι γενότυποι 13, 7, 5, 2, 4, 12 και 3 , ανήκαν και στα τέσσερα υποσύνολα, δηλαδή ο καθένας ταίριαζε με όλους τους άλλους.

Πίνακας 37. Μέσοι όροι των γενότυπων για το βάρος των σπόρων με υγρασία 14% ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
8	21	746,262α
10	20	788,483αβ
9	20	847,125αβγ
13	20	912,516αβγδ
7	20	914,983αβγδ
5	20	930,900αβγδ
2	20	934,580αβγδ
4	20	950,135αβγδ
12	20	1005,915αβγδ
3	20	1021,313αβγδ
1	20	1072,528βγδ
11	20	1104,682γδ
6	20	1169,389δ

Στο ραβδόγραμμα της εικόνας 27 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων που συγκομίστηκαν με υγρασία 14% για τους δεκατρείς γενότυπους του πειράματος.



Εικόνα 27. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενοτύπους του πειράματος για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων που συγκομίστηκαν με υγρασία 14%.

4.1.19 Πρώτη μέτρηση φωτοσυνθετικής αποτελεσματικότητας

Η φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα προσδιορίστηκε με το φθορισμό της χλωροφύλλης.

Πίνακας 38. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση φθορισμού για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενοτύποι	0,089 ^a	12	0,007	0,897	0,552
Πειραματικό Σφάλμα	0,972	117	0,008		
Σύνολο	1,061	129			

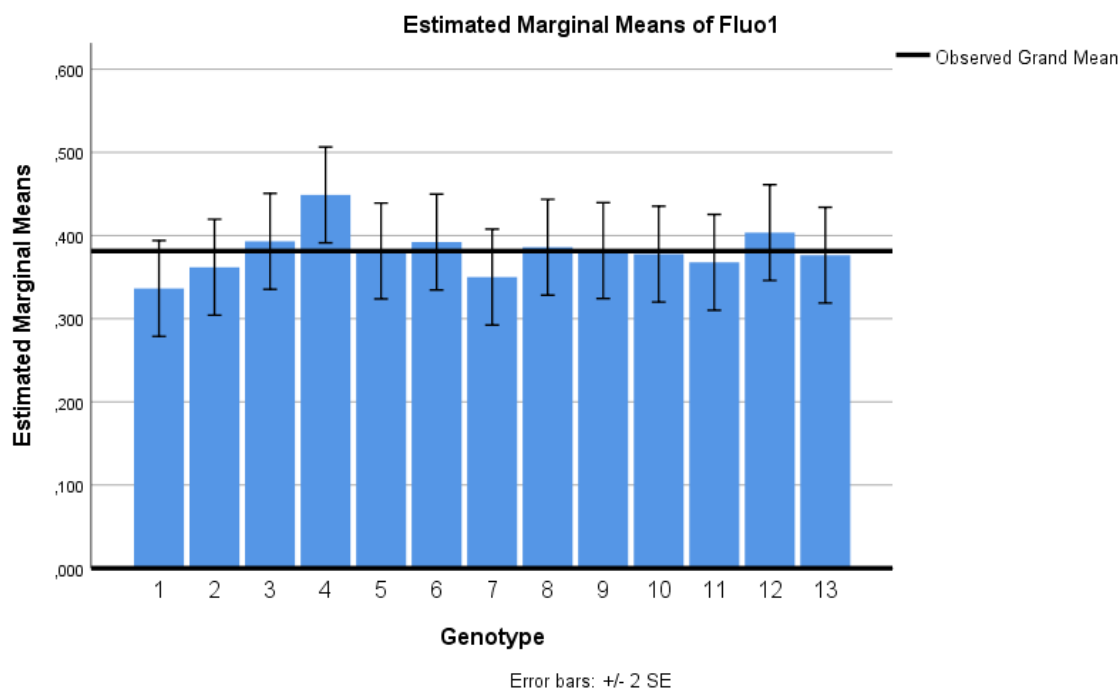
Τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης φθορισμού αναλύθηκαν με ANOVA. Όπως φανερώνει ο πίνακας 38 το επίπεδο σημαντικότητας βρέθηκε 0,552 που ήταν μεγαλύτερο από 0,05 και άρα οι δεκατρείς γενοτύποι δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά.

Το ίδιο συμπέρασμα έδωσε και το κριτήριο Tukey HSD κατά το οποίο όλοι οι γενοτύποι ανήκαν στην ομάδα α και οι μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση φθορισμού δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά (πίνακας 39).

Πίνακας 39. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση φθορισμού ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
1	10	0,33640α
7	10	0,35000α
2	10	0,36190α
11	10	0,36780α
13	10	0,37640α
10	10	0,37770α
5	10	0,38140α
9	10	0,38190α
8	10	0,38590α
6	10	0,39220α
3	10	0,39300α
12	10	0,40360α
4	10	0,44890α

Το ραβδόγραμμα της εικόνας 28 παρουσιάζει γραφικά τους μέσους όρους των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση φθορισμού.



Εικόνα 28. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη πρώτη μέτρηση φθορισμού για τους 13 γενοτύπους.

4.1.20 Δεύτερη μέτρηση φωτοσυνθετικής αποτελεσματικότητας

Από τη ανάλυση παραλλακτικότητας που έγινε στα δεδομένα της δεύτερης μέτρησης φθορισμού για τους 13 γενότυπους (πίνακας 40), αλλά και από το κριτήριο Tukey HSD (πίνακας 41) βρέθηκε ότι δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

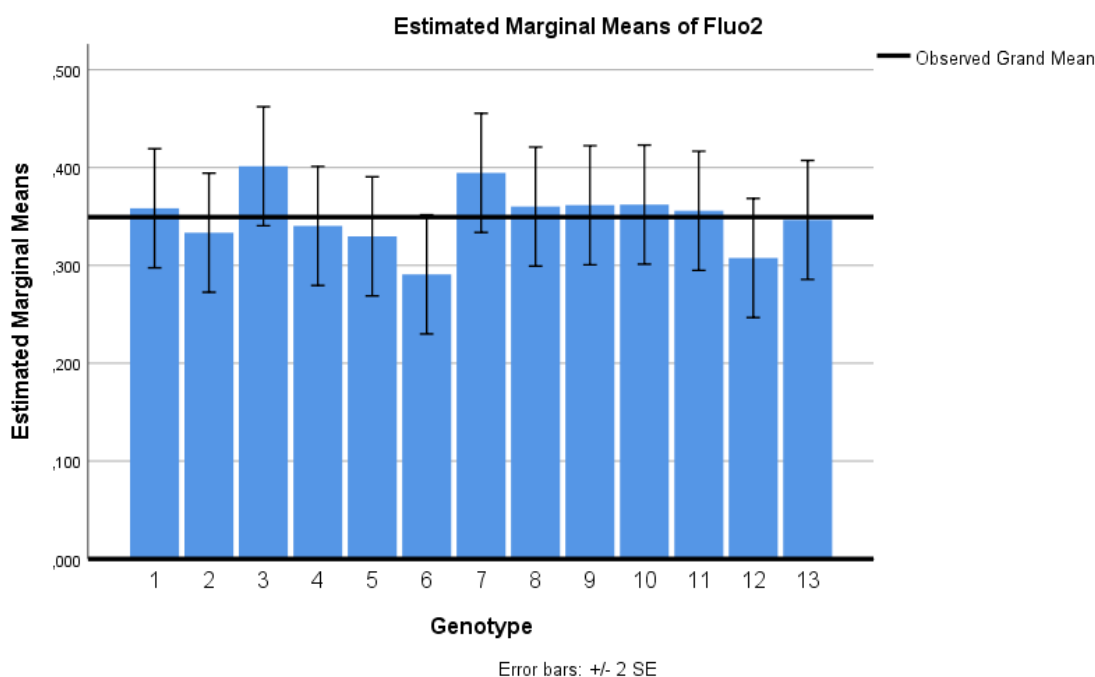
Πίνακας 40. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση φθορισμού για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	0,112 ^a	12	0,009	1,008	0,446
Πειραματικό Σφάλμα	1,084	117	0,009		
Σύνολο	1,196	129			

Πίνακας 41. Μέσοι όροι των γενότυπων για τη δεύτερη μέτρηση φθορισμού ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
6	10	0,29080α
12	10	0,30760α
5	10	0,32970α
2	10	0,33340α
4	10	0,34030α
13	10	0,34650α
11	10	0,35580α
1	10	0,35840α
8	10	0,36010α
9	10	0,36150α
10	10	0,36210α
7	10	0,39460α
3	10	0,40140α

Η γραφική απεικόνιση των μέσων όρων των γενότυπων για τη δεύτερη μέτρηση φθορισμού έγινε με το ραβδόγραμμα της εικόνας 29.



Εικόνα 29. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενότυπους του πειράματος για τη 2^η μέτρηση φθορισμού

4.1.21 Πρώτη μέτρηση αποτελεσματικής χρησιμοποίησης νερού (WUE)

Η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης νερού (WUE) είναι δείκτης που δείχνει αν ένα φυτό καταναλώνει λίγο ή πολύ νερό. Εκφράζεται από το λόγο της φωτοσύνθεσης προς τη διαπνοή (Bacon., 2004).

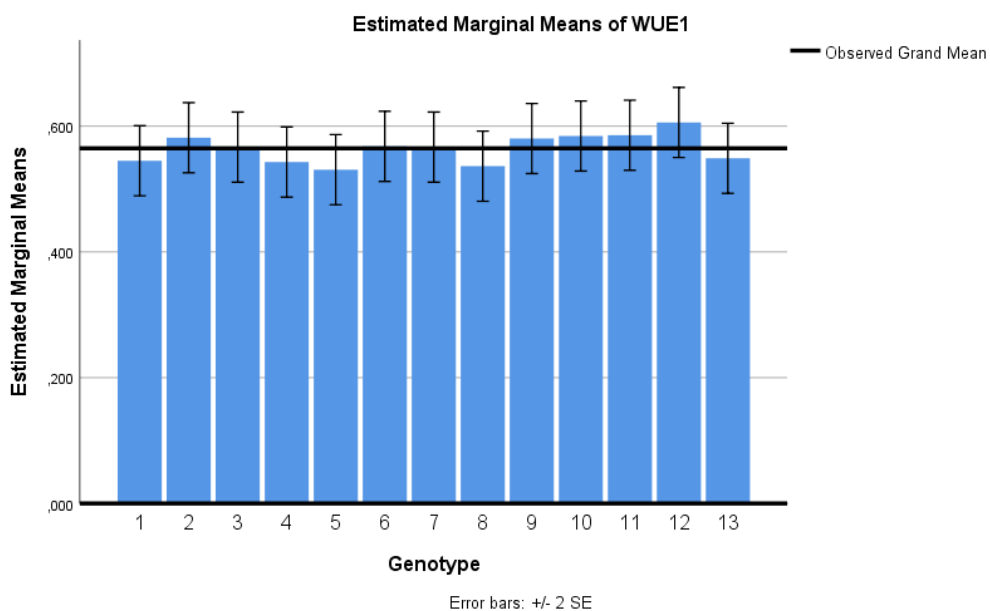
Οι δεκατρείς γενότυποι δε διέφεραν σημαντικά για τη πρώτη μέτρηση WUE. Αυτό προέκυψε και από την ANOVA και από το κριτήριο Tukey HSD. Στους πίνακες 42 και 43 που ακολουθούν φαίνεται αντίστοιχα ότι το επίπεδο σημαντικότητας βρέθηκε μεγαλύτερο από 0,05, και όλοι οι γενότυποι ανήκαν στο μη γνήσιο υποσύνολο α του υπερσυνόλου των γενοτύπων. Επίσης, στο ραβδόγραμμα των μέσων όρων των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση WUE (εικόνα 30) παρατηρείται ότι οι μέσοι όροι ήταν πολύ κοντά στην τιμή του γενικού μέσου όρου.

Πίνακας 42. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση WUE για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	0,061 ^a	12	0,005	0,658	0,788
Πειραματικό Σφάλμα	0,909	117	0,008		
Σύνολο	0,970	129			

Πίνακας 43. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη 1^η μέτρηση WUE ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
5	10	0,53080α
8	10	0,53630α
4	10	0,54290α
1	10	0,54500α
13	10	0,54880α
3	10	0,56660α
7	10	0,56660α
6	10	0,56790α
9	10	0,58030α
2	10	0,58160α
10	10	0,58430α
11	10	0,58550α
12	10	0,60590α



Εικόνα 30. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενοτύπους του πειράματος για τη 1^η μέτρηση WUE

4.1.22 Πρώτη μέτρηση ρυθμού φωτοσύνθεσης (PHOTO)

Οι γενότυποι του πειράματος δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους όπως φαίνεται στον πίνακα 44 από την ANOVA για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 για τη πρώτη μέτρηση PHOTO.

Πίνακας 44. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση PHOTO για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

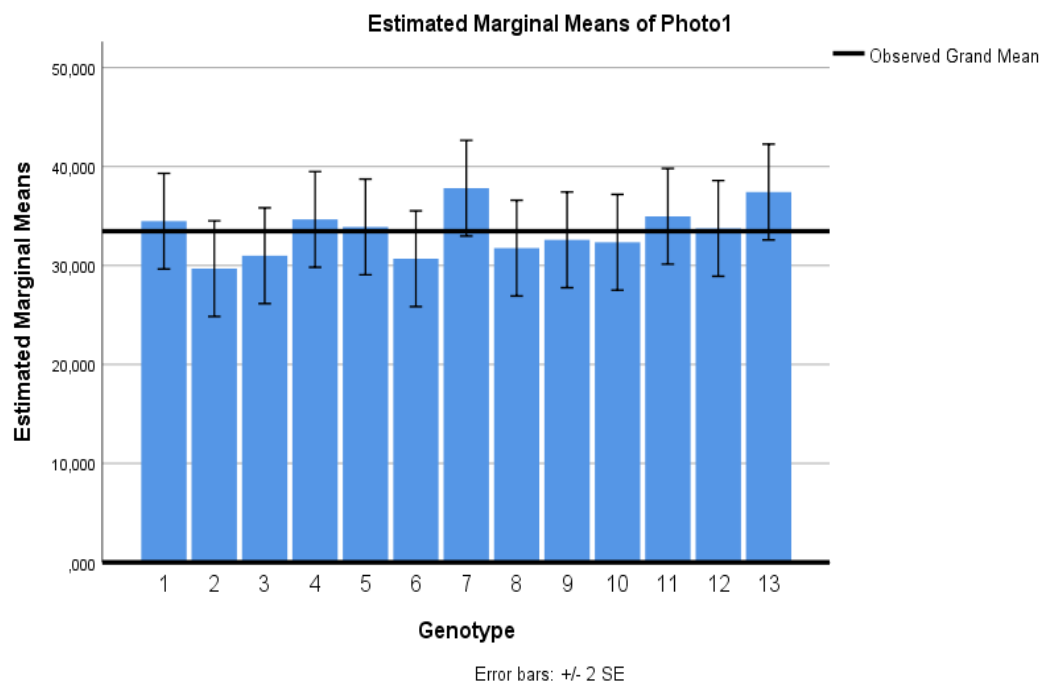
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	726,506 ^a	12	60,542	1,035	0,422
Πειραματικό Σφάλμα	6845,032	117	58,505		
Σύνολο	7571,538	129			

Το κριτήριο Tukey HSD ένταξε όλους τους γενότυπους του πειράματος σε ένα ομοιογενές υποσύνολο ως προς τη πρώτη μέτρηση PHOTO. Ο πίνακας 45 δείχνει τους μέσους όρους κατά αύξουσα σειρά που προέκυψαν από πλήθος 10 επιλεγμένων φυτών για τον κάθε γενότυπο. Όλοι οι μέσοι όροι ακολουθούνται από το α, το οποίο υποδηλώνει ότι δε διέφεραν μεταξύ τους στο φωτοσυνθετικό ρυθμό.

Οι μέσοι όροι του ρυθμού φωτοσύνθεσης των γενότυπων παρουσιάζονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 31.

Πίνακας 45. Μέσοι όροι των γενότυπων για τη πρώτη μέτρηση PHOTO ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
2	10	29,68000α
6	10	30,68810α
3	10	30,98850α
8	10	31,75680α
10	10	32,34690α
9	10	32,58990α
12	10	33,74610α
5	10	33,90240α
1	10	34,47950α
4	10	34,65510α
11	10	34,96920α
13	10	37,42360α
7	10	37,81210α



Εικόνα 31. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τους 13 γενοτύπους για τη πρώτη μέτρηση PHOTO

4.1.23 Πρώτη μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας (COND)

Για τη πρώτη μέτρηση COND οι δεκατρείς γενότυποι του πειράματος δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά, όπως έδειξε από την ανάλυση παραλλακτικότητας και από το κριτήριο Tukey HSD για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (πίνακας 46 και 47). Οι μέσοι όροι όλων των γενοτύπων ανήκαν στο υποσύνολο α.

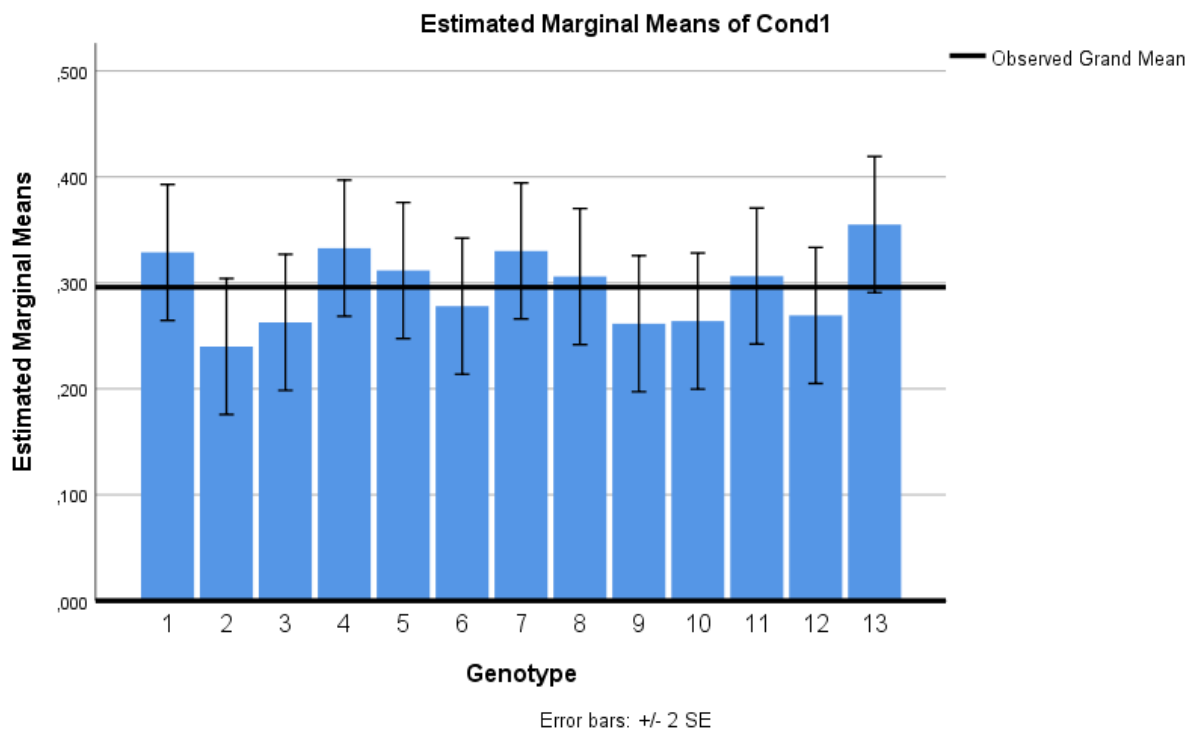
Οι μέσοι όροι των γενοτύπων για την πρώτη μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας παραστάθηκαν γραφικά στο ραβδόγραμμα της εικόνας 32

Πίνακας 46. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση COND για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	0,150 ^a	12	0,013	1,215	0,281
Πειραματικό Σφάλμα	1,206	117	0,010		
Σύνολο	1,357	129			

Πίνακας 47. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση COND ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
2	10	0,23990α
9	10	0,26140α
3	10	0,26270α
10	10	0,26390α
12	10	0,26920α
6	10	0,27800α
8	10	0,30590α
11	10	0,30640α
5	10	0,31160α
1	10	0,32870α
7	10	0,33010α
4	10	0,33270α
13	10	0,35500α



Εικόνα 32. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη πρώτη μέτρηση COND

4.1.24 Πρώτη μέτρηση διακυτταρικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CI)

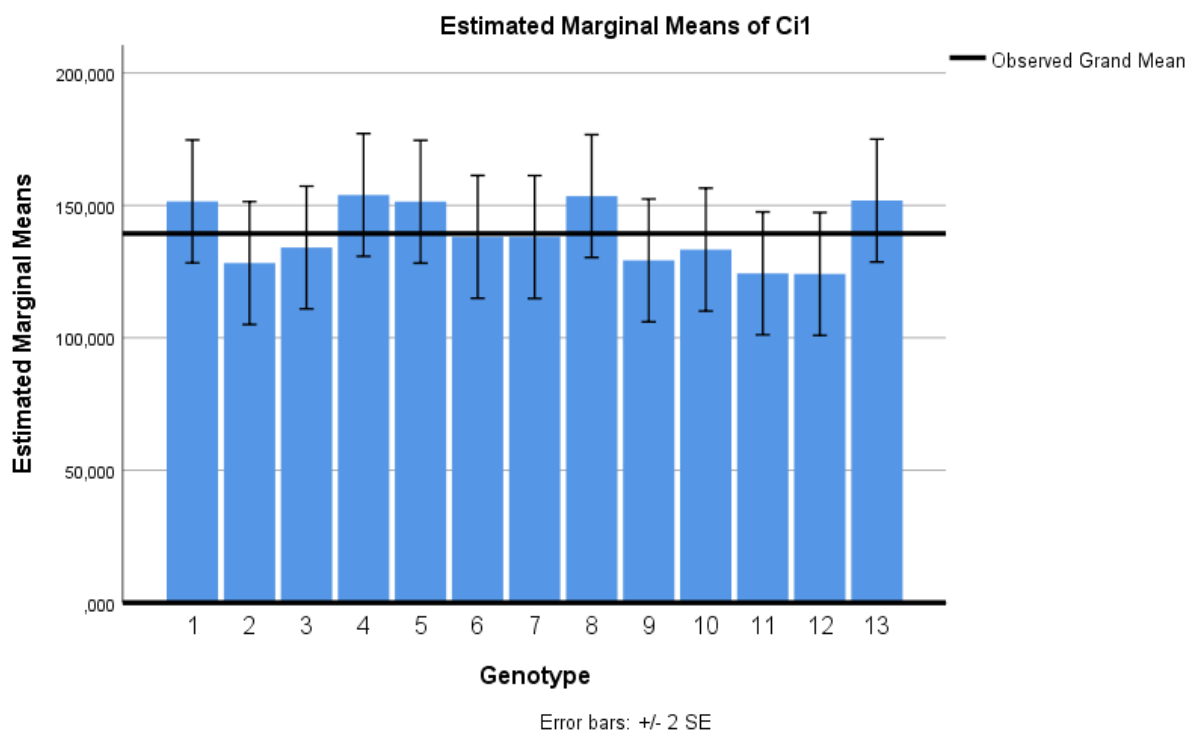
Για τη πρώτη μέτρηση CI οι γενότυποι του πειράματος στατιστικά δε διέφεραν όπως εξήχθη από την ανάλυση παραλλακτικότητας και το κριτήριο Tukey HSD για επίπεδο σημαντικότητας 0,05, επειδή βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,454 και οι γενότυποι ανήκαν σε ένα ομοιογενές υποσύνολο. Τα αποτελέσματα της ANOVA και του κριτηρίου Tukey HSD παρουσιάζονται στους πίνακες 48 και 49, ενώ γραφικά οι μέσοι όροι των δεκατριών γενοτύπων για τη διακυτταρική συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα απεικονίζονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 33.

Πίνακας 48. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση CI για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ci1					
Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	16123,568 ^a	12	1343,631	1,000	0,454
Πειραματικό Σφάλμα	157268,304	117	1344,174		
Σύνολο	173391,872	129			

Πίνακας 49. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση CI ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
12	10	124,10590α
11	10	124,31830α
2	10	128,22940α
9	10	129,22260α
10	10	133,31630α
3	10	134,07940α
7	10	138,05060α
6	10	138,10620α
5	10	151,37840α
1	10	151,48230α
13	10	151,81590α
8	10	153,50700α
4	10	153,93340α



Εικόνα 33. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη πρώτη μέτρηση CI για τους 13 γενοτύπους.

4.1.25 Πρώτη μέτρηση ρυθμού διαπνοής (TRMMOL)

Βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,510, που είναι μεγαλύτερο του 0,05 και όλοι οι γενότυποι ανήκαν σε ένα υποσύνολο, όπως προέκυψε από την ανάλυση παραλλακτικότητας και το κριτήριο Tukey HSD αντίστοιχα για τη πρώτη μέτρηση TRMMOL. Επομένως, όλοι οι γενότυποι του πειράματος δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (πίνακας 50 και 51).

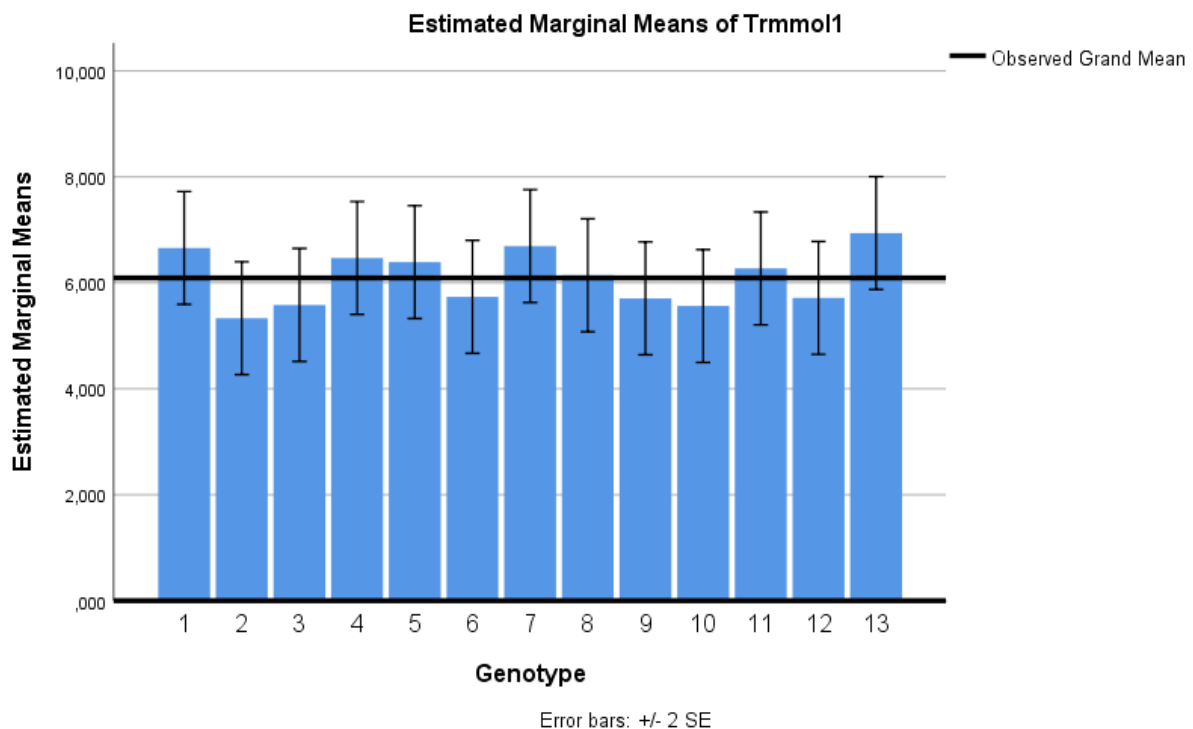
Πίνακας 50. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη πρώτη μέτρηση TRMMOL για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	32,026 ^a	12	2,669	0,940	0,510
Πειραματικό Σφάλμα	332,105	117	2,839		
Σύνολο	364,132	129			

Πίνακας 51. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση TRMMOL ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
2	10	5,33240α
10	10	5,56180α
3	10	5,58230α
9	10	5,70670α
12	10	5,71620α
6	10	5,73590α
8	10	6,14270α
11	10	6,27140α
5	10	6,39030α
4	10	6,46930α
1	10	6,65820α
7	10	6,69350α
13	10	6,94040α

Οι μέσοι όροι των γενοτύπων για τη πρώτη μέτρηση TRMMOL ανά γενότυπο παρουσιάζονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 34.



Εικόνα 34. Ραβδόγραμμα για τη πρώτη μέτρηση TRMMOL για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

4.1.26 Δεύτερη μέτρηση αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης νερού (WUE)

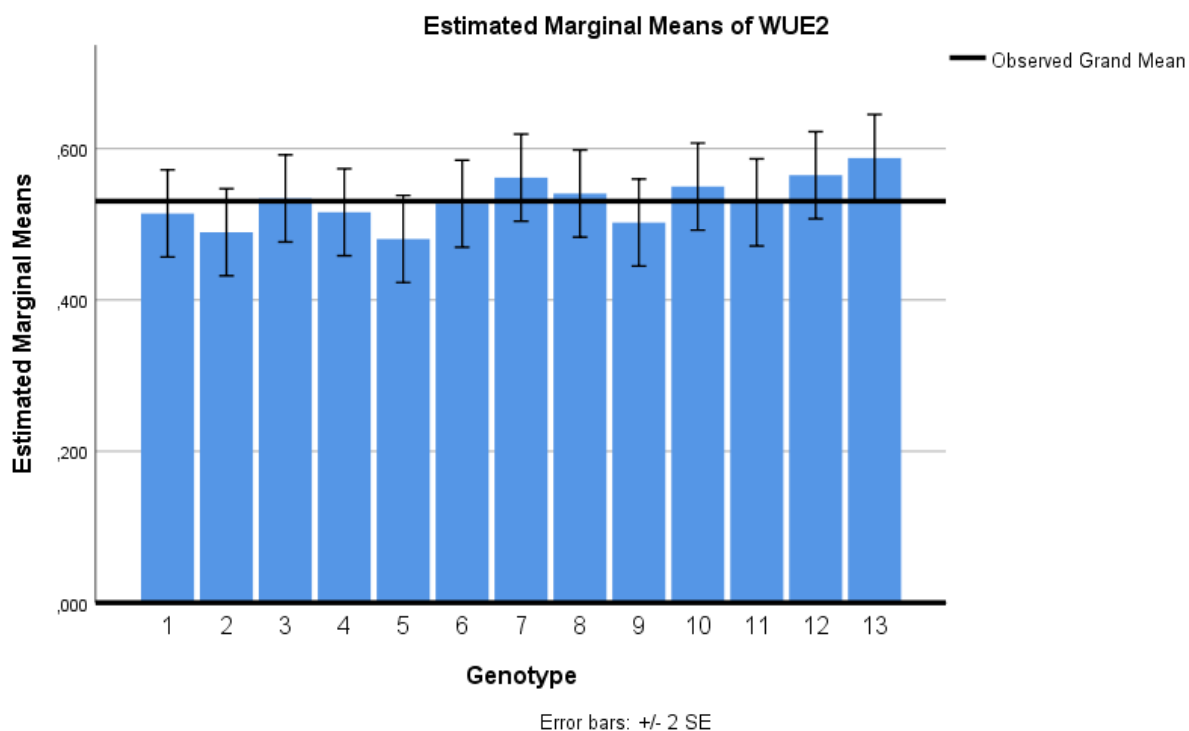
Κατόπιν της στατιστικής ανάλυσης διαπιστώθηκε ότι οι γενότυποι του πειράματος για τη δεύτερη μέτρηση WUE δε διέφεραν σημαντικά, τόσο με το κριτήριο Tukey HSD όσο και με ανάλυση παραλλακτικότητας για επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα ανάλυσης παραλλακτικότητας (πίνακας 52), όπου βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,332 και όλοι οι γενότυποι εντάχθηκαν στο μοναδικό υποσύνολο α (πίνακας 53). Επίσης, οι μέσοι όροι της δεύτερης μέτρησης WUE απεικονίζονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 35.

Πίνακας 52. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση WUE για τους 13 γενότυπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	0,114 ^a	12	0,009	1,144	0,332
Πειραματικό Σφάλμα	0,968	117	0,008		
Σύνολο	1,082	129			

Πίνακας 53. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση WUE ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
5	10	0,48060α
2	10	0,48950α
9	10	0,50230α
1	10	0,51430α
4	10	0,51590α
6	10	0,52720α
11	10	0,52900α
3	10	0,53420α
8	10	0,54060α
10	10	0,54980α
7	10	0,56170α
12	10	0,56490α
13	10	0,58760α



Εικόνα 35. Ραβδόγραμμα δεύτερης μέτρησης WUE για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

4.1.27 Δεύτερη μέτρηση ρυθμού φωτοσύνθεσης (PHOTO)

Οι δεκατρείς γενοτύποι του πειράματος δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 στη δεύτερη μέτρηση PHOTO. Η ανάλυση παραλλακτικότητας προσδιόρισε επίπεδο σημαντικότητας 0,128 (πίνακας 54). Επίσης, το κατά το κριτήριο Tukey HSD όλοι οι γενοτύποι ανήκαν σε ένα υποσύνολο α(πίνακας 55).

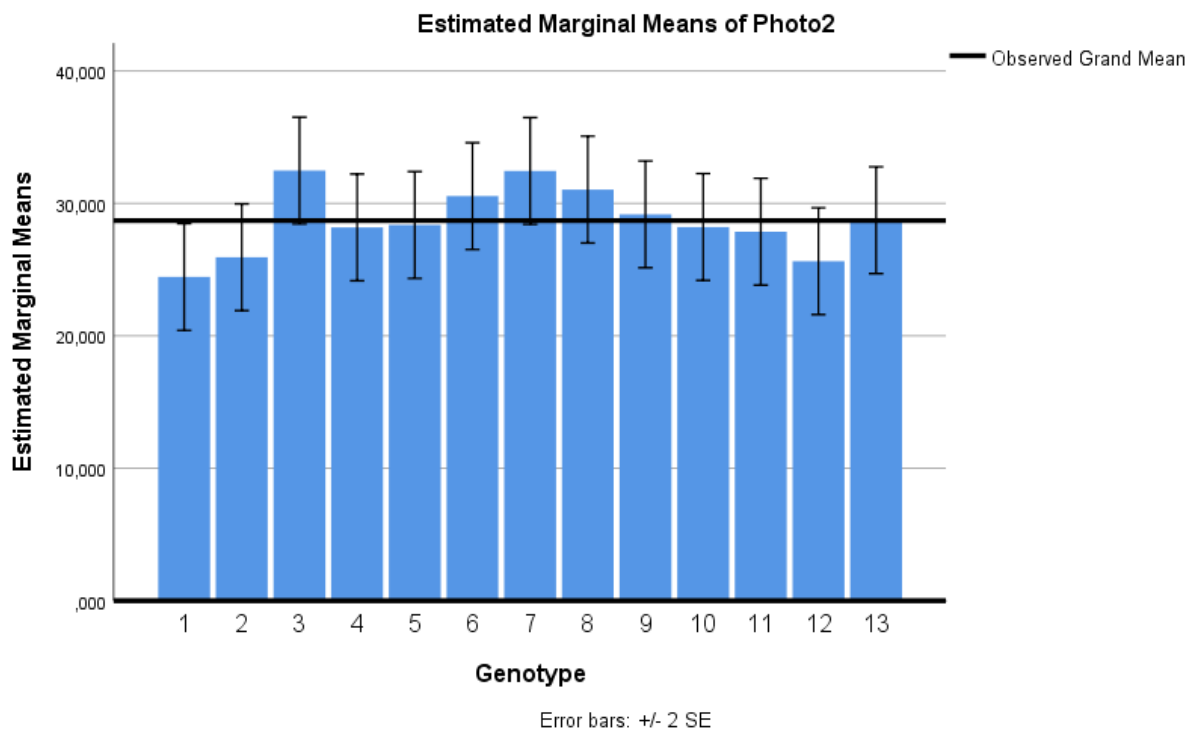
Οι μέσοι όροι του ρυθμού φωτοσύνθεσης των γενοτύπων του πειράματος απεικονίζονται στο ραβδόγραμμα της εικόνας 36.

Πίνακας 54. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση PHOTO για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενοτύποι	738,992 ^a	12	61,583	1,515	0,128
Πειραματικό Σφάλμα	4755,831	117	40,648		
Σύνολο	5494,823	129			

Πίνακας 55. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση PHOTO ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
1	10	24,44690α
12	10	25,63490α
2	10	25,93240α
11	10	27,86240α
4	10	28,18400α
10	10	28,21560α
5	10	28,36790α
13	10	28,72860α
9	10	29,17320α
6	10	30,54710α
8	10	31,04400α
7	10	32,44920α
3	10	32,47570α



Εικόνα 36. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη δεύτερη μέτρηση PHOTO για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

4.1.28 Δεύτερη μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας (COND)

Σύμφωνα με την ανάλυση παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση COND οι γενότυποι δεν διέφεραν σημαντικά, επειδή βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,322 που είναι μεγαλύτερο του 0,05 (πίνακας 56). Το ίδιο αποτέλεσμα προέκυψε και από το κριτήριο Tukey HSD, σύμφωνα με το οποίο οι μέσοι όροι της δεύτερης μέτρησης στοματικής αγωγιμότητας ανήκαν στο μοναδικό υποσύνολο α (πίνακας 57).

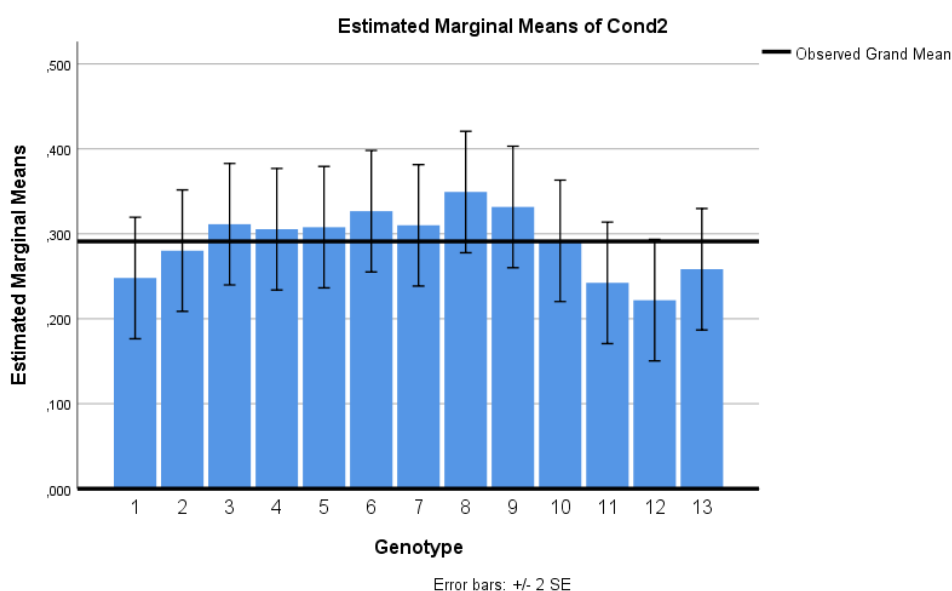
Η εικόνα 37 παρουσιάζει σε ραβδόγραμμα τους μέσους όρους για τη δεύτερη μέτρηση COND για τους δεκατρείς γενοτύπους του πειράματος.

Πίνακας 56. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση COND για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	0,177 ^a	12	0,015	1,157	0,322
Πειραματικό Σφάλμα	1,496	117	0,013		
Σύνολο	1,673	129			

Πίνακας 57. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση COND ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
12	10	0,22190α
11	10	0,24230α
1	10	0,24800α
13	10	0,25830α
2	10	0,28020α
10	10	0,29170α
4	10	0,30540α
5	10	0,30780α
7	10	0,31000α
3	10	0,31130α
6	10	0,32660α
9	10	0,33160α
8	10	0,34920α



Εικόνα 37. Ραβδόγραμμα μέσω των όρων της δεύτερης μέτρησης Cond για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

4.1.29 Δεύτερη μέτρηση διακυτταρικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CI)

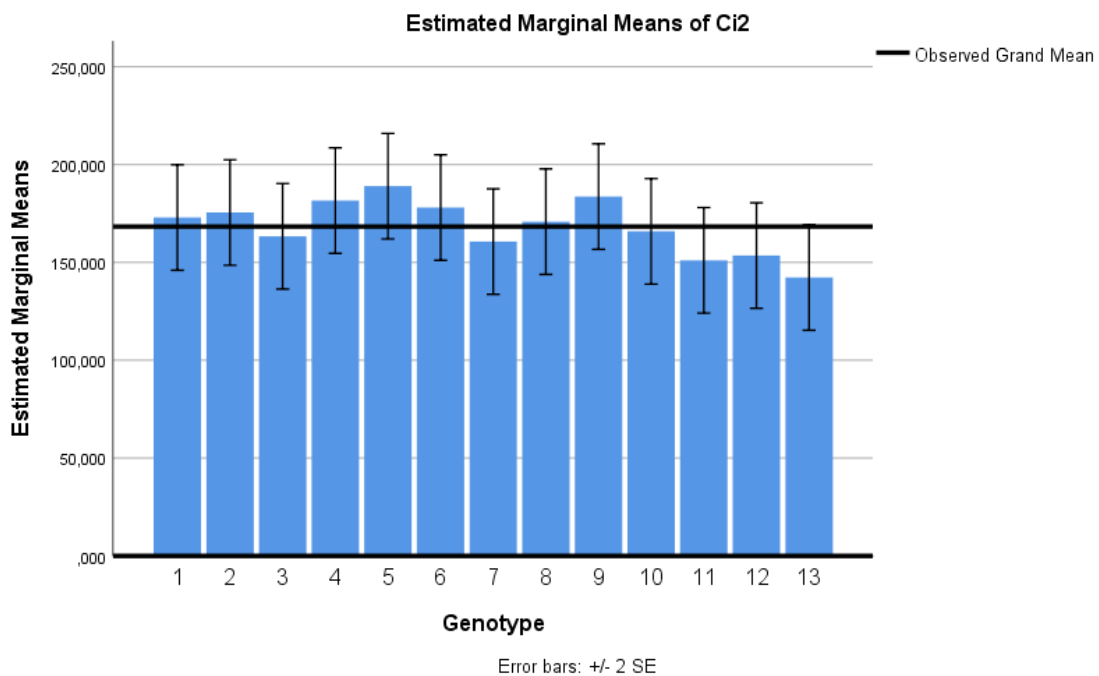
Οι γενοτύποι του πειράματος δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά επειδή προσδιορίστηκε από την ANOVA επίπεδο σημαντικότητας 0,408, που ήταν μεγαλύτερο του 0,05 (πίνακας 58). Επίσης, οι μέσοι όροι όλων των γενοτύπων ανήκαν στο υποσύνολο α σύμφωνα με το κριτήριο tukey HSD (πίνακας 59) για τη δεύτερη μέτρηση CI. Το ραβδόγραμμα απεικονίζει τους μέσους όρους των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση διακυτταρικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (εικόνα 38).

Πίνακας 58. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση CI για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενοτύποι	22928,022 ^a	12	1910,669	1,051	0,408
Πειραματικό Σφάλμα	212766,223	117	1818,515		
Σύνολο	235694,245	129			

Πίνακας 59. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση CI ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
13	10	142,29610α
11	10	151,05740α
12	10	153,53190α
7	10	160,66980α
3	10	163,35520α
10	10	165,86830α
8	10	170,82370α
1	10	172,97110α
2	10	175,48960α
6	10	178,04970α
4	10	181,58200α
9	10	183,62220α
5	10	188,95200α



Εικόνα 38. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη δεύτερη μέτρηση CI για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

4.1.30 Δεύτερη μέτρηση ρυθμού διαπνοής (TRMMOL)

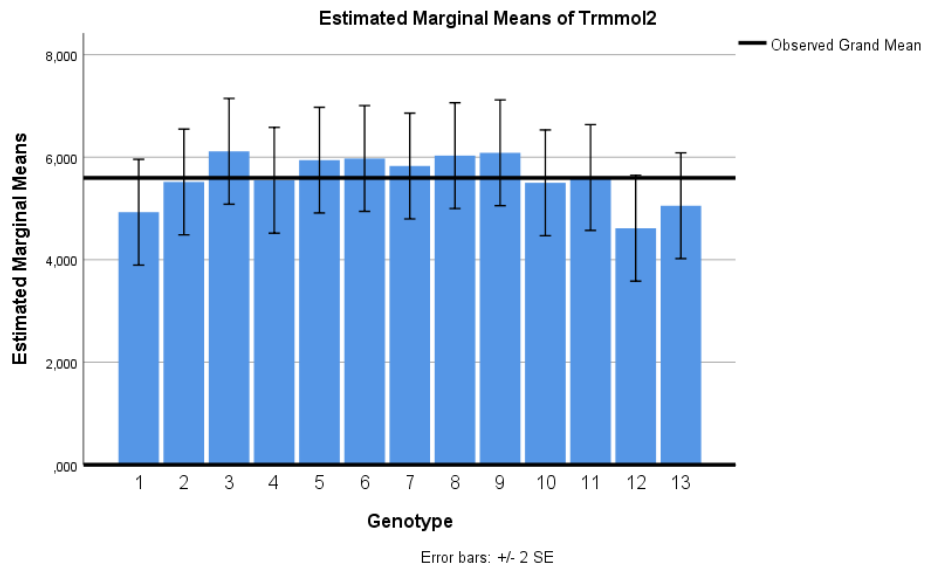
Από το επίπεδο σημαντικότητας που βρέθηκε από την ανάλυση παραλλακτικότητας και από το κριτήριο Tukey HSD συμπεραίνεται ότι οι γενότυποι του πειράματος δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά για τη δεύτερη μέτρηση TRMMOL για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (πίνακες 60 και 61). Η γραφική απεικόνιση των γενοτύπων με ραβδόγραμμα για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό φαίνεται στην εικόνα 39.

Πίνακας 60. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για τη δεύτερη μέτρηση TRMMOL για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	27,385 ^a	12	2,282	0,857	0,592
Πειραματικό Σφάλμα	311,446	117	2,662		
Σύνολο	338,831	129			

Πίνακας 61. Μέσοι όροι των γενοτύπων για τη δεύτερη μέτρηση TRMMOL ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
12	10	4,61420α
1	10	4,92620α
13	10	5,05270α
10	10	5,49950α
2	10	5,51690α
4	10	5,54970α
11	10	5,60330α
7	10	5,82770α
5	10	5,94210α
6	10	5,97470α
8	10	6,02990α
9	10	6,08540α
3	10	6,11400α



Εικόνα 39. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για τη δεύτερη μέτρηση TRMMOL για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

4.2 Αποτελέσματα ανάλυσης όλων των φυτών του κυψελωτού πειράματος ως πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο

4.2.1 Μήκος μέγιστου σπάδικα

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό μήκος μέγιστου σπάδικα για όλα τα φυτά των δεκατριών γενοτύπων του κυψελωτού πειράματος βρέθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,000, που ήταν μικρότερο του 0,05 και επομένως, οι 13 γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (πίνακας 62). Το ίδιο προέκυψε από το κριτήριο Tukey HSD, κατά το οποίο οι γενότυποι ομαδοποιήθηκαν σε πέντε ομοιογενή υποσύνολα. Το υποσύνολο α, στο οποίο ανήκε μόνο ο γενότυπος 10 είχε τους μικρότερους μέσους όρους για το μήκος μέγιστου σπάδικα. Ενώ οι γενότυποι 6, 3, 13, 8, 9 και 5 είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους και ανήκαν στο υποσύνολο ε (πίνακας 63).

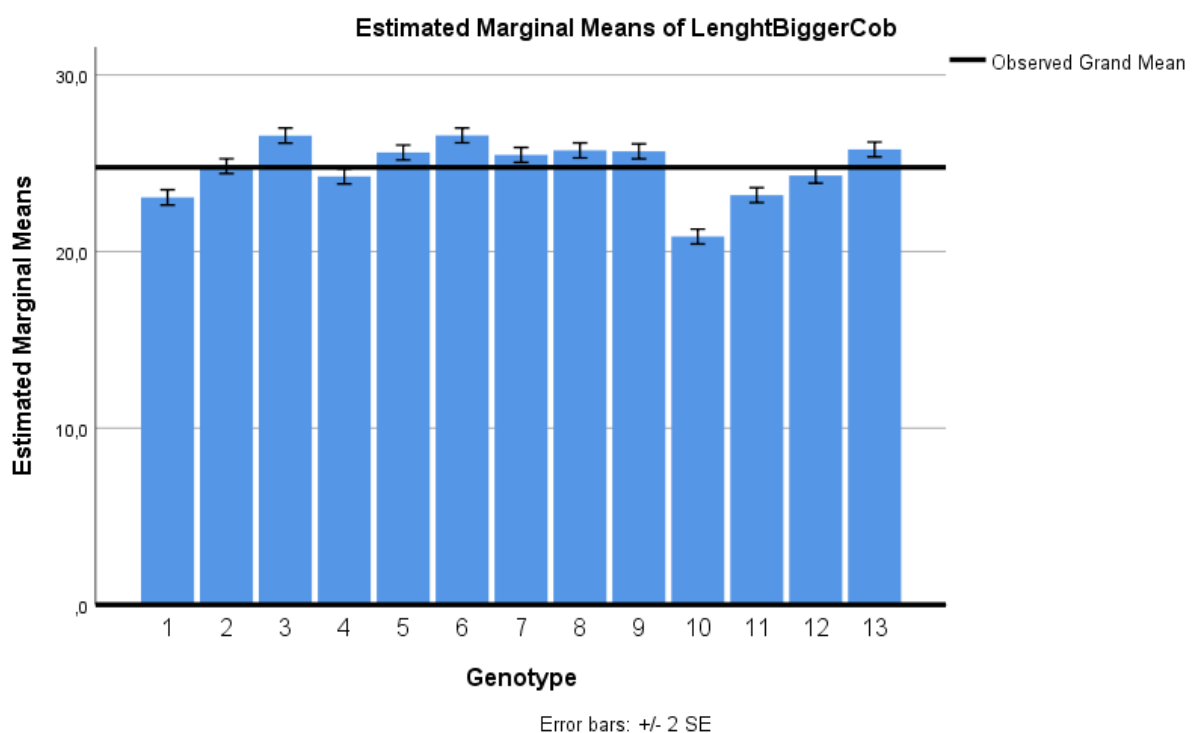
Η εικόνα 40 παρουσιάζει τους μέσους όρους όλων των φυτών ανά γενότυπο του πειράματος για το χαρακτηριστικό μήκος μέγιστου σπάδικα.

Πίνακας 62. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό μήκος μέγιστου σπάδικα για όλα τα φυτά για τους 13 γενοτύπους του πειράματος.

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	1782,880 ^a	12	148,573	59,262	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	1787,529	713	2,507		
Σύνολο	3570,409	725			

Πίνακας 63. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό μήκος μέγιστου σπάδικα για όλα τα φυτά ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	57	20,849α
1	54	23,065β
11	56	23,195β
4	55	24,256γ
12	54	24,304γ
2	57	24,837γδ
7	56	25,471δ
5	56	25,605δε
9	56	25,675δε
8	56	25,725δε
13	57	25,777δε
3	55	26,565ε
6	57	26,574ε



Εικόνα 40. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για το μήκος μέγιστου σπάδικα για το σύνολο των φυτών ανά γενότυπο για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

4.2.2 Αριθμός σπαδίκων

Σύμφωνα με την ανάλυση παραλλακτικότητας προσδιορίστηκε επίπεδο σημαντικότητας 0,000 και επομένως οι γενότυποι του πειράματος διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 για το χαρακτηριστικό αριθμός σπαδίκων (πίνακας 64).

Πίνακας 64. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό αριθμός σπαδίκων για όλα τα φυτά για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

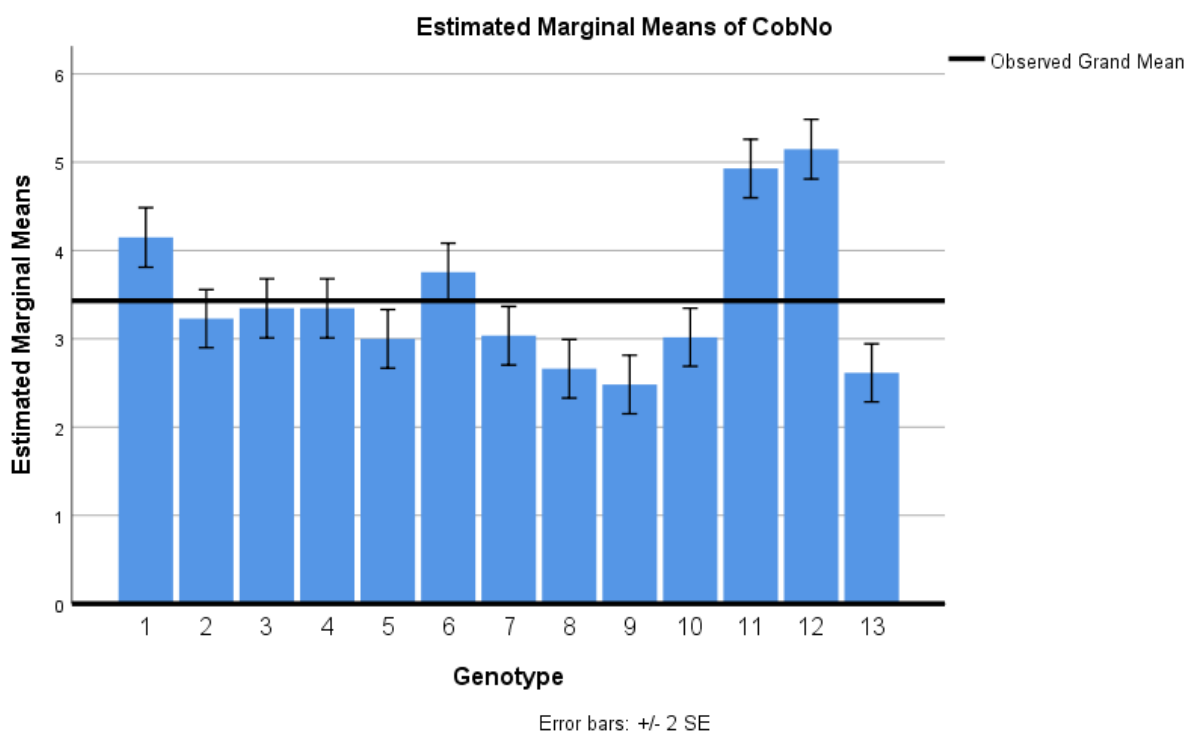
Πηγή παραλλακτικότητας	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	472,288 ^a	12	39,357	25,563	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	1097,769	713	1,540		
Σύνολο	1570,056	725			

Κατά το κριτήριο Tukey HSD οι γενότυποι κατατάχτηκαν σε έξι ομοιογενή υποσύνολα (πίνακας 65). Στο υποσύνολο α ανήκαν οι γενότυποι που είχαν τους μικρότερους μέσους όρους για τον αριθμό σπαδίκων και ήταν οι 9, 13, 8, 5, 10, 7 και 2. Σε αυτό το υποσύνολο ανήκε και ο μάρτυρας που ήταν ο γενότυπος 13. Στο υποσύνολο ζ με τους μεγαλύτερους μέσους όρους περιλαμβάνονταν οι γενότυποι 12 και 11.

Πίνακας 65. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπαδίκων ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
9	56	2,48α
13	57	2,61αβ
8	56	2,66αβ
5	56	3,00αβγ
10	57	3,02αβγ
7	56	3,04αβγ
2	57	3,23αβγ
3	55	3,35βγ
4	55	3,35βγ
6	57	3,75γ
1	54	4,15δε
11	56	4,93εζ
12	54	5,15ζ

Το ραβδόγραμμα της εικόνας 41 απεικονίζει τους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό αριθμός σπαδικών για όλα τα φυτά για τους δεκατρείς γενοτύπους του πειράματος. Είναι φανερό ότι οι γενότυποι 11 και 12 είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους, οι ράβδοι των οποίων ξεπέρασαν τον γενικό μέσο όρο.



Εικόνα 41. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπαδικών για όλα τα φυτά για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

4.2.3 Βάρος σπόρων με υγρασία 14%

Οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% για επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Η ανάλυση παραλλακτικότητας προσδιόρισε μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας (πίνακας 66) και το κριτήριο Tukey HSD προσδιόρισε πέντε ομοιογενή υποσύνολα α, β, γ, δ και ε για τους μέσους όρους των γενοτύπων του πειράματος (πίνακας 67). Οι γενότυποι 10, 13, 9, και 8 δεν διέφεραν μεταξύ τους για σημαντικότητα 0,05 και είχαν τους μικρότερους μέσους όρους, αφού ανήκαν στο υποσύνολο α. Τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το χαρακτηριστικό είχαν οι 6, 12, 3 και 1.

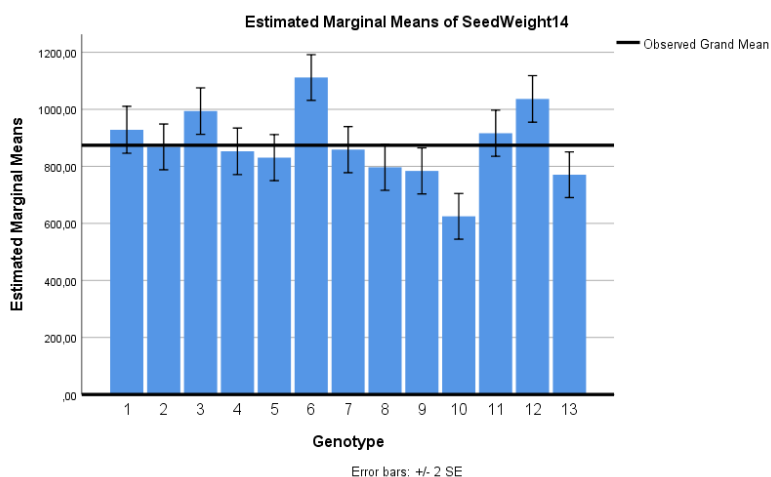
Η εικόνα 42 είναι το ραβδόγραμμα μέσων όρων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% για τους δεκατρείς γενοτύπους του πειράματος. Απεικονίζει επίσης την μέση τιμή των μέσων όρων και οπτικά το τυπικό σφάλμα.

Πίνακας 66. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

Πηγή παραλλακτικότητας	AT	BE	MT	F	Επίπεδο Σημαντικότητας
Γενότυποι	10802838,223 ^a	12	900236,519	9,841	0,000
Πειραματικό Σφάλμα	65317217,530	714	91480,697		
Σύνολο	76120055,754	726			

Πίνακας 67. Μέσοι όροι των γενοτύπων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% ανά γενότυπο. Τα ίδια γράμματα δηλώνουν μέσους όρους που δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD.

Γενότυπος	Αριθμός Φυτών	Μέσοι όροι
10	57	624,6996α
13	57	770,5118αβ
9	56	784,0488αβ
8	56	796,6713αβ
5	56	830,6573βγ
4	55	852,7171βγδ
7	56	858,6973βγδ
2	57	868,2354βγδ
11	56	916,1827βγδ
1	54	928,2443βγδε
3	55	993,8133γδε
12	55	1036,4771δε
6	57	1111,5570ε



Εικόνα 42. Ραβδόγραμμα μέσων όρων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% για τους 13 γενοτύπους του πειράματος

4.3 Αποτελέσματα ανάλυσης όλων των φυτών του κυψελωτού πειράματος σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία

4.3.1 Βάρος με υγρασία 14%

Σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία αναλύθηκε το παραγωγικό δυναμικό και συγκεκριμένα για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων με υγρασία 14% ο γενότυπος 6 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο, ενώ ο 10 τον μικρότερο (πίνακας 68). Επίσης, για το χαρακτηριστικό απόδοση σε σπόρο τα 25 καλύτερα φυτά του πειράματος ανήκαν στους γενοτύπους 9, 6, 7, 13, 8, 1, 3 και 11 με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης για τον γενότυπο 6 ακολουθώντας τον ο 13, που ήταν ο μάρτυρας του πειράματος (πίνακας 69).

Πίνακας 68. Υπολογισμός συστατικών παραγωγικού δυναμικού σύμφωνα με την κυψελωτή μεθοδολογία

Γενότυπος	Μέσος όρος	Μέσος όρος %	Σταθερότητα	Σταθερότητα %	Προσαρμοστικότητα	Προσαρμοστικότητα%	LCYP	LCYP %
6	1111,6	100,0	3,0	72,4	1,5	81,9	14,6	100,0
12	1036,5	93,2	2,4	58,1	1,4	80,4	8,2	56,1
3	993,8	89,4	2,9	69,8	1,5	81,9	10,9	74,2
1	928,2	83,5	2,9	69,6	1,4	76,5	9,4	64,4
11	916,2	82,4	3,0	72,4	1,5	87,2	10,0	68,1
2	868,2	78,1	2,5	61,0	1,8	100,0	6,3	43,4
7	858,7	77,3	3,4	81,2	1,7	97,6	11,0	75,1
4	852,7	76,7	2,8	67,0	1,6	88,9	7,4	50,4
5	830,7	74,7	2,6	63,6	1,7	94,5	6,3	43,1
8	796,7	71,7	3,5	84,9	1,7	98,4	10,3	70,6
9	784,0	70,5	3,5	84,7	1,6	92,6	10,0	68,2
13	770,5	69,3	4,2	100,0	1,7	96,8	13,4	91,7
10	624,7	56,2	2,8	68,1	1,5	86,7	4,1	28,0

Πίνακας 69. Τα 25 καλύτερα φυτά του πειράματος για το χαρακτηριστικό απόδοση σε σπόρο σύμφωνα με την κυψελωτή μεθοδολογία

Γενότυπος	Σειρά	α/α Φυτό	Απόδοση σε σπόρο	Κατάταξη Φυτών σύμφωνα με το PCYP	Κατάταξη φυτών με βάση την απόδοση σε σπόρο (g)
9	23	9	1859,6	1	3
6	4	17	1876,6	2	2
7	7	29	1619,5	3	19
13	5	15	1285,7	4	95
7	15	18	1451,2	5	50
9	14	29	1333,4	6	80
13	26	23	1083,4	7	177
6	4	4	1944,2	8	1
6	3	27	1732,5	9	10
6	16	20	1468,2	10	45
7	3	28	1547,7	11	25
13	25	20	1134,1	12	146
13	21	19	1072,2	13	184
6	10	25	1451,4	14	49
8	7	4	1530,6	15	29
1	11	11	1842,4	16	4
8	3	3	1490,2	17	39
6	26	16	1513,6	18	31
13	19	12	1144,6	19	142
3	24	6	1764,8	20	8
7	12	20	1213,6	21	118
3	21	22	1369,2	22	68
9	3	17	1256,2	23	103
11	7	7	1625,6	24	18
6	18	14	1420,2	25	60

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Αγροκομικά χαρακτηριστικά για τα επιλεγμένα φυτά των γενοτύπων

Τα ίδια αγροκομικά χαρακτηριστικά μετρήθηκαν σε επιλεγμένα φυτά από κάθε γενότυπο ακολουθώντας την ίδια διαδικασία. Τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά με ανάλυση παραλλακτικότητας και κριτήριο Tukey HSD και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι γενότυποι διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε όλα τα αγροκομικά χαρακτηριστικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Παρατηρήθηκε ότι οι γενότυποι 10 και 9 είναι εκείνοι με τους μικρότερους μέσους όρους για όλα τα αγροκομικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. Ο γενότυπος 10 είχε τον μικρότερο μέσο όρο για το ύψος του φυτού, του ψηλότερου φύλλου, του ψηλότερου και χαμηλότερου και μέγιστου σπάδικα, του αριθμού κόμβων, της έναρξης άνθισης της θηλυκής και αρσενικής ταξιανθίας. Ο γενότυπος 9 είχε τον μικρότερο μέσο όρο για τα χαρακτηριστικά αριθμός αδελφιών και αριθμός σπαδικών που συγκομίστηκαν, και για το διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας. Για το ύψος φυτού και ψηλότερου φύλλου, ο γενότυπος 4 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο. Γενότυπος 9 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο για το ύψος ψηλότερου και χαμηλότερου σπάδικα και τον αριθμό κόμβων. Ο γενότυπος 12 έχει τον μεγαλύτερο μέσο όρο για τον αριθμό αδελφιών, αριθμό σπαδικών που συγκομίστηκαν, έναρξη άνθισης θηλυκής ταξιανθίας και διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας. Τον μεγαλύτερο μέσο όρο για το μήκος μέγιστου σπάδικα τον είχε ο 3, και για την έναρξη άνθισης αρσενικής ταξιανθίας ο γενότυπος 11.

Ο μάρτυρας είχε από τους μεγαλύτερους μέσους όρους για το ύψος φυτού, ύψος ψηλότερου φύλλου, ύψος ψηλότερου σπάδικα και αριθμό κόμβων, αδέλφωσε ελάχιστα, οι μεγαλύτεροι σπάδικες είχαν από τα μικρότερα μήκη και ο αριθμός των σπαδικών ήταν ο δεύτερος μικρότερος. Προηγούμενα ευρήματα σε εμβολιασμένα και μη φυτά καλαμποκιού σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας έδειξαν ότι κάποια μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως το ύψος του φυτού και ο αριθμός σπαδικών είχαν μεγαλύτερες αποδόσεις στα εμβολιασμένα, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τα ευρήματα της παρούσας εργασίας (Mathuretal., 2018). Επίσης, για το μάρτυρα παρατηρήθηκε το μικρότερο διάστημα άνθισης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας (ASI), που είναι επιθυμητό λόγω μεγαλύτερης πιθανότητας γονιμοποίησης

(Edmeades et al., 1999). Ο γενότυπος 6 είχε το μεγαλύτερο βάρος σπόρων με υγρασία 14% και ο γενότυπος 13 μέτριο.

5.2 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά για τα επιλεγμένα φυτά των γενοτύπων

Από το σύνολο των αποτελεσμάτων για τα φυσιολογικά γνωρίσματα των επιλεγμένων φυτών των δεκατριών γενοτύπων του κυψελωτού πειράματος, η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά στη φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα, στο φωτοσυνθετικό ρυθμό, στην αποτελεσματικότητα χρήσης νερού, στη στοματική αγωγιμότητα, στο ρυθμό διαπνοής, και στη διακυτταρική συγκέντρωση CO_2 . Ωστόσο διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε όλες τις μετρήσεις SPAD, αλλά και τη συνολική μέτρηση SPAD.

Οι γενότυποι με τους μεγαλύτερους μέσους όρους για τη 1^η, 2^η, 3^η, 4^η, 5^η, και συνολική μέτρηση ολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (SPAD) ήταν αντίστοιχα οι 6, 1, 2, 4, 5, και 5, και με τους μικρότερους μέσους όρους ήταν οι 11, 10, 8, 8, 10, και 10 αντίστοιχα. Σύμφωνα με το κριτήριο Tukey HSD κάποιοι γενότυποι ταίριαζαν με όλους σε κάποιες μετρήσεις SPAD. Η ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης του μάρτυρα ήταν από τις χαμηλότερες στις πρώτες δύο μετρήσεις, ενώ στις υπόλοιπες παρουσίασε μέτριες τιμές σε σχέση με τους άλλους γενότυπους.

Ευρήματα έχουν δείξει ότι φυτά καλαμποκιού εμβολιασμένα με AMF αύξησαν τον καθαρό φωτοσυνθετικό ρυθμό και τη φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (44° C), αλλά και χαμηλών (15 °C και 5° C) (Mathuretal., 2018 and Zhu et al., 2010). Επίσης, αυξήθηκε σημαντικά η στοματική αγωγιμότητα και ο ρυθμός διαπνοής, ενώ μειώθηκε η διακυτταρική συγκέντρωση CO_2 σε AMF φυτά αραβοσίτου σε σχέση με τα φυτά μάρτυρες σε καταπόνηση χαμηλών θερμοκρασιών (Zhu et al., 2010).

5.3 Αξιολόγηση χαρακτηριστικών για το σύνολο των φυτών ανά γενότυπο του κυψελωτού πειράματος

Για το σύνολο των φυτών ανά γενότυπο του κυψελωτού πειράματος αξιολογήθηκαν τα χαρακτηριστικά μήκος μέγιστου σπάδικα, αριθμός σπαδικών και

βάρος σπόρων με υγρασία 14%, τα οποία βρέθηκε από την ανάλυση παραλλακτικότητας και το κριτήριο Tukey HSD ότι διέφεραν στατιστικά σημαντικά όλοι οι γενότυποι μεταξύ τους. Ο γενότυπος 10 είχε τον μικρότερο μέσο όρο για το μήκος μέγιστου σπάδικα και το βάρος σπόρων με υγρασία 14%, ενώ ο 9 για τον αριθμό σπαδίκων. Ο γενότυπος 6 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο για το μήκος μέγιστου σπάδικα και το βάρος σπόρων με υγρασία 14% και ο 12 για τον αριθμό σπαδίκων.

5.4 Αξιολόγηση γενοτύπων για το παραγωγικό δυναμικό με τη κυψελωτή μεθοδολογία

Όλα τα φυτά του κυψελωτού πειράματος αξιολογήθηκαν με την κυψελωτή μεθοδολογία. Κατά τον υπολογισμό του παραγωγικού δυναμικού και συγκεκριμένα του χαρακτηριστικού βάρους σπόρων με υγρασία 14% ο γενότυπος 6 είχε τον μεγαλύτερο μέσο όρο με 1111,6 και ακολούθησε ο 12 που τον προσέγγισε στο 93,24%. Τον μικρότερο μέσο όρο 624,7 είχε ο γενότυπος 10, ο οποίος προσέγγισε τον μέσο όρο του 6 στο 56,2%. Ο μάρτυρας παρουσίασε 100% σταθερότητα και 96,8% προσαρμοστικότητα. Ο γενότυπος 2 είχε 100% προσαρμοστικότητα ακολουθώντας τον ο 8 και ο μάρτυρας.

Το συνολικό παραγωγικό δυναμικό συσχετίζει την απόδοση, την σταθερότητα και τη προσαρμοστικότητα (LCYP). Το συνολικό παραγωγικό δυναμικό εκφρασμένο επί τοις 100 (LCYP%) ανέδειξε τον γενότυπο 6 ως τον καλύτερο, αφού παρουσίασε ποσοστό 100% ακολουθώντας τον ο μάρτυρας με 91,7%. Το χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό ήταν του γενοτύπου 10 με ποσοστό 28,0% και του 5 με 43,1%(πίνακας 76).

Τα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά για το χαρακτηριστικό απόδοση σε σπόρο σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία ανήκαν στους οκτώ από τους δεκατρείς γενοτύπους 9, 6, 7, 13, 8, 1, 3 και 11. Ο γενότυπος 6 εμφανίστηκε 7 φορές σε αυτά έχοντας την πρώτη και δεύτερη θέση. Επίσης ο μάρτυρας συμπεριλήφθηκε πέντε φορές ανάμεσα στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά σημειώνοντας τις χαμηλότερες αποδόσεις σε σπόρο. Είναι αντιληπτό ότι τα δώδεκα από τα εικοσιπέντε φυτά του πειράματος ανήκουν στους γενοτύπους 6 και 13, δηλαδή περίπου τα μισά (πίνακας 77). Αξιοσημείωτο είναι ότι ο γενότυπος 2 με την 100% προσαρμοστικότητα δεν συγκαταλέχθηκε στα 25 καλύτερα φυτά.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αξιολόγηση των επιλεγμένων φυτών απουσία ανταγωνισμού των γενότυπων του πειράματος έδειξε ότι διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους σε όλα τα αγροκομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.
- Ο γενότυπος 10 εμφάνισε τις μικρότερες τιμές για το σύνολο των αγροκομικών χαρακτηριστικών και οι γενότυποι 9 και 12 από τις μεγαλύτερες για τα επιλεγμένα φυτά.
- Για το σύνολο των φυτών του πειράματος προέκυψε ότι όλοι οι γενότυποι διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους για τα τρία χαρακτηριστικά: μήκος μέγιστου σπάδικα, αριθμός σπαδικών και βάρος σπόρων με υγρασία 14%. Οι γενότυποι 10 και 9 είχαν λιγότερους και μικρότερους σπάδικες και μικρότερο βάρος σπόρων με υγρασία 14%. Οι γενότυποι 6 και 12 είχαν περισσότερους και μεγαλύτερους σπάδικες και βαρύτερους σπόρους.
- Αξιοσημείωτο είναι ότι η ποικιλία 10 είχε τον μικρότερο μέσο όρο μήκους μέγιστου σπάδικα και για τα επιλεγμένα φυτά και για όλα.
- Ο γενότυπος 9 είχε τον μικρότερο μέσο όρο για τον αριθμό σπαδικών για τα επιλεγμένα και για όλα τα φυτά.
- Οι γενότυποι 12 και 6 για τον αριθμό σπαδικών και για το βάρος σπόρων με υγρασία 14% αντίστοιχα είχαν τους μεγαλύτερους μέσους όρους για τα επιλεγμένα και για όλα τα φυτά του κυψελωτού πειράματος.
- Συμπερασματικά ο γενότυπος 10 ήταν αυτός με τις μικρότερες τιμές για τα αγροκομικά χαρακτηριστικά του πειράματος και ακολουθεί ο 9.
- Βρέθηκε ότι οι δεκατρείς γενότυποι δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά στον ρυθμό φωτοσύνθεσης, στον ρυθμό διαπνοής, στη στοματική αγωγιμότητα και στο φθορισμό της χλωροφύλλης.
- Διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους οι γενότυποι στην ολική συγκέντρωση χλωροφύλλης σε όλες τις μετρήσεις SPAD.

- Ο γενότυπος 6 υπερέιχε των υπολοίπων του κυψελωτού πειράματος, έχοντας τον μεγαλύτερο μέσο όρο βάρους σπόρων με υγρασία 14% στα 1111,6 κιλά /στρ, αν και η σταθερότητα και η προσαρμοστικότητα ήταν σε χαμηλά επίπεδα σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία. Ανάμεσα στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά τα επτά ήταν του γενοτύπου 6.
- Ο γενότυπος 2 παρουσίασε προσαρμοστικότητα 100% έχοντας απόδοση σε σπόρο 69,3%. Ωστόσο δεν εμφανίστηκε στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά του πειράματος.
- Ο μάρτυρας με άριστη προσαρμοστικότητα στο 100% και σταθερότητα στο 96,8% εμφανίστηκε πέντε φορές ανάμεσα στα 25 καλύτερα φυτά του πειράματος σύμφωνα με την κυψελωτή μεθοδολογία, παρόλο που η απόδοσή του σε σπόρο ήταν στην προτελευταία θέση.
- Οι γενότυποι 2, 4, 5,10, και 12 δεν κατατάχτηκαν στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά της κυψελωτής μεθοδολογίας, αν και στο χαρακτηριστικό μεγαλύτερος σπάδικας και βάρος σπόρων με υγρασία 14% ο 12 εμφάνισε μεγάλους μέσους όρους.
- Τα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά για το χαρακτηριστικό απόδοση σε σπόρο σύμφωνα με τη κυψελωτή μεθοδολογία ανήκαν στους οκτώ από τους δεκατρείς γενοτύπους 9, 6, 7, 13, 8, 1, 3 και 11.
- Ο γενότυπος 6 και ο μάρτυρας, ο οποίος δεν είχε εμβολιαστεί είχαν τα μισά από τα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά του πειράματος.
- Επομένως, ο γενότυπος έξι ήταν από τους καλύτερους , υστερώντας σε προσαρμοστικότητα και σταθερότητα. Ακολούθησε ο γενότυπος εννιά. Ο μάρτυρας ήταν σταθερός και προσαρμοστικός, εντοπίστηκε στα εικοσιπέντε καλύτερα φυτά, όμως είχε χαμηλό συνολικό παραγωγικό δυναμικό.
- Η αξιολόγηση των υβριδίων και καθαρών σειρών του πειράματος μετά την προσθήκη μυκορριζικού εμβολίου, απουσία ανταγωνισμού, έδωσε σαφή αποτελέσματα για την υπεροχή ή όχι κάποιων γενοτύπων. Ωστόσο, θα ήταν χρήσιμες οι πληροφορίες από την επανάληψη του ίδιου

πειράματος στις ίδιες συνθήκες χωρίς εμβολιασμό των σπόρων
καλαμποκιού, έτσι ώστε να υπάρχει κριτήριο σύγκρισης.

Βιβλιογραφία

Abbott, L. K., and Robson, A. D. (1991). Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, ecosystems & environment*, vol. 35, no. 2-3, pp. 121-150.

Akiyama, K., Matsuzaki, K. I. and Hayashi, H. (2005). Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*, vol. 435, no. 7043, pp. 824-827.

Akiyama, K., Ogasawara, S., Ito, S. and Hayashi, H. (2010). Structural requirements of strigolactones for hyphal branching in AM fungi. *Plant and cell physiology*, vol. 51, no.7, pp. 1104-1117.

Alder, A., Jamil, M., Marzorati, M., Bruno, M., Vermathen, M., Bigler, P., ... et al. (2012). The path from β -carotene to carlactone, a strigolactone-like plant hormone. *Science*, vol. 335, no. 6074, pp. 1348-1351.

Arihara, J. and Karasawa, T. (2000). Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize. *Soil science and plant nutrition*, vol. 46, no. 1, pp. 43-51.

Atkinson, D., Black, K. E., Forbes, P. J., Hooker, J. E., Baddeley, J. A. and Watson, C. A. (2003). The influence of arbuscular mycorrhizal colonization and environment on root development in soil. *European Journal of Soil Science*, vol. 54, no. 4, pp. 751-757.

Bacon M.A. (2004). Water use efficiency in plant biology, p. 1-26. In: Water Use Efficiency in Plant Biology (M.A. Bacon, ed). Blackwell Publishing, UK

Bárzana, G., Aroca, R., Bienert, G. P., Chaumont, F., and Ruiz-Lozano, J. M. (2014). New insights into the regulation of aquaporins by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize plants under drought stress and possible implications for plant performance. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, vol. 27, no. 4, pp. 349-363.

Bárzana, G., Aroca, R., Paz, J. A., Chaumont, F., Martinez-Ballesta, M. C., Carvajal, M. and Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Arbuscular mycorrhizal symbiosis increases

relative apoplastic water flow in roots of the host plant under both well-watered and drought stress conditions. *Annals of botany*, vol. 109, no. 5, pp. 1009-1017.

Bernardo, R. (2009). Genomewide selection for rapid introgression of exotic germplasm in maize. *Crop Science*, vol. 49, no. 2, pp. 419-425.

Berta, G., Fusconi, A. and Hooker, J. E. (2002). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In *Mycorrhizal technology in agriculture* (pp. 71-85). Birkhäuser, Basel.

Besserer, A., Puech-Pagès, V., Kiefer, P., Gomez-Roldan, V., Jauneau, A., Roy, S., et al. (2006). Strigolactones stimulate arbuscular mycorrhizal fungi by activating mitochondria. *PLoS biology*, vol. 4, no. 7, pp. e226.

Bittman, S., Kowalenko, C. G., Hunt, D. E., Forge, T. A., and Wu, X. (2006). Starter phosphorus and broadcast nutrients on corn with contrasting colonization by mycorrhizae. *Agronomy Journal*, vol. 98, no. 2, pp.394-401.

Bona, E., Scarafoni, A., Marsano, F., Boatti, L., Copetta, A., Massa, N., ... et al. (2016). Arbuscular mycorrhizal symbiosis affects the grain proteome of *Zea mays*: a field study. *Scientific reports*, vol. 6, no. 1, pp. 1-14.

Bryla, D. R. and Koide, R. T. (1990). Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. *Oecologia*, vol. 84, no.1, pp. 82-92.

Caballero, B., Trugo, L. C. and Finglas, P. M. (2003). *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic.

Chaia, E. and Raffaele, E. (2000). *Spatial patterns of root branching and actinorhizal nodulation in Discaria trinervis seedlings*. Symbiosis, vol. 29, pp. 329-341.

Crow, J. F. (2000). The rise and fall of overdominance. *Plant breeding reviews*, vol. 17, pp. 225-257.

Dehne, H. W. (1982). *Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens*.

Dhaliwal, D. S., and Williams, M. M. (2020). Understanding variability in optimum plant density and recommendation domains for crowding stress tolerant processing sweet corn. *PloS one*, vol. 15, no. 2, pp. e0228809.

Douds Jr, D. D. and Millner, P. D. (1999). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, vol. 74, no. 1-3, pp. 77-93.

Duvick, D. N. (1997). What is yield? *Developing drought and low N-tolerant maize. CIMMYT, El Batan, Mexico*, pp. 332-335.

Duvick, D. N. (2005). Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, vol. 50, no. 3/4, pp. 193.

Eckhoff S.R., S.C. Yang. (2003). Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), Elsevier Science Ltd.

Edmeades G.O., Bolaños J., Chapman S.C., Lafitte H.R. and Bänziger M.: Selection improves tolerance to mid/late season drought in tropical maize populations. I. Gains in biomass, grain yield and harvest index. *Crop Science* 39, 1306-1315. 1999.

Eom, A. H., Hartnett, D. C., and Wilson, G. W. (2000). Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. *Oecologia*, vol. 122, no.3, pp. 435-444.

Fan, Q. J. & Liu, J. H. (2011) Colonization with arbuscular mycorrhizal fungus affects growth, drought tolerance and expression of stress-responsive genes in *Poncirus trifoliata*. *Acta Physiol. Plant.* 33(4), 1533–1542

Fasoula, D. A., and Fasoula, V. A. (1997). Gene action and plant breeding. *Plant Breeding Reviews*, vol.15, pp. 315-374.

Fasoula, D. A., and Fasoula, V. A. (2005). WITH GENE AND GENOME INTEGRATION. *Maydica*, vol. 50, pp. 49-61.

Fasoula, V. A., and Fasoula, D. A. (2002). Principles underlying genetic improvement for high and stable crop yield potential. *Field Crops Research*, vol. 75, no. 2-3, pp. 191-209.

Fasoulas, A. C. (1988). *The honeycomb methodology of plant breeding*. AC Fasoulas.

Fasoulas, A. C. (1993). Principles of crop breeding (No. BOOK). Fasoulas, Ac.

Fasoulas, A. C. and Fasoula, V. A. (1995). Honeycomb selection designs. *Plant breeding reviews*, vol. 13, pp. 87-139.

Fusconi, A. (2014). Regulation of root morphogenesis in arbuscular mycorrhizae: what role do fungal exudates, phosphate, sugars and hormones play in lateral root formation? *Annals of Botany*, vol. 113, no. 1, pp. 19-33.

Gavito, M. E. and Miller, M. H. (1998). Changes in mycorrhiza development in maize induced by crop management practices. *Plant and soil*, vol. 198, no. 2, pp. 185-192.

Genre, A., Chabaud, M., Balzergue, C., Puech-Pagès, V., Novero, M., Rey, T. ... et al. (2013). Short-chain chitin oligomers from arbuscular mycorrhizal fungi trigger nuclear C a²⁺ spiking in *Medicago truncatula* roots and their production is enhanced by strigolactone. *New Phytologist*, vol. 198, no. 1, pp. 190-202.

Genre, A., Chabaud, M., Timmers, T., Bonfante, P. and Barker, D. G. (2005). Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. *The Plant Cell*, vol. 17, no. 12, pp. 3489-3499.

Glassop, D., Smith, S. E., and Smith, F. W. (2005). Cereal phosphate transporters associated with the mycorrhizal pathway of phosphate uptake into roots. *Planta*, vol. 222, no. 4, pp. 688-698.

Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G. D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, ecosystems & environment*, vol. 113, no. 1-4, pp. 17-35.

Has, V., Tokatlidis, I., Has, I. and Mylonas, I. (2008). Optimum density and stand uniformity as determinant parameters of yield potential and productivity in early maize hybrids. *Romanian Agric. Res*, vol. 25, pp. 3-46.

Hatfield, J. L. and Walthall, C. L. (2015). Meeting global food needs: realizing the potential via geneticsx environmentx management interactions. *Agronomy Journal*, vol. 107, no. 4, pp. 1215-1226.

He, X., Xu, M., Qiu, G. Y. and Zhou, J. (2009). Use of ¹⁵N stable isotope to quantify nitrogen transfer between mycorrhizal plants. *Journal of Plant Ecology*, vol. 2, no. 3, pp. 107-118.

Hetrick, B. A. D., Wilson, G. W. T., and Todd, T. C. (1992). Relationships of mycorrhizal symbiosis, rooting strategy, and phenology among tallgrass prairie forbs. *Canadian Journal of Botany*, vol. 70, no. 8, pp. 1521-1528.

Hetrick, J. A. and Schwab, A. P. (1992). Changes in aluminum and phosphorus solubilities in response to long-term fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 56, no. 3, pp. 755-761.

Hodge, A. (2004). The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New phytologist*, vol. 162, no. 1, pp. 9-24.

Javot, H., Lauvergeat, V., Santoni, V., Martin-Laurent, F., Güçlü, J., Vinh, J. ... et al. (2003). Role of a single aquaporin isoform in root water uptake. *The plant cell*, vol. 15, no. 2, pp. 509-522.

Jie, Y. L., Yang, H. Q., Cui, M. G. & Luo, X. (2001) Relationship between soil moisture content and water use efficiency of apple leaves. *Appl. Ecol. News* 12(3), 387–390

Karasawa, T., Kasahara, Y., and Takebe, M. (2002). Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34, no. 6, pp. 851-857.

Kimbeng, C. A., and Bingham, E. T. (1998). Population improvement in lucerne (*Medicago sativa* L.): components of in breeding depression are different in original and improved populations. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 38, pp. 831–6.

Klironomos, J. N. (2003). Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology*, vol. 84, no. 9, pp. 2292-2301.

Koide, R., Li, M., Lewis, J. and Irby, C. (1988). Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. *Oecologia*, vol. 77, no. 4, pp. 537-543.

Kosuta, S., Chabaud, M., Loughon, G., Gough, C., Dénarié, J., Barker, D. G. and Bécard, G. (2003). A diffusible factor from arbuscular mycorrhizal fungi induces symbiosis-specificMtENOD11 expression in roots of *Medicago truncatula*. *Plant physiology*, vol. 131, no. 3, pp. 952-962.

Krishna, K. R., Shetty, K. G., Dart, P. J., and Andrews, D. J. (1985). Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. *Plant and soil*, vol. 86, no.1, pp. 113-125.

Li, T., Sun, Y., Ruan, Y., Xu, L., Hu, Y., Hao, Z., ... et al. (2016). Potential role of D-myo-inositol-3-phosphate synthase and 14-3-3 genes in the crosstalk between *Zea mays* and *Rhizophagus intraradices* under drought stress. *Mycorrhiza*, vol. 26, no. 8, pp. 879-893.

Linderman, R. G. and Davis, E. A. (2004). Evaluation of commercial inorganic and organic fertilizer effects on arbuscular mycorrhizae formed by *Glomus intraradices*. *HortTechnology*, vol. 14, no. 2, pp. 196-202.

Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R. I., Ma, B. L., & Smith, D. L. (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza*, vol. 9, no. 6, pp. 331-336.

Mathur, S., Sharma, M.P., Jajoo, A. (2018). Improved photosynthetic efficacy of maize (*Zea mays*) plants with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under high temperature stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 180, pp. 149-154.

- Matsuoka, Y., Mitchell, S. E., Kresovich, S., Goodman, M. and Doebley, J. (2002). Microsatellites in *Zea*—variability, patterns of mutations, and use for evolutionary studies. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 104, no. 2, pp. 436-450.
- McCouch, S. (2004). Diversifying selection in plant breeding. *PLoS biology*, vol. 2, no. 10, pp. e347.
- E.H. Murchie, and T. Lawson. (2013) *Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications*. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 64, No. 13, pp. 3983–3998
- Nagahashi, G., Douds, D. D. and Ferhatoglu, Y. (2010). Functional categories of root exudate compounds and their relevance to AM fungal growth. In *Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function* (pp. 33-56). Springer, Dordrecht.
- Orfanoudakis, M., Wheeler, C. T. and Hooker, J. E. (2010). Both the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora rosea* and *Frankia* increase root system branching and reduce root hair frequency in *Alnus glutinosa*. *Mycorrhiza*, vol. 20, no. 2, pp. 117-126.
- Parke, J. L., and Kaeppler, S. W. (2000). Effects of genetic differences among crop species and cultivars upon the arbuscular mycorrhizal symbiosis. In *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function* (pp. 131-146). Springer, Dordrecht.
- Polcyn, W., Paluch-Lubawa, E., Lehmann, T. and Mikula, R. (2019). Arbuscular mycorrhiza in highly fertilized maize cultures alleviates short-term drought effects but does not improve fodder yield and quality. *Frontiers in plant science*, 496.
- Pommel, B., and Bonhomme, R. (1998). Variations in the vegetative and reproductive systems in individual plants of an heterogeneous maize crop. *European Journal of Agronomy*, vol. 8, no.1-2, pp. 39-49.
- Quiroga, G., Erice, G., Ding, L., Chaumont, F., Aroca, R., and Ruiz-Lozano, J. M. (2019). The arbuscular mycorrhizal symbiosis regulates aquaporins activity and improves root cell water permeability in maize plants subjected to water stress. *Plant, Cell & Environment*, vol. 42, no. 7, pp. 2274-2290.

Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. and Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, vol.8, no.6, pp. e66428.

Redecker, D., and Raab, P. (2006). Phylogeny of the Glomeromycota (arbuscular mycorrhizal fungi): recent developments and new gene markers. *Mycologia*, vol. 98, no. 6, pp. 885-895.

Schüßler, A., Schwarzott, D. And Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological research*, vol. 105, no. 12, pp. 1413-1421.

Scott, M. P. and Emery, M. (2016). *Maize: overview*. Reference Module in Food Science.

Sleper, D. A., and Poehlman, J. M. (2006). *Breeding field crops* (No. Ed. 5). Blackwell publishing.

Smith, S. E. and Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual review of plant biology*, vol. 62, pp. 227-250.

Stracke, S., Kistner, C., Yoshida, S., Mulder, L., Sato, S., Kaneko, T. ...et al. (2002). A plant receptor-like kinase required for both bacterial and fungal symbiosis. *Nature*, vol. 417, no. 6892, pp. 959-962.

Tawaraya, K. (2003). Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 49, no. 5, pp. 655-668.

Tokatlidis, I. S. (2013). Adapting maize crop to climate change. *Agronomy for Sustainable Development*, vol.33, no.1, pp. 63-79.

Tokatlidis, I. S., et al. (2015). Improved plant yield efficiency is essential for maize rainfed production. *Agronomy Journal*, vol.107, no.3, pp. 1011-1018.

Tokatlidis, I. S., Haş, V., Mylonas, I., Haş, I., Evgenidis, G., Melidis, V. ... et al. (2010). Density effects on environmental variance and expected response to selection in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica*, vol. 174, no. 2, pp. 283-291.

- Tokatlidis, I. S., Koutsika-Sotiriou, M. and Fasoulas, A. C. (1999). Load of deleterious genes and stability of performance in maize. *Maydica*, vol. 44, pp. 127-132.
- Troyer, A. F. (1996). Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, vol. 92, no. 1, pp. 163-174.
- Van Der Heijden, M. G., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T. ... et al. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, vol. 396, no. 6706, pp. 69-72.
- Willmann, M., Gerlach, N., Buer, B., Polatajko, A., Nagy, R., Koebeke, E. ... et al. (2013). Mycorrhizal phosphate uptake pathway in maize: vital for growth and cob development on nutrient poor agricultural and greenhouse soils. *Frontiers in plant science*, vol.4, pp. 533.
- Wilson, L. M., Whitt, S. R., Ibañez, A. M., Rocheford, T. R., Goodman, M. M. and Buckler IV, E. S. (2004). Dissection of maize kernel composition and starch production by candidate gene association. *The Plant Cell*, vol. 16, no. 10, pp. 2719-2733.
- Yano, M., Katayose, Y., Ashikari, M., Yamanouchi, U., Monna, L., Fuse, T. ...et al. (2000). Hd1, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the Arabidopsis flowering time gene CONSTANS. *The Plant Cell*, vol. 12, no.12, pp. 2473-2483.
- Yoneyama, K., Arakawa, R., Ishimoto, K., Kim, H. I., Kisugi, T., Xie, X.... et al. (2015). Difference in Striga-susceptibility is reflected in strigolactone secretion profile, but not in compatibility and host preference in arbuscular mycorrhizal symbiosis in two maize cultivars. *New Phytologist*, vol. 206, no. 3, pp. 983-989.
- Zheng, P. F. *et al.* (2019). Water use efficiency and its influencing factors of *Pinus orientalis* plantation in Beijing mountain area. *Appl. Ecol. News* 30(3), 727–734
- Zhu, Y. G., Smith, S. E., and Smith, F. A. (2001). Zinc (Zn)-phosphorus (P) interactions in two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in P uptake efficiency. *Annals of Botany*, vol. 88, no. 5, pp. 941-945.

Zhu XC, Song FB, Xu HW. (2010). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthetic characteristics of maize under low temperature stress. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*.

Zwanenburg, B., Pospíšil, T. and ČavarZeljkočić, S. (2016). Strigolactones: new plant hormones in action. *Planta*, vol. 243, no. 6, pp. 1311-1326.

Βαρδαβάκης, Μ. και Ζούζουλας, Δ., (2003). *Μορφολογία και Ανατομία των Φυτών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.*

Παπακώστα Τασοπούλου, Δ. (2012). Ειδική Γεωργία: Σιτηρά και ψυχανθή. *Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Κεφάλαιο, 8, σελ. 523-524.*

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<https://www.konicaminolta.com.cn>

<https://www.licor.com>

<https://www.optisci.com/os5p.html>