
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ

ΠΟΛΥΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟ-ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ
ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ
ΚΑΙ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Αντωνιάδης Αθανάσιος

Φλώρινα, 2024

Δήλωση Αυθεντικότητας/Ζητήματα Copyright

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής 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)

Κοσμήτορας

Τμήμα Γεωπονίας

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

2. Παπαπαναγιώτου Αριστείδης (Μέλος)

Αναπληρωτής καθηγητής

Τμήμα Γεωπονίας

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

3. Πάνκου Χρυσάνθη (Μέλος)

Εντεταλμένη ερευνήτρια

Ινστιτούτο Βιομηχανικών & Κτηνοτροφικών Φυτών

Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ»

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παπαθανασίου Φωκίων, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, για το σχεδιασμό και οργάνωση του πειραματικού μέρους, τις υποδείξεις κατά τη συγγραφή, τη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής, αλλά και καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Για την αμέριστη συμπαράστασή του, τον χρόνο που μου αφιέρωσε, τις πολύτιμες υποδείξεις του, την επικοινωνιακή ανάλυση και κριτική κατά τη συγγραφή του κειμένου.

Τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Παπαπαναγιώτου Άρη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, για το σύνολο των γνώσεων που μου μετέδωσε, την πολύτιμη καθοδήγησή του στις σπουδές μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην καθηγήτριά μου κα. Πάνκου Χρυσάνθη, εντεταλμένη Ερευνήτρια του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ.

Ευχαριστώ θερμά τη συμφοιτήτριά μου Βικτωρία Σταματοπούλου και τους προπτυχιακούς συμφοιτητές, για την απλόχερη και ανεκτίμητη βοήθειά τους στη συγκομιδή του αγρού και για την πολύτιμη βοήθεια τους στην εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Κλείνοντας, ευχαριστώ τους γονείς μου για την πολύπλευρη στήριξή τους καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος (*Zea mays*) είναι παγκοσμίως ένα από τα πιο ευρέως καλλιεργούμενα είδη. Ωστόσο, το παραγωγικό δυναμικό των υβριδίων συχνά επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, δημιουργώντας χάσμα παραγωγής. Το κύριο ζήτημα στα τελικά στάδια των εμπορικών προγραμμάτων βελτίωσης καλαμποκιού είναι η αναγνώριση και προώθηση νέων υβριδίων που προσφέρουν υψηλότερες αποδόσεις σε μια ποικιλία διαφορετικών συνθηκών. Η ερευνητική αυτή διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην αξιολόγηση εμπορικών και προεμπορικών υβριδίων αραβοσίτου στις συνθήκες της Δυτικής Μακεδονίας. Καλλιεργήθηκαν 12 υβρίδια FAO 500-590 (έξι εμπορικά C1-C6 ως μάρτυρες και έξι πειραματικά υβρίδια-Experimental Hybrids EH1-EH6) και 33 υβρίδια FAO 600-700 (δεκαπέντε εμπορικά M1-M15 ως μάρτυρες και δεκαοκτώ πειραματικά υβρίδια ΠΥ1-ΠΥ18) σε 180 πειραματικά τεμάχια. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο μετρήθηκε το ύψος φυτών και το ύψος έκφυσης ανώτερου σπάδικα καθώς και τα συστατικά της απόδοσης σε καρπό, ποσοστό υγρασίας, μήκος σπάδικα, αριθμός σειρών/σπάδικα και βάρος 1000 σπόρων σε επιλεγμένα φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο. Τέλος στο εργαστήριο Βοτανικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας έγιναν μετρήσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως ποσοστό πρωτεΐνης, ελαίου και αμύλου σε δείγματα από όλα τα πειραματικά τεμάχια. Στα υβρίδια της κλάσης 500-599 τα πειραματικά EH1 και EH5 υπερέχουν των εμπορικών σε απόδοση καρπού, με το EH5 να υπερέχει και σε αριθμό σειρών ανά σπάδικα αλλά και στο βάρος 1000 κόκκων. Το EH3 υπερέχει σε μήκος σπάδικα συγκριτικά με τα εμπορικά. Τα EH1, EH2, EH4 και EH6 είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης. Τα EH3 και EH5 υπερέχουν έναντι των εμπορικών σε περιεκτικότητα λαδιού. Στα υβρίδια 500-599 FAO διαπιστώθηκε ότι η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα, με το βάρος 1000 κόκκων και με το ύψος των φυτών, ενώ αρνητικά συσχετίζεται με την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα και με το μήκος σπάδικα. Στα υβρίδια της κλάσης 600-700 FAO το ΠΥ15 ήταν παραγωγικότερο από τα εμπορικά, το υβρίδιο ΠΥ17 ήταν αυτό με το μεγαλύτερο αριθμό σειρών ανά σπάδικα, το ΠΥ2 υπερέχει σε μήκος σπάδικα και είχε το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων. Το ΠΥ8 είχε τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα λαδιού και αμύλου. Το υβρίδιο ΠΥ18 ήταν το υψηλότερο, με το

ΠΥ16 να έχει το μεγαλύτερο ύψος έκφυσης σπάδικα. Στα υβρίδια 600-700 FAO διαπιστώθηκε ότι η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα, με το μήκος σπάδικα, το βάρος 1000 κόκκων, το ύψος των φυτών, το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα και με την % περιεκτικότητα σε άμυλο. Αντιστοίχως, όπως και στα υβρίδια της κλάσης 500 αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα και με το μήκος σπάδικα. Στα υβρίδια 600-700 FAO διαπιστώθηκε ότι η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα, με το μήκος σπάδικα, με το βάρος 1000 κόκκων, με το ύψος των φυτών, με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα και με την % περιεκτικότητα σε άμυλο. Αντιστοίχως, όπως και στα υβρίδια της κλάσης 500 αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα και με το μήκος σπάδικα. Συμπερασματικά το EH5 (κλάση 500-599) θα άξιζε να μελετηθεί και να αξιολογηθεί περαιτέρω καθώς υπερείχε των εμπορικών και υπολοίπων πειραματικών σε απόδοση σε καρπό, σε αριθμό σειρών ανά σπάδικα και στο βάρος 1000 κόκκων. Το υβρίδιο ΠΥ15 ήταν το παραγωγικότερο στην κλάση 600-700 συγκριτικά με τα υπόλοιπα πειραματικά και εμπορικά υβρίδια της ίδιας κλάσης και το ΠΥ8 λόγω των ποιοτικών του χαρακτηριστικών.

Λέξεις κλειδιά: Καλαμπόκι, υβρίδια, FAO, μετρήσεις, αγρονομικά χαρακτηριστικά.

SUMMARY

Maize (*Zea mays*) is one of the most widely cultivated species globally. However, the productive potential of hybrids is often affected by environmental conditions, creating a yield gap. The main issue in the final stages of commercial maize breeding programs is the identification and promotion of new hybrids that offer higher yields across a variety of different conditions. This research focuses on the evaluation of commercial and pre-commercial maize hybrids under the conditions of Western Macedonia. 12 FAO 500-590 hybrids were cultivated (6 commercial hybrids C1-C6 as controls and six experimental hybrids - Experimental Hybrids EH1-EH6), and 33 FAO 600-700 hybrids (15 commercial hybrids M1-M15 as controls and 18 experimental hybrids ПY1-ПY18) were grown in 180 experimental plots. In each experimental plot, plant height and the height of the upper ear's emergence were measured, along with the yield components, moisture content, ear length, number of rows per ear, and the weight of 1,000 seeds from selected plants in each plot. Finally, in the Botany Laboratory of the School of Agricultural Sciences at the University of Western Macedonia, measurements were taken for qualitative characteristics such as protein, oil, and starch content in samples from all experimental plots. In the 500-599 hybrid class, the experimental hybrids EH1 and EH5 outperformed the commercial ones in grain yield, with EH5 also excelling in the number of rows per ear and the weight of 1,000 kernels. EH3 surpassed the commercial hybrids in ear length. EH1, EH2, EH4, and EH6 had higher protein content. EH3 and EH5 outperformed the commercial hybrids in oil content. In the 500-599 FAO hybrids, it was found that yield was positively correlated with the number of rows per ear, the weight of 1,000 kernels, and plant height, while it was negatively correlated with the percentage of protein content. A positive correlation was observed between plant height and the height of the upper ear's emergence, the number of rows per ear, and ear length. In the 600-700 FAO hybrids, ПY15 was more productive than the commercial ones, ПY17 had the highest number of rows per ear, ПY2 excelled in ear length and had the greatest 1,000-kernel weight, and ПY8 had the highest oil and starch content. The hybrid ПY18 was the tallest, with ПY16 having the highest ear emergence height. In the 600-700 FAO hybrids, it was found that yield was positively correlated with the number of rows per ear, ear length, the weight of 1,000 kernels, plant height, the height of the upper ear's emergence, and starch content. Similarly, as in the 500 FAO hybrids, it is worth noting the

positive correlation between plant height and the height of the upper ear's emergence, the number of rows per ear, and ear length. In the 600-700 FAO hybrids, it was found that yield was positively correlated with the number of rows per ear, ear length, the weight of 1,000 kernels, plant height, the height of the upper ear's emergence, and starch content. Similarly, as in the 500 FAO hybrids, it is worth noting the positive correlation between plant height and the height of the upper ear's emergence, the number of rows per ear, and ear length. In conclusion, EH5 (class 500-599) deserves further study and evaluation, as it outperformed the commercial and other experimental hybrids in grain yield, number of rows per ear, and weight of 1,000 kernels. The hybrid ПY15 was the most productive in the 600-700 class compared to the other experimental and commercial hybrids in the same class, and ПY8 stood out due to its qualitative characteristics.

Keywords: Maize, hybrids, FAO, measurements, agronomic characteristics.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
1.1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ, ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ, ΕΞΑΠΛΩΣΗ.....	13
1.1.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΡΠΟΥ.....	16
1.1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	19
1.1.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΠΟΡΟΥ.....	28
1.1.5 ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	29
1.1.5.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	29
1.1.5.2 ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΣ.....	30
1.1.5.3 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	30
1.1.5.4 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΞΟΟΤΗΤΕΣ.....	30
1.1.5.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	31
1.1.5.6 ΛΙΠΑΝΣΗ.....	32
1.1.5.7 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	37
1.1.5.8 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	39
1.1.5.9 ΤΡΟΠΟΣ, ΕΠΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΑΣ.....	40
1.1.5.10 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	40
1.1.5.11 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΠΟΡΟΥ.....	41
1.1.5.12 ΖΙΖΑΝΙΑ.....	41
1.1.5.13 ΕΧΘΡΟΙ.....	43
1.1.5.14 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	44
1.1.6 ΕΝΣΙΡΩΣΗ.....	45
1.2 ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ.....	46
1.2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	46
1.2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΥΒΡΙΔΙΟΥ.....	48
1.3 ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	49
1.3.1 ΓΕΝΕΤΙΚΗ.....	49
1.3.1.1 ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	50
1.3.1.2 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	52
1.3.1.3 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΞΕΝΙΑΣ.....	54
1.3.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ.....	55
1.3.2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	55
1.3.2.2 ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ.....	60
1.3.2.3 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΤΑΙΡΙΩΝ.....	62
1.3.3 ΣΠΟΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	65
1.3.3.1 ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	65
1.3.3.2 ΣΠΟΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	65
1.3.3.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΠΟΡΟΑΓΡΟΥ.....	67
1.3.3.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	70
1.3.3.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΒΡΙΔΙΟΣΠΟΡΟΥ.....	71
1.3.3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΑΡΣΕΝΙΚΗΣ ΤΑΞΙΑΝΘΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΜΗΤΡΙΚΑ ΦΥΤΑ.....	73

1.3.3.7 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΡΡΕΝΟΣΤΕΙΡΟΤΗΤΑΣ.....	75
--	----

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΓΡΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΠΟΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	77
2.2 ΣΠΟΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	77
2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΑΓΡΟΚΟΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	79
2.4 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΚΑΡΠΟ.....	84
2.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΚΑΡΠΟ.....	85
2.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	87
3-4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	88
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	145
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	148

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αραβόσιτος αποτελεί για πολλές χώρες το σπουδαιότερο καλλιεργούμενο δημητριακό, είναι το τρίτο σπουδαιότερο παγκοσμίως, ενώ για την Ελλάδα αποτελεί τη βάση για τη διατροφή των ζώων (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008). Τα υβρίδια αραβοσίτου ήταν μια σημαντική ανακάλυψη του περασμένου αιώνα ειδικά στις πτυχές που σχετίζονται με την αύξηση της παραγωγικότητας. Η υπάρχουσα γενετική ποικιλομορφία επιτρέπει την καλλιέργεια υβριδίων σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα, διότι πλέον ο αραβόσιτος καλλιεργείται από γεωγραφικό πλάτος 58°B έως 40°N και από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 3000 μέτρα (Gomes, et. al., 2017). Το εν δυνάμει παραγωγικό δυναμικό μιας ποικιλίας (potential yield) μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν η ποικιλία αναπτύσσεται σε ένα ιδανικό για αυτήν περιβάλλον (Evans and Fischer, 1999). Τα περιβάλλοντα όμως παραλλάσσουν, πρόβλημα που γίνεται εντονότερο λόγω των κλιματικών αλλαγών, όχι μόνο διατοπικά αλλά και διαχρονικά στην ίδια περιοχή, οπότε πρακτικά το παραγωγικό δυναμικό είναι μη επιτεύξιμο δημιουργώντας έτσι ένα χάσμα παραγωγής. Το χάσμα παραγωγής είναι πρόβλημα που αφορά πρωτίστως το καλαμπόκι λόγω μη ορθολογικής αξιοποίησης των εισροών με την έννοια ότι η συγκομιδή καρπού που επιτυγχάνεται σε ένα αγρο-οικοσύστημα συνήθως υπολείπεται αυτής που θα μπορούσε να επιτευχθεί με βάση τις διαθέσιμες εισροές (πχ νερό, θρεπτικά στοιχεία, φυτοπροστασία) και το γενετικό δυναμικό των υβριδίων (Hatfield and Walthall, 2015). Με την εμφάνιση νέων γενοτύπων και τεχνικών διαχείρισης της καλλιέργειας αραβοσίτου, πραγματοποιούνται μελέτες για τον προσδιορισμό γενετικού υλικού που θα καλλιεργηθεί σε διαφορετικά περιβάλλοντα και σε διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Αυτή η πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία αποτελείται από διάφορες φάσεις και οδηγεί στην ανάπτυξη νέων υβριδίων αραβοσίτου, οι οποίες αποδίδουν καλύτερα από τα υφιστάμενα σε απόδοση και άλλων αγρονομικών χαρακτηριστικών. Συνήθως τα υβρίδια που πληρούν τις απαιτήσεις για υψηλή και σταθερή απόδοση είναι αυτά που θα κυκλοφορήσουν στην αγορά εν συνεχεία. Η επιλογή με βάση την απόδοση μόνο μπορεί να μην είναι επαρκής όταν ο γενότυπος επηρεάζεται έντονα από το περιβάλλον (Mitrovic et al., 2012). Συνεπώς το σημαντικότερο ζήτημα στα προχωρημένα στάδια των εμπορικών προγραμμάτων αναπαραγωγής καλαμποκιού είναι ο εντοπισμός και η προώθηση στην αγορά νέων υβριδίων καλαμποκιού που αποδίδουν καλύτερα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών (Eskridge, 1997).

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής διπλωματικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση εμπορικών και προ-εμπορικών υβριδίων αραβοσίτου στις συνθήκες της Δυτικής Μακεδονίας. Τα υβρίδια εγκαταστάθηκαν σε πείραμα πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων σε αγρό στο Αρμενοχώρι Φλώρινας. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και σε επιλεγμένα φυτά πάρθηκαν αγροκομικές μετρήσεις όπως το ύψος φυτών και ύψος έκφυσης ανώτερου σπάδικα. Στην συνέχεια μετρήθηκαν τα συστατικά της απόδοσης όπως απόδοση σε καρπό, ποσοστό υγρασίας, μήκος σπάδικα, αριθμός σειρών/σπάδικα και βάρος 1000 σπόρων σε επιλεγμένα φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο. Τέλος στο εργαστήριο Βοτανικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας έγιναν μετρήσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως ποσοστό πρωτεΐνης, ελαίου και αμύλου σε δείγματα από όλα τα πειραματικά τεμάχια.

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 Γενικά στοιχεία

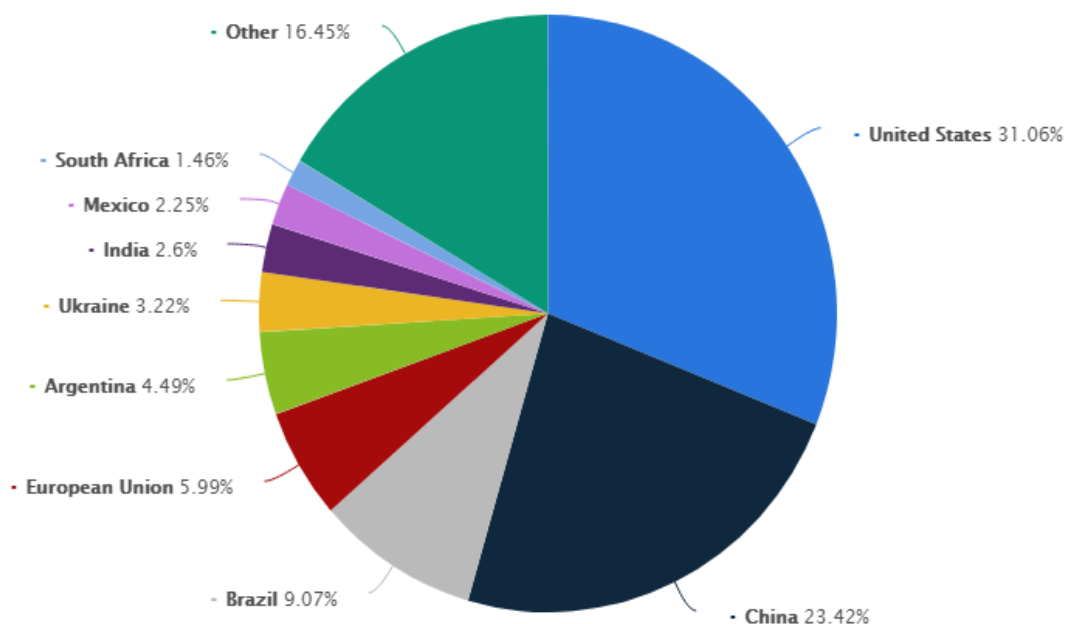
1.1.1 Προέλευση, ταξινόμηση, εξάπλωση

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος (*Zea mays L.*) είναι το τρίτο σε σπουδαιότητα σιτηρό στον κόσμο μετά το σιτάρι και το ρύζι. Είναι μέλος της οικογένειας Poaceae (Αγρωστώδη) και είναι το μοναδικό καλλιεργούμενο είδος του γένους *Zea*. Το γένος *Zea* περιλαμβάνει άγρια είδη συγγενικά του αραβόσιτου με την κοινή ονομασία teosinte (καρπός του Θεού). Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: *Zea perennis*, *Zea diploperennis*, *Zea luxurians*, *Zea mays ssp. mexicana* (Mexican teosinte) και *Zea ssp. parviglumis* (Balsas teosinte) με το τελευταίο να θεωρείται ως ο άγριος πρόγονος του καλλιεργούμενου αραβόσιτου (Doebley, 2004, Rivera-Rodríguez et al., 2019). Ο βασικός χρωμοσωμικός αριθμός του αραβόσιτου είναι $2n=20$.

Κατάγεται από την περιοχή της Κεντρικής Αμερικής, όπου και καλλιεργούνταν χιλιάδες χρόνια πριν από πολιτισμούς, όπως οι Ίνκας, οι Μάγια και οι Αζτέκοι (Παπακώστα, 2000-2001). Θεωρείται φυτό της Αμερικής το οποίο εξημερώθηκε πριν από 7.000 έως 10.000 χρόνια και εξαπλώθηκε στις βόρειες και νότιες περιοχές της ηπείρου. Για τον Δυτικό κόσμο, η ιστορία του καλαμποκιού ξεκίνησε το 1492 όταν οι άνδρες του Κολόμβου ανακάλυψαν αυτό το νέο φυτικό είδος στην Κούβα (Καραμάνος, 1999). Στην Ευρώπη το εισήγαγαν οι Ισπανοί μετά την ανακάλυψη της Αμερικής γύρω στα 1552. Ως τώρα δεν έχει βρεθεί με την αρχική του μορφή. Αυτό μπορεί να σημαίνει είτε ότι το αρχικό είδος αραβόσιτου εξαφανίστηκε πολύ πριν οι επιστήμονες καταφέρουν να ολοκληρώσουν την καταγραφή του, είτε ότι επρόκειτο για ένα φυτικό είδος πολύ διαφορετικότερο από τον καλλιεργούμενο τύπο αραβόσιτου με την σημερινή του μορφή, ώστε είναι αδύνατο να αναγνωριστεί και να συνδεθεί με αυτό (Clark and Zeto, 2000). Στην Ελλάδα καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά την άνοιξη του 1576 στα Ιόνια νησιά και στις απέναντι κοντινές ακτές από πού και διαδόθηκε στην Βαλκανική χερσόνησο.

Η κύρια ζώνη καλλιέργειας του αραβόσιτου είναι οι εύκρατες περιοχές της γης. Εν τούτοις όμως ο αραβόσιτος καλλιεργείται και σε πολλές τροπικές και υποτροπικές χώρες. Σε ολόκληρο τον κόσμο η καλλιέργεια του καλαμποκιού καταλαμβάνει έκταση 2160 εκατομμυρίων στρεμμάτων η οποία αντιστοιχεί στο 15% των παγκοσμίως καλλιεργούμενων εκτάσεων. Περισσότερο από 90% των καλλιεργούμενων εκτάσεων βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο. Το 2019/20 οι Ηνωμένες Πολιτείες ήταν μακράν ο μεγαλύτερος παραγωγός καλαμποκιού

παγκοσμίως, με όγκο παραγωγής άνω των 345 εκατομμυρίων τόνων. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής των ΗΠΑ προέρχεται από τη Ζώνη Καλαμποκιού (Corn Belt), που βρίσκεται κεντροδυστικά στις Ηνωμένες Πολιτείες. Από το 1850, το καλαμπόκι ήταν η κυρίαρχη καλλιέργεια σε αυτήν την περιοχή (Shahbandeh, 2020). Στο Γράφημα 1.1 φαίνεται πως οι ΗΠΑ παρήγαγαν περίπου το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής (31,06%). Δεύτερη χώρα η Κίνα που κατέχει το 23,4% της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ ακολουθεί η Βραζιλία με περίπου το 9%. Η Ευρωπαϊκή Ένωση συμμετέχει με σχεδόν το 6% της παραγόμενης ποσότητας (Statista, 2020).



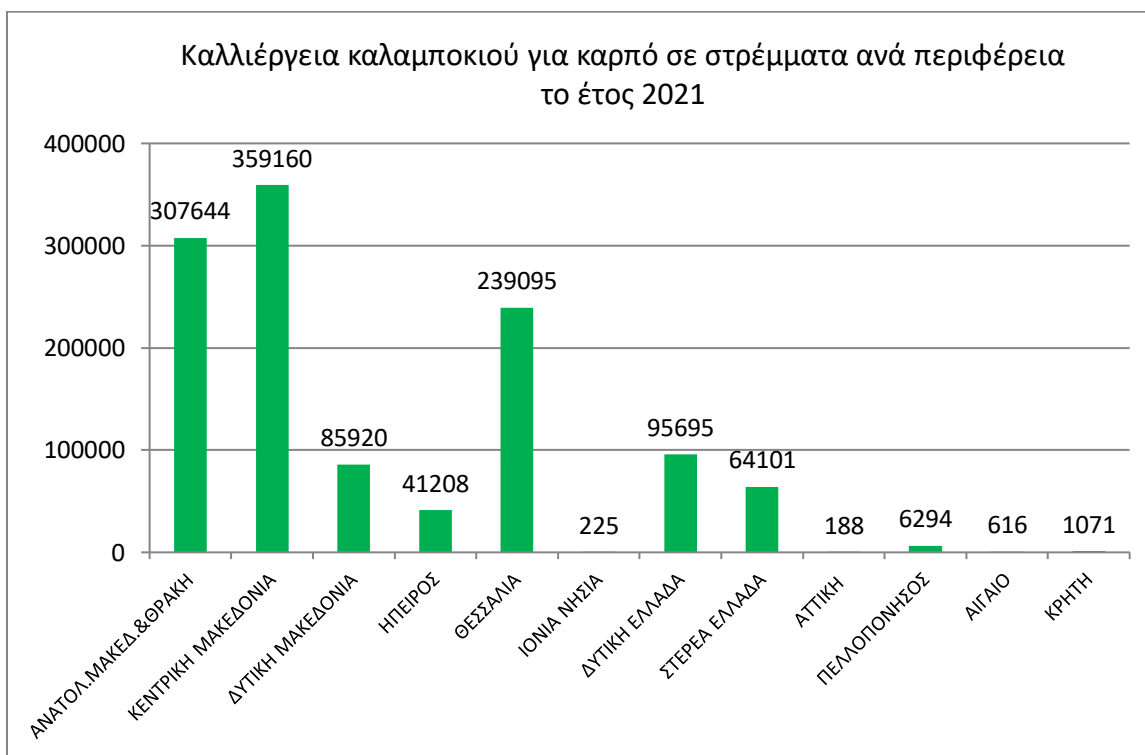
Γράφημα 1 1. Κατανομή (%) της παγκόσμιας παραγωγής αραβόσιτου ανά χώρα το 2019/2020 (Statista, 2020).

Το καλαμπόκι καλλιεργείται σε μεγάλη έκταση στην Ελλάδα και απαντάται σε κάθε περιφέρεια της. Το 2020, ποσοστό ίσο με το 14,35% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων με σιτηρά για καρπό, κατελάμβανε το καλαμπόκι (ΕΛΣΤΑΤ, 2021). Το 2021 η συνολική έκταση με καλαμπόκι για καρπό ανήλθε στα 1.200.624 στρέμματα (Γράφημα 1.2). Πρώτη σε καλλιέργεια καλαμποκιού περιφέρεια εμφανίζεται η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας με έκταση 359.160 στρέμματα, δεύτερη η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης με έκταση 307.644 στρέμματα, τρίτη η Περιφέρεια Θεσσαλίας με 239.095 στρέμματα, τέταρτη η Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας με 95.695 στρέμματα και πέμπτη η Περιφέρεια Δυτικής

Μακεδονίας με 69.782 στρέμματα (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα, αν και η συνολικά παραγόμενη ποσότητα είναι μικρή, οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις είναι από τις υψηλότερες σε παγκόσμιο επίπεδο (Μπιλάλης, 2019). Η καλλιέργεια αραβόσιτου για παραγωγή καρπού, εμφανίζει συνήθως μια συνεχόμενη μείωση στην Ελλάδα, τα τελευταία έτη.

Πίνακας 1.1. Ποσοστιαία μεταβολή καλλιεργούμενων εκτάσεων ανά είδος καλλιέργειας κατά τα έτη 2017-2018.

Είδος κατά κατηγορία καλλιέργειας	2017	2018	Μεταβολή (%) 2018/2017
1. Αροτραίες καλλιέργειες	17.277,3	17.243,1	-0,2
1.1. Σιτηρά για καρπό	8.301,9	7.728,8	-6,9
Σιτάρι μαλακό	1.267,7	1.162,5	-8,3
Σιτάρι σκληρό	3.365,4	3.123,1	-7,2
Κριθάρι	1.293,2	1.262,6	-2,4
Αραβόσιτος	1.260,3	1.108,7	-12,0
Λουτά σιτηρά για καρπό	1.115,3	1.071,9	-3,9
1.2 Βρώσιμα όσπρια	339,6	379,1	11,6
1.3 Βιομηχανικά φυτά	3.761,6	3.940,5	4,8
Καπνός	174,0	169,7	-2,5
Βαμβάκι	2.601,8	2.805,3	7,8
Λουτά βιομηχανικά φυτά	985,9	965,5	-2,1
1.4 Αρωματικά φυτά	53,1	64,1	20,6
1.5 Κτηνοτροφικά φυτά	4.490,0	4.817,4	7,3
1.6 Πεπονοειδή	132,1	128,1	-3,1
1.7 Πατάτες	198,8	185,2	-6,9
2. Κηπευτικές εκτάσεις	679,9	666,1	-2,0



Γράφημα 1. 2. Εκτάσεις σε στρέμματα ανά περιφέρεια της καλλιέργειας καλαμποκιού το έτος 2021 (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2021).

1.1.2 Σύσταση και χρήσεις του καρπού

Το καλαμπόκι παρουσιάζει μεγάλη πολυμορφία τύπων. Ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του κόκκου διακρίνουμε έξι βασικούς τύπους. Αυτοί είναι: το μικρόκοκκο (pop), το σκληρό (flint), το οδοντόμορφο (dent), το αλευρώδες (floury), το γλυκό (sweet) και το ενδεδυμένο (pod) καλαμπόκι. Με τη συνεχή όμως βελτίωση δημιουργήθηκαν και κάποιοι ενδιάμεσοι τύποι όπως: ημισκληρο καλαμπόκι (semi-flint), ημι-οδοντόμορφο (semi-dent) και ημιαλευρώδες.

α) Μικρόκοκκο καλαμπόκι (pop corn)

Οι κόκκοι είναι μικροί και συνήθως ολόκληρο το ενδοσπέρμιο είναι κερατοειδές. Από τον τύπο αυτό παράγεται το pop-corn που καταναλώνεται από τον άνθρωπο.

β) Σκληρό καλαμπόκι (flint corn)

Ο κόκκος αποτελείται από ένα μικρό τμήμα αλευρώδους ενδοσπερμίου στο κέντρο του σπόρου, το οποίο περιβάλλεται εξ ολοκλήρου από κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Οι κόκκοι έχουν σχήμα σχεδόν σφαιρικό ή ωοειδές και παραμένουν λείοι κατά την ωρίμανση. Συνήθως είναι πρωιμότερος τύπος από το οδοντόμορφο και φυτρώνει καλύτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες την άνοιξη.

γ) Οδοντόμορφο καλαμπόκι (dent corn)

Το μεγαλύτερο τμήμα του κόκκου αποτελείται από αλευρώδες ενδοσπέρμιο και πλευρικά εξωτερικά, έχει κερατοειδές ενδοσπέρμιο. Κατά την ωρίμανση σχηματίζεται ένα βαθούλωμα σε σχήμα δοντιού στο επάνω μέρος του κόκκου, λόγω της συρρίκνωσης του αλευρώδους ενδοσπερμίου. Είναι ο πιο διαδεδομένος καλλιεργούμενος τύπος στη χώρα μας και παγκοσμίως και ο πιο παραγωγικός.

δ) Αλευρώδες καλαμπόκι (floury corn)

Το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου αλευρώδες και δεν συρρικνώνεται ή συρρικνώνεται ελάχιστα κατά την ωρίμανση. Οι κόκκοι είναι μαλακοί και γίνονται εύκολα αλεύρι. Καλλιεργείται σε πολύ μικρές εκτάσεις.

ε) Γλυκό καλαμπόκι (sweet ή sugary corn)

Το ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται από μεγάλη αναλογία ζαχάρων σε σχέση με το άμυλο. Στην τυπική του μορφή σχηματίζει αρκετά αδέρφια και παράγει πολλούς και μικρούς σπάδικες ανά φυτό. Κατά την ωρίμαση οι κόκκοι αφυδατώνονται έντονα, συρρικνώνονται, γίνονται σκληροί και το ενδοσπέρμιο έχει υαλώδη, καραμελοειδή εμφάνιση. Καταναλώνεται αποκλειστικά από τον άνθρωπο πριν την ωρίμανση του κόκκου.

στ) Ενδεδυμένο καλαμπόκι (pod corn)

Οι κόκκοι περιβάλλονται από τα αναπτυγμένα λέπυρά τους και ολόκληρος ο σπάδικας από τα βράκτια φύλλα. Χρησιμοποιείται μόνο σε βελτιωτικά προγράμματα και δεν έχει οικονομική σημασία.

Η ποσοστιαία κατά βάρος σύνθεση του καρπού του αραβόσιτου περιλαμβάνει το ενδοσπέρμιο (78-81%), το έμβρυο (11-12%) και τα περιβλήματα (6-7%), συμπεριλαμβανομένου του στρώματος της αλευρώνης (Watson, 2003).

Πίνακας 1.2. Η χημική σύσταση του καρπού

Συστατικά (%)	Καρπός	Ενδοσπέρμιο	Έμβρυο	Περιβλήματα	Βιομάζα
Πρωτεΐνες	10.5	73	26	1.6	7.7
Υδατάνθρακες (άμυλο & διαλυτά σάκχαρα)	74.3	98	1.5	0.5	49.6
Λιπαρές ουσίες	4.3	15.5	82	2.5	2.6
Ακατέργαστες ίνες	9.5	26.5	12.5	61.0	23.3
Ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες	1.4	17.6	7.4	4	5.8

Ο καρπός περιέχει υδατάνθρακες με τη μορφή αμύλου που αποτελείται από αμυλοπηκτική (75-80%), αμυλόζη (20-25%) και διαλυτά σάκχαρα σε ποσοστό 1-3%. Οι πρωτεΐνες του ενδοσπερμίου αποτελούνται κυρίως από ζεΐνη (60-70%) και γλουτελίνες (30-40%) και σε μικρότερα ποσοστά γλοβουλίνες και αλβουμίνες. Η περιεκτικότητα στα απαραίτητα αμινοξέα λυσίνη και τρυπτοφάνη είναι χαμηλή. Οι λιπαρές ουσίες απαντώνται σε μικρές

ποσότητες, κυρίως στο έμβρυο. Ο καρπός περιέχει επίσης ανόργανα στοιχεία κυρίως στο έμβρυο, όπως φωσφόρο, κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο και σε μικρότερα ποσοστά σίδηρο, μαγγάνιο, χαλκό και σελήνιο και σημαντικές ποσότητες βιταμινών στο έμβρυο, στο περικάρπιο και στο στρώμα της αλευρώνης. Οι βιταμίνες ανήκουν στις υδατοδιαλυτές της Β ομάδας, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη και βιταμίνη Ε και βρίσκονται κυρίως στα περιβλήματα και στο στρώμα της αλευρώνης (Watson, 2003).

Ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κυρίως στην κτηνοτροφία ως καρπός ολόκληρος, χονδροαλεσμένος ή σε ανάμειξη με άλλους πρωτεϊνούχους καρπούς, ενώ η βιομάζα του φυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενσίρωμα (Δαλιάνης, 1999). Χρησιμοποιείται επίσης στην ανθρώπινη διατροφή σε πολλές χώρες, αν και η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη συγκριτικά με άλλα σιτηρά. Στη χώρα μας ένα μικρό ποσοστό της παραγωγής περίπου 50.000 τόνους (2,8%), χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία. Ο κύριος όγκος της παραγωγής καταναλώνεται από την κτηνοτροφία. Ο Aman το 2021 αναφέρει πως στις ανεπτυγμένες χώρες το 70% του παραγόμενου αραβόσιτου χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και μόνο το 5% για ανθρώπινη κατανάλωση, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες, χρησιμοποιείται το 34% στη διατροφή και το υπόλοιπο 62% για ζωοτροφές. Οι υπολειπόμενες ποσότητες χρησιμοποιούνται για ποικίλες βιομηχανικές χρήσεις και ως σπόρος. Ειδικότερα, το αλεύρι του αραβόσιτου χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού σε ανάμειξη με άλλα αλεύρα για διάφορα αρτοποιήματα και προϊόντα ζαχαροπλαστικής.

Το άμυλο του αραβόσιτου (κορν φλάουρ ή άνθος αραβόσιτου) χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική, στη βιομηχανία παιδικών τροφών, στην παρασκευή αλλαντικών, στη ζυθοποιία και στην παραγωγή ζαχάρων και διάφορων αμυλούχων και ζαχαρούχων προϊόντων (Loy and Lundy, 2019). Το άμυλο μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή διάφορων χημικών και βιομηχανικών προϊόντων, στη βυρσοδεψία και υφαντουργία, αλλά και για παραγωγή βιοκαυσίμου (Kumar and Singh, 2019). Οι πρωτεΐνες του καρπού χρησιμεύουν στην παρασκευή φαρμακευτικών και βιομηχανικών προϊόντων, όπως αντιβιοτικά, βιοπλαστικά, αλλά και το λάδι του καρπού είναι επίσης κατάλληλο για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις στη σαπωνοποιία, στην επεξεργασία δέρματος κ.ά. (Larkins, 2019). Ένα σημαντικό ποσοστό του αραβόσιτου που καλλιεργείται πλέον (2019-2020) στις Ηνωμένες Πολιτείες, μεταποιείται σε αιθανόλη ή για την παραγωγή σιροπιού καλαμποκιού υψηλής φρουκτόζης (Shahbandeh, 2020). Τέλος, έχει χρησιμοποιηθεί στις ΗΠΑ για παραγωγή βιοαιθανόλης.

Ο Smith το 1908 ανέφερε ότι το λάδι του καλαμποκιού είναι το πολυτιμότερο συστατικό όλων των δημητριακών, παροτρύνοντας τους βελτιωτές να επικεντρωθούν στην αύξηση της περιεκτικότητας του καλαμποκιού σε λάδι. Αν και δημιουργήθηκαν ποικιλίες με ικανοποιητικά αυξημένη περιεκτικότητα ελαίου, η πρόκληση αυτή παραμένει διαχρονική. Οι πολλές και διαφορετικές χρήσεις του καλαμποκιού ως κτηνοτροφικό και βιομηχανικό σιτηρό, δικαιολογούν και την τεράστια παραγωγή του (Σαββίδης, 2006-2007).

1.1.3 Βοτανική περιγραφή

Ο αραβόσιτος είναι μονοκότυλο, ποώδες, ετήσιο φυτό, μόνονικο-δίκλινο, σταυρογονιμοποιούμενο και ανεμόφιλο.

α) Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του αραβόσιτου είναι θυσανώδες και διακρίνεται:

1. Στο εμβρυακό ριζικό σύστημα που αποτελείται από την πρωτογενή εμβρυακή ρίζα, προέκταση του ριζιδίου και από τις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες που οι καταβολές τους βρίσκονται στο μεσοκοτύλιο. Έχουν σαν σκοπό την θρέψη του φυτού με νερό και ανόργανα άλατα κυρίως στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης. Οι εμβρυακές ρίζες μπορούν να παραμείνουν ενεργές σε όλη τη ζωή του φυτού και να φθάσει σε βάθος 1,5 μέτρου. Αναπτύσσονται οριζόντια και στη συνέχεια παίρνουν κατακόρυφη κατεύθυνση.

2. Στο κύριο ριζικό σύστημα που αποτελείται:

i) από τις ρίζες που εκφύονται μέσα στο έδαφος. Οι ρίζες αυτές αρχικά αναπτύσσονται οριζόντια σε μια ακτίνα 30-60 εκατοστά και στη συνέχεια κάμπτονται κατακόρυφα. Η ανάπτυξη είναι πολύ γρήγορη την στιγμή κατά την οποία το φυτό έχει περίπου 8 ανεπτυγμένα φύλλα.

ii) από τις εναέριες ρίζες που εκφύονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους του στελέχους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 1). Οι εναέριες ρίζες έχουν μεγαλύτερη διάμετρο, εισχωρούν στο έδαφος και συμβάλλουν στη στήριξη και στη διατροφή του φυτού. Το κύριο ριζικό σύστημα του αραβόσιτου είναι πλούσιο και μπορεί να φτάσει σε βάθος 2,5 μέτρων. (Δαλιάνης, 1983).



Εικόνα 1.1. Εναέριες ρίζες καλαμποκιού

β) Στέλεχος

Το στέλεχος, βλαστός ή αλλιώς καλάμι του αραβόσιτου είναι συμπαγές, κυλινδρικό και αποτελείται από κόμβους και 8-22 μεσογονάτια διαστήματα ανάλογα με το γενότυπο και είναι εσωτερικά γεμάτος με εντεριώνη. Τα μεσογονάτια έχουν μήκος από 0,6 έως 5 μέτρα και διάμετρο που κυμαίνεται από 1,3 έως 5 εκατοστά. Είναι βραχύτερα προς τη βάση του φυτού είναι ευθύγραμμο και σχεδόν κυλινδρικά στο επάνω μέρος του φυτού και αυλακωτά στο κάτω μέρος. Ο βλαστός του καλαμποκιού πρέπει να είναι δυνατός και σκληρός για να είναι ανθεκτικός στις προσβολές από έντομα ή μύκητες και στον άνεμο (Σφήκας, 1995).

Σε κάθε κόμβο, εκτός από τον τελευταίο, υπάρχει καταβολή οφθαλμού, ενώ στους κατώτερους κόμβους υπάρχουν και καταβολές ριζών. Οι οφθαλμοί βρίσκονται εναλλάξ στο στέλεχος, στις μασχάλες των φύλλων και στη βάση του αυλακιού του μεσογονατίου. Από τους οφθαλμούς, εκείνοι που βρίσκονται στο μέσο και ανώτερο τμήμα του στελέχους μπορεί να

εξελιχθούν σε σπάδικες από τους οποίους οι περισσότεροι εκφυλίζονται και μόνο ο ένας ή οι δύο ανώτεροι εξελίσσονται σε κανονικούς σπάδικες, ενώ εκείνοι που βρίσκονται κοντά στη βάση του στελέχους μπορεί να εξελιχθούν σε δευτερεύοντα στελέχη, γνωστά ως «αδέλφια» που αναπτύσσουν δικό τους ριζικό σύστημα. Το αδελφωμα δεν θεωρείται επιθυμητό χαρακτηριστικό. (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

γ) Φύλλα

Ο αριθμός και το μέγεθος των φύλλων ποικίλλουν ανάλογα με την πρωιμότητα του υβριδίου και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο αριθμός των φύλλων ποικίλει από 8 έως 48, το μήκος από 30-150 εκατοστά και το πλάτος τους από 8-15 εκατοστά, ανάλογα το γενότυπο και το βιολογικό κύκλο. Το φύλλο του καλαμποκιού έχει παράλληλα νεύρα.

Τα φύλλα του αραβοσίτου εκφύονται κατ' εναλλαγή από τους κόμβους του στελέχους. Κάθε φύλλο αποτελείται από τον κολεό και το έλασμα. Το έλασμα του φύλλου είναι λογχοειδές, επίμηκες, φέρει πολλές τρίχες στην επάνω επιφάνεια και είναι τραχύ, ενώ στην κάτω επιφάνεια είναι λείο. Το έλασμα, σε αντίθεση με τον κολεό, απομακρύνεται από το στέλεχος. Ανατομικά το έλασμα αποτελείται από την άνω και κάτω επιδερμίδα και το μεσόφυλλο. Στην άνω επιδερμίδα υπάρχουν μηχανικά κύτταρα ή κύτταρα συστροφής που βοηθούν το έλασμα να διπλώνεται και να ξεδιπλώνεται ανάλογα με τις μεταβολές στη σπαργή του. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζει τις απώλειες νερού μέσω διαπνοής. Όμως, ο μηχανισμός αυτός δεν είναι πολύ αποτελεσματικός, γιατί η κάτω επιφάνεια του φύλλου φέρει μεγαλύτερο αριθμό στοματίων συγκριτικά με την άνω επιφάνεια.

Στο σημείο που διαχωρίζεται ο κολεός με το έλασμα υπάρχει η γλωσσίδα (μεμβρανώδης εκβλάστηση) και σχηματίζει έναν δακτύλιο που παρεμποδίζει την είσοδο του νερού μεταξύ στελέχους και κολεού. Δεξιά και αριστερά από το κεντρικό νεύρο και τη βάση του, το έλασμα σχηματίζει τα ωτία, που είναι δύο μικρές, τριγωνικές επεκτάσεις, με χρώμα ανοικτότερο από το χρώμα του ελάσματος. Εκτός από τα κύρια φύλλα υπάρχουν και τα βράκτια φύλλα, που εκφύονται από τους κόμβους της βάσης του σπάδικα και τον καλύπτουν πλήρως ή μερικώς (Καραμάνος, 1999). Το φυτό του καλαμποκιού δεν μπορεί να παράξει νέα φύλλα αν καταστραφούν τα παλιά (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

δ) Ταξιανθία και άνθη

Το καλαμπόκι είναι το μόνο αγρωστώδες που είναι φυτό μόνοικο και δικλινές. Η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη η οποία σχηματίζεται στην κορυφή του φυτού ενώ η θηλυκή ταξιανθία ονομάζεται σπάδικας, είναι στάχης και σχηματίζεται στο άκρο των πλευρικών διακλαδώσεων του κεντρικού άξονα. Κατά την άνθηση του αραβόσιτου πρώτη εμφανίζεται η φόβη και μετά από 7-10 ημέρες εμφανίζεται ο σπάδικας, γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως φυτό πρωτανδρικό. Τα άνθη στη νεαρή τους ηλικία μπορεί να είναι ερμαφρόδιτα, αργότερα όμως αποβάλλονται τα αρσενικά όργανα από τα άνθη του σπάδικα και τα θηλυκά από τα άνθη της φόβης.

Η αρσενική ταξιανθία αναπτύσσεται επάκρια στο φυτό ως προέκταση του στελέχους. Είναι φόβη με κλώνους που είναι διατεταγμένοι σπειροειδώς γύρω από τον άξονά της. Από κάθε κόμβο των κλώνων εκφύονται σταχύδια συνήθως κατά ζεύγη, ένα έμμισχο, το άλλο άμισχο. Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δύο χνουδωτά σχήματος λέπυρα και αποτελείται από δύο άνθη. Κάθε άνθος περικλείεται από τον χιτώνα και τη λεπίδα και περιέχει 3 στήμονες και ένα υποτυπώδη στύλο (Εικόνα 1.2). Κάθε στήμονας αποτελείται από το νήμα και τον ανθήρα και παράγει άφθονη γύρη. Η πλήρης ανάπτυξη της αρσενικής ταξιανθίας υποδηλώνει το τέλος της αύξησης του φυτού σε ύψος (Δαλιάνης, 1983).

Αναφορικά με τη θηλυκή ταξιανθία, στην περιφέρειά της βρίσκονται τα σταχύδια σε ζεύγη και διατεταγμένα σε σειρές (συνήθως 16-22) κατά μήκος. Ο σπάδικας αποτελείται από την κνήμη, τα βράκτια και τον άξονα. Η κνήμη συνδέει τον σπάδικα με το στέλεχος και έχει κόμβους και μεσογονάτια διαστήματα, που είναι μεγαλύτερα στη βάση και μικρότερα στην κορυφή. Τα βράκτια φύλλα αναπτύσσονται από τους κόμβους της κνήμης και είναι φύλλα που έχουν υποστεί διαφοροποίηση σχηματίζοντας μόνο έναν επιμήκη κολεό.



Εικόνα 1.2. Αρσενική ταξιανθία αραβόσιτου (φόβη). Παρατηρείται έξοδος των στημόνων από τα περιβλήματα του αρσενικού άνθους και απελευθέρωση της γύρης.

Ο κύριος σπάδικας του φυτού αναπτύσσεται στον έκτο περίπου κόμβο κάτω από τη φόβη, ενώ στους 4 έως 6 κόμβους πιο κάτω απ' αυτόν εμφανίζονται υποτυπώδεις σπάδικες (Εικόνα 1.3). Κάθε σπάδικας φέρει περιφερειακά 2-15 ή και περισσότερα ζεύγη σταχυδίων. Ένας μεγάλος σπάδικας μπορεί να έχει περισσότερους από 1000 κόκκους ενώ στο οδοντόμορφο καλαμπόκι έχει περίπου 600. Κάθε σταχύδιο έχει δύο κοντά λέπυρα και περιλαμβάνει δύο άνθη από τα οποία μόνο το ανώτερο είναι γόνιμο. Κάθε άνθος αποτελείται από τον χιτώνα, τη λεπίδα και τον ύπερο. Ο χιτώνας και η λεπίδα βρίσκονται δεξιά και αριστερά από κάθε άνθος. Ο ύπερος αποτελείται από την ωθήκη και τον στύλο. Ο στύλος έχει τριχοειδή στίγματα με κολλώδη υφή στα οποία επικάθονται οι γυρεόκοκκοι κατά την διάρκεια της επικονίασης. Μετά την επικονίαση ο στύλος ξεραίνεται. Ο συνήθης αριθμός είναι 1-3 σπάδικες ανά φυτό.

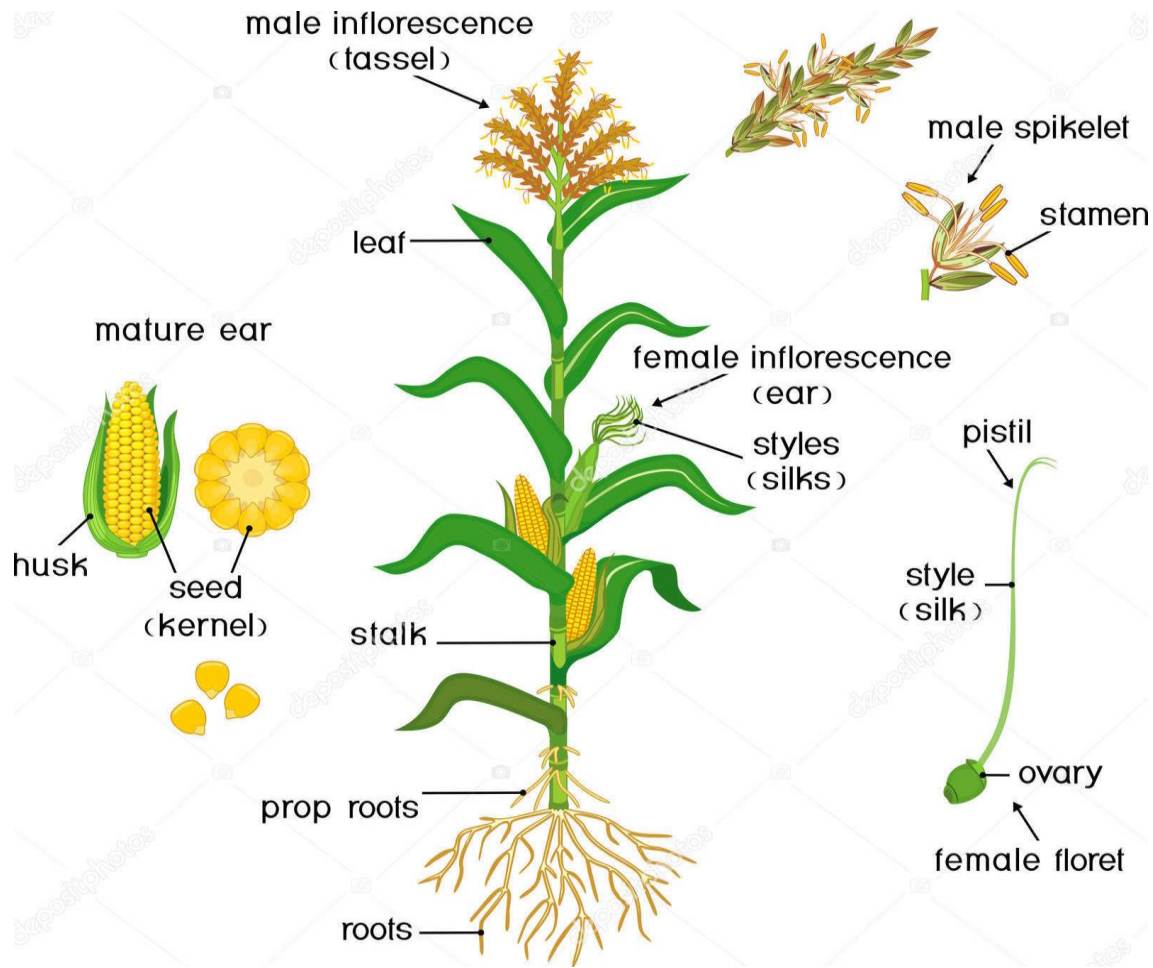
Ο αραβόσιτος είναι φυτό σταυρογονιμοποιούμενο, επομένως η γύρη ενός φυτού σπάνια γονιμοποιεί τους στύλους του ίδιου φυτού. Σε συνθήκες αγρού, το 97% ή και περισσότερο των σπόρων ενός σπάδικα γονιμοποιείται με γύρη από άλλα φυτά και σπάνια μπορεί να συμβούν και αυτογονιμοποιήσεις. Η πρωτανδρική ιδιότητα του αραβόσιτου και κυρίως η άφθονη παραγωγή γύρης ευνοούν τη σταυρογονιμοποίηση (Καραμάνος, 1999).

ε) Καρπός και σπόρος

Ο καρπός του καλαμποκιού είναι καρύωση, μονόσπερμο, με πολύ λεπτό περικάρπιο που περιβάλλει το σπέρμα. Το σχήμα του σπόρου ποικίλλει και μπορεί να είναι πεπλατυσμένο, τριγωνικό, ωοειδές, σφαιρικό ή κωνικό. Το μέγεθος του σπόρου ποικίλλει, ενώ και το βάρος των χιλίων σπόρων μπορεί να κυμαίνεται εντός ευρύτατων ορίων (100-400 γραμμάρια). Ο αραβόσιτος κατατάσσεται σε 6 τύπους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των σπόρων του.

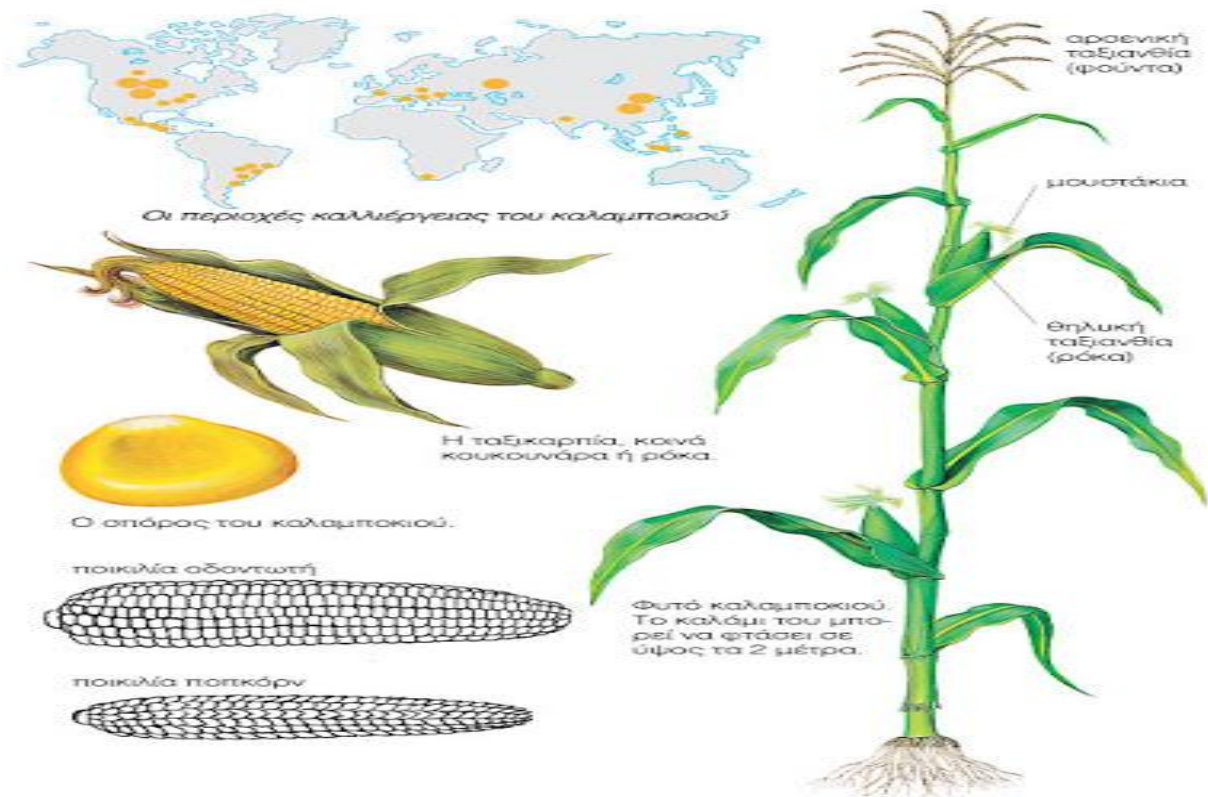
Κάθε σπόρος αραβόσιτου διακρίνεται σε τέσσερα τμήματα: το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο, το έμβρυο και τον ποδίσκο. Το περικάρπιο αποτελεί το εξωτερικό μέρος του σπόρου, προέρχεται από τους ιστούς της ωθήκης του μητρικού φυτού και ο ρόλος του είναι προστατευτικός, παρεμποδίζοντας ουσιαστικά την είσοδο παθογόνων στο εσωτερικό του (Σφήκας, 1995). Το ενδοσπέρμιο φέρει εξωτερικά το περίβλημα ή testa (τοιχώματα σπερματικής βλάστης) που περιβάλλεται από το περικάρπιο. Και τα δύο μαζί αποτελούν τον φλοιό του σπόρου πλούσια σε κυτταρίνες και ημικυτταρίνες και αποτελούν το 6% περίπου του βάρους του. Το ενδοσπέρμιο αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του σπόρου (περίπου 80%), αποτελείται από άμυλο και πρωτεΐνες και έχει σύσταση υαλώδη, αλευρώδη ή και μεικτή. Είναι τριπλοειδές και προέρχεται από την ένωση των δύο πολικών πυρήνων με τον σπερματικό πυρήνα. Το εξωτερικό τμήμα των κυττάρων του ενδοσπερμίου αποτελεί την αλευρώνη, που χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη περιεκτικότητά της σε πρωτεΐνες και αποτελεί το 8-12% του βάρους του σπόρου. Η αλευρώνη περιέχει τα πρωτεϊνικά σώματα. Το ενδοσπέρμιο αποτελεί την βασική πηγή ενέργειας και τροφοδοσίας, καθώς είναι εξοπλισμένο με όλα τα απαραίτητα υλικά για την διαδικασία της βλάστησης, μέχρι το νεαρό φυτό να γίνει αυτότροφο.

Το έμβρυο είναι μικρογραφία του νεαρού φυτού και φέρει τις καταβολές των πρώτων οργάνων του. Είναι το προϊόν εξέλιξης του ζυγωτού κυττάρου. Βρίσκεται στη μια πλευρά του σπόρου και αποτελείται από τον άξονα του εμβρύου και το ασπίδιο. Ο εμβρυακός άξονας αποτελείται από το πτερίδιο και έχει τις καταβολάδες 5 έως 6 εμβρυακών φύλλων και το ριζίδιο στο κάτω τμήμα, όπου υπάρχουν οι καταβολάδες των εμβρυακών ριζών. Το ριζίδιο περιβάλλεται από την κολεόρριζα και το πτερίδιο και έχουν ρόλο προστατευτικό. Το ασπίδιο περιβάλλει τον κεντρικό άξονα του εμβρύου, αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του και συνιστά την κοτύλη. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ασπίδιο είναι πλούσιο σε λάδι (35 έως 40%, πρωτεΐνες και ανόργανα άλατα συστατικά, απαραίτητα για τα πρώτα στάδια του φυτρώματος και της ανάπτυξης. Το μέγεθος του εμβρύου ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο και το υβρίδιο του αραβόσιτου.



Εικόνα 1.3. Τα μέρη του φυτού του καλαμποκιού

Το χρώμα του σπόρου ποικίλλει από λευκό έως μαύρο ανάλογα με το περίβλημα, την αλευρώνη ή το ενδοσπέρμιο. Οι σπόροι που προέρχονται από τον ίδιο σπάδικα διαφέρουν στο μέγεθος και το σχήμα ανάλογα με τη θέση τους στον άξονα του σπάδικα. Οι σπόροι που βρίσκονται κοντά στη βάση και την κορυφή του σπάδικα είναι στρογγυλοί. Σημαντικές διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των υβριδίων ως προς το σχήμα των σπόρων (Καραμάνος, 1999).



Εικόνα 1.4. Περιοχές καλλιέργειας – τύποι – μορφολογία αραβοσίτου

στ) Στάδια βιολογικού κύκλου

Τα φυτά του καλαμποκιού παρουσιάζουν διαφορές στην καλλιέργεια τους ως προς τη μορφή, το μέγεθος τους, την προέλευση και την καταγωγή τους, τη πρωιμότητα και την τελική χρήση του προϊόντος όπως και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες ανάπτυξης τους. Κατά την ανάπτυξη τους ακολουθούν στάδια τα οποία διακρίνονται σε βλαστικά και αναπαραγωγικά.

- Βλαστικό στάδιο ανάπτυξης

Σπορά – φύτευμα > Ανάπτυξη ριζικού συστήματος > Ανάπτυξη υπέργειου τμήματος > καλάμωμα > Διαφοροποίηση μεριστωμάτων από βλαστικά σε αναπαραγωγικά.

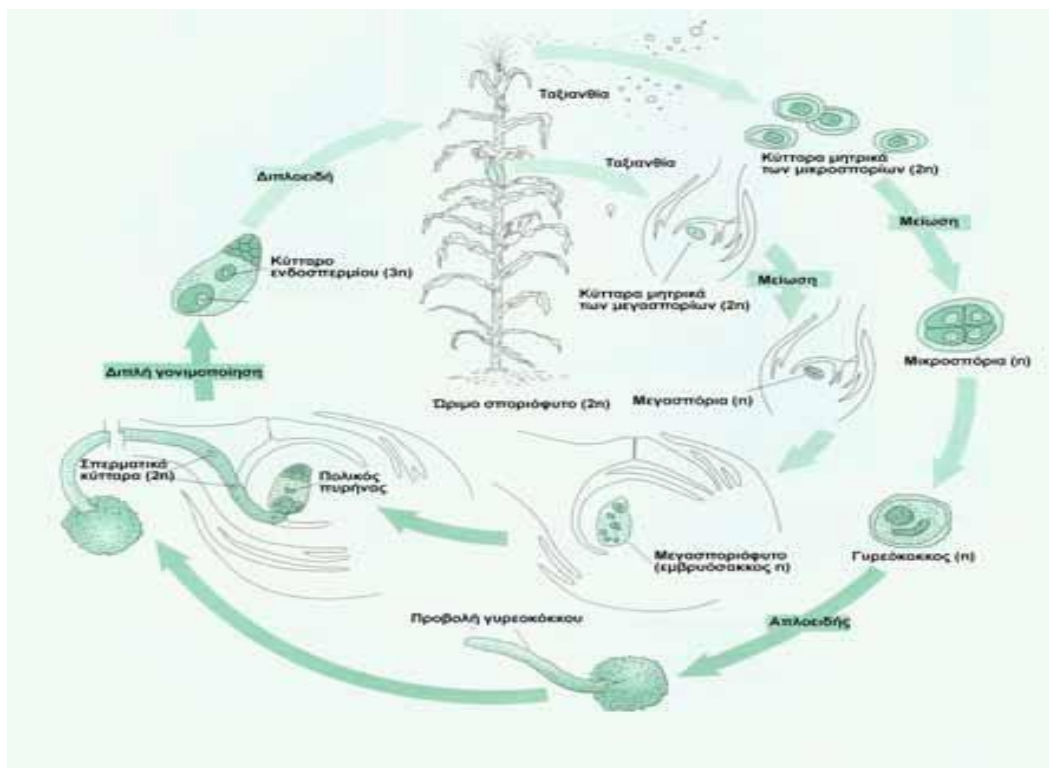


Εικόνα 1.5. Ανάδυση νεαρών φυταρίων αραβόσιτου.

- Αναπαραγωγική ανάπτυξη

Έκπτυξη ταξιανθιών > Ανθηση > Γονιμοποίηση > Γέμισμα καρπού > Ωρίμανση > Γήρανση – Ξήρανση του φυτού.

Το πρώτο στάδιο του βιολογικού κύκλου περιλαμβάνει τη βλάστηση του σπόρου, το φύτευμα και την εμφάνιση του νεαρού φυταρίου. Κατά τη σπορά, ο σπόρος του αραβόσιτου έρχεται σε επαφή με την υγρασία του εδάφους, απορροφά νερό από το περικάρπιο και αρχίζει να διογκώνεται. Πρώτα επιμηκύνεται το ριζίδιο και η κολεόρριζα που το περιβάλλει και βγαίνουν από το περικάρπιο μέσα σε 2-3 ημέρες, ενώ 1-2 ημέρες αργότερα πραγματοποιείται και η έξοδος του περιδίου με το κολεόπτιλο που το περιβάλλει. Το ριζίδιο τρυπά στη συνέχεια την κολεόρριζα και επιμηκύνεται ακόμα περισσότερο, ενώ σταδιακά εμφανίζονται και οι υπόλοιπες εμβρυακές ρίζες που χρησιμεύουν για να στερεώσουν το νεαρό φυτό και να το βοηθήσουν στην απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του. Η ανάδυση (έξοδος) του φυταρίου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους γίνεται με επιμήκυνση του κολεόπτιλου και του πρώτου μεσογονάτιου διαστήματος (Εικόνα 1.5). Το κολεόπτιλο μετά την έξοδό του από το έδαφος σχίζεται και εμφανίζεται το περιδίο (πρώτο φύλλο). Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ σποράς και φυτρώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την επάρκεια οξυγόνου στο έδαφος. Σε κανονικές συνθήκες ανάπτυξης, το νεαρό φυτάριο εξέρχεται από την επιφάνεια του εδάφους 6-10 ημέρες μετά τη σπορά. (Καραμάνος, 1999).



Εικόνα 1. 6. Ο βιολογικός κύκλος του καλαμποκιού

Η βλαστική ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από ταχύτατη αύξηση του ριζικού συστήματος, επιμήκυνση των μεσογονατίων του στελέχους και γρήγορη εμφάνιση και ανάπτυξη των φύλλων. Το τελικό ύψος του φυτού είναι αποτέλεσμα του αριθμού και του μήκους των μεσογονατίων, που επηρεάζονται κυρίως από τις υδατικές συνθήκες και τη θερμοκρασία. Επάρκεια υγρασίας και υψηλές θερμοκρασίες (30-33 °C) μειώνουν την περίοδο της βλαστικής ανάπτυξης. Η περίοδος από το φύτευμα μέχρι την εμφάνιση της φόβης διακρίνει τους γονότυπους σε πρώιμους ή όψιμους.

1.1.4 Απόδοση σπόρου

Η απόδοση σε σπόρο είναι το γινόμενο του αριθμού των κόκκων στην ωρίμανση επί το ατομικό βάρος αυτών των κόκκων. Ο αριθμός των κόκκων εξαρτάται από τον αριθμό των φυτών στην μονάδα επιφάνειας, τον αριθμό των σπαδικών ανά φυτό και τον αριθμό των κόκκων ανά σπάδικα.

Για τους περισσότερους γενότυπους, η απόδοση παρουσιάζει θετική γραμμική συσχέτιση με τον αριθμό των κόκκων ανά μονάδα επιφάνειας και μικρή ανταπόκριση στη μεταβολή του

βάρους του κόκκου. Για ένα μεγάλο αριθμό γενοτύπων ο τελικός αριθμός των κόκκων δεν περιορίζεται από τον αριθμό των ανθέων ανά φυτό. Κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν τον αριθμό των κόκκων είναι η επάρκεια της γύρης, ο συγχρονισμός των στιγμάτων με την ωρίμανση της γύρης καθώς και η διαθεσιμότητα των προϊόντων της φωτοσύνθεσης.

Το τελικό βάρος του κόκκου είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης του σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο ξεκινάει η γονιμοποίηση της ωοθήκης και ο σχηματισμός των κυττάρων του ενδοσπερμίου. Η πραγματική αύξηση του βάρους παρατηρείται στην δεύτερη φάση και εξαρτάται από την διαθεσιμότητα των προϊόντων φωτοσύνθεσης και την θερμοκρασία. Στην δεύτερη φάση η ανάπτυξη του κόκκου είναι ευθύγραμμη και οι κόκκοι συμπληρώνουν το 90% του τελικού τους βάρους. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο ρυθμός γεμίσματος. Στο καλαμπόκι τα φύλλα πάνω από τον σπάδικα υποστηρίζουν τους αναπτυσσόμενους κόκκους ενώ τα φύλλα κάτω από τον σπάδικα το κατώτερο τμήμα του στελέχους και τις ρίζες.

1.1.5 Προσαρμοστικότητα

1.1.5.1 Θερμοκρασία

Το καλαμπόκι αναπτύσσεται κυρίως σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες, πρακτικά όμως αδυνατεί να αντέξει και να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες κάτω των 19°C ή όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 10°C. Για το φύτεμα η κατάλληλη θερμοκρασία πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10°C. Η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης του αραβόσιτου κυμαίνεται από 24 έως 30°C. Οι θερμοκρασίες 30-35°C μπορεί να προκαλέσουν ανωμαλίες στο μεταβολισμό του αζώτου. Επίσης οι υψηλές θερμοκρασίες παρεμποδίζουν την γονιμότητα.

Γενικά, από τη θερμοκρασία επηρεάζεται κυρίως η διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης. Οψίμιση παρατηρείται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, γιατί επιβραδύνουν τον ρυθμό ανάπτυξης. Η διάρκεια της αναπαραγωγικής ανάπτυξης επηρεάζεται λιγότερο από τη θερμοκρασία. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή υγρασία της ατμόσφαιρας κατά το στάδιο της επικονίασης, επηρεάζουν αρνητικά τη ζωτικότητα των γυρεόκοκκων και την επιδεκτικότητα των στιγμάτων για γονιμοποίηση. Ο αραβόσιτος μέχρι να αποκτήσει το ύψος των 15cm είναι ανθεκτικός σε χαμηλές θερμοκρασίες και παγετούς. Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν ζημιές και κατά το φθινόπωρο πριν από τη συγκομιδή, γιατί τα φυτά μπορεί να ξηραθούν, πριν

ολοκληρωθεί το γέμισμα των κόκκων. Γενικά για να έχουμε υψηλές αποδόσεις στο καλαμπόκι χρειάζεται μια περίοδος ανάπτυξης 120 έως 180 ημέρες χωρίς ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες.

1.1.5.2 Φωτοπερίοδος

Το καλαμπόκι είναι φυτό βραχείας φωτοπερίοδου. Οι ημέρες μεγάλου μήκους επιμηκύνουν την διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης, το μέγεθος των φύλλων και τον αριθμό τους ενώ αντιθέτως μειώνουν την εμφάνιση ταξιανθιών. Οι μέρες μικρού μήκους ευνοούν την άνθηση ενώ παράλληλα περιορίζουν την βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ο αραβόσιτος είναι τυπικό φυτό φωτοσυνθετικού μηχανισμού C4. Με άριστες συνθήκες και άφθονο φωτισμό ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης των φύλλων του φθάνει τα 60-80mg CO₂ dm⁻² φύλλου την ώρα. Επίσης ο αραβόσιτος είναι εξαιρετικά αποδοτικός σε συνθήκες υψηλών εντάσεων φωτισμού (δηλαδή υψηλό σημείο κορεσμού σε σχέση με τα C3 φυτά) και σε υψηλότερες θερμοκρασίες (30- 40°C). Φωτοσυνθέτει περισσότερο στην νεαρή ηλικία των φύλλων (περίοδο έντονης αυξήσεως) όταν υπάρχει επάρκεια αζώτου και νερού. Τέλος στον αραβόσιτο σαν φυτό C4 απουσιάζει η φωτοαναπνοή και έτσι οι απώλειες οφείλονται στην αναπνοή της νύχτας.

1.1.5.3 Υγρασία

Ο αραβόσιτος παρόλο που έχει μικρό συντελεστή αναπνοής έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας ξηράς ουσίας που σχηματίζει. Για τη μέγιστη απόδοση του χρειάζεται υπερβολική υγρασία σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του. Η ξηρασία δημιουργεί προβλήματα κυρίως την περίοδο έκπτυξης της φόβης και της επικονίασης. Η ετήσια βροχόπτωση πρέπει να είναι 450 έως 600 mm.

1.1.5.4 Καιρικές αντιξοότητες

Από τις καιρικές αντιξοότητες επιπτώσεις στην απόδοση του αραβόσιτου έχουν η ξηρασία, ο άνεμος και το χαλάζι και το ψύχος. Η έλλειψη νερού ρίχνει σημαντικά την απόδοση σε χλωρή μάζα και καρπό. Η ξηρασία στην περίοδο της ανθοφορίας μπορεί να μηδενίσει την απόδοση σε καρπό. Ο άνεμος προκαλεί μηχανικές ζημιές όπως σπασίματα, πλάγιασμα και επεκτείνει τα συμπτώματα της ξηρασίας. Το χαλάζι προκαλεί μηχανικές ζημιές συνήθως στα

φύλλα αλλά και στους σπάδικες όταν το φυτά είναι μεγάλα, ενώ σε μικρή ηλικία μπορεί να τα καταστρέψει τελείως.

1.1.5.5 Καλλιεργητικές τεχνικές

α) Κατεργασία του εδάφους και βασικές φροντίδες

Χρησιμοποιούνται διάφοροι τρόποι προετοιμασίας του εδάφους για τη σπορά, οι οποίες παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με το τύπο του εδάφους και το κλίμα της περιοχής. Πρώτο μέλημα είναι η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. Η διαχείριση γίνεται με τεμαχισμό τους, με την βοήθεια της δισκοσβάρνας για να είναι πιο εύκολη η ενσωμάτωση και η αποσύνθεση τους. Με φθινοπωρινό όργωμα περιορίζεται η επιφανειακή απορροή του νερού των βροχών κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Το βάθος του οργώματος εξαρτάται κυρίως από τον όγκο των φυτικών υπολειμμάτων που πρόκειται να ενσωματωθούν. Τον Απρίλιο πριν την σπορά ακολουθεί το δισκοσβάρνισμα με έναν καλλιεργητή με σκοπό τον ψιλοχωματισμό του εδάφους καθώς και η ενσωμάτωση των ζιζανιοκτόνων, λιπασμάτων και εντομοκτόνων του εδάφους.

β) Σύστημα ακαλλιέργειας εδάφους

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές μειωμένης κατεργασίας του εδάφους με σκοπό την μείωση του κόστους παραγωγής, την αποφυγή διάβρωσης των επικλινών εδαφών καθώς και την διατήρηση της οργανικής ουσίας και της υγρασίας του εδάφους. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται με δύο τρόπους: 1) Μια ελαφριά κατεργασία του εδάφους με μία δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή. 2) Κατά τον δεύτερο τρόπο η κατεργασία του εδάφους γίνεται σε λωρίδες με ένα σύνθετο μηχάνημα και συγχρόνως σπορά σε λωρίδες. Στο σύστημα της ακαλλιέργειας του εδάφους, με ειδικό εξάρτημα που υπάρχει στην σπαρτική μηχανή ανοίγεται ένα μικρό αυλάκι, όπου τοποθετείται εκεί ο σπόρος.

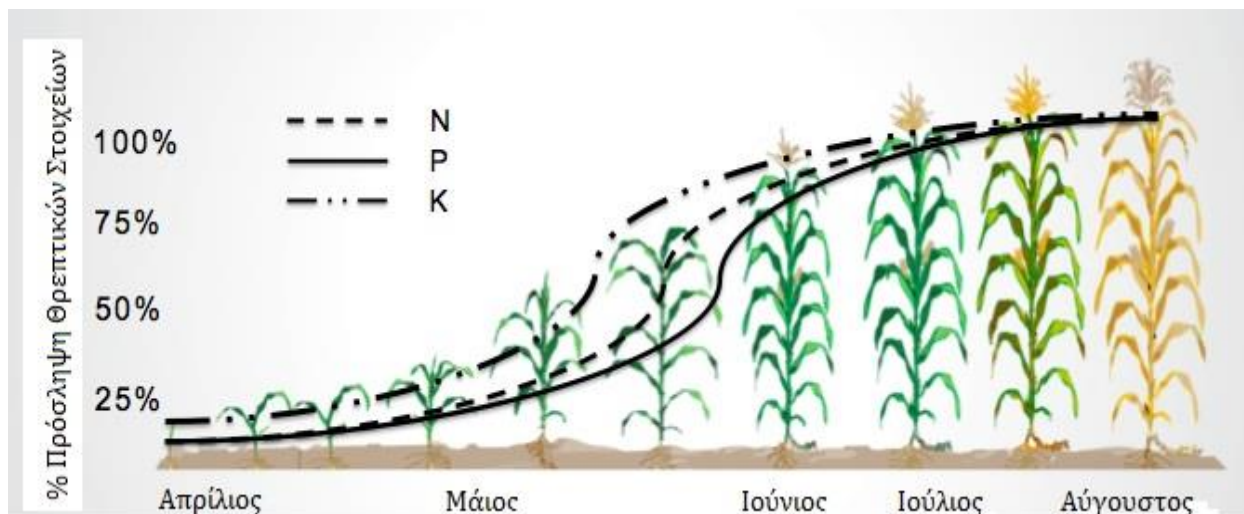
γ) Αμειψισπορά

Αμειψισπορά είναι η εναλλαγή καλλιεργειών στο ίδιο χωράφι και μπορεί να περιέχει και αγρανάπαυση. Σκοπός της είναι ο εμπλουτισμός του εδάφους με συστατικά που άλλα φυτά απορροφούν και άλλα αποδίδουν στο έδαφος. Ο αραβόσιτος είναι ένα φυτό το οποίο εξαντλεί το

έδαφος, διαταράσσει την ισορροπία μεταξύ του αζώτου και του άνθρακα επειδή αφήνει υπολείμματα πλούσια σε κυτταρίνες ιδιαίτερα στα φτωχά σε οργανική ουσία εδάφη. Η συνεχής καλλιέργεια του αραβοσίτου σε ένα αγρό προκαλεί κατά κανόνα πτώση των αποδόσεων. Σε συνεχή καλλιέργεια επί μια δεκαετία η μέση απόδοση του αραβοσίτου ανήλθε σε 1240 κιλά ανά στρέμμα, ενώ σε τριετή αμειψισπορά αραβόσιτος – βρώμη – τριφύλλι, η απόδοση του αραβοσίτου ανήλθε σε 1750 κιλά ανά στρέμμα. Στις αμειψισπορές του αραβοσίτου επιδιώκεται η συμμετοχή ενός ψυχανθούς και ενός σιτηρού τα οποία συντελούν στη βελτίωση της δομής του εδάφους. Ο αραβόσιτος ακολουθεί τα ψυχανθή για να ωφεληθεί από τον εμπλουτισμό του εδάφους με άζωτο. Ενδεικτικά είδη αμειψισπορών διαφόρου διάρκειας: Διετής: αραβόσιτος – σιτηρό Τριετής: αραβόσιτος – σιτηρό –μηδική Τετραετής: αραβόσιτος - αραβόσιτος – σιτηρό – μηδική.

1.1.5.6 Λίπανση

Οι επικρατέστερες σήμερα ποικιλίες καλαμποκιού (απλά υβρίδια υψηλής παραγωγικότητας) είναι πολύ απαιτητικές σε θρεπτικά στοιχεία, ιδιαίτερα σε άζωτο το οποίο απορροφάται από την καλλιέργεια με αμείωτο ρυθμό σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του φυτού (Jones et al., 2002). Τα θρεπτικά στοιχεία δεν είναι σε επαρκείς ποσότητες στο έδαφος, για αυτό για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση και η βέλτιστη ποιότητα θα πρέπει να προστεθούν συμπληρωματικές ποσότητες με ορθολογική λίπανση για να καλύπτονται οι ανάγκες θρέψης του φυτού σε όλα τα στάδια ανάπτυξης (Εικόνα 1.8). Η κατάλληλη ποσότητας λιπάσματος είναι αναγκαίο να προσδιορίζεται με βάση τις εδαφικές ιδιότητες, τα επίπεδα θρεπτικών στο έδαφος, το είδος της προηγούμενης καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες, τις συνολικές απαιτήσεις της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία, την πρωιμότητα του υβριδίου, τη χρήση της καλλιέργειας (για καρπό ή ενσίρωση), καθώς και την αναμενόμενη απόδοση της καλλιέργειας. Η εδαφολογική ανάλυση είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων που απαιτούνται για την καλλιέργεια και αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για την κατάρτιση ενός καλά σχεδιασμένου προγράμματος λίπανσης. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την παραγωγή, την απόδοση και την ποιότητα του καλαμποκιού είναι η διαθεσιμότητα του νερού και η λίπανση (Archontoulis et al. 2010).



Εικόνα 1.7. Εποχιακές ανάγκες N, P, K κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του καλαμποκιού

Για αποδόσεις περίπου 1300 με 1700kg ανά στρέμμα, οι ανάγκες ανέρχονται σε 25-35kg N, 4-6kg P και 19-24kg K ανά στρέμμα (στοιχεία του Ινστιτούτου Σιτηρών Θεσσαλονίκης). Η συνολική ποσότητα θρεπτικών στοιχείων που προσλαμβάνεται από το καλαμπόκι για να παράγει 1000 κιλά σπόρου και η κατανομή του στα διάφορα φυτικά μέρη διαφέρει ανάλογα με το θρεπτικό στοιχείο (Πίνακας 1.3).

Το άζωτο είναι το σπουδαιότερο θρεπτικό στοιχείο για το καλαμπόκι, γιατί ρυθμίζει την ανάπτυξη, την απόδοση και την ποιότητα. Αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων. Οι απαιτήσεις του καλαμποκιού σε άζωτο είναι ιδιαίτερα υψηλές και η έλλειψη του οδηγεί σε μείωση του αριθμού και του βάρους των σπόρων, καθώς και σε μείωση της βιομάζας, με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερες αποδόσεις και υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας (Geiger, 2009).

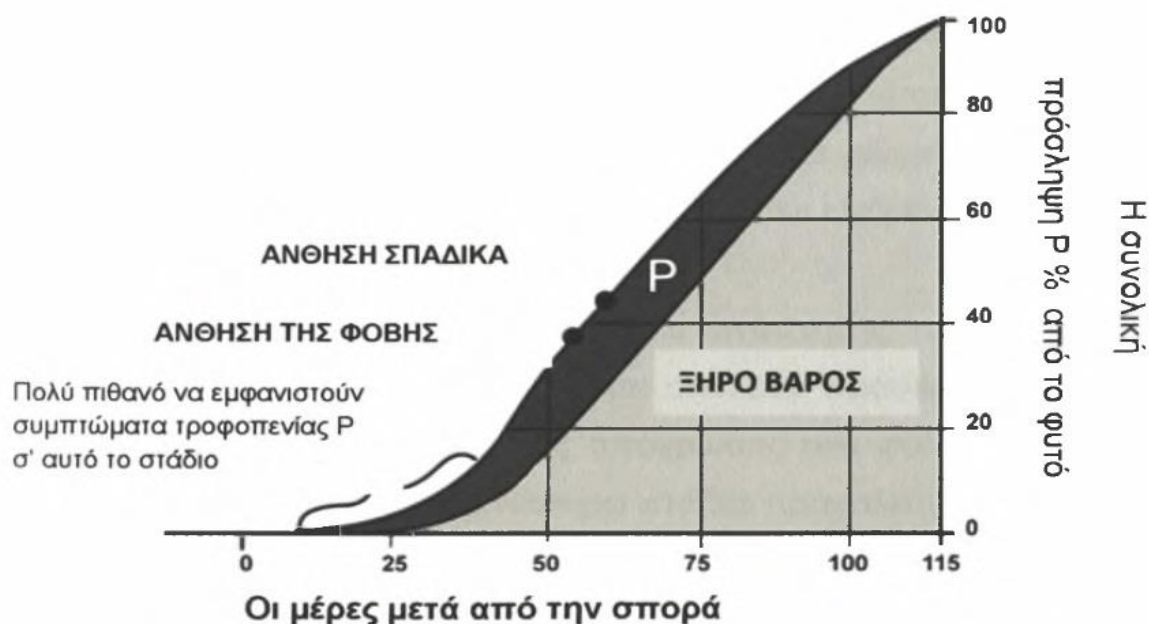
Πίνακας 1.3. Ποσότητες σε κιλά θρεπτικών στοιχείων που προσλαμβάνει η καλλιέργεια καλαμποκιού για παραγωγή 1000 κιλών καρπού/στρ. και κατανομή στα διάφορα φυτικά του μέρη

Θρεπτικό Στοιχείο	Συνολική πρόσληψη (kg)	Κατανομή %	
		Καρπός	Φύλλα- Στελέχη
Άζωτο	19,4	75	25
Φωσφόρος	2,7	84	16
Κάλιο	13,8	28	72
Μαγνήσιο	1,4	33,9	66,1
Ασβέστιο	2,7	44,6	55,4
Βόριο	0,016	41,3	58,7
Ψευδάργυρος	0,028	50	50
Μαγγάνιο	0,031	41,8	58,2
Σίδηρος	0,119	19,4	80,6
Χαλκός	0,070	74,5	25,5

Η καμπύλη της συσσώρευσης ξηρής ουσίας στο καλαμπόκι σε σχέση με το χρόνο από τη σορά είναι σχεδόν ίδια με την καμπύλη απορρόφησης αζώτου από την καλλιέργεια, για αυτό και απαιτείται να υπάρχει διαθεσιμότητα N από την αρχή της καλλιέργειας και σε όλα τα στάδια ανάπτυξης της (Alley et al. 2009). Οι μέγιστες ανάγκες του καλαμποκιού σε άζωτο είναι από την 75η έως 90η ημέρα από τη βλάστηση, στο χρονικό διάστημα δηλαδή μεταξύ της άνθησης της φόβης και των στύλων, το οποίο συμπίπτει με το μέγιστο ρυθμό αυξήσεως του ξηρού βάρους των φυτών (Εικόνα 1.8). Σε αυτό το διάστημα προσλαμβάνεται το 60-65% της συνολικής ποσότητας αζώτου. Η συνολική ποσότητα αζώτου που θα προστεθεί για όλη την καλλιεργητική περίοδο συνιστάται να εφαρμόζεται 1/2 - 2/3 με τη βασική λίπανση, ενώ το υπόλοιπο εφαρμόζεται επιφανειακά. Στην περίπτωση που υπάρχει έλλειψη αζώτου, ακόμη και αν τα άλλα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε επαρκείς ποσότητες στο έδαφος, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά από την καλλιέργεια. Η έλλειψη ή ανεπάρκεια αζώτου είναι η πιο συχνή τροφopenία που απαντάται στην καλλιέργεια του καλαμποκιού. Εκδηλώνεται με κιτρίνισμα στα κατώτερα φύλλα (Εικόνα 1.9) (Jones et al., 2002).

Ο φώσφορος είναι απαραίτητος για τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή, τη σύνθεση υδατανθράκων, την κυτταρική διαίρεση και τη μεταφορά ενέργειας. Η πρόσληψη φωσφόρου είναι πιο σταθερή σε σχέση με την αντίστοιχη πρόσληψη του αζώτου και ακολουθεί μια συνεχή ανοδική τάση κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης (Calderón et al., 2009). Υψηλότερες ανάγκες σε φώσφορο το καλαμπόκι εμφανίζει στο στάδιο μεταξύ εμφάνισης της φόβης και του

μεταξώματος και στην αρχή γεμίσματος του κόκκου. Επάρκεια φωσφόρου στα πρώτα στάδια ανάπτυξης ευνοεί την άρτια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και αυξάνει την αντοχή των φυτών στις ασθένειες και στο πλάγιασμα (Jones, 2002). Η έλλειψη φωσφόρου στα αρχικά στάδια ανάπτυξης έχει ως συνέπεια τη μείωση του ρυθμού αύξησης της καλλιέργειας και εκδηλώνεται με σκοτεινό πράσινο χρώμα και εμφάνιση ρόδινης απόχρωσης στα φύλλα και στο βλαστό (Εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.8. Η ποσοστιαία πρόσληψη P από το φυτό του καλαμποκιού σε συνάρτηση με τις ημέρες από τη σπορά.

Το κάλιο απαιτείται για την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων και συμβάλει σημαντικά στην υδατική ισορροπία των φυτών. Το καλαμπόκι έχει υψηλές απαιτήσεις σε κάλιο, ιδιαίτερα μεταξύ της 50ης και 80ης ημέρας από τη σπορά, όπου προσλαμβάνεται το 75% των συνολικών αναγκών της καλλιέργειας. Τροφοπενίες καλίου παρατηρούνται συνήθως σε εδάφη με προβλήματα στράγγισης και σε περιόδους ξηρασίας. Η έλλειψη καλίου προκαλεί επιβράδυνση της ανάπτυξης, μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας του φυτού και της αντίστασης τους στο υδατικό στρες, ενώ συχνά προκαλεί και νανισμό (Jones, 2002).

Το θείο είναι το τέταρτο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο, μετά το N, P και K. Το S είναι βασικό συστατικό των αμινοξέων, της λυσίνης και της τρυπτοφάνης. Η έλλειψη του στην καλλιέργεια καλαμποκιού οδηγεί σε μείωση των αποδόσεων, ακόμη και αν η περιεκτικότητα

των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων είναι σε επάρκεια. Η τροφοπενία θείου μπορεί να εμφανιστεί σε αμμώδη εδάφη, με περιεκτικότητα σε οργανική ουσία μικρότερη του 3%.

Το μαγνήσιο πολλές φορές δημιουργεί προβλήματα στη καλλιέργεια του καλαμποκιού κυρίως σε χοδρόκοκκα, εκπλυμένα, όξινα ή αμμώδη εδάφη. Σε αυτά συνιστάται η προσθήκη 4-6 kg/στρ. Τα συμπτώματα της έλλειψης μαγνησίου εκδηλώνονται αρχικά με μεσονεύρια χλώρωση στα φύλλα, η οποία στη συνέχεια εξελίσσεται σε νέκρωση (Jones et al., 2002).



Εικόνα 1.9. Τροφοπενίες φύλλων καλαμποκιού (Εγχειρίδιο καλλιέργειας, Syngenta, 2024).

Το καλαμπόκι έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε ψευδάργυρο και γενικά είναι ευαίσθητο στην έλλειψή του. Θεωρείται μάλιστα ως φυτό «δείκτης» του Zn. Ο ψευδάργυρος ευνοεί την ανάπτυξη και την αύξηση της ξηράς ουσίας (Arnon, 1975). Η έλλειψη Zn στο καλαμπόκι παρουσιάζεται περισσότερο στο βλαστικό στάδιο του φυτού και εκδηλώνεται αρχικά με μεσονεύριο κιτρίνισμα στα ανώτερα φύλλα, ενώ όσο αυξάνεται η έλλειψή του εμφανίζονται ζώνες με κλωρωτικές κηλίδες (Εικόνα 1.9).

Η έλλειψη βορίου προκαλεί μείωση της επιμήκυνσης των ανώτερων μεσογονατίων διαστημάτων ενώ οι φόβες και σπάδικες δεν αναπτύσσονται επαρκώς. Ισχυρή έλλειψη Β

καταλήγει στο σχηματισμό μικρών και στραβών σπαδικών με πενιχρή ανάπτυξη κόκκων (Jones, 2002). Τα συμπτώματα της έλλειψης βορίου δεν είναι πάντα ορατά.

Η έλλειψη σιδήρου στο καλαμπόκι αρχικά εμφανίζεται με μεσονέυριο κιτρίνισμα στα ανώτερα φύλλα που καλύπτει όλο το μήκος του φύλλου. Καθώς η έλλειψη εντείνεται οι μεσονέυριες κίτρινες ζώνες στα ανώτερα φύλλα γίνονται λευκές και το μεσονέυριο κιτρίνισμα επεκτείνεται και στα κατώτερα φύλλα.

Η έλλειψη μαγγανίου στο καλαμπόκι εμφανίζεται στα ανώτερα αναπτυγμένα φύλλα με χαρακτηριστικό το μεσονέυριο κιτρίνισμα (Jones et al., 2002).



Εικόνα 1.10. Τροφοπενίες σπαδικών καλαμποκιού (Εγχειρίδιο καλλιέργειας, Syngenta, 2024).

1.1.5.7 Άρδευση

Το καλαμπόκι έχει υψηλές απαιτήσεις σε νερό, λόγω της παραγωγής μεγάλης ποσότητας βιομάζας. Οι συνολικές απαιτήσεις του αραβόσιτου σε νερό για την απόληψη υψηλών αποδόσεων κυμαίνονται μεταξύ 500-800 χιλιοστών και εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες,

όπως είναι η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική υγρασία, οι άνεμοι, το μήκος της καλλιεργητικής περιόδου, η πυκνότητα των φυτών, η γονιμότητα και οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Η ύπαρξη επαρκούς υγρασίας σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία της καλλιέργειας.

Οι ανάγκες σε νερό ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Η κατανάλωση νερού μέχρι τις 30-45 ημέρες από την σπορά είναι περιορισμένη και τα φυτά του καλαμποκιού σε αυτό το στάδιο θεωρούνται ανθεκτικά στην έλλειψη νερού. Στην συνέχεια όμως η κατανάλωση του νερού αυξάνεται γρήγορα και η έλλειψη του νερού στο στάδιο αυτό μειώνει τον δείκτη της φυλλικής επιφάνειας. Το πιο κρίσιμο στάδιο όσο αφορά την έλλειψη του νερού είναι μία εβδομάδα πριν την εμφάνιση των στιγμάτων και δύο εβδομάδες μετά την εμφάνιση της αρσενικής ταξιανθίας. Κατά το διάστημα των δύο εβδομάδων μετά την εμφάνιση των στιγμάτων και μέχρι το σχηματισμό της μαύρης ζώνης στη βάση του σπόρου τα φυτά είναι περισσότερο ανθεκτικά στην έλλειψη του νερού. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις αρδεύσεις κατά την κρίσιμη περίοδο 15 ημέρες πριν και 15 ημέρες μετά την άνθηση. Οι αρδεύσεις πρέπει να συνεχίζονται μέχρι και το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Η ποσότητα νερού πρέπει να είναι αρκετή ώστε να έχουμε κορεσμό του εδάφους μέχρι το βάθος του ριζικού συστήματος. Σύμπτωμα έλλειψης νερού, το οποίο μπορεί να παρουσιασθεί τις θερμές ημέρες του καλοκαιριού, είναι η συστροφή των φύλλων.

Οι Zhang et al., το 2007 παρατήρησαν μείωση των μέσων όρων της ξηράς ουσίας των φυτών σε αναπτυξιακά στάδια, όπως στο στάδιο του σπορόφυτου, της επιμήκυνσης και της ωρίμανσης, καθώς και μείωση της απόδοσης σε σπόρο, σε συνθήκες καταπόνησης υγρασίας σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα. Οι Boomsa et al. το 2009, καθώς και οι Ao et al. το 2020, κατέγραψαν στα πειράματά τους ελάττωση του δείκτη συγκομιδής (HI) λόγω ελλιπούς άρδευσης, σε σύγκριση με την κανονική άρδευση.

Οι Charpuis et al. το 2011 παρατήρησαν καθυστέρηση στην εμφάνιση της θηλυκής ταξιανθίας των φυτών καλαμποκιού στη μεταχείριση της μειωμένης άρδευσης, σε σχέση με εκείνων της μεταχείρισης της κανονικής άρδευσης. Επίσης, οι Edmeades et al. το 2000 αναφέρουν πως καταπόνηση των φυτών καλαμποκιού κατά την περίοδο της άνθισης λόγω ελλιπούς υγρασίας, επιφέρει αύξηση του δείκτη ASI και αυτό μπορεί να συνδεθεί με μείωση των αποδόσεων σε σπόρο.

1.1.5.8 Εδαφικές απαιτήσεις

Ο αραβόσιτος προτιμά εδάφη μέσης συστάσεως, γόνιμα, ευκατέργαστα με καλή στράγγιση, πλούσια σε οργανική ουσία και ασβέστιο, θερμά και με καλή κυκλοφορία αέρος. Τα αμμώδη εδάφη είναι πτωχά και ξηραίνονται εύκολα. Για να αποδώσουν απαιτούν ισχυρές λιπάνσεις και συχνή άρδευση. Το pH των εδαφών που είναι επιθυμητά για καλαμπόκι, κυμαίνεται από 5,6 έως 7,5 με άριστο το 6,8. Στα όξινα εδάφη ο αραβόσιτος παρουσιάζει κακή ανάπτυξη, ραβδώσεις στα φύλλα, τα οποία κοκκινίζουν, συμπτώματα που μπορούν να οφείλονται σε έλλειψη ιχνοστοιχείων. Σε πολύ χαμηλό PH, δεν επιζεί. Ο αραβόσιτος είναι ευαίσθητος στα άλατα, είτε αυτά υπάρχουν στο έδαφος ή στο νερό αρδεύσεως. (Παπακώστα, 1997).

1.1.5.9 Τρόπος, εποχή και πυκνότητα σποράς

Η σπορά του καλαμποκιού συνιστάται να γίνεται την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 10°C και έχει σταθεροποιηθεί. Με την πρόωμη σπορά τα φυτά αποκτούν πλούσια ανάπτυξη ριζικού συστήματος, γίνονται μικρότερα σε ύψος και παρουσιάζουν μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη και καλύτερη επικονίαση καθώς αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού. Η σπορά του καλαμποκιού γίνεται γραμμικά με απλές ή σπαρτικές μηχανές των ανοιξιάτικων καλλιεργειών.

Η πυκνότητα σποράς εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού για άρδευση, τη γονιμότητα του εδάφους, το είδος του υβριδίου και τον τρόπο ανάπτυξής του, την εποχή σποράς και τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται η καλλιέργεια. Μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών συνιστάται σε εδάφη γόνιμα, με διαθέσιμη υγρασία σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Τα υβρίδια μικρού βιολογικού κύκλου χρειάζονται μεγαλύτερη πυκνότητα από τα μέσου και μεγάλου βιολογικού κύκλου, για να δώσουν υψηλή απόδοση. Στις μικρές πυκνότητες φυτών δεν γίνεται πλήρης εκμετάλλευση του χώρου, ενώ στις μεγάλες παρατηρείται έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών ως προς τα θρεπτικά στοιχεία, την υγρασία του εδάφους και το φως. Τα φυτά αποκτούν μεγάλο ύψος, γίνονται λεπτοστέλεχα, ο σπάδικας σχηματίζεται σε υψηλότερο σημείο από τη βάση, με αποτέλεσμα να είναι πιο ευαίσθητα στο πλάγιασμα. Επίσης όταν η πυκνότητα των φυτών είναι πολύ μεγάλη,

παρατηρείται υψηλό ποσοστό στειρότητας και περαιτέρω καθυστέρηση στην άνθηση των θηλυκών ανθέων σε σχέση με τα αρρενα, οπότε δημιουργείται πρόβλημα στη γονιμοποίηση.

Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών συνήθως κυμαίνονται στους 75 πόντους. Οι αποστάσεις πάνω στη γραμμή ρυθμίζονται σύμφωνα με τον επιζητούμενο πληθυσμό φυτών. Το βάθος σποράς επηρεάζει την ομοιομορφία και την ταχύτητα φυτρώματος. Ρυθμίζεται σύμφωνα με την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, το μέγεθος του σπόρου και την εποχή σποράς. Το καταλληλότερο βάθος σποράς σε καλά προετοιμασμένα χωράφια είναι 5- 6 cm. Σε έρευνα του 2000 των Edmeades et al., έχει καταμετρηθεί, σε μεγαλύτερες πυκνότητες, διεύρυνση του χρονικού μεσοδιαστήματος μεταξύ της άνθισης της αρσενικής ταξιανθίας και της εμφάνισης της μετάξης. Αντίστοιχα οι Dungan et al. (1958) αναφέρουν πως σε υψηλότερες πυκνότητες καταγράφεται μεγαλύτερη καθυστέρηση στην έκπτυξη της θηλυκής από ότι της αρσενικής ταξιανθίας.

1.1.5.10 Ωρίμανση και συγκομιδή

Στον αραβόσιτο μπορούμε να διαπιστώσουμε το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης με την παρατήρηση κάποιων συγκεκριμένων χαρακτηριστικών: 1) εμφάνιση ζώνης μαύρου χρώματος στο κάτω μέρος του κόκκου στο σημείο πρόσφυσης στον σπάδικα, 2) η βάση του κόκκου γίνεται σκληρή και δεν διαθέτει γαλακτώδες υγρό, 3) η κορυφή όλων των κόκκων του σπάδικα κυρίως του οδοντόμορφου τύπου σχηματίζει το χαρακτηριστικό βαθούλωμα (δόντι). Στην καλλιέργεια του αραβόσιτου οι σπάδικες δεν ωριμάζουν συγχρόνως επειδή η άνθηση των φυτών δεν είναι ταυτόχρονη. Αν οι καιρικές συνθήκες μετά την ωρίμανση δεν επιτρέψουν την συγκομιδή τότε τα φυτά πρέπει να παραμείνουν στον αγρό ώστε να μειωθεί η υγρασία του σπόρου. Η αποβολή της υγρασίας εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της περιοχής.



Εικόνα 1.11. Οχτάσειρη αλωνιστική μηχανή

1.1.5.11 Αποθήκευση και συντήρηση σπόρου

Το μεγαλύτερο μέρος του παραγόμενου αραβοσίτου δεν καταναλώνεται αμέσως μετά την συγκομιδή, αλλά αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση. Κατά την αποθήκευση ο καρπός μπορεί να υποστεί διάφορων ειδών φθορές ή αλλοιώσεις, τα κυριότερα συμπτώματα των οποίων είναι το άναμμα η το μούχλιασμα του καρπού, η μουχλιασμένη η ξινή οσμή αυτού, ο καστανός ή ερυθρός αποχρωματισμός των κόκκων, η μειωμένη βλαστική ικανότητα του και η μείωση της αρτοποιητικής αξίας του παραγόμενου άλευρου. Δύο παράγοντες, οι οποίοι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κατά την αποθήκευση είναι η υγρασία και η θερμοκρασία του αποθηκευμένου προϊόντος. Για την διατήρηση των σπόρων του καλαμποκιού για μεγάλο χρονικό διάστημα πρέπει η υγρασία των σπόρων να είναι μικρότερη από 14%. Εάν η υγρασία είναι μεγαλύτερη θα πρέπει να ακολουθήσει η διαδικασία της τεχνητής ξήρανσης σε ειδικά ξηραντήρια πριν μεταφερθεί στον χώρο αποθήκευσης. Για την προστασία των σπόρων κατά την αποθήκευση τους χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές ουσίες όπως είναι το προπιονικό οξύ αλλά και ένα μίγμα οξικού και προπιονικού οξέος.

1.1.5.12 Ζιζάνια

Κατά τα πρώτα στάδια της καλλιέργειας τα ζιζάνια ανταγωνίζονται το καλαμπόκι και μάλιστα είναι σε θέση να οδηγήσουν σε αποτυχία της καλλιέργειας αν δεν καταπολεμηθούν

έγκαιρα. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται την καλλιέργεια σε νερό, φως και θρεπτικά στοιχεία με αποτέλεσμα η ποιότητα και του παγωμένου καρπού, αλλά και η απόδοση να είναι αισθητά μειωμένες. Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται σήμερα από τους καλλιεργητές καλαμποκιού είναι μία επέμβαση με ζιζανιοκτόνο στην αρχή της καλλιέργειας (προφυτρωτικά ή νωρίς μεταφυτρωτικά) και ένα φρεζοσκάλισμα το οποίο συνδυάζεται με την επιφανειακή λίπανση.

Τα ζιζάνια διακρίνονται σε ετήσια και πολυετή. Ο πολλαπλασιασμός των πολυετών, που είναι και τα πιο δυσεξόντωτα γίνεται με σπόρους, ριζώματα, στόλωνες, κονδύλους και βολβούς. Ανάλογα με το είδος των ζιζανίων που επικρατούν στο χωράφι επιλέγεται και το είδος του ζιζανιοκτόνου που θα χρησιμοποιήσουμε. Το κρισιμότερο στάδιο ανταγωνισμού στην καλλιέργεια του αραβοσίτου σε σχέση με τα ζιζάνια όπως έχει αποδειχθεί και από ελληνικά και διεθνή πειραματικά δεδομένα, είναι 4-7 εβδομάδες από τη σπορά του καλαμποκιού, όταν το φυτό βρίσκεται στο στάδιο των 4-6 φύλλων. Όσο πιο μικρός είναι ο βιολογικός κύκλος τόσο μεγαλύτερη και γρηγορότερη ανάπτυξη έχει το καλαμπόκι άρα έχει τη δυνατότητα να ανταγωνίζεται καλύτερα τα ζιζάνια και να αντέχει στα μηχανικά μέσα όπως είναι οι διάφορες κατεργασίες του εδάφους. Η αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι επιτυχής, εφόσον τηρούνται οι παρακάτω οδηγίες:

- Αναγνωρίζουμε τα ζιζάνια και τον τρόπο πολλαπλασιασμού τους.
- Επιλέγουμε το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο και τον χρόνο εφαρμογής του.
- Λαμβάνουμε υπόψη την υπολλειματικότητά του και την επόμενη καλλιέργεια.
- Χρησιμοποιούμε μπέκ τύπου σκούπας, τα οποία προηγουμένως τα έχουμε ελέγξει και ρυθμίσει, ώστε να διασκορπίζουν ομοιόμορφα και στη σωστή δόση το ψεκαστικό υγρό.
- Εφαρμόζουμε προσεκτικά τις οδηγίες των παρασκευαστών.

Τα ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται προσπαρτικά με ενσωμάτωση ή μετασπαρτικά – προφυτρωτικά όπου απαιτείται ελαφρό πότισμα αν δεν βρέξει και μεταφυτρωτικά.

Πίνακας 1.4. Επιτρεπόμενες δραστικές για την καλλιέργεια του καλαμποκιού σύμφωνα με το

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης το Δεκέμβριο του 2023

(<https://1click.minagric.gr/oneClickUI/frmFytoPro.zul>)

Δραστική Ουσία	Δραστική Ουσία	Δραστική Ουσία

2,4-D	Flufenacet (formerly fluthiamide)	Pendimethalin
Aminopyralid	Fluroxypyr	Pethoxamid
Benoxacor	Foramsulfuron	Prosulfuron
Bentazone	Glyphosate	Pyridate
Clomazone	Halosulfuron-methyl	Rimsulfuron
Clopyralid	Isoxadifen-ethyl	S-metolachlor
Cyprosulfamide	Isoxaflutole	Sulcotrione
Dicamba	MCPA	Tembotrione
Dimethenamid-p	Mesotrione	Terbuthylazine
Florasulam	Nicosulfuron	thiencarbazone-methyl

Τα φυτά που βρίσκονται στον αραβόσιτο ως ζιζάνια είναι πολλά και διαφέρουν από χωράφι σε χωράφι ανάλογα με την τοποθεσία, το ιστορικό καλλιέργειας του χωραφιού και άλλους παράγοντες. Παρακάτω παρουσιάζονται φυτά που συναντώνται συχνά στον αραβόσιτο.

1. Αιματόχορτο (*Digitaria sanguinalis*)
2. Βέλιουρας (*Sorghum halepense*)
3. Μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*)
4. Σετάρια (*Setaria verities*)
5. Αγριοβαμβακιά (*Abutilon theophrasti*)
6. Αγριομελιτζάνα (*Xanthium strumarium*)
7. Αγριοντοματιά (*Solanum nigrum*)
8. Λουβουδιά (*Chenopodium album*)
9. Τάτουλας (*Datura stramonium*)

1.1.5.13 Εχθροί αραβοσίτου

Ο αραβόσιτος προσβάλλεται από πολλούς εχθρούς, οι οποίοι προσβάλλουν παράλληλα και άλλα είδη φυτών. Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν τον αραβόσιτο είναι:

1. Σιδεροσκώληκες (*Agriotes spp*)
2. Καραφαταμέ (*Agrotis segetum Schiff*)
3. Πυραλίδα ή πυράουστα (*Ostrinia nubilalis Hübner*)
4. Πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera Hübner*)
5. Σεσάμια η σκουλήκι του καλαμποκιού (*Sesamia nonagrioides Lefevre*)
6. Διαβρωτικό κολεόπτερο (*Diabrotica virgifera*)
7. Αφίδες



Εικόνα 1.12. Οι κυριότεροι εχθροί του καλαμποκιού (Εγχειρίδιο καλλιέργειας καλαμποκιού, Syngenta, 2024).

1.1.5.14 Ασθένειες

1. Ελμινθοσποριάσεις του αραβόσιτου (*Excerohilum turcicum* Pass.)
2. Φουζαρίωση (*Giberella zeae*)
3. Άνθρακας (*Ustilago maydis*)

4. Σήψεις ριζών και στελέχους (*Pythium spp.* , *Fusarium spp.* κ.α.)
5. *Erwinia stewartii* (Smith) Dye, συν. *Xanthomonas stewartii* (Smith) Dowson
6. Ιός του νανισμού με μωσαϊκό του καλαμποκιού (*maize dwarf mosaic potyvirus*):
7. Ιός του τραχέος νανισμού του καλαμποκιού (*MRDV*)



Εικόνα 1.13. Ασθένειες του καλαμποκιού (Εγχειρίδιο καλλιέργειας καλαμποκιού, Syngenta, 2024).

1.1.6 Ενσίρωση

Μεγάλη σημασία για την μείωση του κόστους παραγωγής στην κτηνοτροφία έχει η παραγωγή ζωοτροφών υψηλής θρεπτικής αξίας με όσο το δυνατό χαμηλό κόστος. Μια παλιά μέθοδος παραγωγής και διατήρησης ζωοτροφών υψηλής θρεπτικής αξίας με σχετικά χαμηλό κόστος είναι η διαδικασία της ενσίρωσης, η οποία εφαρμόζεται σε πολλές χώρες εδώ και πολλά χρόνια. Ενσίρωση είναι η διαδικασία διατήρησης πράσινων φυτών που έχουν συγκομιστεί κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Για την παραγωγή ενσιρώματος προσφέρονται τόσο τα ψυχανθή όσο

και τα αγρωστώδη. Από τα ανοιξιάτικα σιτηρά πιο κατάλληλο θεωρείται το καλαμπόκι το οποίο μπορεί να αποδώσει 5-9 τόνους χορτομάζας ανά στρέμμα.

Η ενσίρωση καλαμποκιού είναι μία δημοφιλή ζωοτροφή για την κτηνοτροφία, πλούσια σε ενέργεια και πεπτικότητα και προσαρμόζεται εύκολα στη διατροφή των ζώων. Αποτελεί μία από τις χρήσεις καλλιέργειας του καλαμποκιού η οποία είναι ευρύτατα διαδεδομένη στις ζώνες όπου καλλιεργείται το καλαμπόκι και ιδιαίτερα στην Δυτική Ευρώπη και την Αμερική. Στην Ελλάδα η ενσίρωση καλαμποκιού έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια και το 15% περίπου των καλλιεργούμενων στρεμμάτων με καλαμπόκι προορίζεται πλέον για κοπή ενσιρώματος.

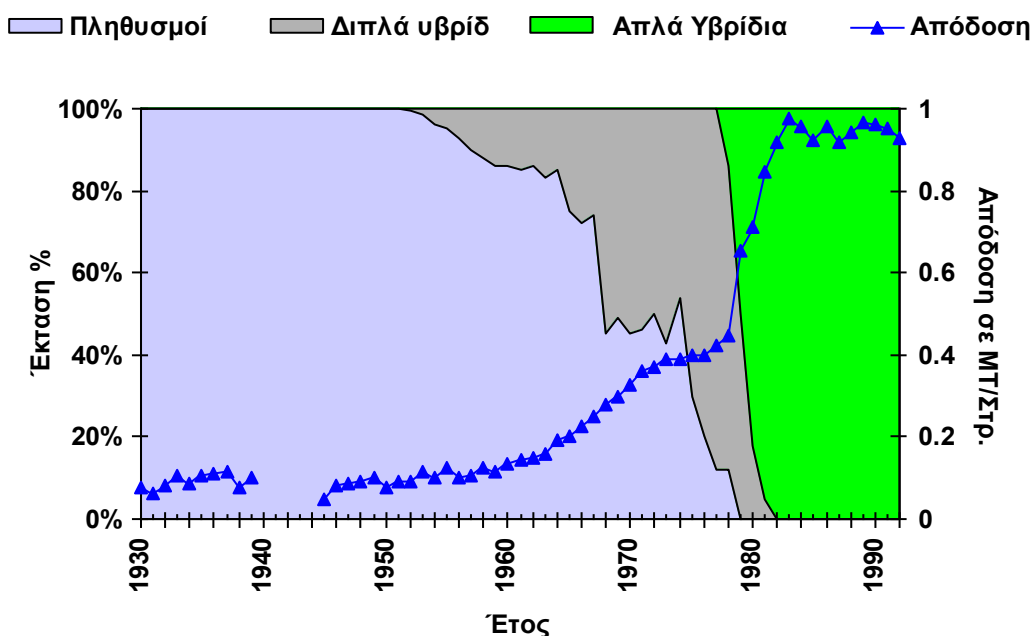
1.2.ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το καλαμπόκι είναι ένα σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και παρουσιάζει υψηλή ετέρωση έτσι και η παραγωγή υβριδίων του θεωρείται ένα πολύ σημαντικό κατόρθωμα για την καλλιέργεια του καλαμποκιού. Τα πρώτα υβρίδια εμφανίστηκαν στις ΗΠΑ και κατελάμβαναν μόλις το 1% καλλιεργούμενης έκτασης. Μέχρι και σήμερα έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και πλέον χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις χώρες αποκλειστικά τα υβρίδια. Πλέον πολύ σημαντικά υβρίδια με βάση τη χρησιμότητα τους στην παραγωγή είναι τα διπλά υβρίδια, τα υβρίδια των τριών σειρών καθώς και τα απλά υβρίδια. Τα τελευταία είναι διαδεδομένα κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες. Γενικότερα τα υβρίδια είναι πολύ παραγωγικότερα από τους πληθυσμούς και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς κάποιες ιδιότητες. Για παράδειγμα τα απλά υβρίδια σε σχέση με τα διπλά εμφανίζουν μεγαλύτερη παραγωγικότητα και προσαρμοστικότητα σε πολλά περιβάλλοντα καθώς είναι πολύ απαιτητικά ως προς τα θρεπτικά τους στοιχεία και το νερό ενώ δεν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε έντομα και ασθένειες. Η απόδοση των διπλών υβριδίων είναι μεγαλύτερη λόγω της μεγαλύτερης προσαρμοστικότητας που οφείλεται στη γενετική τους παραλλακτικότητα.

1.2.1 Εξέλιξη των υβριδίων την Ελλάδα

Η αύξηση των στρεμματικών αποδόσεων του καλαμποκιού τα τελευταία χρόνια ήταν μεγαλύτερη σε ποσοστό από την αύξηση σε οποιαδήποτε άλλη καλλιέργεια. Από τα πειραματικά δεδομένα έχει υπολογισθεί ότι πάνω από 60% της αύξησης αυτής οφείλεται στα καινούργια υβρίδια. Στη χώρα μας μέχρι το 1950 καλλιεργούνταν εγχώριοι πληθυσμοί και οι αποδόσεις τους

ήταν της τάξης 150-200 κιλά/στρέμμα. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '50 άρχισε στο Ινστιτούτο Σιτηρών το πρόγραμμα βελτίωσης του καλαμποκιού. Δημιουργήθηκαν τα πρώτα διπλά υβρίδια όπως το ΙΣ-228 και ΙΣ-848 που αντικατέστησαν σιγά-σιγά τους πληθυσμούς. Έτσι οι στρεμματικές αποδόσεις στις αρχές της δεκαετίας του '70 είχαν φτάσει τα 400 κιλά. Η εισαγωγή των απλών υβριδίων στη χώρα μας κατά τα τέλη της δεκαετίας '70 αύξησε την παραγωγή από 0,5 σε 2 εκατομμύρια τόνους με αποτέλεσμα κατά τα μέσα της δεκαετίας του '80 να είμαστε αυτάρκης σε καλαμπόκι. Την ίδια εποχή δόθηκαν σε καλλιέργεια και τα πρώτα ελληνικά απλά υβρίδια, Άρης και Αλέξανδρος. Τα ελληνικά υβρίδια έχουν δημιουργηθεί για τις συνθήκες της χώρας μας. Επίσης προσέφεραν στους παραγωγούς τη σιγουριά ότι είχαν δοκιμασθεί και είχαν ανταγωνισθεί τα καλύτερα υβρίδια που κυκλοφορούσαν στην χώρα μας, σε αντίθεση με πολλά από τα εκατοντάδες ξένα που εισάγονται κάθε έτος και δεν ήξερε ο παραγωγός αν θα αποδώσουν στις δικές του συνθήκες. Αργότερα κυκλοφόρησαν και άλλα ελληνικά υβρίδια όπως τα: Αθηνά, Δίας και το πρώιμο Ανθήπη (Κορπέτης, Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης Φυτογενετικών Πόρων), ενώ τελευταίο δημιουργήθηκε το υβρίδιο Πτολεμαίος, με ημερομηνία εγγραφής του στον Εθνικό κατάλογο το 2004. Σήμερα δεν κυκλοφορεί στην αγορά κανένα από αυτά (Μαριόλης, 2016).



Γράφημα 1.3. Εξέλιξη των αποδόσεων και της κατανομής των εκτάσεων με τους καλλιεργούμενους τύπους αραβόσιτου από 1930-1993 στη χώρα μας (Κορπέτης)

1.2.2 Επιλογή του κατάλληλου υβριδίου

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορούν πολλά υβρίδια και έτσι ο γεωργός έχει την δυνατότητα να επιλέξει το καταλληλότερο, το οποίο θα του εξασφαλίσει ικανοποιητικό εισόδημα. Τα υβρίδια αυτά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τα αγροκομικά χαρακτηριστικά. Η επιλογή πρέπει να βασισθεί στην αποδοτικότητά τους και τη συμπεριφορά τους (αντοχή στο πλάγιασμα, εχθρούς, ασθένειες κλπ) και από τα διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα της περιοχής, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η καλλιέργεια. Ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του καλαμποκιού είναι η πρωιμότητα. Έχει αποδειχτεί ότι τα μεγάλου βιολογικού κύκλου υβρίδια είναι παραγωγικότερα από τα μικρότερου βιολογικού κύκλου. Σήμερα έχει επικρατήσει να εκτιμάται με δυο τρόπους : α) με το δείκτη FAO β) με τον αριθμό ημερών μέχρι την φυσιολογική ωρίμανση.

Ο δείκτης FAO δείχνει μια χονδρική εκτίμηση της πρωιμότητας και είναι πολύ γνωστός στην Ευρώπη και τη Λατινική Αμερική. Η εκτίμηση του δείκτη γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τον βιολογικό κύκλο του καλαμποκιού από την σπορά μέχρι την άνθηση των θηλυκών ανθέων. Η εκτίμηση της πρωιμότητας γίνεται με την σύγκριση του υλικού με μια σειρά υβρίδια του δείκτη FAO. Σήμερα αυτά τα υβρίδια είναι διαφορετικά σε κάθε χώρα. Ο αριθμός των ημερών από την σπορά μέχρι την φυσιολογική ωρίμανση δίνει μια χρήσιμη πληροφορία στον παραγωγό. Δηλώνει τις ελάχιστες μέρες που πρέπει να παραμείνει το υβρίδιο στο χωράφι του.

Το βασικό μειονέκτημα του δείκτη είναι ότι πολλές φορές όταν αν ένα υβρίδιο καλλιεργηθεί σε άλλη περιοχή από την χώρα παραγωγής του με πολύ διαφορετικές συνθήκες, κατατάσσεται σε διαφορετική κλάση ωριμότητας. Υπάρχει μια δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό του σταδίου της φυσιολογικής ωρίμανσης που συμπίπτει με το σχηματισμό του μαύρου στρώματος στον κόκκο δηλαδή ότι σταμάτησε η τροφοδοσία του σπόρου από το φυτό. Από πειραματικά στοιχεία διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα υβρίδια που κυκλοφορούν στην Ελλάδα φτάνουν στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης σε 130-135 μέρες.

Ένας τρίτος δείκτης ο οποίος μας δείχνει το άθροισμα των θερμικών μονάδων πάνω από μια ορισμένη θερμοκρασία που προσδιορίζεται ως βάση κάτω από την οποία σταματάει η

ανάπτυξη του καλαμποκιού και μέχρι την θερμοκρασία των 30°C από την σπορά μέχρι την φυσιολογική ωρίμανση και υπολογίζεται από τον τύπο:

$\Delta\text{ΕΙΚΤΗΣ } \Theta\text{ΜΗ}^* \text{ ή GDD} = \text{Μέγιστη ημέρας} + \text{Ελάχιστη ημέρας} - 8 \text{ ή } -10/2$

Επίσης μεγάλη σημασία για την εκτίμηση της πρωιμότητας των υβριδίων έχει η ταχύτητα με την οποία αποβάλλει την υγρασία ο σπόρος μετά την φυσιολογική ωρίμανση. Οι περισσότεροι γεωργοί συγκομίζουν το καλαμπόκι όταν έχει υγρασία μικρότερη του 20%. Συνεπώς για την εκλογή του κατάλληλου υβριδίου που θα καλλιεργήσουμε θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα παρακάτω:

- A) Την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η οποία θα καθορίσει την ομάδα πρωιμότητας.
- B) Την αποδοτικότητα και άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά όπως την αντοχή στο πλάγιασμα, τις ασθένειες, τον ρυθμό πτώσης της υγρασίας του από την φυσιολογική ωρίμανση κ.α.
- Γ) Τις διαθέσιμες ποσότητες νερού άρδευσης. Όταν το διαθέσιμο νερό είναι λίγο προτιμούμε υβρίδιο μικρού ή μέσου βιολογικού κύκλου.

1.3. ΓΕΝΕΤΙΚΗ - ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

1.3.1 Γενετική

Το καλαμπόκι είναι ένα από τα πιο εντατικά μελετημένα φυτά όσον αφορά τη γενετική και την κυταροπλασματική. Η μελέτη της γενετικής του καλαμποκιού είναι εύκολη γιατί: 1) το καλαμπόκι καλλιεργείται σε πολλές περιοχές και αποτελεί μια πολύ σημαντική καλλιέργεια από οικονομική άποψη. 2) Αυτογινωμοποιείται ή σταυρογινωμοποιείται πολύ εύκολα. 3) Μια επικονίαση δίνει ένα μεγάλο αριθμό σπόρων. 4) Υπάρχουν πολλά κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, τα οποία παρατηρούνται και μελετούνται εύκολα. 5) Το καλαμπόκι έχει πολλά υπολειπόμενα γονίδια, τα οποία αποκαλύπτονται εύκολα όταν γίνεται αυτογινωμοποίηση ή όταν χρησιμοποιούνται μεταλλαξιογόνα. 6) Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων είναι μικρός $2n=20$. 7) Τα διάφορα χρωμοσώματα αναγνωρίζονται εύκολα με βάση το μήκος τους και την παρουσία κόμβων κατά το μήκος τους. Το γεγονός ότι οι μέθοδοι για την παραγωγή υβριδίων στο καλαμπόκι βασίστηκαν σε αποτελέσματα που αφορούν την κληρονομικότητα, έδωσε αφορμή και για άλλες γενετικές μελέτες στο είδος που αφορούν στη δομή του καλαμποκιού. Αρκετές μεταλλαγμένες μορφές έχουν παραχθεί με μεταλλαξιογόνα ή ακτινοβολίες. Οι γενετικές μεταλλάξεις στο καλαμπόκι έχουν δώσει πάρα πολλές πληροφορίες σχετικά με τη φύση και τον

τρόπο δράσης των γονιδίων. Οι πρώτες μελέτες για το φαινόμενο της ετέρωσης έγιναν στο καλαμπόκι.

1.3.1.1. Πηγές Παραλλακτικότητας

Η γενετική παραλλακτικότητα αποτελεί τη βάση της βελτίωσης. Η προέλευση της γενετικής παραλλακτικότητας σύμφωνα με τους βελτιωτές του καλαμποκιού διακρίνεται σε δυο τύπους: 1) Η φυσική παραλλακτικότητα που μπορεί να προέρχεται από πληθυσμούς ευρείας γενετικής βάσης, από διάφορες εμπορικές ποικιλίες, εγχώριους πληθυσμούς και από βελτιωμένες συνθετικές ποικιλίες. 2) Η δημιουργία τεχνητής παραλλακτικότητας μέσω διασταυρώσεων μεταξύ καθαρών σειρών είτε με το σχηματισμό διασπόμενων πληθυσμών μέσω αυτογονιμοποιήσεων ή τυχαίων διασταυρώσεων.

Τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης των υβριδίων, οι καλά προσαρμοσμένοι τοπικοί πληθυσμοί αποτέλεσαν την κύρια πηγή παραλλακτικότητας. Για την δημιουργία των διπλών υβριδίων, η δειγματοληψία των επιθυμητών φυτών μέσα από τους τοπικούς πληθυσμούς και η ταυτοποίηση των καλύτερων σειρών έθεσαν νέους όρους στην επιλογή και τη βελτίωση των φυτών. Η επιλογή του υλικού εκκίνησης από τους βελτιωτές καθορίζεται από τις δυνατότητες βελτίωσης των γνωρισμάτων που έχουν επιλεγεί σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα (Fountain and Hallauer, 1996). Ως κύρια πηγή γενετικού υλικού, οι βελτιωτές του καλαμποκιού χρησιμοποιούν κυρίως F2 (elite x elite inbred cross), επαναδιασταυρώσεις και συνθετικούς πληθυσμούς (Bauman, 1981). Ο Jenkins (1978) αναφέρει ότι από το 1948 αυξήθηκε η χρήση των F2 και των επαναδιασταυρώμενων πληθυσμών στα βελτιωτικά προγράμματα, με στόχο τη δημιουργία καθαρών σειρών δευτέρου κύκλου, και αυτό είχε ως συνέπεια την αντίστοιχη ταχεία μείωση χρήσης των ελεύθερα εποίκονιαζόμενων πληθυσμών. Οι συνθετικοί πληθυσμοί αποτελούν το γενετικό υλικό εκκίνησης κατά 45% των προγραμμάτων δημιουργίας καθαρών σειρών καλαμποκιού και οι βελτιωτές σχεδιάζουν να αυξήσουν τη χρήση τους (Hallauer, 1990).

Δημόσια και ιδιωτικά χρηματοδοτούμενα προγράμματα βελτίωσης έχουν συμβάλει στη γενετική βελτίωση των υβριδίων καλαμποκιού στις Ηνωμένες Πολιτείες, με πρωτεύοντα στόχο τη βελτίωση των πληθυσμών και δευτερευόντως τη βελτίωση των καθαρών σειρών που προέρχονται μέσα από F2 και επαναδιασταυρώμενους πληθυσμούς (Fountain and Hallauer, 1996). Μεγάλος αριθμός αξιόλογων καθαρών σειρών προέκυψαν από δημόσια χρηματοδοτούμενα βελτιωτικά προγράμματα, όπως από τον πληθυσμό Iowa Stiff Stalk

Synthetic (ISSS) οι καθαρές σειρές B73, B84 κ.α.. Επίσης αξιόλογες καθαρές σειρές προέκυψαν και από ιδιωτικά βελτιωτικά προγράμματα, όπως οι Mo17, Oh43, κ.α. (Duvick, 1980).

Απόδειξη του υψηλού επιπέδου βελτίωσης των πληθυσμών που δημιουργήθηκαν από τους δύο βασικούς φορείς, ήτοι Πανεπιστήμια και ιδιωτικό φορέα, αποτελεί το απλό υβρίδιο μοντέλο που συνδυάζει αυτούς τους πληθυσμούς. Είναι το υβρίδιο B73xMo17 που κυκλοφορεί παγκόσμια ως υβρίδιο με ονομασία που έδωσαν τα διάφορα κρατικά ινστιτούτα που συνεργάζονται με το CIMMYT. Από αυτές τις προαναφερθείσες καθαρές σειρές προέρχονται αρκετές αξιόλογες καθαρές σειρές δευτέρου κύκλου. Για την επιτυχία ενός βελτιωτικού προγράμματος ανακύκλωσης, η επιλογή του γενετικού υλικού εκκίνησης αποτελεί βασική προτεραιότητα (Duvick, 1996). Σήμερα οι βελτιωτές προτιμούν πληθυσμούς με στενή γενετική βάση (Hallauer 1979; Bauman, 1981). Έτσι οι πληθυσμοί αποτελούνται είτε από τις καλύτερες καθαρές σειρές με στενή γενετική βάση, είτε από την F2 γενεά απλών υβριδίων είτε και από επαναδιασταυρώσεις. Αρκετοί ερευνητές πιστεύουν πως σε αυτού του είδους τους πληθυσμούς θα δοθεί μεγάλη έμφαση και στο μέλλον. Οι πληθυσμοί που προέρχονται από ελεύθερα εποικονιαζόμενες τοπικές ποικιλίες και από διπλά υβρίδια είναι λιγότερο σημαντικοί στη δημιουργία καθαρών σειρών.

Οι βελτιωτές φαίνεται πως προσαρμόζουν τη μεθοδολογία της επανεπιλογής (recurrent selection) σε βραχυπρόθεσμο στόχο με την δημιουργία αξιόλογων πληθυσμών με στενή γενετική βάση. Η τάση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τις προηγούμενες προσπάθειες της αξιοποίησης των μεθόδων επανεπιλογής η οποία είχε ως μακροπρόθεσμο στόχο τη δημιουργία πληθυσμών ευρείας γενετικής βάσης και αποσκοπούσε στην ενδεχόμενη αύξηση της γονιδιακής δεξαμενής (Duvick, 1980).

Οι Hallauer και Miranda (1988) σε δημοσίευμα τους υπολόγισαν συνοπτικά την αθροιστική γενετική παραλλακτικότητα για την απόδοση μεταξύ F2 και συνθετικών πληθυσμών. Οι συνθετικοί πληθυσμοί συνήθως σχηματίζονται από δέκα ίσως και περισσότερες καλές καθαρές σειρές που μπορεί να έχουν ή να μην έχουν μεταξύ τους σχέση. Οι ενδείξεις φανερώνουν ότι οι βελτιωτές του καλαμποκιού έδωσαν μεγαλύτερη έμφαση στην επιλογή καθαρών σειρών μέσα από τους F2 πληθυσμούς και λιγότερη βαρύτητα στη στενή γενετική βάση των συνθετικών πληθυσμών (Jenkins 1978; Bauman 1981). Μολονότι αρκετές ενδείξεις βελτιωτικών προγραμμάτων καλαμποκιού δείχνουν πως η γενετική βάση συνεχώς συρρικνώνεται, συνεχίζεται η γενετική προσπάθεια με κατεύθυνση τη δημιουργία νέων υβριδίων

(Duvick 1984; Russell 1991). Επίσης εργασίες από τους Fountain και Hallauer (1996) δείχνουν πως η γενετική παραλλακτικότητα μέσα στους F2 πληθυσμούς ξεπερνά κατά πολύ τους συνθετικούς πληθυσμούς με στενή γενετική βάση και είναι ισοδύναμη με αυτήν στους συνθετικούς πληθυσμούς ευρείας γενετικής βάσης.

Έτσι οι βελτιωτές επικεντρώνονται και κατευθύνουν το έργο τους στον βραχυπρόθεσμο στόχο τους, που είναι η δημιουργία πληθυσμών στενής γενετικής βάσης, πληθυσμοί που αποτελούνται από το πλέον βελτιωμένο γενετικό υλικό. Για την αξιολόγηση διαφορετικών γενετικών υλικών εκκίνησης, όπως διαφορετικών F2, έχει προταθεί δίκτυο διασταυρώσεων (Koutsika-Sotiriou, 1996). Σύμφωνα με το δίκτυο αυτό αξιολογήθηκαν επτά F2 16 πληθυσμοί, προερχόμενοι από απλά εμπορικά υβρίδια που καλλιεργούνταν στη Νότιο Ευρώπη. Οι πληθυσμοί ταξινομήθηκαν με βάση τα παρακάτω κριτήρια: 1) τον ομοζυγωτικό εκφυλισμό που παρουσίασαν στην F2 γενεά, 2) την γενική συνδυαστική ικανότητα σε διασταυρώσεις μεταξύ τους και 3) την ειδική συνδυαστική ικανότητα σε διασταυρώσεις δοκιμής με μια καθαρή σειρά μη συγγενική με τις F2. Τα κριτήρια αυτά εφαρμόστηκαν για να αξιολογήσουν ως υλικά εκκίνησης τα εμπορικά υβρίδια. Θεωρήθηκε πως ήταν εφικτό να αξιολογηθούν τα υβρίδια μέσω της F2 και του δικτύου διασταυρώσεων διότι είναι προσβάσιμα και εύκολα διαθέσιμα σε κάθε βελτιωτή.

1.3.1.2 Αναπαραγωγή

Για να κατανοήσουμε τις μεθόδους βελτίωσης του καλαμποκιού θα πρέπει να ξέρουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επικονίαση και τις επιδράσεις της μεθόδου επικονίασης, όσον αφορά στην χημική σύσταση του φυτού. Το καλαμπόκι είναι μόνοικο φυτό δηλαδή τα αρσενικά άνθη παράγονται στην αρσενική ταξιανθία και τα θηλυκά στην θηλυκή ταξιανθία που εκφύεται πλάγια στο στέλεχος. Στη φύση το ποσοστό της σταυρεπικονίασης είναι πάνω από 95%. Η γονιμοποίηση γίνεται με γύρη που προέρχεται από γειτονικά φυτά. Η γύρη όμως μπορεί να μεταφερθεί με τον αέρα σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι και 1000 μέτρα και γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη φροντίδα στη σποροπαραγωγή γονέων και υβριδίων.

Κάθε αρσενικό λουλούδι έχει 3 στήμονες. Καθώς ανοίγει το λουλούδι οι ανθήρες βγαίνουν προς τα έξω γιατί επιμηκύνεται το νήμα τους. Μετά οι ανθήρες σκάζουν και ελευθερώνεται η γύρη. Ένα φυσιολογικό φυτό μπορεί να παράγει μέχρι και 25 εκατομμύρια

γυρεόκοκκους. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε σπόρο που παράγεται το φυτό παράγει γύρω στους 25.000 γυρεόκοκκους. Η γύρη ελευθερώνεται τις πρωινές ώρες εκτός και εάν τότε επικρατούν δροσερές θερμοκρασίες οπότε μπορεί να καθυστερήσει μέχρι και το μεσημέρι. Ο διασκορπισμός της γύρης δεν πραγματοποιείται στιγμιαία αλλά προοδευτικά σε διάστημα λίγων ωρών μετά την διάρρηξη του ανθήρα. Αρχίζει μία με τρεις μέρες πριν το στίγμα καταστεί υποδεκτικό και συνεχίζεται αρκετές. Αν όμως οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι υψηλές τότε διαρκεί λιγότερο με αποτέλεσμα οι θηλυκές ταξιανθίες οι οποίες ανοίγουν αργά να μην επικονιάζονται. Η παραγωγή γυρεόκοκκων από μία φόβη είναι μεγάλη και αρκεί για την επικονίαση πολλών σπαδικών.

Η ποσότητα της γύρης δεν είναι περιοριστικός παράγοντας για την απόδοση του καρπού. Αξίζει να σημειωθεί ότι το καλαμπόκι είναι ανεμόφιλο φυτό έτσι η γύρη του που είναι αρκετά ελαφριά με τη βοήθεια του ανέμου μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις. Η βλαστικότητα της γύρης διαρκεί για 18-24 ώρες ενώ όταν η ατμόσφαιρα είναι ξηρή τότε η διάρκεια της μειώνεται. Οι στύλοι ενός σπάδικα υπό ευνοϊκές συνθήκες εμφανίζονται και είναι έτοιμοι για γονιμοποίηση σε διάστημα 3-8 ημερών. Η γύρη μπορεί να διατηρηθεί 7 με 10 μέρες, αν οι αρσενικές ταξιανθίες συλλεχθούν λίγο πριν ελευθερωθεί η γύρη και τοποθετηθούν στο ψυγείο. Ο γυρεόκοκκος προσκολλάται στο στίγμα, βλαστάνει, εισέρχεται στο στύλο και επιμηκύνεται με κατεύθυνση την ωοθήκη. Στο άκρο της εκβλάστησης υπάρχουν ο βλαστικός πυρήνας και οι δύο σπερματικοί σωλήνες που εισέρχονται στον εμβρύοσακκο. Ο ένας σπερματικός πυρήνας ενώνεται με το ωοκύτταρο σχηματίζοντας το έμβρυο, ενώ ο δεύτερος ενώνεται με τους δύο πολικούς πυρήνες και παράγεται το ενδοσπέρμιο που είναι τριπλοειδές (διπλή γονιμοποίηση αγγειοσπέρμων).

Αποτέλεσμα της διπλής γονιμοποίησης είναι το φαινόμενο της ξενίας που παρατηρείται στον αραβόσιτο με την εκδήλωση της κυριαρχίας των γονιδίων της γύρης (πατρική κυριαρχία). Το φαινόμενο είναι εμφανές όταν υπάρχει διαφορά μεταξύ των γονέων σε χαρακτηριστικά του ενδοσπερμίου, όπως στο χρώμα ή στη σύστασή του. Υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία κατά την επικονίαση επηρεάζουν δυσμενώς την ικανότητα των στύλων να συγκρατούν και να προωθούν τη βλάστηση των γυρεοκόκκων, αποξηραίνοντας την επιφάνειά τους, με αποτέλεσμα τον μειωμένο αριθμό των γονιμοποιημένων σπερμοβλαστών (Westgate et al., 2004). Δύο εβδομάδες πριν την άνθηση τόσο της φόβης όσο και του σπάδικα το φυτό του καλαμποκιού παρουσιάζει έντονη μεταβολική δραστηριότητα με σκοπό τον εφοδιασμό των ταξιανθιών με τα

απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την παραγωγή των ζωτικών γυρεόκοκκων και των θηλυκών ανθέων.

Μετά τη γονιμοποίηση, ο κόκκος αναπτύσσεται σχηματίζοντας αρχικά ένα γαλακτώδες υγρό πλούσιο σε ζάχαρα που σε διάστημα 15 ημερών μετατρέπεται σε άμυλο. Στη συνέχεια παρατηρείται αφυδάτωση του κόκκου και σκλήρυνσή του. Ένδειξη φυσιολογικής ωρίμανσης στον αραβόσιτο αποτελεί η εμφάνιση μιας ζώνης μαύρου χρωματισμού στον ποδίσκο του κόκκου.

1.3.1.3 Το φαινόμενο της ξενίας

Ξενία είναι η άμεση επίδραση της γύρης στα χαρακτηριστικά του αναπτυσσόμενου κόκκου. Αν γύρη από κίτρινο γονιμοποιήσει άσπρο καλαμπόκι, τότε ο κόκκος που θα προέλθει θα έχει ανοιχτό κίτρινο χρώμα. Όταν η γύρη από άσπρο καλαμπόκι γονιμοποιήσει κίτρινο καλαμπόκι, ο κόκκος θα έχει πάλι κίτρινο αλλά με ενδιάμεση ένταση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο ότι το κίτρινο χρώμα βρίσκεται μόνο στο άμυλο του ενδοσπερμίου. Το ενδοσπέρμιο προέρχεται από σύντηξη του δεύτερου γαμέτη με τον διπλοειδή πολικό πυρήνα και έχει τριπλοειδή χρωμοσωμικό αριθμό. Το κίτρινο χρώμα του ενδοσπερμίου καθορίζεται από το κυρίαρχο γονίδιο Y . Τα υποτελή γονίδια yy παράγουν άσπρο ενδοσπέρμιο. Επειδή το ενδοσπέρμιο δέχεται δύο ομάδες χρωμοσωμάτων από τους πολικούς πυρήνες θα έχει δύο γονίδια για Y ή y , ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μητρικού φυτού προς ένα γονίδιο Y ή y που έρχεται από τη γύρη. Οι διάφοροι δυνατοί συνδυασμοί των γονιδίων Y των πολικών πυρήνων με τα γονίδια για το χρώμα του ενδοσπερμίου και τη γύρη και η επίδραση της ξενίας στο χρώμα του ενδοσπερμίου δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.5. Το φαινόμενο της ξενίας στο ενδοσπέρμιο του καλαμποκιού

Γονίδια στους πολικούς πυρήνες	Γονίδια από την γύρη	Ενδοσπέρμιο Γονότυπος-Φαινότυπος
YY	Y	YYY έντονο κίτρινο
Yy	Y	YYy ενδιάμεσο κίτρινο
yy	Y	Yyy ανοιχτό κίτρινο

YY	Y	y y y άσπρο
----	---	-------------

Επίσης υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά του ενδοσπερμίου που παρουσιάζουν το φαινόμενο της ξενίας, όπως το αμυλώδες ή το ζαχαρώδες, το συρρικνωμένο και το κηρώδες ή μη κηρώδες ενδοσπέρμιο.

1.3.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ

1.3.2.1 Μέθοδοι βελτίωσης

Η βελτίωση πληθυσμών και ειδικότερα η μαζική επιλογή, ήταν ο μόνος τρόπος βελτίωσης που εφαρμόζονταν στο καλαμποκι επί αιώνες. Σήμερα εξακολουθεί να θεωρείται το πρώτο απαραίτητο βήμα κάθε βελτιωτικού προγράμματος, γιατί είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος για απομάκρυνση των εκφυλιστικών γονιδίων που πάντα υπάρχουν σε ένα πληθυσμό καλαμποκιού. Σκοπός είναι η αύξηση της συχνότητας των καλών χαρακτηριστικών, ενώ συγχρόνως προσέχουμε να μη χαθεί και η γενετική παραλλακτικότητα του πληθυσμού. Το ποια θα είναι τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα σ' αυτό το πρώτο στάδιο, εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο υλικό και από την απόφαση του βελτιωτή, ο οποίος θα πρέπει να ξέρει καλά τις συνθήκες της περιοχής. Ο κατάλογος των χαρακτηριστικών αυτών είναι μακρύς. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα από αυτά που θα ενδιέφεραν τους Έλληνες παραγωγούς: Κατάλληλη πρωιμότητα, αντοχή στη ξηρασία και τον καύσωνα, αντοχή στο πλάγιασμα, στις ασθένειες (φουζάριο, άνθρακες), στα έντομα, καλή εμφάνιση σπάδικα (μέγεθος, χαμηλό ύψος, κάλυψη από τα βράκτια, γωνία πρόσφυσης), καλή αξιοποίηση αζώτου, καλή ποιότητα σπόρου. Όλα αυτά θα πρέπει να προσεχθούν σε συνδυασμό πάντα με την καλή απόδοση που είναι και ο κύριος στόχος. Έχει αποδειχθεί ότι η απόδοση των υβριδίων είναι ανάλογη με την απόδοση του πληθυσμού από τον οποίο προέρχονται οι καθαρές σειρές που συμμετέχουν στο υβρίδιο.

Οι παράγοντες που επηρέασαν σημαντικά την βελτίωση του καλαμποκιού είναι τρεις (Hallauer, 1987; Russell et al., 1988). 1) Η ανάπτυξη της ποσοτικής γενετικής θεωρίας και η εφαρμογή της στους πληθυσμούς, 2) η περαιτέρω ανάπτυξη των πειραματικών σχεδίων και

ανάλυσης των δεδομένων και 3) η ανάπτυξη μεθόδων επιλογής που αυξάνουν την συχνότητα των επιθυμητών αλληλόμορφων για σύνθετα χαρακτηριστικά.

Μετά την επιλογή του αρχικού πληθυσμού και των χαρακτηριστικών προς βελτίωση, αποφασίζεται και η μέθοδος της βελτίωσης που πρόκειται να ακολουθηθεί. Ο βελτιωτής έχει να επιλέξει μεταξύ δεκάδων μεθόδων, που μπορούν να καταταγούν στις εξής κατηγορίες:

α) Μέθοδοι Μαζικής επιλογής. Εδώ ανήκουν η κλασική μαζική, που συνίσταται στην φαινοτυπική επιλογή σπαδικών, ανάμιξη του σπόρου, επόμενη γενεά. Θεωρείται ότι δεν μπορεί να βελτιώσει την απόδοση. Σύμφωνα με μια εκδοχή αυτό οφείλεται στην επίδραση του περιβάλλοντος και στην απουσία ελέγχου της γύρης. Μερικοί ερευνητές αναφέρουν ως αιτία και την μείωση της παραλλακτικότητας λόγω μακράς χρήσης των ίδιων υλικών. Για να ελεγχθεί η επισκιαστική δράση του περιβάλλοντος ο Gardner πρότεινε μία τροποποίηση. Διαίρεσε την έκταση σε τμήματα των 40 φυτών, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Γενικά η μαζική επιλογή χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια βελτίωσης ενός πληθυσμού που εισήχθη ή δημιουργήθηκε πρόσφατα και είναι αποτελεσματική κυρίως για χαρακτηριστικά όπως πρωιμότητα, αντοχές, ύψος σπάδικα κ.λ.π.

β) Μέθοδοι σπάδικας σε γραμμή. Χρησιμοποιήθηκε και αυτή πολύ νωρίς (από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα) και για πολλούς αποτελεί παραλλαγή της μαζικής επιλογής. Συνίσταται στη σπορά σε μια γραμμή σπόρων από καθένα από τους σπάδικες που επιλέγηκαν κατά το προηγούμενο έτος, ενώ φυλάσσετε ο υπόλοιπος σπόρος. Αφού συγκριθούν φαινοτυπικά οι απόγονοι καθενός από τα επιλεγέντα φυτά, μίγμα του αρχικού σπόρου χρησιμοποιείται για την επόμενη γενεά (διετής κύκλος). Η τροποποίηση που πρότεινε ο Lonnquist συνίσταται στην σπορά τριών επαναλήψεων των απογονικών φυτών που επιλέγονται, μία σε κάθε τοποθεσία. Στην κύρια τοποθεσία, η οποία πρέπει να έχει απομόνωση, σπέρνονται ενδιάμεσα γραμμές με μίγμα σπόρου από όλα τα επιλεγέντα φυτά, σε αναλογία 2:1 και λίγο πριν την άνθηση αφαιρούνται οι αρσενικές ταξιανθίες από τα υπόλοιπα προς επιλογή φυτά. Έτσι δίνεται η ευκαιρία για ανασυνδυασμό και έλεγχο της γύρης.

γ) Μέθοδοι επανεπιλογής. Βασικές αρχές όλων των παραλλαγών που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι οι παρακάτω: I) Σχηματισμός απογόνων με τις κατάλληλες αυτογονιμοποιήσεις ή διασταυρώσεις από ικανό αριθμό φυτών (π. χ. 200) του αρχικού πληθυσμού κατά το πρώτο έτος. II) Αξιολόγηση των απογόνων που δημιουργήσαμε σε κανονικά πειράματα με επαναλήψεις και ενδεχομένως και τοποθεσίες κατά το δεύτερο έτος. III) Ανασυνδυασμός των επιλεγέντων από

την αξιολόγηση φυτών για τη δημιουργία του επόμενου κύκλου κατά το τρίτο έτος. Σε ορισμένες περιπτώσεις μετά την αξιολόγηση απαιτείται αυτογονιμοποίηση και εν συνεχεία ανασυνδυασμός, οπότε ο κύκλος γίνεται τετραετής. Αμοιβαία επανεπιλογή, όταν βελτιώνονται συγχρόνως δύο πληθυσμοί. Ανάλογα κυρίως με τον τρόπο σχηματισμού των απογόνων οι μέθοδοι της επανεπιλογής διακρίνονται σε: TM

i) Απλή επανεπιλογή, όταν χρησιμοποιούνται φυτά από τον ίδιο πληθυσμό σαν δοκιμαστές. Αυτή μπορεί να είναι είτε ημισυγγενική (Half-Sib, HS), είτε ολοσυγγενική (Full-Sib, FS), ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται μίγμα γύρης, είτε γύρη από επιλεγμένα φυτά του πληθυσμού. Και πάλι μπορεί να είναι είτε S1, είτε S2, ανάλογα με το αν αξιολογούνται απόγονοι της S1, ή αν η αξιολόγηση αναβάλλεται για την επόμενη S2 γενεά. TM

ii) Επαναλαμβανόμενη επανεπιλογή για Γενική Συνδυαστική Ικανότητα (ΓΣΙ), όταν ο δοκιμαστής είναι πληθυσμός, ή συνθετική ποικιλία ή ακόμη και διπλό υβρίδιο (ευρείας γενετικής βάσης).

iii) Επαναλαμβανόμενη επανεπιλογή για Ειδική Συνδυαστική Ικανότητα (ΕΣΙ), όταν ο δοκιμαστής είναι καθαρή σειρά ή απλό υβρίδιο (στενής γενετικής βάσης).

iv) Αμοιβαία επανεπιλογή, όταν βελτιώνονται συγχρόνως δύο πληθυσμοί, όπου ο ένας θεωρείται σαν δοκιμαστής του άλλου. Καταγωγή από ένα σπόρο, όταν η αξιολόγηση αναβάλλεται μέχρι την δημιουργία προχωρημένης γενεάς.

Ο Fasoulas (1988) αναφέρει ότι τα σχήματα επανεπιλογής παρουσιάζουν αδυναμίες γιατί α) η επιλογή των φυτών που χρησιμοποιούνται στις κριτικές διασταυρώσεις γίνεται οπτικά και πριν αυτά φτάσουν στην ωριμότητα, β) δεδομένου ότι βασίζονται στη συνδυαστική ικανότητα και την ετέρωση συμβάλλουν στη διατήρηση των εκφυλιστικών γονιδίων, κάτι που γίνεται φανερό από το μεγάλο βαθμό ομοζυγωτικού εκφυλισμού που εμφανίζουν οι F2 γενεές των υβριδίων, γ) η ανάμιξη των σπόρων και οι διασταυρώσεις μεταξύ των επιλεγέντων φυτών, που εφαρμόζονται για να αποτραπεί ο ομοζυγωτικός εκφυλισμός και η γενετική εκτροπή, εμποδίζουν την αξιοποίηση των αθροιστικών γονιδίων και τη μεγιστοποίηση της γενετικής προόδου, δ) το υλικό που χρησιμοποιείται για την απογονική αξιολόγηση δεν υπόκειται σε άμεση επιλογή, αλλά η επιλογή εφαρμόζεται μόνο στους απογόνους που προκύπτουν από τον υπολειπόμενο σπόρο και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι σε κάθε κύκλο υπάρχουν χρονιές που δεν εφαρμόζεται επιλογή, οδηγούν σε μειωμένη μέση ετήσια πρόοδο και ε) δεν αντιμετωπίζουν τις αρνητικές

επιδράσεις του ανταγωνισμού, της εδαφικής ετερογένειας και της αλληλεπίδρασης γενοτύπου – περιβάλλοντος.

Ο Fasoulas (1973, 1977) πρότεινε τα κυψελωτά σχέδια για την αξιολόγηση των ποσοτικών χαρακτηριστικών με βάση το μεμονωμένο φυτό, όπου τα φυτά βρίσκονται μεταξύ τους σε μεγάλες αποστάσεις και σε άριστες συνθήκες ανάπτυξης στο χωράφι (Bos, 1983; Robertson and Frey, 1987). Τα κυψελωτά σχέδια επιχειρούν να λύσουν το πρόβλημα της ετερογένειας του εδάφους. Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή κάθε φυτό συγκρίνεται με τα έξι γειτονικά φυτά από τα οποία περιβάλλεται και επιλέγεται μόνο αν τα ξεπερνάει σε απόδοση. Η επιθυμητή πίεση επιλογής καθορίζεται από τον αριθμό των εξαγώνων που λαμβάνονται υπόψη κατά την σύγκριση. Όταν κατά την διαδικασία επιλογής ένα φυτό περιβάλλεται από έξι φυτά, τότε η ένταση επιλογής είναι 14,3%. Το κάθε φυτό τοποθετείται στο κέντρο του εξαγωνικού δακτυλίου και αξιολογείται σε σχέση με τα φυτά του δακτυλίου, ο δακτύλιος είναι κινητός (Jensen, 1988; Borojevic, 1990) κάτι που διακρίνει τα κυψελωτά σχέδια από τις ομάδες (τα Grids) του Gardner (1961). Συνεπώς στα κυψελωτά σχέδια μονάδα αξιολόγησης και επιλογής σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα είναι το ατομικό φυτό και όχι το πειραματικό τεμάχιο. Στα κυψελωτά εφαρμόζεται μόνο μαζική και γενεαλογική επιλογή. Η επιλογή με βάση την απόδοση του ατομικού φυτού εφαρμόστηκε από την F₂ γενεά σε διασταυρώσεις με υψηλή ετέρωση (Onenanyoli and Fasoulas, 1989). Η κυψελωτή μαζική ή γενεαλογική επιλογή έχει στόχο την μείωση των εκφυλιστικών γονιδίων και την αξιοποίηση της αθροιστικής δράσης. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την δημιουργία μονογενοτυπικής ποικιλίας που θα φέρει όλα τα επιθυμητά γονίδια (Fasoulas, 1988).

δ) Ετέρωση και εκφυλισμός: Με τους όρους αυτούς εννοούμε την απόκτηση ευρωστίας (υβριδισμός) με την διασταύρωση και το αντίθετο φαινόμενο της μείωσης της ευρωστίας με την αυτογονιμοποίηση (ομομειξία). Το φαινόμενο παρουσιάζεται πολύ έντονο στο καλαμπόκι. Για την εξήγησή του, έχουν προταθεί δύο θεωρίες: Η θεωρία της κυριαρχίας δέχεται ότι το φαινόμενο μπορεί να εξηγηθεί με βάση τους νόμους του Mendel. Η θεωρία αυτή έχει ένα αδύνατο σημείο, το ότι θεωρητικά θα έπρεπε να είχαν αναπτυχθεί τόσο υψηλοαποδοτικές καθαρές σειρές στο καλαμπόκι, που να συναγωνίζονται τα υβρίδια. Έτσι αναπτύχθηκε η θεωρία της υπερκυριαρχίας που δέχεται ότι τον κύριο ρόλο παίζουν γονίδια που εκδηλώνουν υπερκυρίαρχη ή επιστατική δράση, με αποτέλεσμα την υπεροχή των ετεροζύγωντων ατόμων. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ακόμη καμία οριστική ένδειξη που να στηρίζει κάποια από τις δύο

θεωρίες για την ερμηνεία της γενετικής βάσης της ετέρωσης. Αυτό όμως δεν εμπόδισε τους βελτιωτές να εκμεταλλευθούν το φαινόμενο και να φθάσουμε στα σημερινά επιτεύγματα με την χρήση των αποδοτικών απλών υβριδίων.

Η δημιουργία των καθαρών σειρών γίνεται συνήθως με μία σειρά από αυτογονιμοποιήσεις, όπου κάθε φορά η ετεροζυγωτία μειώνεται κατά 50%. Έτσι ακόμη και στην περίπτωση που θα ξεκινήσουμε με 100% ετεροζύγωτα άτομα, μετά από 6 γενεές αυτογονιμοποίησης αυτή θα έχει μειωθεί στο 1,06%. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας δημιουργίας καθαρών σειρών, απαιτείται συγχρόνως και επιλογή. Οι περισσότεροι βελτιωτές στο κρίσιμο αυτό στάδιο επιλέγουν τα υλικά με βάση την συνδυαστική τους ικανότητα, δηλαδή ενδιαφέρονται οι καθαρές σειρές τους να δίνουν καλούς απογόνους κυρίως και δευτερευόντως για τον φαινότυπο των ίδιων των καθαρών σειρών. Έτσι καταφεύγουν και πάλι σε κάποια από τις μεθόδους επανεπιλογής με την χρήση των δοκιμαστών. Οι δοκιμαστές κρίνονται απαραίτητοι γιατί είναι αδύνατο να σχηματισθούν και πολύ περισσότερο να αξιολογηθούν όλες οι δυνατές διασταυρώσεις στα πρώτα στάδια, όπου ο αριθμός των υλικών είναι πολύ μεγάλος. Η επιλογή συνήθως αρχίζει από την δεύτερη ή τρίτη γενεά, αλλά μερικοί βελτιωτές προτιμούν την έναρξη της επιλογής από την πρώτη γενεά (early testing). Πολλοί χρησιμοποιούν για δοκιμαστή δοκιμασμένη ένα πληθυσμό, ενώ άλλοι προτιμούν μια καλή καθαρή σειρά, οπότε είναι δυνατόν να επιτύχουν τον δεύτερο γονέα ενός παραγωγικού απλού υβριδίου σε συντομότερο διάστημα. Άλλοι εφαρμόζουν την αμοιβαία επανεπιλογή, χρησιμοποιώντας υλικά που είναι γνωστό ότι συνδυάζονται καλά μεταξύ τους με σκοπό να έχουν στο τέλος και τις δύο σειρές του υβριδίου.

Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως οι καθαρές σειρές που επιβιώνουν από την επιλογή με βάση την συνδυαστικότητά τους με τον δοκιμαστή, εισέρχονται σε μία σειρά διαλληλικών ή τυχαίων διασταυρώσεων, μεταξύ των καθαρών σειρών που προκύπτουν από το πρόγραμμα και αυτών με άλλες που δημιουργήθηκαν παλαιότερα, για τον εντοπισμό του καλύτερου συνδυασμού. Τα υβρίδια που παίρνουμε από τις διασταυρώσεις αυτές, δοκιμάζονται σε πειράματα αξιολόγησης, που αποτελούν ίσως το δαπανηρότερο, αλλά απαραίτητο τμήμα του βελτιωτικού προγράμματος. Σε πρώτη φάση γίνονται συνήθως τα προκαταρκτικά πειράματα αξιολόγησης, με τα οποία απορρίπτουμε μεγάλο αριθμό υβριδίων με πειραματισμό σε δύο ή τρεις επαναλήψεις και περιορισμένο αριθμό περιβαλλόντων (τοποθεσίες ή/και έτη). Τα υβρίδια που απομένουν, αφού ξαναδημιουργηθούν με πολλαπλάσια ποσότητα σπόρου, δοκιμάζονται σε προχωρημένα πειράματα αξιολόγησης, όπου απαιτούνται περισσότερες επαναλήψεις και

περιβάλλοντα. Εδώ πολλές φορές ίσως χρειάζεται να προκληθούν και τεχνικές συνθήκες περιορισμού ή έλλειψης κάποιου περιβαλλοντικού παράγοντα, εφόσον το απαιτεί το αντικείμενο του προγράμματος βελτίωσης.

Αυτή είναι η τυπική (standard) μέθοδος για τη δημιουργία καθαρών σειρών, που ονομάζεται και οικογενειακή επιλογή. Με αυτή τη μέθοδο δημιουργήθηκαν αρχικά πολλές χρήσιμες καθарές σειρές από πληθυσμούς. Αργότερα τους πληθυσμούς αντικατέστησαν οι F2 διασταυρώσεων, μεταξύ καθαρών σειρών που είχαν καλή συνδυαστικότητα. Η αναδιασταύρωση (backcrossing), είναι μια παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου, όπου αντί να χρησιμοποιήσουμε γύρη από το ίδιο το φυτό, χρησιμοποιούμε την γύρη από την καθαρή σειρά που είναι ο επαναλαμβανόμενος γονέας. Σκοπός μας σ' αυτή τη περίπτωση είναι η μεταφορά ενός επιθυμητού χαρακτηριστικού σε καθαρή σειρά. Η επιλογή γαμετών είναι μία μέθοδος που σκοπεύει στην βελτίωση μιας υπάρχουσας καθαρής σειράς από τυχαία γύρη. Ειδικές τεχνικές όπως ο διπλασιασμός των χρωμοσωμάτων απλοειδών φυτών, τα οποία είτε βρίσκονται στη φύση (σπανίως), είτε προκαλείται ο σχηματισμός τους στο εργαστήριο με την καλλιέργεια γαμετών ή ωαρίων, ακόμη και η πρόκληση σωμακλωνικής παραλλακτικότητας με καλλιέργεια διαφόρων ιστών από καθарές σειρές (με σκοπό την επιλογή και βελτίωσή τους χωρίς να προηγηθεί διασταύρωση) έχουν προταθεί κατά καιρούς, αλλά δεν εφαρμόζονται σε μεγάλη έκταση.

1.3.2.2 Γνωρίσματα για βελτίωση

Η απόδοση σε καρπό είναι το σημαντικότερο οικονομικά γνώρισμα στην βελτίωση του καλαμποκιού, για τον λόγο αυτό η επιλογή ως προς το γνώρισμα της απόδοσης αποτελεί βασικό στόχο των βελτιωτών. Η διάκριση των γενοτυπικών διαφορών για το γνώρισμα της απόδοσης είναι περιορισμένη λόγω της απρόβλεπτης επίδρασης του περιβάλλοντος (Hallauer et al., 1988). Παράλληλα ενδιαφέρουν και άλλα χαρακτηριστικά, τα οποία εξυπηρετούν έμμεσα τον ίδιο σκοπό ή διευκολύνουν την εκμετάλλευση στην αντιμετώπιση ειδικών συνθηκών και στη μείωση του κόστους παραγωγής καθώς και την καλυτέρευση της ποιότητας.

1. Απόδοση

Η στρεμματική απόδοση διαμορφώνεται από πλήθος χαρακτηριστικών τόσο γενετικών όσο και οικολογικών (περιβάλλον, καλλιεργητικές φροντίδες). Είναι ένας σύνθετος χαρακτήρας του

φυτού. Η απόδοση αυξάνει με τη βελτίωση και τον κατάλληλο χειρισμό των συντελεστών της παραγωγικότητας, δηλαδή αυτών που επηρεάζουν τη φυσιολογική λειτουργία του φυτού σε συνδυασμό με το περιβάλλον της αναπτύξεώς του. Η απόδοση αφορά το καρπό ή τη χλωρή μάζα ή επιμέρους συστατικά αυτών, ανάλογα με τις επιδιώξεις. Έτσι για παράδειγμα ενδιαφέρει το συνολικό ποσό καρπού αλλά και το ποσό και το είδος της παραγόμενης πρωτεΐνης.

2. Ποιότητα

Η ποιότητα του προϊόντος είναι όπως και η απόδοση, πολύπλοκο χαρακτηριστικό που αφορά τον καρπό και τα λοιπά προϊόντα. Κυρίως ενδιαφέρει το ποσοστό και το είδος της πρωτεΐνης.

3. Προσαρμοστικότητα

Η προσαρμογή στο περιβάλλον (οικολογικό, καλλιεργητικές φροντίδες) αναφέρεται σε πλήθος επιμέρους γνωρίσματα από τα οποία σπουδαιότερα είναι :

α) Πρωιμότητα ή βλαστική περίοδος. Υπάρχουν υβρίδια που χρειάζονται 11 μήνες ενώ έχουν δημιουργηθεί άλλα που τους αρκούν 2 μήνες από την σπορά για να ωριμάσουν τον καρπό τους. Έτσι μπορεί να καλυφθεί ευρύτατο φάσμα οικολογικών συνθηκών από την τροπική ζώνη μέχρι τα βόρεια πλάτη και τα υψηλά οροπέδια. Τα πρώιμα υβρίδια αποφεύγουν τις όψιμες παγωνιές και συγκομίζονται με ευνοϊότερες καιρικές συνθήκες και λιγότερη υγρασία ώστε να αποθηκεύονται ασφαλέστερα και να μην έχουν ανάγκη ξηράνσεως, πράγμα που επιβαρύνει το κόστος παραγωγής. Στην περίπτωση καλλιέργειας για χλωρή τροφή χρησιμοποιούνται σχετικώς οψιμότερα υβρίδια.

β) Αξιοποίηση γονιμότητας εδάφους. Τα παραγωγικά υβρίδια έχουν υψηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, αλλά αξιοποιούν αυτά πλησιέστερα και οικονομικότερα.

γ) Αντοχή στο ψύχος. Σχετίζεται με τις απαιτήσεις σε βλαστική περίοδο.

δ) Αντοχή στην ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες. Σχετίζεται με την παραγωγικότητα στα θερμά και ξηρά κλίματα.

ε) Αντοχή στα έντομα, τις ασθένειες, το πλάγιασμα, στην πτώση των σπαδικών κ.α. Η αντοχή στο πλάγιασμα και στην πτώση των σπαδικών σχετίζεται με αντοχή στις ασθένειες και στα έντομα. Η αντοχή στις ασθένειες και στα έντομα αποτελεί τον ασφαλέστερο και οικονομικότερο τρόπο προστασίας των φυτών.

στ) Κάλυψη σπάδικα με τα βράκτια φύλλα. Προστατεύεται το φάγωμα του καρπού από τα πτηνά ή ζημιές από το βρέξιμο του καρπού.

ζ) Καταλληλότητα για μηχανική συλλογή. (Καλτσίκη, 1992).

1.3.2.3 Βελτιωτικά προγράμματα μεγάλων εταιριών

Οι μεγάλες γεωργικές εταιρείες ακολουθούν πολύπλοκα και πολυδιάστατα βελτιωτικά προγράμματα για τη δημιουργία νέων υβριδίων καλαμποκιού. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν παραδοσιακές και σύγχρονες βιοτεχνολογικές μεθόδους, καθώς και καινοτόμες τεχνικές αξιοποίησης δεδομένων και τεχνητής νοημοσύνης. Ακολουθεί μια πιο αναλυτική περιγραφή των πρακτικών και των στρατηγικών που χρησιμοποιούν αυτές οι εταιρείες.

1. Γενετική Βελτίωση μέσω Διασταυρώσεων

Επιλογή Γονεϊκών Γραμμών (Parental Selection):

1. Συλλογή και δοκιμή γονεϊκών γραμμών: Η διαδικασία ξεκινά με την επιλογή γονικών στελεχών που διαθέτουν επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως ανθεκτικότητα σε ασθένειες, υψηλή απόδοση, και προσαρμοστικότητα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες.

2. Διασταύρωση (Cross-Pollination): Τα επιλεγμένα γονικά στελέχη διασταυρώνονται με ελεγχόμενη επικονίαση. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη συλλογή γύρης από το ένα γονικό στέλεχος και την τοποθέτησή της στα θηλυκά άνθη του άλλου στελέχους.

3. Ανάπτυξη και επιλογή (Development and Selection): Οι σπόροι που παράγονται από τη διασταύρωση φυτεύονται και τα φυτά που αναπτύσσονται αξιολογούνται για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Αυτή η φάση μπορεί να διαρκέσει αρκετές γενιές για να σταθεροποιηθούν τα χαρακτηριστικά.

4. Δοκιμές απόδοσης (Performance Trials): Τα επιλεγμένα υβρίδια υποβάλλονται σε δοκιμές απόδοσης σε πολλαπλές τοποθεσίες και υπό διάφορες συνθήκες καλλιέργειας. Αυτές οι δοκιμές βοηθούν στην αξιολόγηση της ανθεκτικότητας και της αποδοτικότητας των υβριδίων.

5. Παραγωγή σπόρων (Seed Production): Τα υβρίδια που πληρούν τα κριτήρια επιλογής πολλαπλασιάζονται για την παραγωγή σπόρων που θα χρησιμοποιηθούν για καλλιέργεια. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη διατήρηση της γενετικής καθαρότητας και της ποιότητας των σπόρων.

6. Διανομή και καλλιέργεια (Distribution and Cultivation): Οι σπόροι των υβριδίων διανέμονται στους αγρότες και καλλιεργούνται σε εμπορική κλίμακα. Οι αγρότες λαμβάνουν οδηγίες για τις βέλτιστες πρακτικές καλλιέργειας των νέων υβριδίων.

2. Χρήση βιοτεχνολογίας και γενετικής Μηχανικής

α) Γενετική τροποποίηση (GMOs):

- Εισαγωγή γενετικών τροποποιήσεων: Χρήση τεχνικών γενετικής τροποποίησης για την εισαγωγή γονιδίων που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα ή εντομοκτόνα.
- Έλεγχος ασφάλειας και απόδοσης: Διεξαγωγή εκτεταμένων δοκιμών για την αξιολόγηση της ασφάλειας και της απόδοσης των γενετικά τροποποιημένων υβριδίων (Bennetzen and Hake, 2009).

β) CRISPR/Cas9:

- Ακριβής επεξεργασία γονιδιώματος: Χρήση της τεχνολογίας CRISPR για την ακριβή επεξεργασία του γονιδιώματος και την εισαγωγή ή αφαίρεση γονιδίων που σχετίζονται με επιθυμητά χαρακτηριστικά.
- Ανάπτυξη στοχευμένων τροποποιήσεων: Εστίαση σε συγκεκριμένα γονίδια που βελτιώνουν την ανθεκτικότητα σε ασθένειες ή την απόδοση (Fernie and Yan, 2019).

3. Ανάλυση γονιδιώματος και μαζική γενετική ανάλυση:

α) Σήμανση με μοριακούς δείκτες

- Χρήση μοριακών δεικτών: Εντοπισμός και παρακολούθηση συγκεκριμένων γονιδίων μέσω μοριακών δεικτών για την επιτάχυνση της διαδικασίας βελτίωσης.
- Ανάλυση QTL: Χρήση ποσοτικών χαρακτηριστικών θέσεων (QTL) για την ταυτοποίηση γονιδίων που σχετίζονται με σημαντικά αγρονομικά χαρακτηριστικά (Xu et al., 2012).

β) Ανάλυση γονιδιώματος

- Αλληλούχηση γονιδιώματος: Πλήρης αλληλούχηση του γονιδιώματος των γονεϊκών γραμμών και των υβριδίων για την αναγνώριση σημαντικών γονιδίων και αλληλουχιών.

- Συγκριτική γονιδιωματική: Συγκριτική ανάλυση γονιδιωμάτων για την αναγνώριση διαφορών που σχετίζονται με την ανθεκτικότητα και την απόδοση. (Moose and Mumm, 2008).

4. Φαινοτυπική αξιολόγηση και πολλαπλές δοκιμές

α) Πειράματα αγρού:

- Πολυτοπικές δοκιμές: Διεξαγωγή πειραμάτων σε διάφορες γεωγραφικές τοποθεσίες και περιβαλλοντικές συνθήκες για την αξιολόγηση της απόδοσης των υβριδίων.
- Διαχρονική αξιολόγηση: Παρακολούθηση των υβριδίων σε πολλαπλές καλλιεργητικές περιόδους για την αξιολόγηση της σταθερότητας και της ανθεκτικότητας τους.

β) Ανάλυση Φαινοτύπων

- Συλλογή δεδομένων: Καταγραφή δεδομένων σχετικά με την ανάπτυξη, την άνθηση, την απόδοση, την αντοχή σε ασθένειες και παράσιτα, και την ποιότητα των προϊόντων.
- Στατιστική ανάλυση: Χρήση στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων και την αξιολόγηση των διαφορών στην απόδοση.

5. Χρήση δεδομένων και τεχνητής νοημοσύνης

α) Συλλογή δεδομένων:

- Αισθητήρες και συστηματικές καταγραφές: Χρήση αισθητήρων και άλλων τεχνολογιών καταγραφής για τη συλλογή μεγάλων όγκων δεδομένων από τις καλλιέργειες.
- Δορυφορική παρακολούθηση: Χρήση δορυφορικών εικόνων για την παρακολούθηση της ανάπτυξης και της υγείας των καλλιεργειών.

β) Ανάλυση δεδομένων:

- Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση: Χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης για την ανάλυση των δεδομένων και την αναγνώριση μοτίβων που σχετίζονται με υψηλή απόδοση και ανθεκτικότητα.
- Προγνωστικά Μοντέλα: Ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων για την εκτίμηση της απόδοσης και της ανθεκτικότητας των υβριδίων σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

6. Εξωτερικές Συνεργασίες

α) Συνεργασία με πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα:

- Κοινές Έρευνες: Συνεργασία με ακαδημαϊκά ιδρύματα και ερευνητικά κέντρα για την ανταλλαγή γνώσεων και την πρόσβαση σε εξειδικευμένες τεχνολογίες και τεχνογνωσία.
- Κοινοπραξίες: Συμμετοχή σε διεθνείς κοινοπραξίες για την προώθηση της έρευνας και της ανάπτυξης νέων υβριδίων.

β) Συνεργασία με αγρότες:

- Πρακτική αξιολόγηση: Συνεργασία με αγρότες για τη δοκιμή των υβριδίων στους αγρούς τους και την αξιολόγηση της πρακτικής εφαρμοσιμότητας.
- Ανάδραση από αγρότες: Συλλογή ανατροφοδότησης από τους αγρότες σχετικά με την απόδοση, την αντοχή και την ποιότητα των υβριδίων.
- Εκπαίδευση και υποστήριξη: Παροχή εκπαίδευσης και υποστήριξης στους αγρότες για την καλλιέργεια και τη διαχείριση των υβριδίων.

1.3.3 Σποροπαραγωγή

1.3.3.1 Έννοια και χρησιμότητα σποροπαραγωγής

Ως σποροπαραγωγή καλλιεργούμενων φυτών ορίζουμε την διαδικασία παραγωγής καθαρού και υγιούς σπόρου. Ο καθαρός σπόρος αποτελεί καθοριστική προϋπόθεση για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και τη διασφάλιση της ανώτερης ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Σκοπός της σποροπαραγωγής είναι η αναπαραγωγή νέων ποικιλιών, η επάρκεια σε σπόρο των ήδη καλλιεργούμενων ποικιλιών και η ανανέωση του σπόρου παλαιότερων ποικιλιών. Επιπλέον, συμβάλει έμμεσα και στη διάδοση βελτιωμένων τεχνικών καλλιέργειας καθώς σε περιοχές στις οποίες υπάρχουν αγροί σποροπαραγωγής, παρατηρούνται αυξημένες στρεμματικές αποδόσεις για το συγκεκριμένο είδος.

1.3.3.2 Σποροπαραγωγή καλαμποκιού στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η σποροπαραγωγή διενεργείται από ιδιωτικές επιχειρήσεις και ερευνητικά ιδρύματα και εποπτεύεται από το υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Τα ΤΑΑΕ

(Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης και Ελέγχου) που εδρεύουν στις κατά τόπους διευθύνσεις, έχουν ως αρμοδιότητα τον έλεγχο και την πιστοποίηση του πολλαπλασιαστικού υλικού. Ο διεθνής οργανισμός I.S.T.A ασχολείται με την πιστοποίηση της ποιότητας των σπόρων, καθορίζει τα ποιοτικά κριτήρια και περιγράφει τις μεθόδους για τη σωστή δειγματοληψία, τη σφράγιση και την αξιολόγηση των σπόρων για να εκδοθεί ένα πιστοποιητικό.

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία οι σπόροι σποράς που υπόκεινται σε προδιαγραφές ορίζονται ως:

Ποικιλία ελεύθερης γονιμοποίησης: ποικιλία επαρκώς ομοιογενής και σταθερή.

Καθαρή σειρά: σειρά επαρκώς ομοιογενής και σταθερή, επιτευχθείσα είτε με τεχνητή αυτογονιμοποίηση συνοδευόμενη από επιλογή επί πολλών διαδοχικών γενεών, είτε με ισοδύναμες μεθόδους.

Απλό υβρίδιο: η πρώτη γενεά διασταυρώσεως μεταξύ δύο καθαρών σειρών, προσδιοριζόμενα από το δημιουργό.

Διπλό υβρίδιο: η πρώτη γενεά διασταυρώσεως μεταξύ δύο απλών υβριδίων

Υβρίδιο τριών σειρών: η πρώτη γενεά διασταυρώσεως μεταξύ μιας καθαρής σειράς και ενός απλού υβριδίου.

Υβρίδιο Top Cross: η πρώτη γενεά διασταυρώσεως μεταξύ μιας καθαρής σειράς ή ενός απλού υβριδίου και μίας ποικιλίας ελεύθερης γονιμοποίησης.

Διαποικιλιακό υβρίδιο: η πρώτη γενεά διασταυρώσεως, προσδιοριζόμενης από το δημιουργό, μεταξύ φυτών εκ βασικών σπόρων προς σπορά δύο ποικιλιών ελεύθερης γονιμοποίησης.



Εικόνα 1.15. Φυτό καλαμποκιού μετά το πέρας της γονιμοποίησης. Διακρίνεται η αρσενική και η θηλυκή ταξιανθία.

1.3.3.3 Μέτρα προστασίας (απομόνωσης) του σποροαγρού

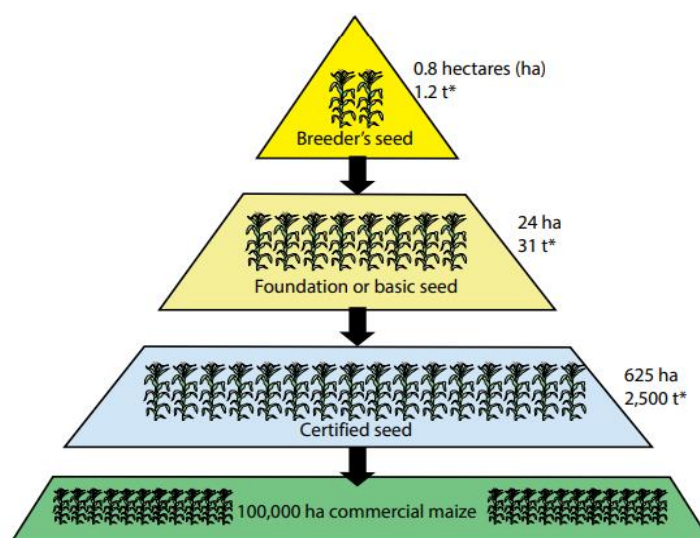
Στο καλαμπόκι παρατηρείται το φαινόμενο της πρωτανδρίας, δηλαδή τα αρσενικά άνθη απελευθερώνουν τη γύρη πριν την ωρίμανση των θηλυκών ταξιανθιών ώστε αυτές να είναι δεκτικές για γονιμοποίηση. Η μεταφορά της γύρης γίνεται με τον αέρα (ανεμόφιλο είδος). Επομένως, εύκολα γίνεται αντιληπτό, ότι οι αγροί σποροπαραγωγής υβριδίων και οι αντίστοιχοι αγροί αναπαραγωγής καθαρών σειρών πρέπει να απέχουν από άλλες φυτείες καλαμποκιού. Το ποσοστό επιμόλυνσης με "ξένη" γύρη επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Έχει αποδειχθεί ότι η μέγιστη επιμόλυνση προκύπτει όταν η πηγή της ανεπιθύμητης γύρης βρίσκεται από 50 έως 75 μέτρα μακριά, ενώ τα περιφερειακά φυτά συγκρατούν μια ποσότητα ανεπιθύμητης γύρης με αποτέλεσμα η μόλυνση να μειώνεται. Επιπλέον η μείωση του ποσοστού επιμόλυνσης μπορεί να οφείλεται σε φυσιολογικά αίτια όπως για παράδειγμα ο χρόνος ωρίμανσης των ανεπιθύμητων

φυτών και η περίοδος δεκτικότητας των θηλυκών. Άλλοι παράγοντες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στο ποσοστό μείωσης της μόλυνσης είναι η παραγωγή άφθονης ποσότητας επιθυμητής γύρης στον κατάλληλο χρόνο. Τέλος, σημαντικό ρόλο παίζει και η θέση του αγρού σποροπαραγωγής, η κατεύθυνση των ανέμων και η υψομετρική διαφορά.

Όσον αφορά την αναπαραγωγή του βασικού σπόρου είναι απαραίτητο οι γονικές σειρές να διατηρούνται και να αναπαράγονται διατηρώντας την γενετική καθαρότητα τους υπ' ευθύνη του βελτιωτή. Ο σπόρος βελτιωτή προέρχεται από γονιμοποίηση της F8-F10 γενεάς. Οι καθαρές σειρές πρέπει να είναι ομοιόμορφες όσον αφορά τα γνωρίσματα. Συνεπώς, φυτά που διαφέρουν πρέπει να απομακρύνονται πριν ελευθερώσουν γύρη. Για τον ίδιο λόγο απορρίπτονται και σπάδικες με ώριμους σπόρους εφόσον παρατηρηθεί διαφορά στα χαρακτηριστικά. Τέλος, μετά την συγκομιδή απομακρύνονται και οι σπόροι που έχουν διαφορετικό μέγεθος από το τυπικό.

Πίνακας 1.5. Ο αριθμός των απομονωμένων αγρών σποροπαραγωγής ανά είδος υβριδίου

Είδος υβριδίου	Προβασικός	Βασικός	Πιστοποιημένος	Σύνολα
Single-cross	2	2	1	5
Three-way	3	2	1	6
Double-cross	4	2	1	7
Top-cross	2	2	1	5
Varietal cross	2	2	1	5



Εικόνα 1.16. Η πυραμίδα της σποροπαραγωγής



Εικόνα 1.17. Καταστροφή ανομοιομορφων φυτών



Εικόνα 1.18. Τα αρσενικά φυτά απομακρύνονται για να αποφευχθεί 'μίξη'.

1.3.3.4 Προϋποθέσεις νομοθεσίας

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι σποροκαλλιέργειες κατά τη νομοθεσία:

α) Οι προηγούμενες καλλιέργειες δεν πρέπει να είναι ασυμβίβαστες με την παραγωγή σπόρων προς σπορά του είδους και της ποικιλίας της καλλιέργειας και ο αγρός πρέπει να είναι επαρκώς απαλλαγμένος από τέτοια φυτά, προερχόμενα από προηγούμενες καλλιέργειες (φυτά εθελοντές).

β) Η καλλιέργεια ανταποκρίνεται στους ακόλουθους κανόνες ως προς τις αποστάσεις από τις γειτονικές πηγές γύρεως, οι οποίες δύναται να προκαλέσουν ανεπιθύμητη επικονίαση.

Στον αραβόσιτο η ελάχιστη απόσταση σε μέτρα ορίζεται στα 200. Οι αποστάσεις αυτές μπορούν να μην τηρούνται μόνο σε περίπτωση που υπάρχει επαρκής προστασία από κάθε ξένη ανεπιθύμητη επικονίαση.

γ) Η καλλιέργεια να διαθέτει ικανοποιητική ταυτότητα και καθαρότητα ποικιλίας ή στην περίπτωση καλλιέργειας καθαρής σειράς, ικανοποιητική ταυτότητα και καθαρότητα σχετικά με τα χαρακτηριστικά της. Σε ότι αφορά την παραγωγή σπόρων υβριδιακών ποικιλιών, οι διατάξεις που προαναφέρθηκαν έχουν εφαρμογή και στα χαρακτηριστικά των γονέων τους, συμπεριλαμβανομένης της αρρενοστεριότητας και της επαναφοράς της γονιμότητας.

Συγκεκριμένα στο καλαμπόκι ο αριθμός των φυτών της καλλιέργειας τα οποία αναγνωρίζονται ως προφανώς μη σύμφωνα προς την ποικιλία, στην καθαρή γενεά και στο συνθετικό, δεν πρέπει να υπερβαίνει:

- i. για την παραγωγή βασικών σπόρων προς σπορά το συνθετικό στις καθαρές σειρές 0.1% και τις ποικιλίες ελεύθερης επικονιάσεως το 0.5%.
- ii. για την παραγωγή πιστοποιημένων σπόρων προς σπορά στα συνθετικά των ποικιλιών υβρίδια, για τις καθαρές σειρές το 0.2% και για τα απλά υβρίδια το 0.2% επίσης και για τις ποικιλίες ελεύθερης γονιμοποίησης το 1%

Για την παραγωγή σπόρων προς σπορά των υβριδιακών ποικιλιών, τηρούνται οι ακόλουθοι κανόνες ή προϋποθέσεις:

- i. Τα φυτά του άρρενος γονέα εκπέμπουν επαρκώς γύρη κατά τη διάρκεια τα ανθήσεως των φυτών του θηλυκού γονέα.
- ii. Ενδεχομένως πραγματοποιείται ο ευνουχισμός

- iii. Όταν 5% ή περισσότερο των φυτών του θηλυκού γονέα εμφανίζουν επιδεικτικά στίγματα, το ποσοστό των φυτών του γονέα τούτου τα οποία εκπέμπουν ή εξέπεμπαν γύρη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% κατά τον επίσημο επί τόπου έλεγχο ή το 2% για το σύνολο των επισήμων επί τόπου ελέγχων.

Τα φυτά θεωρούνται ότι έχουν εκπέμπει γύρη, όταν σε μήκος 50 χιλιοστομέτρων ή περισσότερων του κυρίου άξονος μιας ταξιανθίας ή των διακλαδώσεων της, οι ανθήρες προβάλλουν από τα λέπυρα και εκπέμπουν ή εξέπεμπαν γύρη.

Προϋποθέσεις που αφορούν τους σπόρους σποράς:

Όπου για την παραγωγή πιστοποιημένου σπόρου προς σπορά υβριδίων (F1) χρησιμοποιούνται θηλυκό αρρενόστειρο (μάννα) και αρσενικό (πατέρας) χωρίς γονίδιο επαναφοράς της γονιμότητας ο σπόρος θα παραχθεί:

-είτε με ανάμειξη σπορομερίδων (F1) του υβριδίου σε ποσοστό κατάλληλο για το υβρίδιο, όπου στη μία περίπτωση χρησιμοποιήθηκε μάννα αρρενόστειρη και στην άλλη χρησιμοποιήθηκε μάννα μη γόνιμη (μη αρρενόστειρη).

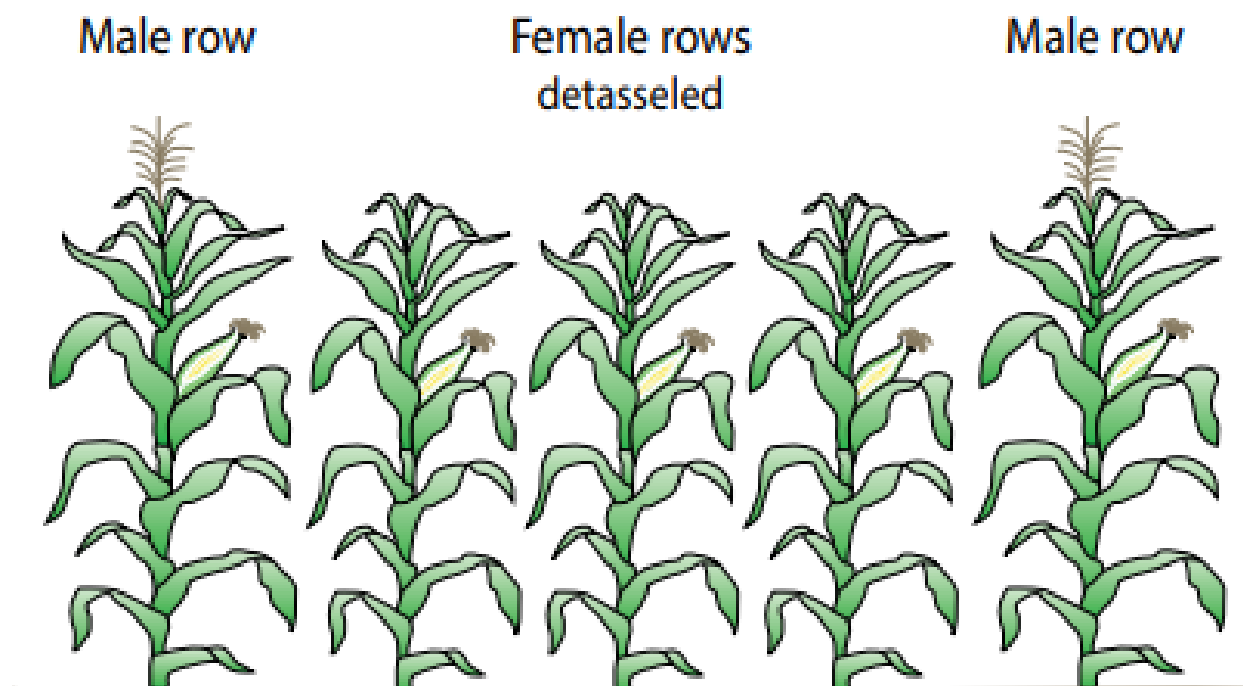
-είτε καλλιεργώντας μαζί την αρρενόστειρη μητέρα και τη γόνιμη μάννα σε αναλογία κατάλληλη για το υβρίδιο. Το ποσοστό αυτό των συστατικών θα εξεταστεί με ελέγχους στον αγρό.

1.3.3.5. Η διαδικασία αναπαραγωγής του υβριδίουσπορου

Αρχικά, για να είναι επιτυχής η παραγωγή του υβριδίουσπορου πρέπει να γίνεται σε περιοχές που ικανοποιούν τις ανάγκες του φυτού. Αυτό συνεπάγεται με αγρούς που έχουν επαρκή φωτοπερίοδο, υγρασία, θερμοκρασία, ικανοποιητική βλαστική περίοδο και δυνατότητα εφαρμογής όλων των απαραίτητων καλλιεργητικών τεχνικών. Ένας κατάλληλος αγρός σε συνδυασμό με την επιλογή σωστού γεωργού συμβάλει στη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Ακόμα, απαραίτητο όπως αναφέραμε είναι οι επιλεγμένοι αγροί να είναι απομονωμένοι. Μέτρα που μπορούν να συμβάλλουν στον περιορισμό της επιμόλυνσης είναι η σπορά των γονικών σειρών σε διαφορετική χρονικό περίοδο, η εγκατάσταση περιθωριακών γραμμών με σπορά πατρικών φυτών και η εγκατάσταση των πατρικών φυτών σε πολύ μικρές αποστάσεις.

Η σπορά του καλαμποκιού πρέπει να γίνεται όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι σταθερά μεγαλύτερη των 10°C. Τα υβρίδια αναπτύσσουν μεγαλύτερο ριζικό σύστημα από τις καθарές σειρές. Συνεπώς οι καθарές σειρές υποφέρουν συχνότερα από ελλείψεις ή ανισορροπίες θρεπτικών στοιχείων. Έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε βιοτικούς παράγοντες καταπόνησης και είναι λιγότερο ανταγωνιστικές προς τα ζιζάνια. Η άριστη πυκνότητα σποράς κυμαίνεται από 5400 έως 6400 φυτά ανά στρέμμα για τα μητρικά φυτά. Η πυκνότητα των πατρικών φυτών μπορεί να είναι μεγαλύτερη. Η συνηθέστερη αναλογία γραμμών σποράς είναι 4 γραμμές μητέρας-2 γραμμές πατέρα. Άλλες αναλογίες που χρησιμοποιούνται λιγότερο συχνά είναι 4 προς 1, 4 προς 2 ή και 6 προς 2. Οι τελευταίες 2 αναλογίες βρίσκουν συνήθως εφαρμογή στα διπλά υβρίδια. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι στις γραμμές των μητρικών φυτών είναι δυνατό να παρεμβάλλονται και πατρικά φυτά.

Σκοπός μιας επιτυχημένης σποροπαραγωγής υβριδίου είναι η γύρη των πατρικών φυτών να επικονιάσει τους σπάδικες των μητρικών. Έτσι οι σπόροι που θα δημιουργηθούν στους σπάδικες των μητρικών φυτών θα έχουν γενότυπο με χρωμοσώματα που θα προέρχονται κατά το ήμισυ από τη μητέρα και τα άλλα μισά από τον πατέρα, θα είναι δηλαδή προϊόν επιθυμητής διασταύρωσης.



Εικόνα 1.19. Παράδειγμα αναλογίας



Εικόνα 1.20. Αναλογία: 3 θηλυκά-1 αρσενικό

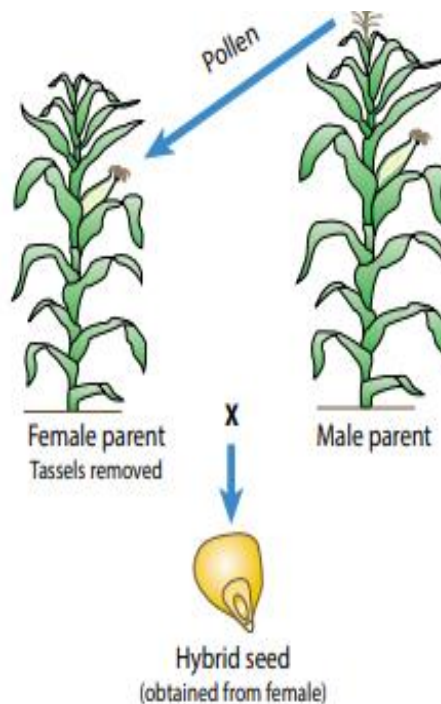


Εικόνα 1.21. Αναλογία: 6 θηλυκά- 2 αρσενικά

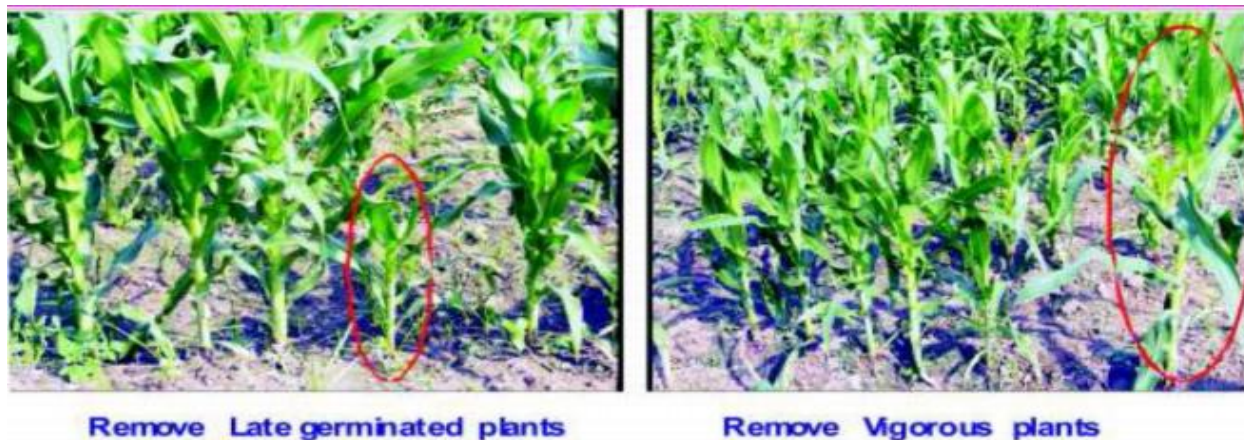
1.3.3.6. Η διαδικασία αφαίρεσης της αρσενικής ταξιανθίας από τα μητρικά φυτά

Για την αποτροπή της παραγωγής γύρης από τα μητρικά φυτά πρέπει να αφαιρεθεί η αρσενική ταξιανθία τους, μετά την εμφάνιση της αλλά πριν την απελευθέρωση. Στις αρσενικές ταξιανθίες η απελευθέρωση της γύρης αρχίζει από την κορυφή και επεκτείνεται σταδιακά προς τη βάση. Στα πατρικά φυτά δεν δικαιολογείται η παρουσία φυτών με παρεκκλίνοντα γνωρίσματα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 0.1%. Η αφαίρεση της αρσενικής ταξιανθίας στο καλαμπόκι μπορεί

να γίνει είτε μηχανικά είτε με το χέρι. Η διαδικασία αφαίρεσης της αρσενικής ταξιανθίας με το χέρι είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα καθώς μπορεί να διαρκέσει από μία έως και πέντε βδομάδες. Επιπλέον, οφείλει να γίνει την κατάλληλη χρονική περίοδο (οι ταξιανθίες πρέπει να αφαιρούνται πριν την ωρίμανση της γύρης όπως προαναφέραμε) και σε καθημερινή βάση εφόσον το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς σε ορισμένες σειρές η απελευθέρωση της γύρης αρχίζει πριν οι ταξιανθίες εξέλθουν από τα τελευταία φύλλα. Στη μηχανική αφαίρεση της ταξιανθίας αφαιρείται ολόκληρο το ανώτερο τμήμα του φυτού. Με την μηχανική αφαίρεση μειώνεται το μεγάλο κόστος παραγωγής του υβριδίου σπορου, λόγω της εργασίας που γίνεται με το χέρι. Παρ'όλα αυτά και η μηχανική αφαίρεση συνδυάζεται με τη χειρονακτική μέθοδο αφαίρεσης της ταξιανθίας. Η αποτελεσματικότητα της μηχανικής αφαίρεσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφολογία του φυτού, την ομοιομορφία ύψους-ανάπτυξης του φυτού και την ικανότητα-δεξιότητα του χειριστή του μηχανήματος. (Ξυνιάς, Τοκατλίδης, 2014)



Εικόνα 1.22 – 1.23. Διαδικασία γονιμοποίησης. Η γύρη του αρσενικού φυτού επικονιάζει το θηλυκό από το οποίο λαμβάνεται ο σπόρος.



Εικόνα 1.24. Απομάκρυνση ετεροχρονισμένων φυτών



Εικόνα 1.25. Μηχανική απομάκρυνση ταξιανθίας

1.3.3.7. Το φαινόμενο της κυτταροπλασματικής αρρενοστεριότητας

Η κυτταροπλασματική αρρενοστεριότητα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένες καθαρές σειρές δεν παράγουν γύρη (λόγω γενετικής ανωμαλίας στα μιτοχόνδρια, είναι δηλαδή αρρενόστειρες. Η κυτταροπλασματική αρρενοστεριότητα έχει αξιοποιηθεί στην παραγωγή υβριδιόσπορου, χρησιμοποιώντας ως μητρική μια αρρενόστειρη σειρά, για την οποία δεν απαιτείται αφαίρεση της ταξιανθίας. Το πρόβλημα όμως που προέκυψε ήταν ότι και τα φυτά

του υβριδίου ήταν αρρενόστειρα, γιατί το κυτταρόπλασμα κληρονομείται μόνο από το μητρικό φυτό. Όταν όμως στα φυτά υπάρχει το κυρίαρχο γονίδιο F, αυτά δεν παρουσιάζουν αρρενοστειρότητα, ακόμα και όταν υπάρχει η γενετική ανωμαλία στα μιτοχόνδρια. Με άλλα λόγια, όταν η κυτταροπλασματική αρρενοστειρότητα χρησιμοποιείται στην παραγωγή υβριδίουσπορου, πρέπει η μητρική σειρά να είναι αρρενόστειρη και η πατρική να φέρει γονίδια επαναφοράς της γονιμότητας.

Σε περίπτωση που η πατρική σειρά δεν έχει το γονίδιο επαναφοράς της γονιμότητας και το υβρίδιο παρουσιάζει αρρενοστειρότητα, το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί είτε χρησιμοποιώντας σε κάποιους από τους αγρούς σποροπαραγωγής μητρική σειρά με αρρενοστειρότητα και στους υπόλοιπους μητρική σειρά με αρρενογονιμότητα αναμιγνύοντας στο τέλος τις ποσότητες του σπόρου, είτε καλλιεργώντας ταυτόχρονα με την αρρενόστειρη, μια αρρενογόνιμη μητρική σειρά. Και στις περιπτώσεις πάντως, είναι απαραίτητη η αφαίρεση της αρσενικής ταξιανθίας από τα φυτά της αρρενογόνιμης μητέρας. Αν και η μέθοδος της αρρενοστειρότητας χρησιμοποιούταν ευρέως στις ΗΠΑ για την παραγωγή υβριδίουσπορου τα τελευταία χρόνια έχει μειωθεί λόγω της μεγάλης ευαισθησίας που παρουσίαζαν τα παραγόμενα υβρίδια στο μύκητα της καπνιάς. (Ξυνιάς και Τοκατλίδης, 2014)

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Επιλογή του αγρού και προετοιμασία για σπορά πειράματος

Ο αγρός που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του πειράματος ήταν στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Αρμενοχώρι, σε κοντινή απόσταση από την πόλη της Φλώρινας (3 χιλιόμετρα) και μέσα στην ζώνη καλλιέργειας καλαμποκιού της περιοχής, έπειτα από υπόδειξη της εταιρίας. Όταν οι καιρικές συνθήκες το επέτρεψαν έγιναν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες για την προετοιμασία σποράς του πειράματος από τον συμβεβλημένο παραγωγό, ιδιοκτήτη της έκτασης. Η βασική λίπανση έγινε με 15 μονάδες/στρέμμα άζωτο (N), 10 μονάδες/στρέμμα φώσφορο (P) και 12 μονάδες/στρέμμα κάλιο (K) στις αρχές Μαΐου και μετά δισκοσβάρνα για προετοιμασία της σποροκλίνης.

2.2 Σπορά πειράματος

Η σπορά του πειράματος έγινε στις 13-5-2021 σε πειραματικό σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων RCB με δυο επαναλήψεις σε συνεργασία με τους υπευθύνους της σποροπαραγωγικής εταιρίας. Χρησιμοποιήθηκαν 12 υβρίδια FAO 500-590 (έξι εμπορικά C1-C6 ως μάρτυρες και έξι πειραματικά υβρίδια-Experimental Hybrids EH1-EH6 ιδιοκτησία της Εταιρίας) και 33 υβρίδια FAO 600-700 (δεκαπέντε εμπορικά M1-M15 ως μάρτυρες και δεκαοκτώ πειραματικά υβρίδια ΠΥ1-ΠΥ18 ιδιοκτησία της Εταιρίας) σε 180 πειραματικά τεμάχια. Η σπορά έγινε με το χέρι με κάθε πειραματικό τεμάχιο να αποτελείται από 4 γραμμές μήκους 5 μέτρων σε αποστάσεις 75 cm γραμμή από γραμμή και 15 cm φυτό από φυτό όπως φαίνεται στις εικόνες 2.1, 2.2 και 2.3.





Εικόνες 2.1, 2.2 και 2.3. Χάραξη και σπορά RCB πειράματος αξιολόγησης εμπορικών και πειραματικών υβριδίων καλαμποκιού για σπόρο σε αγρό στην περιοχή Αρμενοχώρι-Φλώρινας τον Μάιο 2021.

2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες πειράματος, παρατηρήσεις αγροκομικών χαρακτηριστικών

Οι καλλιεργητικές φροντίδες του πειράματος έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρίας και τις είχε αναλάβει ο παραγωγός, ιδιοκτήτης του αγρού. Λόγω των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών, της έλλειψης βροχοπτώσεων και της αδυναμίας του παραγωγού για πότισμα φυτρώματος μετά την σπορά, έγινε ένα ελαφρύ πότισμα στις 22 Μαΐου 2021 με το χέρι, με σκοπό τη μεγαλύτερη επιτυχία φυτρώματος (εικόνες 2.4 και 2.5).



Εικόνες 2.4 και 2.5. Πότισμα φυτρώματος στο πείραμα σπορά RCB πειράματος αξιολόγησης εμπορικών και πειραματικών υβριδίων καλαμποκιού σε αγρό στην περιοχή Αρμενοχώρι-Φλώρινας τον Μάιο 2021.

Η σήμανση των πειραματικών έγινε στις 30 ημέρες μετά την σπορά (Εικόνα 2.6). Λόγω μέτριας επιτυχίας της ζιζανιοκτονίας που ακολούθησε ο παραγωγός, στις 35 ημέρες μετά την σπορά έγινε ξεβοτάνισμα επί των γραμμών σε όλα τα πειραματικά τεμάχια που διήρκησε για δυο ημέρες όπως φαίνεται στις Εικόνες 2.7 και 2.8.

Η επιφανειακή λίπανση περιελάμβανε 15 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα έπειτα από συνεννόηση του παραγωγού με την εταιρία.



Εικόνα 2.6. Σήμανση πειραματικών τεμαχίων στο πείραμα τον Ιούνιο 2021.



Εικόνες 2.7 και 2.8 Ξεβοτάνισμα επί των γραμμών τον Ιούνιο 2021.

Η ανάπτυξη των φυτών συνεχίσθηκε κανονικά ενώ η άρδευση του πειράματος γινόταν από τον παραγωγό μετά τις οδηγίες των υπευθύνων της εταιρίας και σύμφωνα με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή. Στον Πίνακα 2.1 φαίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα ανά μήνα κατά την περίοδο του πειραματισμού. Οι θερμοκρασίες ανάπτυξης ήταν πολύ υψηλές ιδιαίτερα του μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο για την περιοχή της Φλώρινας και της Δυτικής Μακεδονίας.

Πίνακας 2.1. Μετεωρολογικά δεδομένα ανά μήνα κατά την καλλιεργητική περίοδο του πειραματισμού.

	Θερμ. Αέρα [°C]			Ηλ. Ακτιν. [W/m ²]	Σχ. Υγ. Αέρα [%]	Βροχή [mm]	Ταχ. Αν. [m/s]	ΜΗΝΙΑΙΑ
	Μέση τιμή	μέγιστο	ελάχιστο	Μέση τιμή	Μέση τιμή	sum	Μέση τιμή	ET (mm)
ΜΗΝΑΣ 2021								
ΜΑΙΟΣ	15,97	31,09	3,66	243	62,61	28,20	0,70	116,80
ΙΟΥΝΙΟΣ	18,86	36,08	4,61	261	67,60	57,20	0,40	124,80
ΙΟΥΛΙΟΣ	22,54	36,94	10,94	262	61,08	70,20	0,30	138,20
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	22,94	37,30	7,62	260	51,16	3,40	0,40	129,90
ΣΕΠΤΕΜΡΙΟΣ	16,74	31,79	1,00	178	63,43	32,60	0,40	77,80
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9,00	23,80	-1,80	93	88,18	252,80	0,20	32,60



Εικόνα 2.9. Μετρήσεις ύψους στο πείραμα αξιολόγησης εμπορικών και πειραματικών υβριδίων καλαμποκιού για σπόρο σε αγρό στην περιοχή Αρμενοχώρι-Φλώρινας τον Ιούνιο 2021.

Στα μέσα Ιουλίου και στις αρχές Αυγούστου 2021 παρατηρήθηκε στον αγρό περιορισμένη προσβολή από το έντομο *diabrotica*. Για την καταπολέμηση του έγιναν δυο ψεκασμοί με ψεκαστήρα πλάτης με το κατάλληλο εντομοκτόνο με πολύ καλά αποτελέσματα. Με το πέρας της άνθισης σε 5 φυτά ανά σειρά και ανά τεμάχιο σε όλα τα πειραματικά τεμάχια, πάρθηκαν οι παρακάτω αγροκομικές μετρήσεις: ύψος φυτών, από το χώμα μέχρι την έκφυση του τελευταίου φύλλου και το ύψος μέχρι την έκφυση του πρώτου σπάδικα (Εικόνα 2.9). Από τα μέσα Αυγούστου μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου έγιναν συχνές επισκέψεις στο πείραμα έτσι ώστε να προσδιορισθεί ο ακριβής χρόνος συγκομιδής των υβριδίων.

2.4. Συγκομιδή πειραματικών τεμαχίων υβριδίων για καρπό

Στις 29 Οκτωβρίου 2021 έγινε η συγκομιδή των 180 πειραματικών τεμαχίων των υβριδίων για καρπό του πειράματος (Εικόνα 2.10). Η συγκομιδή έγινε με το χέρι και

συγκομίσθηκαν όλα τα φυτά των 2 σειρών κεντρικών σειρών ανά πειραματικό τεμάχιο. Τα δείγματα στην συνέχεια μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο του Τμήματος Γεωπονίας για περαιτέρω μετρήσεις.



Εικόνα 2.10. Συγκομιδή των πειραματικών τεμαχίων υβριδίων καλαμποκιού για καρπό.

2.5. Μετρήσεις απόδοσης στα δείγματα υβριδίων για καρπό

Σε κάθε ένα από τα δείγματα μετρήθηκαν ο αριθμός σπαδικών, το μήκος του μικρότερου και του μεγαλύτερου σπάδικα ανά δείγμα, το μήκος πέντε αντιπροσωπευτικών σπαδικών ανά δείγμα και το αριθμός σειρών ανά σπάδικα. Στην συνέχεια ακολούθησε ξεσπόριασμα σε ειδική μηχανή ξεσποριάσματος και προσδιορισμός βάρους σπόρων, βάρους κοτσανιών και ποσοτού υγρασίας σπόρου (Εικόνα 2.11). Επίσης έγιναν μετρήσεις του βάρους 1000 σπόρων σε 3 υποδείγματα.



Εικόνα 2.11. Μετρήσεις απόδοσης των δειγμάτων υβριδίων καλαμποκιού για καρπό.



Εικόνα 2.12. Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων υβριδίων καλαμποκιού για καρπό.

2.6. Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών

Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των σπόρων χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική συσκευή αυτόματης ανάλυσης σπόρων INFRATEC 1241 Grain Analyzer (Foss Analytical, Δανία) η οποία εκτελεί μετρήσεις στην περιοχή φάσματος 570-1100 nm και βασίζεται στην τεχνολογία διαπερατότητας εγγύς υπέρυθρου NIT (Near Infrared Transmittance). Για το καλαμπόκι χρησιμοποιήθηκε μοντέλο προσδιορισμού πρωτεΐνης, υγρασίας, συγκέντρωσης ελαίου και ποσοστού αμύλου. Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν 2 προσδιορισμοί και βγήκε ο μέσος όρος (Εικόνα 2.12).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Α)FAO 500-599

Τόσο για την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) όσο και για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων excel 97 – 2003 της Microsoft καθώς και το στατιστικό πακέτο IBM SPSS statistics version 29.

Πίνακας 3.1. Περιγραφικά στατιστικά απόδοσης σε καρπό

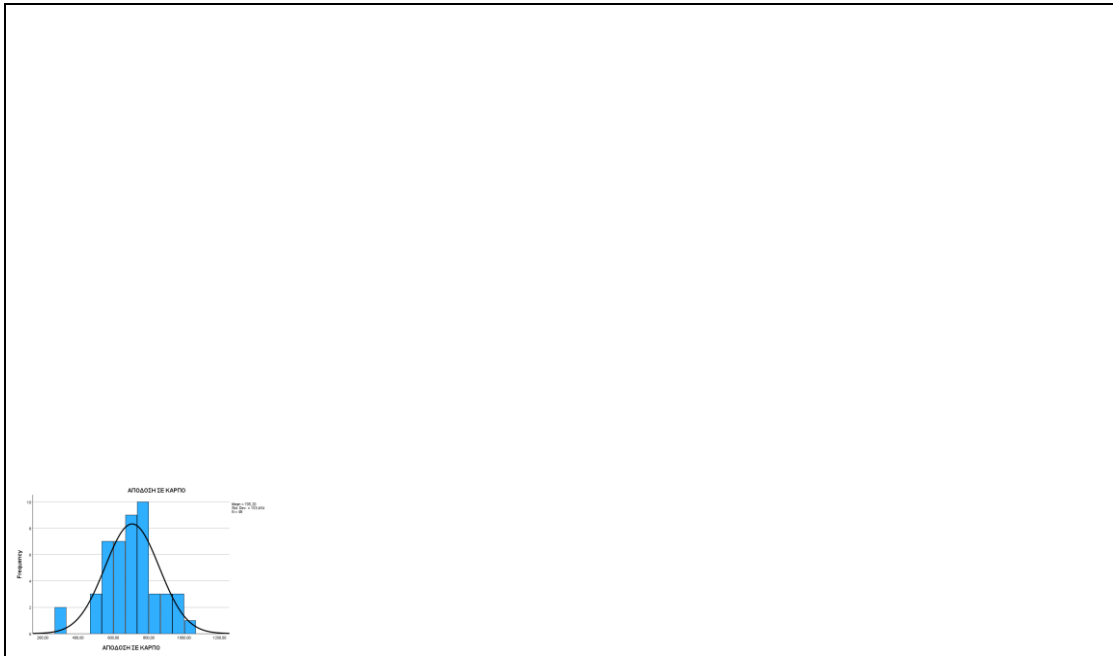
ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ gr	Μέσος όρος	705,20
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	21,76
	Διακύμανση	23548,27
	Τυπική Απόκλιση	153,45
	Ελάχιστη Τιμή	314,90
	Μέγιστη Τιμή	1039,50
	Εύρος	724,60

Από τον πίνακα 3.1 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της απόδοσης των υβριδίων είναι 705,2 gr με τη μέγιστη τιμή να είναι 1039,50 gr και την ελάχιστη στα 314,90 gr. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 21,76%.



Διάγραμμα 3.1. Απόδοση σε καρπό των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.1 φαίνεται αναλυτικά η απόδοση σε καρπό του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με την κόκκινη γραμμή.



Ιστόγραμμα 3.1. Κατανομή των υβριδίων με βάση την απόδοση σε καρπό.

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.1 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της απόδοσης των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.2. ANOVA για την απόδοση σε καρπό των υβριδίων FAO 500-590.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	733210,735 ^a	14	52372,195	4,827	<.001
Intercept	23870076,960	1	23870076,960	2196,744	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	714371792	11	64852,891	6,125	<.001
ΕΠΙΧΑΛΚΙΝΗ	18838,837	3	6279,646	,555	,649
Error	273558,270	33	11319,951		
Total	24077648,070	48			
Corrected Total	1106769,110	47			

^a. R Squared = ,662 (Adjusted R Squared = ,610)

Από τον πίνακα 3.2 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς την απόδοση σε καρπό, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.3. Ομαδοποίηση υλικών FAO 500-590 για την απόδοση σε καρπό

ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ						
Duncan ^{a,b}						
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset				
		1	2	3	4	5
EH2	4	538,4500				a
EH3	4	540,2500				a
C5	4	582,9500	582,9500			ab
C2	4	632,9250	632,9250			ab
C6	4	659,8500	659,8500			ab
EH4	4	683,5000	683,5000	683,5000		abc
EH6	4	707,1000	707,1000	707,1000		abc
C1	4		730,0000	730,0000		bc
C4	4		741,0750	741,0750		bc

C3	4			850,5500	850,5500	cd
EH1	4			855,5000	855,5000	cd
EH5	4				940,2750	d
Sig.		0,058	0,075	0,050	0,269	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 11319,951.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						
b. Alpha = ,05.						

Από τη στήλη 5 του πίνακα 3.3 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι το πιο παραγωγικό υβρίδιο ήταν το πειραματικό με κωδικό EH5 το οποίο δεν διέφερε σημαντικά μόνο από το EH1 και από τον μάρτυρα C3, ενώ διέφερε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα τόσο τα πειραματικά (EH2, EH3, EH4, EH6) όσο και τους εμπορικούς μάρτυρες (C1, C2, C4, C5, C6).

Πίνακας 3.4. Περιγραφικά στατιστικά αριθμού σειρών ανά σπάδικα για τα υβρίδια FAO 500-590.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	Μέσος όρος	16,89
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	14,98
	Διακύμανση	6,43
	Τυπική Απόκλιση	2,53
	Ελάχιστη Τιμή	12,00
	Μέγιστη Τιμή	25,80
	Εύρος	13,80

Από τον πίνακα 3.4 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του αριθμού σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων είναι 16,89 με τη μέγιστη τιμή να είναι 25,80 και την ελάχιστη 12. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 14,98%.



Διάγραμμα 3.2. Αριθμός σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων FAO 500-590

Στο διάγραμμα 3.2 φαίνεται αναλυτικά ο αριθμός σειρών ανά σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή.



Ιστόγραμμα 3.2. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.2 παρατηρούμε ότι η κατανομή του αριθμού των σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.5. ANOVA για τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων FAO 500-590

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	148.192 ^a	14	10.585	2.267	.027
Corrected Total	13989.743	15	932.649		
GENOTYPOS	137.847	11	12.531	2.680	.014
ΣΠΑΔΙΚΑ	10.345	3	3.448	.753	.528
Error	154.065	33	4.669		
Total	13989.020	49			
Corrected Total	392.197	47			

^a R Squared = .488 (Adjusted R Squared = .274)

Από τον πίνακα 3.5 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,014 < 0,05) ως προς τον αριθμό των σειρών ανά σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.6. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 500-590 για τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα

ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ					
Duncan ^{a,b}					
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset			
		1	2	3	4
C5	4	13,9000			a
C2	4	14,3000			a
EH3	4	15,1250	15,1250		ab
EH6	4	16,0250	16,0250	16,0250	abc
EH4	4	16,6000	16,6000	16,6000	abc
C1	4	17,2000	17,2000	17,2000	abc

C6	4	17,3250	17,3250	17,3250	abc
EH1	4	17,3250	17,3250	17,3250	abc
C3	4		18,2500	18,2500	bc
EH2	4		18,5500	18,5500	bc
C4	4		18,6000	18,6000	bc
EH5	4			19,5000	c
Sig.		0,061	0,059	0,059	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 4,669.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.					
b. Alpha = ,05.					

Από τη στήλη 4 του πίνακα 3.6 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι το υβρίδιο με τον μεγαλύτερο αριθμό σειρών ανά σπάδικα ήταν το πειραματικό με κωδικό EH5, το οποίο δεν διέφερε σημαντικά από τα πειραματικά υβρίδια EH1, EH2, EH4, EH6 και τους μάρτυρες C1, C4, C6 ενώ διέφερε σημαντικά από τα EH3 και C2 και C5.

Πίνακας 3.7. Περιγραφικά στατιστικά του μήκους σπάδικα των υβριδίων FAO 500-590

ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ cm	Μέσος όρος	15,20
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	7,10
	Διακύμανση	1,18
	Τυπική Απόκλιση	1,08
	Ελάχιστη Τιμή	12,80
	Μέγιστη Τιμή	17,80
	Εύρος	5,00

Από τον πίνακα 3.7 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του μήκους σπάδικα των υβριδίων είναι 15,20 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 17,80 cm και την ελάχιστη στα 12,80 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 7,10%.



Διάγραμμα 3.3. Μήκος σπάδικα των υβριδίων FAO 500-590

Στο διάγραμμα 3.3 φαίνεται αναλυτικά το μήκος σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 15,2 cm.



Ιστόγραμμα 3.3. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση το μήκος σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.3 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του μήκους σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.8. ANOVA για το μήκος σπάδικα των υβριδίων FAO 500-590

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model ^a	29,368 ^a	14	2,098	2,630	,011
Corrected Total	11092,860	1	11092,860	13906,475	<,001
GENOTYPOS	28,222	11	2,566	3,216	,005
ΕΠΙΧΑΛΩΝΗ	1,146	3	,381	,478	,709
Error	26,324	33	,798		
Total	11148,850	48			
Corrected Total	55,690	47			

^a R Squared = ,527 (Adjusted R Squared = ,327)

Από τον πίνακα 3.8 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,005 < 0,05) ως προς το μήκος σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.9. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 00-590 για το μήκος σπάδικα

ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ						
Duncan ^{a,b}						
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset				
		1	2	3	4	5
C6	4	13,58				a
C2	4	14,15	14,15			ab
EH4	4	14,35	14,35	14,35		abc
EH5	4	14,78	14,78	14,78	14,78	abcd

EH6	4		15,38	15,38	15,38	bcd
C1	4		15,45	15,45	15,45	bcd
C4	4			15,60	15,60	cd
C5	4			15,65	15,65	cd
C3	4			15,70	15,70	cd
EH2	4			15,78	15,78	cd
EH1	4				15,85	d
EH3	4				16,18	d
Sig.		0,090	0,073	0,059	0,066	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = ,798.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						
b. Alpha = ,05.						

Από τη στήλη 5 του πίνακα 3.9 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι τα υβρίδια με το μεγαλύτερο μήκος σπάδικα ήταν τα πειραματικά EH3 (16,18cm) και EH1 (15,85cm), τα οποία ωστόσο διέφεραν σημαντικά μόνο από τα EH4 και C2 και C6.

Πίνακας 3.10. Περιγραφικά στατιστικά του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων FAO 500-590

ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ gr	Μέσος όρος	193,87
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	18,79
	Διακύμανση	1327,78
	Τυπική Απόκλιση	36,43
	Ελάχιστη Τιμή	153,60
	Μέγιστη Τιμή	352,20

	Εύρος	198,60
--	-------	--------

Από τον πίνακα 3.10 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων είναι 193,87 gr με τη μέγιστη τιμή να είναι 325,20 gr και την ελάχιστη στα 153,60 gr. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 18,79%.



Διάγραμμα 3.4. Βάρος 1000 κόκκων των υβριδίων FAO 500-590

Στο διάγραμμα 3.4 φαίνεται αναλυτικά το βάρος 1000 κόκκων του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 193,87 gr.



Ιστόγραμμα 3.4. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση το βάρος 1000 κόκκων

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.4 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.11. ANOVA για βάρος 1000 κόκκων των υβριδίων FAO 500-590

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38028,965 ^a	14	2717,069	3,850	,001
Corrected Total	106042,201	1	106042,201	2463,208	<,001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	37540,009	11	3412,733	4,822	<,001
ΕΠΙΧΡΑΝΣΗ	488,956	3	162,985	,228	,878
Error	24168,014	33	732,364		
Total	106050,460	48			
Corrected Total	62282,779	47			

Από τον πίνακα 3.11 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς το βάρος 1000 κόκκων, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.12. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 500-590 για το βάρος 1000 κόκκων

ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ				
Duncan ^{a,b}				
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset		
		1	2	3
C6	4	163,83		a
C2	4	169,80		a
ΕΗ4	4	171,98		a
ΕΗ6	4	184,80		a
C1	4	185,40		a

C5	4	186,78		a
EH2	4	188,10		a
C3	4	188,30		a
EH1	4	189,10		a
EH3	4	192,95		a
C4	4		242,55	b
EH5	4		262,88	b
Sig.		0,207	0,298	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 738,388.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.				
b. Alpha = ,05.				

Από τη στήλη 4 του πίνακα 3.12 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι τα υβρίδια με το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων ήταν τα EH5 (262,88gr) και C6 (242,55gr) τα οποία δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ υπερείχαν σημαντικά όλων των υπολοίπων, τα οποία δεν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Πίνακας 3.13. Περιγραφικά στατιστικά της % περιεκτικότητας των υβριδίων FAO 500-590 σε πρωτεΐνη

% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	Μέσος όρος	9,33
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	9,43
	Διακύμανση	0,78
	Τυπική Απόκλιση	0,88
	Ελάχιστη Τιμή	7,50

	Μέγιστη Τιμή	11,10
	Εύρος	3,60

Από τον πίνακα 3.13 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε πρωτεΐνη είναι 9,33% με τη μέγιστη τιμή να είναι 11,10% και την ελάχιστη στα 7,50%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 9,43%.



Διάγραμμα 3.5. % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε πρωτεΐνη.

Στο διάγραμμα 3.5 φαίνεται αναλυτικά η % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 9,34%.



Ιστόγραμμα 3.5. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση την % περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.5 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.14. ANOVA για την % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε πρωτεΐνη

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: % ΠΡΩΤΕΪΝΗ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	31,617 ^a	14	2,258	13,867	<,001
Corrected Total	4186,935	11	418,895	2576,726	<,001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	31,362	11	2,850	17,542	<,001
ΕΠΙΧΑΛΩΝΗ	,261	3	,087	,535	,662
Error	5,362	33	,162		
Total	4223,910	48			
Corrected Total	36,979	47			

^a R Squared = ,855 (Adjusted R Squared = ,793)

Από τον πίνακα 3.14 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.15. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 500-590 για την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

% ΠΡΩΤΕΪΝΗ							
Duncan ^{a,b}							
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset					
		1	2	3	4	5	
EH1	4	7,95					A
C5	4	8,53	8,53				Ab
C6	4		8,73				B
C2	4		8,75				B
C4	4		9,08	9,08			Bc
C3	4		9,13	9,13			Bc
EH5	4		9,13	9,13			Bc
C1	4			9,58	9,58		Cd
EH4	4				9,78		D
EH3	4				10,15	10,15	De
EH6	4					10,55	E
EH2	4					10,75	E
Sig.		0,052	0,071	0,118	0,064	0,054	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = ,162.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.							
b. Alpha = ,05.							

Από τη στήλη 4 του πίνακα 3.15 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι τα υβρίδια με τη

μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν τα πειραματικά EH2 (10,75%), EH6 (10,55%) τα οποία υπερέιχαν σημαντικά σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα εκτός από το EH3 (10,15%).

Πίνακας 3.16. Περιγραφικά στατιστικά για την % περιεκτικότητα σε λάδι για τα υβρίδια FAO 500-590

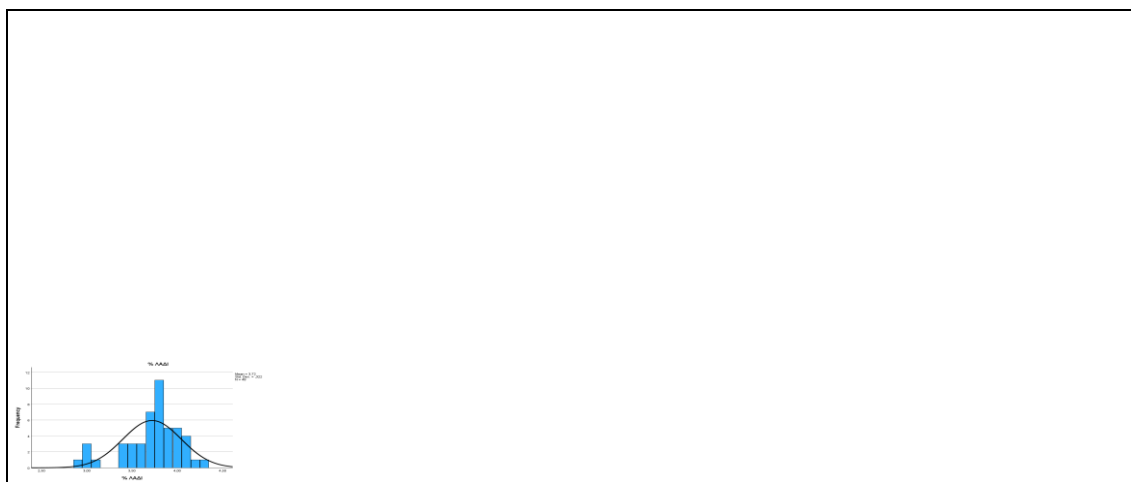
% ΛΑΔΙ	Μέσος όρος	3,72
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	8,60
	Διακύμανση	0,10
	Τυπική Απόκλιση	0,32
	Ελάχιστη Τιμή	2,90
	Μέγιστη Τιμή	4,30
	Εύρος	1,40

Από τον πίνακα 3.16 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε λάδι είναι 3,72% με τη μέγιστη τιμή να είναι 4,33% και την ελάχιστη στα 2,90%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 8,60%.



Διάγραμμα 3.6. Απόδοση για την % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε λάδι

Στο διάγραμμα 3.6 φαίνεται αναλυτικά η % περιεκτικότητα σε λάδι του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 3,72%.



Ιστόγραμμα 3.6. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση την % περιεκτικότητα σε λάδι

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.6 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητας σε λάδι των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.17. ANOVA για την % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε λάδι

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: % ΛΑΔΙ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Συνολική Μεταβ.	3,942 ^a	14	,281	0,959	,4291
Γενότυπο	654,441	1	654,441	2339,239	<,001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	3,484	13	,268	1,159	,301
ΣΤΡΩΜΑΝΣΗ	,258	2	,129	,445	,645
Error	,939	23	,041		
Total	658,833	40			
Συνολικά Τετάρ.	4,879	47			

a. R Squared = ,899 (Adjusted R Squared = ,728)

Από τον πίνακα 3.17 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς την % περιεκτικότητα σε λάδι, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.18. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 500-590 για την % περιεκτικότητα σε λάδι

% ΛΑΔΙ							
Duncan ^{a,b}							
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset					
		1	2	3	4	5	
EH6	4	2,98					A
EH2	4		3,48				B
C1	4		3,63	3,63			Bc
EH1	4		3,65	3,65			Bc
C5	4		3,70	3,70			Bc
EH4	4		3,73	3,73			Bc
C6	4			3,75	3,75		Cd
C3	4			3,85	3,85	3,85	Cde
C4	4			3,88	3,88	3,88	Cde
C2	4				4,00	4,00	De
EH5	4				4,00	4,00	De
EH3	4					4,03	E
Sig.		1,000	0,068	0,076	0,068	0,200	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = ,028.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.							
b. Alpha = ,05.							

Από τον πίνακα 3.18 φαίνεται ότι το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε λάδι ήταν τα πειραματικά EH3 (4,03%), το οποίο δεν διέφερε σημαντικά μόνο από τα EH2, C2, C3 και C4, ενώ υπερείχε σημαντικά σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Πίνακας 3.19. Περιγραφικά στατιστικά για την % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε άμυλο

% ΑΜΥΛΟ	Μέσος όρος	72,41
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	0,93
	Διακύμανση	0,46
	Τυπική Απόκλιση	0,68
	Ελάχιστη Τιμή	70,00
	Μέγιστη Τιμή	73,80
	Εύρος	3,80

Από τον πίνακα 3.19 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε άμυλο είναι 72,41% με τη μέγιστη τιμή να είναι 73,80% και την ελάχιστη στα 70,00%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 0,93%.



Διάγραμμα 3.7. % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε άμυλο

Στο διάγραμμα 3.7 φαίνεται αναλυτικά η % περιεκτικότητα σε άμυλο του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 72,41%.



Ιστόγραμμα 3.7. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση την % περιεκτικότητα σε άμυλο

Από το ιστόγραμμα κατανομής 6.7 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητας σε άμυλο των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.20. ANOVA για την για την % περιεκτικότητα των υβριδίων FAO 500-590 σε άμυλο

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	30.238 ^a	14	.731	2.088	.041
Intercept	251676.885	1	251676.885	718027.748	<.001
ΓΕΝΕΤΥΠΟΣ	7.687	11	.697	1.989	.043
ΣΥΜΒΛΗΨΗ	2.511	3	.837	2.445	.081
Error	11.567	33	.351		
Total	251698.690	48			
Corrected Total	41.805	47			

a. R Squared = .470 (Adjusted R Squared = .244)

Από τον πίνακα 3.20 διαπιστώνουμε ότι τα υβρίδια δεν παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. ως προς την % περιεκτικότητα σε άμυλο (Sig. 0,062 > 0,05), οπότε το συγκεκριμένο γνώρισμα δεν επηρεάζεται από τον γενότυπο.

Πίνακας 3.21. Περιγραφικά στατιστικά για το τελικό ύψος των φυτών

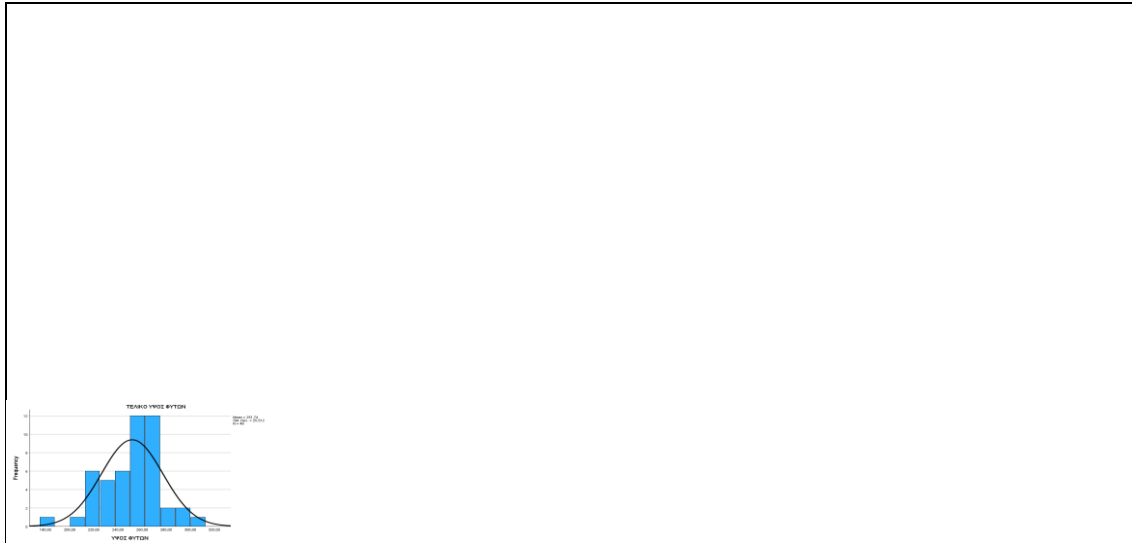
ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ cm	Μέσος όρος	251,74
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	10,13
	Διακύμανση	650,87
	Τυπική Απόκλιση	25,51
	Ελάχιστη Τιμή	179,90
	Μέγιστη Τιμή	311,00
	Εύρος	131,10

Από τον πίνακα 3.21 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του τελικού ύψους των υβριδίων είναι 251,74 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 311 cm και την ελάχιστη στα 179,90 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 10,13%.



Διάγραμμα 3.8. Τελικό ύψος των υβριδίων FAO 500-590

Στο διάγραμμα 3.8 φαίνεται αναλυτικά το τελικό ύψος των φυτών του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 251,74 cm.



Ιστόγραμμα 3.8. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση το τελικό ύψος

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.8 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του τελικού ύψους των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.22. ANOVA για το τελικό ύψος των υβριδίων FAO 500-590

Tests of Between-Subjects Effects						
Στατιστική	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	15026.415 ^a	14	1073.310	2.295	.025	
Intercept	3041995.952	1	3041995.952	6477.150	<.001	
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	14227.361	11	1293.396	2.754	.012	
ΣΥΜΒΛΗΨΗ	885.054	3	295.018	.614	.611	
Error	15491.464	33	469.438			
Total	307298.830	48				
Corrected Total	30518.879	47				

a. R Squared = .493 (Adjusted R Squared = .278)

Από τον πίνακα 3.22 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,012 < 0,05) ως προς το τελικό ύψος των φυτών, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.23. Ομαδοποίηση των υβριδίων FAO 500-590 με βάση το τελικό ύψος

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ						
Duncan ^{a,b}						
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset				
		1	2	3	4	
C6	4	213,60				A
C5	4	226,75	226,75			ab
C2	4	228,50	228,50	228,50		abc
C3	4		254,83	254,83	254,83	bcd
C1	4		259,10	259,10	259,10	bcd
EH2	4		259,75	259,75	259,75	bcd
EH1	4		259,95	259,95	259,95	bcd
EH4	4		261,23	261,23	261,23	bcd
EH3	4		262,13	262,13	262,13	bcd
EH5	4		262,68	262,68	262,68	bcd
EH6	4			264,48	264,48	cd
C4	4				267,95	D
Sig.		0,367	0,052	0,051	0,471	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 469,650.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						
b. Alpha = ,05.						

Από τον πίνακα 3.23 διαπιστώνουμε ότι υβρίδιο με το μεγαλύτερο τελικό ύψος ήταν το C4 (267,96cm), το οποίο ωστόσο δεν διέφερε σημαντικά από τα περισσότερα υβρίδια, παρά μόνο από τα C2, C5 και C6.

Πίνακας 3.24. Περιγραφικά στατιστικά για το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

ΥΨΟΣ ΕΚΦΥΣΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΣΠΑΔΙΚΑcm	Μέσος όρος	86,28
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	13,94
	Διακύμανση	144,88
	Τυπική Απόκλιση	12,03
	Ελάχιστη Τιμή	56,90
	Μέγιστη Τιμή	115,50
	Εύρος	58,60

Από τον πίνακα 3.24 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του ύψους έκφυσης του ανώτερου σπάδικα των υβριδίων είναι 86,28 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 115,50 cm και την ελάχιστη στα 56,90 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 13,94%.



Διάγραμμα 3.9. Ύψος έκφυσης ανώτερου σπάδικα

Στο διάγραμμα 3.9 φαίνεται αναλυτικά το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 86,2 cm.



Ιστόγραμμα 3.9. Κατανομή των υβριδίων FAO 500-590 με βάση το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.9 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του ύψους έκφυσης του ανώτερου σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.25. ANOVA για το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΥΨΟΣ ΕΚΦΥΣΗΣ ΣΠΑΔΙΚΑ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3866.537 ^a	14	276.324	3.101	.004
Intercept	357369.310	1	357369.310	4099.992	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	3975.052	11	361.368	3.987	.001
ΕΠΙΧΑΛΜΑΝΣΗ	58.475	3	19.492	.219	.893
Error	2949.942	33	89.392		
Total	36117.780	48			
Corrected Total	6895.479	47			

a. R Squared = .569 (Adjusted R Squared = .395)

Από τον πίνακα 3.25 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,01 < 0,05) ως προς το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.26. Ομαδοποίηση για το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

ΥΨΟΣ ΕΚΦΥΣΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΣΠΑΔΙΚΑ					
Duncan ^{a,b}					
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset			
		1	2	3	
C6	4	71,40			A
EH2	4	77,93	77,93		Ab
EH4	4	81,25	81,25		Ab
EH5	4	83,18	83,18		Ab
C3	4	83,20	83,20		Ab
C5	4	84,93	84,93		Ab

C1	4	86,20	86,20		Ab
EH1	4	86,35	86,35		Ab
EH3	4		88,90		B
C2	4		90,98		B
EH6	4		91,13		B
C4	4			110,00	C
Sig.		0,061	0,102	1,000	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 89,119.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.					
b. Alpha = ,05.					

Από τον πίνακα 3.26 παρατηρούμε ότι το υβρίδιο με το μεγαλύτερο ύψος έκφυσης σπάδικα ήταν ο μάρτυρας C4 (110cm), ο οποίος διέφερε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα υβρίδια.

Πίνακας 3.27. Συντελεστές συσχέτισης Pearson των υπό μελέτη χαρακτηριστικών για τα υβρίδια FAO 500-590

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ PEARSON								
	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΙΠΟ	ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	% ΛΑΔΙ	% ΑΜΥΛΟ	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΙΠΟ	1							
ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	,403**	1						
ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	0,234	0,041	1					
ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	,344*	,302*	,317*	1				

% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	-,353*	0,076	0,077	0,009	1			
% ΛΑΔΙ	0,005	-0,038	-,294*	0,032	-,382**	1		
% ΑΜΥΛΟ	-0,165	-,394**	-0,079	-0,139	-,401**	-0,059	1	
ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ	,449**	,440**	,466**	0,273	0,245	-0,154	-,360*	1
ΥΨΟΣ ΕΚΦ ΑΝΩΤ ΣΠΑΔΙΚΑ	0,129	0,009	0,269	,348*	-0,130	0,144	0,132	,408**
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).								
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).								

Από τον πίνακα 3.27 διαπιστώνουμε ότι η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα (0,403**), με το βάρος 1000 κόκκων (0,344*) και με το ύψος των φυτών (0,449**), ενώ αρνητικά συσχετίζεται με την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (-0,353*). Η % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σχετίζεται αρνητικά και με την % περιεκτικότητα σε λάδι (-0,382**) και άμυλο (0,401**). Αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα (0,408**), με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα (0,440**) και με το μήκος σπάδικα (0,466**).

B) FAO 600-700

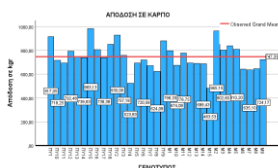
Τόσο για την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) όσο και για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων excel 97 – 2003 της Microsoft καθώς και το στατιστικό πακέτο IBM SPSS statistics version 29.

Πίνακας 3.28. Περιγραφικά στατιστικά απόδοσης σε καρπό

ΑΠΟΔΟΣΗ	Μέσος όρος	747,31
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	19,54
	Διακύμανση	21329,94
	Τυπική Απόκλιση	146,04

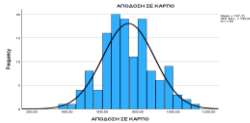
ΣΕ ΚΑΡΠΟ gr	Ελάχιστη Τιμή	397,60
	Μέγιστη Τιμή	1118,20
	Εύρος	720,60

Από τον πίνακα 3.28 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της απόδοσης των υβριδίων είναι 747,3gr με τη μέγιστη τιμή να είναι 1118,20 gr και την ελάχιστη στα 397,60 gr. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 19,54%.



Διάγραμμα 3.10. Απόδοση σε καρπό των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.10 φαίνεται αναλυτικά η απόδοση σε καρπό του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με την κόκκινη γραμμή.



Ιστόγραμμα 3.10. Κατανομή των υβριδίων με βάση την απόδοση σε καρπό

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.10 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της απόδοσης των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.29. ANOVA για την απόδοση σε καρπό των υβριδίων

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1666110.188 ^a	32	47033.448	4.051	<.001
Intercept	7217306.888	1	7217306.888	6273.232	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	1662663.272	32	51958.237	4.432	<.001
ΕΤΝΑΝΑΦΗ	3448.915	3	1149.372	.098	.981
Error	1128132.885	88	12706.052		
Total	7651209.860	132			
Corrected Total	2794243.072	119			

^a. R Squared = .298 (Adjusted R Squared = .448)

Από τον πίνακα 3.29 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς την απόδοση σε καρπό, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.30. Ομαδοποίηση για την απόδοση σε καρπό

ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ

Duncan ^{a,b}											
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset									10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
M15	4	483,52									A
ΠΥ4	4	523,83	523,83								Ab
ΠΥ8	4	624,08	624,08	624,08							Abc
M7	4	635,10	635,10	635,10							Abc
M6	4	644,28	644,28	644,28							Abc
M8	4	644,63	644,63	644,63							Abc
ΠΥ7	4		670,30	670,30	670,30						Bcd
M10	4		674,08	674,08	674,08						Bcd
M14	4		688,43	688,43	688,43						Bcd
M13	4		692,50	692,50	692,50	692,50					Bcde
M12	4		693,03	693,03	693,03	693,03					Bcde
ΠΥ5	4		693,45	693,45	693,45	693,45					Bcde
ΠΥ11	4		694,63	694,63	694,63	694,63					Bcde
ΠΥ10	4			718,25	718,25	718,25					Cde
ΠΥ6	4			720,58	720,58	720,58					Cde
M9	4			724,18	724,18	724,18					Cde
ΠΥ17	4			738,38	738,38	738,38	738,38				Cdef
ΠΥ14	4			739,83	739,83	739,83	739,83				Cdef
ΠΥ13	4			746,50	746,50	746,50	746,50				Cdef
ΠΥ3	4			757,18	757,18	757,18	757,18	757,18			Cdefg
M11	4			776,75	776,75	776,75	776,75	776,75			Cdefg
ΠΥ12	4			792,48	792,48	792,48	792,48	792,48	792,48		Cdefgh
M1	4			798,33	798,33	798,33	798,33	798,33	798,33		Cdefgh
M3	4			802,60	802,60	802,60	802,60	802,60	802,60		Cdefgh
ΠΥ16	4			806,73	806,73	806,73	806,73	806,73	806,73	806,73	Cdefghi
M5	4			810,20	810,20	810,20	810,20	810,20	810,20	810,20	Cdefghi
M4	4				839,50	839,50	839,50	839,50	839,50	839,50	Defghi

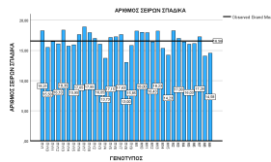
ΠΥ18	4				852,70	852,70	852,70	852,70	852,70	852,70	Defghi
ΠΥ9	4					879,78	879,78	879,78	879,78	879,78	Efghi
ΠΥ1	4						917,05	917,05	917,05	917,05	Fghi
ΠΥ2	4							930,08	930,08	930,08	Ghi
M2	4								965,15	965,15	Hi
ΠΥ15	4									983,13	I
Sig.		0,068	0,067	0,054	0,059	0,051	0,058	0,064	0,062	0,053	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 11751,176.											
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.											
b. Alpha = ,05.											

Από τη στήλη 10 του πίνακα 3.30 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι πιο παραγωγικό υβρίδιο ήταν το πειραματικό με κωδικό ΠΥ15 (983,13 gr) και το λιγότερο παραγωγικό ο μάρτυρας με κωδικό M15 (483,52 gr).

Πίνακας 3.31. Περιγραφικά στατιστικά αριθμού σειρών ανά σπάδικα

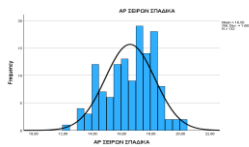
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	Μέσος όρος	16,56
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	10,14
	Διακύμανση	2,83
	Τυπική Απόκλιση	1,68
	Ελάχιστη Τιμή	12,20
	Μέγιστη Τιμή	20,10
	Εύρος	7,90

Από τον πίνακα 3.31 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του αριθμού σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων είναι 16,56 με τη μέγιστη τιμή να είναι 20,10 και την ελάχιστη 12,20. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 16,56%.



Διάγραμμα 3.11 Αριθμός σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.11 φαίνεται αναλυτικά ο αριθμός σειρών ανά σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή.



Ιστόγραμμα 3.11 Κατανομή των υβριδίων με βάση τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.11 παρατηρούμε ότι η κατανομή του αριθμού των σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.32. ANOVA για τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα των υβριδίων

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΤΑΔΙΑΚΑ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model ^a	298.214 ^a	35	8.177	9.277	<.001
Intercept	36211.422	1	36211.422	41042.263	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	298.151	32	9.342	10.145	<.001
ΕΥΡΩΠΑΙΝΗ	.060	3	.020	.023	.995
Error	84.618	98	.881		
Total	38282.250	132			
Corrected Total	372.832	131			

^a R Squared = .772 (Adjusted R Squared = .698)

Πίνακας 3.33 Ομαδοποίηση για τον αριθμό σειρών ανά στάδια

ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΤΑΔΙΑΚΑ														
Duncan ^{ab}														
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	N	Subset												13
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ΠΥ8	4	13,00												A
ΠΥ4	4	13,73	13,73											Ab
M8	4	14,05	14,05	14,05										Abc
M15	4	14,23	14,23	14,23										Abc
M9	4		14,58	14,58	14,58									Bcd
M14	4			15,33	15,33	15,33								Cde
ΠΥ10	4			15,50	15,50	15,50	15,50							Cdef
ΠΥ14	4				15,70	15,70	15,70	15,70						Defg
ΠΥ9	4				15,85	15,85	15,85	15,85						Defg
ΠΥ15	4				15,95	15,95	15,95	15,95						Defg
M5	4				16,03	16,03	16,03	16,03						Defg
ΠΥ3	4				16,05	16,05	16,05	16,05	16,05					Defgh
ΠΥ12	4				16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10				Defghi
M6	4					16,15	16,15	16,15	16,15	16,15				Efghi
M12	4					16,43	16,43	16,43	16,43	16,43	16,43			Efghij
M4	4					16,43	16,43	16,43	16,43	16,43	16,43			Efghij
ΠΥ11	4					16,48	16,48	16,48	16,48	16,48	16,48			Efghij
ΠΥ2	4						16,98	16,98	16,98	16,98	16,98	16,98		Fghijk
M3	4						17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00		Fghijk
ΠΥ5	4							17,15	17,15	17,15	17,15	17,15		Ghijk
ΠΥ6	4							17,25	17,25	17,25	17,25	17,25		Ghijk
M7	4							17,28	17,28	17,28	17,28	17,28		Ghijk
ΠΥ7	4								17,63	17,63	17,63	17,63	17,63	Hijkl
ΠΥ16	4									17,65	17,65	17,65	17,65	Ijkl
ΠΥ18	4										17,95	17,95	17,95	Jkl
M11	4										17,95	17,95	17,95	Jkl
M10	4										18,00	18,00	18,00	Jkl
M1	4											18,20	18,20	Kl
M13	4											18,23	18,23	Kl

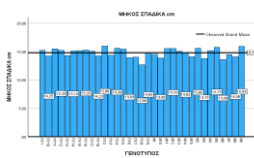
ΠΥ1	4											18,25	18,25	KI
M2	4											18,28	18,28	KI
ΠΥ13	4											18,35	18,35	KI
ΠΥ17	4												18,90	L
Sig.		0,095	0,250	0,053	0,053	0,158	0,065	0,054	0,051	0,054	0,052	0,094	0,114	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = ,881.														
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.														
b. Alpha = ,05.														

Από τη στήλη 13 του πίνακα 3.33 φαίνεται ότι τα υβρίδια που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ αυτά που δεν έχουν το ίδιο γράμμα παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. μεταξύ τους. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι το υβρίδιο με το μεγαλύτερο αριθμό σειρών ανά σπάδικα ήταν πειραματικό με κωδικό ΠΥ17 (18,90) και το λιγότερο παραγωγικό ο μάρτυρας με κωδικό ΠΥ8 (13).

Πίνακας 3.34 Περιγραφικά στατιστικά του μήκους σπάδικα των υβριδίων

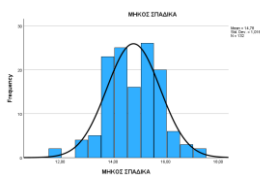
ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ cm	Μέσος όρος	14,77
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	11,37
	Διακύμανση	2,83
	Τυπική Απόκλιση	1,68
	Ελάχιστη Τιμή	12,20
	Μέγιστη Τιμή	20,10
	Εύρος	7,90

Από τον πίνακα 3.34 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του μήκους σπάδικα των υβριδίων είναι 14,77 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 20,10 cm και την ελάχιστη στα 12,20 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 11,37%.



Διάγραμμα 3.12. Μήκος σπάδικα των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.12 φαίνεται αναλυτικά το μήκος σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 14,77 cm.



Ιστόγραμμα 3.12. Κατανομή των υβριδίων με βάση το μήκος σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.12 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του μήκους σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.35. ANOVA για το μήκος σπάδικα των υβριδίων

Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	78.452 ^a	32	2.452	3.789	<.001
Intercept	20930.459	1	20930.459	48737.678	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	78.171	32	2.443	4.130	<.001
ΕΤΕΡΩΚΡΑΤΕΙΑ	.282	3	.094	.159	.924
Error	56.788	96	.592		
Total	20965.700	132			
Corrected Total	135.241	131			

a. R Squared = .580 (Adjusted R Squared = .427)

Από τον πίνακα 3.35 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,005 < 0,05) ως προς το μήκος σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.36 Ομαδοποίηση για το μήκος σπάδικα

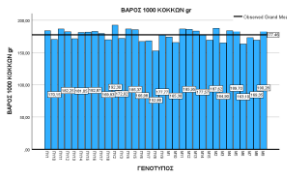
ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ										
Παρατηρητής	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΠΥ1	12,67									
ΠΥ2	15,97									
ΠΥ3	13,75									
ΠΥ4	13,75									
ΠΥ5	13,75									
ΠΥ6	13,75									
ΠΥ7	12,67									
ΠΥ8	12,67									
ΠΥ9	13,75									
ΠΥ10	13,75									
ΠΥ11	13,75									
ΠΥ12	13,75									
ΠΥ13	13,75									
ΠΥ14	13,75									
ΠΥ15	13,75									
ΠΥ16	13,75									
ΠΥ17	13,75									
ΠΥ18	13,75									
ΠΥ19	13,75									
ΠΥ20	13,75									
ΠΥ21	13,75									
ΠΥ22	13,75									
ΠΥ23	13,75									
ΠΥ24	13,75									
ΠΥ25	13,75									
ΠΥ26	13,75									
ΠΥ27	13,75									
ΠΥ28	13,75									
ΠΥ29	13,75									
ΠΥ30	13,75									
ΠΥ31	13,75									
ΠΥ32	13,75									
ΠΥ33	13,75									
ΠΥ34	13,75									
ΠΥ35	13,75									
ΠΥ36	13,75									
ΠΥ37	13,75									
ΠΥ38	13,75									
ΠΥ39	13,75									
ΠΥ40	13,75									
ΠΥ41	13,75									
ΠΥ42	13,75									
ΠΥ43	13,75									
ΠΥ44	13,75									
ΠΥ45	13,75									
ΠΥ46	13,75									
ΠΥ47	13,75									
ΠΥ48	13,75									
ΠΥ49	13,75									
ΠΥ50	13,75									
ΠΥ51	13,75									
ΠΥ52	13,75									
ΠΥ53	13,75									
ΠΥ54	13,75									
ΠΥ55	13,75									
ΠΥ56	13,75									
ΠΥ57	13,75									
ΠΥ58	13,75									
ΠΥ59	13,75									
ΠΥ60	13,75									
ΠΥ61	13,75									
ΠΥ62	13,75									
ΠΥ63	13,75									
ΠΥ64	13,75									
ΠΥ65	13,75									
ΠΥ66	13,75									
ΠΥ67	13,75									
ΠΥ68	13,75									
ΠΥ69	13,75									
ΠΥ70	13,75									
ΠΥ71	13,75									
ΠΥ72	13,75									
ΠΥ73	13,75									
ΠΥ74	13,75									
ΠΥ75	13,75									
ΠΥ76	13,75									
ΠΥ77	13,75									
ΠΥ78	13,75									
ΠΥ79	13,75									
ΠΥ80	13,75									
ΠΥ81	13,75									
ΠΥ82	13,75									
ΠΥ83	13,75									
ΠΥ84	13,75									
ΠΥ85	13,75									
ΠΥ86	13,75									
ΠΥ87	13,75									
ΠΥ88	13,75									
ΠΥ89	13,75									
ΠΥ90	13,75									
ΠΥ91	13,75									
ΠΥ92	13,75									
ΠΥ93	13,75									
ΠΥ94	13,75									
ΠΥ95	13,75									
ΠΥ96	13,75									
ΠΥ97	13,75									
ΠΥ98	13,75									
ΠΥ99	13,75									
ΠΥ100	13,75									

Από τον πίνακα 3.36 φαίνεται ότι τα υβρίδια με το μεγαλύτερο μήκος σπάδικα ήταν τα πειραματικά ΠΥ2 (15,97 cm) και ο μάρτυρας M9 (15,92 cm), ενώ τα υβρίδια με το μικρότερο μήκος σπάδικα ήταν το πειραματικό ΠΥ8 (12,67 cm) και οι μάρτυρες M6 (13,57 cm) M3 (13,75 cm).

Πίνακας 3.37. Περιγραφικά στατιστικά του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων

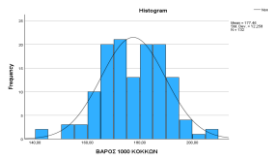
ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ gr	Μέσος όρος	177,46
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	6,90
	Διακύμανση	150,25
	Τυπική Απόκλιση	12,26
	Ελάχιστη Τιμή	141,60
	Μέγιστη Τιμή	208,80
	Εύρος	64,20

Από τον πίνακα 3.37 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων είναι 177,46 gr με τη μέγιστη τιμή να είναι 208,80 gr και την ελάχιστη στα 141,60 gr. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 6,90%.



Διάγραμμα 3.13 Βάρος 1000 κόκκων των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.13 φαίνεται αναλυτικά το βάρος 1000 κόκκων του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 177,46 gr.



Ιστόγραμμα 3.13. Κατανομή των υβριδίων με βάση το βάρος 1000 κόκκων

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.13 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του βάρους 1000 κόκκων των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.38. ANOVA για βάρος 1000 κόκκων των υβριδίων

Tests of Between-Subjects Effects					
Δεδομένη Ένωση	ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Στατιστική μονάδα		11625,698 ^a	35	332,163	<,001
Πολυκαύσιμα		4156801,748	1	4156801,748	48945,322 <,001
Πολυκαύσιμα		11901,781	33	360,660	4,292 <,001
ΕΠΙΧΑΛΟΥΣΗ		27,897	3	9,299	,954
Error		8103,076	46	176,154	
Total		417644,670	132		
Corrected Total		19901,774	131		

a. R Squared = ,568 (Adjusted R Squared = ,470)

Από τον πίνακα 3.38 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς το βάρος 1000 κόκκων, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.39. Ομαδοποίηση για το βάρος 1000 κόκκων

The table contains a small data grid at the bottom left, titled "ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ". The grid has columns labeled with Greek letters (α, β, γ, δ, ε, ζ, η, θ, ι, κ, λ, μ, ν, ξ, ο, π, ρ, σ, τ, υ, φ, χ, ψ, ω) and rows labeled with Greek letters (Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ, Ι, Κ, Λ, Μ, Ν, Ξ, Ο, Π, Ρ, Σ, Τ, Υ, Φ, Χ, Ψ, Ω). The data values are numerical, representing weights or counts for each combination of row and column.

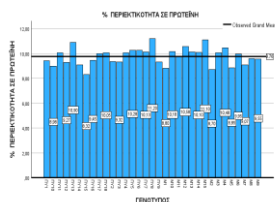
Από τον πίνακα 3.39 φαίνεται ότι τα υβρίδια με το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων ήταν τα πειραματικά ΠΥ2 (192,30 gr) και ο μάρτυρας Μ9 (190,27 gr), ενώ το υβρίδια με το μικρότερο βάρος 1000 κόκκων ήταν το πειραματικό ΠΥ8 (152,8 gr).

Πίνακας 3.40. Περιγραφικά στατιστικά της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε πρωτεΐνη

	Μέσος όρος	9,76
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	8,81
	Διακύμανση	0,74

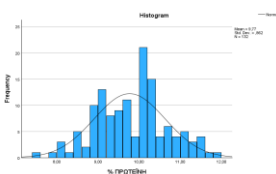
% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	Τυπική Απόκλιση	0,86
	Ελάχιστη Τιμή	7,50
	Μέγιστη Τιμή	11,80
	Εύρος	4,30

Από τον πίνακα 3.40 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε πρωτεΐνη είναι 9,76% με τη μέγιστη τιμή να είναι 11,80% και την ελάχιστη στα 7,50%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 8,81%.



Διάγραμμα 3.14 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

Στο διάγραμμα 3.14 φαίνεται αναλυτικά η % του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 9,76%.



Ιστόγραμμα 3.14. Κατανομή των υβριδίων με βάση την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.14 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

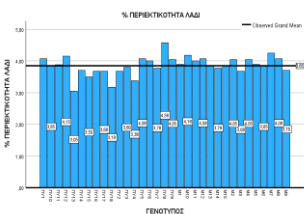
Πίνακας 3.41. ANOVA για την % περιεκτικότητα των υβριδίων σε πρωτεΐνη

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: % ΠΡΩΤΕΪΝΗ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	62,490 ^a	35	1,785	4,908	<.001
Intercept	12591,187	1	12591,187	34811,943	<.001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	61,613	32	1,925	5,293	<.001
ΕΓΧΑΛΩΝΗ	,877	3	,292	,804	,485
Error	34,923	96	,364		
Total	12688,600	132			
Corrected Total	97,413	127			

a. R Squared = ,641 (Adjusted R Squared = ,511)

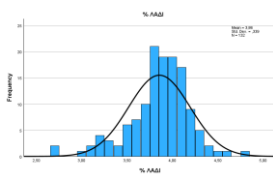
% ΛΑΔΙ	Διακύμανση	0,11
	Τυπική Απόκλιση	0,33
	Ελάχιστη Τιμή	2,70
	Μέγιστη Τιμή	4,80
	Εύρος	2,10

Από τον πίνακα 3.43 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε λάδι είναι 3,85% με τη μέγιστη τιμή να είναι 4,80% και την ελάχιστη στα 2,80%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 8,57%.



Διάγραμμα 3.15 Απόδοση για την % περιεκτικότητα των υβριδίων σε λάδι

Στο διάγραμμα 3.15 φαίνεται αναλυτικά η % περιεκτικότητα σε λάδι του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 3,85%.



Ιστόγραμμα 3.15. Κατανομή των υβριδίων με βάση την % περιεκτικότητα σε λάδι

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.15 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητας σε λάδι των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

3.44 ANOVA για την % περιεκτικότητα των υβριδίων σε πρωτεΐνη

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: % AAI					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.628 ^a	32	,332	9,216	<.,001
Intercept	1961,964	1	1961,964	54433,604	<.,001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	11,514	32	,360	9,983	<.,001
ΕΠΙΧΑΛΩΣΗ	,112	3	,037	1,039	,379
Error	3,450	66	,052		
Total	1977,050	132			
Corrected Total	15,086	131			

a. R Squared = ,771 (Adjusted R Squared = ,697)

Από τον πίνακα 3.44 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς την % περιεκτικότητα σε λάδι, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 3.45. Ομαδοποίηση για την % περιεκτικότητα σε λάδι

The screenshot shows a table with columns for group, mean, and standard deviation. The groups listed include ΠΥ8, ΠΥ13, ΠΥ18, and several other hybrid groups. The mean values for oil content range from approximately 3.17% to 4.57%.

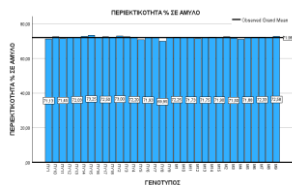
Από τον πίνακα 3.45 φαίνεται ότι το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε λάδι ήταν το πειραματικό ΠΥ8 (4,57%), ενώ τα υβρίδια με τη μικρότερη περιεκτικότητα ήταν τα ΠΥ13 (3,05%) και ΠΥ18 (3,17%).

Πίνακας 3.46. Περιγραφικά στατιστικά για την % περιεκτικότητα των υβριδίων σε άμυλο

	Μέσος όρος	71,97
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	1,03
	Διακύμανση	0,55

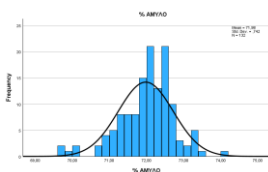
% ΑΜΥΛΟ	Τυπική Απόκλιση	0,74
	Ελάχιστη Τιμή	69,70
	Μέγιστη Τιμή	74,00
	Εύρος	4,30

Από τον πίνακα 3.46 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της % περιεκτικότητας των υβριδίων σε άμυλο είναι 71,97% με τη μέγιστη τιμή να είναι 74,00% και την ελάχιστη στα 69,70%. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 1,03%.



Διάγραμμα 3.16. % περιεκτικότητα των υβριδίων σε άμυλο

Στο διάγραμμα 3.16 φαίνεται αναλυτικά η % περιεκτικότητα σε άμυλο του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 71,98%.



Ιστόγραμμα 3.16. Κατανομή των υβριδίων με βάση την % περιεκτικότητα σε άμυλο

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.16 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών της % περιεκτικότητας σε άμυλο των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.47. ANOVA για την % περιεκτικότητα των υβριδίων σε άμυλο

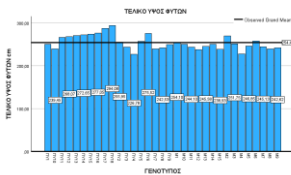
Tests of Between-Subjects Effects					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model ^a	53.647 ^a	30	1.788	7.954	<.001
Corrected Total	693970.656	31	22386166.648	3548820.412	<.001
ΠΕΡΙΟΤΥΠΟΣ	53.094	32	1.659	8.010	<.001
ΕΠΙΜΑΝΤΗΣΗ	.553	3	.184	.958	.417
Error	18.500	96	.193		
Total	693982.010	132			
Corrected Total	72.146	129			

^a. R Squared = .744 (Adjusted R Squared = .650)

Πίνακας 3.49. Περιγραφικά στατιστικά για το τελικό ύψος των φυτών

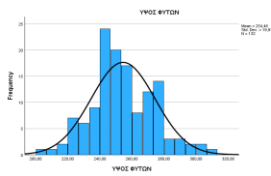
ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ cm	Μέσος όρος	254,46
	CV Συντελεστής παραλλακτικότητας	7,83
	Διακύμανση	397,26
	Τυπική Απόκλιση	19,93
	Ελάχιστη Τιμή	202,40
	Μέγιστη Τιμή	307,30
	Εύρος	104,97

Από τον πίνακα 3.49 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του τελικού ύψους των υβριδίων είναι 254,46 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 307,40 cm και την ελάχιστη στα 202,40 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 7,83%.



Διάγραμμα 3.17. Τελικό ύψος των υβριδίων

Στο διάγραμμα 3.17 φαίνεται αναλυτικά το τελικό ύψος των φυτών του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 254,46 cm.



Ιστόγραμμα 3.17. Κατανομή των υβριδίων με βάση το τελικό ύψος

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.17 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του τελικού ύψους των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.50. ANOVA για το τελικό ύψος των υβριδίων

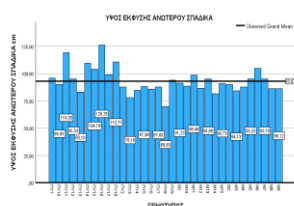
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΥΨΟΣ ΒΥΤΩΝ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	34881,611 ^a	35	996,617	5,576	<,001
Intercept	8547260,867	1	8547260,867	47819,205	<,001
ΓΕΝΟΤΥΠΟΣ	34882,250	32	1079,758	6,041	<,001
ΕΤΑΙΡΙΑ/ΛΟΓΟΣ	329,361	3	109,787	,614	,607
Error	17119,552	96	178,745		
Total	8599322,000	132			
Corrected Total	52001,163	131			

^a. R Squared = ,679 (Adjusted R Squared = ,592)

Από τον πίνακα 3.50 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,001 < 0,05) ως προς το τελικό ύψος των φυτών, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

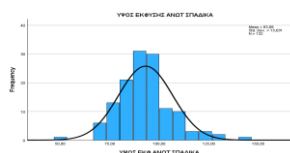
ΣΠΑΔΙΚΑcm	Ελάχιστη Τιμή	49,20
	Μέγιστη Τιμή	140,30
	Εύρος	91,10

Από τον πίνακα 3.52 των περιγραφικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του ύψους έκφυσης του ανώτερου σπάδικα των υβριδίων είναι 93,07 cm με τη μέγιστη τιμή να είναι 140,30 cm και την ελάχιστη στα 49,20 cm. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV) είναι 14,64%.



Διάγραμμα 3.18. Ύψος έκφυσης ανώτερου σπάδικα

Στο διάγραμμα 3.18 φαίνεται αναλυτικά το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα του κάθε υβριδίου καθώς και ο μέσος όρος που αναπαρίσταται με τη μαύρη γραμμή 93,07 cm.



Ιστόγραμμα 3.18. Κατανομή των υβριδίων με βάση το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

Από το ιστόγραμμα κατανομής 3.18 παρατηρούμε ότι η κατανομή των τιμών του ύψους έκφυσης του ανώτερου σπάδικα των υβριδίων είναι κανονική, οπότε στα δεδομένα μπορεί να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA.

Πίνακας 3.53. ANOVA για το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ΥΨΟΣ ΕΚΦΥΣΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΣΠΑΔΙΚΑ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Στατιστική Μονάδα	11713,333*	35	334,666	8,757	<,001
Ημερομηνία	1143565,988	1	1143565,988	15821,867	<,001
Επιλογή Σπόρου	16882,823	32	527,588	14,567	<,001
Επιγαλλίαση	426,566	3	142,189	3,956	,126
Error	1027,839	96	10,707		
Total	1167096,220	132			
Corrected Total	24348,232	131			

* R Squared = ,711 (Adjusted R Squared = ,693)

Από τον πίνακα 3.53 της ανάλυσης παραλλακτικότητας παρατηρούμε ότι τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) (Sig. 0,01 < 0,05) ως προς το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Πίνακας 6.54. Ομαδοποίηση υλικών με βάση το ύψος έκπτυξης ανώτερου σπάδικα

Κωδικός*

ΥΨΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΣ

Κωδικός	Υ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
ΠΥ8	Α	69,82								
ΠΥ9	Α	78,27	84,17							
ΠΥ10	Α	81,82	87,42	94,42						
ΠΥ11	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ12	Α	84,17	94,17	104,17						
ΠΥ13	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ14	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ15	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ16	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ17	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ18	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ19	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ20	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ21	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ22	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ23	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ24	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ25	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ26	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ27	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ28	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ29	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ30	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ31	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ32	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ33	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ34	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ35	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ36	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ37	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ38	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ39	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ40	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ41	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ42	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ43	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ44	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ45	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ46	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ47	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ48	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ49	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ50	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ51	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ52	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ53	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ54	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ55	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ56	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ57	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ58	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ59	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ60	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ61	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ62	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ63	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ64	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ65	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ66	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ67	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ68	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ69	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ70	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ71	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ72	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ73	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ74	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ75	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ76	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ77	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ78	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ79	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ80	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ81	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ82	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ83	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ84	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ85	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ86	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ87	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ88	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ89	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ90	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ91	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ92	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ93	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ94	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ95	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ96	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ97	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ98	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ99	Α	85,90	94,00	104,00						
ΠΥ100	Α	85,90	94,00	104,00						

Σημείωση: * Ο αριθμός των υλικών που ανήκουν στην ομάδα.

Πηγή: Δ. ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗΣ, Μ. Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, 1997.

© 2004 Εργαστήριο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης.

Δ. ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗΣ, Μ. Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, 2004.

Από τον πίνακα 3.54 παρατηρούμε ότι το υβρίδιο με το μεγαλύτερο ύψος έκφυσης σπάδικα ήταν ο μάρτυρας ΠΥ16 (126,35 cm), ο οποίος υπερείχε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα υβρίδια, εκτός από το ΠΥ11 (119,3 cm). Το μικρότερο ύψος είχε το υλικό με τον κωδικό ΠΥ8 (69,82 cm).

Πίνακας 3.55 Συντελεστές συσχέτισης Pearson των υπό μελέτη χαρακτηριστικών για τα υβρίδια FAO 600-700

	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ	ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	% ΛΑΔΙ	% ΑΜΥΛΟ	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ	ΥΨΟΣ ΕΚΦ ΑΝΩΤ ΣΠΑΔΙΚΑ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΚΑΡΠΟ	1								
ΑΡ ΣΕΙΡΩΝ ΣΠΑΔΙΚΑ	,408**	1							
ΜΗΚΟΣ ΣΠΑΔΙΚΑ	,350**	0,067	1						
ΒΑΡΟΣ 1000 ΚΟΚΚΩΝ	,192*	0,046	,644**	1					
% ΠΡΩΤΕΪΝΗ	0,066	0,072	0,007	0,011	1				
% ΛΑΔΙ	-0,060	-0,115	-0,117	-0,101	0,037	1			
% ΑΜΥΛΟ	,227**	0,073	,223*	,209*	-0,018	-,507**	1		
ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ	,470**	,405**	0,063	0,121	0,031	-,266**	,199*	1	
ΥΨΟΣ ΕΚΦ ΑΝΩΤ ΣΠΑΔΙΚΑ	,348**	,274**	,281**	,212*	-0,061	-,185*	,227**	,586**	1
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).									
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).									

Από τον πίνακα 3.55 διαπιστώνουμε ότι η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα (0,408**), με το μήκος σπάδικα (0,350**), με το βάρος 1000 κόκκων (0,192*), με το ύψος των φυτών (0,470**), με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα (0,348**) και με την % περιεκτικότητα σε άμυλο (0,227**). Η % περιεκτικότητα σε άμυλο σχετίζεται αρνητικά και με την % περιεκτικότητα σε λάδι (-0,507**). Αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα (0,586**), με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα (0,274**) και με το μήκος σπάδικα (0,281**).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

α) για τα υβρίδια FAO 500-599

Το πιο παραγωγικό υβρίδιο ήταν το πειραματικό με κωδικό EH5 το οποίο δεν διέφερε σημαντικά μόνο από το EH1 και από μάρτυρα C3, ενώ διέφερε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα τόσο τα πειραματικά (EH2, EH3, EH4, EH6) όσο και τους μάρτυρες (C1, C2, C4, C5, C6).

Το υβρίδιο με τον μεγαλύτερο αριθμό σειρών ανά σπάδικα ήταν το πειραματικό με κωδικό EH5, το οποίο δεν διέφερε σημαντικά από τα πειραματικά υβρίδια EH1, EH2, EH4, EH6 και τους μάρτυρες C1, C4, C6 ενώ διέφερε σημαντικά από τα EH3 και C2 και C5.

Τα υβρίδια με το μεγαλύτερο μήκος σπάδικα ήταν τα πειραματικά EH3 και EH1 τα οποία ωστόσο διέφεραν σημαντικά μόνο από τα EH4 και C2 και C6.

Τα υβρίδια με το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων ήταν τα EH5 και C6 τα οποία δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ υπερέιχαν σημαντικά όλων των υπολοίπων, τα οποία δεν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Τα υβρίδια με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν τα πειραματικά EH2, EH6 τα οποία υπερέιχαν σημαντικά σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα εκτός από το EH3.

Το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε λάδι ήταν το πειραματικά EH3 (4,03%), το οποίο δεν διέφερε σημαντικά μόνο από τα EH2, C2, C3 και C4, ενώ υπερέιχε σημαντικά σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Το υβρίδιο με το μεγαλύτερο τελικό ύψος ήταν το C4, το οποίο ωστόσο δεν διέφερε σημαντικά από τα περισσότερα υβρίδια, παρά μόνο από τα C2, C5 και C6.

Το υβρίδιο με το μεγαλύτερο ύψος έκφυσης σπάδικα ήταν ο μάρτυρας C4, ο οποίος διέφερε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα υβρίδια.

Τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) ως προς την απόδοση σε καρπό, τον αριθμό των σειρών ανά σπάδικα, το μήκος σπάδικα, το βάρος 1000 κόκκων, την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, την % περιεκτικότητα σε λάδι, το τελικό ύψος των φυτών, το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, οπότε τα γνωρίσματα αυτά επηρεάζονται από το γενότυπο του φυτού.

Τα υβρίδια δεν παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. ως προς την % περιεκτικότητα σε άμυλο, οπότε το συγκεκριμένο γνώρισμα δεν επηρεάζεται από τον γενότυπο.

Η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα , με το βάρος 1000 κόκκων και με το ύψος των φυτών, ενώ αρνητικά συσχετίζεται με την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σχετίζεται αρνητικά και με την % περιεκτικότητα σε λάδι και άμυλο. Αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα και με το μήκος σπάδικα.

Το υβρίδιο EH5 αξίζει να αξιολογηθεί και να μελετηθεί περαιτέρω καθώς ήταν το παραγωγικότερο, υπερείχε σε αριθμό σειρών ανά σπάδικα και στο βάρος 1000 κόκκων έναντι των υπολοίπων πειραματικών και εμπορικών υβριδίων.

β) για τα υβρίδια FAO 600-700

Το πιο παραγωγικό υβρίδιο ήταν το πειραματικό με κωδικό ΠΥ15 και το λιγότερο παραγωγικό ο μάρτυρας με κωδικό M15.

Το υβρίδιο με το μεγαλύτερο αριθμό σειρών ανά σπάδικα ήταν πειραματικό με κωδικό ΠΥ17 και το λιγότερο παραγωγικό ο μάρτυρας με κωδικό ΠΥ8.

Τα υβρίδια με το μεγαλύτερο μήκος σπάδικα ήταν τα πειραματικά ΠΥ2 και ο μάρτυρας M9, ενώ τα υβρίδια με το μικρότερο μήκος σπάδικα ήταν το πειραματικό ΠΥ8 και οι μάρτυρες M6 και M3.

Τα υβρίδια με το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων ήταν τα πειραματικά ΠΥ2 και ο μάρτυρας M9, ενώ τα υβρίδια με το μικρότερο βάρος 1000 κόκκων ήταν το πειραματικό ΠΥ8.

Το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν το πειραματικό ΠΥ8 ενώ αυτό με τη μικρότερη ήταν το ΠΥ15.

Το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε λάδι ήταν το πειραματικό ΠΥ8, ενώ τα υβρίδια με τη μικρότερη περιεκτικότητα ήταν τα ΠΥ13 και ΠΥ18.

Το υβρίδιο με τη μεγαλύτερη % περιεκτικότητα σε άμυλο ήταν το πειραματικό ΠΥ15, ενώ το υβρίδιο με τη μικρότερη περιεκτικότητα ήταν το ΠΥ8.

Το υβρίδιο με το μεγαλύτερο τελικό ύψος ήταν το ΠΥ18, ενώ το ΠΥ4 είχε το μικρότερο τελικό ύψος.

Το υβρίδιο με το μεγαλύτερο ύψος έκφυσης σπάδικα ήταν ο μάρτυρας ΠΥ16, ο οποίος υπερείχε σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα υβρίδια, εκτός από το ΠΥ11. Το μικρότερο ύψος είχε το υλικό με τον κωδικό ΠΥ8.

Τα υβρίδια παρουσιάζουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές (Σ.Σ.Δ) ως προς την απόδοση σε καρπό, τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα, το μήκος σπάδικα, το βάρος 1000 κόκκων, η % περιεκτικότητα των υβριδίων σε πρωτεΐνη, η % περιεκτικότητα σε λάδι, το τελικό ύψος των φυτών, το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, οπότε το γνώρισμα αυτό επηρεάζεται από το γενότυπο του φυτού.

Τα υβρίδια παρουσιάζουν Σ.Σ.Δ. ως προς την % περιεκτικότητα σε άμυλο, οπότε το συγκεκριμένο γνώρισμα δεν επηρεάζεται από τον γενότυπο.

Η απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα, με το μήκος σπάδικα, με το βάρος 1000 κόκκων, με το ύψος των φυτών, με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα και με την % περιεκτικότητα σε άμυλο. Η % περιεκτικότητα σε άμυλο σχετίζεται αρνητικά και με την % περιεκτικότητα σε λάδι. Αξίζει να σημειωθεί η θετική συσχέτιση του ύψους των φυτών με το ύψος έκφυσης του ανώτερου σπάδικα, με τον αριθμό σειρών ανά σπάδικα και με το μήκος σπάδικα.

Το υβρίδιο ΠΥ15 αξίζει να μελετηθεί και να αξιολογηθεί περαιτέρω καθώς ήταν το παραγωγικότερο. Επιπλέον, το υβρίδιο ΠΥ2 ήταν πιο παραγωγικό από τα εμπορικά υβρίδια, είχε το μακρύτερο σπάδικα και το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων. Το υβρίδιο ΠΥ8 προτείνεται να αξιολογηθεί περαιτέρω λόγω των ποιοτικών του χαρακτηριστικών (πρώτο σε περιεκτικότητα λαδιού και πρωτεΐνης).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνική

- ΕΛΣΤΑΤ, 2021. *Στατιστικά στοιχεία καλλιέργειας αραβόσιτου στην Ελλάδα*. Ελληνική Στατιστική Αρχή.
- Καραμάνος, Η., 1999. *Η ιστορία του καλαμποκιού και η διασπορά του στην Ευρώπη*. Περιοδικό Γεωργίας, 123-128.
- Μπιλάλης, Δ., 2019. *Η καλλιέργεια του αραβόσιτου στην Ελλάδα: Αποδόσεις και προοπτικές*. Ελληνική Γεωργία, 45-58.
- ΟΠΕΚΕΠΕ, 2021. *Κατανομή εκτάσεων καλλιέργειας αραβόσιτου ανά περιφέρεια στην Ελλάδα*. Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων.
- Παπακώστα, Γ., 2000-2001. *Αρχαίοι Πολιτισμοί της Κεντρικής Αμερικής και ο Αραβόσιτος*. Ιστορία της Γεωργίας, 45-50.
- Δαλιάνης, Λ., 1983. *Αραβόσιτος: Βοτανική και γεωργική παραγωγή*. Εκδόσεις Γεωργικής Σχολής Αθηνών.
- Καραμάνος, Ε., 1999. *Καλλιέργειες Αραβοσίτου και άλλων δημητριακών*. Εκδόσεις Πανεπιστημιακές.
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Π., 2008. *Βελτίωση των υβριδίων αραβοσίτου: Γεωργικές πρακτικές*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Σφήκας, Ν., 1995. *Βιολογία και καλλιέργεια αραβοσίτου*. Εκδόσεις Αγροτική Σχολή.
- Syngenta (2024). *Εγχειρίδιο καλλιέργειας καλαμποκιού*.
- Παπακώστα, Κ. Τ., 1997. *Καλλιέργεια Αραβόσιτου: Θεωρία και Πράξη*. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, Επιτρεπόμενες δραστικές για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, Δεκέμβριος 2023 <https://1click.minagric.gr/oneClickUI/fmFytoPro.zul>
- Καλτσίκης, Δ., 1992. *Βελτίωση Καλαμποκιού*. Αθήνα: Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, 225-250
- Ξυνιάς, Σ. και Τοκατλίδης, Ι., 2014. *Σποροπαραγωγή θεωρία και ασκήσεις*. Εκδόσεις Έμβρυο.

- Πασχαλίδης, Α., και Καραμήτσος, Ι., 2015. *Βασικές Αρχές Σποροπαραγωγής και Πιστοποίησης*. Εκδόσεις Επιστήμης και Τεχνολογίας.
- Ρουμελιώτης, Γ., 2019. *Επικονίαση και Γονιμοποίηση Καλαμποκιού: Μελέτη Εφαρμοσμένων Τεχνικών Σποροπαραγωγής*. Εκδόσεις Σταθμός.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, (2023). *Οδηγίες για την Πιστοποίηση Σπόρων Καλαμποκιού στην Ελλάδα*. Αθήνα: ΥΠΑΑΤ.

6.2 Ξενόγλωσση

- Clark, M. and Zeto, R. 2000. *The Origin and Development of Maize*. Journal of Archaeological Science, 41-47.
- Doebley, J., 2004. *The Genetics of Maize Evolution*. Annual Review of Genetics, 37-59.
- Kumar, A. and Singh, B., 2019. *The Industrial Use of Maize: Applications in Biotechnology and Industry*. Journal of Plant Science, 205-210.
- Larkins, B., 2019. *Maize Proteins and Their Uses in the Industry*. Annual Review of Plant Biology, 441-472.
- Loy, D. and Lundy, E., 2019. *Uses of Corn and Corn Products in Food Industry*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 799-809.
- Rivera-Rodriguez, A., 2019. *Teosinte: The Wild Relatives of Modern Maize*. Journal of Ethnobiology, 546-559.
- Savvidis, C., 2006-2007. *The Evolution of Maize Cultivation and its Impact on Agriculture*. Agricultural Reviews, 78-84.
- Shahbandeh, M., 2020. *Global Corn Production Statistics for 2019/2020*. Statista. Accessed on 20 August 2020, <https://www.statista.com>
- Smith, J., 1908. *Corn Oil: The Most Valuable Product of Maize*. Journal of Food Science, 12-19
- Watson, S., 2003. *Corn Composition and its Industrial Uses*. American Society of Agronomy, 88-112.
- Jones J. B, 2002. *Study on the Nutrient Absorption in Maize Cultivation*. Journal of Agronomy, 45-58.
- Archontoulis, S.V., Struik, P.C., 2010. *Water Availability and Fertilization Impact on Maize Yield and Quality*. Field Crops Research, 345-357.

- Geiger, D.R., 2009. *Nitrogen Utilization in Maize and its Effect on Yield*. Plant Nutrition and Soil Science, 123-138.
- Alley, M.M., Martz, E.M., 2009. *Nitrogen Uptake in Corn: Timing and Impact on Biomass*. Crop Science Journal, 987-995.
- Calderón, R., Cobos, 2009. *Phosphorus Uptake Dynamics in Maize Cultivation*. Soil and Crop Sciences, 678-692.
- Arnon, D.I., 1975. *Zinc Deficiency in Plants: Indicators and Effects on Growth*. Plant Physiology, 45-52.
- Zhang, X., Chen, S., Liu, M., Pei, D. and Sun, H., 2007. *Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China*. Agricultural Water Management, 41-47.
- Boomsa, D., Asch, F. and Bouman, B. A. M., 2009. *Effects of water management and irrigation scheduling on crop yield and water productivity of maize (Zea mays L.) in a semi-arid region*. Field Crops Research, 7-12.
- Ao, J., Zeng, Z. and Wang, L., 2020. *Irrigation scheduling and drought stress impacts on maize yield and soil water availability in Northern China*. Journal of Integrative Agriculture, 2059-2071.
- Chapuis, R., Fouquet, D., Bignon, C. and Barois, P., 2011. *Impact of water stress on reproductive development and yield in maize: Modelling and experimental results*. European Journal of Agronomy, 87-100.
- Edmeades, G. O., Bolanos, J., Chapman, S. C., Lafitte, H. R. and Banziger, M., 2000. *Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index*. Crop Science, 530-537.
- Dungan, G. H., Smith, R. C., & Homer, L. A., 1958. *The response of maize (Zea mays L.) to plant density and its implications for crop management in the midwestern United States*. Agronomy Journal, 759-762.
- Knezevic, S. Z., Evans, S. P., Blankenship, E. E., Van Acker, R. C and Lindquist, J. L., 2002. *Critical period for weed control: The concept and data analysis*. Weed Science, 773-786.
- Fountain, M. T., & Hallauer, A. R. (1996). *Genetic improvement of maize in the United States*. Journal of Crop Production, 1-35.
- Bauman, L., 1981. *Synthetic populations in maize breeding*. Crop Science, 777-783.

- Jenkins, M. T., 1978. *The role of F₂ and recombination in maize breeding programs*. Plant Breeding Reviews, 43-67.
- Hallauer, A. R., 1979. *Maize breeding in the United States*. Journal of Heredity, 7-14.
- Duvick, D. N., 1980. *The role of hybrid maize in the United States*. Annual Review of Plant Physiology, 137-161.
- Duvick, D. N., 1996. *The contribution of hybrid maize to the United States corn industry*. Advances in Agronomy, 1-20.
- Russell, W. A., 1991. *The development and use of maize genetic resources in breeding*. Maize Improvement: Recent Advances, 123-142.
- Hallauer, A. R. and Miranda, J. B., 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Cornell University Press.
- Koutsika-Sotiriou, M., 1996. *Evaluation of F₂ populations in maize using a network of crosses*. European Journal of Agronomy, 211-221.
- Westgate, M. E., Boyer, J. S. and Ma, L., 2004. *Impact of high temperature on the growth and development of maize*. Field Crops Research, 131-146.
- Bauer, P. J. and McWilliams, R. R., 2011. *Corn physiology and crop management*. In *Corn: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists International., 25-50.
- Duvick, D. N., 2005. *Genetic progress in yield of US maize (Zea mays L.)*. Field Crops Research, 1-12.
- Vollmann, J. and Eisele, A., 2009. *Maize Breeding and Biotechnology*. In *Handbook of Plant Breeding: Cereals*, 371-404. Springer.
- Nielsen, R. L., 2014. *Understanding and Managing Corn Pollination*. Agronomy Journal, 2095-2106.
- Hallauer, A. R., 1987. *Selection methods in maize*. *Proceedings of the International Conference on Plant Breeding*. Iowa State University.
- Russell, W. A., Eberhart, S. A. and Hallauer, A. R., 1988. *Genetic improvement of maize*. *Handbook of Plant Breeding: Corn and Sorghum*. Springer.
- Gardner, C. O., 1961. *An evaluation of the effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yields of corn*. Crop Science, 241-245.
- Lonquist, J. H., 1971. *Recurrent selection in maize*. Advances in Agronomy, 1-40.

- Fasoulas, A. C., 1973. *Theory and practical application of cell selection*. Plant Breeding Reviews, 173-194.
- Fasoulas, A. C., 1977. *Cell selection and breeding for crop improvement*. Euphytica, 457-476.
- Fasoulas, A. C., 1988 . *Principles of crop breeding and the use of quantitative characters*. Aristotle University of Thessaloniki.
- Bos, I., 1983. *Heterosis and genetic variation in plant breeding*. Euphytica, 3-17.
- Robertson, D. S. and Frey, K. J., 1987. *Breeding methods for heterosis*. Genetics of Heterosis in Plants. Springer, 99-122.
- Jensen, N. F., 1988. *Plant breeding methodology for field crops*. Euphytica, 161-170.
- Borojevic, S., 1990. *Principles and methods of plant breeding*. Springer-Verlag.
- Onyenanyoli, A. N. and Fasoulas, A. C., 1989. *Hybrid vigor and maize breeding*. Euphytica, 229-235.
- Hallauer, A. R., Russell, W. A. and Lamkey, K. R., 1988. *Corn Breeding*. Madison, WI: American Society of Agronomy, 463-564.
- Bennetzen, J. L. and Hake, S. C., 2009. *Handbook of Maize: Genetics and Genomics*. New York, NY: Springer.
- Fernie, A. R. and Yan, J., 2019. *Genetic Editing Tools for Crop Improvement: CRISPR and Beyond*. Trends in Plant Science, 670-673.
- Moose, S. P. and Mumm, R. H., 2008. *Molecular Plant Breeding as the Foundation for 21st Century Crop Improvement*. Plant Physiology, 969-977. <https://doi.org/10.1104/pp.108.118232>
- Xu, Y., Li, P., Yang, Z., & Xu, C., 2012. *Genomic Selection in Crops: Advances and Challenges*. Molecular Plant, 921-933. <https://doi.org/10.1093/mp/sss049>
- International Seed Testing Association (ISTA). International Rules for Seed Testing. ISTA Publications. <https://www.seedtest.org>
- Smith, J. and Jones, A., 2010. *Corn Hybrid Seed Production and Management*. Iowa State University Press.
- Gomes, L.L., Buso, W.H.D., Lima, J.B., Matos, H.G., Leão Junior L.A., 2017. *Evaluation of corn hybrids performance in two locations of Goiás*. Revista de Agricultura Neotropical, 6, 8-16.

- Evans, L.T. and Fischer, R.A., 1999. *Yield potential: Its definition, measurement, and significance*. Crop Science, 1544–1551. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961544x>
- Hatfield, J.L. and Walthall, C.L., 2015. *Meeting global food needs: realizing the potential via genetics x environment x management interactions*. Agronomy Journal, 1215-1226.
- Mitrovic, B., Stanisavljevi, D., Treski, S., Stojakovic, M. Ivanovic, M., Bekavac. G., Rajkovic, M., 2012. *Evaluation of experimental maize hybrids tested in multi-location trial using AMMI and GGE biplot analyses*. Turkish Journal of Field Crops, 35-40.
- Eskridge, K., 1997. *Evaluation of Corn Hybrids Using the Probability of Outperforming a Check Based on Strip-Test Date*. Journal of Agricultural, 245-254.